

ALEKSANDRO STULGINSKIO UNIVERSITETAS

TVIRTINU:

Prorektorius Romualdas Zemeckis

2016 m.mėn.d.

**UŽDARŲ ŽUVŲ AUGINIMO SISTEMŲ ĮTAKA
GAMTINĖMS EKOSISTEMOMS IR
REKOMENDACIJŲ PARENGIMAS ŠIŲ SISTEMŲ
DIEGIMUI**

2016 M. GALUTINĖ ATASKAITA

Tyrimo vadovė

Gražina Žibienė

TURINYS

1. ĮVADAS	4
2. TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA	6
3. VANDENS RUOŠIMO TECHNOLOGINĖS SCHEMOS UŽDAROMS RECIRKULIACINĖMS SISTEMOMS.....	14
3.1 Technologinės tiekiamo vandens schemos iš skirtingų vandens šaltinių.....	14
3.1.1 Požeminis vanduo.....	14
3.1.2 Paviršinis vanduo	14
3.2 Reikalavimai vandens kokybei URS	15
3.2.1 Deguonies koncentracija.....	15
3.2.2 Temperatūra	17
3.2.3 Amoniakas	17
3.2.4 Nitritai.....	18
3.2.5 Nitratai.....	20
3.2.6 Netirpios dalelės (skendinčios medžiagos)	20
3.2.7 Anglies dioksidas	21
3.2.8 Šarmingumas.....	22
3.2.9 pH rodiklis	23
3.3 Vandens kokybės reikalavimai skirtingomis žuvų gyvenimo stadijomis	23
3.4 Žuvų auginimo recirkuliacinėse sistemose technologinės schemos.....	25
3.5 Vandens kokybės rodiklių tyrimų upėtakių auginimo URS rezultatai	28
3.6. Vandens kokybės rodiklių tyrimų šamų auginimo URS rezultatai	30
4. APYTAKINĖSE SISTEMOSE SUSIDARANČIŲ NUOTEKŲ KIEKIAI IR UŽTERŠTUMAS ATSKIROMS AUGINAMŲ ŽUVŲ GRUPĖMS	32
4.1 Nuotekos uždaroje apytakinėje sistemoje.....	32
4.2 Drumstumas URS nuotekose	36
4.3 Azotas URS nuotekose.....	37
4.4 Fosforas URS nuotekose	39
4.5 URS pranašumas kontroliuojant akvakultūros ūkiuose susidarančias nuotekas	39
4.6 Afrikinių šamų auginimo URS susidarančio dumblo kiekio ir užterštumo analizė.....	40

4.7	Vaivorykštinių upėtakių auginimo URS susidarančio dumblo kiekio ir užterštumo analizė	41
5.	BENDRIEJI SANITARINIAI REIKALAVIMAI APYTAKINĖSE ŽUVININKYSTĖS SISTEMOSE.....	43
5.1	Bioapsauga	43
5.2	Patogenų patekimo į sistemą pavojaus sumažinimas	44
5.2.1	<i>Vandens tiekimas.....</i>	44
5.2.2	<i>Ikrai ir žuvys.....</i>	44
5.2.3	<i>Maistas.....</i>	44
5.2.4	<i>Personalas ir lankytojai.....</i>	44
5.2.5	<i>Batų dezinfekavimo vonelės ir kilimėliai.....</i>	45
5.2.6	<i>Karantinas</i>	46
5.3	Patogenų plitimo sumažinimas.....	48
5.3.1	<i>URS valdymas.....</i>	48
5.3.2	<i>Dezinfekavimas.....</i>	49
5.3.3	<i>Žuvų atrinkimas</i>	49
5.3.4	<i>Priemonės žuvų priežiūrai.....</i>	49
5.3.5	<i>Žuvų auginimo patalpų grindys.....</i>	49
5.3.6	<i>Žuvų auginimo personalas.....</i>	49
5.3.7	<i>Ligų plitimas oro lašeline būdu.....</i>	50
5.4	Jautrumo infekcijoms ir ligoms sumažinimas	50
5.4.1	<i>Stebėjimas.....</i>	51
5.4.2	<i>Vandens kokybė.....</i>	51
5.4.3	<i>Žuvų elgesys.....</i>	51
5.4.4	<i>Ženkilai, rodantys kad žuvys serga</i>	52
5.4.5	<i>Mėginiai, jų paėmimas ir gabenimas.....</i>	53
5.5	Gydymas ir dezinfekavimas.....	54
5.6	Saugus chemikalų saugojimas ir naudojimas	56
6.	UŽDAROSE APYTAKINĖSE SISTEMOSE SUSIDARANČIO NUOTEKŲ DUMBLO UŽTERŠTUMAS IR TOLESNIO DUMBLO NAUDOJIMO SCHEMOS.....	57
6.1	Dumblo kiekio apskaičiavimas URS.....	57
6.2	Fizinės ir biocheminės dumblo, pagaminto žuvų ūkiuose, charakteristikos.....	58
6.3	URS žuvų auginimo sistemose susidarančio dumblo šalinimas	59

6.3.1	<i>Pirminis URS nuotekų apdorojimas</i>	62
6.3.2	<i>Apdorojimas šlapžemėse</i>	63
6.3.3	<i>Anaerobinis apdorojimas, biodujų išskyrimo potencialas</i>	63
6.3.4	<i>Kompostavimas</i>	65
6.3.5	<i>Horizontalios nuotekų panaudojimo schemas</i>	65
7.	REKOMENDACIJOS UŽDARŲ APYTAKINIŲ SISTEMŲ POVEIKIO APLINKAI VERTINIMUI	67
8.	ĮVERTINTI APYTAKINIŲ SISTEMŲ DIEGIMO LIETUVOJE EKONOMINES PERSPEKTYVAS IR KONKURENCINĘ APLINKĄ	69
9.	REKOMENDACIJOS APYTAKINIŲ SISTEMŲ TECHNOLOGIJŲ SCHEMŲ PARINKIMUI IR UŽDARŲ APYTAKINIŲ SISTEMŲ DIEGIMUI LIETUVOJE	78
10.	IŠVADOS	87
11.	Literatūros sąrašas	89

1. ĮVADAS

Uždaros recirkuliacinės, arba dar vadinamos apytakinės, sistemos (toliau sutrumpintai vadinama URS arba UAS) žuvų auginimui įvairiose pasaulio šalyse įrengiamos ir eksploatuojamos jau beveik penkis dešimtmečius. Be abejo, tai labai trumpas laikotarpis, lyginant su tradicinėmis maisto produktų gamybos šakomis – žemdirbyste, gyvulininkyste. Tvenkininė žuvininkystė plėtojama kelis šimtmečius (literatūroje minima, kad pirmieji bandymai auginti upėtakius buvo dar 1741 metais Vokietijoje). Tačiau pastaruosius kelis dešimtmečius žuvų auginimas apytakinėse sistemose tampa vis populiariesnis. Didėjantis maisto poreikis pasaulyje, augantys vartotojų poreikiai maisto kokybei ir įvairovei, periodiniai paukščių, gyvūnų ar augalų ligų protrūkiai, nusistovėję natūraliuose vandens telkiniuose sugaunamų žuvų kiekiai sudaro prielaidas žuvų auginimo uždaroje apytakinėse sistemose aktualumo augimui.

Lietuvos akvakultūros sektoriaus plėtros 2014–2020 metais plane teigiama, kad URS Lietuvos akvakultūros sektoriuje kol kas yra naujovė ir į akvakultūros produkcijos gamybą Lietuvoje pradėtos plačiau diegti pastaraisiais metais. 2014 m. pradžioje, remiantis Nacionalinės mokėjimo agentūros prie Žemės ūkio ministerijos duomenimis, parama UAS diegimui buvo skirta 20 įmonių, o joms paskirta parama techninei plėtrai siekė apie 19–20 mln. Lt., t.y. vidutiniškai 1 mln Lt. vienai URS įdiegti.

Lietuvos akvakultūros sektoriaus plėtros 2014–2020 metais plane numatyta:

- plėsti žuvų auginimą remiant naujas specializuotas įmones bei veikiančias akvakultūros įmones (atvirose aikštelėse ir uždaroje patalpose), prioritetą teikiant vaivorykštinių upėtakių ir eršketinių žuvų auginimui;
- skatinti panaudoti upėtakių, eršketinių žuvų, starkingų, europinių šamų, tilapijų, vėžiagyvių ir kitų rinkoje paklausių rūšių veisimo ir auginimo inovacines technologijas pratekančiose ir uždarojose akvakultūros sistemose;
- skatinti iniciatyvas panaudoti užsienio akvakultūros patirtį stambiai (1000–1500 t gamybinio pajėgumo) URS technologijomis paremtai įmonei įsisteigti.

Labai svarbu tinkamai pasinaudoti užsienio akvakultūros patirtimi artimiausiu laikotarpiu Lietuvoje diegiant naujas URS bei eksploatuojant jau esamas. Literatūroje, mokslinių tyrimų, švairių bendradarbiavimo projektų ataskaitoje jau galima rasti nemažai informacijos žuvų auginimo biotechnologijos tematika, bendrų duomenų apie URS ir pan. Todėl šiame MTTV projekte ir jo ataskaitoje stengiamasi nekartoti bendrųjų žinių apie URS, tačiau gilinamasi į mažiau nagrinėtas URS įtakos aplinkai, susidarančių nuotekų kiekių ir užterštumo, dumblo užterštumo ir jo tolimesnio panaudojimo klausimams nagrinėti.

MTTV tikslas - ištirti uždarų žuvų auginimo sistemų įtaką gamtinėms ekosistemoms ir parengti rekomendacijas šių sistemų diegimui Lietuvoje.

Įgyvendinant į MTTV projektą buvo sprendžiami šie uždaviniai:

1. Parengti apytakinėms sistemoms tinkamo vandens ruošimo technologijų schemas.
2. Nustatyti apytakinėse sistemose susidarančių nuotekų kiekius ir užterštumą atskiroms auginamų žuvų grupėms.
3. Parengti bendrus sanitarinius reikalavimus apytakinėms žuvininkystės sistemoms.
4. Nustatyti susidarančio uždaroje sistemoje nuotekų dumblo užterštumą ir parengti tolesnio dumblo naudojimo schemas.
5. Parengti apytakinių sistemų poveikio aplinkai vertinimo rekomendacijas.
6. Įvertinti apytakinių sistemų diegimo Lietuvoje ekonomines perspektyvas ir konkurencinę aplinką. Įvertinti uždarų apytakinių sistemų diegimo ekonominius rodiklius.
7. Parengti rekomendacijas apytakinių sistemų technologijų schemų parinkimui ir uždarų apytakinių sistemų diegimui Lietuvoje.

