

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Pavlič, S., 2014. Zasnova pretočne in recirkulacijske ribogojnice za salmonidne ribe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kompare, B., somentorja Panjan, J., Krivograd Klemenčič, A.): 78 str.

Datum arhiviranja: 09-06-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Pavlič, S., 2014. Zasnova pretočne in recirkulacijske ribogojnice za salmonidne ribe. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kompare, B., co-supervisors Panjan, J., Krivograd Klemenčič, A.): 78 pp.

Archiving Date: 09-06-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidatka:

SUZANA PAVLIČ

**ZASNOVA PRETOČNE IN RECIRKULACIJSKE
RIBOGOJNICE ZA SALMONIDNE RIBE**

Diplomska naloga št.: 229/VKI

**THE DESIGN OF A FLOW THROUGH AND
RECIRCULATION FISH FARMS FOR SALMONID FISH**

Graduation thesis No.: 229/VKI

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Žagar

Somentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan
dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič

Član komisije:

prof. dr. Mitja Brilly
doc. dr. Mojca Šraj

Ljubljana, 23. 05. 2014

STRAN ZA POPRAVKE (ERRATA)

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana **Suzana Pavlič** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »**Zasnova pretočne in recirkulacijske ribogojnice za salmonidne ribe**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 5.5.2014

Suzana Pavlič

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Diplomsko nalogo so pregledali naslednji profesorji:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	626.88:639.3(497.4)(043.2)
Avtor:	Suzana Pavlič
Mentor:	prof. dr. Boris Kompare
Somentorja:	izr. prof. dr. Jože Panjan znan. sod. dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič
Naslov:	Zasnova pretočne in recirkulacijske ribogojnice za salmonidne ribe
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	78 str., 27 pregl., 21 sl., 21 graf.
Ključne besede:	ribogojnice, vzreja postrvi, pretočni sistemi, recirkulacijski akvakulturni sistemi, čiščenje odpadne vode

Izvleček

Možnost izkoriščanja stalnega in kakovostnega vodnega vira omogoča gradnjo ribogojnice, ki temelji na pretočnem ali recirkulacijskem akvakulturnem sistemu (RAS). Trend slovenskega ribogojstva temelji na pretočnih ribogojnicah, vendar je v zadnjem času zaslediti vse večje zanimanje za RAS. Pretočni sistemi so finančno ugodnejši v primerjavi z RAS, vendar slednji omogočajo bistveno večjo proizvodnjo rib ob enaki količini vode kot pretočne ribogojnice. Prednosti se kažejo tudi v manjšem vplivu na okolje, boljšem nadzoru kakovosti vode (kisik, CO₂, pH, nitriti itd.), ki jo v pretočni ribogojnici težko nadzorujemo. Dimenzioniranje ribogojnice vključuje znanja različnih področij, poudarek je predvsem na poznavanju vzrejnih pogojev rib in prehranjevalnih strategijah ter tehnologijah čiščenja voda. Predstavljeni sta zasnovi dveh ribogojnic za salmonide: pretočne in recirkulacijske. Za prvi model ribogojnice s pretočnim sistemom so ugotovljene maksimalne vzrejne kapacitete postrvi in kakovost izpustne vode. V drugem pa je predstavljena zasnova RAS, kjer je potrebno za želeno kapaciteto postrvi dimenzionirati recirkulacijski sistem, preveriti kakovost procesne in izpustne vode ter zasnovati sistem čiščenja vode za ponovno uporabo v vzrejnih bazenih oziroma za izpust vode nazaj v vodotok.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 626.88:639.3(497.4)(043.2)
- Author:** Suzana Pavlič
- Supervisor:** Prof. Boris Kompare, Ph.D.
- Co - supervisors:** Assoc. Prof. Jože Panjan, Ph. D.
Research associate Aleksandra Krivograd Klemenčič, Ph.D.
- Title:** The design of a flow through and recirculation fish farms for salmonid fish
- Document type:** Graduation Thesis – University studies
- Notes:** 78 p., 27 tab., 21 fig., 21 graph.
- Key words:** fish farms, trout breeding, flow through systems, recirculating aquaculture systems, wastewater treatment

Abstract:

The availability of high quality water source enables construction of a fish farm based on a flow through or recirculating aquaculture systems (RAS). The trend in Slovenia is to use flow through systems; however, recently an increase in use of RAS was noticed. Financially speaking flow through systems are cheaper than RAS, but on the other hand RAS enables higher production at the same quantity of used water. Further advantages of RAS can be observed in better and easier monitoring of the water parameters such as oxygen, CO₂, pH levels and the level of nitrates etc. as well as in lesser negative environmental impact. The dimensions of fish farm are results of a study complexity of the system which is based on several conditions where the water treatment technology, fish breeding conditions and feeding strategy are the most important. The diploma task presents the design of flow through and recirculation fish farm for salmonid fish. The first model with flow through system is identified maximum capacity of fish breeding and quality of discharge water. The second model uses RAS. In this case the quality of process and outlet water has to be checked for certain breeding capacity in order to establish what water treatment system should be designed in order to enable water to be reused as many times as possible and for the water that does not meet the quality criteria to be released back to nature.

ZAHVALA

»Ko hodiš, pojdi vedno do konca.« (T. Pavček)

Zahvaljujem se mentorjema prof. dr. Borisu Komparetu in izr. prof. dr. Jožetu Panjanu za strokovno pomoč in spodbudo pri izdelavi diplomske naloge. Posebna zahvala gre dr. Danijelu Gospiću, dr. Meti Povž in somentorici dr. Aleksandri Krivograd Klemenčič za posvečanje časa, znanja in izkušenj v ribogojstvu. Poleg tega se zahvaljujem inž. kem. teh. Renatu Babiču za pomoč pri izdelavi eksperimentalnega dela diplome v laboratoriju, g. Mihu Štulerju in g. Dušanu Bravničarju za posredovano statistiko slovenskega ribogojstva in ostalim, ki so pomagali pri nastajanju diplomske naloge.

Prav tako se zahvaljujem celotnemu kolektivu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, ki so me obogatili z znanjem, nudili potrebno pomoč in spodbujali na študijski poti.

Za popestritev študentskih dni in študija se zahvaljujem vsem študijskim kolegom, predvsem pa Anji Praznik, Anji Žogan in Mateju Sečniku, za pomoč pri premagovanju študijskih ovir.

Iz srca se zahvaljujem staršem, ki so mi omogočili študij, me podpirali na študijski poti in me vpeljali v ribogojске vode. Prav tako hvala sestri Petri in prijateljem, ki so mi bili ves čas v podporo in pomoč v študijskih letih.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Opredelitev problema.....	1
1.2	Namen diplomske naloge.....	2
2	PREGLED LITERATURE.....	3
2.1	Hladnovodno ribogojstvo v Sloveniji.....	3
2.2	Zakonodaja na področju hladnovodnega ribogojstva.....	4
2.3	Kakovost vode za vzrejo salmonidov.....	6
2.3.1	Temperatura.....	6
2.3.2	Kisik.....	7
2.3.3	pH.....	9
2.3.4	Ogljikov dioksid.....	10
2.3.5	Amonijak.....	10
2.3.6	Nitriti in nitrati.....	11
2.4	Ribogojnice za salmonidne ribe.....	13
2.4.1	Pretočne ribogojnice.....	13
2.4.1.1	Zajem vode.....	16
2.4.1.2	Vzrejni bazeni.....	17
2.4.1.3	Iztok vode iz ribogojnice.....	19
2.4.2	Ribogojnice z recirkulacijskim akvakulturnim sistemom – RAS.....	20
2.4.2.1	Vzrejni bazeni.....	22
2.4.3	Čiščenje odpadne vode iz ribogojnice.....	24
2.4.3.1	Primarno čiščenje.....	25
2.4.3.1.1	Usedalniki.....	25
2.4.3.1.2	Mikro–sita.....	27
2.4.3.1.3	Sedimentacijski bazen.....	27
2.4.3.2	Sekundarno čiščenje.....	28
2.4.4	Prednosti in pomanjkljivosti RAS v primerjavi s pretočnim sistemom.....	29
3	METODE IN MATERIALI.....	31
3.1	Opis izbrane lokacije.....	31
3.2	Terensko vzorčenje in meritve fizikalno–kemijskih parametrov izbranega vodotoka.....	31
3.2.1	Izmerjene vrednosti fizikalno-kemijskih meritev in kemijskih analiz.....	32

3.3	Krma postrvi	33
4	OPIS IDEJNE ZASNOVE IN DIMENZIONIRANJE RIBOGOJNIH OBJEKTOV	37
4.1	Zajetje vode	37
4.2	Pretočna ribogojnica	38
4.2.1	Vzrejni kanal	38
4.2.2	Gostota naseljenosti postrvi	42
4.2.3	Letna proizvodnja postrvi	45
4.2.4	Količina krme	46
4.2.5	Onesnaženost vode na iztoku	47
4.2.6	Čiščenje izpustne vode iz pretočne ribogojnice	50
4.2.6.1	Sedimentacijski bazen	50
4.3	Ribogojnica z recirkulacijskim akvakulturnim sistemom – RAS	51
4.3.1	Vzrejni bazeni	52
4.3.2	Poraba kisika	54
4.3.3	Gostota naseljenosti postrvi	54
4.3.3.1	Prva serija vzrejnih bazenov	55
4.3.3.2	Druga serija vzrejnih bazenov	57
4.3.4	Letna proizvodnja postrvi	57
4.3.5	Količina krme	59
4.3.6	Onesnaženost odpadne in procesne vode v RAS	59
4.3.7	Čiščenje odpadne in procesne vode v RAS	63
4.3.7.1	Mehansko čiščenje	63
4.3.7.2	Biološko čiščenje	64
4.3.7.3	Sedimentacijski bazen	66
5	PRELIMINARNA OCENA STROŠKOV S PRIMERJAVO VARIANT	68
6	ZAKLJUČEK	71
VIRI	73

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: <i>Količina vzrejenih postrvi v slovenskih ribogojnicah za obdobje 2007-2012</i>	3
Preglednica 2: <i>Priporočene in mejne vrednosti posameznih parametrov predpisane z veljavno zakonodajo</i>	5
Preglednica 3: <i>Mejne vrednosti parametrov onesnaženosti pri odvajanju odpadnih voda neposredno ali posredno v vode</i>	5
Preglednica 4: <i>Mejne tolerantne in optimalne vrednosti parametrov vode za vzrejo šarenke</i>	6
Preglednica 5: <i>Vsebnost NH₃ (kot % celotnega amonijaka) v vodi pri različnih vrednostih pH in temperature</i>	11
Preglednica 6: <i>Kemijske analize vode Ribogojnice Žalec v obdobju 2004-2008</i>	20
Preglednica 7: <i>Gostota naseljenosti postrvi glede na dolžino postrvi</i>	21
Preglednica 8: <i>Prednosti in pomanjkljivosti pretočnega sistema in RAS</i>	29
Preglednica 9: <i>Nadzor parametrov glede na stopnjo recirkulacije in filtracije vode</i>	30
Preglednica 10: <i>Primerjava izpusta celokupnega dušika (N), celokupnega fosforja (P) in biokemijske potrebe po kisiku (BPK) iz pretočne ribogojnice in RAS na Danskem</i>	30
Preglednica 11: <i>Uporabljene metode in oprema za izvedbo analize vode</i>	32
Preglednica 12: <i>Rezultati meritev in kemijskih analiz</i>	33
Preglednica 13: <i>Krmna tabela proizvajalca krme Aller Gold</i>	34
Preglednica 14: <i>Analiza vpliva na okolje krme Aller Gold 3 mm</i>	34
Preglednica 15: <i>Tabelarični prikaz izračuna dnevne količine postrvi, količine krme in prirasta postrvi</i>	35
Preglednica 16: <i>Optimalne dimenzije vzrejnega kanala glede na zadrževalni čas</i>	40
Preglednica 17: <i>Preglednica dimenzij zasnovane pretočne ribogojnice</i>	42
Preglednica 18: <i>Gostota naseljenosti postrvi v zasnovani pretočni ribogojnici</i>	42
Preglednica 19: <i>Letni vzrejni cikel postrvi z naselitvijo mladit v vzrejni bazen 1 in 2</i>	45
Preglednica 20: <i>Letna proizvodnja postrvi v pretočni ribogojnici</i>	46
Preglednica 21: <i>Analiza vpliva na okolje za prirast 1.034 kg postrvi v enem letu</i>	47
Preglednica 22: <i>Preglednica dimenzij vzrejnih bazenov zasnovanega RAS</i>	53
Preglednica 23: <i>Letna proizvodnja postrvi za posamezni vzrejni bazen v zasnovanem RAS</i>	58
Preglednica 24: <i>Analiza vpliva na okolje za prirast 50 ton postrvi v enem letu</i>	60
Preglednica 25: <i>Izračuni A_N, v_N, V_p in Q_r za različne dovoljene koncentracije NH₄-N</i>	65
Preglednica 26: <i>Preliminarna ocena stroškov izgradnje pretočne ribogojnice</i>	68
Preglednica 27: <i>Preliminarna ocena stroškov izgradnje RAS</i>	69

KAZALO SLIK

Slika 1: Šarenka (levo) in potočna postrv (desno).....	3
Slika 2: Vzrejni bazeni v kaskadah	7
Slika 3: Aerator	8
Slika 4: Prikaz uporabe tekočega kisika v vzrejnem bazenu	8
Slika 5: Vsebnost kisika v vodi	9
Slika 6: Proces nitrifikacije, ki je izveden z dvema skupinama bakterij.....	11
Slika 7: Spreminjanje koncentracije dušikovih spojin pri procesu nitrifikacije	12
Slika 8: Spreminjanje koncentracije dušikovih spojin pri procesu denitrifikacije	13
Slika 9: Pretočna ribogojnica z vzrejnimi bazeni v kaskadah	14
Slika 10: Enkratna (levo) in večkratna (desno) uporaba vode v vzrejnih bazenih.....	14
Slika 11: Ribogojnica z večkratno uporabo vode.....	15
Slika 12: Ribogojnica s kaskadami.....	18
Slika 13: Okrogli vzrejni bazeni	19
Slika 14: Ribogojnica z RAS z okroglimi vzrejnimi bazeni.....	23
Slika 15: Vzrejni bazeni s pretočnimi stezami v Ribogojnici Hallundbæk	24
Slika 16: Konusni usedalniki	27
Slika 17: Mikro–sita	27
Slika 18: Nosilci biomase	28
Slika 19: Lokacija za postavitev ribogojnega obrata	31
Slika 20: Vzrejni kanal pretočne ribogojnice	38
Slika 21: Razpršitev vode s perforirano pločevino	39

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: <i>Letna proizvodnja postrvi v pretočni ribogojnici</i>	45
Grafikon 2: <i>Količina krme Aller Gold 3 mm na dan</i>	46
Grafikon 3: <i>Produkcija blata pretočne ribogojnice</i>	48
Grafikon 4: <i>Produkcija celokupnega N pretočne ribogojnice</i>	48
Grafikon 5: <i>Produkcija N v iztrebki pretočne ribogojnice</i>	48
Grafikon 6: <i>Produkcija N v vodi pretočne ribogojnice</i>	49
Grafikon 7: <i>Produkcija celokupnega P v pretočni ribogojnici</i>	49
Grafikon 8: <i>Produkcija P v iztrebkih pretočne ribogojnice</i>	49
Grafikon 9: <i>Produkcija P v vodi pretočne ribogojnice</i>	50
Grafikon 10: <i>Čiščenje blata iz vzrejnega kanala</i>	50
Grafikon 11: <i>Letni vzrejni cikel postrvi posameznega vzrejnega bazena prve serije</i>	55
Grafikon 12: <i>Letni vzrejni cikel postrvi posameznega vzrejnega bazena druge serije</i>	57
Grafikon 13: <i>Letna proizvodnja postrvi v RAS</i>	58
Grafikon 14: <i>Količina krme Aller Gold 3 mm na dan</i>	59
Grafikon 15: <i>Produkcija blata v RAS</i>	60
Grafikon 16: <i>Produkcija celokupnega N v RAS</i>	61
Grafikon 17: <i>Produkcija N v iztrebkih v RAS</i>	61
Grafikon 18: <i>Produkcija N v vodi v RAS</i>	61
Grafikon 19: <i>Produkcija celokupnega P v RAS</i>	62
Grafikon 20: <i>Produkcija P v iztrebkih v RAS</i>	62
Grafikon 21: <i>Produkcija P v vodi v RAS</i>	62

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

a	dolžina
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
BPK	biokemijska potreba po kisiku
C	koncentracija
h	višina
k	stopnja krmljenja
KPK	kemijska potreba po kisiku
M	količina postrvi
MBB	Moving Bed Biofilter (plavajoči biofilter)
MDK	mejna dopustna koncentracija
MKO	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje
NH ₃	amonijak
NH ₄ ⁺	amonijev ion
NO ₂ ⁻ -H	nitritni dušik
NO ₃ ⁻ -H	nitratni dušik
pH	negativni dekadični logaritem koncentracije oksonijevih ionov
Q	pretok
Qes	ekološko sprejemljiv pretok
RAS	recirkulacijski akvakulturni sistem
RD	ribiška družina
SS	suspendirane snovi
STAT	Statistični urad Republike Slovenije
TKN	celotni dušik po Kjeldahlu
TN	celotni dušik
TP	celotni fosfor
ZGO-1	Zakon o graditvi objektov
ZSRib	Zakon o sladkovodnem ribištvu
ZV-1	Zakon o vodah
ZVet-1	Zakon o veterinarstvu
ZVO-1	Zakon o varstvu okolja
ZZRS	Zavod za ribištvo Slovenije
λ	količnik konverzije

1 UVOD

Prve poskuse umetne vzreje zasledimo že nekaj stoletij pred našim štetjem pri Kitajcih. Marsikatero ribo in njene lastnosti so znali opisati že stari Egipčani, Grki in Rimljani. Leta 1881 je profesor Ivan Franké, takratni ustanovitelj prvega slovenskega ribiškega društva, opravil prvo umetno drst na slovenskih tleh in skupaj z društvom poskušal zgraditi lastne ribogojnice (Lah, 1998).

Dandanes je ribogojstvo zelo pomembna gospodarska panoga, imenovana tudi akvakultura oziroma gojenje vodnih organizmov (rib, rakov, mehkužcev). Ribogojstvo na svetovni ravni predstavlja prehrambni sektor z največjo rastjo, povprečna letna rast znaša namreč od 6 do 8 %. Leta 2006 je svetovna proizvodnja rib, mehkužcev in rakov beležila 52 milijonov ton (Ribništvo in ribogojstvo v Evropi, 2009). V letu 2009 je bila evropska proizvodnja rib, rakov in mehkužcev 1,3 milijone ton (Eurostat, 2013). V Sloveniji se v zadnjih letih proizvodnja sladkovodnih rib giblje od 600 do 1000 ton. Njen osnovni namen je zadovoljiti domače potrebe (Statistični urad RS, 2013).

1.1 Opredelitev problema

Ribogojstvo delimo na morsko ribogojstvo ali marikulturo in sladkovodno ribogojstvo, ki je razdeljeno na hladnovodno in toplovodno ribogojstvo (ZZRS, 2009). Ribogojstvo obsega široko področje vzreje različnih vrst rib, mehkužcev in rakov. V nalogi se osredotočamo le na hladnovodno ribogojstvo, in sicer vzrejo salmonidnih vrst rib oziroma postrvi. Intenzivna vzreja postrvi poteka v ribogojnicah, ki temeljijo na različnih tehnologijah vzreje, z vsemi potrebnimi ribogojnimi objekti. Trend slovenskih ribogojnic za vzrejo postrvi temelji na pretočnih sistemih.

V času nizkih pretokov se v ribogojnicah lahko pojavi problem pomanjkanja zadostne količine vode. Analize hidrologov so pokazale, da se v Sloveniji zaradi klimatskih sprememb količina vode v strugah vodotokov iz leta v leto zmanjšuje. Upadanje količine vode v strugah je delno posledica manjše letne količine padavin in zvišanja povprečne letne temperature zraka ter z njo povezanega večjega izhlapevanja vode (Kajfež Bogataj, 2012). Problematici so predvsem poletni meseci, kjer je poleg visoke temperature in majhnega pretoka vode, v vodi manjša koncentracija kisika. Posledično so ribogojci primorani iskati rešitve v razvoju novih tehnologij gojenja rib (bogatenje vode s kisikom, ponovna uporaba vode itd.).

Zaradi zagotavljanja ekološko sprejemljivega pretoka (Q_{es}) se lahko zmanjša dovoljen odvzem vode na vodotoku (Smolar-Žvanut, 2012). V takšnih primerih pretočne ribogojnice ne morejo delovati s polno kapaciteto, vendar delujejo le toliko, kolikor dopušča odvzem vode na vodotoku. Manjši odvzem vode za pretočne ribogojnice pomeni manjšo proizvodnjo rib in posledično manjši dobiček.

Uvedba recirkulacijskih akvakulturnih sistemov (RAS) narašča v številnih državah tako v Evropi kot po svetu. Razvoj RAS tehnologije v Sloveniji je podprt s strani države kot tudi Evropske unije, ki spodbuja razvoj novih tehnologij v ribogojstvu, poleg tega pa omogoča kakovosten nadzor vpliva na okolje in kvalitetno vzrejo rib (Moutounet, 2012). RAS so namenjeni intenzivni vzreji rib, pri kateri dosegamo večjo gostoto rib in manjšo porabo vode kot v pretočnih sistemih, vendar pa so investicijski in obratovalni stroški RAS bistveno večji.

1.2 Namen diplomske naloge

Namen diplomske naloge je predstaviti vzrejne pogoje postrvi, gojenje salmonidnih vrst rib v pretočnih ribogojnicah in RAS ter tehnologije čiščenja odpadne vode iz ribogojnic, katerih dobro poznavanje in zagotovitev sta potrebna pri načrtovanju ribogojnic za salmonidne ribe. Predvsem želimo približati uporabo RAS slovenskim ribogojcem, ki želijo povečati vzrejne kapacitete postrvi. Prav tako izpostavljam prednosti in slabosti RAS ter le-te primerjamo z uporabo pretočnega sistema.

Praktični del diplomske naloge predstavlja zasnovi ribogojnic s pretočnim sistemom in RAS, ki sta dimenzionirani na izbrani lokaciji s pripadajočim vodnim virom. Zasnovi sta opredeljeni z obliko in velikostjo vzrejnih bazenov, postavitvijo na izbrani lokaciji ter s tehnično specifikacijo komponent sistema. Model ribogojnice s pretočnim sistemom je dimenzioniran na podlagi analize in količine vode, kjer ugotavljamo letno vzrejno kapaciteto postrvi in preverjamo kakovost izpustne vode iz ribogojnice. Zasnova RAS je dimenzionirana glede na želeno kapaciteto postrvi, pri kateri preverjamo kakovost procesne in izpustne vode ter zasnovo sistema čiščenja vode za ponovno uporabo v vzrejnih bazenih oziroma za izpust vode nazaj v vodotok.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 Hladnovodno ribogojstvo v Sloveniji

Slovenija ima veliko kakovostnih vodnih virov, zato ima odlične možnosti za razvoj sladkovodnega hladnovodnega ribogojstva. Ribogojstvo kot gospodarska dejavnost pridobiva v zadnjih letih velik pomen, ker se povpraševanje potrošnikov po ribah stalno povečuje. Večje povpraševanje po ribah na trgu je privedlo do večje proizvodnje tržnih oziroma konzumnih rib namenjenih za prehrano ljudi. Glavne vrste salmonidov, ki se vzrejajo za prehrano pri nas, so šarenka (slika 1), ribogojniška linija potočne postrvi (slika 1) in potočna zlatovčica (MKO, 2012). Poleg Slovenije so glavne proizvajalke postrvi še Danska, Francija in Italija (Luštek, 2009).



Slika 1: Šarenka (levo) in potočna postrv (desno) (Foto: Petra Pavlič, 2012)

Po podatkih Ministrstva za kmetijstvo in okolje (MKO) je v Sloveniji evidentiranih 80 ribogojnic, ki gojijo postrvi. Med evidentiranimi ribogojnicami so tudi tiste, v katerih lastniki oziroma upravljavci vzrejajo postrvi samo za lastne potrebe. To pomeni, da v enem letu vzredijo le do 300 kg postrvi. V Sloveniji prevladujejo manjše in srednje ribogojnice, saj za večje ni ustreznih naravnih pogojev. Približno 30 do 50 slovenskih ribogojnic ima kapaciteto večjo od 50 ton, 9 ribogojnic ima kapaciteto med 20 in 50 ton, približno 30 ribogojnic pa ima kapaciteto 5 do 20 ton, ostale ribogojnice so manjše. V slovenskih ribogojnicah se letno vzredi do 1000 ton postrvi (preglednica 1) (MKO, 2012; Statistični urad RS, 2013).

Preglednica 1: Količina vzrejenih postrvi v slovenskih ribogojnicah za obdobje 2007-2012 (MKO, 2012; Statistični urad RS, 2013)

Leto	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Postrvi [t]	822	863	731	430	481	634

Kljub temu da je skupna količina vzrejenih postrvi v Sloveniji v letu 2012 preseгла vrednosti iz let 2011 in 2010, je količina le-teh še vedno manjša kot v prejšnjih letih. Vzroki so posledica sanacije posameznih ribogojnic, zaradi izkoreninjenja infekcijskih bolezni, kar je prekinilo proizvodnjo (Bravničar, 2012).

Proizvodnja postrvi v Sloveniji se v zadnjih letih giblje med 500 in 900 ton letno. Med njimi prevladuje šarenka za prodajo na trgu (300 do 400 ton), 40 ton je potočne postrvi, 20 ton potočne zlatovčice ter manjše količine sulca, soške postrvi in lipana. Za poribljavanje se letno vzredi in vloži v odprte vode oziroma ribiške okoliše približno 40 do 50 ton šarenke, 5 ton potočne postrvi, 1 tona soške postrvi ter mladice sulca in lipana (MKO, 2012).

Trend slovenskega ribogojstva so manjše pretočne ribogojnice, ki so finančno ugodnejše v primerjavi z RAS. Ribogojci, ki jim vzreja rib predstavlja glavno dejavnost, so primorani iskati nove rešitve in tehnologije, kako obstoječe ribogojnice posodobiti in povečati vzrejne kapacitete ne glede na zmanjšanje odvzete količine vode iz vodotokov. Tudi gradnja novih ribogojnic za intenzivno vzrejo postrvi vse bolj temelji na RAS. Pri tem gre za pol zaprt ali popolnoma zaprt sistem, pri katerem se voda po uporabi prečisti, obogati s kisikom in vrne v sistem preko dovodnih kanalov, kjer skupaj s svežo vodo ponovno doteka v vzrejne bazene. V RAS je poraba vode bistveno manjša, vendar takšen način ribogojstva pomeni večje finančne (investicijske, obratovalne) stroške.

2.2 Zakonodaja na področju hladnovodnega ribogojstva

Splošna izhodišča za izgradnjo in izvajanje ribogojne dejavnosti opredeljujejo:

- Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib),
- Zakon o vodah (ZV-1),
- Zakon o veterinarstvu (ZVet-1),
- Zakon o graditvi objektov (ZGO-1),
- Zakon o varstvu okolja (ZVO-1).

Upravljanje z vodami in vodnimi zemljišči je v pristojnosti države (ZV-1), kar pomeni, da mora potencialni investitor, ki želi izkoriščati vodni vir za opravljanje ribogojne dejavnosti, pridobiti veljavno vodno dovoljenje. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), najprej pridobi soglasja pristojnih soglasodajalcev: Zavoda za ribištvo Slovenije (ZZRS), pristojne ribiške družine (RD), mnenja kmetijske svetovalne službe, običajno pa si tudi sama ogleda potencialno lokacijo izkoriščanja vodnega vira.

Ribogojnica je objekt, ki je fizično ločen od odprte vode, tako da ribe iz vodotoka ne morejo prehajati v ribogojnico, prav tako je ribam iz ribogojnice onemogočeno prehajanje v vodotoke (ZSRib). Pristojna občina mora ribogojnico najprej umestiti v svoj prostorski plan, po pridobitvi gradbenega dovoljenja se nato lahko začne gradnja ribogojnice. Po *Uredbi o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje* (Uradni list RS, št. 18/2013) so dovoljene izjeme in kot nezahtevni objekt se tako lahko zgradi ribogojnica s prostornino do vključno 2000 m³ vode. Ker ribe predstavljajo prehrano

namenjeno ljudem, moramo upoštevati tudi *Pravilnik o obratih na področju živil živalskega izvora* (Uradni list RS, št. 51/2006) (Štular, 2013).

Pomanjkljivost slovenske zakonodaje na področju sladkovodnega ribogojstva se kaže pri določitvi kakovosti vode primerne za vzrejo postrvi. Intenzivna vzreja postrvi je predmet različnih zakonov, ki upoštevajo vpliv na okolje, pravico do uporabe vodnih virov (vodno dovoljenje), kakovost voda itd. V nadaljevanju se opiramo na *Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib* (Uradni list RS, št. 46/2002), in sicer na kakovost vode površinskih voda v katerih živijo salmonidi. V preglednici 2 so navedene priporočene in mejne vrednosti za salmonidne površinske vode.

Preglednica 2: Priporočene in mejne vrednosti posameznih parametrov predpisane z veljavno zakonodajo (Uradni list RS, št. 46/2002)

Parameter	Salmonidne vode	
	priporočena vrednost	mejna vrednost
raztopljen kisik [mg O ₂ /l]	50 % ≥ 9	50 % ≥ 9
	100 % ≥ 7	100 % ≥ 6
pH	/	6-9
suspendirane snovi [mg/l]	≤ 25	/
BPK ₅ [mg O ₂ /l]	≤ 3	/
fosfor [mg PO ₄ /l]	/	≤ 0,2
nitrit [mg NO ₂ /l]	≤ 0,01	/
amonijak [mg NH ₃ /l]	≤ 0,005	≤ 0,025
amonij [mg NH ₄ /l]	≤ 0,04	≤ 1

Odpadna voda iz ribogojnic v slovenski zakonodaji ni samostojno kategorizirana, zato uporabljamo *Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo; Mejne vrednosti parametrov onesnaženosti pri neposrednem in posrednem odvajanju ter pri odvajanju v javno kanalizacijo* (preglednica 3) (Uradni list RS, št. 64/2012).

Preglednica 3: Mejne vrednosti parametrov onesnaženosti pri odvajanju odpadnih voda neposredno ali posredno v vode (Uradni list RS, št. 64/2012)

Parameter	Mejna vrednost pri odvajanju odpadnih voda neposredno ali posredno v vode
temperatura [°C]	30
pH	6.5-9.0
KPK [mg/l]	120
BPK ₅ [mg/l]	25
SS [mg/l]	80

2.3 Kakovost vode za vzrejo salmonidov

Pri intenzivni vzreji salmonidov ima najpomembnejšo vlogo kakovost vode. Izbira vode za intenzivno proizvodnjo salmonidov mora zato temeljiti na lastnostih vode, v kateri bodo postrvi razvile svoje prirojene vedenjske vzorce, med vzrejo pa je treba kakovost vode neprestano preverjati (Jenčič, 2013). Kakovost vode temelji na fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrih, ki jih analiziramo pred gradnjo ribogojnice in jih redno spremljamo med obratovalnim procesom vzreje rib.

Med salmonide uvrščamo šarenko, potočno postrv, potočno in jezersko zlatovčico, sulca, soško postrv, lipana in jezersko postrv. Ker se vzrejni pogoji salmonidov med seboj razlikujejo, predvsem v temperaturi vode, se bomo osredotočili na vzrejne pogoje šarenke, ki je v Sloveniji glavna predstavница intenzivne vzreje salmonidov.

Glavni fizikalno-kemijski parametri za vzrejo salmonidov so temperatura, kisik, pH vrednost, ogljikov dioksid, amonijak, nitriti in nitrati. Odstopanja parametrov od mejnih tolerantnih vrednosti (preglednica 4), značilnih za vzrejo šarenk, negativno vplivajo na zdravstveno stanje rib in posledično na količino proizvodnje (Avkhimovich, 2013).

Preglednica 4: Mejne tolerantne in optimalne vrednosti parametrov vode za vzrejo šarenke

(Avkhimovich, 2013; Jokumsen, 2010; Molony, 2001)

Parameter	optimalne vrednosti	tolerantne vrednosti	
temperatura [°C]	7-15	4-20	
kisik [mg/l]	> 9	5 °C	≥ 5
		10 °C	≥ 6
		15 °C	≥ 7
		20 °C	≥ 8
pH	7-8	6,5-8,5	
CO ₂ [mg/l]	< 10	< 20	
amonijak (NH ₃) [mg/l]	< 0,02	< 0,07	
KPK [mg O ₂ /l]	< 10	< 15	
BPK [mg O ₂ /l]	< 5	< 30	
nitriti (NO ₂ ⁻) [mg/l]	< 0,05	< 0,1	
nitrati (NO ₃ ⁻) [mg/l]	/	< 1	
fosfor (PO ₄ ³⁻) [mg/l]	/	< 0,3	

2.3.1 Temperatura

Ribe so poikilotermne živali, kar pomeni, da je njihova telesna temperatura enaka temperaturi vode, v kateri živijo, izjemoma lahko odstopa le za pol do eno stopinjo (Avkhimovich, 2013). Priporočljiva temperatura vode za vzrejo šarenk je v območju od 7 do 15 °C (Jokumsen, 2010). Od temperature

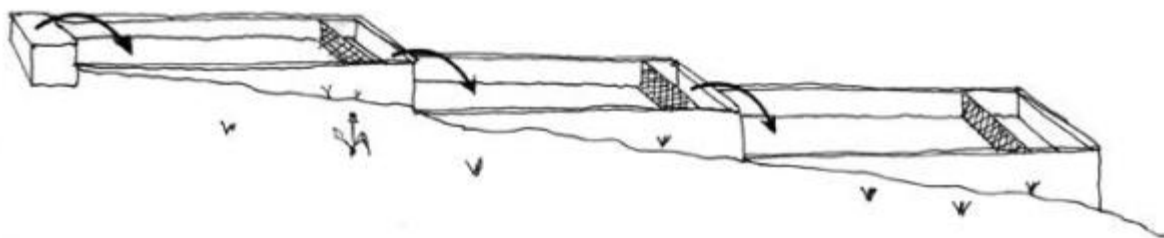
vode so odvisne vse aktivnosti rib: vedenje, krmljenje, rast, razmnoževanje in metabolizem (Jenčič, 2013). Pri vzreji postrvi morajo biti nihanja temperature vode čim manjša, saj lahko le s konstantno temperaturo vode omogočamo pravilno krmljenje, normalen metabolizem snovi in s tem dosegamo želene proizvodne rezultate (Treer, 1995). Postrvi uvrščamo med tiste vrste rib, ki lahko metabolizem vzdržujejo pri nizkih temperaturah, pri temperaturi nad 20 °C pa postanejo manj aktivne in tudi manj jedo. Temperatura vode vpliva tudi na imunski sistem in posledično na izbruh številnih bolezni (Avkhimovich, 2013).

Šarenke se zelo dobro prilagajajo sezonskim nihanjem temperature (od 4 °C pozimi do 20 °C poleti), pod pogojem, da se temperatura spreminja postopoma. Pri nenadnih spremembah temperature lahko nastopi temperaturni šok, ki se kaže v paralizi dihalnih in srčnih mišic ter poginu rib (Avkhimovich, 2013). Temperatura vode je povezana z ostalimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi vode, kot je količina plinov v vodi (kisik, ogljikov dioksid) ter fiziološko aktivnostjo rib.

2.3.2 Kisik

Za normalno vzrejo postrvi je potrebno v vodi zagotoviti med 8 in 12 mg O₂/l. Znaki pomanjkanja oziroma nezadostne količine raztopljenega kisika, ko koncentracija raztopljenega kisika pade pod 6 mg O₂/l, se kažejo v manjši aktivnosti in odpornosti rib ter motnji v vedenju (znaki zadušitve) (Treer, 1995).

Salmonidne ribogojnice v Sloveniji so zgrajene predvsem pri izvirskih vodah, vendar so le-te lahko revne s kisikom, zato jih je potrebno prezračevati. Eden boljših načinov za prezračevanje vode v pravokotnih vzrejnih bazenih je s pomočjo kaskad oziroma prelivanj (slika 2), ki ga omogoča padec terena (Woynarovich, 2011).



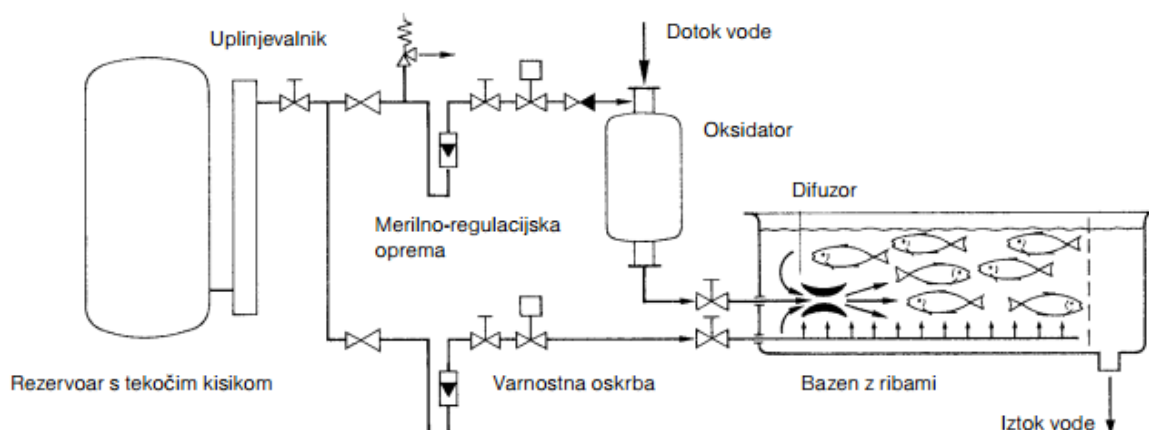
Slika 2: Vzrejni bazeni v kaskadah (Woynarovich, 2011)

Poleg prezračevanja vode s prelivanjem preko kaskad, lahko vodo dodatno obogatimo s kisikom tudi z različnimi prezračevalnimi sistemi (aeratorji, razpršilci, kompresorji, puhali itd.) (slika 3) ali tekočim kisikom. Vsebnost raztopljenega kisika je potrebno kontrolirati predvsem v času krmljenja, saj je poraba kisika takrat večja.



Slika 3: Aerator (Hrastinger, 2013)

Pri intenzivni vzreji postrvi v RAS je potrebno konstantno dodajati kisik (atmosferski, tekoči), ki ga dovajamo neposredno v vzrejne bazene (slika 4). Pri atmosferskem kisiku gre za dovajanje kisika iz zraka, kar predstavlja le 21 % kisika. Z dovajanjem tekočega kisika v vodo pa dosežemo kar 95 do 100 % kisika v vodi (Krause, 2006). V RAS lahko uporabljamo obe metodi dovajanja kisika, vendar obstaja večje tveganje z uporabo atmosferskega kisika, saj ni nujno, da le-ta zagotavlja zadostno količino kisika v sistemu.

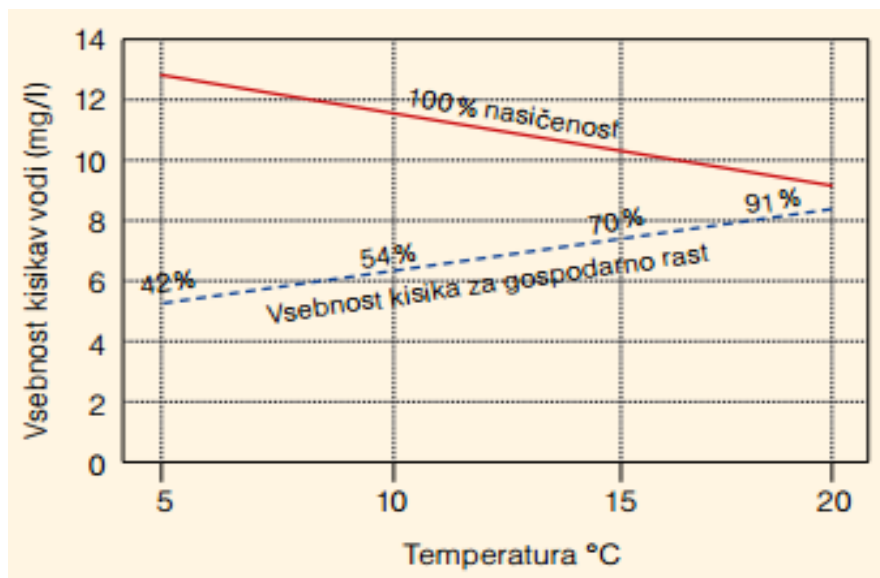


Slika 4: Prikaz uporabe tekočega kisika v vzrejnem bazenu (Messer, 2013)

Uporaba tekočega kisika zagotavlja (Messer, 2013):

- možnost programiranega doziranja kisika glede na potrebe,
- hitrejšo razgradnjo amonijaka,
- večjo gostoto postrvi do 100 kg/m^3 ,
- manjšo porabo sveže vode,
- boljši izkoristek krme,
- hitrejšo rast salmonidov.

Nasičenost vode z atmosferskim kisikom (slika 5) je fizikalno omejena in znaša od 8 do 14 mg/l, odvisno od temperature vode in parcialnega tlaka kisika v plinasti fazi. S pomočjo tekočega kisika lahko dosežemo 4,8-krat večjo nasičenost vode s kisikom kot z zrakom (Messer, 2013).



Slika 5: Vsebnost kisika v vodi (Messer, 2013)

2.3.3 pH

Za normalen razvoj in rast postrvi je potrebna pH vrednost vode med 6,5 in 8 pH (Woynarovich, 2011). Pri bazičnosti nad 9,2 pH in kislosti pod 4,8 pH postrvi poginjajo, zato je potrebno v ribogojnici vrednosti pH neprestano spremljati in pravočasno ukrepati. Šarenke so občutljive na visoke vrednosti pH in bolj odporne na nizke vrednosti pH (Avkhimovich, 2013).

Do znižanja pH vrednosti lahko pride zaradi CO₂ in organskih kislin, ki so produkt postrvi in bakterijske presnove, zato je potrebno spremljati alkaliteto vode. Določimo jo s titriranjem vode s kislino in določanjem ekvivalenta, pri čemer je alkaliteta izražena v mg/l kalcijevega karbonata (CaCO₃). Ko alkaliteta pade pod 100 mg/l je potrebno dodati natrijev hidrogenkarbonat (NaHCO₃), s katerim dosežemo stabilizacijo pH vrednosti (Strange, 2004).

V večini naravnih vod je pH povezan z ravnovesjem ogljikovega dioksida (CO₂), hidrogenkarbonata (HCO₃⁻) ter karbonata (CO₃²⁻) in s tem tudi s trdoto vode (mehke vode imajo nižjo pH vrednost, trde vode pa višjo) (Samec, 2009). Nižje vrednosti pH se lahko pojavijo v vodah bogatih z raztopljenimi organskimi snovmi, medtem ko so višje vrednosti pH pogoste v evtrofnih sistemih (Urbanič, 2003).

2.3.4 Ogljikov dioksid

V ribogojnici se vsebnost CO₂ poveča pri veliki gostoti postrvi in majhnem pretoku vode, ki ne zadošča za ustrezno izmenjavo plinov. Strupen učinek CO₂ je posreden in neposreden. Posreden učinek se kaže z vplivom na vrednost pH, neposreden pa vpliva na dihanje postrvi. Prevelike vsebnosti CO₂ (> 20 mg/l) v vodi onemogočajo prehod CO₂ skozi škrge v vodo (difuzija), zato postrvi dihajo hitreje, so nemirne, nimajo ravnotežja in na koncu poginejo. Naravne vode za življenje sladkovodnih vrst rib normalno vsebujejo 2 mg/l CO₂, vsebnost nad 12 mg/l pa upočasni rast postrvi (Jenčič, 2013).

V procesu metabolizma postrvi izločajo CO₂, ki je lahko nevaren za ribe kadar preseže 20 mg/l, zato ga je potrebno zmanjšati z dvigom vrednosti pH ali z razplinjenjem vode. V RAS lahko pride do kopičenja CO₂ predvsem zaradi velike gostote postrvi, kar pa je potrebno preprečiti. Vsebnost CO₂ običajno zmanjšamo z izmenjavo plinov, kar pomeni, da lahko vodo prezračimo preko slapa oziroma mešamo zrak z vodo (površinsko prezračevanje) (Krause, 2006).

2.3.5 Amonijak

V ribogojnicah mora biti vsebnost amonijaka (NH₃) nižja od 0,02 mg/l (Molony, 2001). Amonijak (NH₄⁺+NH₃) je končni produkt presnove pri razgradnji beljakovin in pri izločanju neioniziranega amonijaka preko škrge (Ebeling, 2012). Nahaja se v dveh oblikah, in sicer kot ribam manj strupen amonijev ion (NH₄⁺) in kot ribam zelo strupen neionizirani amonijak (NH₃). Na obliko amonijaka vplivata temperatura vode in vrednost pH. Za ocenitev toksičnosti amonijaka je pomembno poznati količino neioniziranega amonijaka (NH₃) v vodi (preglednica 5), ki se izračuna iz izmerljivih vrednosti celotnega amonijaka (NH₄⁺+NH₃), temperature (T) in pH vode, s sledečo enačbo (1) (Avkhimovich, 2013):

$$NH_3 = \frac{NH_4^+ + NH_3}{10^{(10,07 - 0,33T - pH) + 1}} \quad (1)$$

Glavni ukrepi s katerimi preprečujemo zastrupitev postrvi z amonijakom so (Jenčič, 2013):

- pravilna gostota postrvi,
- pravilno odmerjanje dnevnih obrokov krme,
- pravilna izmenjava vode (ustrezen pretok vode),
- zadostna koncentracija raztopljenega kisika v vodi (> 9 mg/l),
- temperatura vode (< 20 °C),
- pH vode (7–8 pH),
- redno odstranjevanje organskih onesnažil.

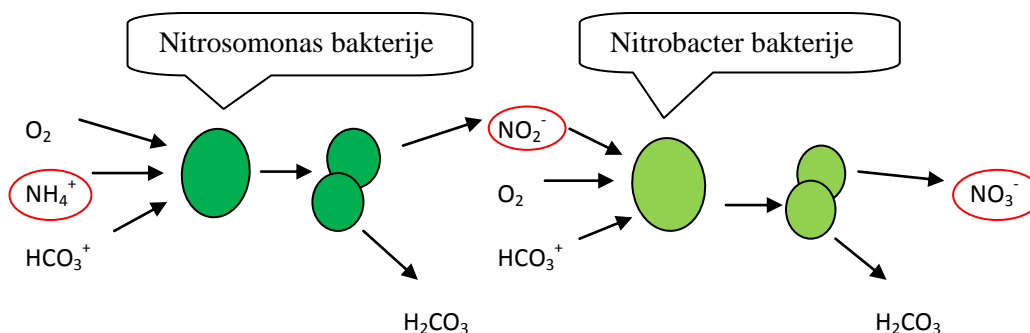
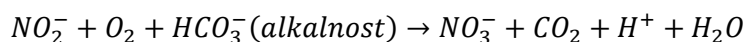
Preglednica 5: Vsebnost NH_3 (kot % celotnega amonijaka) v vodi pri različnih vrednostih pH in temperature (Avkhimovich, 2013)

NH ₃ [mg/l]		T [°C]			
		5	10	15	20
pH	7,0	0,12	0,175	0,26	0,37
	7,2	0,19	0,28	0,41	0,59
	7,4	0,3	0,44	0,64	0,94
	7,6	0,48	0,69	1,01	1,47
	7,8	0,75	1,09	1,6	2,32
	8,0	1,19	1,73	2,51	3,62

2.3.6 Nitriti in nitrati

Čiščenje odpadne vode v ribogojnicah zahteva vzdrževanje ustreznih pogojev vode, ki je primerna za izpust iz ribogojnic oziroma za ponovno uporabo v vzrejnih bazenih. Odstranjevanje organskega onesnaženja lahko poteka bodisi v oksidnih ali anoksičnih pogojih, medtem ko odstranjevanje dušika poteka v dveh korakih: (1) nitrifikacija, tj. pretvorba amonija v nitrat v oksidnih pogojih in (2) denitrifikacija, tj. pretvorba nitrata v atmosferski dušik pod anoksičnimi pogoji (Kompore, 2008).

Slika 6 nazorno prikazuje odstranitev amonijaka z bakterijami *Nitrosomonas* in *Nitrobacter* s procesom nitrifikacije, ki vključuje dva procesa (oksidacijo amonijaka NH_4^+ in oksidacijo nitrita NO_2^-) (Jokumsen, 2010):

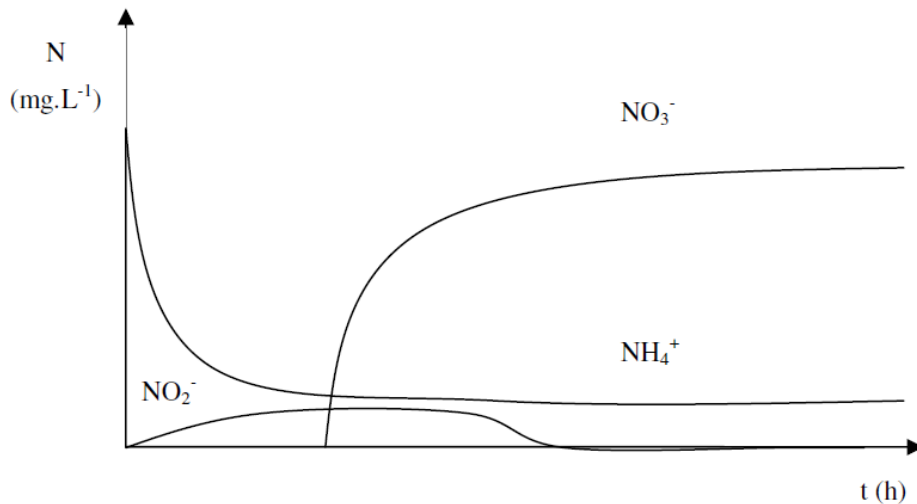


Slika 6: Proces nitrifikacije, ki je izveden z dvema skupinama bakterij (Jokumsen, 2010)

Za postrvi postanejo nitriti strupeni, ko njihova vrednost v vodi preseže 0,5 mg/l. Na vsebnost nitritov v vodi vplivajo vsebnost kloridov, kisik in pH vrednost (Jenčič, 2013). Višja raven klorida v vodi

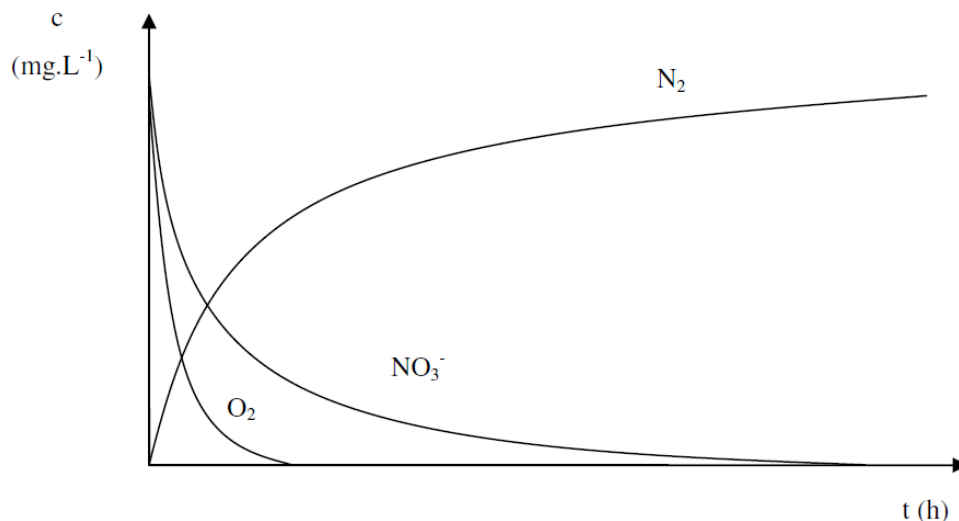
zmanjšuje toksičnost nitrita. Za vzrejo postrvi je priporočljivo razmerje med kloridom in nitritom najmanj 20:1. Raven klorida v RAS vzdržujemo približno na 200 mg/l, povečamo ga lahko z dodajanjem navadne soli (natrijev klorid) ali kalcijevega klorida (Ebeling, 2012). Nitrati so za postrvi nestrupeni, zato so zastrupitve postrvi redke. O kritični vrednosti nitrata za salmonide govorimo, kadar preseže 3 mg/l (Jenčič, 2013).

Kadar nitrifikacija ni popolna, prihaja do kopičenja nitrita, kar se kaže kot povečana aktivnost bakterij rodu *Nitrosomonas* od bakterij rodu *Nitrobacter*. Na začetku nitrifikacije se začne koncentracija amonijaka zniževati, koncentraciji nitrita in nitrata pa se povečujeta. Nato začne nitrit oksidirajoče bakterije razgrajevati nitrit, pri čemer se koncentracija nitrita znižuje, koncentracija nitrata pa se do konca nitrifikacije povišuje. Na koncu nitrifikacije je koncentracija nitrita običajno nižja od koncentracije amonija. Na sliki 7 je prikazano spreminjanje ene oblike dušika v drugo (Kurbus, 2008).



Slika 7: Spreminjanje koncentracije dušikovih spojin pri procesu nitrifikacije (Kurbus, 2008)

Na začetku procesa denitrifikacije se koncentracija nitrata znižuje vse do konca anoksične faze, pri čemer se tvori atmosferski dušik (N₂), kar je prikazano na sliki 8. Na hitrost denitrifikacije vpliva koncentracija raztopljenega kisika, ki deluje zaviralno na rast heterotrofnih denitrifikacijskih bakterij (Kurbus, 2008).



Slika 8: Spreminjanje koncentracije dušikovih spojin pri procesu denitrifikacije (Kurbus, 2008)

2.4 Ribogojnice za salmonidne ribe

Postrvi lahko vzrejamo v pretočnih kanalih, vzrejnih bazenih ali manjših ribnikih. Glede na to, da v Sloveniji prevladujejo različne pretočne ribogojnice odvisne predvsem od izbrane lokacije in razpoložljive količine vode na vodnem viru, v nadaljevanju podrobneje predstavljamo sistem pretočne ribogojnice in možnosti nadgradnje obstoječih ribogojnih obratov oziroma uporabo RAS, katere omogočajo večje vzrejne kapacitete postrvi in manjšo porabo vode.

Ribogojnice so lahko popolni ali nepopolni obrati. V popolnih obratih poteka celotni vzrejni cikel od pridobivanja iker do vzreje tržnih rib ter plemenske jate, nepopolni obrati pa so specializirani le za eno od vzrejnih faz (Pavlič, 2013). Ker vsaka faza vzreje (plemenske ribe, pridobivanje iker – smukanje, inkubacija iker, vzreja zaroda, mladice, konzumnih postrvi) zahteva določeno tehnično specifikacijo vzrejnih bazenov, se v nadaljevanju osredotočamo na ribogojnice z nepopolnim obratom oziroma vzrejne bazene, ki so namenjeni vzreji postrvi od mladice do konzumne velikosti.

2.4.1 Pretočne ribogojnice

Pri načrtovanju pretočne ribogojnice je poleg kakovosti in količine vode potrebno izbrati tudi primerno lokacijo, ki bo omogočala izgradnjo vzrejnih bazenov in pripadajočih ribogojnih objektov. Primerne so lokacije z zadostnim padcem terena, ki omogoča izgradnjo vzrejnih bazenov v kaskadah (slika 9). Vzrejni bazeni so pregrajeni z rešetko in ločeni drug od drugega, tako da lahko nivo vode v bazenih reguliramo neodvisno od ostalih vzrejnih bazenov. S tem zagotovimo lažjo manipulacijo z ribami ter dezinfekcijo oziroma razkuževanje in čiščenje bazenov.

Dezinfekcija ali razkuževanje je postopek, s katerim uničimo viruse, bakterije, zajedavce in njihove razvojne oblike v sistemu vzreje rib. Ločimo sprotno razkuževanje, ki poteka ves čas vzreje, in končno

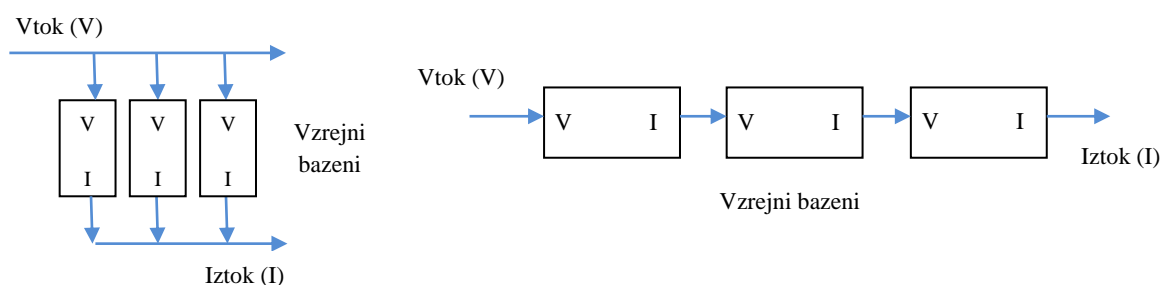
razkuževanje, ki ga opravimo po končanem procesu vzreje in pri izkoreninjanju bolezni. Za razkuževanje uporabljamo kemijske in fizikalne metode. Pri kemijskih metodah uporabljamo različne kemikalije, med katerimi so pogoste formalin, kvarterne amonijeve snovi, apno, jod, različni lugji in ozon. Med fizikalne metode pa uvrščamo uporabo suhe in mokre toplote, UV svetlobe, daljše obdobje izsušitve vzrejnih bazenov ter njihovo izpostavitve sončnim žarkom (Jenčič, 2013).



Slika 9: Pretočna ribogojnica z vzrejnimi bazeni v kaskadah

(Alabama Aquaculture, 2006)

Pri zadostni količini vode ima vsak vzrejni bazen svoj dotok vode, kjer se voda uporabi samo enkrat vzdolž vzrejnega bazena (slika 10) in nato odteče nazaj v vodotok. Prednost enkratne uporabe vode v vzrejnem bazenu je izkoriščanje visoko kakovostne vode, kar zagotavlja enake pogoje za vsak vzrejni bazen. Vse pogosteje se srečujemo s primeri, kjer prihaja do pregoste naselitve rib in pomanjkanja vode, posebno v poletnem obdobju. Zaradi tega vse pogosteje vodo uporabimo večkrat (slika 10), kar pomeni da se voda pretaka skozi več serij vzrejnih bazenov. S tem povečamo proizvodno kapaciteto posamezne ribogojnice glede na porabljeno količino vode (Treer, 1995).



Slika 10: Enkratna (levo) in večkratna (desno) uporaba vode v vzrejnih bazenih

V ribogojnicah z večkratno uporabo vode so vzrejni bazeni največkrat urejeni v serijah. V tem primeru je vtok vode na najvišji točki vzrejnega kanala, nato pa voda teče vzdolž serije bazenov, pri čemer v vsak sledeči bazen prehaja voda bolj osiromašena s kisikom in onesnažena z iztrebki rib in ostanki krme. Za izgradnjo takšnih bazenov moramo zagotoviti višinsko razliko (naklon terena), ki omogoča gravitacijski pretok vode skozi ribogojnico, pri tem pa se preko kaskad in prelivanj voda še dodatno prezrači. Kjer je zadosten padec terena, lažje reguliramo globino bazena in s tem tudi hitrost izmenjave vode v ribogojnih objektih. Priporočljivo je, da se za intenzivno vzrejo postrvi voda zamenja 50– do 72–krat v 24 urah oziroma 2,5– do 3–krat na uro (Treer, 1995).

Pri intenzivni vzreji rib v sistemu pretočne ribogojnice z večkratno uporabo vode (slika 11) se vzdolž serije bazenov naselitev postrvi manjša. V drugem nizu vzrejnega objekta se kapaciteta rib zmanjša za 20 do 30 %, v tretjem je naseljenost postrvi le 25 do 40 % glede na proizvodnjo prve serije objekta. S takšno racionalizacijo porabe vode in s stalnim prezračevanjem, lahko povečamo proizvodnjo za 100 % (Treer, 1995).



Slika 11: Ribogojnica z večkratno uporabo vode

(Foto: Suzana Pavlič, 2013)

Dotok vode pretočne ribogojnice je glavni vir raztopljenega kisika v vodi, zato je potrebno uravnotežiti gostoto naseljenosti postrvi, količino krme in pretok vode skozi vzrejne bazene tako, da vsebnost kisika na iztoku ne pade pod 6 mg/l. Prav tako je potrebno tudi redno odstranjevanje odvečnega blata (ostanki krme, iztrebki rib itd.), ki se nabira na koncu vzrejnih bazenov. Odvečno blato postrvi ima večjo specifično gostoto ($1,022\text{--}1,052\text{ g/cm}^3$) (Moccia, 2007) kot voda ($1,000\text{ g/cm}^3$) (Sykes, Walker, 2003), kar pomeni, da ima odlične lastnosti usedanja, zato ga lahko odstranimo že pred iztokom vode nazaj v vodotok. V vodi lahko ostanejo topna hranila in organske snovi, ki v prevelikih količinah vplivajo nizvodno na vodni in obvodni ekosistem (Moccia, 2007).

Na gostoto rib, ki jo naselimo v vzrejne bazene, vpliva več dejavnikov: vrsta in velikost rib, temperatura vode, kakovost in količina vode, pretok vode skozi vzrejne bazene in sistem krmljenja rib (Turnbull, 2012). Ribe običajno ne zasedajo celotnega razpoložljivega prostora, zato splošno gostoto rib podajamo v različnih zapisih (Ellis, 2002):

- število rib na prostorninsko enoto (št. rib/m³ vode),
- težo rib na prostorninsko enoto (kg rib/m³ vode),
- število rib na enoto pretoka vode v določenem času (št. rib/l vode/s),
- težo rib na enoto pretoka vode v določenem času (kg rib/l vode/min).

Te navedbe podajanja gostote rib v vzrejnih bazenih kažejo, da je gostota naseljenosti rib zelo relativna in ni natančno določena, odvisna je namreč od več dejavnikov. Povprečna gostota postrvi v slovenskih ribogojnicah je 40 do 45 kg postrvi/m³ (Štular, 2013). V večini ribogojnic, ribogojci na podlagi izkušenj in spremljanja rib skozi leto ugotovijo, kolikšno gostoto rib dopušča njihov sistem. Presežena gostota naseljenosti zahteva veliko previdnost, saj se lahko pojavijo težave (znaki zadušitve rib, poškodbe plavuti itd.) (Avkhimovich, 2013).

Na podlagi izkušenj vzreje postrvi v pretočnih ribogojnicah so ugotovili, da se pri krmljenju za vsak kilogram krme porabi približno 0,5 kg O₂ (Owen, 2013). Slednji podatek omogoča izračun maksimalne količine krme, ki jo lahko pokrmimo na dan, glede na pretok vode in vsebnost kisika. Izračunamo jo po naslednji enačbi (2) (Managing Flow-Through Systems, 2006):

$$krma [kg] = pretok \left[\frac{m^3}{min} \right] \cdot (vsebnost O_2 \left[\frac{g}{m^3} \right] - 6 \left[\frac{g}{m^3} \right] O_2) \cdot 1440 \left[\frac{min}{dan} \right] \cdot 0,001 \left[\frac{g}{kg} \right] \cdot \frac{2 kg krme}{kg O_2} \quad (2)$$

Z zgornjo enačbo izračunamo maksimalno količino krme v vzrejnih bazenih, kar posledično določa maksimalno obremenitev vzrejnih bazenov z ribami, pri čemer ni potrebno dodatno prezračevanje oziroma dodajanje kisika.