Vykdamas šį MTTV projektą, bendraujant su URS dirbančiais specialistais pastebėta, kad neretai pasigendama techninių – technologinių sprendimų, kad ir nedidelių, tačiau leidžiančių ženkliai pagerinti URS veiklą, sumažinti į aplinką patenkančių teršalų kiekį, pagerinti žuvų auginimo, žuvų gėrovės ar biosaugos veiksmus. Todėl MTTV projektai šiomis tematikomis yra ir bus aktualūs.

2. TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA

Šio MTTV projekto tyrimo objektas – uždaros žuvų auginimo sistemos bei jų elementai, mažinantys URS įtaką ekosistemoms.

MTTV projekto įgyvendinimui buvo naudojamas Aleksandro Stulginskio universiteto ASU Akvakultūros centre prieš metus įkurtas uždarų recirkuliacinių sistemų kompleksas. Šį URS kompleksą sudaro 13 atskirų skirtingų URS, besiskiriančių technologiniais sprendimais, dydžiu, paskirtimi ir kt. Visos šios URS yra ASU Akvakultūros centro Žuvų veisimo laboratorijoje ir Žuvų auginimo laboratorijoje, skirtose mokslo ir studijų veikloms, ASU VŪŽF studijų programos „Žuvininkystės ir akvakultūros technologijos“ vykdymui.

Dalis MTTV projekto veiklų bei su jomis susijusių tyrimų buvo atliekama žuvininkystės įmonėse, kuriose neseniai įrengtos ir pradėtos eksploatuoti skirtingos URS.

MTTV projekto įgyvendinimo metu dauguma tyrimų atlikta dviejose URS. – vienoje buvo auginami afrikiniai šamai (šiltavandenių žuvų rūšis), kitoje - vaivorykštiniai upėtakiai (šaltavandenių žuvų rūšis).

UAB „Baisiogalos energija“ URS apibūdinimas.

Afrikinių šamų auginimas bei su juo susiję MTTV projekte nagrinėjami veiksniai buvo tiriami UAB „Baisiogalos energija“. Ši įmonė afrikinių šamų (lot. *Clarias gariepinus*) auginimo veiklą pradėjo 2013 m.

URS sudaro 28 žuvų auginimo rezervuarai, biologinis filtras, lašelinis filtras.

Auginimo rezervuarų (kurių yra 28 po 4 m³.) talpa – 112 m³, vanduo jose keičiamas vieną kartą per valandą. Žuvys auginamos labai dideliais tankiais – suaugusios iki 500 kg/m³, mažesnės (5 mėnesių amžiaus, svoris – 200-250 g) – iki 150 kg/m³.

Vandens temperatūra palaikoma 23-25°C, kasdien sušeriama apie 160 kg pašarų. Kasdien sistemoje atnaujinama apie trečdalis tūrio vandens – 40-45 m³. pH rodiklis nėra dirbtinai reguliuojamas, tačiau yra palaikomas apie 5,85. Toks rūgštus vanduo mažina biologinio filtravimo efektyvumą, tačiau kartu mažina ir toksišką išskiriamo amonio poveikį žuvims.

Naudojamas lašelinis filtras, kuris užtikrina pakankamą auginamai rūšiai vandens kokybę ir papildomai aeruoja vandenį. Įrengtos keturios lašelinio filtro sekcijos, kurių matmenys – 2,75 m×2,75 m×3,85 m. Dėl didelių auginimo tankių grįžtančiame į filtrą iš auginimo talpų vandenyje praktiškai nelieka ištirpusio deguonies, o gražinamas į auginimo talpas vanduo, pratekėjęs per lašelinį filtrą ir susimaišęs su mechaniškai išfiltruotu vandeniu (šioje technologinėje schemoje biologinis filtravimas įjungtas ne nuosekliai, o lygiagrečiai vandens apytakos ratui) užtikrina pakankamą auginamai rūšiai deguonies kiekį: mažesnio tankio talpose prisotinimas deguonimi siekė 61%, didesnio tankio - 43%.

Vanduo šamų auginimui imamas geriamasis iš Pakiršinio vandenvietės gręžinio. 2.1 lentelėje pateikti geriamojo vandens iš Pakiršinio vandenvietės kokybiniai rodikliai.

2.1 lentelė. Vandens kokybės rodikliai iš Pakiršinio vandenvietės gręžinio (Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos Šiaulių skyriaus duomenys, 2016-05-23)

Eil. Nr.	Vandens kokybės parametras	Vandens kokybės parametro reikšmė	Leidžiama iki (HN 24:2003)
1.	Drumstumas	0,55 DV	4 DV
2.	pH	7,56	6,5 – 9,5
3.	Amonio kiekis	0,97 mg/l	0,50 mg/l
4.	Spalva	22,4 mg/l Pt	30 mg/l Pt
5.	Geležies (bendrosios) kiekis	0,17 (170) mg/l (µg/l)	0,2 mg/l/(200 µg/l)
6.	Savitasis elektrinis laidis	892 µS/cm	2500 µS/cm
7.	Permanganato indeksas	4,5 ± 1,0 mg/l O ₂	5,0 mg/l O ₂

UAB „Baisiogalos energija“ URS planas pateiktas 2.1 paveiksle.

ASU Akvakultūros centro Žuvų auginimo laboratorijos URS apibūdinimas.

Vaivorykštinių upėtakių auginimo sąlygos buvo tirtos vienoje iš URS, esančių Aleksandro Stulginskio universiteto esančioje Žuvų auginimo laboratorijoje.

ASU Akvakultūros centro Žuvų veisimo ir Žuvų auginimo laboratorijose esančioms URS vanduo imamas iš centralizuoto vandentiekio. Vanduo čia patenka iš Eigulių vandenvietės, be kontakto su aplinka, vanduo šioje vandenvietėje nėra dezinfekuojamas chloru. Vandens kokybė yra tinkama šaltavandenių ir šiltavandenių žuvų auginimui, jame nėra ligų sukėlėjų ir parazitų. Būdingos vandens kokybės rodiklių reikšmės pateiktos 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Geriamojo vandens toksinės ir indikatorinės analitės pagal HN 24:2003 ir jų vertės (mažiausia ir didžiausia) Kauno miesto Eigulių vandenvietės tiekiamame vandenyje 2016 m. rugsėjo 30 d. (pagal UAB „Kauno vandenys“ duomenis)

Eil. Nr.	Analitės pavadinimas	Raiškos vienetas	Leidžiama vertė	Eigulių vandenvietė
1	Arsenas	µg/l	10	3,5
2	Chromas	µg/l	50	<0,2
3	Fluoridas	mg/l	1,5	0.21-0,22
4	Nitratas	mg/l	50	3,3-3,6
5	Nitritas	mg/l	0,5	<0,01-0,02
6	Švinas	µg/l	25	0
7	Varis	mg/l	2.0	0,024
8	Selenas	µg/l	10	<1,0
9	Gyvsidabris	µg/l	1	<0,1
10	Nikelis	µg/l	20	4,86
11	Kadmis	µg/l	5,0	<1,0
1	Vandenilio jonų konc.	pH vienetai	6,5-9,5	7,4-7,8
4	Spalva	mg/lPt	30	6
5	Drumstumas	DV pagal formaziną	4	0,3-0,6
6	Savitasis el. laidis	µScm-1	2500	598-629
7	Permanganato indeksas	mg/lO ₂	5	2,0

8	Amonis	mg/l	0,5	0,04-0,05
9	Sulfatas	mg/l	250	25
10	Chloridas	mg/l	250	32-36
11	Bendroji geležis	µg/l	200	<10-13
12	Manganas	µg/l	50	25-42
13	Bendrasis kietumas	mmol/l	nenormuojama	2,5-3,3

Žuvys auginamos įvairaus dydžio ir formos rezervuaruose (baseinuose). URS papildymui kasdiena naudojama 2- 5% viso vandens kiekio.

Didžiausiose sistemose ištekėjimui iš baseinų sumontuoti vamzdžiai, sujungti į magistralinį vamzdyną, kuriuo vanduo iš baseinų savitaka patenka į mechaninį filtrą. Baseinuose vanduo pasikeičia ne rečiau kaip kartą per valandą. Tyrimams naudotoje URS bendra baseinų talpa - 11 m³, o siurblių našumas - 25 m³/h.

Prieš patenkant į baseinus vanduo aeruojamas, o jei būtų poreikis - deguonies kiekiui palaikyti įrengtas 400 l/min našumo deguonies įsodrinimo įrenginys (kūginis oksigeneratorius). Vanduo savitaka iš žuvų auginimo baseinų teka į mechaninį būgninį filtrą, kuriame sulaikomos nesuvartoto maisto atliekos, žuvų išmatos ir kitos stambesnės atliekos. Iš mechaninio filtro vanduo siurbliais tiekiamas į biofiltrą bei bioreaktorių (vanduo prateka ir pro dezinfekavimui naudojamas UV lempas). Išvalytas vanduo patenka į lašelinį filtrą, kuriame pašalinamas amonis, nitratai, anglies dvideginis, o lašėdamas vanduo dar ir prisisotina deguonimi. Reikalui esant vanduo gali būti praleidžiamas pro vandens šildytuvą-šaldytuvą.

ASU Akvakultūros centro Žuvų veisimo ir žuvų auginimo laboratorijoje esančių URS planai pateikti 2.2 ir 2.3 paveiksluose.

Vaivorykštinių upėtakių mailius buvo suleistas į dvi atskiras sistemas (po 800 vnt. mailiaus). Pirmoji sistema sudaryta iš dviejų plastikinių latako formos baseinų, mechaninio ir biologinio filtrų, siurblio, UV įrenginio, deguonies tiekimo ir dujų šalinimo įrenginio, siurblių. Baseinų matmenys 2,47×0,5×0,4 m, vandens tūris apie 750 l (0,75 m³). Mailius pradėtas auginti šioje laboratorijoje.