Da ohranimo visoko raven proizvodnje je potrebno zagotoviti vse osnovne elemente vzreje, kot so količina raztopljenega kisika v vodi, število kroženj vode skozi vzrejne bazene, visoko kvalitetna krma in pravilna naseljenost rib v ribogojnih objektih.

2.4.1.1 Zajem vode

Količina odvzete vode na vodotoku se določa interdisciplinarno s strani predstavnikov Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO). Preveliki odvzemi vode iz vodotokov pomenijo negativen vpliv na zgradbo in delovanje vodnega in obvodnega ekosistema. Zato je za ohranjanje in izboljšanje vodnih ekosistemov potrebno vzdrževati ustrezno količino in kakovost vode v vodotokih, kar lahko omogočimo z zagotavljanjem ekološko sprejemljivega pretoka (Q_{es}) (Smolar-Žvanut, 2007).

Ekološko sprejemljiv pretok (Q_{es}) se določi na podlagi hidroloških izhodišč za določitev ekološkega sprejemljivega pretoka, značilnosti odvzema vode, hidroloških, hidromorfoloških in bioloških značilnosti vodotoka ter podatkov o varstvenih režimih, na katere lahko vpliva nameravana posebna raba površinske vode (Uradni list RS, št. 97/2009).

Zajetje vode se v večini primerov nahaja gorvodno od lokacije ribogojnice in je do vzrejnih bazenov speljano po ceveh. Zaradi mehanskih delcev (pesek, kamenje), ki gredo skozi rešetko, je potrebno pred vtokom vode v vzrejne bazene zasnovati peskolov, kjer se težji delci usedajo. Prečiščena voda iz peskolova je nato speljana vse do ribogojnih objektov oziroma vzrejnih bazenov.

2.4.1.2 Vzrejni bazeni

Bazeni za vzrejo salmonidov so večinoma betonski, lahko pa so tudi zemeljski oziroma kombinirani. Prednosti betonskih bazenov se kažejo v manjših izgubah vode, boljšem izkoristku prostora ter enostavni regulaciji dotoka vode. Pri tem je delo z ribami lažje in učinkovitejše, omogoča tudi popolno čiščenje in vzdrževanje higienskih razmer v vzrejnih bazenih.

Vzrejni bazeni morajo biti zgrajeni tako, da zagotavljajo (Oca Baradad, 2008):

- najboljše pogoje za rast rib,
- minimalen vpliv na okolje,
- optimalni izkoristek prostora za postavitev vzrejnih bazenov,
- zmanjšanje porabe virov (kisik, krma, energija),
- najnižje stroške dela.

Hidrodinamika vode v vzrejnih bazenih mora zagotoviti homogene pogoje za vzrejo postrvi, lažje čiščenje in ustrezno hitrost pretoka vode. Običajno so pretočni kanali pravokotni, vzrejni bazeni pa so lahko tudi okrogli.

Pretočni vzrejni kanali

V pretočnih vzrejnih kanalih voda teče gravitacijsko zaradi padca terena. Pogoji se vzdolž toka spreminjajo, zlasti blizu iztoka, kjer se zmanjšuje kakovost vode, zaradi nabiranja odpadnega blata (iztrebki rib, ostanki krme itd.). Za doseganje optimalnih pogojev je potrebno v pravokotnih vzrejnih bazenih zagotoviti visoko stopnjo izmenjave vode in primerno gostoto rib. Primerna stopnja izmenjave vode v pretočnih kanalih je trikrat ali več na uro z minimalno hitrostjo okoli 0,03 m/s (Managing Flow-Through Systems, 2006). Pri manjši hitrosti vode in manjši gostoti rib v vzrejnem bazenu se začne na dnu bazena usedati odvečno blato (iztrebki rib, ostanki krme itd.), kar lahko zavira uspešno vzrejo rib.

V intenzivni vzreji se najpogosteje uporabljajo pravokotni vzrejni bazeni, ker omogočajo optimalno izkoriščanje prostora, lažje delo in sortiranje rib. Dimenzije vzrejnih bazenov niso standardizirane, vendar je priporočljivo upoštevati razmerje (dolžine in širine vzrejnega bazena) večje od 5:1 (Oca Baradad, 2008). Značilne dimenzije pretočnih kanalov so od 15 do 30 m dolžine, od 3 do 9 m širine in od 0,9 do 1,8 m globine (Managing Flow-Through Systems, 2006).

Poleg pravokotne oblike vzrejnih bazenov obstajajo tudi kvadratni. V primeru pravokotnih vzrejnih bazenov voda v ribogojnicah teče skozi celotno širino bazenov preko kaskad (slika 12), kjer se dodatno obogati s kisikom in zagotavlja pravilen vtok in iztok vode, da ne pride do mrtvih kotov.



Slika 12: Ribogojnica s kaskadami (Foto: Suzana Pavlič, 2012)

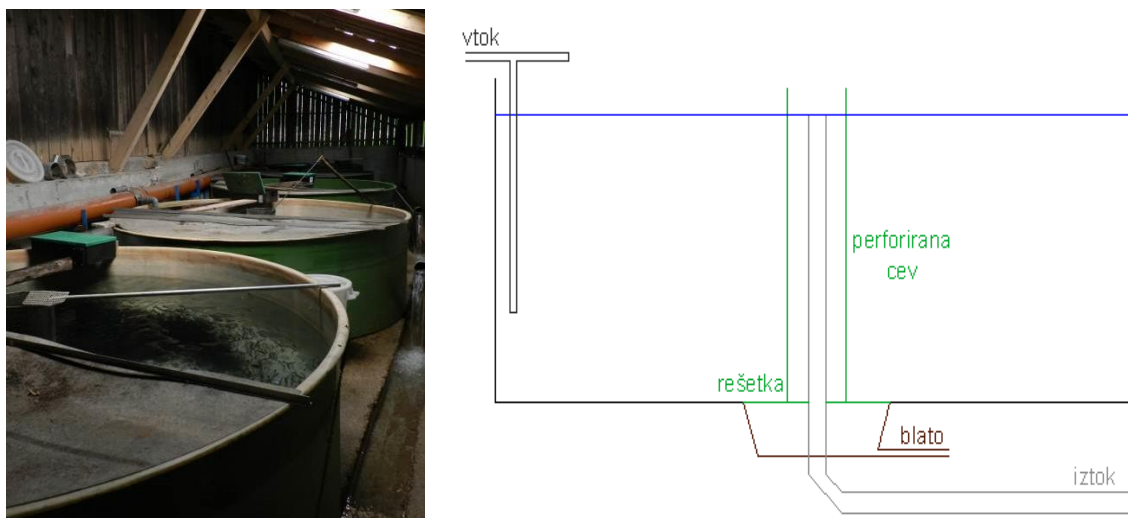
Velikost vzrejnih bazenov je odvisna od razpoložljivega prostora in količine kakovostne vode. Pri tem je pomembno, da je vsak vzrejni bazen samostojna funkcionalna enota, ki omogoča samostojno polnjenje in praznjenje bazena. Pri čiščenju vzrejnega bazena moramo zagotoviti, da je iztok vode speljan v sedimentacijski bazen in pri tem ne ogroža rib v ostalih bazenih vzdolž vzrejnega kanala.

Okrogli vzrejni bazeni

Okrogli vzrejni bazeni so različnih dimenzij. Priporočljivo razmerje dolžin (premer in globina) je med 5:1 in 10:1, vendar se kljub temu uporabljajo tudi manjše dimenzije v razmerju 3:1 (Timmons, 2013). Na velikost vzrejnega bazena vplivajo tudi: količina dotoka vode, gostota naseljenosti rib, vrsta rib, stopnja krmljenja in zahtevnost upravljanja z vzrejnimi bazeni (Oca Baradad, 2008).

V okroglih vzrejnih bazenih (slika 13) voda doteka tangencialno na steno bazena. Iztok vode se v večini primerov nahaja v sredini bazena, s čimer dosegamo boljše lastnosti samočiščenja vode. Zaradi kroženja vode se iztrebki koncentrirajo ob iztoku na dnu bazena in s tem omogočajo lažje

odstranjevanje odvečnega blata (iztrebki rib, ostanki krme itd) iz vzrejnega bazena (Oca Baradad, 2008).



Slika 13: Okrogli vzrejni bazeni (Foto: Suzana Pavlič, 2012)

Pri okroglih vzrejnih bazenih z usmerjenim tokom dosegamo enakomeren tok vode z višjo hitrostjo in nižjo stopnjo izmenjave vode kot v pravokotnih vzrejnih bazenih. Kroženje vode zagotavlja enakomerno razporeditev rib in na ta način optimizira porabo vode in prostora v vzrejnem bazenu. Na ugodne pogoje v vzrejnem bazenu vpliva več dejavnikov (Oca Baradad, 2008):

- vtok vode v vzrejni bazen,
- razmerje dimenzij (premer in globina) vzrejnega bazena,
- iztok vode iz vzrejnega bazena.

Poleg kroženja vode, omogoča tudi kroženje krme, ki jo salmonidi radi pobirajo z vrha. Čeprav okrogli vzrejni bazeni zagotavljajo bolj homogene pogoje in višje hitrosti toka vode kot pravokotni, se v ribogojstvu uporabljajo manj pogosto, saj zahtevajo več prostora.

2.4.1.3 Iztok vode iz ribogojnice

Vode iz ribogojnice uvrščamo med izpuste, katerih kakovost mora ustrezati predpisom parametrov v skladu z *Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo* (Uradni list RS, št. 64/2012). V Sloveniji so pretočne ribogojnice manjših kapacitet, saj tako zagotavljajo ustrezno kakovost izpustne vode z izgradnjo usedalnika oziroma sedimentacijskega bazena na izpustu. Kakovost vode ne sme ogroziti vodnih organizmov nizvodno od izpusta in naravnega stanja vodotoka. Redne kontrole kakovosti vode na iztokih iz ribogojnic se ne izvajajo, saj so analize vode pokazale, da pri onesnaženju z izpusti iz ribogojnic pride do manjših odstopanj, ki so

zanemarljiva in so v skladu z *Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo* (Uradni list RS, št. 64/2012).

Na Inštitutu za zdravstveno hidrotehniko v Ljubljani so opravili večletne kemijske analize vode Ribogojnice Žalec (preglednica 6) (Babič, 2013), ki jo uvrščamo med srednje oziroma večje ribogojnice v Sloveniji. Analize vode kažejo, da so odstopanja parametrov na vtoku in iztoku minimalna in v skladu z *Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo* (Uradni list RS, št. 64/2012).

Preglednica 6: Kemijske analize vode Ribogojnice Žalec v obdobju 2004-2008 (Babič, 2013)

Datum	7.6.2004		9.6.2005		18.7.2006		6.6.2007		18.6.2008		MDK*
	vtok	iztok	vtok	iztok	vtok	iztok	vtok	iztok	vtok	iztok	
<i>Temperatura [°C]</i>	12.4	13.0	11.9	12.3	16.8	16.9	15.2	15.5	14.2	14.2	30
<i>pH</i>	7.55	7.40	7.72	7.78	7.75	7.66	7.7	7.55	7.34	7.67	6.5-9.0
<i>SS [mg/l]</i>	7	24	9	15	2	39	17	6	7	35	80
<i>Usedljive snovi [mg/l]</i>	< 0.5	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	3	1	< 0.5	< 0.5	5	0.5
<i>Sušina [mg/l]</i>	224	318	208	292	340	444	374	325	225	365	-
<i>KPK [mg/l]</i>	5	10	6	9	17	18	6	3	11	9	120
<i>BPK₅ [mg/l]</i>	4	6	4	5	5	11	2	3	2	3	25

MDK* - maksimalna dovoljena koncentracija za iztok v vode, *Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja*, (Uradni list RS, št. 35/96).

2.4.2 Ribogojnice z recirkulacijskim akvakulturnim sistemom – RAS

RAS predstavljajo nov način intenzivne vzreje rib, kjer s posameznimi komponentami kot so bogatenje vode s kisikom, čiščenje odpadne vode in ponovna uporaba vode, omogočajo večje kapacitete vzrejenih rib. Tradicionalno vzrejo rib v pretočnih ribogojnicah lahko nadgradimo z različnimi RAS, tako da jih prilagodimo potrebam posameznega že obstoječega obrata oziroma zasnujemo nov sistem, ki temelji na posameznih izbranih komponentah. V RAS, kjer so uporabljene vse posamezne komponente sistema, vodo očistimo (odstranimo škodljive odpadke, ostanke krme itd.), obogatimo s kisikom in ponovno uporabimo v vzrejnih bazenih. Dotok sveže vode lahko predstavlja le del celotne količine vode, ki nadomešča izgube zaradi izhlapevanja, procesa čiščenja ribogojnih objektov in spiranja odpadnega materiala (Moutounet, 2012).

Z gospodarskega vidika, uporaba RAS prinaša številne prednosti, čeprav so pri tem večji investicijski in obratovalni stroški. V primerjavi s pretočnimi ribogojnicami v RAS dosežemo bistveno večjo gostoto rib, ta pa je odvisna od vrste in dolžine rib. Za postrvi (šarenke) je povprečna gostota

naseljenosti v RAS 80 kg/m^3 (Boulet, 2010). Gostota naseljenosti postrvi (preglednica 7) se povečuje, glede na dolžino postrvi, ki jo lahko približno izračunamo po naslednji enačbi (3) (Timmons, 2013):

$$\gamma_p = \frac{a}{0,32} \quad (3)$$

kjer pomeni:

γ_p gostota postrvi [kg/m^3],
 a dolžina postrvi [cm].

Preglednica 7: Gostota naseljenosti postrvi glede na dolžino postrvi

Gostota postrvi [kg/m^3]	Dolžina postrvi [cm]				
	10	15	20	25	30
	31	47	63	78	94

Za optimalno rast postrvi je potrebno zagotoviti vse potrebne pogoje, kot so dotok čiste vode s primerno temperaturo, zadostna vsebnost kisika v vodi itd. Z uporabo RAS zmanjšamo porabo vode in vpliv na okolje. Na občutljivih območjih, kjer primanjkuje vode za vzrejo rib, RAS lahko predstavlja eno izmed možnosti za obnovo že obstoječega ali za postavitev novega RAS.

Na voljo je cela vrsta RAS kot tudi različne možnosti čiščenja vode (Thorarensen, 2007). Eden od glavnih kriterijev za RAS je večja gostota naseljenosti rib, na podlagi katere se določi stopnja krmljenja in ostala specifikacija tehničnih komponent (vtok oziroma iztok vode, koncentracija kisika, čiščenje vode itd.) (Timmons, 2013).

Ločimo različne tipe RAS odvisno od razpoložljive vode v okolju, kjer želimo postaviti sistem (Moutounet, 2012):

- polzaprt sistem brez biofiltrrov,
- polzaprt sistem z biofiltri,
- popolnoma zaprt sistem.

RAS temeljijo na količini sveže vode in filtraciji. V vseh primerih je potrebno v vzrejne bazene dovajati kisik, bodisi z atmosferskim zrakom ali tekočim kisikom.

Polzaprt sistem brez biofiltrrov

Pri polzaprtem sistemu se del vode mehansko prečisti in ponovno uporabi v vzrejnih bazenih. Dotok sveže vode predstavlja približno 5 do 50 % količine vode, ki kroži v sistemu (Moutounet, 2012).

Polzaprt sistem z biofiltri

V polzaprtem sistemu z biofiltri očistimo več kot 50 % vode, ki kroži v RAS. Zaradi zmanjšanja količine sveže vode je potrebno poleg mehanskega čiščenja vode, zagotoviti tudi biološko čiščenje (Moutounet, 2012).

Popolnoma zaprt sistem

V popolnoma zaprtem sistemu se ponovno uporabi vsa voda iz sistema, ki jo prečistimo mehansko in biološko z biološkimi filtri, kjer poteče proces nitrifikacije in denitrifikacije. Dotok sveže vode v tem primeru predstavlja le nekaj odstotkov celotne količine vode v sistemu, ki nadomešča izgube zaradi izhlapevanja, procesa čiščenja ribogojnih objektov in za spiranje odpadnega materiala (Moutounet, 2012).

Glede na različno uporabo RAS (polzaprt sistem, popolnoma zaprt sistem) lahko ribogojnica, ki ima pretok sveže vode 50 l/s, letno vzredi okoli (Moutounet, 2012):

- 120 ton postrvi v delno zaprtem sistemu brez biofiltrov (13,1 m³/kg postrvi),
- 480 ton postrvi v polzaprtem sistemu z biofiltri (3,3 m³/kg postrvi),
- več kot 1000 ton postrvi v popolnoma zaprtem sistemu (1,6 m³/kg postrvi).

2.4.2.1 Vzrejni bazeni

Vzrejni bazeni v RAS so izdelani iz različnih materialov. Bistveno je, da so materiali inertni in da ne reagirajo z vodo. Najpogosteje se uporabljajo steklena vlakna, polietilen, plastične obloge v notranjosti bazena, pocinkano jeklo in beton. Uporaba zemeljskih bazenov je redka, saj gre po navadi za vzrejne bazene, ki so v notranjih prostorih (Strange, 2013). Bazeni za vzrejo postrvi v RAS so največkrat pravokotne oblike (pretočne steze oziroma kanali), lahko pa načrtujemo tudi okrogle vzrejne bazene z usmerjenim tokom (slika 14).

Okrogli vzrejni bazeni

Razmerje med premerom in globino okroglih vzrejnih bazenov je približno 4:1 (Boulet, 2010). Iz leta v leto se dimenzije premera okroglih vzrejnih bazenov hitro povečujejo. Zasledimo lahko že bazene s premerom do 42 m, vendar je proizvodnja rib v takšnih vzrejnih bazenih izpostavljena večjim gospodarskim tveganjem. Na izbiro velikosti vzrejnih bazenov vplivajo želene proizvodne kapacitete rib, proizvodni stroški, izkoristek prostora, kakovost vode, vzdrževanje in upravljanje z ribami itd. (Timmons, 2013).



Slika 14: Ribogojnica z RAS z okroglimi vzrejnimi bazeni (Save Bantry Bay, 2013)

Prednosti okroglih vzrejnih bazenov se kažejo v (Timmons, 2013):

- izboljšanju homogenega okolja v vzrejnih bazenih,
- različnem kroženju vode, kar vpliva na:
 - samočistilne lastnosti vzrejnega bazena,
 - optimizacijo pogojev in zdravja rib,
- hitrem zbiranju in odstranjevanju usedljivih snovi iz sistema.

Pravokotni vzrejni kanali

Pravokotni vzrejni bazeni kot pretočne steze oziroma kanali (slika 15), ki jih uporabljamo v RAS, so betonski (globine 1–1,5 m). Te pretočne steze so ločene z železnimi rešetkami in omogočajo držanje različnih velikosti rib. Vsak bazen ima prezračevanje in usedalnik v obliki konusa (Jokumsen, 2010).

Prednosti pretočnih stez oziroma kanalov v RAS so predvsem v (Timmons, 2013):

- boljšem izkoristku prostora,
- lažjem obvladovanju in sortiranju rib.

Uporaba pretočnih stez je smotrna na izbranih lokacijah, kjer so količine vodnega vira večje. Tipične pretočne steze so različnih dimenzij, in sicer: širine od 3 do 5,5 m, dolžine od 24 do 46 m in globine (< 1m). Običajno razmerje kanalov med dolžino in širino je 1:10 (Timmons, 2013).



Slika 15: Vzrejni bazeni s pretočnimi stezami v Ribogojnici Hallundbæk (Foto: Søren Jøker)

Pomanjkljivosti pretočnih stez so (Timmons, 2013):

- manjše hitrosti pretoka (2 do 4 cm/s), kar vpliva na nezmožnost samočiščenja vzrejnih bazenov,
- potreba po večjih količinah vode,
- upad kakovosti vode vzdolž toka vode,
- pogosto čiščenje vzrejnih bazenov.

2.4.3 Čiščenje odpadne vode iz ribogojnice

V ribogojnicah se postrvi vzreja intenzivno, kar pomeni, da postrvi krmimo z industrijsko obdelano krmo. Pri krmljenju se lahko del briketov usede na dno bazena, del jih postrvi izločajo z iztrebki, kar predstavlja glavno onesnaženje vode v ribogojnicah. Na podlagi količine postrvi (poraba krme) v vzrejnih bazenih predvidevamo stopnjo onesnaženosti vode. Pri racionalnem krmljenju in manjši proizvodnji postrvi je onesnaženje minimalno.

Glavni vir onesnaženja vode so dušikove (organski dušik, amonijak, nitrit, nitrat) in fosforjeve spojine, ki nastanejo pri razgradnji krme, iztrebkih rib, ostankih krme itd. V čezmernih količinah v površinskih vodah pa le-te lahko povzročijo pojav eutrofikacije (Urbanič, 2003).

V primeru RAS, kjer dosegamo večjo letno proizvodno kapaciteto postrvi, je potrebno poleg odpadne vode iz ribogojnice preveriti tudi kakovost procesne vode, katero ponovno uporabimo v vzrejnih bazenih. Pri manjših pretočnih ribogojnicah je letna proizvodna kapaciteta postrvi bistveno manjša in ne predstavlja velikega vpliva na okolje.

Odpadna voda iz ribogojnih objektov je po navadi speljana po odvodnem kanalu nazaj v vodotok. Kakovost vode spuščene v vodotok ne sme ogrozati vodnih organizmov nizvodno od izpusta in naravnega stanja vodotoka.

2.4.3.1 Primarno čiščenje

S primarnim čiščenjem odstranjujemo plavajoče in lahko usedljive snovi. Poleg usedljivih in plavajočih snovi med primarnim čiščenjem odstranimo tudi del organskih snovi (BPK). Značilni učinki odstranjevanja snovi pri primarnem čiščenju so: do 95 % za trdne usedljive snovi, do 65 % za suspendirane snovi in do 35 % za BPK₅ (Roš, 2010).

Postopek odstranjevanja usedljivih snovi iz vzrejnih bazenov je odvisen od stopnje turbulence v njih. V okroglih vzrejnih bazenih s krožnim tokom vode in minimalnim kroženjem se usedljive snovi akumulirajo na sredini, odstranimo jih preko odtočnega kanala. V vzrejnih bazenih s sistemom recirkulacije vode po navadi uporabljamo dvojni odtočni kanal, ki je sestavljen iz manjše odtočne cevi, ki odstranjuje usedljive snovi iz vzrejnega bazena, in večje odtočne cevi, preko katere odvajamo odpadno vodo za ponovni recikel (Krause, 2006).

2.4.3.1.1 Usedalniki

Usedalniki so samostojna naprava za čiščenje vode, kjer se pospeši usedanje grobih delcev na dno usedalnika, prečiščena voda pa odteka na vrhu usedalnika. Hidravlično dimenzioniramo usedalnike glede na odtok vode iz vzrejnih bazenov. Na splošno velja, da se usedalniki dimenzionirajo z dobo zadrževanja od 1 do 2 uri (Panjan, 2005).

Učinek usedalnika je odvisen od površine in volumna ter izvedbe vtoka in iztoka. Površina bazena določa površinsko obremenitev za kakršen koli vtok, volumen bazena pa določa zadrževalni čas (Roš, 2010).

Površinska obremenitev je izražena kot (4):

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

kjer pomeni:

v	površinska obremenitev [m/s],
Q	pretok [m ³ /s],
A	površina usedalnika [m ²].

Zadrževalni čas je čas, ki je potreben za enoto volumna odpadne vode, da preteče skozi celoten bazen pri pretoku. Zadrževalni čas izrazimo kot (5):

$$t_z = \frac{V_r}{Q} \quad (5)$$

kjer pomeni:

t_z	zadrževalni čas [s],
V_r	volumen reaktorja [m ³],
Q	pretok [m ³ /s].

Zadrževalni čas mora biti tako dolg, da se vse usedljive snovi odstranijo. Usedanje snovi je odvisno tudi od lastnosti delcev, temperature ter množine in vrste odpadne vode (Roš, 2010). Enake čase zadrževanja in usedanja snovi zagotavljamo z enakomernim pretokom vode preko celega pretočnega prereza usedalnika.

Usedalniki so lahko različne oblike, čeprav se je kot najučinkovitejša pokazala cilindrična oblika s konusnim dnom (»vortex sistem«). V vortex sistemu se zaradi vrtnčenja vode pospeši enakomerno gibanje vode, tako da ni možnosti za nastanek mrtvih kotov v usedalniku. Grobi delci se počasi gibljejo v krogu ter padajo v konusni del »vortex sistema«. Učinkovitost usedalnika je odvisna tudi od retencijskega časa (potreben čas, da se voda v usedalniku zamenja), ki mora znašati vsaj 9 minut. Prehitro gibanje vode čez usedalnik onemogoča usedanje grobih delcev, zato so zaželeni čim večji usedalniki oziroma več usedalnikov v nizu (Gospić, 2013).

Konusni usedalniki

Na koncu pravokotnih vzrejnih bazenov lahko načrtujemo konusne usedalnice, s katerimi odstranimo večje usedljive delce (iztrebke rib, ostanke krme itd.), kar omogoča sprotno odstranjevanje delcev in zagotavlja boljšo kakovost vode v naslednji seriji vzrejnih bazenov. Te usedalnice (slika 16) je potrebno redno prazniti, da zagotovimo optimalne pogoje.



Slika 16: Konusni usedalniki

(Foto: M. Lars Svendsen in Lisbeth J. Plesner)

2.4.3.1.2 Mikro–sita

Za odstranjevanje drobnih delcev so učinkovita mikro–sita z velikostjo $\approx 70 \mu\text{m}$. Mikro–sita (slika 17) so običajno na koncu proizvodne enote tik pred biološkimi filtri.



Slika 17: Mikro–sita *(Foto: Lisbeth J. Plesner)*

2.4.3.1.3 Sedimentacijski bazen

Usedljive snovi iz vzrejnega bazena se stekajo v sedimentacijski bazen, kjer je daljši zadrževalni čas in tako omogočena boljša sedimentacija nezaužite ribje krme in grobih delcev ribjih iztrebkov. Velikost

sedimentacijskega bazena je odvisna od vzrejne kapacitete rib oziroma količine pokrmjene krme in pretoka odpadne vode. Na podlagi proizvajalčeve analize krme, lahko določimo predvideno količino blata in dimenzioniramo velikost sedimentacijskega bazena. Sedimente se iz sedimentacijskega bazena izčrpa s črpalko.

2.4.3.2 Sekundarno čiščenje

Glavni cilj sekundarnega čiščenja vode je odstranitev raztopljenih snovi, kot so amonijak in raztopljene organske snovi, BPK in majhni delci, katerih ni mogoče odstraniti z mehanskim čiščenjem. Pri intenzivni vzreji postrvi, je delež le teh velik, zato je potrebno vodo pred ponovno uporabo primerno očistiti (Jokumsen, 2010).

Biofiltri

Biofiltre uporabljamo v različnih procesih čiščenja, za odstranjevanje organskih snovi, nitrifikacijo in denitrifikacijo. Nosilci biomase (slika 18) so plastične rebraste kroglice različnih oblik z veliko površino, na kateri je priraščena biomasa. Biomasa vsebuje veliko in raznovrstno populacijo živih organizmov, kot so bakterije, praživali, alge, glive itd. Za uspešen proces nitrifikacije je potrebno zagotoviti tudi zadostno biomaso (proces nitrifikacije in denitrifikacije je razložen v poglavju **2.3.6 Nitriti in nitrati**).



Slika 18: Nosilci biomase (Diamond Aquatics, 2013)

V reaktor s pritrjeno biomaso (biofilter) prehaja odpadna voda od vrha navzdol. Mikroorganizme, ki rastejo na podlagi, imenujemo biofilm ali biološka prirast. Ti mikroorganizmi vsebujejo na zunanji površini aerobne bakterije (*Nitrosomonas* in *Nitrobacter*), na notranji pa anaerobne bakterije. Hitrost nitrifikacije je najbolj odvisna od vrednosti pH, koncentracije amonijevega dušika in koncentracije raztopljenega kisika, ki prehaja skozi prostor in pride v stik z odpadno vodo ter mikroorganizmi, poleg tega pa je potreben tudi za mešanje biofiltrov (Roš, 2010).

Prednosti slednjih biofiltrrov so: (Roš, 2010):

- večja površina na enoto volumna,
- več praznih prostorov,
- večji hidravlični zadrževalni čas in boljši stik z mikroorganizmi,
- večja hidravlična in organska obremenitev,
- boljša obstojnost,
- boljša porazdelitev odpadne vode,
- manj potrebnega prostora za postavitev.

Slabi strani biofiltrrov sta njihova zapletena konstrukcija (dovod odpadne vode, dovod zraka, recikel) in uporaba nosilcev biomase, kar se odraža v visokih investicijskih stroških (Roš, 2010).

2.4.4 Prednosti in pomanjkljivosti RAS v primerjavi s pretočnim sistemom

Na izbiro ribogojnice s pretočnim sistemom ali RAS vpliva več dejavnikov: zelene vzrejne kapacitete rib, količina in kakovost vode, finančne zmogljivosti, izbrana lokacija itd. Preglednica 8 prikazuje prednosti in pomanjkljivosti posameznega sistema.

Preglednica 8: Prednosti in pomanjkljivosti pretočnega sistema in RAS (Moutounet, 2012; Ebeling, 2012; Jokumsen, 2010; Timmons, 2013; Strange, 2004)

PRETOČNI SISTEM	
<i>prednosti</i>	<i>pomanjkljivosti</i>
<i>nizki investicijski in obratovalni stroški</i> <i>vzreja rib na prostem</i>	<i>velika poraba vode</i> <i>velik vpliv na okolje</i> <i>nihanje kakovosti vode</i> <i>večji prostor za postavitev ribogojnih objektov</i> <i>omejena količina proizvodnje rib</i> <i>bližina vodnih virov</i> <i>manjša gostota rib</i>
RAS	
<i>prednosti</i>	<i>pomanjkljivosti</i>
<i>manjša poraba vode</i> <i>večja proizvodnja rib</i> <i>manjši vpliv na okolje</i> <i>stabilni pogoji proizvodnje</i> <i>stabilna vsebnost kisika v vodi</i>	<i>povečanje CO₂</i> <i>nevarnost kopičenja NH₃, NO₂, NO₃</i> <i>večje zahteve za upravljanje</i> <i>več tehničnega znanja in izkušenj</i> <i>potreba po rezervnih sistemih</i>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 8

<i>stabilna kakovost vode</i> <i>boljši nadzor in upravljanje proizvodnje rib</i> <i>manjši prostor za postavitev ribogojnih obratov</i> <i>boljši delovni pogoji</i>	<i>(elektrika, kisik, črpalke)</i> <i>visoki investicijski in obratovalni stroški</i> <i>(večja poraba električne energije)</i>
--	---

V primerjavi s pretočnimi sistemi, RAS dajejo možnost boljšega nadzora različnih parametrov. Preglednica 9 prikazuje kako se nadzor parametrov povečuje s stopnjo recirkulacije in filtracije vode (Moutounet, 2012).

Preglednica 9: Nadzor parametrov glede na stopnjo recirkulacije in filtracije vode (Moutounet, 2012)

Parametri	<i>Pretočni sistem</i>	<i>Polzaprt sistem z biofiltri</i>	<i>Popolnoma zaprt sistem</i>
kakovost vode	brez nadzora	odvisno od vodnega vira	popoln nadzor
temperatura	brez nadzora	težaven nadzor	popoln nadzor
trdne snovi	mogoč nadzor	mogoč nadzor	popoln nadzor
topne snovi	brez nadzora	brez nadzora	popoln nadzor
patogeni	brez nadzora	težaven nadzor	skoraj popoln nadzor
plenilci	omejen nadzor	mogoč nadzor	popoln nadzor

V polzaprtem sistemu je mogoče nadzorovati večino parametrov (preglednica 9), čeprav so ti še vedno odvisni od dotoka vode, ki ga je težko kontrolirati. V popolnoma zaprtim sistemu so vsi postopki avtomatizirani in nadzorovani, vendar pa zahtevajo sistematično vzdrževanje za optimalno delovanje.

Na vodotokih, kjer so RAS, se je vsebnost hranil in organskih snovi znižala. Preglednica 10 prikazuje rezultate raziskave na Danskem, kjer so primerjali parametre (N, P, BPK) nizvodno od pretočne ribogojnice in RAS (Jokumsen, 2010).

Preglednica 10: Primerjava izpusta celokupnega dušika (N), celokupnega fosforja (P) in biokemijske potrebe po kisiku (BPK) iz pretočne ribogojnice in RAS na Danskem (Jokumsen, 2010)

<i>1000 kg produkcije rib</i>	<i>Pretočna ribogojnica</i>	<i>Ribogojnica z RAS</i>	<i>RAS v % glede na pretočno ribogojnico</i>
celokupni N [kg]	31.2	20	64
celokupni P [kg]	2.9	1.1	38
BPK [kg]	93.6	5.6	6

3 METODE IN MATERIALI

3.1 Opis izbrane lokacije

Ribogojni obrat (varianata 1: pretočna ribogojnica in varianata 2: RAS) načrtujemo na izbrani lokaciji (slika 19), ki obsega približno 2736 m² površine. V bližini izbrane lokacije se nahaja izvir vode, ki teče vzdolž izbrane lokacije in se nato izliva v bližnjo reko. Po predhodnih opazovanjih in večletnih meritvah ima vodotok konstanten pretok in temperaturo vode ne glede na vremenske vplive. Izvirna voda je čista in bistra skozi celo leto, tudi v času neurja in nepredvidljivih vremenskih ekstremih, kar kaže na to, da je voda primerna za zajem in postavitvev ribogojnega obrata.



Slika 19: Lokacija za postavitev ribogojnega obrata (Atlas okolja)

Osenčeno območje (slika 19) je namenjeno postavitvi ribogojnega obrata z vzrejnimi bazeni, pripadajočim mehanskim in biološkim čiščenjem, urejenimi dovoznimi poti in skladiščnim prostorom za shranjevanje ribogojne opreme in krme.

3.2 Terensko vzorčenje in meritve fizikalno–kemijskih parametrov izbranega vodotoka

Na izbrani lokaciji je zgrajen manjši vzrejni bazen, na podlagi katerega smo dve leti spremljali vzrejo postrvi in merili posamezna parametra vodotoka (temperaturo in kisik). Za potrebe dimenzioniranja ribogojnega obrata (varianata 1: pretočna ribogojnica in varianata 2: RAS) na izbranem območju sem izvedla vzorčenje in meritve vode na vtoku in iztoku vode vzrejnega bazena.

Meritve in vzorčenje vode sem izvedla 1. 7. 2013. Odvzeta vzorca vode v PE embalaži sem istega dne analizirala v kemijskem laboratoriju, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko.

Na dan meritev in vzorčenja vode je bilo v vzrejnem bazenu naseljenih približno 200 kg mladice. Vzorčenje in meritve na vtoku v vzrejni bazen sem izvedla na zajetju, kjer se zajema voda za ribogojni obrat. Voda je od zajetja po polietilenski cevi (PE cev) speljana do manjšega peskolova, kjer se usedejo morebitni drobni delci in kjer lahko reguliramo dotok vode do vzrejnega bazena. Vzorčenje in

meritve na iztoku iz vzrejnega bazena sem izvedla za pregradno rešetko, kjer voda odteka nazaj v vodotok.

S pomočjo laboranta Renata Babiča, inž. kem. teh., sem analizirala naslednje parametre: pH, kemijska potreba po kisiku (KPK), biokemijska potreba po kisiku po 5 dneh (BPK₅), suspendirane snovi (SS), amonijev dušik (NH₄⁺-N), nitritni dušik (NO₂⁻-N), nitratni dušik (NO₃⁻-N), celotni dušik po Kjeldahlu (TKN), celotni dušik (TN), ortofosfat (PO₄³⁻-P) in celotni fosfor (TP). Uporabljene merilne metode in oprema so prikazane v preglednici 11.

Preglednica 11: Uporabljene metode in oprema za izvedbo analize vode

Parameter	Metoda	Oprema
temperatura	DIN 38404 - C4	Multimeter HACH HQ40d
pH	ISO 10523	Multimeter HACH HQ40d
SS	SIST ISO 11923	Analitska tehtnica Mettler Toledo AL204
NH ₄ ⁺ -N	ISO 7150 - 1,2	Spektrofotometer HACH DR 2800
NO ₂ ⁻ -N	SIST EN 26777	Spektrofotometer HACH DR 2800
NO ₃ ⁻ -N	SIST ISO 7890-1	Spektrofotometer HACH DR 2800
TP	ISO 6878 - 1	Spektrofotometer HACH DR 2800
KPK (COD)	ISO 6060	Spektrofotometer HACH DR 2800
BPK ₅ (BOD ₅)	SIST EN 1899 - 2	Manometer WTW Oxi top
TKN	SIST EN 25663	Spektrofotometer HACH DR 2800
PO ₄ ³⁻ -P	ISO 6878 - 1	Spektrofotometer HACH DR 2800

3.2.1 Izmerjene vrednosti fizikalno-kemijskih meritev in kemijskih analiz

V preglednici 12 so prikazane vrednosti parametrov, ki so bile izmerjene na terenu in pridobljene z analizo vode v kemijskem laboratoriju, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko.

Vrednosti parametrov vode ne presegajo *mejnih vrednosti parametrov onesnaženosti pri odvajanju neposredno in posredno v vode* (MDK). Manjša odstopanja zasledimo pri vrednostih, ki so predpisane z *Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (salmonidne vode)*.

Preglednica 12: Rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Vtok	Iztok	MDK	Salmonidne vode	
				priporočena vrednost	mejna vrednost
Šifra vzorca	713401	713402	-	-	-
Q [l/s]	10	10	-	-	-
temperatura [°C]	10,2	10,6	30	-	-
kisik [mg/l]	12,2	11,8	-	> 7	> 6
pH	7,45	6,77	6,5-9,0	-	6,0-9,0
KPK [mg/l]	14	10	120	-	-
BPK ₅ [mg/l]	10	8	25	≤ 3	-
SS [mg/l]	< 1	< 1	80	≤ 25	-
NH ₄ ⁺ -N [mg/l]	0,05	0,09	-	≤ 0,04	≤ 1
NO ₂ ⁻ -N [mg/l]	0,005	0,004	-	≤ 0,01	-
NO ₃ ⁻ -N [mg/l]	1,8	1,8	-	-	-
TKN [mg/l]	1,5	0,8	-	-	-
TN [mg/l]	3,3	2,6	-	-	-
PO ₄ ³⁻ -P [mg/l]	0,30	0,38	-	-	≤ 0,2
TP [mg/l]	0,32	0,40	-	-	-

3.3 Krma postrvi

Za potrebe dimenzioniranja ribogojnega obrata in ugotavljanja onesnaženosti procesne in izpustne vode iz ribogojnice smo se odločili za uporabo krme proizvajalca Aller Aqua iz Danske. Proizvajalec krme Aller Aqua za vsako vrsto krme podaja deklaracijo krme, priporočljivo stopnjo krmljenja, količnik konverzije in analizo vpliva na okolje.

Nadaljnji izračuni temeljijo na izbrani krmi Aller Gold, ki je primerna za vzrejo postrvi velikosti 15 do 65 cm oziroma teže 40 do 3500 g. Ker se velikost briketov tekom vzreje postrvi spreminja, glede na velikost oziroma težo postrvi, smo zaradi lažjega in nazornega prikaza v nalogi predpostavili, da skozi celotni vzrejni cikel postrvi krmimo s krmo Aller Gold velikosti 3 mm (v nadaljevanju Aller Gold 3 mm). Krma Aller Gold 3 mm je primerna za krmljenje postrvi dolžine 15 do 20 cm oziroma teže 40 do 200 g. Različne velikosti krme Aller Gold (tj. 3 mm, 4,5 mm, 6 mm in 9 mm) se razlikujejo v deklaraciji krme, stopnji krmljenja, količniku konverzije in vplivu na okolje. Tu gre za manjša odstopanja, ki so za namen te naloge zanemarljiva.

S krmljenjem postrvi po krmni tabeli proizvajalca krme Aller Gold 3 mm (preglednica 13) dosegamo največji prirast, ko znaša količnik konverzije (λ) 0,85. Količnik konverzije (λ) 0,85 nam pove, da za prirast 0,85 kg postrvi, pokrmimo 1 kg krme Aller Gold 3 mm.

Preglednica 13: Krmna tabela proizvajalca krme Aller Gold

Dolžina [cm]	Teža [g]	Velikost	Temperatura vode								
			2	4	6	8	10	12	14	16	18
15-20	40-200	3	0.8-0.5	0.9-0.6	1.1-0.7	1.2-0.8	1.5-1.0	1.7-1.1	2.0-1.3	2.1-1.4	2.1-1.4
18-35	150-500	4.5	0.6-0.4	0.7-0.5	0.8-0.6	0.9-0.7	1.0-0.8	1.2-0.9	1.4-1.1	1.5-1.2	1.5-1.2
33-47	400-1200	6	0.4-0.3	0.5-0.4	0.6-0.5	0.7-0.5	0.8-0.6	0.9-0.7	1.1-0.8	1.2-0.9	1.2-0.9
45-58	1000-1500	6	0.4-0.3	0.4-0.4	0.5-0.4	0.6-0.5	0.6-0.6	0.8-0.7	0.9-0.8	1.0-0.9	1.0-0.9
55-65	1200-3500	9	0.3-0.3	0.4-0.3	0.5-0.4	0.5-0.4	0.6-0.5	0.7-0.6	0.8-0.6	0.9-0.7	0.9-0.7

Na podlagi analize vpliva na okolje proizvajalca krme Aller Gold 3 mm, smo v nadaljevanju pri načrtovanju ribogojnice izračunali kakšen vpliv na okolje imata zasnovi pretočne ribogojnice in RAS. Analiza proizvajalca (preglednica 14) je bila narejena za krmo Aller Gold 3mm za prirast 1000 kg postrvi, pri čemer je konverzija krme (λ) 0,85.

Preglednica 14: Analiza vpliva na okolje krme Aller Gold 3 mm

Parameter	Aller Gold 3 mm
blato [kg]	78.5
celokupni N [kg]	33.7
N v iztrebkih [kg]	4.9
N v vodi [kg]	28.8
celokupni P [kg]	3.4
P v iztrebkih [kg]	2.3
P v vodi [kg]	1.1

Preglednica 15 prikazuje izpeljavo za izračun prirasta postrvi, dnevne količine postrvi (p) in količine krme za poljubni dan. Rezultate dobimo na podlagi stopnje krmljenja (k) in količnika konverzije (λ). Pri nadaljnji izpeljavi enačbe za zvezo med spremenljivkami (p_0 , p_n in n) predpostavimo konstantno stopnjo krmljenja (k) in količnika konverzije (λ), pri čemer velja:

- stopnja krmljenja (k): 1,3
- količnik konverzije (λ): 0,85

kjer pomeni:

p_0 – začetna količina postrvi,

p_n – količina postrvi n -ti dan,

n – dan,

k – stopnja krmljenja,

λ – količnik konverzije.

Preglednica 15: Tabelarni prikaz izračuna dnevne količine postrvi, količine krme in prirasta postrvi

dan	količina postrvi	količina krme	prirast postrvi
0	p_0	$p_0 \cdot \frac{1,3}{100} = p_0 \cdot k$	$p_0 \cdot \frac{1,3}{100} \cdot 0,85 = p_0 \cdot k \cdot \lambda$
1	p_1	$p_1 \cdot k$	$p_1 \cdot k \cdot \lambda$
2	p_2	$p_2 \cdot k$	$p_2 \cdot k \cdot \lambda$
⋮	⋮	⋮	⋮
n	p_n	$p_n \cdot k$	$p_n \cdot k \cdot \lambda$

Iz tabele sledi:

$$p_1 = p_0 + p_0 \cdot \frac{1,3}{100} \cdot 0,85 = p_0 \cdot \left(1 + \frac{1,3}{100} \cdot 0,85\right) = p_0 \cdot (1 + k\lambda) = p_0 \cdot q$$

podobno je:

$$p_2 = p_1 \cdot q = p_0 \cdot q \cdot q = p_0 \cdot q^2$$

⋮

$$p_n = p_{n-1} \cdot q = p_0 \cdot q^n$$

torej:

$$p_0, p_1, \dots, p_n \text{ je } \textit{geometrijsko zaporedje}; s \text{ koef.}: q = 1 + k\lambda$$

kjer je:

$$p_n - \text{količina rib } n - \text{ti dan}$$

in velja enačba (6):

$$p_n = p_0 \cdot q^n \tag{6}$$

Enačba (6) je izpeljana za zvezo med spremenljivkami: p_0 , p_n in n . S slednjo enačbo lahko načrtujemo vzrejni cikel postrvi v ribogojnici, pri čemer rešujemo sledeče probleme:

- podana p_n in $n \rightarrow p_0$;
v primeru podane količine rib (p_n), dosežene v n -dneh, lahko izračunamo začetno vloženo količino rib (p_0),
- podana p_n in $p_0 \rightarrow n$;
v primeru podane količine rib (p_n) in začetne vložene količine rib (p_0), lahko izračunamo čas (n) v katerem dosežejo takšno prirast,
- podana p_0 in $n \rightarrow p_n$;
v primeru začetne vložene količine rib (p_0) in časa (n), ki je na voljo, lahko izračunamo prirast rib oziroma količino rib (p_n) po n -dneh.

Ob predpostavki konstantnih spremenljivk k in λ izračunamo konstanto q (7):

$$q = 1 + k\lambda = 1 + \frac{1,3}{100} \cdot 0,85 = 1,01105 \quad (7)$$

4 OPIS IDEJNE ZASNOVE IN DIMENZIONIRANJE RIBOGOJNIH OBJEKTOV

V nadaljevanju sta predstavljeni zasnovi ribogojnic z nepopolnim obratom za intenzivno vzrejo postrvi od mladice do konzumne velikosti, ki je primerna za prodajo na trgu, ali za premestitev postrvi v manjše komercialne ribnike oziroma ribogojnice.

Na podlagi opravljenih terenskih meritev in vzorčenj fizikalno–kemijskih parametrov izbranega vodotoka smo na izbrani lokaciji dimenzionirali dve različici ribogojnice, in sicer ribogojnico s pretočnim sistemom (varianta 1) ter RAS (varianta 2).

Zasnovi ribogojnic smo opredelili z obliko in velikostjo vzrejnih bazenov, postavitevijo na izbrani lokaciji ter s tehnično specifikacijo komponent sistema, ki vključuje:

- dovod vode ustrezne kvalitete v vzrejne bazene,
- odvod odpadne vode do mehanskega in biološkega čiščenja ter izpust iz ribogojnice,
- doziranje kisika, ki je potreben za vzrejo postrvi in biološko filtracijo,
- obliko, velikost in material za izgradnjo ribogojnih objektov.

4.1 Zajetje vode

Zajetje vode smo načrtovali na najvišji točki izbrane lokacije, ki je od izvira oddaljena približno 25 m. Kratka razdalja od izvira do zajetja vode zreducira nanos drobnega peska in mivke v vzrejne bazene. Za lažjo regulacijo dotoka in preprečitev možnosti vnosa drobnega peska in ostalih delcev v vzrejne bazene, smo pred vzrejnimi bazeni zasnovali manjši betonski peskolov, premera 0,80 m in globine 1 m. S pomočjo peskolova lahko zmanjšamo hitrost in reguliramo dotok vode, ki ga v času čiščenja in dezinfekcije vzrejnih bazenov popolnoma zapremo. Voda je od zajetja do vzrejnih bazenov speljana po PE cevi s prostim tokom.

Za dimenzioniranje cevovoda od zajetja do vzrejnih bazenov smo uporabili De Chezyjevo in Manningovo enačbo (8) (Steinman, 2010):

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S \quad (8)$$

kjer pomeni:

Q	pretok [m^3/s],
v	hitrost vode [m/s],
S	ploskev prereza cevi [m^2],
R	hidravlični radij, razmerje med ploskvijo prereza cevi in omočenim obodom
	$R = \frac{S}{0}$; za okrogle cevi $R = \frac{d}{4}$,

d	notranji premer cevi [m],
I	hidravlični padec [‰],
n	koeficient hrapavosti.

De Chezyjev koeficient (C) je odvisen od hrapavosti (n) in hidravličnega radija (R), katerega smo izračunali po Manning–Stricklerjevi enačbi (9):

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad (9)$$

De Chezyjevo in Manningovo enačbo združimo (10), jo uredimo in zapišemo tako, da lahko neposredno izračunamo ustrezen premer cevi (d), ki velja samo za okrogle cevi (Žitnik, 2008):

$$d = (3,208 \cdot Q \cdot n \cdot I^{-1/2})^{0,375} = \left(\frac{3,208 \cdot Q \cdot n}{\sqrt{I}} \right)^{0,375} \quad (10)$$

Za povprečno kakovost ostenja smo uporabili koeficient hrapavosti ($n = 0,011$), ki velja za PVC, PE cevi in predpostavili hidravlični padec ($I = 16 ‰$).

$$d = \left(\frac{3,208 \cdot 0,010 \cdot 0,011}{\sqrt{0,016}} \right)^{0,375} = 0,110 \text{ m}$$

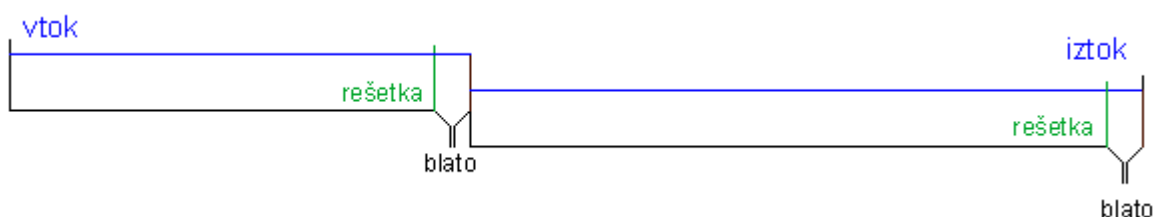
V našem primeru je voda od zajetja do vzrejnih bazenov speljana po cevi s premerom $d = 110$ mm.

4.2 Pretočna ribogojnica

Model pretočne ribogojnice je načrtovan vzdolž izbrane lokacije, ki se nahaja v neposredni bližini zajetega vodotoka za ribogojni obrat.

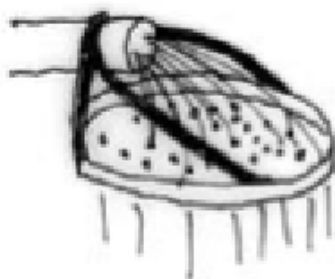
4.2.1 Vzrejni kanal

Pretočna ribogojnica je zasnovana z večkratno uporabo vode, kjer se voda optimalno izkoristi. Tu gre za pravokotni vzdolžni betonski kanal (slika 20) z dvema vzrejnima bazenoma, ki sta urejena v serijah. Z uporabo bazenov v serijah povečamo proizvodno kapaciteto ribogojnice v primerjavi z razpoložljivo količino vode.



Slika 20: Vzrejni kanal pretočne ribogojnice

Vtok vode v vzrejni kanal je na najvišji točki, kar omogoča gravitacijski pretok vode skozi vzrejna bazena. Stene vzrejnega kanala so ravne, prav tako tudi dno, katerega naklon mora znašati od 0,5 do 1,0 %. Z načrtovanjem vtoka in iztoka vode po celotni širini vzrejnega kanala smo zagotovili, da ne pride do mrtvih kotov in da je pretok vode enakomernejši. Z namenom, da obogatimo izvirske vodo s kisikom, smo na vtoku v vzrejni kanal vodo razpršili s pomočjo perforirane pločevine (slika 21).



Slika 21: Razpršitev vode s perforirano pločevino (Woynarovich, 2011)

Pri dimenzioniranju vzrejnega kanala smo zagotovili, da se voda popolnoma zamenja vsaj od 2,5– do 3–krat na uro. Volumen vode, ki se v vzrejnem kanalu zamenja vsaj 3–krat na uro (t_1) oziroma 2,5–krat na uro (t_2), smo izračunali po enačbi (5) za zadrževalni čas:

$$V_b = Q \cdot t_z$$

kjer pomeni:

V_b	efektivni volumen bazena [m^3],
Q	pretok [m^3/s],
t_z	zadrževalni čas [s].

Na podlagi časa t_1 in t_2 smo izračunali efektivna volumna bazena, ki ustrezata zgoraj podanem kriteriju:

$$V_1 = Q \cdot t_1 = 0,01 \frac{m^3}{s} \cdot 1200 s = 12 m^3$$

$$V_2 = Q \cdot t_2 = 0,01 \frac{m^3}{s} \cdot 1440 s = 14,4 m^3$$

kjer je:

$t_1 = 20$ min ... čas v katerem se volumen vode v vzrejnem kanalu zamenja 3–krat na uro,

$t_2 = 24$ min ... čas v katerem se volumen vode v vzrejnem kanalu zamenja 2,5–krat na uro,

$Q = 10 \frac{l}{s}$... pretok vode v vzrejnem kanalu.

Iz zgornje enačbe smo izračunali, da je za naš primer ustrezen efektivni volumen bazena med 12 m^3 (V_1) in $14,4 \text{ m}^3$ (V_2). Poleg izmenjave vode smo vzrejni kanal dimenzionirali tudi glede na priporočljive dimenzije manjših pretočnih vzrejnih bazenov (dolžine od 7 do 15 m, širine od 0,8 do 1,5 m in višine od 0,6 do 0,8 m) (Treer, 1995).

Iz preglednice 16 so razvidne dimenzije, ki ustrezajo kriteriju, da se voda v vzrejnem kanalu pretoči od 2,5– do 3–krat na uro (osenčeno), upoštevajoč obenem tudi optimalne dimenzije manjših pretočnih vzrejnih bazenov.

Preglednica 16: Optimalne dimenzije vzrejnega kanala glede na zadrževalni čas

širina bazena [m]	dolžina vzrejnega kanala [m]										
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0.8	5.6	6.4	7.2	8	8.8	9.6	10.4	11.2	12	12.8	13.6
0.9	6.3	7.2	8.1	9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3
1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.1	7.7	8.8	9.9	11	12.1	13.2	14.3	15.4	16.5	17.6	18.7
1.2	8.4	9.6	10.8	12	13.2	14.4	15.6	16.8	18	19.2	20.4
1.3	9.1	10.4	11.7	13	14.3	15.6	16.9	18.2	19.5	20.8	22.1
1.4	9.8	11.2	12.6	14	15.4	16.8	18.2	19.6	21	22.4	23.8
1.5	10.5	12	13.5	15	16.5	18	19.5	21	22.5	24	25.5
	efektivni volumen bazena [m^3]										
višina vode [m]	3.36	3.84	4.32	4.8	5.28	5.76	6.24	6.72	7.2	7.68	8.16
0.6	3.78	4.32	4.86	5.4	5.94	6.48	7.02	7.56	8.1	8.64	9.18
	4.2	4.8	5.4	6	6.6	7.2	7.8	8.4	9	9.6	10.2
	4.62	5.28	5.94	6.6	7.26	7.92	8.58	9.24	9.9	10.56	11.22
	5.04	5.76	6.48	7.2	7.92	8.64	9.36	10.08	10.8	11.52	12.24
	5.46	6.24	7.02	7.8	8.58	9.36	10.14	10.92	11.7	12.48	13.26
	5.88	6.72	7.56	8.4	9.24	10.08	10.92	11.76	12.6	13.44	14.28
	6.3	7.2	8.1	9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 16

višina											
vode [m]	3.92	4.48	5.04	5.6	6.16	6.72	7.28	7.84	8.4	8.96	9.52
0.7	4.41	5.04	5.67	6.3	6.93	7.56	8.19	8.82	9.45	10.08	10.71
	4.9	5.6	6.3	7	7.7	8.4	9.1	9.8	10.5	11.2	11.9
	5.39	6.16	6.93	7.7	8.47	9.24	10.01	10.78	11.55	12.32	13.09
	5.88	6.72	7.56	8.4	9.24	10.08	10.92	11.76	12.6	13.44	14.28
	6.37	7.28	8.19	9.1	10.01	10.92	11.83	12.74	13.65	14.56	15.47
	6.86	7.84	8.82	9.8	10.78	11.76	12.74	13.72	14.7	15.68	16.66
	7.35	8.4	9.45	10.5	11.55	12.6	13.65	14.7	15.75	16.8	17.85
višina											
vode [m]	4.48	5.12	5.76	6.4	7.04	7.68	8.32	8.96	9.6	10.24	10.88
0.8	5.04	5.76	6.48	7.2	7.92	8.64	9.36	10.08	10.8	11.52	12.24
	5.6	6.4	7.2	8	8.8	9.6	10.4	11.2	12	12.8	13.6
	6.16	7.04	7.92	8.8	9.68	10.56	11.44	12.32	13.2	14.08	14.96
	6.72	7.68	8.64	9.6	10.56	11.52	12.48	13.44	14.4	15.36	16.32
	7.28	8.32	9.36	10.4	11.44	12.48	13.52	14.56	15.6	16.64	17.68
	7.84	8.96	10.08	11.2	12.32	13.44	14.56	15.68	16.8	17.92	19.04
	8.4	9.6	10.8	12	13.2	14.4	15.6	16.8	18	19.2	20.4

Dimenzije vzrejnega kanala smo izbrali glede na maksimalen volumen vode ($14,4 \text{ m}^3$), in sicer: dolžina 15 m, širina 1,2 m in višina 1 m (višina vode 0,8 m). Vzrejni kanal dolžine 15 m oziroma 16 m s pripadajočima usedalnikoma je pregrajen z železno rešetko (dolžina 1,2 m in višina 1 m) in tvori dva zaporedna vzrejna bazena, ki omogočata držati dve kategoriji postrvi. Prvi vzrejni bazen je dolg 6 m in je bistveno krajši od drugega, ki je dolg 9 m. Izbrane dimenzije prvega bazena so namenoma krajše, saj smo želeli čim manj osiromašiti vodo in s tem omogočiti boljše vzrejne pogoje v drugem bazenu. Voda se iz prvega vzrejnega bazena v drugega preliva preko kaskade, pri čemer se prezrači in tako še dodatno obogati s kisikom.

Za doseganje večje kakovosti vode smo na koncu prvega in drugega vzrejnega bazena načrtovali usedalnik s konusnim dnom (dolžine 0,5 m, širine 1,2 m in višine 1 m), ki dopušča redno odstranjevanje usedlin iz vzrejnih bazenov. S tem omogočimo, da v času čiščenja in praznjenja vzrejnih bazenov, odpadna voda odteče neposredno v sedimentacijski bazen, kjer daljši zadrževalni čas zagotavlja boljše usedanje usedlin. Pri racionalnem krmljenju in z uporabo kvalitetne krme bo onesnaženost vode v vzrejnem kanalu zasnovane pretočne ribogojnice minimalna.

Načrti zasnovane pretočne ribogojnice so prikazani v prilogi A, B, C in D. Iz preglednice 17 so razvidne dimenzije posameznega vzrejnega bazena in pripadajočih usedalnikov, na podlagi katerih smo izračunali efektivni volumen vzrejnega kanala.

Preglednica 17: Preglednica dimenzij zasnovane pretočne ribogojnice

	<i>Bazen 1</i>	<i>Usedalnik 1</i>	<i>Bazen 2</i>	<i>Usedalnik 2</i>
dolžina [m]	6	0.5	9	0.5
širina [m]	1.2	1.2	1.2	1.2
višina [m]	1	1	1	1
višina vode [m]	0.8	0.8	0.8	0.8
Efektivni volumen [m ³]	5.76		8.64	$\sum V = 14.4 \text{ m}^3$

Vzrejni kanal načrtujemo kot pokrit in ograjen lesen objekt. S tem preprečimo izpostavljanje postrvi ekstremnim vremenskim vplivom (soncu, deževju, vetru, snegu itd.) ter onemogočimo dostop drugim živim bitjem, ki bi vznemirjale postrvi ali jih poškodovale (npr.: čaplje, kormorani, vidre itd.).

4.2.2 Gostota naseljenosti postrvi

V primeru zasnovane pretočne ribogojnice z dvakratno uporabo vode, kjer se voda pretoči približno 60–krat na dan, smo gostoto naselitve postrvi načrtovali na podlagi izkušenj ribogojcev v primerljivih pretočnih ribogojnicah. V prvem vzrejnem bazenu, kjer je voda uporabljena prvič, je naseljenost konzumnih postrvi 50 kg/m³ vode. V drugem vzrejnem bazenu, kjer je voda uporabljena drugič, je naseljenost konzumnih postrvi 40 kg/m³ vode, kar je 20 % manj kot v prvem vzrejnem bazenu. Zasnovana pretočna ribogojnica je primerna za naselitev mladice (teže 10 g/kom oziroma velikosti 100 kom/kg).

Iz preglednice 18 je razvidno, da lahko pri konstantnem pretoku vode (Q) 10 l/s v ribogojnici držimo približno 633,6 kg postrvi tržne velikosti (> 200 g). Količina postrvi temelji na teoretičnih izračunih, za katero lahko v praksi toleriramo manjša odstopanja.

Preglednica 18: Gostota naseljenosti postrvi v zasnovani pretočni ribogojnici

	<i>Bazen 1</i>	<i>Bazen 2</i>	<i>Skupaj</i>
Efektivni volumen [m ³]	5.76	8.64	14.4
Gostota postrvi [kg/m ³]	50	40	
Količina postrvi [kg]	288	345.6	$\sum 633.6 \text{ kg}$

Na podlagi maksimalne količine postrvi tržne velikosti, ki jo lahko držimo v vzrejnem kanalu, izračunamo približno število mladice (velikosti 100 kom/kg oziroma teže 10 g/kom), ki jih je potrebno naseliti, da dosežemo konzumno velikost postrvi in ne presežemo predvidene kapacitete zasnovane pretočne ribogojnice.

Za vzrejo 633,6 kg postrvi tržne velikosti je potrebno naseliti 32 kg oziroma 3.168 mladice s povprečno težo približno 10 g/kom oziroma velikosti 100 kom/kg. Za vzrejo 1 kg postrvi smo računali približno 5 komadov (teže 200 g/kom). V času vzreje postrvi od mladice do tržne velikosti moramo upoštevati tudi

mortaliteto, ki je od 15 do 25 %. Z upoštevanjem 20 % mortalitete v vzrejnem ciklu (od mladice do konzumne velikosti) je potrebno v našem primeru naseliti 3.802 mladic s povprečno težo 10 g/kom oziroma velikosti 100 kom/kg.

Postrvi krmimo po krmni tabeli (preglednica 13), ki jo priporoča proizvajalec krme Aller Gold 3 mm, na podlagi katere smo izračunali primerno količino krme, prirast postrvi in čas v katerem dosežejo konzumno oziroma tržno velikost. V našem primeru imamo vodotok s konstantno temperaturo 10 °C in vzrejno velikost postrvi večino časa v intervalu dolžine od 15 do 20 cm oziroma od 40 do 200 g, zato smo se odločili, da pri nadaljnjih izračunih upoštevamo povprečno stopnjo krmljenja (k) 1,3, kar pomeni, da pokrmimo 1,3 kg krme na 100 kg postrvi na dan.

Za izračun dejanske količine in prirasta postrvi do konzumne oziroma tržne velikosti smo v nadaljevanju upoštevali število oziroma količino mladic, ki ne vključuje 20 % mortalitete. Kalo postrvi se tekom vzrejnega cikla redno odstranjuje in ne predstavlja dodatnega onesnaženja vode v vzrejnih bazenih.

Z naselitvijo 32 kg postrvi v zasnovani pretočni ribogojnici oziroma 3.168 mladic teže 10 g/kom dosežemo 633,6 kg približno v 272 dneh oziroma v 9 mesecih, kar lahko izračunamo z enačbo (6), pri čemer predpostavimo konstanto q (7).

Izračun:

$$n = \frac{\log \frac{p_n}{p_0}}{\log q} = \frac{\log \frac{633,6}{32}}{\log 1,01105} = 271,69 \rightarrow 272 \text{ dni}$$

Mladice naselimo v vzrejni bazen 1, kjer je voda uporabljena prvič. Na podlagi stopnje krmljenja in količnika konverzije smo izračunali čas, v katerem količina postrvi doseže dopustno količino postrvi v prvem vzrejnem bazenu (288 kg).