Kita sistema sudaryta iš trijų plastikinių 1000 l talpos (1 m³) talpos baseinų, mechaninio filtro, biologinio filtro, vandens temperatūros reguliavimo įrenginio, UV įrenginio, deguonies tiekimo ir dujų šalinimo įrenginio, siurblių. Vanduo baseinuose apsieičia ne rečiau kaip 1 kartą per valandą. Plastikinių baseinų matmenys 1,25×1,25×0,7 m. Abiejose sistemose vandens debitas vienodas, t.y. po 2,8 m³/h.

Atvežto mailiaus svoris buvo 0,6 - 2 gr. Paauginti iki 10 ir daugiau gramų upėtakių jaunikliai perkelti į žuvų auginimo recirkuliacinę sistemą. Ši sistema susideda iš 11 1 m³ talpos baseinų, mechaninio, biologinių vandens valymo ir lašelinio filtrų, sėsdintuvo, UV nukenksminimo, siurblių (našumas - 25 m³/h), kūginio oksigeneratoriaus, vandens temperatūros reguliavimo įrenginio. Vandens debitas vienodas, t.y. 2,8 m³/h.

Žuvų augimo efektyvumo tyrimų rezultatai gauti atliekant mailiaus ir jauniklių svėrimą, ir apskaičiuojant pagal toliau pateiktas lygtis:

Prieauglis (W) = vidutinis svoris tyrimo pabaigoje (W_g) – vidutinis svoris tyrimo pradžioje (W_p).

Specifinis augimo koeficientas (SAK): $100 \cdot [(\ln W_g \text{ (galinis svoris (g))} - \ln W_p \text{ (pradinis svoris) (g)})/t]$

Pašarinis koeficientas (PK): suvartotas maistas (M) /priaugtas svoris (W) = 20941/23124 = 0,9.

Upėtakiai buvo šeriami Aller Futura pašarais, šamai – Aller Primo Float. Pašarų sudėtis pateikta 2.3 ir 2.4 lentelėse.

2.3 lentelė. Upėtakių šerimui naudojamų pašarų sudėtis.

Eil. Nr.	Sudėtis	Aller Futura MPEX, 0,2 mm	Aller Futura MPEX, 0,4 mm	Aller Futura MPEX, 0,7 mm	Aller Silver, 2 mm	Aller Bronze, 3 mm	Aller Silver, 4,5 mm
		Mailiui		Jaunikliams		Suaugusiems	
1.	Proteinai	63%	63%	63%	45%	45%	43%
2.	Riebalai	14,5%	14,5%	14,5%	20%	20%	22%
3.	Angliavandeniai	2,7%	2,7%	2,7%	19%	18%	18%
4.	Skaidulos	0,8%	0,8%	0,8%	2,0%	2,0%	2,0%
5.	Pelenai	13%	13%	13%	6,0%	7,0%	7,0%
6.	P _b	1,8%	1,8%	1,8%	1,0%	1,0%	1,0%
7.	Na _b	0,5%	0,5%	0,5%	0,25%	0,2%	0,2%
8.	Ca _b	1,8%	1,8%	1,8%	1,0%	0,8%	0,8%

2.4 lentele. Šamų auginimui naudojamų pašarų sudėtis

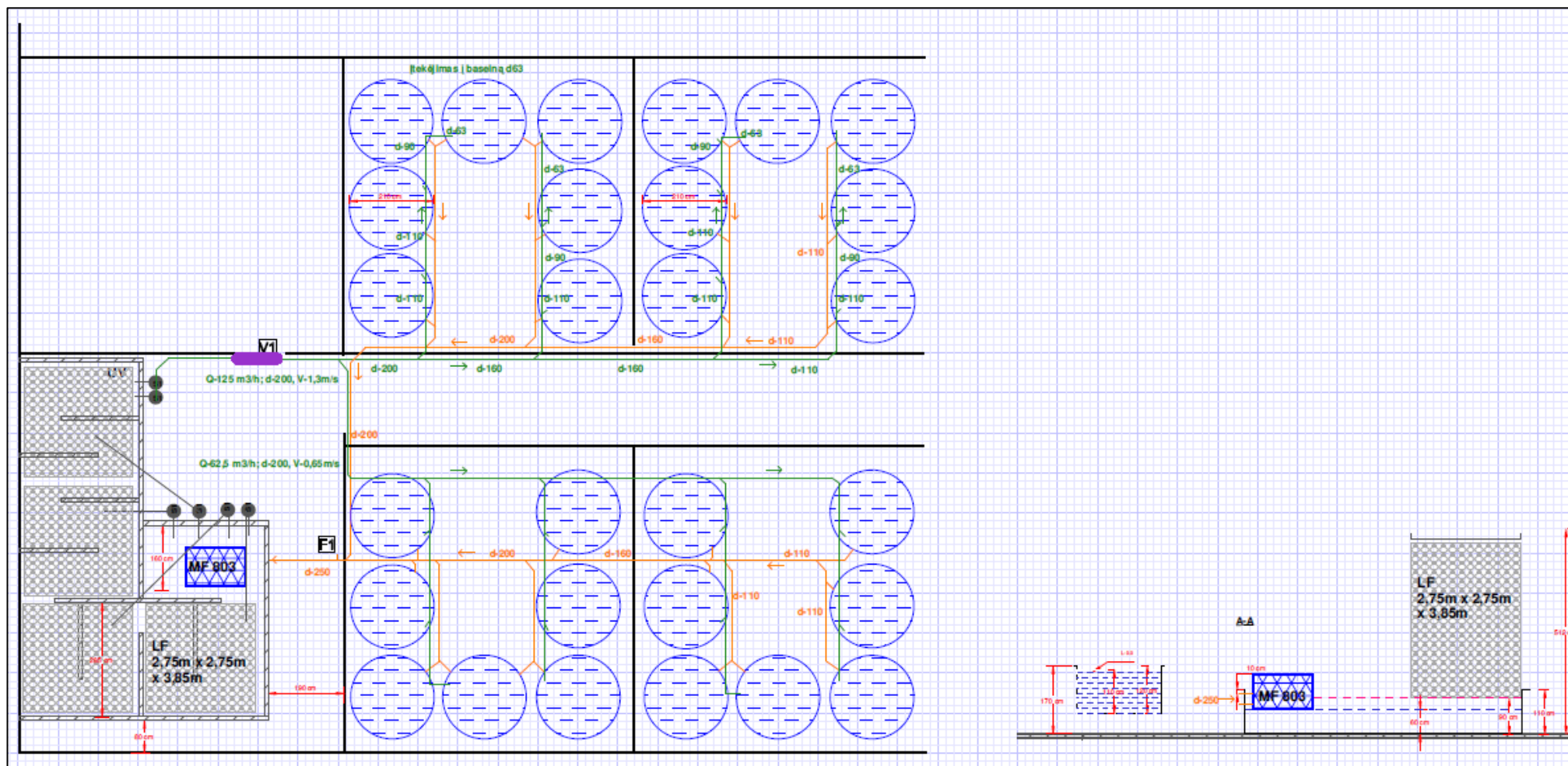
Eil. Nr.	Sudėtis	Aller Primo Float, 4,5 mm	Aller Bona Float, 4,5 mm
1.	Proteinai	37%	42%
2.	Riebalai	12%	12%
3.	Angliavandeniai	36,2%	29,9%
4.	Skaidulos	2,8%	2,4%
5.	Pelenai	7,0%	5,7%
6.	P _b	1,1%	0,9%
7.	Na _b	0,2%	0,2%
8.	Ca _b	1,0%	0,7%

MTTV projekto įgyvendinimo metu vandens mėginiai buvo imami iš toliausiai nuo biofilto esančio žuvų auginimo baseino, iš nuotekų vamzdžio, prieš biofiltrą ir už biofiltrą.

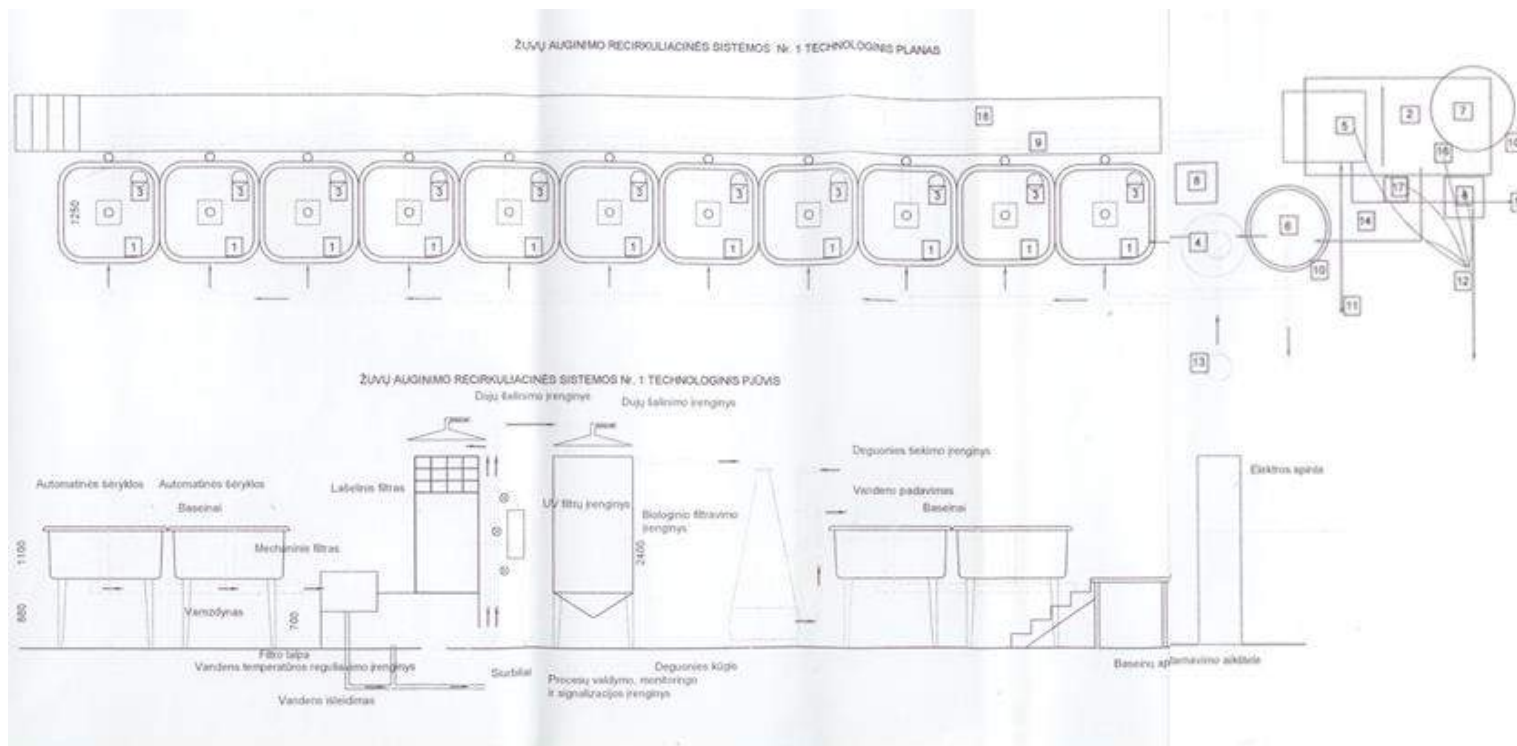
Vandens kokybės rodiklių (ištirpusio deguonies koncentracijos, temperatūros, pH ir kt.) tyrimai periodiškai buvo atliekami naudojant daugiaparametrinį matuoklį HANNA HI9829.