Izračun:

$$n = \frac{\log \frac{p_n}{p_0}}{\log q} = \frac{\log \frac{288}{32}}{\log 1,01105} = 199,94 \rightarrow 200 \text{ dni}$$

Po približno 200 dneh količina postrvi preseže maksimalno predvideno količino postrvi (288 kg) v prvem vzrejnem bazenu, zato je potrebno postrvi sortirati (ločiti večje od manjših) in jih delno premestiti v drugi vzrejni bazen. Večje postrvi prestavimo v drugi vzrejni bazen, manjše pa ostanejo v prvem vzrejnem bazenu. S sortiranjem izenačimo velikosti postrvi ter tako omogočimo boljše vzrejne pogoje in preprečimo kanibalizem med njimi. Po devetih mesecih postrvi dosežejo željeno velikost (>

200g), kar pomeni, da so primerne za prodajo oziroma odvoz v druge komercialne ribnike oziroma ribogojnice. Pred naselitvijo nove serije mladice, vzrejna bazena temeljito očistimo.

Z naselitvijo 32 kg mladice, zasnovana pretočna ribogojnica ni popolnoma izkoriščena, saj je vzrejni bazen 2 večino leta prazen. Da bi vzrejne kapacitete ribogojnice maksimalno izkoristili, bomo postrvi poleg naselitve v vzrejni bazen 1 hkrati naselili tudi v vzrejni bazen 2. Ker želimo v vzrejnem bazenu 2 v krajšem času doseči postrvi tržne velikost (> 200 g), bomo vanj naselili večjo velikost mladice kot v vzrejni bazen 1. Maksimalna količina postrvi, ki jo dopušča vzrejni bazen 2, je približno 345 kg postrvi konzumne oziroma tržne velikosti. Za vzrejo 1 kg postrvi konzumne velikosti računamo približno 5 komadov (200 g/kom).

Za vzrejo 345 kg postrvi tržne velikosti je potrebno naseliti približno 1.725 komadov mladice. Velikost mladice naseljenih v vzrejnem bazenu 2 določimo glede na število dni, ki so na voljo (190–200 dni). Na podlagi stopnje krmljenja (k) in količnika konverzije (λ) izračunamo prirast postrvi in začetno količino postrvi, ki jo naselimo v vzrejni bazen 2. Pri tem predpostavimo, da se stopnja krmljenja in količnik konverzije v vzrejnem ciklu ne spreminjata, kar pomeni konstanten q (7).

Izračun po enačbi (6):

$$p_0 = \frac{p_n}{q^n} = \frac{345}{1,01105^{190}} = 43 \text{ kg}$$

Za vzrejo 345 kg postrvi tržne velikosti je potrebno naseliti 43 kg mladice. Velikost mladice, ki je primerna za naselitev v vzrejni bazen 2, je približno 30 g/kom ali večje.

Izračun:

$$\text{velikost mladice} = \frac{43 \text{ kg}}{1725 \text{ kom}} = 0,025 \text{ kg/kom}$$

Vzrejne kapacitete pretočne ribogojnice popolnoma izkoristimo, kadar naselimo mladice v oba vzrejna bazena hkrati (preglednica 19) in dosežemo konzumno oziroma tržno velikost postrvi, ki je primerna za prodajo na trgu oziroma premestitev v manjše ribnike za lastno samooskrbo. V tem primeru je ribogojnica čez celo leto popolnoma izkoriščena, razen v času praznjenja (odvoz postrvi) in čiščenja vzrejnih bazenov za ponovno naselitev mladice.

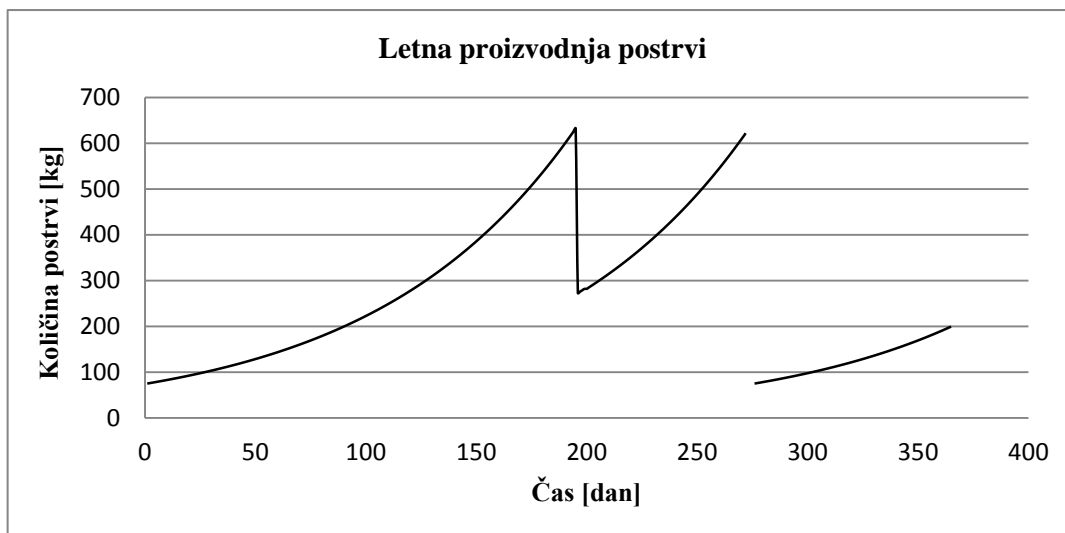
Preglednica 19: Letni vzrejni cikel postrvi z naselitvijo mladic v vzrejni bazen 1 in 2

dan	bazen 1	bazen 2	dan	bazen 1	bazen 2	dan	bazen 1	bazen 2	dan	bazen 1	bazen 2
	[kg]	[kg]		[kg]	[kg]		[kg]	[kg]		[kg]	[kg]
1	32,00	43,00	100	94,98	127,63	200	130,00	151,92	300	41,66	55,98
10	35,33	47,47	110	106,01	142,46	210	145,10	169,57	310	46,50	62,48
20	39,43	52,98	120	118,33	159,01	220	161,96	189,26	320	51,90	69,74
30	44,01	59,14	130	132,07	177,48	230	180,77	211,25	330	57,93	77,84
40	49,12	66,01	140	147,42	198,09	240	201,77	235,79	340	64,65	86,88
50	54,83	73,68	150	164,54	221,10	250	225,20	263,18	350	72,16	96,97
60	61,20	82,23	160	183,65	246,78	260	251,36	293,75	360	80,55	108,24
70	68,31	91,79	170	204,99	275,45	270	280,56	327,87			
80	76,24	102,45	180	228,80	307,45	280	33,44	44,93			
90	85,10	114,35	190	255,37	343,16	290	37,32	50,15			

V zasnovani pretočni ribogojnici lahko, na podlagi letnega vzrejnega cikla, ugotovimo letno proizvodnjo postrvi. Predvidena proizvodnja postrvi predstavlja realno dosegljive vzrejne količine.

4.2.3 Letna proizvodnja postrvi

Z naselitvijo postrvi v oba vzrejna bazena je pretočna ribogojnica popolnoma izkoriščena in maksimalno obremenjena čez celo leto. Grafikon 1 prikazuje letni prirast postrvi zasnovane pretočne ribogojnice.



Grafikon 1: Letna proizvodnja postrvi v pretočni ribogojnici

Prvi dan v vzrejni bazen 1 naselimo 32 kg mladic, velikosti 100 kom/kg oziroma teže 10 g/kom, ki jih po 200 dneh sortiramo in delno premestimo v vzrejni bazen 2. Postrvi nato krmimo vse do zelene velikosti (> 200 g), ki jo dosežejo približno v 9 mesecih po naselitvi v ribogojnico. Z naselitvijo 32 kg mladic v 9 mesecih dosežemo prirast 590 kg, kar je 622 kg postrvi tržne velikosti.

V vzrejni bazen 2 prvi dan naselimo 43 kg mladice, velikosti 33 kom/kg oziroma teže 30 g/kom. Postrvi krmimo v vzrejnem bazenu vse do konzumne oziroma tržne velikosti, ki jo dosežejo približno v 6 mesecih. Nato konzumne postrvi prodamo in pripravimo vzrejni bazen za mladice, ki jih premestimo iz prvega vzrejnega bazena. Z naselitvijo 43 kg mladice v 6 mesecih dosežemo prirast 320 kg, kar je 363 kg postrvi tržne velikosti.

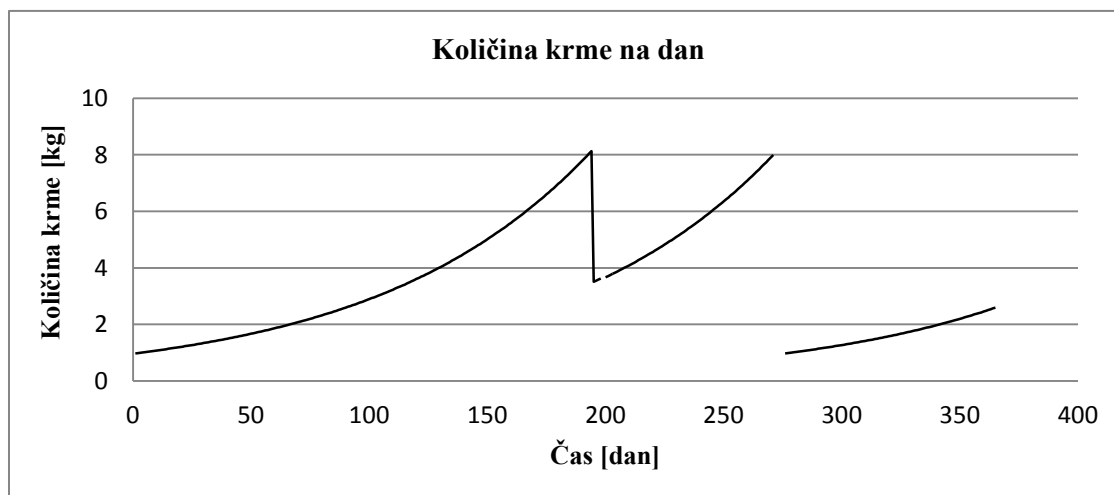
Glede na načrtovan letni vzrejni cikel postrvi v vzrejnem bazenu 1 in 2, dosežemo v pretočni ribogojnici letno proizvodnjo več kot 1 tona postrvi (preglednica 20). Pri tem predpostavimo konstantne vzrejne pogoje in vsakodnevno krmljenje s kakovostno krmo Aller Gold 3 mm.

Preglednica 20: Letna proizvodnja postrvi v pretočni ribogojnici

Leto								skupaj
1. serija	mladice	konzum	prirast	2. serija	mladice	mladice	prirast	
	[kg]	[kg]	[kg]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
vzrejni bazen 1	32	622	590		32	85	53	
vzrejni bazen 2	43	363	320		43	114	71	
prirast			910				124	1.034

4.2.4 Količina krme

V zasnovani pretočni ribogojnici letno vzredimo približno 1 tona konzumne postrvi. Glede na načrtovan letni vzrejni cikel postrvi in stopnjo krmljenja (k) 1,3 smo ugotovili količino krme, ki je potrebna za vzrejo postrvi. Grafikon 2 prikazuje dnevne odmerke krme v pretočni ribogojnici.



Grafikon 2: Količina krme Aller Gold 3 mm na dan

Ekstremni padec na grafu predstavlja odvoz postrvi iz drugega vzrejnega bazena in ponovno pripravo le-tega za naselitev postrvi iz prvega vzrejnega bazena. Na letni ravni za vzrejo postrvi v zasnovani pretočni ribogojnici pokrmimo približno 1.219 kg krme Aller Gold 3 mm.

Največja količina krme na dan, ki jo lahko pokrmimo je 10,4 kg. Iz grafikona 2 je razvidno, da z načrtovanim letnim vzrejnem ciklom v zasnovanem vzrejnem kanalu ne presežemo največje dovoljene količine krme na dan. Kar pomeni, da vsebnost kisika v vodotoku zadostuje za uspešno vzrejo postrvi skozi celoten vzrejni cikel in ga ni potrebno dodajati oziroma dodatno prezračevati vzrejnega kanala.

4.2.5 Onesnaženost vode na iztoku

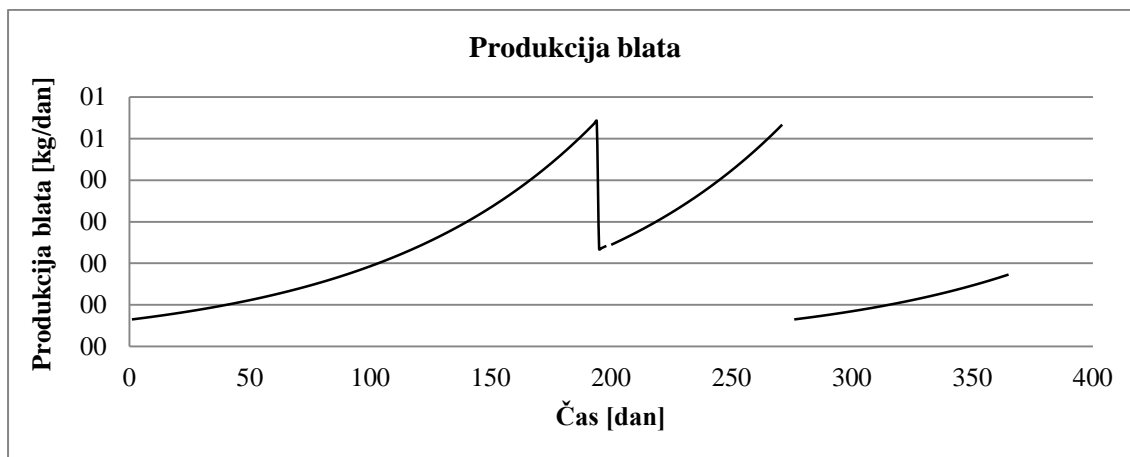
Na podlagi analize vpliva na okolje proizvajalca krme Aller Gold 3 mm (preglednica 14) smo izračunali kakšen vpliv ima krma na iztoku zasnovane pretočne ribogojnice. V zasnovani pretočni ribogojnici, dosežemo v enem letu prirast postrvi približno 1.034 kg, za katerega porabimo 1.219 kg krme. Skozi leto onesnaženje niha, saj se količina postrvi v vzrejnem ciklu spreminja in s tem tudi produkcija posameznega parametra.

V preglednici 21 je prikaz produkcije posameznega parametra (blato, N, P), ki se med vzrejnem ciklom spreminja glede na količino postrvi oziroma pokrmiljene krme na dan.

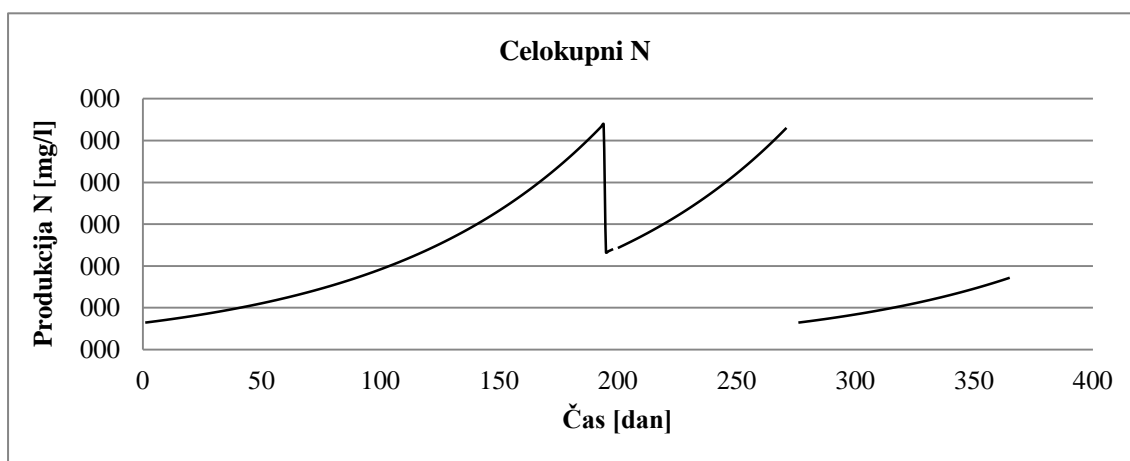
Preglednica 21: Analiza vpliva na okolje za prirast 1.034 kg postrvi v enem letu

dan	količina	krma	prirast	izpad	produkcija	blato	celokupni	
	rib						blata	konc.
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/dan]	[kg/dan]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	75.00	0.98	0.83	0.15	0.065	0.075	0.032	0.003
50	128.51	1.67	1.42	0.25	0.111	0.129	0.055	0.006
100	222.61	2.89	2.46	0.43	0.193	0.223	0.096	0.010
150	385.64	5.01	4.26	0.75	0.335	0.387	0.166	0.017
200	281.92	3.66	3.12	0.55	0.245	0.283	0.122	0.012
250	488.38	6.35	5.40	0.95	0.424	0.490	0.211	0.021
300	97.63	1.27	1.08	0.19	0.085	0.098	0.042	0.004
350	169.14	2.20	1.87	0.33	0.147	0.170	0.073	0.007
Σ		1219	1034	182.85	81.34	94.14	40.41	4.08

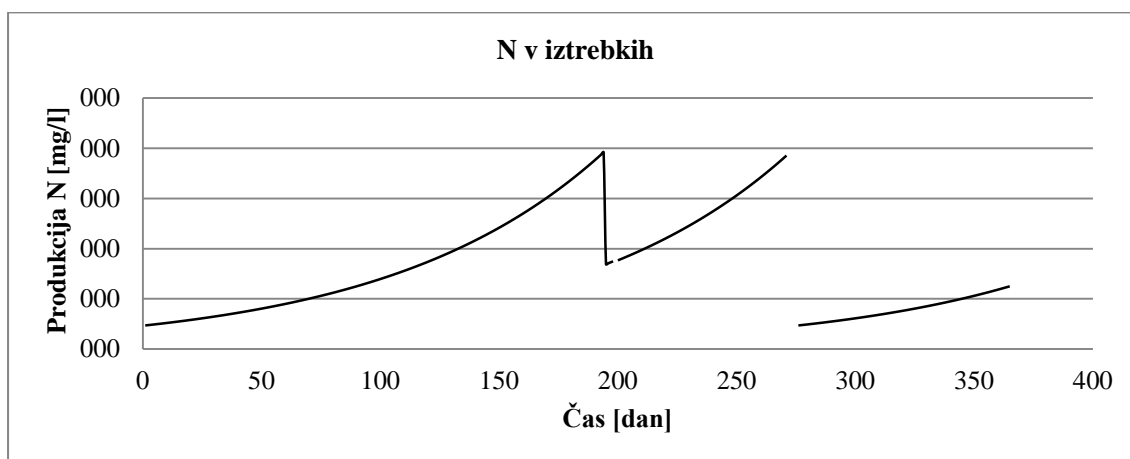
Za boljši pregled vpliva na okolje zasnovane pretočne ribogojnice smo grafično prikazali glavne parametre onesnaževanja vode na izpustu iz ribogojnice, in sicer: produkcija blata (grafikon 3), celokupni N (grafikon 4), N v iztrebkih (grafikon 5), N v vodi (grafikon 6), celokupni P (grafikon 7), P v iztrebkih (grafikon 8) in P v vodi (grafikon 9).



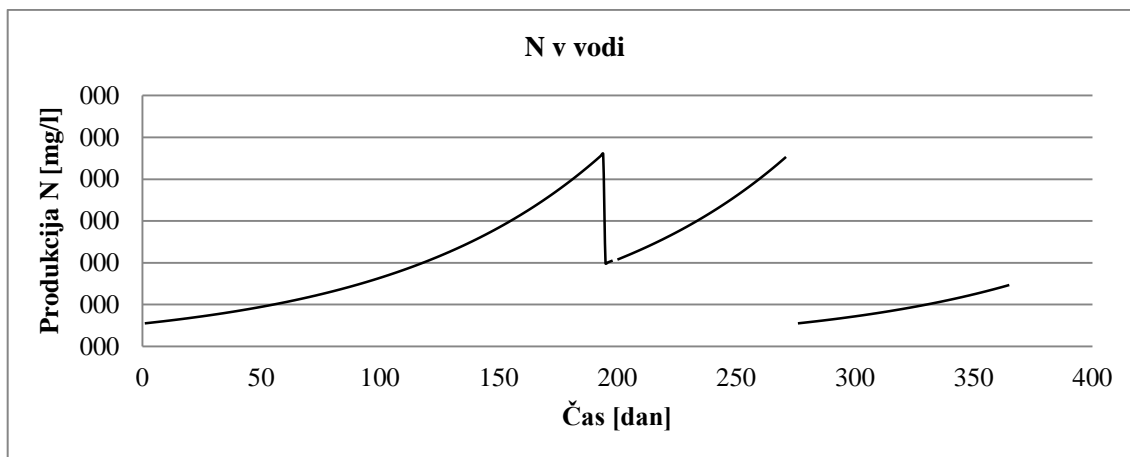
Grafikon 3: *Produkcija blata pretočne ribogojnice*



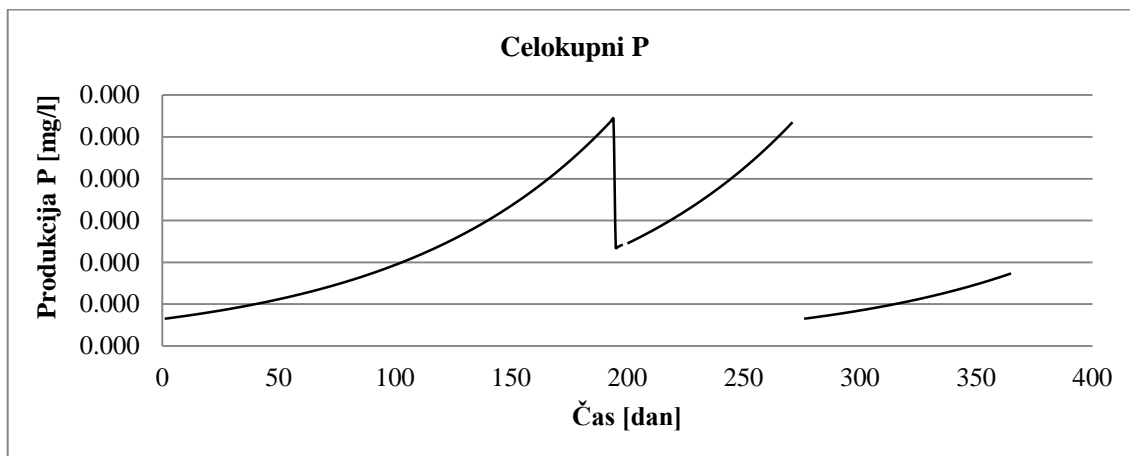
Grafikon 4: *Produkcija celokupnega N pretočne ribogojnice*



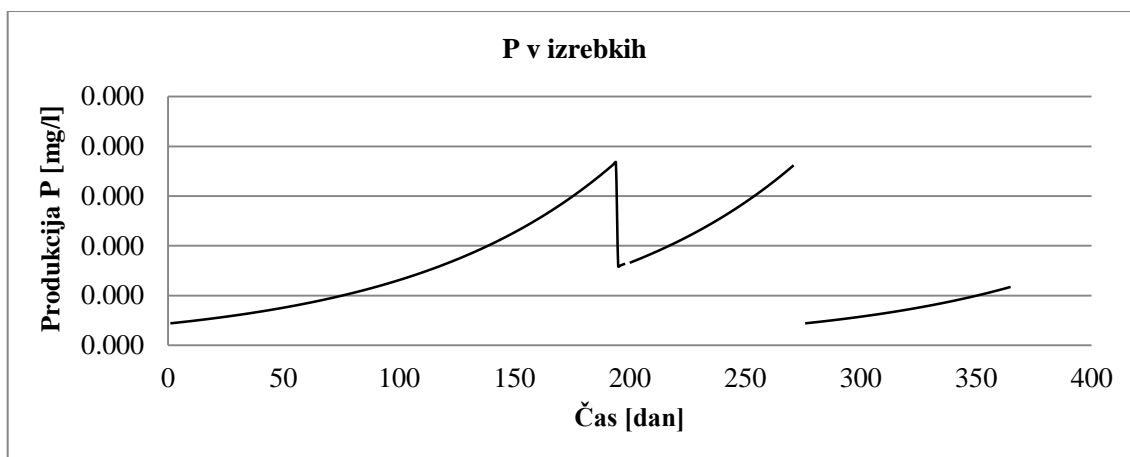
Grafikon 5: *Produkcija N v iztrebki pretočne ribogojnice*



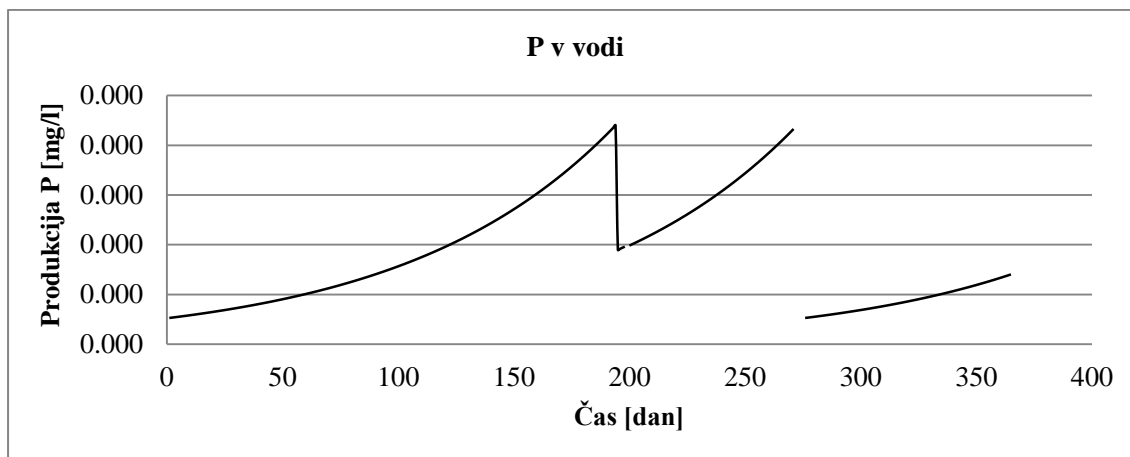
Grafikon 6: *Produkcija N v vodi pretočne ribogojnice*



Grafikon 7: *Produkcija celokupnega P v pretočni ribogojnici*



Grafikon 8: *Produkcija P v iztrebkih pretočne ribogojnice*



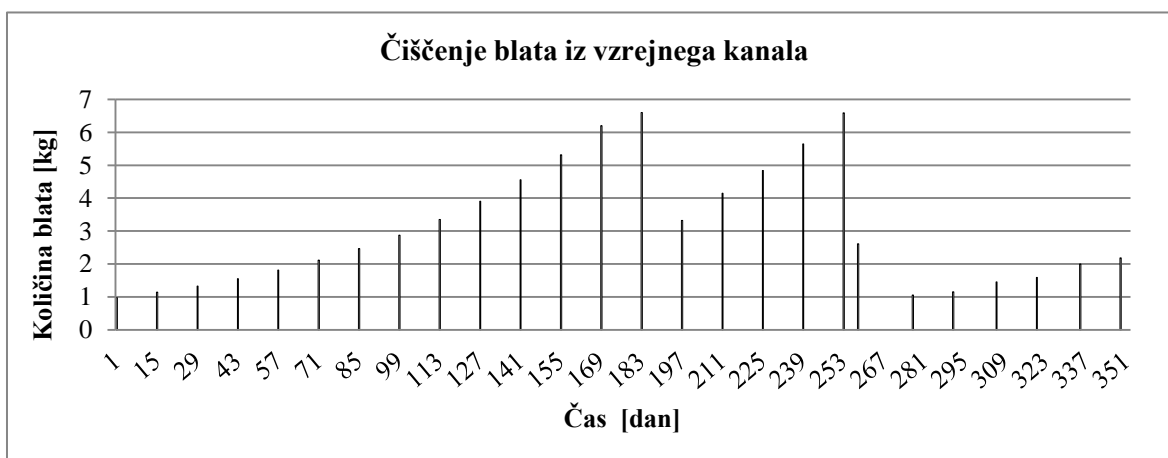
Grafikon 9: Produkcija P v vodi pretočne ribogojnice

4.2.6 Čiščenje izpustne vode iz pretočne ribogojnice

Iz opravljene analize vode na izbrani lokaciji primerljivega vzrejnega bazena (preglednica 12) in izračunanega vpliva na okolje, na podlagi proizvajalčevih analiz krme Aller Gold 3 mm je razvidno, da so odstopanja odpadne vode iz ribogojnice minimalna in bistveno ne vplivajo na okolje oziroma na vodotok v katerega se ta voda steka. Po nekaj metrih se vodotok izliva v bližnjo reko, kjer je onesnaženje odpadne vode zaradi zasnovane pretočne ribogojnice zanemarljivo. Kljub temu da je onesnaženje minimalno, zasnujemo sedimentacijski bazen.

4.2.6.1 Sedimentacijski bazen

Sedimentacijski bazen smo načrtovali v neposredni bližini pretočne ribogojnice, v katerega se stekajo usedline iz vzrejnega kanala (preko konusnih usedalnikov). Konusna usedalnika na koncu vzrejnih bazenih čistimo v intervalu 14 dni, kakor prikazuje grafikon 10.



Grafikon 10: Čiščenje blata iz vzrejnega kanala

V času čiščenja vzrejnega kanala bo voda iz vzrejnih bazenov tekla preko sedimentacijskega bazena in nato nazaj v vodotok. S sedimentacijskim bazenom omogočamo daljše in učinkovitejše usedanje odpadnega blata (iztrebkov postrvi in ostankov krme), katerega izčrpamo in odpeljemo na kmetijske površine kot gnojilo.

Sedimentacijski bazen smo načrtovali tako, da je pod koto dna zadnjega vzrejnega bazena. Na podlagi količine produkcije blata, ki znaša približno 81 kg na letni ravni, smo dimenzionirali sedimentacijski bazen (dolžine 2 m, širine 0,8 m in globine 1 m) (priloga E). Za doseganje večje varnosti smo ga zaščitili s kovinsko rešetko. Praznjenje sedimentacijskega bazena je načrtovano dvakrat do trikrat na leto.

4.3 Ribogojnica z recirkulacijskim akvakulturnim sistemom – RAS

RAS sestavljajo različne komponente: vzrejni bazeni, dovod vode v sistem, mehansko in biološko čiščenje, črpalka za kontinuiran vodni tok skozi sistem, prezračevanje, dovajanje tekočega kisika v sistem in druge komponente za čiščenje vode, ki zagotavljajo optimalno kakovost vode za vzrejo rib znotraj sistema.

Celoten ribogojni obrat smo zasnovali kot zaprt objekt, da bi preprečili dostop živalim, ki bi postrvi vznemirjale oziroma jih poškodovale. Prednosti zaprtega objekta se kažejo tudi v tem, da preprečujejo kakršen koli zunanji vpliv, ki bi oteževal vzrejo postrvi, kot tudi delovanje celotnega ribogojnega obrata. Poleg objektov za vzrejo postrvi in čiščenje odpadne vode smo zasnovali tudi prostor za skladiščenje ribje krme, potrebnega orodja in mehanizacije.

V RAS želimo doseči letno proizvodnjo 50 ton postrvi. Povprečno količino postrvi, ki jo gojimo v RAS, izračunamo z enačbo (11) (Ebeling, 2012):

$$M_{RAS} = \frac{P_p \cdot \lambda}{k} \quad (11)$$

kjer pomeni:

M_{RAS}	povprečna količina postrvi v RAS,
P_p	letna proizvodnja postrvi,
λ	količnik konverzije,
k	stopnja krmljenja.

Na podlagi stopnje krmljenja in količnika konverzije ter želene letne proizvodnje postrvi smo izračunali povprečno količino postrvi, ki jo lahko gojimo v RAS:

$$M_{RAS} = \frac{P_p \cdot \lambda}{k} =$$

$$\frac{50000 \text{ kg produkcije rib}}{\text{leto}} \cdot \frac{1,15 \text{ kg krme}}{1 \text{ kg produkcije rib}} \cdot \frac{100 \text{ kg rib v sistemu}}{1,3 \text{ kg } \frac{\text{krme}}{\text{dan}}} \cdot \frac{\text{leto}}{365 \text{ dni}} = 12\,118 \text{ kg}$$

kjer je:

$k = 1,3$... povprečna stopnja krmljenja,
 $\lambda = 0,85$... količnik konverzije (1,15 kg krme/kg produkcije rib),
 $P_p = 50\,000$ ton ... produkcija postrvi.