Vandens kokybės rodiklių kontroliniai tyrimai atlikti AB „Kauno vandenys“ analitinių tyrimų laboratorijoje. Žuvų auginimo metu susidarančių nuotekų bei atliekų kokybės rodiklių tyrimai atlikti LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje bei AB „Kauno vandenys“ analitinių tyrimų laboratorijoje.

Vaivorykštinių upėtakių mailiaus auginimo metu URS vandens kokybės tyrimų rezultatai gauti su programa STATISTICA 10.



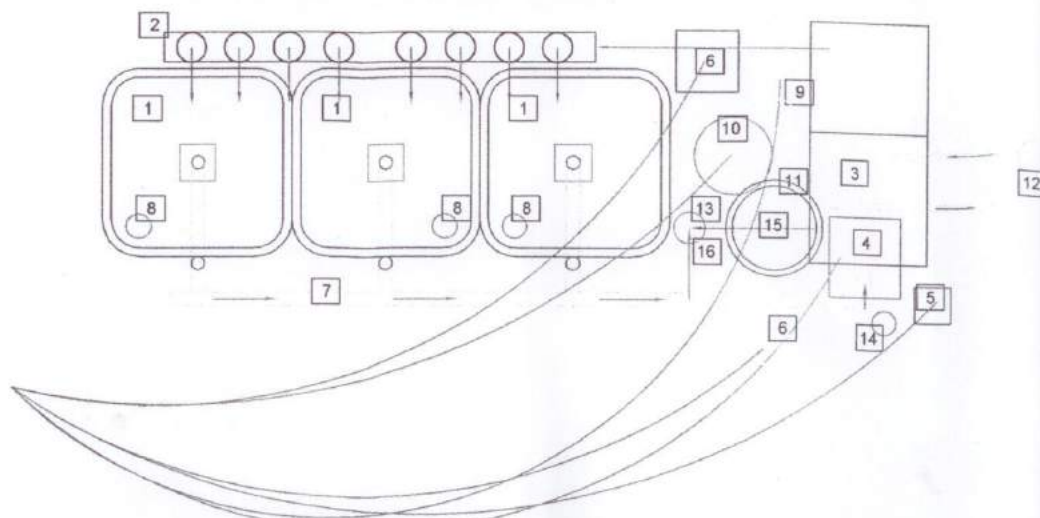
2.1 pav. UAB „Baisogalos energija“ uždarnos recirkuliacinės šamų auginimo sistemos schema



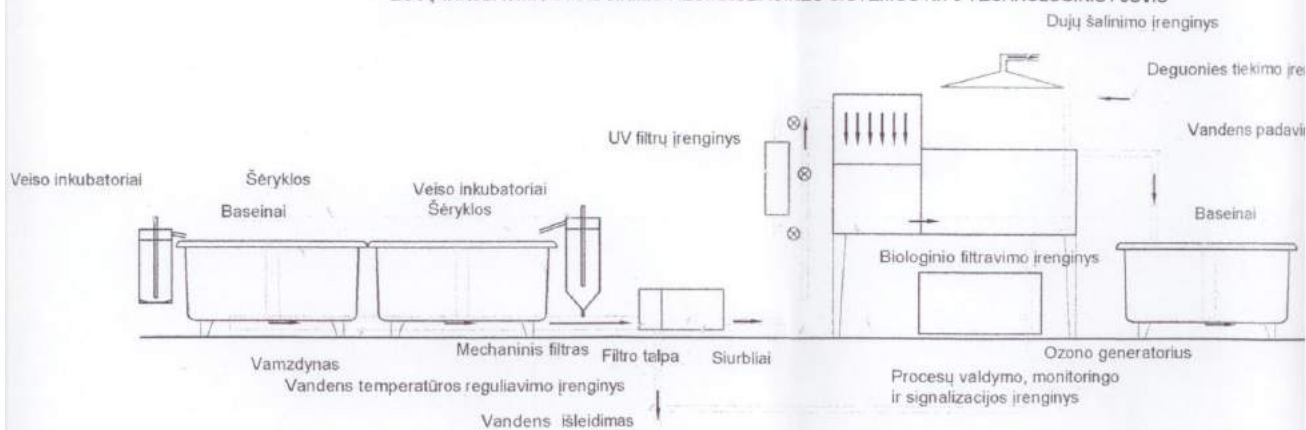
Žuvų auginimo recirkuliacinė sistema Nr. 1 (1 komplektas)	
Nr.	Pavadinimas
1	Basenai (1,26x1,25x0,7m; V=1900l), 11 kompl.
2	Filtru talpa (3x1,5x0,8m), 1 kompl.
3	Automatinės šėryklės, 11 kompl.
4	Deguonies kugle, 1 kompl.
5	Mechaninis filtras (3700W), 1 kompl.
6	Biologinis filtravimo įrenginys, 1 kompl.
7	Lėtėlinis filtras, 1 kompl.
8	UV filtru įrenginys (7500W), 1 kompl.
9	Vamzdžiai, 1 kompl.
10	Dujų šalinimo įrenginys (3700W), 2 kompl.
11	Vandens padalinimas, 1 kompl.
12	Elektrinis spinta, 1 kompl.
13	Deguonies tekimo įrenginys, 1 kompl.
14	Procesų valdymo, monitoringo ir signalizacijos įrenginys, 1 kompl.
15	Vandens šildymas, 1 kompl.
16	Surlėlai (350W, 25000l/h), 5 kompl.
17	Vandens temperatūros reguliavimo įrenginys (640W), 1 kompl.
18	Basenų aptarnavimo aikštelė, 1 kompl.

2.2 pav. Asu žuvų auginimo recirkuliacinės sistema

ŽUVŲ INKUBAVIMO-PAAUGINIMO RECIRKULIACINĖS SISTEMOS Nr. 3 TECHNOLOGINIS PLANAS



ŽUVŲ INKUBAVIMO-PAAUGINIMO RECIRKULIACINĖS SISTEMOS Nr. 3 TECHNOLOGINIS PJŪVIS

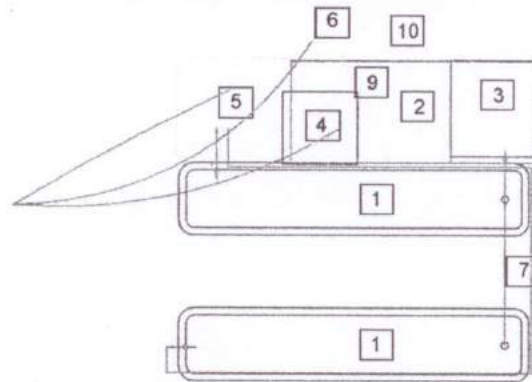


ŽUVŲ INKUBAVIMO-PAAUGINIMO RECIRKULIACINĖ SISTEMA Nr. 3	
Nr.	Pavadinimas
1	Baseinai (1,25x1,25x0,7m; V=1000l), 3 kompl.
2	Veiso inkubatoriai, 8 kompl.
3	Filtro talpa, 1 kompl.
4	Mechaninis filtras, 1 kompl.
5	Vandens temperatūros reguliavimo įrenginys (440W), 1 kompl.
6	UV filtrų įrenginys (11W), 1 kompl.
7	Vamzdynas, 1 kompl.
8	Šėryklos, 3 kompl.
9	Siurbliai (50W; 6500l/h), 3 kompl.
10	Ozono generatorius (15W), 1 kompl.
11	Dujų šalinimo įrenginys (150W), 1 kompl.
12	Deguonies tiekimo įrenginys, 1 kompl.
13	Vandens išleidimas, 1 kompl.
14	Vandens padavimas, 1 kompl.
15	Biologinio filtravimo įrenginys, 1 kompl.
16	Procesų valdymo, monitoringo ir signalizacijos įrenginys, 1 kompl.