Gostota naseljenosti postrvi v RAS je različna. Povprečna gostota (konzumne velikosti) je 80 kg/m^3 , vendar lahko pri zadostni vsebnosti kisika, primerni kakovosti in izmenjavi vode naselimo tudi do 120 kg/m^3 (Timmons, 2013).

4.3.1 Vzrejni bazeni

Efektivni volumen vzrejnih bazenov smo določili glede na povprečno količino postrvi, ki jo gojimo v RAS. V našem primeru je to 12.118 kg postrvi. Za izračun efektivnega volumna vzrejnih bazenov (V_b) (12) smo upoštevali manjšo gostoto naselitve postrvi (γ_p) (60 kg/m^3), saj v sistem naseljujemo mladice (100 kom/kg oziroma 10 g/kom), za katere velja manjša gostota postrvi na m^3 vode:

$$V_b = \frac{M_{RAS}}{\gamma_p} \quad (12)$$

kjer pomeni:

V_b efektivni volumen bazena [m^3],
 M_{RAS} povprečna količina postrvi v RAS [kg],
 γ_p gostota postrvi [kg/m^3].

Izračun:

$$V_b = \frac{M_{RAS}}{\gamma_p} = \frac{12\,118 \text{ kg postrvi}}{60 \text{ kg postrvi/m}^3} = 202 \text{ m}^3$$

kjer je:

$$M_{RAS} = 12\,118 \text{ kg}$$

$$\gamma_p = 60 \text{ kg/m}^3$$

Za letno proizvodnjo 50 ton postrvi v RAS smo zasnovali vzrejne bazene, katerih volumen vode je večji od 202 m³ vode. Pri dimenzioniranju vzrejnih bazenov smo se opirali na dimenzije premera bazenov med 3 in 5 metrov, ki so v RAS najpogosteje uporabljene. Glede na velikost izbrane lokacije in vodnega vira smo se odločili za okrogle vzrejne bazene (priloga H) s premerom 4,40 m.

Vzrejne bazene smo načrtovali v dveh serijah, kjer se uporabljena voda iz prve serije mehansko prečisti in s prostim tokom doteka v drugo serijo vzrejnih bazenov. Po drugi seriji vzrejnih bazenov se voda, poleg mehanskega čiščenja, prečisti še z biološkimi filtri in tako očiščeno vodo s pomočjo črpalke vračamo na sam dotok prve serije, kjer skupaj s svežo vodo doteka v vzrejne bazene.

Eno serijo vzrejnih bazenov predstavljajo štirje enaki okrogli bazeni z usmerjenim tokom, kar je skupno osem vzrejnih bazenov. Z namenom, da dosežemo želeno kapaciteto vode oziroma jo presežemo, smo vzrejne bazene poglobili. V prvi seriji so vzrejni bazeni globoki 2,40 m (2,20 m višina vode) in v drugi seriji 1,80 m (1,60 m višina vode).

Zasnova RAS je prikazana v prilogi F, G in H. Iz preglednice 22 so razvidne dimenzije posameznega vzrejnega bazena, na podlagi katerih smo izračunali celotni efektivni volumen RAS.

Preglednica 22: Preglednica dimenzij vzrejnih bazenov zasnovanega RAS

1. serija vzrejnih bazenov					
	Bazen 1	Bazen 2	Bazen 3	Bazen 4	Skupaj
premer [m]	4.4	4.4	4.4	4.4	
višina vode [m]	2.2	2.2	2.2	2.2	
V_b [m ³]	33.45	33.45	33.45	33.45	133.81

2. serija vzrejnih bazenov					
	Bazen 1	Bazen 2	Bazen 3	Bazen 4	Skupaj
Premer [m]	4.4	4.4	4.4	4.4	
višina vode [m]	1.6	1.6	1.6	1.6	
V_b [m ³]	24.33	24.33	24.33	24.33	97.31
Efektivni volumen					$\sum V = 231.12 \text{ m}^3$

Okrogli vzrejni bazen je samostojna funkcionalna enota, ki ima svoj dotok in iztok vode, kar omogoča regulacijo nivoja vode v bazenu ne glede na ostale vzrejne bazene. Vzrejne bazene smo zasnovali tako, da omogočajo na dnu bazena redno odstranjevanje usedlin, ki se stekajo neposredno v sedimentacijski bazen, z vrha gladine vzrejnih bazenov pa odteka voda za nadaljnjo uporabo oziroma čiščenje.

Vzrejni bazen je zaščiten z reškami (perforirano pločevino), tako da ribe ne morejo prehajati v ostale vzrejne bazene oziroma po sistemu, prav tako pa je ribam preprečeno prehajanje v vodotoke in obratno. Vsak vzrejni bazen je namenjen eni velikostni kategoriji postrvi.

4.3.2 Poraba kisika

V RAS je gostota postrvi večja, zato je potrebno dodajati kisik, ki zagotavlja zadostno vsebnost raztopljenega kisika ($> 6 \text{ mg O}_2/\text{l}$) v vodi za normalno vzrejo postrvi. Vsak vzrejni bazen ima difuzor kisika, preko katerega konstantno in neposredno dovajamo tekoči kisik v vzrejni bazen. Zaradi nihanja vsebnosti raztopljenega kisika v vodi, ko je predvsem v času krmljenja poraba kisika večja, uporabljamo difuzor kisika, ki samodejno uravnava vsebnost kisika v vzrejnih bazenih. S tem zagotovimo zadostno in konstantno nasičenost vode s kisikom v vzrejnih bazenih skozi celotni vzrejni cikel postrvi.

Na podlagi količine postrvi v RAS, povprečne porabe O_2/kg krme in povprečne stopnje krmljenja, smo izračunali povprečno porabo kisika na dan v sistemu. V našem primeru, kjer v RAS gojimo približno 12.118 kg postrvi, smo do izračuna prišli z naslednjo enačbo (13). Pri tem smo upoštevali:

- povprečna stopnja krmljenja (k): 1,3
- povprečna poraba kisika: 0,50 kg O_2/kg krme

Izračun:

$$\begin{aligned} \text{povprečna poraba } \frac{\text{O}_2}{\text{dan}} &= \text{količina postrvi} \cdot \text{stopnja krmljenja} \cdot \text{poraba kisika} = & (13) \\ &= 12118 \text{ kg postrvi} \cdot \frac{1,3 \text{ kg krme/dan}}{100 \text{ kg postrvi}} \cdot \frac{0,50 \text{ kg O}_2}{1 \text{ kg krme}} = 78,77 \text{ kg O}_2/\text{dan} \end{aligned}$$

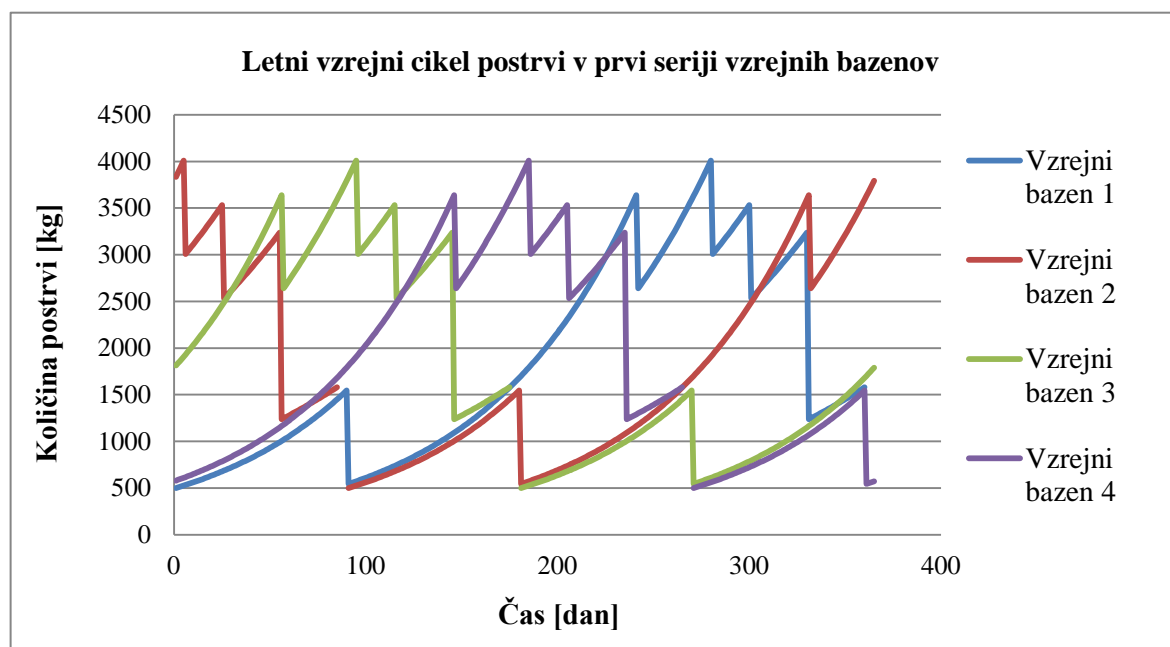
Povprečna poraba kisika na dan v RAS znaša 78,77 kg O_2/dan . Pri dovajanju tekočega kisika smo se odločili za možnost programiranega doziranja kisika, ki omogoča konstantno vsebnost raztopljenega kisika v vodi in s tem optimalne pogoje za vzrejo postrvi. Glede na potrebno količino kisika smo se odločili, da v neposredni bližini RAS načrtujemo prostor za generator kisika, kar predstavlja večji investicijski strošek vendar optimalnejši obratovalni strošek RAS.

4.3.3 Gostota naseljenosti postrvi

Za letno proizvodnjo 50 ton postrvi tržne velikosti ($> 250 \text{ g}$) je potrebno naseliti 200.000 komadov mladice s povprečno težo 10 g ali več oziroma velikosti 100 kom/kg. Za vzrejo 1 kg postrvi tržne velikosti smo računali približno 4 komade (teže 250 g/kom). Pri tem moramo upoštevati tudi 10 % mortaliteto, ki nastane v RAS v času vzreje od mladice do tržne velikosti. Z upoštevanjem 10 % mortalitete v vzrejnem ciklu (od mladice do konzumne velikosti) je potrebno naseliti 220.000 mladice s povprečno velikostjo 100 kom/kg.

Število mladic, potrebnih za naselitev, smo razdelili na štiri dele in jih vsake tri mesece naseljevali v prvo serijo vzrejnih bazenov ter na ta način dosegli enakomerno zalogo konzumnih postrvi, ki jih lahko kadarkoli ponudimo na trg. Za eno serijo naselitve potrebujemo 55.000 komadov mladic oziroma približno 550 kg (teže 10 g/kom). Za izračun dejanske količine in prirasta postrvi do konzumne velikosti smo upoštevali število mladic (50.000 komadov oziroma 500 kg), ki ne vključuje 10 % mortalitete, saj se kalo postrvi tekom vzrejnega cikla redno odstranjuje in ne predstavlja dodatnega onesnaževanja v vzrejnih bazenih.

Na podlagi stopnje krmljenja (preglednica 13) in količnika konverzije smo izračunali prirast postrvi in približen čas v katerem dosežejo želeno velikost. Grafikon 11 prikazuje letni vzrejni cikel postrvi posameznega vzrejnega bazena prve serije, s katerim dosežemo maksimalne vzrejne kapacitete RAS, glede na število vloženih mladic.



Grafikon 11: *Letni vzrejni cikel postrvi posameznega vzrejnega bazena prve serije*

4.3.3.1 Prva serija vzrejnih bazenov

Prva serija vzrejnih bazenov je namenjena naselitvi mladic, saj je voda bolj čista kot v drugi seriji vzrejnih bazenov. Mladice naselimo v vsak posamezen vzrejni bazen enkrat na leto in jih v njem držimo približno 12 mesecev oziroma do porabe. S prodajo oziroma izvozom postrvi iz ribogojnice pričnemo, ko dosežejo približno 200 g/kom ali več. V nadaljevanju je predstavljen teoretični prikaz vzreje in izvoz postrvi iz ribogojnice, na podlagi katerega smo izračunali maksimalno letno proizvodnjo postrvi.

Vzrejni bazen 1

V vzrejni bazen 1 naselimo prvi dan 500 kg postrvi, kar je približno 50.000 komadov mladice (velikosti 100 kom/kg). Po 90 dneh oziroma treh mesecih postrvi sortiramo na enake velikosti in jim tako omogočimo enakomerno rast. Sortirane ribe premestimo v vzrejni bazen 5 (500 kg) in vzrejni bazen 6 (500 kg) ter nadaljujemo s krmljenjem. Ostale postrvi pustimo v vzrejnem bazenu 1 (544,1 kg) in jih prav tako krmimo do zelene velikosti. Po osmih mesecih intenzivne vzreje dosežemo velikost 200 g/kom, kar pomeni, da je postrv primerna za prodajo na trgu oziroma odvoz v druge ribogojnice. Ker želimo doseči čim večji prirast postrvi glede na dopustne količine postrvi v vzrejnem bazenu, predpostavimo enkratne izvoze po 1000 kg oziroma 2000 kg.

Od naselitve mladice v vzrejni bazen do velikosti postrvi 200 g/kom krmimo po krmni tabeli (preglednica 13) s stopnjo krmljenja ($k=1,5$), kar pomeni, da na dan pokrmimo 1,5 kg krme na 100 kg rib. Po osmih mesecih postrvi krmimo s stopnjo krmljenja ($k=1,3$) in ko dosežejo velikost 300 g jih krmimo s stopnjo krmljenja ($k=1,0$). Postrvi (> 200 g) poskušamo čim prej prodati ter vzrejni bazen očistiti in pripraviti za ponovno naselitev mladice.

Vzrejni bazen 2

V vzrejni bazen 2 naselimo mladice s tri mesečnim zamikom glede na vzrejni bazen 1, in sicer 91. dan. Tako kot v vzrejni bazen 1 tudi v vzrejni bazen 2 naselimo 500 kg mladice (velikosti 100 kom/kg). Po treh mesecih intenzivne vzreje pride do večjih odstopanj v velikosti postrvi, zato je potrebno postrvi sortirati. Sortirane postrvi premestimo v vzrejni bazen 7 in 8, in sicer v vsakega po 500 kg. Ostale postrvi (544,1 kg) pustimo v vzrejnem bazenu 2 in jih krmimo vse do zelene velikosti (> 200 g). Konzumno velikost dosežejo po približno osmih mesecih, kar pomeni, da lahko začnemo z odvozom oziroma prodajo postrvi.

Vzrejni bazen 3

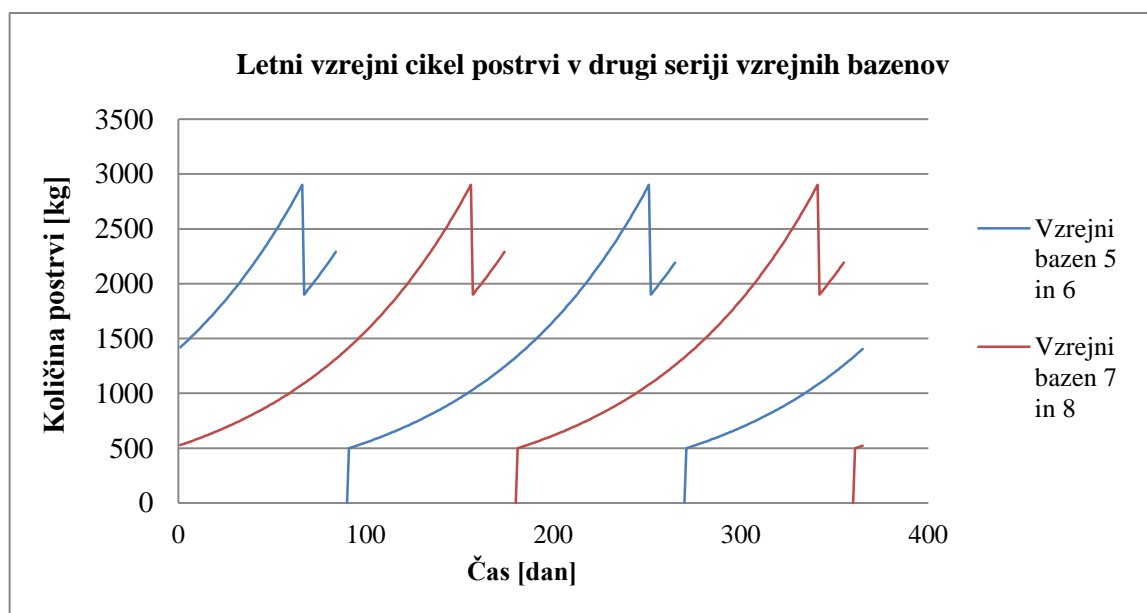
V vzrejni bazen 3 naselimo 500 kg mladice 181. dan, kar je tri mesečni zamik od naselitve v vzrejnem bazenu 2 in šest mesečni zamik od naselitve mladice v vzrejnem bazenu 1. Po tri mesečni intenzivni vzreji postrvi sortiramo in premestimo v vzrejni bazen 5 in 6. Sortirane postrvi krmimo vse do zelene (glede na povpraševanje na trgu) oziroma konzumne velikosti, tako da so primerne za prodajo in odvoz v druge ribogojnice.

Vzrejni bazen 4

V vzrejni bazen 4 naselimo 500 kg mladice, kar predstavlja zadnjo naselitev v načrtovanem vzrejnem letu. Tako kot pri ostalih vzrejnih bazenih tudi v vzrejnem bazenu 4 po treh mesecih postrvi sortiramo in premestimo v bazen 7 in 8 ter nadaljujemo s krmljenjem.

4.3.3.2 Druga serija vzrejnih bazenov

Druga serija vzrejnih bazenov je namenjena držanju večjih mladric (teže > 30 g/kom), ki jih premestimo iz prve serije vzrejnih bazenov dvakrat letno. Od naselitve mladric v drugo serijo vzrejnih bazenov do konzumne velikosti je potrebnih približno še 5 mesecev. Na grafikonu 12 je predstavljen letni vzrejni cikel postrvi posameznega vzrejnega bazena druge serije.



Grafikon 12: Letni vzrejni cikel postrvi posameznega vzrejnega bazena druge serije

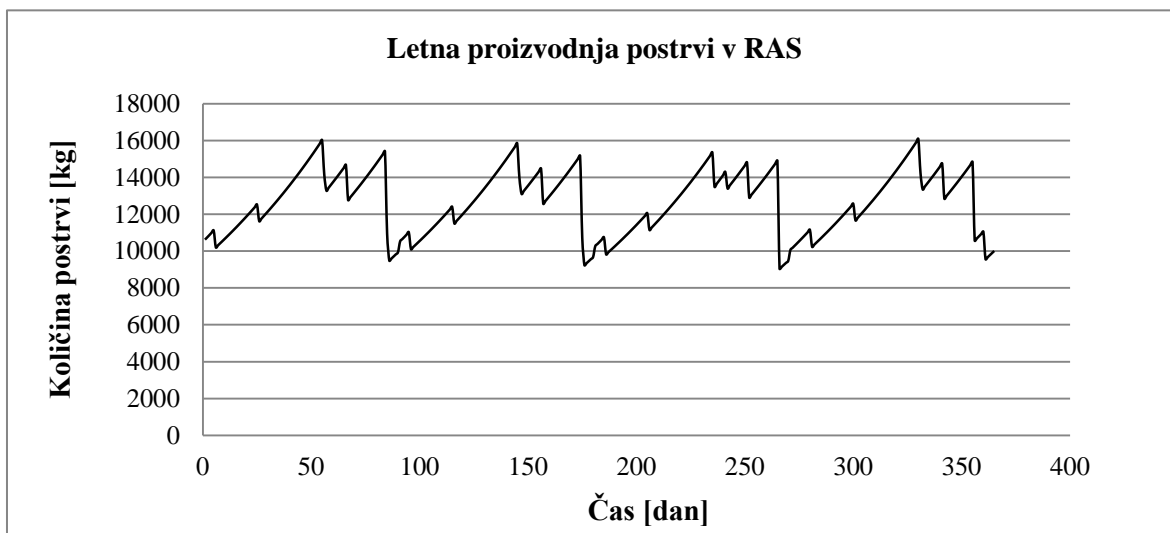
V vsak posamezni vzrejni bazen druge serije vložimo dvakrat letno 500 kg postrvi. S tem razbremenimo vzrejne bazene v prvi seriji in omogočimo držanje oziroma nadaljnjo vzrejo postrvi do želene velikosti. V drugi seriji vzrejnih bazenov, krmimo s povprečno stopnjo krmljenja ($k = 1,3$).

4.3.4 Letna proizvodnja postrvi

Na podlagi načrtovanega vzrejnega cikla smo ugotovili maksimalno letno proizvodnjo postrvi v RAS. S tako načrtovano naselitvijo mladric v prvi seriji vzrejnih bazenov in nadaljnji vzreji v drugi seriji je ribogojnica popolnoma izkoriščena čez vse leto. Predvidena proizvodnja postrvi v načrtovanem RAS temelji na teoretičnih predpostavkah, ki jih v praksi prilagodimo delovanju RAS in potrebam na trgu.

Spodnji grafikon 13 prikazuje gibanje letne proizvodnje postrvi v RAS. Drastični padci pomenijo odvoz postrvi iz ribogojnice, ki mu sledi čiščenje in priprava posameznih vzrejnih bazenov za ponovno naselitev mladric. Vmesna manjša nihanja na grafikonu, ki so porazdeljena skozi vzrejni cikel, predstavljajo odvoze postrvi in premestitve zaradi pregoste naselitve posameznega vzrejnega bazena.

Iz grafikona 13 je razvidno, da pri načrtovani vzreji v RAS dosegamo tudi do 16 ton rib, kar je bistveno več kot je izračunana povprečna količina postrvi (12 ton). Odstopanja so posledica teoretičnih predpostavk vzrejnega cikla v RAS, kjer gojimo ribe v vzrejnih bazenih do maksimalne gostote naselitve (120 kg/m^3), kar je potrebno v praksi prilagoditi učinkovitosti delovanja RAS.



Grafikon 13: *Letna proizvodnja postrvi v RAS*

Z vzrejo 200.000 mladic, ki jih tekom leta naseljujemo v vzrejne bazene, zagotovimo zadostno in enakomerno zalogo konzumnih postrvi. Po doseženi konzumni velikosti nadaljujemo z vzrejo oziroma držanjem postrvi, kar omogoča postopno praznjenje oziroma prodajo postrvi. V našem primeru je predvideno teoretično praznjenje zaradi lažje obdelave podatkov, vemo pa, da je to v realnosti težje izvedljivo. V preglednici 23 je predstavljena količina postrvi in njen prirast, ki ga dosežemo v enem letu.

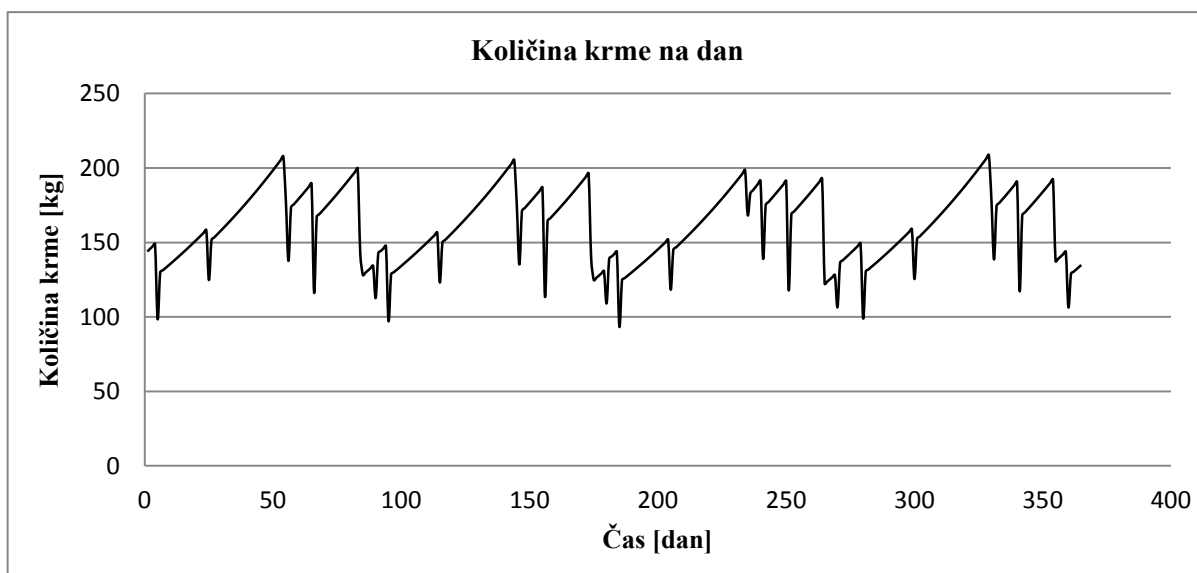
Preglednica 23: *Letna proizvodnja postrvi za posamezni vzrejni bazen v zasnovanem RAS*

Količina rib	Prirast [kg]
Vzrejni bazen 1	7080
Vzrejni bazen 2	7080
Vzrejni bazen 3	7080
Vzrejni bazen 4	7080
Vzrejni bazen 5	5485
Vzrejni bazen 6	5485
Vzrejni bazen 7	5485
Vzrejni bazen 8	5485
Vzrejni bazeni 1-8	50262

Letna proizvodnja postrvi v RAS je približno 50 ton, kar pomeni da na letni ravni dosežemo kar 49–krat večjo proizvodnjo postrvi kot v pretočni ribogojnici pri enakem odvzemu vode iz vodotoka.

4.3.5 Količina krme

Na podlagi načrtovanega letnega vzrejnega cikla postrvi v RAS in stopnje krmljenja (preglednica 13) smo ugotovili količino krme, ki je potrebna za prirast 50 ton postrvi. Stopnja krmljenja (k) se je tekom vzrejnega cikla spreminjala glede na velikost oziroma težo postrvi. Grafikon 14 prikazuje dnevne količine krme za celotni RAS, tako prve kot druge serije vzrejnih bazenov. Ekstremna nihanja oziroma padci na grafikonu prikazujejo praznjenje vzrejnih bazenov, katerega v nalogi predpostavimo kot več enkratnih odvozov postrvi.



Grafikon 14: Količina krme Aller Gold 3 mm na dan

Na grafu lahko vidimo tudi dnevna nihanja krme, ki se pojavljajo v času sortiranja in premestitve, saj postrvi v tem času ne krmimo. S tem zagotovimo boljšo kondicijsko pripravljenost postrvi in manjšo porabo kisika. Za vzrejo 50 ton postrvi pokrmimo približno 59 ton krme.

4.3.6 Onesnaženost odpadne in procesne vode v RAS

Večkrat uporabljena voda v RAS postaja vedno bolj obremenjena s hranili (iztrebki rib in ostanki krme), tako da dotok sveže vode ne omogoča zadostne razbremenitve vode in ponovne uporabe v vzrejnih bazenih.

Onesnaženost odpadne oziroma procesne vode v RAS smo ugotovili na podlagi:

- (a) analize proizvajalca krme Aller Gold 3 mm (preglednica 14),
- (b) opravljene analize vode iz vzrejenega bazena na izbrani lokaciji (preglednica 12).

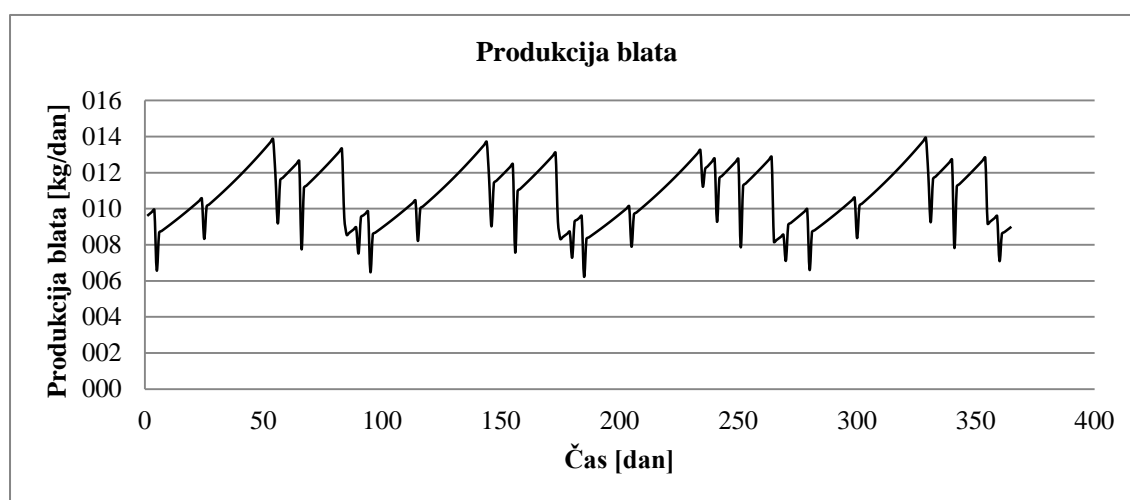
Na podlagi analize proizvajalca krme Aller Gold 3 mm (preglednica 14) smo izračunali kakšen vpliv na okolje ima krma v RAS. Čez leto onesnaženje niha, saj se količina postrvi v vzrejnih bazenih spreminja in s tem tudi produkcija posameznega parametra.

Preglednica 24 prikazuje produkcijo posameznega parametra (blato, N, P), ki se spreminja glede na količino postrvi v RAS. Izračuni temeljijo na podlagi analize vpliva na okolje proizvajalca krme Aller Gold 3 mm.

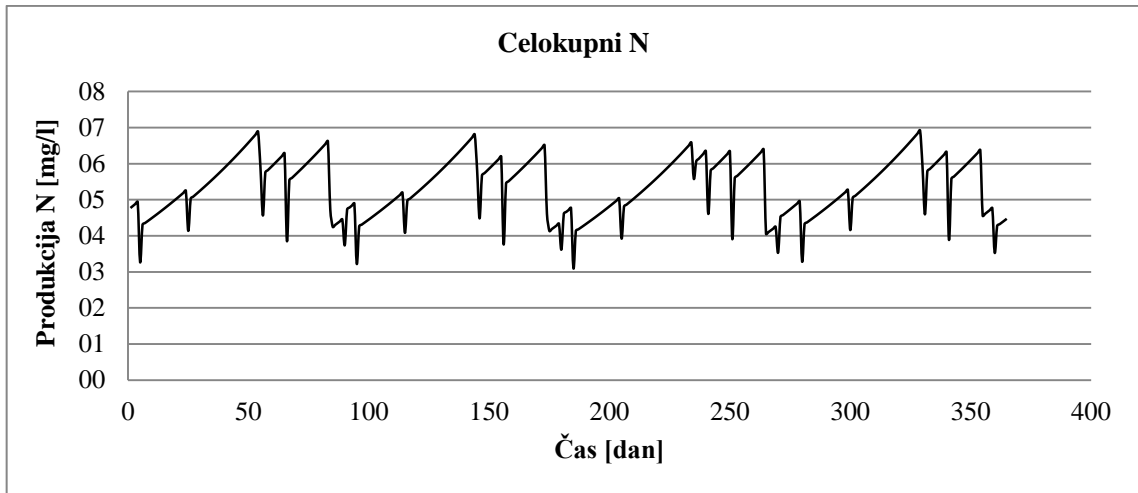
Preglednica 24: Analiza vpliva na okolje za prirast 50 ton postrvi v enem letu

dan	količina rib	krma	prirast	izpad 15%	produkcija blata	blato konc. v vodi	celokupni N	celokupni P
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/dan]	[kg/dan]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	10624.6	143.9	122.3	21.6	9.6	11.1	4.8	0.48
50	15161.0	198.5	168.8	29.8	13.2	15.3	6.6	0.66
100	10552.8	134.3	114.1	20.1	9.0	10.4	4.5	0.45
150	13556.3	176.8	150.3	26.5	11.8	13.7	5.9	0.59
200	11423.9	145.3	123.5	21.8	9.7	11.2	4.8	0.49
250	14650.2	191.3	162.6	28.7	12.8	14.8	6.3	0.64
300	12570.0	125.4	106.6	18.8	8.4	9.7	4.2	0.42
350	14043.9	183.9	156.3	27.68	12.3	14.2	6.1	0.62
Σ		59131	50262	8870	3946	4567	1960	197.79

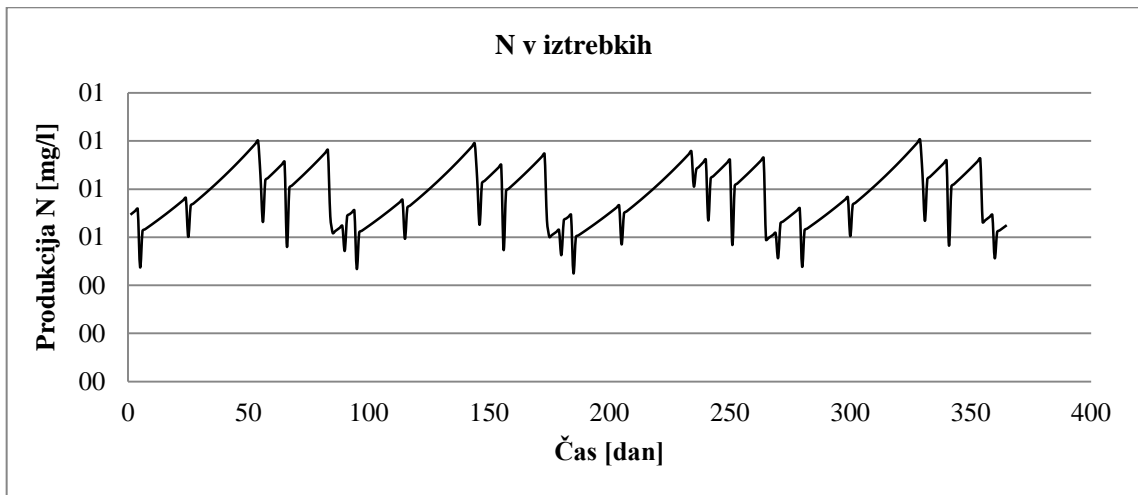
Za boljši pregled vpliva na okolje zasnovanega RAS smo grafično prikazali glavne parametre, ki vplivajo na onesnaževanje odpadne vode v RAS: produkcija blata (grafikon 15), celokupni N (grafikon 16), N v iztrebkih (grafikon 17), N v vodi (grafikon 18), celokupni P (grafikon 19), P v iztrebkih (grafikon 20) in P v vodi (grafikon 21).



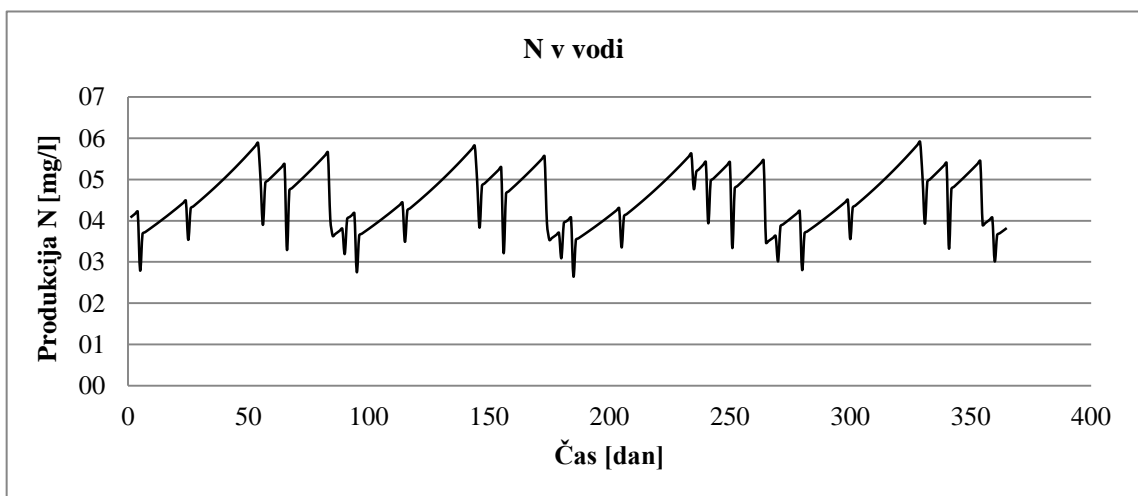
Grafikon 15: Produkcija blata v RAS



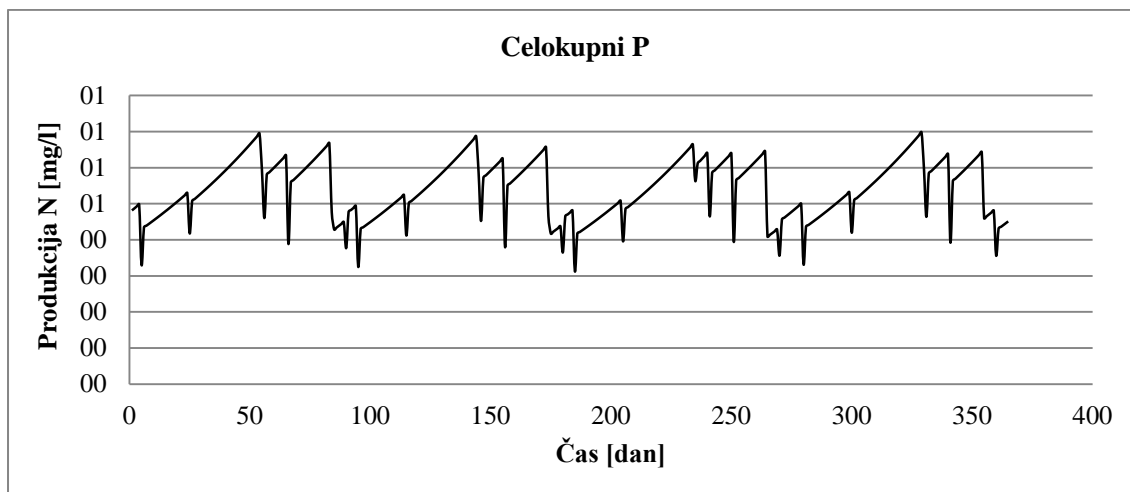
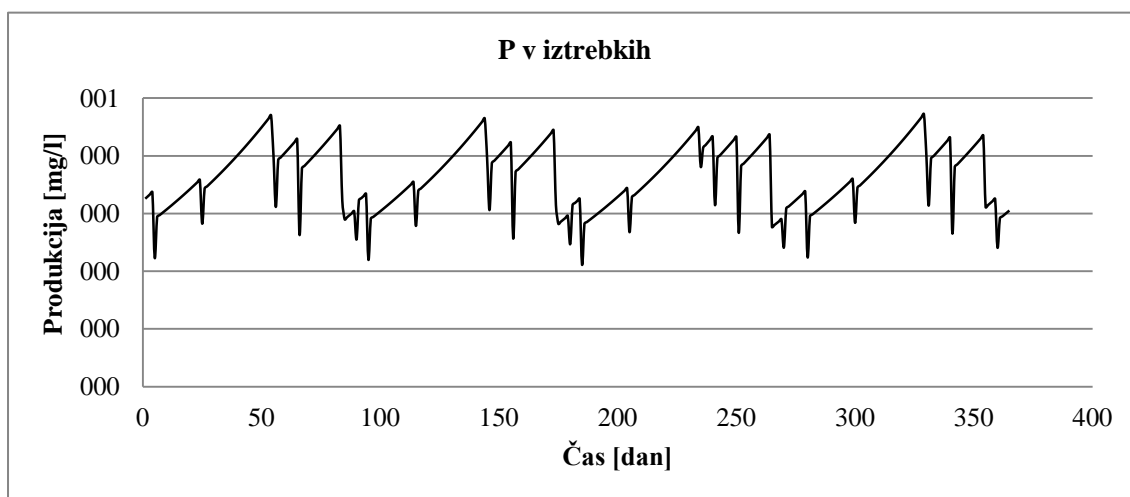
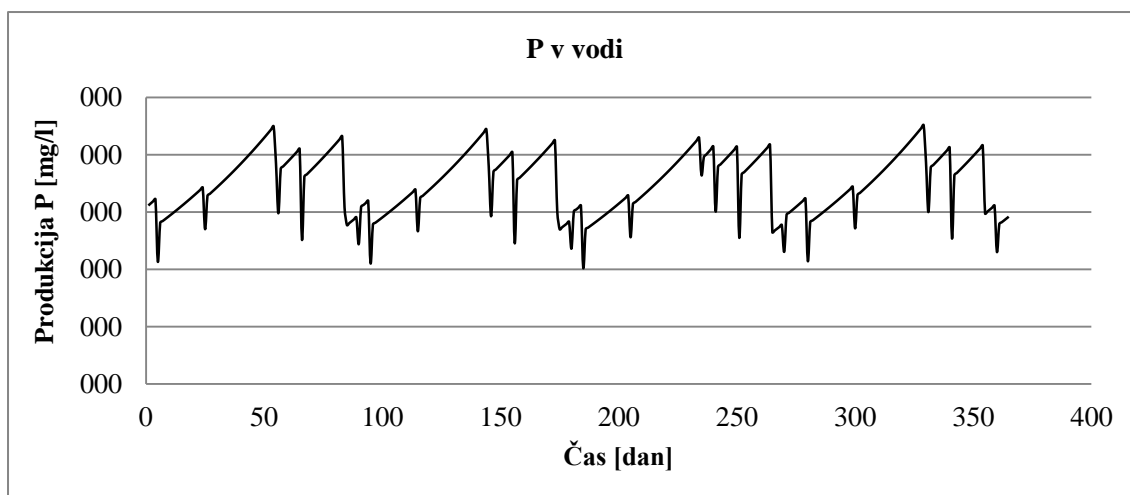
Grafikon 16: *Produkcija celokupnega N v RAS*



Grafikon 17: *Produkcija N v iztrebkih v RAS*



Grafikon 18: *Produkcija N v vodi v RAS*

Grafikon 19: *Produkcija celokupnega P v RAS*Grafikon 20: *Produkcija P v iztrebkih v RAS*Grafikon 21: *Produkcija P v vodi v RAS*

Na podlagi opravljene analize vode na vtoku in iztoku vzrejnega bazena izbrane lokacije, smo ugotovili, da je pri pretoku (Q) 10 l/s in količini postrvi (M) 200 kg, na vtoku v sistem vsebnost 0,05 mg/l NH_4^+-N ($S_{\text{NH}_4^+-\text{N}}$) in na iztoku 0,09 mg/l NH_4^+-N ($S_{\text{NH}_4^+-\text{N}}$) (preglednica 12). Produkcija amonijevega dušika ($\Delta S_{\text{NH}_4^+-\text{N}}$), ki ga pridelava 200 kg postrvi, znaša 0,04 mg/l. S spodnjo enačbo (14) izračunamo produkcijo NH_4^+-N , ki ga predela 1 kg postrvi:

$$S_{\text{NH}_4^+-\text{N}} (1 \text{ kg postrvi}) = \frac{Q \cdot \Delta S_{\text{NH}_4^+-\text{N}}}{M} = \frac{10 \frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot 0,04 \text{ mg/l}}{200 \text{ kg}} = 0,002 \frac{\text{mg NH}_4^+-\text{N/l}}{\text{kg postrvi} \cdot \text{s}} \quad (14)$$

Količina postrvi v RAS skozi leto niha, zato upoštevamo povprečno količino postrvi ($M_{\text{RAS}} = 12.118 \text{ kg}$), ki jo gojimo v sistemu. Produkcijo NH_4^+-N v RAS smo izračunali z naslednjo enačbo (15):

$$S_{\text{NH}_4^+-\text{N}} (\text{RAS}) = M_{\text{RAS}} \cdot S_{\text{NH}_4^+-\text{N}} (1 \text{ kg postrvi}) = 24,236 \frac{\text{mg NH}_4^+-\text{N/l}}{\text{s}} \quad (15)$$

Produkcija NH_4^+-N v RAS presega mejno vrednost ($< 1 \text{ mg NH}_4/\text{l}$) (preglednica 2) v obeh primerih (a in b), ki velja za salmonidne površinske vode. Na podlagi slednje ugotovitve smo poleg mehanskega čiščenja vode v RAS zagotovili tudi biološko čiščenje.

4.3.7 Čiščenje odpadne in procesne vode v RAS

Za primerno kakovost izpustne in procesne vode v RAS smo zasnovali mehansko in biološko čiščenje vode. Pri mehanskem čiščenju vode smo načrtovali uporabo usedalnikov s konusnim dnom, kjer se usedajo težji delci v vodi. Sledi biološko čiščenje vode z uporabo bioloških filtrov, katerih namen je odstranitev raztopljenih snovi, ki jih ni bilo mogoče odstraniti z mehanskim čiščenjem. Pri intenzivni vzreji postrvi v RAS je delež le-teh bistveno večji v primerjavi s pretočno ribogojnico, zato je potrebno vodo pred ponovno uporabo primerno očistiti.

RAS je zasnovana z osmimi okroglimi vzrejnimi bazeni, ki imajo dvojni odtočni kanal. Usedljive snovi, ki se akumulirajo na sredini dna vzrejnega bazena, odstranimo preko manjšega odtočnega kanala direktno v sedimentacijski bazen. Ostalo odpadno vodo za ponovno uporabo, odvajamo preko večjega odtočnega kanala do mehanskega čiščenja, kjer se odstranijo drobni delci in druge suspendirane snovi.

4.3.7.1 Mehansko čiščenje

Po prvi in drugi seriji vzrejnih bazenov smo načrtovali betonski usedalnik s konusnim dnom. Usedalnik je pregrajen na manjše prekate z montažnimi zapornicami, preko katerih se voda preliva s prostim tokom vzdolž usedalnika. Pretok vode skozi konusni usedalnik omogoča še dodatno usedanje in odstranitev suspendiranih snovi v vodi, katerih nismo odstranili v vzrejnih bazenih.

Efektivni volumen usedalnika je $14,3 \text{ m}^3$ s sledečimi dimenzijami: dolžina 6,5 m, širina 1 m in višina 2,2 m (priloga J). Mehansko čiščenje vode v RAS izboljša pogoje za vzrejo postrvi, vendar pa samo takšen način čiščenja ne zadostuje.

4.3.7.2 Biološko čiščenje

Po drugi seriji vzrejnih bazenov se voda poleg mehanskega čiščenja prečisti tudi z biološkimi filtri. Biološko čistilno napravo smo dimenzionirali na podlagi produkcije NH_4^+-N ($24,236 \text{ mg/l/s}$) (15) za povprečno količino postrvi v RAS, ki temelji na izračunih opravljene analize vode na izbrani lokaciji.

Pri čiščenju odpadne vode v biološkem reaktorju gre za proces nitrifikacije, pri katerem je potrebno dovajati kisik, ki omogoča oksidacijo amonijevega dušika v nitritni in nato v nitratni dušik. Stehiometrija za nitrifikacijo kaže porabo 4,57 gramov kisika na gram amonijevega dušika in porabo 7,08 gramov alkalitete merjene kot kalcijev karbonat (CaCO_3) na gram amonijevega dušika (Leslie Grady, 1999). Vsebnost amonijevega dušika, katerega postrvi pridelajo v RAS, je $24,236 \text{ mg NH}_4^+-\text{N/l/s}$ (15). Za pretvorbo amonijevega dušika v nitrate po stehiometriji je potrebno v RAS zagotoviti $110,76 \text{ mg O}_2/\text{s}$.

V RAS se najpogosteje uporabljajo plastični plavajoči nosilci različnih oblik, katerih specifična površina je $500\text{--}1200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (Ebeling, 2012). V našem primeru smo izbrali plavajoči biofilter (MBB $600 \text{ m}^2/\text{m}^3$), na podlagi katerega smo izračunali potrebno površino (A_N) in volumen polnila (V_p).

S spodnjo enačbo (16) smo izračunali potrebno površino plavajočih nosilcev, na katerih je priraščena biomasa (Bever, 1993):

$$A_N = \frac{dN}{v_N} \quad (16)$$

kjer pomeni:

- A_N potrebna površin [m^2],
- dN koncentracija amonijevega dušika na dan ($S_{\text{NH}_4^+-\text{N}}(\text{RAS})$) [g/d],
- v_N hitrost nitrifikacije [$\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$].

Hitrost nitrifikacije smo izračunali z naslednjo enačbo (17) (Bever, 1993):

$$v_N = \frac{v_{N,max} \cdot C_N}{(k + C_N)} \quad (17)$$

kjer pomeni:

- $v_{N,max}$ maksimalna hitrost nitrifikacije ($T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$; $v_{N,max} = 1 \text{ g/m}^2 \text{ dan}$) [$\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$],

- k konstanta razpolovnega časa (za $\text{NH}_4\text{-N}$ približno 2 mg/l),
 C_N dovoljena koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ [mg/l].

Za optimalno delovanje biofiltrrov je potrebno zagotoviti primeren pretok (Q_r) vode skozi biološki reaktor. Pretok vode se spreminja glede na dovoljeno koncentracijo $C_{\text{NH}_4\text{-N}}$, kar izračunamo z naslednjo enačbo (18):

$$Q_r = \frac{S_{\text{NH}_4\text{-N}}(\text{RAS})}{C_{\text{NH}_4\text{-N}}} \quad (18)$$

kjer pomeni:

- Q_r pretok vode skozi biološki reaktor,
 $S_{\text{NH}_4\text{-N}}(\text{RAS})$ produkcija $\text{NH}_4^+\text{-N}$ v RAS,
 $C_{\text{NH}_4\text{-N}}$ dovoljena koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$.

Po Uredbi o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (Uradni list RS, št. 46/2002) je dovoljena koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ med 0,04 in 1 mg NH_4 /l. Preglednica 25 prikazuje rezultate izračunov potrebne površine nosilcev (A_N), hitrosti nitrifikacije (v_N), volumen polnila (V_p) in pretoka (Q_r) vode skozi reaktor za različne koncentracije $\text{NH}_4\text{-N}$, katere smo izbrali v intervalu od 0,04 in 1 mg NH_4 /l.

Preglednica 25: Izračuni A_N , v_N , V_p in Q_r za različne dovoljene koncentracije $\text{NH}_4\text{-N}$

	dovoljena koncentracija (C) $\text{NH}_4\text{-N}$ [mg/l]					
	0,04	0,1	0,2	0,5	0,75	1
A_N [m ²]	106793,51	43973,80	23033,89	10469,95	7677,96	6281,97
v_N [g/m ² d]	0,0196	0,0476	0,0909	0,2000	0,2727	0,3333
V_p [m ³]	177,99	73,29	38,39	17,45	12,80	10,47
Q_r [l/s]	605,9	242,4	121,2	48,5	32,3	24,2

Volumen reaktorja (V_r) smo dimenzionirali na podlagi volumna polnila (V_p), ki predstavlja 60 % volumna reaktorja. Za nadaljnjo dimenzioniranje smo upoštevali dovoljeno koncentracijo ($C_{\text{NH}_4\text{-N}} = 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{NH}_4\text{-N}$), kar pomeni, da je potrebno zagotoviti 17,45 m³ polnila, pri katerem je pretok vode skozi reaktor 48,5 l/s. Pretok vode mora biti dovolj počasen, da bakterije razgradijo amonijak, a hkrati dovolj hiter, da uravnava zadostno vsebnost amonijaka, ki je potreben za obstoj nitrifikacijskih bakterij. Na podlagi slednjih kriterijev, smo zasnovali volumen reaktorja (30 m³) z dimenzijami: dolžine 4 m, širine 3 m in višine 2,5 m.

Koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ v vodi se ob pravilnem delovanju (mešanju biofiltror, doziranju kisika, vsebnosti $\text{NH}_4\text{-H}$, kontroli pH itd.) bistveno zmanjša in je primerna za ponovno uporabo v vzrejnih bazenih oziroma za izpust vode iz ribogojnega obrata v vodotok. Po končanem biološkem čiščenju vodo prečrpamo s črpalko v rezervoar, po katerem skupaj s svežo vodo ponovno doteka v vzrejne bazene.

Skozi proces čiščenja se fizikalno–kemijske lastnosti lahko spreminjajo, zato je potrebno redno kontrolirati parametre, kot so pH, vsebnost amonijaka, ogljikovega dioksida, fosforja, nitritov in nitratov, kot tudi mikro delcev, ki omejujejo uspešno vzrejo postrvi. Poleg tega je potrebno redno kontrolirati in servisirati posamezne elemente sistema (puhala, kompresor, črpalke itd.), da ne pride do prekinitve in posledično do pogina postrvi.

4.3.7.3 Sedimentacijski bazen

Pri intenzivni vzreji postrvi je potrebno redno odstranjevati odpadno blato, ki ga sestavljajo nezaužita krma in iztrebki rib. V RAS smo zasnovali okrogle vzrejne bazene, ki omogočajo usedanje trdnih snovi in redno odstranjevanje odpadnega blata iz sistema. Voda, ki odteka z vrha vzrejenih bazenov za nadaljnjo uporabo, se mehansko prečisti preko usedalnika s konusnim dnom, kjer ponovno odstranjujemo sedimente iz vode. Odpadno blato, ki se useda v vzrejnih bazenih in konusnih usedalnikih, odteka neposredno v sedimentacijski bazen.

Na stopnjo sedimentacije v sedimentacijskem bazenu vpliva površinska obremenitev in zadrževalni čas vode v njem. V našem primeru se v sedimentacijski bazen nalaga glavna odpadna blata iz vzrejnih bazenov in konusnih usedalnikov, katerega dnevno odstranjujemo iz sistema. Poleg odvečnega blata iz RAS, odteka skozi sedimentacijski bazen tudi višek odpadne vode, ki jo prečistimo z biološkimi filtri. Sedimentacijski bazen omogoča daljši čas usedanja odpadnega blata, katerega izčrpamo in odpeljemo na kmetijske površine kot gnojilo.

Na podlagi analize vpliva na okolje (preglednica 24) za prirast 50 ton postrvi, smo izračunali dnevno produkcijo blata (povprečno 10,8 kg) oziroma za celotni letni vzrejni cikel postrvi (3.946 kg). Višek odpadne vode iz sistema odteka preko sedimentacijskega bazena in niha skozi vzrejni cikel postrvi glede na čiščenje sistema.

Za potrebe dimenzioniranja smo v nadaljevanju predpostavili konstanten odtok 3 l/s. Sedimentacijski bazen zasnujemo tako, da upoštevamo zadrževalni čas (t_z) vode v njem približno 2 uri (Panjan, 2005) in konstanten odtok (Q_k) 3 l/s. Na podlagi slednjih parametrov izračunamo volumen sedimentacijskega bazena (5):

$$V = Q_k \cdot t_z = 0,003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 2 \cdot 3600 \text{ s} = 21,6 \text{ m}^3$$

Volumen sedimentacijskega bazena je približno 21,6 m³, pri katerem je potrebno upoštevati tudi produkcijo blata, ki ga pridelajo postrvi. Pri dimenzioniranju sedimentacijskega bazena smo upoštevali razmerje globine proti dolžini ($\frac{1}{35} < \frac{h}{a} < \frac{1}{20}$) (Panjan, 2005). Dimenzije sedimentacijskega bazena so: dolžina 20 m, širina 1,5 m in globina 0,8 m (priloga I).

5 PRELIMINARNA OCENA STROŠKOV S PRIMERJAVO VARIANT

Na izbranem območju smo predvideli dve varianti ribogojnic za salmonidne ribe. Za posamezno varianto smo naredili oceno stroškov izgradnje, ki temelji na podlagi aproksimativnega izračuna, predstavljenega v preglednicah 26 in 27. Ocena stroškov izgradnje zajema predдела, zemeljska dela, gradbena dela, elektroinstalacije in strojno opremo. Cene za posamezne količine so privzete iz že izdelanih diplomskih nalog ali informacij izvajalcev del ter so obračunane brez DDV-ja.

Preglednica 26: Preliminarna ocena stroškov izgradnje pretočne ribogojnice

opis del	enota	količina	€/enoto	znesek [€]
PREDEDELA				
1 geodetska zakoličba objekta				175
2 priprava gradbišča	kos	1	200	200
Skupaj				375
ZEMELJSKA DELA				
3 strojni izkop gradbene jame do globine 2,5 m z nalaganjem in odvozom materiala na trajno deponijo v oddaljenosti do 5 km	m ³	51	7,5	383
4 zasip objekta s premetom deponiranega materiala	m ³	19	4,5	86
5 planiranje in utrjevanje dna bazena	m ²	25,6	2,3	59
Skupaj				528
GRADBENA DELA				
6 dobava in strojna vgradnja betona C 25/30				
beton	m ³	9	150	1.350
opaž	m ³	15	150	2.250
armatura	kg	459	0,623	286
Skupaj				3.886
Skupaj				4.789

Preglednica 27: Preliminarna ocena stroškov izgradnje RAS

opis del	enota	količina	€/enoto	znesek [€]
PREDDELA				
1				335
geodetska zakoličba objekta				
2	kos	1	200	500
priprava gradbišča				
Skupaj				835
ZEMELJSKA DELA				
3	m ³	780	7,5	5.850
strojni izkop gradbene jame do globine 2,5 m z nalaganjem in odvozom materiala na trajno deponijo v oddaljenosti do 5 km				
4	m ³	80	4,5	360
zasip objekta s premetom deponiranega materiala				
5	m ²	390	2,3	897
planiranje in utrjevanje dna bazena				
Skupaj				7.107
GRADBENA DELA				
6				
dobava in strojna vgradnja betona C 25/30 v AB talno ploščo				
beton	m ³	255	150	38.250
opaž	m ³	40	150	6.000
armatura	kg	2262	0,649	1.468
Skupaj				45.718
ELEKTROINŠTALACIJE				
7				
omarica 800x600x300 mm, zunanja stenska montaža				
8				
držalo kablov s pritrdilnim materialom				
9		5%	2.768	138
drobni nespacificirani material nepredvidena dodatna dela, transportni in manipulativni stroški, meritve, funkcionalni preizkus vseh tokokrogov in delovanje zaščitnih sistemov do 5 %				
Skupaj				2.906
STROJNA OPREMA				
10	kos	1	1800	1.800
kompresor				
11	kos	1	17000	17.000
generator kisika				
12	kos	1	3338	3.338
agregat				
				se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 27

13	črpalka	kos	2	1800	3.600
14	puhalo	kos	1	1941	1.941
15	biofiltri MBB 600 m ² /m ³	m ³	17,4	670	11.658
16	oprema za vpihovanje kisika	ocena			1.400
<hr/>					
	Skupaj				40.737
<hr/>					
	Skupaj				97.303

6 ZAKLJUČEK

Ribogojstvo je zelo pomembna gospodarska panoga, predvsem na svetovni ravni, saj prehrambni sektor na tem področju dosega največjo rast. V zadnjem času je opaziti tudi pobudo Evropske unije, ki spodbuja posamezne države članice z različnimi operativnimi programi za razvoj ribištva, s katerimi bi povečali proizvodnjo rib, rakov in mehkužcev.

Trend slovenskega ribogojstva temelji na pretočnih ribogojnicah, katerih količina vzrejenih rib je odvisna od količine dovoljenega odvzema vode na vodotoku. Osnovni namen slovenskega ribogojstva je zadovoljiti domače potrebe po ribah, ki pa jih zaradi vse strožjih okoljskih ukrepov, pogostih sušnih obdobjih in ob tradicionalni pretočni vzreji težko dosegamo, zato so ribogojci primorani iskati nove tehnologije in izboljšave obstoječih obratov, kjer bodo lahko dosegali večje vzrejne kapacitete rib.

V nalogi smo predstavili intenzivno vzrejo postrvi, ki poteka v ribogojnicah s pretočnim sistemom in RAS. Slednji vzbujata vse večje zanimanje tudi pri nas, zato smo izpostavili prednosti in slabosti, približali uporabo in jo primerjali s pretočnim sistemom.

V praktičnem delu naloge smo, za izbrano lokacijo s pripadajočim vodotokom, nazorno prikazali dimenzioniranje dveh modelov ribogojnic (varianta 1: pretočna ribogojnica in varianta 2: RAS).

V zasnovani pretočni ribogojnici smo glede na karakteristike zajetega vodotoka s pretokom 10 l/s, določili maksimalno letno vzrejno kapaciteto postrvi, ki je približno 1.000 kg. Na podlagi opravljene analize vode na primerljivem vzrejnem bazenu in izračunu vpliva na okolje na podlagi proizvajalčevih analiz smo ugotovili, da vzreja postrvi v zasnovani pretočni ribogojnici bistveno ne vpliva na okolje nizvodno od izpusta v vodotok, saj parametri ne presegajo mejnih vrednosti *Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo; Mejne vrednosti parametrov onesnaženosti pri neposrednem in posrednem odvajanju ter pri odvajanju v javno kanalizacijo* (Uradni list RS, št. 64/2012).

RAS smo zasnovali glede na zelene letne proizvodne kapacitete postrvi, in sicer 50 ton. Z načrtovanim letnim vzrejnim ciklom 50 ton postrvi smo ugotovili, da pokrmimo približno 59 ton krme, ki v obliki dušikovih in fosforjevih spojin vpliva na kakovost vode. Na podlagi opravljene analize vode in proizvajalčevih analiz smo ugotovili, da je potrebno vodo za ponovno uporabo v RAS oziroma izpust nazaj v vodotok primerno očistiti. Zasnovali smo mehansko (usedalnik s konusnim dnom) in biološko čiščenje (biofiltri), pri katerem smo upoštevali povprečno količino postrvi, ki jo držimo v RAS.

Pri tem smo prišli do ugotovitve, da je proizvodnja postrvi v RAS 49-krat večja kot v pretočni ribogojnici, pri kateri je poraba vode iz vodotoka enaka. V RAS je potrebno v vzrejne bazene konstantno dozirati tekoči kisik, saj je gostota postrvi v RAS bistveno večja kot v pretočni ribogojnici,

kjer ima dotok vode iz vodotoka zadostno količino raztopljenega kisika v vodi za normalno vzrejo postrvi.

Preliminarna ocena stroškov posamezne variante je pokazala, da je investicija za RAS bistveno večja v primerjavi s pretočno ribogojnico, vendar RAS v primerjavi s pretočnimi ribogojnicami omogoča bistveno večje vzrejne kapacitete postrvi, boljši nadzor parametrov vode, manjši vpliv na okolje (vodotok) in manjšo porabo vode. Prihodnost slovenskega ribogojstva vidim v nadgradnji obstoječih ribogojnic s posameznimi komponentami RAS, kot so bogatenje vode s kisikom, čiščenje odpadne vode in ponovno uporabo vode oziroma izgradnjo novih RAS, s katerimi bi lahko dosegli večje proizvodne kapacitete rib.