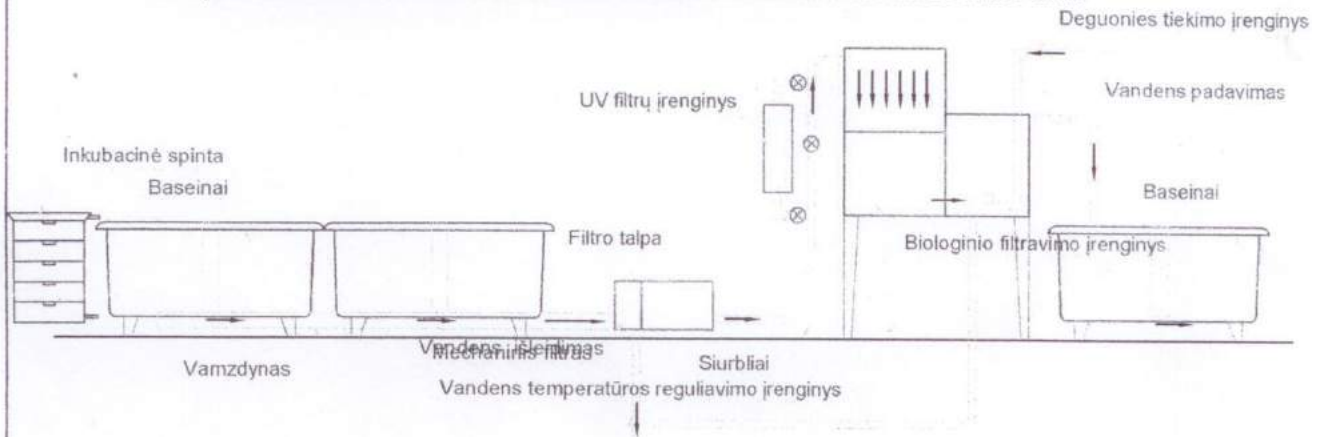
Formatas	Mastelis	Etap
A3	M1:50	TF

2.3 pav. ASU žuvų inkubavimo –paauginimo recirkuliacinė sistema

ŽUVŲ INKUBAVIMO-PAAUGINIMO RECIRKULIACINĖS SISTEMOS Nr. 4 TECHNOLOGINIS PLANAS



ŽUVŲ INKUBAVIMO-PAAUGINIMO RECIRKULIACINĖS SISTEMOS Nr. 4 TECHNOLOGINIS PJŪVIS



ŽUVŲ INKUBAVIMO-PAAUGINIMO RECIRKULIACINĖ SISTEMA Nr. 4	
Nr.	Pavadinimas
1	Baseinai (2,47x0,5x0,4m; V=450l), 2 kompl.
2	Biologinio filtravimo įrenginys, 1 kompl.
3	Mechaninis filtras, 1 kompl.
4	UV filtrų įrenginys (11W), 1 kompl.
5	Inkubacinė spinta, 1 kompl.
6	Siurbliai (50W; 6500l/h), 2 kompl.
7	Vamzdynas, 1 kompl.
8	Vandens temperatūros reguliavimo įrenginys (440W), 1 kompl.
9	Filtro talpa, 1 kompl.
10	Deguonies tiekimo įrenginys, 1 kompl.

2.4 pav. ASU žuvų inkubavimo-paauginimo recirkuliacinės sistema

3. VANDENS RUOŠIMO TECHNOLOGINĖS SCHEMOS UŽDAROMS RECIRKULIACINĖMS SISTEMOMS

3.1 Technologinės tiekiamo vandens schemos iš skirtingų vandens šaltinių

URS galima tiekti vandenį iš dviejų šaltinių: požeminių ir paviršinių. Pagal pagrindinius vandens kokybės parametrus, abu šaltiniai gali būti tinkami auginti žuvis URS. Naudojant požeminį vandenį būtina atlikti bakteriologinius tyrimus. Paviršiniai vandenys gali būti labiau užteršti ir užkrėsti virusais, grybeliu, įvairiais žuvų parazitais, todėl URS būtini dezinfekavimo įrenginiai. Detalios vandens ruošimo ir valymo schemos turėtų būti parenkamos išanalizavus fizinius-cheminius vandens kokybės parametrus.

3.1.1 Požeminis vanduo

Požeminiame vandenyje dažniausiai pasitaiko geležies ir mangano junginių, kuriuos reikia pašalinti. Šalinant šiuos elementus taikomas vandens aeravimas, o prieš tiekiant vandenį į rezervuarus reikia papildyti deguonies kiekį oksigeneratoriais. Požeminio vandens kokybė mažai kinta metų ir sezonų bėgyje, bet yra žemos temperatūros. Todėl jis negali būti tiesiogiai naudojamas didelėse URS auginant šiltavandenes žuvis ar daugelio žuvų jauniklius - reikalingas vandens pašildymas.

Technologinė vandens tiekimo schema, imant vandenį iš požeminių vandens šaltinių



3.1.2 Paviršinis vanduo

Paviršinio vandens kokybė svyruoja tiek metų tiek sezonų bėgyje ir šio vandens kokybės parametrai skiriasi nuo požeminio vandens kokybės parametrų. Paviršinio vandens temperatūra skiriasi priklausomai nuo metų laiko. Problemų gali kelti paviršiniame vandenyje esančios organinės ir neorganinės medžiagos, kurias reikia pašalinti. Tiekiant vandenį URS kyla pavojus užkrėsti vandenį patogeniniais elementais, kurie, auginant žuvis tankiai, greitai dauginasi ir sąlygoja žuvis netektį. Todėl reikia paviršinį vandenį dezinfekuoti (UV arba ozonu). Kita problema susijusi su paviršinio

vandens naudojimu URS - aukštas deguonies kiekio svyravimas dienos bėgyje, ypač vasarą ir ankstyvą rudenį. Dienos metu paviršinio vandens šaltinyje gali įvykti vandens persotinimas deguonimi (fotosintezė), o naktį - deguonies deficitas (augalų kvėpavimas ir fitoplanktono kvėpavimas).

Technologinė tiekiamo vandens iš paviršinių vandens šaltinių schema



3.2 Reikalavimai vandens kokybei URS

Tinkama vandens kokybė užtikrina efektyvų sistemoje laikomų organizmų augimą ir sumažina streso bei ligų tikimybę. URS, siekiant užtikrinti auginamoms žuvims optimalias sąlygas, turi būti kontroliuojama ir palaikoma daugybė fizinių ir cheminių vandens parametrų: ištirpusio deguonies koncentracija, amoniako, nitritų, nitratų ir anglies dioksido kiekiai, BDS, šarmingumas, pH ir kt.

3.2.1 Deguonies koncentracija

Pirmasis produkciją ribojantis veiksnys bet kurioje akvakultūros sistemoje – tai ištirpusio vandenyje deguonies kiekis (deguonies koncentracija, matuojama mg/l arba procentais nuo soties reikšmės). Ištirpusio deguonies kiekis turi būti nuolatos stebimas, ypač intensyviose auginimo sistemose.

Priklausomai nuo rūšies, pagal Pillay and Kutty (2005), optimaliam žuvies augimui reikia mažiausiai nuo 5,0 mg/l (šiltavandenėms žuvims) iki 7,0 mg/l (šaltavandenėms žuvims) ištirpusio deguonies kiekio koncentracijos. Lašišinėms žuvims optimalus vandens prisotinimas deguonimi turi būti mažiausiai tarp 70-80% (ne mažiau kaip 6.0 mg/l ir ne daugiau 9.0 mg/l) - deguonies prisotinimas žemiau šio lygio sulėtina žuvų augimą, o esant didesniai prisotinimui (120-140%) gali sukelti žuvims stresą, sumažinti jų atsparumą ligoms bei žuvys gali žūti (Aquafarmer 2004).

Kai vandens prisotinimas deguonimi pasiekia 75%, daugeliui žuvų rūšių tai jau yra ribinis deguonies kiekis. Bet ši riba yra skirtinga skirtingoms žuvų rūšims, taip pat priklauso nuo jų amžiaus,

vandens temperatūros, žuvų įmitimo laipsnio ir kitų veiksnių. Neužtikrinus reikiamos deguonies koncentracijos, sumažėja žuvų apetitas, augimas ir sumažėja atsparumas ligoms. Jei deguonies kiekis nukrenta žemiau 40% ir laikosi tokia koncentracija ilgesnį laiką, galima tikėtis didelių žuvų nuostolių. Požymiai rodantys, kad sumažėjo deguonies kiekis - žuvis plaukia desperatiškai prie vandens paviršiaus, gaudo orą ar būriuojasi prie vandens įtekėjimo, kur deguonies kiekis yra aukštesnis.

Praktiniu požiūriu akvakultūroje pagrindinis veiksnys, nulemiantis deguonies tirpumą vandenyje, yra temperatūra. Kylant vandens temperatūrai, deguonies tirpumas jame mažėja, o vandens organizmų metabolinis aktyvumas, tuo pačiu ir deguonies poreikis, didėja.

Erškėtinėms žuvis optimalus vandens prisotinimas deguonimi yra 70-85%. 3.1 lentelėje pateikti apskaičiuoti hibridinių erškėtinių žuvų suvartojimo deguonies kiekiai. Didesnis deguonies kiekio suvartojimas po šėrimo yra susijęs su padidėjusia žuvų judėjimo veikla maitinantis ir maisto virškinimu. Atsižvelgiant į žuvies suvartojimo deguonies pokyčius per parą, galima užtikinti papildomą deguonies tiekimą, kai deguonies suvartojimas intensyvesnis, tokiu būdu optimizuojant auginimo procesą.

3.1 lentelė. **Sterlės ir didžiojo eršketo hibrido deguonies suvartojimas**

Žuvies amžius	Vidutinė masė, g	Bendra masė baseinui, kg	O ₂ kiekis baseine, g/l	O ₂ suvartojimas, kg/g masės/val.	
				iki šėrimo	po šėrimo
Mailius	94.8	3.03	6.4 - 7.1	284	341.8
Dvimečiai	1774.2	85.161	5.8 - 7.8	53.3	76.09

Lašišinės žuvis yra jautresnės deguonies trūkumui ir laikoma, kad jos sugeba pasisavinti ištirpusį vandenyje deguonį, kai jo santykinė koncentracija ne mažesnė kaip 60% soties reikšmės (Goryczko, 1999). Šiltame vandenyje gyvenančios žuvis atsparesnės deguonies trūkumui – joms žemutinė riba svyruoja nuo 30% iki 50% soties reikšmės (Ulikowski, 2004) (3.2 lentelė).

3.2 lentelė. **Deguonies kiekis reikalingas lašišoms**

Prisotinimas deguonimi	Įtaka žuvis
85%	Nėra neigiamo poveikio
75%	Sumažėja apetitas
60%	Sumažėja apetitas, galimos mirtys
40%	Nesimaitina, didelis mirtingumas
30%	Masinis mirtingumas

URS deguonį naudoja ne tik auginami organizmai, bet jo poreikį didina išskiriama sistemoje organinė tarša ir biogenų (azoto) oksidavimui biofiltruose suvartojamas deguonis (Parker, 2000).

Pagrindiniai deguonies suvartojimą lemiantys faktoriai yra šie:

- Žuvies dydis: deguonies suvartojimas yra tuo mažesnis, kuo didesnė yra žuvis. Tarkim, viena penkiasdešimties gramų svorio žuvis sunaudoja 150 miligramų deguonies per valandą, o viena vieno kilogramo svorio žuvis sunaudoja 56 deguonies miligramus per valandą.

- Temperatūra: deguonies suvartojimas didėja kylant temperatūrai. Taip pat kylant temperatūrai mažėja deguonies tirpumas.
- Augimo tempas: kartu su didėjančiu augimo tempu, didėja ir deguonies suvartojimas.
- Plaukimo greitis: kuo labiau didėja plaukimo greitis, tuo labiau didėja deguonies suvartojimas.
- Stresas: bet kokia streso rūšis, tarkim skirstymas pagal dydį arba prausimas nuo ligų, verčia žuvį suvartoti daugiau deguonies.

Timmons *et al.* (2002) teigia, kad deguonies ir suvartojamo maisto masės vieneto santykis yra apie 0,25:1. Kiti autoriai šį santykį laišinėms žuvisms nurodo 0.46-0.50:1 (Forsberg 1997).

3.2.2 Temperatūra

Temperatūros reguliavimas URS suteikia šiai technologijai didelį pranašumą. Reguluojant temperatūrą galima pagreitinti įvairių auginamų žuvų vystymąsi ir išvengti gamybos sezoniškumo. Temperatūra taip pat turi įtakos deguonies, azoto ir amoniako tirpumui vandenyje. Vandens temperatūra įtakoja žuvų metabolizmą ir biocheminius procesus. Nei vienas kitas fizinis rodiklis neįtakoja žuvies vystymosi ir augimo greičio kaip vandens temperatūra.

Akvakultūrų ūkiai pagal šį rodiklį santykinai skirstomi į dvi stambias kategorijas – šaltavandenius ir šiltavandenius. Šaltavandeniuose ūkiuose auginamos jautrios deguonies trūkumui laišinės ir sykinės žuvis, šiltavandeniuose ūkiuose – karpinės žuvis, šamai, tilapijos (Fitzsimmons, 2003; Asano *et al.*, 2003).

Kiekviena žuvų rūšis turi savo temperatūros toleravimo ribas. Šiose ribose yra optimali augimo ir veisimosi temperatūra, kuri gali kisti žuviai augant. Padidėjus vandens temperatūrai 10⁰C, metabolizmo greitis padidėja dvigubai, o tai susiję su didesniu maisto vartojimu ir greitesniu augimu, bet tuo pačiu padidėja ir biologinis deguonies suvartojimas.

Nuo temperatūros priklauso ištirpusio deguonies kiekis vandenyje – deguonies kiekis mažėja temperatūrai didėjant. Taip pat sūresniame vandenyje bus mažiau deguonies.

3.2.3 Amoniakas

Kitas ribojantis veiksnys intensyviose URS – tai susikaupusio vandenyje amoniako toksinis poveikis. Amoniakas – labai tirpus vandenyje junginys. Vandenyje jis disocijuoja, virsdamas amoniu: $NH_3 \leftrightarrow NH_4^+$. Amonio jonų kiekis priklauso nuo vandens temperatūros ir pH.

Amoniakas mažais kiekiais randamas natūraliuose vandens šaltiniuose. Žuvų auginimo tempams didėjant, jo koncentracija gali pasiekti kenksmingą lygį. Amoniakas yra vandens gyvūnų šalutinis medžiagų apykaitos produktas. Vandenyje, priklausomai nuo pH lygių, amoniakas randamas

arba jonizuotoje (NH_4^+) arba nejonizuotoje (NH_3) būklėje. Šių abiejų medžiagų kiekių suma yra bendras amonio azotas (TAN). Santykinė amoniako koncentracija priklauso nuo vandens pH, druskingumo ir temperatūros (Pillay and Kutty 2005). Žuvų išskiriamas TAN priklauso nuo auginamos žuvų rūšies. Pagal (Timmons *et al.* 2002), suvartojusi 1.0 mg/l deguonies per minutę, žuvis gali pagaminti 0.14 mg TAN, o lašišinėms žuvims suvartojus 1,0 mg/l deguonies pagamina 0,04-0,06 mg/l TAN (Aquafarmer 2004).

$\text{NH}_3\text{-N}$ yra toksiškiausia amoniako forma, todėl TAN toksiškumas yra priklausomas nuo NH_3 procento TAN koncentracijoje. $\text{NH}_3\text{-N}$ proporcijos padidėja padidėjus pH ir nukritus temperatūrai bei sumažėjus druskingumui (Timmons *et al.* 2002). Fivelstad *et al.* (1995) nustatė, kad tam tikro dydžio druskingumas sumažina amoniako toksiškumą Atlanto lašišų smoltams. Amoniako koncentracijos lygis nėra problema paprastose pratekančiose sistemose, bet tai tampa problema URS, kuriose amoniako šalinimui iš sistemos naudojami biofiltrai. Esant per didelei $\text{NH}_3\text{-N}$ koncentracijai, žuvys gali žūti (3.3 lentelė). Jei auginant lašišines žuvis ilgą laiką laikoma $\text{NH}_3\text{-N}$ koncentracija tarp 0.05 to 0.2 mg/l, sumažėja žuvų augimo tempas, vaisingumas ir atsparumas ligoms ir tai gali būti mirties priežastimi. Optimali $\text{NH}_3\text{-N}$ koncentracija lašišinėms žuvims vandenyje turi būti nuo 0.012 iki 0.03 mg/l (Summerfelt *et al.* 2004).

Padidėjus pH vos vienu vienetu, pvz. nuo 6.5 iki 7.5, nuodingo nejonizuoto amoniako koncentracija padidėja 10 kartų.

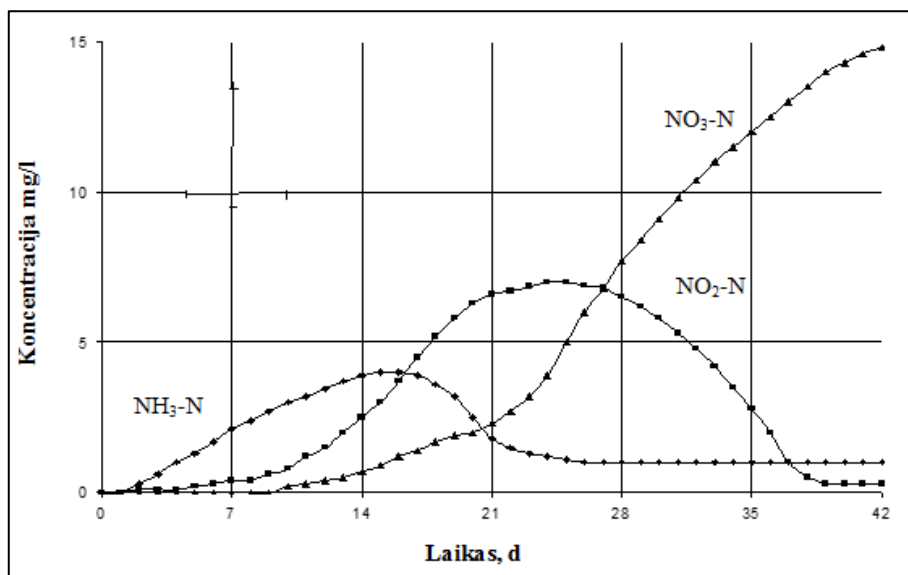
Nejonizuoto amoniako didesni kiekiai aptinkami esant aukštam pH ir šiltesnės temperatūros vandenyje. Paprastai šiltavandenės žuvis yra labiau tolerantiškos amoniako toksiškumui negu šaltavandenės; taip pat gėlo vandens žuvis tolerantiškesnės nei sūraus, todėl paprastai $\text{NH}_3\text{-N}$ koncentracijos turi būti laikomos žemiau 0.05 mg/l ir TAN koncentracija žemiau 1.0 mg/l (Timmons *et al.* 2002).

3.3 lentelė. Mirtinas $\text{NH}_3\text{-N}$ kiekis kai kurioms URS auginamoms žuvims

Žuvies pavadinimas	$\text{NH}_3\text{-N}$ kiekis mg/l	Šaltinis
Vaivorykštinis upėtakis	0,32	Timmons <i>et al.</i> 2002
Arktinis šalvis	0,03	Aquafarmer 2004
Karpis	2,20	Summerfelt <i>et al.</i> 2004
Šamas	3,10	Summerfelt <i>et al.</i> 2004

3.2.4 Nitritai

Biofiltro įkrovoje yra aktyvių bakterijų, kurios gali žūti ar jų veikla gali būti nuslopinta dėl jų natūralaus amžiaus, chemikalų toksiškumo (naudojamų ligų gydymui), deguonies trūkumo, žemo pH ir kitų faktorių. Kad biofiltras pradėtų tinkamai veikti, reikia kad praeitų 2 – 4 savaitės po bakterijų „apgyvendinimo“ biofiltre (3.1 paveikslas).



3.1 pav. Biofiltro veikimo pradžios grafikas (Timmons *et al.* 2002)

Nitritai ir nitratai yra amoniako oksidacijos produktai, susidarantys nitrifikavimo bakterijoms skaidant amoniaką biologiniame filtre, bet šios medžiagos aptinkamos ir žuvų auginimo baseinų vandenyje (Hagopian and Riley 1998). Pagal Summerfelt ir Sharrer (2004) biofiltre yra ir nitrifikuojančių bakterijų ir heterotrofinių mikroorganizmų, kurie skaido TAN ir organinę medžiagą, praleidžiamą pro biofiltrą. Biofiltro mikroorganizmų veiklos dėka sumažėja TAN, biodegradavimo organika, ištirpusio deguonies kiekis, šarmingumas ir pH, bei padidėja oksiduojamų organinių produktų, taip kaip, NO₂-N, NO₃-N, ir CO₂. Pagal ryšius tarp substrato ir produktų, pagamintų nitrifikacijos proceso metu, nitrifikavimo bakterijos suvartoja 4.6 mg/l deguonies ir pagamina 5.9 mg/l CO₂ kiekvienam suvartotam 1.0 mg/l TAN ir pagamina 1.38 mg/l CO₂ kiekvienam 1.0 mg/l suvartojamo deguonies. Šios reikšmės turėtų būti naudojamos, kartu vertinant nitrifikavimo bakterijų ir heterotrofinių organizmų kvėpavimui suvartotą deguonies kiekį.

Tarpinis amoniako oksidavimo produktas – nitritai (NO₂) yra kenksmingi vandens organizmams esant santykinai mažoms koncentracijoms – daugiau kaip 2,0 mg/l (Sandu, 2000). Mirtina koncentracija vaivorykštiniam upėtakiui (*Oncorhynchus mykiss*) po 24 valandų išlaikymo nurodoma 1,8 mg NO₂-N/l (Hagopian and Riley, 1998).

Jeigu žuvis recirkuliacinėse sistemose gaudo orą, nors deguonies koncentracija yra gera, to priežastimi gali būti aukšta nitrito koncentracija.