VIRI

- Avkhimovich, D. 2013. Effect of water quality on rainbow trout performance, Water oxygen level in commercial trout farm »Kala ja marjapojat«. Mikkeli University of Applied Sciences, Environmental Engineering: 77 str.
<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57500/Avkhimovich%20Dmitry.pdf?sequence=1>
(Pridobljeno 17. 02. 2014.)
- Babič, R. 2013. Poročilo o izidu kemijskih analiz vode Ribogojnice Žalec in Vrbje. Ljubljana, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
Elektronsko sporočilo od: Babič, R. 12. 06. 2013. Osebna komunikacija.
- Bever, J., Stein, A., Teichmann, H. 1993. Weitergehende Abwasserreinigung. Stickstoff- und Phosphorelimination, Sedimentation und Filtration. 2. Auflage. München: R. Oldenbourg Verlag München Wien: str. 189-200.
- Boulet, D., Struthers, A., Gilbert, E. 2010. Feasibility Study of Closed-Containment Options for the British Columbia Aquaculture Industry. Canada, Fisheries and Oceans Canada: str. 1-25.
- Bravničar, D. 2012 Predstavnik sektorja za lovstvo in ribištvo. MKO. Elektronska sporočilo od: Bravničar, D. 28. 05. 2012. Osebna komunikacija.
- Ellis, T., North, B., Scott, A.P., Bromage, N.R., Porter, M., Gadd, D. 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology* 61, 3: 493-531.
- Eurostat. 2013.
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tag00075&plugin=1> (Pridobljeno 22. 10. 2013.)
- Evropska komisija. Ribištvo. SRP. Ribogojstvo. Podatki o ribogojstvu v EU. 2013.
http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/aquaculture/facts/index_sl.htm (Pridobljeno 22. 10. 2013.)
- G. Hrastinger. 2013. <http://www.alles-fisch.at/eng/wasserbelueftung.html> (Pridobljeno 07. 11. 2013.)
- Gospič, D. 2013. Predsednik Društva rejcev vodnih živali Slovenije. 15. 03. 2013. Osebna komunikacija.
- Gradivo za strokovni izpit za ribogojca. 2009. Spodnje Gameljne, Zavod za ribištvo Slovenije: 122 str.
- Jenčič, V. 2013. Bolezni zaradi neprimerne kakovosti vode. 1.del. *Ribič* 4: 87-88.
- Jenčič, V. 2013. Bolezni zaradi neprimerne kakovosti vode. 2.del. *Ribič* 5: 130-131.

Jenčič, V. 2013. Razkuževanje. 1. del. *Ribič* 9: 246-247.

Jenčič, V. 2013. Zdravstvene težave rib zaradi neprimerne kakovosti vode. 4. del. *Ribič* 7-8: 208-209.

Jokumsen, A., Svendsen, L. 2010. Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark. Hirtshals, Technical University of Denmark, National Institute of Aquatic Resources, DTU Aqua: 44 str.

Kajfež Bogataj, L. 2012. Sušna tveganja ob podnebnih spremembah. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 229-237. http://ksh.fgg.uni-lj.si/kongresvoda/03_prispevki/02_strokovni/20_Kajfez_Bogataj.pdf (Pridobljeno 17. 02. 2014.)

Kompare, B., Levstek, M., Atanasova, N. 2006. Dva pristopa k modeliranju čistilne naprave za odpadno vodo – Two Approaches to Waste Water Treatment Plant Modelling. Ljubljana. *Acta hydrotechnica* 24/40: 45-64. <ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a40bk.pdf> (Pridobljeno 17. 2. 2014.)

Krause, J., Kuzan, D., DeFrank, M., Mendez, R., Pusey, J., Braun, C. 2006. Design guide for recirculating aquaculture system. Rowan University: 43 str. http://www.rowan.edu/colleges/engineering/clinics/engwoborders/Reports/EWB_fish_hatchery_final.pdf (Pridobljeno 17. 09. 2013.)

Kurbus, T. 2008. Razvoj visoko učinkovitega postopka čiščenja odpadnih vod v šaržnem biološkem reaktorju. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: str. 21-24.

Lah, A. 1998. Sladkovodno ribištvo Slovenije v stodesetih letih razvoja in konec drugega tisočletja 1888 – 1998. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 88 str.

Leslie Grady, C. P., Daigger, Glen T., Lim, Henra C. 1999. Biological wastewater treatment. Second Edition, Revised and Expanded. Boca Raton: 61-64, 216-229, 772, 843-905.

Luštek, M., Bertok, M., Erhatic Širnik, R., Jerše, B., Koračin, M., Valič, P., Žaberl, M. 2009. Ribiški priročnik. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 110 str.

M. Ebeling, J. 2012. Biofiltration-Nitrification Design Overview, Aquaculture Systems Technologies. New Orleans, LA: 62 str. <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/RecircWorkshop/Workshop%20PP%20%20&%20Misc%20Papers%20Adobe%202006/7%20Biofiltration/Nitrification-Biofiltration/Biofiltration-Nitrification%20Design%20Overview.pdf> (Pridobljeno 03. 12. 2013.)

Managing Flow-Through Systems. 2006. Alabama Aquaculture Best Management Practice. Auburn University and USDA-Natural Resources Conservation Service. http://www.extension.org/mediawiki/files/f/f9/Managing_Flow_Through_Systems.pdf (Pridobljeno 17. 09. 2013.)

Messer. 2013. <http://www.messer.si/import/Messer-FARMOX---letak-A4---w.pdf> (Pridobljeno 04. 04. 2013.) <http://www.messer.si/import/Messer-FARMOX---letak-A4---w.pdf> (Pridobljeno 04. 04. 2013.)

Moccia, R., Bevan, D., Reid, G. 2007. Composition of Feed and Fecal Waste from Commercial Trout Farms in Ontario: Physical Characterization and Relationship to Dispersion and Depositional Modelling. Aquaculture Centre, University of Guelph. Ontario Sustainable Aquaculture Working Group Environment Canada. [http://www.aps.uoguelph.ca/aquacentre/files/research-publications/OSAWG%20Report%203%20Fecal%20Waste%20Physical%20Characteristics%20\(Jul2007\).pdf](http://www.aps.uoguelph.ca/aquacentre/files/research-publications/OSAWG%20Report%203%20Fecal%20Waste%20Physical%20Characteristics%20(Jul2007).pdf) (Pridobljeno 20. 10. 2013.)

Molony, B. 2001. Environmental requirements and tolerances of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: a review. Fisheries research report No. 130. Department of Fisheries Perth, Western Australia: 1-28. <http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File3392-environmental-requirements-rainbow-trout.pdf> (Pridobljeno 23. 09. 2013.)

Moutounet, Y., Andreasen, A. 2012. Introduction to recirculation. BioMar Magazine: 7-8.

Oca Baradad, J. 2008. Hydrodynamic characterisation of aquaculture tanks and design criteria for improving self-cleaning properties. Castelldefels. Technical University of Catalonia: 52 str. <http://www.tdx.cat/handle/10803/7056> (Pridobljeno 19. 10. 2013.)

Owen, D. 2013. Carbon dioxide management for land based fish farming. BioMar Magazine: 9-13.

Panjan, J. 2005. Čiščenje odpadnih voda. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 169 str.

Pavlič, S. 2013. Ribogojnice za salmonidne ribe. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Pavlič): 33 str.

Pravilnik o obratih na področju živil živalskega izvora. Uradni list RS št. 51/2006.

Ribištvo in ribogojstvo v Evropi. 2009. Publikacija Evropska komisije: 43. http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/magazine/mag43_sl.pdf.

Roš, M., Zupančič, G. D. 2010. Čiščenje odpadnih voda. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja: 330 str.

Samec, N., Lobnik, A. 2009. Okoljsko inženirstvo. Maribor, Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru: str 6-13.

Save Bantry Bay. 2013. <http://bantryblog.wordpress.com/> (Pridobljeno 17. 09. 2013.)

Smolar-Žvanut, N., Blumauer, S., Kavčič, I., Rebolj, D. 2012. Odvzemi vode za ribogojnice v obdobju poletnih nizkih pretokov: str. 97-105. <http://mvd20.com/LETO2012/R12.pdf> (Pridobljeno 17. 09. 2013.)

Smolar-Žvanut, N., Burja, D. 2007. Raba Vode. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije: str. 109-115.

Statistični urad Republike Slovenije. 2013. http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=5689 (Pridobljeno 22. 10. 2013.)

Steinman, F. 2010. Hidravlika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: 294 str.

Strange, R. 2004. Welcome to WFS 493/556 Recirculation Aquaculture. <http://web.utk.edu/~rstrange/wfs556/html-content/09-tanks.html> (Pridobljeno 17. 09. 2013.)

Svobodova, Z., Lloyd, R., Machova, J., Vykusova, B. 1993. Water quality and fish health. Rome, FAO: 59 str.

Sykes, Walker. 2003. Section II: Environmental engineering. V: Chen, V.F., Liew. The Civil Engineering handbook. New York, CRC Press: 2904 str.

Štular, M. 2013. Ribogojstvo kot dopolnilna dejavnost na kmetiji. Glasilo Kmetijske gozdarske zbornice Slovenije 117: 30-31.

Thorarensen, H., Johannsson, R., Jensson, P. 2007. Feasibility study of a recirculation aquaculture system. Iceland. University of Iceland: 59 str. <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/pada07prf.pdf> (Pridobljeno 17. 09. 2013.)

Timmons, M.B., Ebeling, J.M. Culture Tank Design. 2013. <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/RecircWorkshop/Workshop%20PP%20%20&%20Misc%20Papers%20Adobe%202006/4%20Culture%20Tank%20Design/Culture%20Tank%20Design.pdf> (Pridobljeno 17. 10. 2013.)

Treer, T., Safner, R., Aničić, I., Lovrinov, M. 1995. Ribarstvo. Zagreb, Nakladni zavod Globus: str. 336-358.

Turnbull, J. 2012. Does it matter how many fish we put in a cage? <http://www.aqua.stir.ac.uk/articles/2010/09/stocking-density> (Pridobljeno 20. 10. 2013.)

Urbanič, G., Toman, M. J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja. Uradni list RS št. 35/1996.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Priloga 2: Mejne vrednosti parametrov onesnaženosti pri neposrednem in posrednem odvajanju ter pri odvajanju v javno kanalizacijo. Uradni list RS št. 64/2012.

Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib. Uradni list RS št. 46/2002.

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka. Uradni list RS št. 97/2009.

Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje. Uradni list RS št. 18/2013.

Woynarovich, A., Hoitsy, G., Moth-Poulsen, T. 2011. Small-scale rainbow trout farming. Rome, FAO, Fisheries and Aquaculture Technical Paper 561: 81 str.

<http://www.fao.org/docrep/015/i2125e/i2125e01.pdf> (Pridobljeno 04. 11. 2013.)

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS št. 110/2002.

Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib). Uradni list RS št. 61/2006.

Zakon o varstvu okolja (ZVO-1). Uradni list RS št. 41/2004.

Zakon o veterinarstvu (ZVet-1). Uradni list RS št. 33/2001.

Zakon o vodah (ZV-1). Uradni list RS št. 67/2002.

Žitnik, J., Žitnik, D., Berdajs, A., Gruden, T., Jurček, R., Slokan, I., Petek, I., Jereb, S., Smolej, B., Štembal Capuder, M., Galonja, S. 2008. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: str. 499-556.

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGE

PRILOGA A: Idejna zasnova pretočne ribogojnice:
Grafični prikaz lege objektov na izbrani lokaciji

PRILOGA B: Idejna zasnova pretočne ribogojnice:
Tloris pretočne ribogojnice

PRILOGA C: Idejna zasnova pretočne ribogojnice:
Vzdolžni prerez pretočne ribogojnice

PRILOGA D: Idejna zasnova pretočne ribogojnice:
Prečni prerez pretočne ribogojnice

PRILOGA E: Idejna zasnova pretočne ribogojnice:
Tloris sedimentacijskega bazena

PRILOGA F: Idejna zasnova RAS:
Grafični prikaz lege objektov na izbrani lokaciji

PRILOGA G: Idejna zasnova RAS:
Tloris in vzdolžni prerez RAS

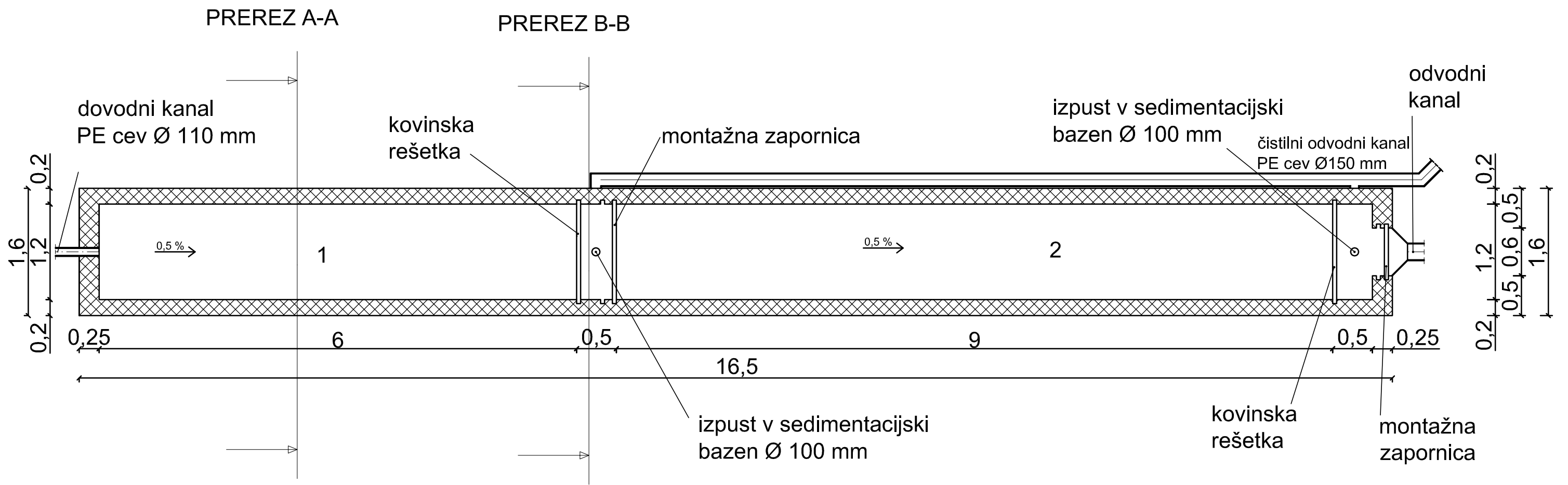
PRILOGA H: Idejna zasnova RAS:
Prečni prerez RAS

PRILOGA I: Idejna zasnova RAS:
Tloris sedimentacijskega bazena

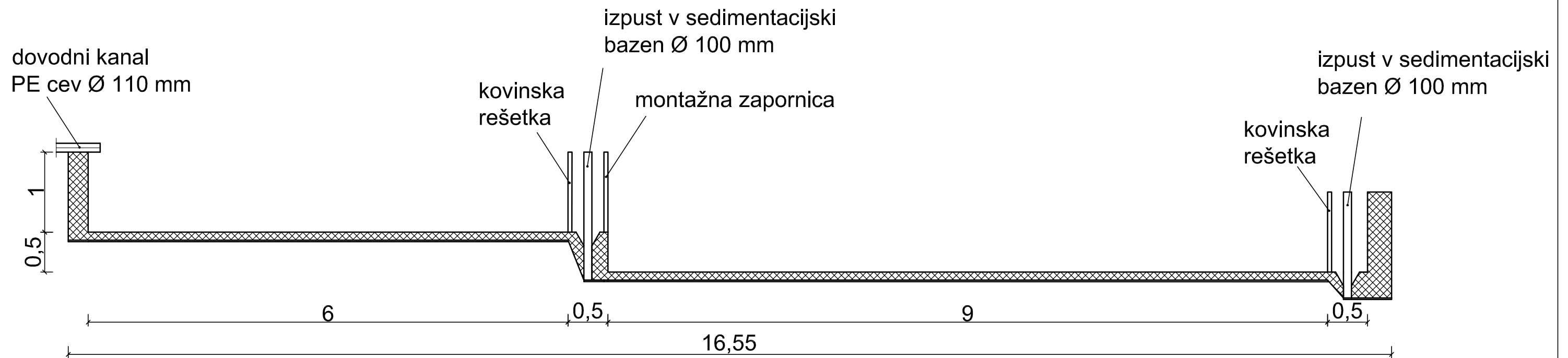
PRILOGA J: Idejna zasnova RAS:
Vzdolžni prerez konunsnega usedalnika



UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO		
Objekt:	Idejna zasnova pretočne ribogojnice	
Vsebina:	Grafični prikaz lege objektov na izbrani lokaciji	
Izdela:	Suzana Pavlič	
Datum:	Merilo:	Št. priloge:
04/2014	1:200	A

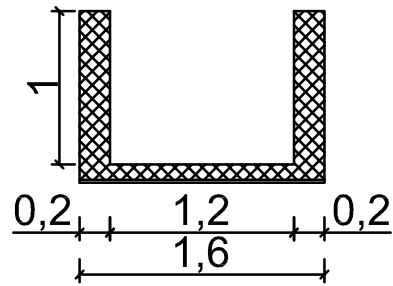


UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO		
Objekt:	Idejna zasnova pretočne ribogojnice	
Vsebina:	Tloris pretočne ribogojnice	
Izdelač:	Suzana Pavlič	
Datum:	Merilo:	Št. priloge:
04/2014	1:50	B



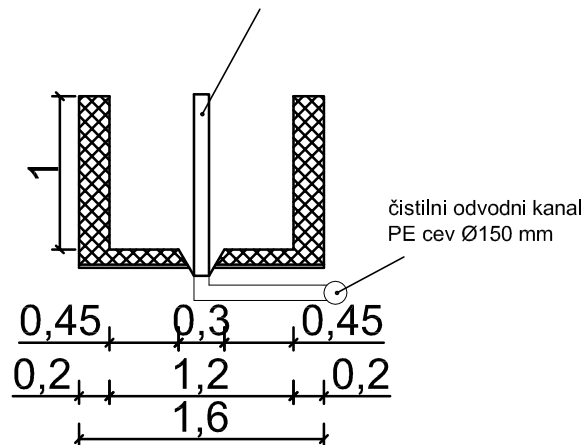
UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO		
Objekt:	Idejna zasnova pretočne ribogojnice	
Vsebina:	Vzdolžni prerez pretočne ribogojnice	
Izdelač:	Suzana Pavlič	
Datum:	Merilo:	Št. priloge:
04/2014	1:50	C

PREREZ A-A

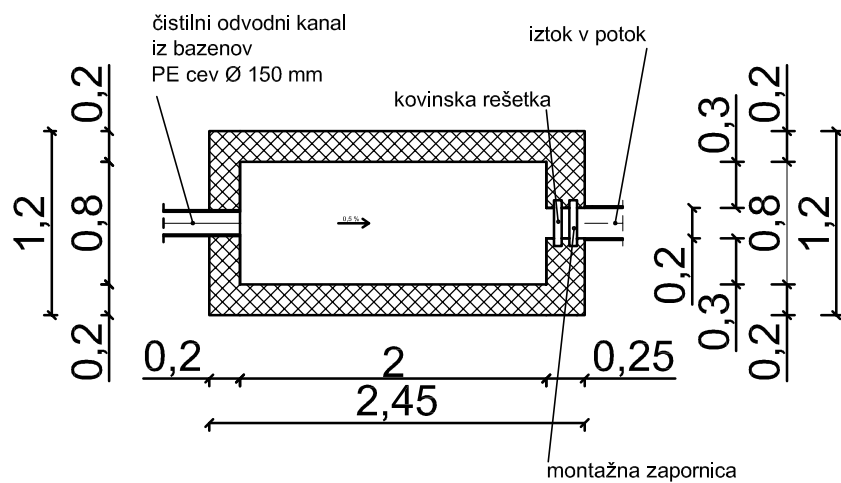


PREREZ B-B

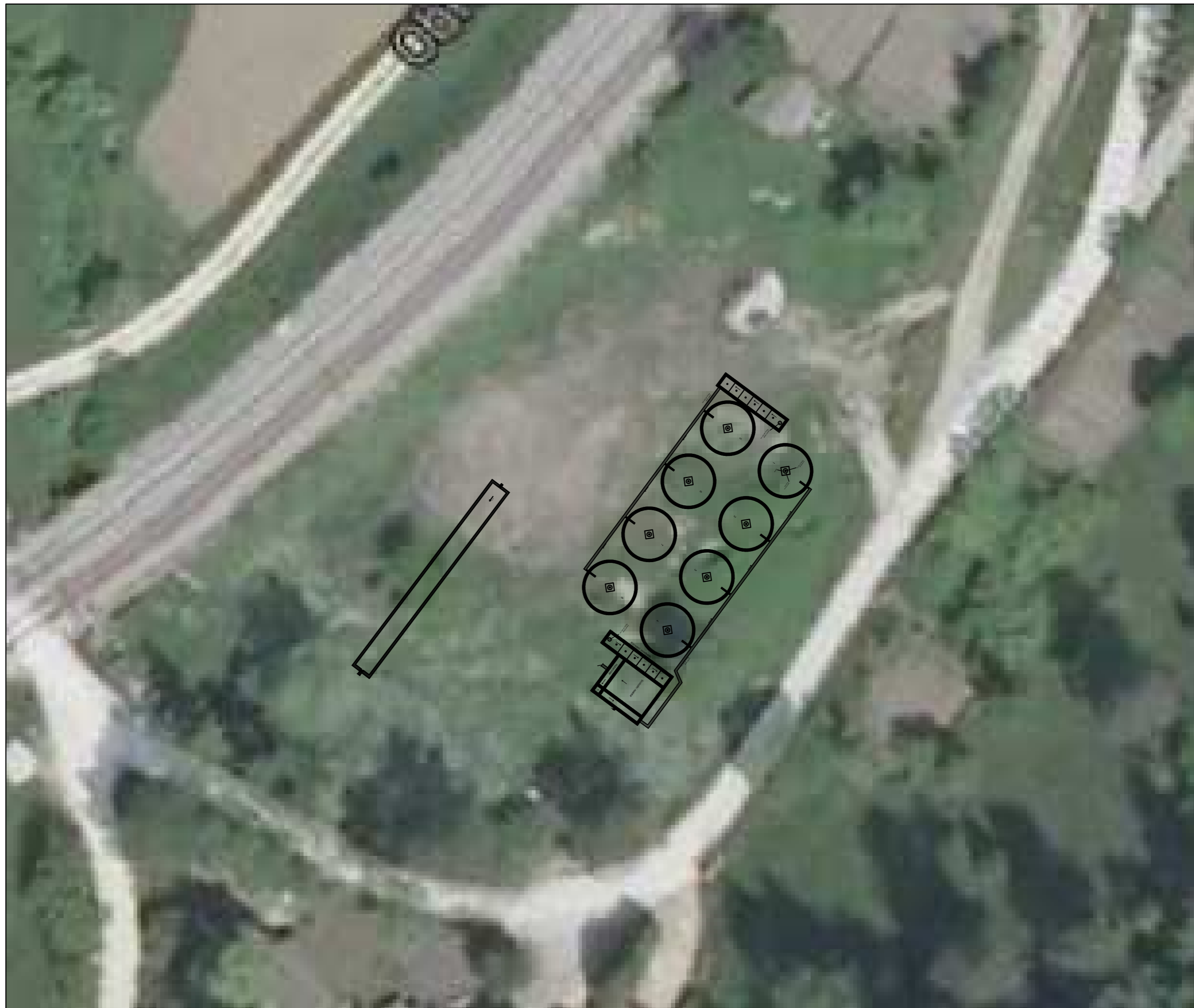
izpust v sedimentacijski
bazen Ø 100 mm



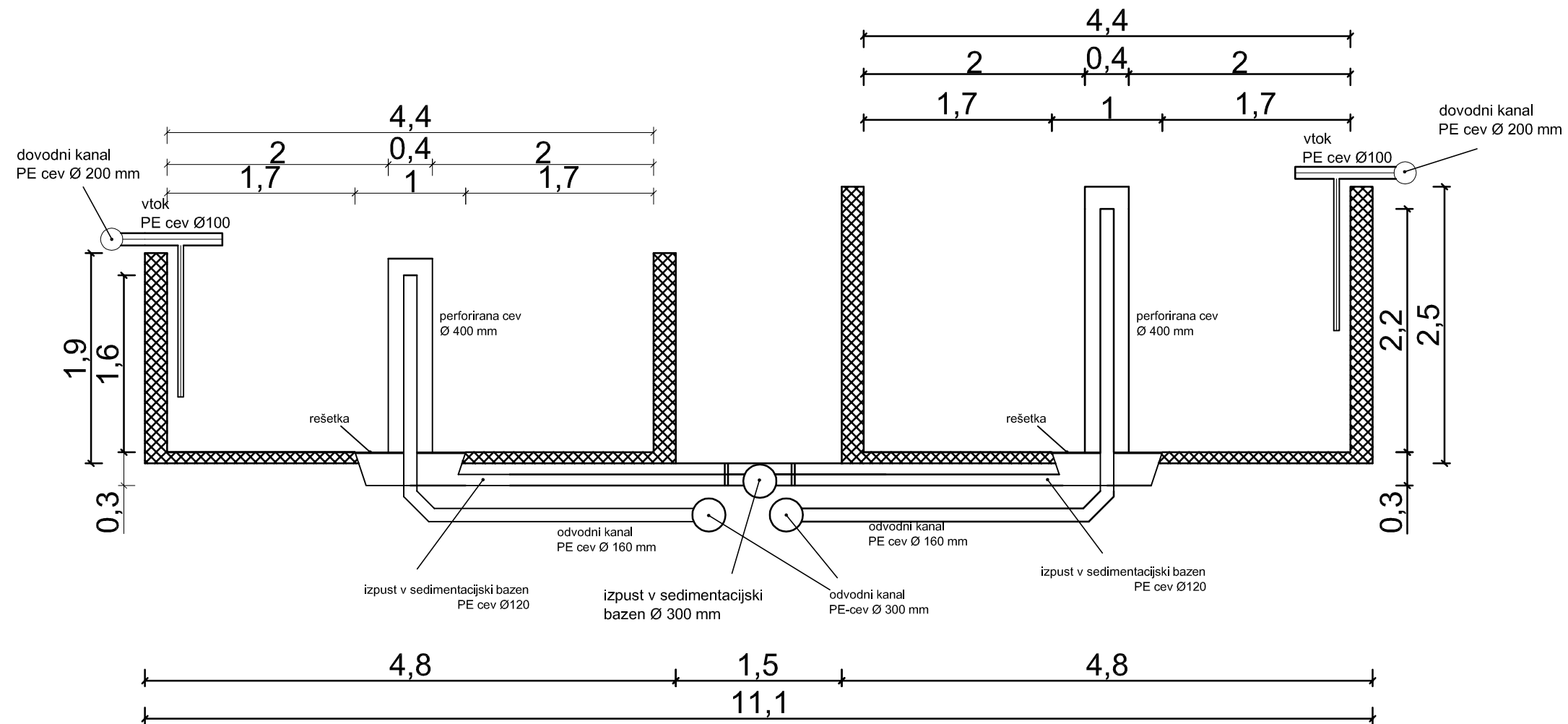
		UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO	
Objekt:	Idejna zasnova pretočne ribogojnice		
Vsebina:	Prečni prerez pretočne ribogojnice		
Izdelal:	Suzana Pavlič		
Datum: 04/2014	Merilo: 1:50	Št. priloge: D	



	UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO	
Objekt:	Idejna zasnova pretočne ribogojnice	
Vsebina:	Tloris sedimentacijskega bazena	
Izdelal:	Suzana Pavlič	
Datum: 04/2014	Merilo: 1:50	Št. priloge: E

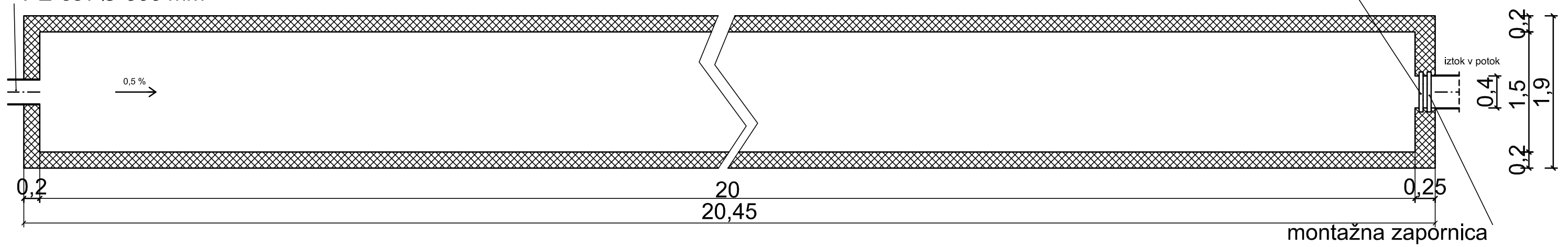


UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO		
Objekt:	Idejna zasnova RAS	
Vsebina:	Grafčni prikaz lege objektov na izbrani lokaciji	
Izdelal:	Suzana Pavlič	
Datum:	Merilo:	Št. priloge:
04/2014	1:200	F

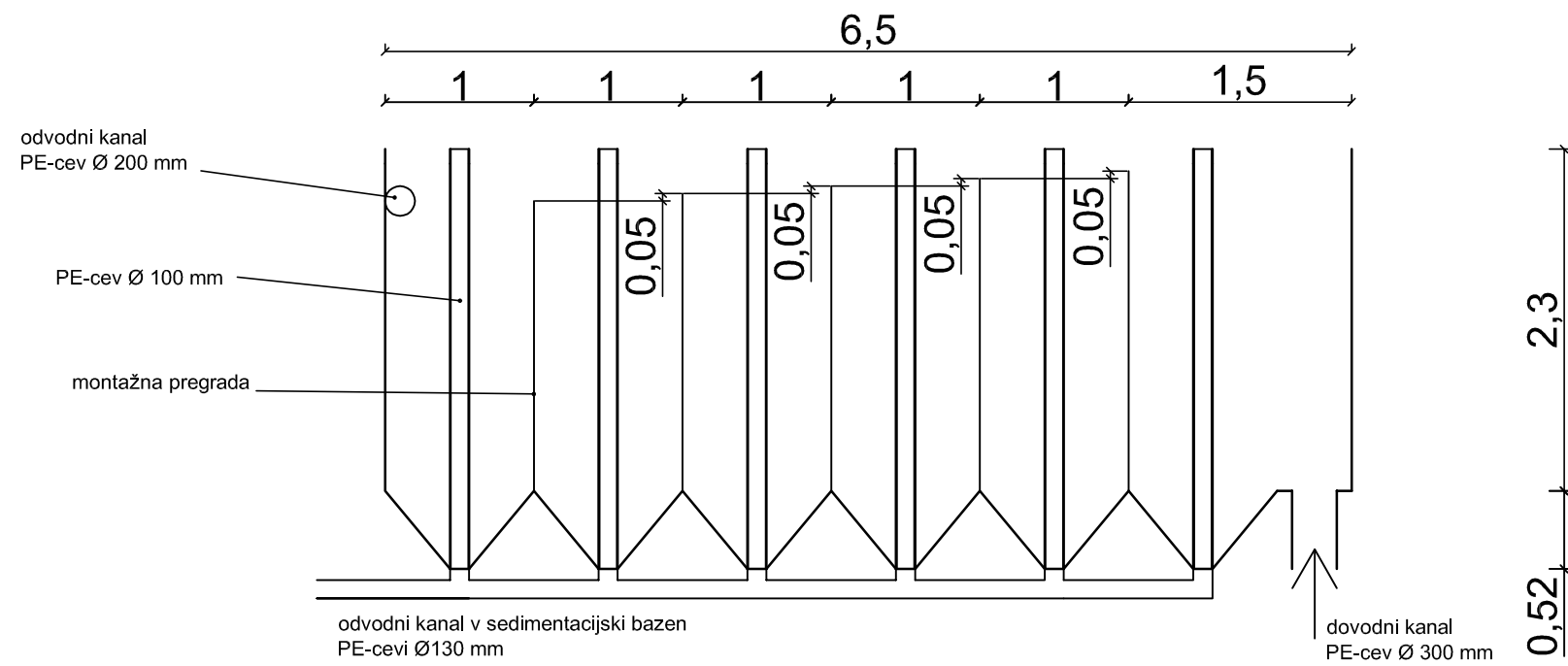


UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO		
Objekt:	Idejna zasnova RAS	
Vsebina:	Prečni prerez RAS	
Izdelač:	Suzana Pavlič	
Datum:	Merilo:	Št. priloge:
04/2014	1:50	H

odvodni kanal iz
bazenov
PE-cev Ø 300 mm



UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO		
Objekt:	Idejna zasnova RAS	
Vsebina:	Tloris sedimentacijskega bazena	
Izdelač:	Suzana Pavlič	
Datum:	Merilo:	Št. priloge:
04/2014	1:50	I



UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO		
Objekt:	Idejna zasnova RAS	
Vsebina:	Vzdolžni prerez konusnega usedalnika	
Izdela:	Suzana Pavlič	
Datum: 04/2014	Merilo: 1:50	Št. priloge: J