Nitritai yra tarpinis nitrifikacijos proceso produktas ir toksiškas žuvis, nes turi neigiamos įtakos kraujo hemoglobino galimybei įsisavinti deguonį, oksiduoti geležį hemoglobino molekulėje iš geležies į trivalentę geležį. Hemoglobinas tampa methemoglobinu, kraujas tampa rudos spalvos ir tai vadinama rudos spalvos liga “brown colour disease” (Timmons *et al.* 2002). Nitritų kiekis, patenkantis į kraują priklauso nuo nitritų ir chloridų santykio vandenyje - padidėjęs chloridų kiekis

sumažina nitritų absorbcijos kiekį. Šamų, tilapijų ir vaivorykštinio upėtakio auginimo tvenkiniuose rekomenduojamas chloridų ir nitritų santykis mažiausiai 20:1 (Timmons *et al.* 2002, Pillay and Kutty 2005), nitritų kiekis akvakultūros sistemos turi būti mažiau kaip 1.0 mg NO₂-N/l (Pillay and Kutty 2005).

3.2.5 Nitratai

Galutinis oksidavimo produktas – nitratai (NO₃). Mažos jų koncentracijos yra santykinai netoksiškos. Nors pateikti įvairių autorių duomenys apie nitratų toksinį poveikį vandens organizmams skiriasi. Didelis kiekis (apie 100 mg/L) gali turėti neigiamą poveikį augimui ir maisto perdirbimui.

Camargo *et al.* (2005) cituojami tyrimai parodė, kad katžuvės (*Ictalurus punctatus*) išbuvusios vandenyje 164 dienas esant NO₃-N koncentracijai 90 mg/l, buvo sveikos ir tik NO₃-N koncentracijai pasiekus 1355 mg/l rodiklis po 96 val. esant 22⁰C temperatūrai gautas neigiamas. Panašus šis rodiklis – 1310 mg/l NO₃-N gautas ir lašišinėms žuvims. Mirtina koncentracija šamams nurodoma 6200 mg NO₃-N/l (Hagopian and Riley, 1998).

Paprastai leistinai nitratų koncentracijai palaikyti URS pakanka reguliariai nedidelę dalį sistemos vandens pakeisti šviežiu vandeniu.

3.2.6 Netirpios dalelės (skendinčios medžiagos)

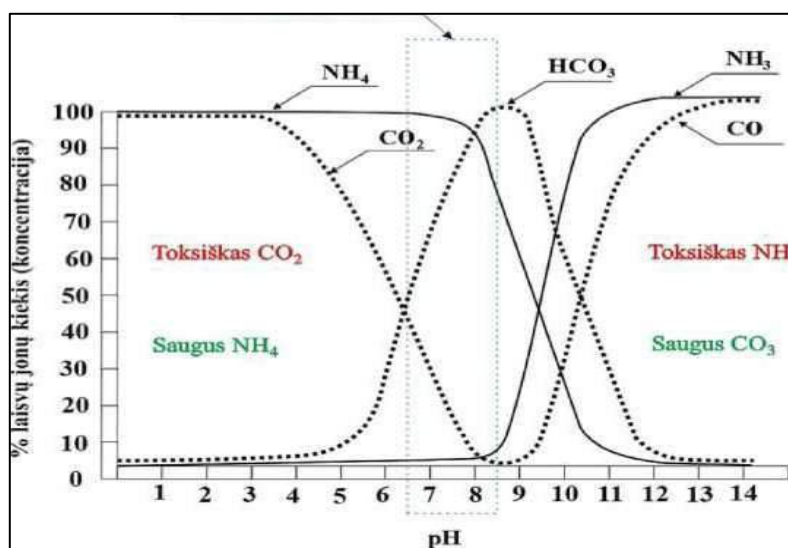
Nesuvartotas maistas, maisto dalelės, žuvų fekalijos, dumbliai ir mikrobiologinių ląstelių liekanos yra nešmenų susidarymo URS šaltinis (Chen *et al.* 1993). Vienas kg žuvims sušerto pašaro išskiria 0,43 kg skendinčių medžiagų dalelių, dar apie 9% pašarų kiekio skendinčių dalelių susidaro dėl heterotrofinių mikroorganizmų veiklos ir apie 0,09% dėl nitrifikuojančių bakterijų veiklos. Taigi iš viso iki 52% žuvims sušerto pašaro virsta skendinčiomis dalelėmis (Summerfelt *et al.*, 2001), kurias mineralizuojant suvartojamas deguonis. Intensyviose URS, kur yra ribotas vandens atnaujinimas ir nepakankamas mechaninis recirkuliuojamo vandens filtravimas, vandenyje gali kauptis netirpios dalelės, kurios uždaroje sistemoje išskiria organinę taršą. Ši problema yra labai aktuali URS, nes jose 67% skendinčių dalelių yra nuo 1,5 iki 30 μm, t.y. jos sunkiai arba beveik visai nepašalinamos nusodinimo procese (Timmons and Ebeling, 2004). Komercinėse URS mechaninio filtravimo metu iš vandens pašalinama 70-90% skendinčių dalelių ir kartu su jomis apie 45-55% organinių medžiagų (BDS) (Eels..., 1991).

Nešmenų kontrolė yra vienas iš svarbiausių URS valdymo procesų, kadangi nešmenų skaidymas gali užteršti vandenį ir taip tiesiogiai ar netiesiogiai įtakoti žuvies sveikatą ir kitų URS įrenginių ir procesų našumą. (Chen *et al.* 1993). SM gali būti patogenų, jose gali greitai augti bakterijos. Taip pat SM yra susiję su aplinkos sukeltomis ligų problemomis, ir turi netiesioginę įtaką mirtingumui: žuvų pelekų puvimas ir tiesioginis žiaunų pažeidimas (Noble and Summerfelt 1996). Skendintys ir skęstantys nešmenys gali įtakoti reprodukcinių elgesį, gonadų vystymąsi ir ikrų,

embrionų ir lervų išlikimo ribotumą (Pillay and Kutty 2005). Skendintys organiniai nešmenys URS gali sukelti stiprų deguonies naudojimą, nes bakterijos SM skaido į smulkesnes daleles ir sudaro amoniako, fosfato ir ištirpusių organinių medžiagų tirpalą (Cripps 1995). Mažos dalelės ir ištirpusios medžiagos žymiai sunkiau šalinamos iš sistemos nei neištirpusios (Chen *et al.* 1993). Šis skaidymo procesas padidina deguonies suvartojimą, taip blogindamas vandens kokybę URS ir išleidžiamose nuotekose. Kai kurie autoriai (Timmons *et al.* 2002 ir Pillay and Kutty, 2005) nustatė, kad akvakultūroje SM koncentracija turėtų būti mažiau nei 80 mg/l, lašišinėms žuvisms pagal Aquafarmer (2004) - apie 4.5 mg/l koncentracija kaip saugi ir koreguoti, jei koncentracija pasiekia 15 mg/l ribą.

3.2.7 Anglies dioksidas

Anglies dvideginis (CO_2) yra toksiškas žuvisms ir yra ribojantis faktorius intensyviose URS. Padidėjusi CO_2 koncentracija vandenyje gali apsunkinti deguonies patekimą žuvų į kraują (Sanni and Forsberg 1996). Paprastai žuvis išskiria CO_2 (metabolizmo produktas) per žiaunas kaip molekulinės CO_2 dujas, dujoms reaguojant su vandeniu, gaminama anglies rūgštis (H_2CO_3), bikarbonatai (HCO_3^-) ir karbonatai (CO_3^{2-}) bei priklauso nuo vandens pH reikšmės. pH, anglies dvideginio, bikarbonatų ir karbonatų tarpusavio priklausomybės pateiktos 3.2 paveiksle (Boyd 2000).



3.2 paveikslas. Skirtingų anglies dioksido formų priklausomybė nuo pH

Anglies dioksidas daugiau kaip 40 kartų geriau už deguonį tirpsta vandenyje. Padidėjusi jo koncentracija neigiamai veikia hemoglobino gebėjimą pernešti deguonį (Bohro efektas), padidina kraujo rūgštingumą (hiperkarnija) ir sukelia nefrokalcinozę (inkstų veiklos sutrikimą). Lašišinėms žuvisms neigiamas poveikis pasireiškia anglies dioksido koncentracijai pasiekus 20 mg/l, šiltavandenės žuvis mažiau jautrios šiam poveikiui. Be to, ištirpęs anglies dioksidas keičia vandens rūgščių – šarmų pusiausvyrą, t.y. pH rodiklį.

Realus neigiamas anglies dioksido poveikis pasireiškia tik intensyviose URS, kuriose vandens prisotinimui deguonimi naudojamas grynas deguonis. Aeruojamose sistemose arba sistemose su lašeliniais biofiltrais anglies dioksido perteklius efektyviai pašalinamas iš vandens (Summerfelt et al., 2000).

Timmons *et al.* (2002) siūlo tikėtinos CO₂ gamybos URS apskaičiavimui priimti, kad suvartojusi 1 mg/l deguonies per minutę žuvis gali pagaminti 1,3 mg CO₂, o projektuojant URS lašišinių žuvų auginimui, tikėtiną CO₂ kiekį reikia apskaičiuoti, priimant kad žuvims suvartojus 1,0 mg/l deguonies bus pagaminama 1,0 mg CO₂ litre (Aquafarmer 2004).

Saugus ir priimtinas anglies dioksido lygis priklauso nuo žuvies rūšies, vystymosi stadijos ir vandens kokybės. Kai anglies dioksido kiekis viršija 10 mg/l lygį, atlantinių lašišų augimo tempas ima lėtėti, ypač sulėtėja pasiekus 30 mg/l koncentraciją.

Pagal atliktus tyrimus, nustatyta, kad upėtakiai išskiria CO₂ 2.8-3.0 mg CO₂/ kg/min (Forsberg 1997). Minimali ištirpusio deguonies koncentracija, priklauso nuo ištirpusios CO₂ koncentracijos vandenyje. Susikaupusi CO₂ koncentracija neturės neigiamos įtakos žuvų gyvenamajai aplinkai (be aeracijos ar pH kontrolės), kai ištirpusio deguonies kiekis mažesnis 10-22 mg/l, priklausomai nuo pH, šarmingumo, temperatūros, rūšies ir gyvenimo (Summerfelt *et al.* 2000). Minimali saugi deguonies koncentracija turi būti padidinta 3-4 mg/l, jeigu CO₂ koncentracija yra didelė, t.y. CO₂ > 30 mg/l šaltavandenėms žuvims ir CO₂ > 4,-50 mg/l šiltavandenėms žuvims. Pvz., ištirpusio CO₂ koncentracija gėlame vandenyje turi neigiamos įtakos lašišinėms žuvims, kai yra nuo 15 iki 20 mg/l ir mažesnė nei 7-10 mg/l jūros vandenyje. Daugelis šiltavandenių žuvų rūšių toleruoja pakankamai aukštą CO₂ lygį jų aplinkoje. Vieni autoriai (Summerfelt *et al.* 2000, Summerfelt *et al.* 2004) nurodo 20 mg/l CO₂ koncentraciją kaip saugią lašišinėms žuvims, jei ištirpusio deguonies kiekis vandenyje yra virš prisotavimo vertės. Kiti autoriai (Fivelstad *et al.* (1998) teigia, kad didžiausias CO₂ ribojantis kiekis turėtų būti ne daugiau 10 mg/l.

3.4 lentelė. Rekomenduojami parametrai planuojant atlantinių lašišų produkciją

Reikšmė (rodiklis)	Parametras
Vidutinis deguonies suvartojimas maitinantis	0.25-0.45 kg deguonies/kg maisto
Vidutinis anglies dioksido susidarymas naudojant deguonį	1.1 kg anglies dioksido/kg deguonies
Vidutinis bendro azoto susidarymas vartojant deguonį.	0.04-0.06 kg bendro azoto/kg deguonies suvartojimo

3.2.8 Šarmingumas

Vandens šarmingumas, matuojamas hidrokarbonatų jonų kiekiu, parodo vandens gebėjimą palaikyti jonų pusiausvyrą. Nitrifikavimas – rūgštį išskiriantis ir tuo pačiu vandens šarmingumą mažinantis procesas. Per mažas vandens šarmingumas sukelia pH svyravimus sistemoje, tai savo

ruožtu neigiamai veikia biofiltro darbo efektyvumą. Paprastai vandens šarmingumas URS nesunkiai atkuriamas papildant jį bikarbonatais (Timmons and Ebeling, 2004).

3.2.9 pH rodiklis

Nuo vandens pH priklauso cheminių procesų pusiausvyra vandenyje. Žuvims ir biocheminiams virsmams biofiltre svarbiausi rodikliai veikiami pH reikšmių – tai amoniako ir anglies dioksido tirpumas vandenyje. Amoniako tirpumas, t.y. santykinis NH_3 kiekis viso vandens amonio azoto koncentracijoje labai priklauso nuo pH rodiklio. Pavyzdžiui, esant temperatūrai $25^{\circ}C$ pH sumažėjus nuo 8,0 iki 7,0 NH_3 kiekis sumažėja nuo 5,38% iki 0,57%.

Ekstremalios pH reikšmės vandens gyvūnams gali sukelti stresą ar net mirtį. Bet tai bus netiesioginė pH įtaka, atsirandanti pH ir kitų kintamųjų, tokių kaip anglies dvideginis, santykis tarp NH_3-N ir NH_4^+-N kiekio bei NO_2-N kiekio, kurie priklauso nuo vandens rūgštingumo pusiausvyros, kurių padidėjimas mažina pH vandenyje (Pillay and Kutty 2005). Žemos pH reikšmės padidina kai kurių sunkiųjų metalų (aliuminio, vario, kadmio ir cinko) tirpumą vandenyje. Didžiausias toksiškas NH_3-N ir CO_2 kiekis vandenyje priklauso nuo pH, pvz. Esant $20^{\circ}C$ ir pH 7,0, NH_3-N yra 0,004, bet pH padidėjus iki 10, NH_3-N padidėja iki 0,8 esant tai pačiai temperatūrai (Timmons *et al.* 2002). Pagal Aquafarmer (2004), vandens pH reikšmės turėtų svyruoti mažiau kaip per 0,5.

3.3 Vandens kokybės reikalavimai skirtingomis žuvų gyvenimo stadijomis

Kai kurie parametrai gali būti skirtingi skirtingoms žuvų rūšims ir jų gyvenimo stadijoms. Kai kuriais atvejais, tolerancija vandens kokybės parametrams žymiai kinta dėl žuvų ontogenezės. Paprastai jautresnės nepalankioms gyvenimo sąlygoms yra žuvų lervos ir jaunikliai.

Jautriausia yra lervos stadija. Lervutės yra jautresnės temperatūros svyravimams, nei jaunikliai. Optimali temperatūra lervų auginimui yra $24^{\circ}C$, mailiui ir jaunikliams - $28^{\circ}C$ laipsniai. Konkrečiai eršketams ji yra: lervutėms - $17^{\circ}C$ - $20^{\circ}C$; jaunikliams - $20^{\circ}C$ - $24^{\circ}C$. Jauniklių stadijoje reikia didesnės deguonies koncentracijos. Daugelių žuvų rūšių lervutės ir mailius gerai jaučiasi, kai vandens prisotinimas deguonimi yra virš 80%. Suaugusių žuvų tinkamam augimui pakanka, kad vandens prisotinimas deguonimi būtų 60%. Taip pat reikia atkreipti dėmesį į kai kurių žuvų natūralias gyvenimo sąlygas ir jas pritaikyti URS. Pavyzdžiui, sterkui esant lervos ir jauniklio stadijoje, būtinas stiprus augimo rezervuarų apšvietimas. Tuo tarpu suaugusios žuvys, įvykus akių konstrukcijos pokyčiams, prisitaiko prie tamsesnio apšvietimo. Jautrumui aplinkai reikšmės turi ir skirtingas metabolizmo lygis įvairiose žuvų vystymosi stadijose. Jauniklių metabolizmo procesas vyksta intensyviau, deguonies suvartojimas ir azoto išskyrimas (mg/k/h) yra nuo keleto ir dešimt kartų aukštesnis nei suaugusių žuvų.

Žuvys auginamos šiltomis sąlygomis (karpis, šamas) yra labiau atsparios neigiamiems fiziniams ir cheminiams vandens kokybės parametru pokyčiams negu šaltavandenės žuvys (lašiša, sykas). Dalinai šiltavandenės žuvys toleruoja daug žemesnį deguonies kiekį ir didesnį vandens temperatūros svyravimą. Esant aukštai temperatūrai, žuvų metabolizmo procesai vyksta daug intensyviau ir tai padidina jų pažeidžiamumą deguonies trūkumui.

Skirtinguose šaltiniuose nurodomi skirtingi reikalavimai vandens kokybei uždaroje sistemoje. Žuvininkystei svarbiausi vandens kokybės rodikliai pateikti 3.5 ir 3.6 lentelėse.

3.5 lentelė. **Pagrindiniai vandens kokybės rodikliai akvakultūros ūkiuose** (pagal Goryczko, 1999; Ulikowski, 2004, Timmons and Ebeling, 2013)

	Šiltavandenės žuvys	Šaltavandenės žuvys
Deguonies koncentracija (prisotinimas %)	> 40	>60
pH	6,5-9,0	6,5-8,5
Vandens temperatūra (°C)	<30	<20
Bendras azoto (mg/l) kiekis	<1,0	<0,2
Nitritai (mg/l)	<0,5	<0,2
Geležies kiekis (mg/l)	<1,0	<0,5
Nešmenys (mg/l)	100	80
Anglies dioksido kiekis (mg/l)	25	5

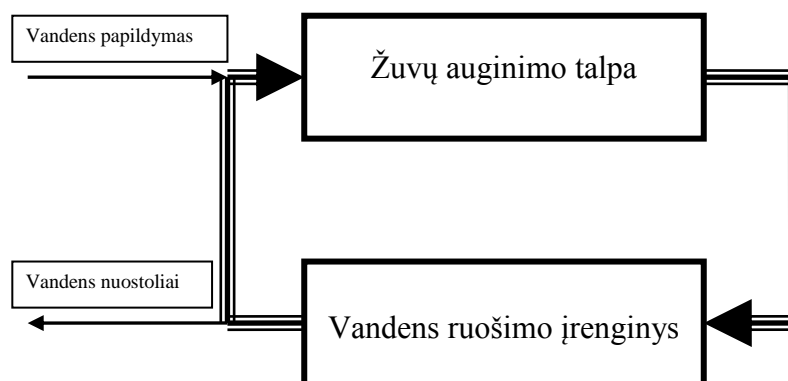
3.6 lentelė. **Fizinių ir cheminių vandens kokybės parametru pageidautini lygiai recirkuliacinėse sistemose**

Rodikliai	Technologinis lygis	Trumpalaikės leistinos reikšmės
Skendinčios medžiagos, mg/l	Iki 30	>100
Aktyvi aplinkos reakcija (pH)	6.5 – 7,5	6.2 – 8.5
Nitritai, mg N/l	0.0 – 0.5	1.0
Nitratai, mg N/l	Iki 60	100 - 200
Amonio azotas, mg N/l	0 – 2,5	Iki 10
Amoniakas, mg/l	<0,01	-
Biocheminis deguonies suvartojimas, mg O ₂ /l	5 - 20	70 - 100
Cheminis deguonies suvartojimas, mg O ₂ /l	25-100	100-150
Deguonis, mg/l, įskaitant: prie baseino ištekėjimo angų po biologinio valymo	10 – 15 5 – 12 4 - 8	Iki 40 2 – 3 >2
Anglies dioksidas, mg/l	25	30
Vandenilio sulfidas, mg/l	-	-
Fosfatai, mg/l	0.2 – 0.5	2.0
Bendra geležis, mg/l	0.5	2.0
Geležies oksidas, mg/l	0.1	0.5
Šarmingumas, mg-ekv/l	1.8 – 2.0	200
Bendras kietumas, H ^o	5 – 8	20 – 25
Chloridai, mg/l	10.0	15.0
Sulfatai, mg/l	10.0	15.0

3.4 Žuvų auginimo recirkuliacinėse sistemose technologinės schemos

URS veikimas pagrįstas daugkartiniu vandens panaudojimu palaikant jo kokybės parametrus nuotekų valymo technologijomis ir reguliuojant vandens papildymą ir pakeitimą sistemoje.

Bendra URS schema pavaizduota 3.3 paveiksle. Sunaudojamo (papildomo ir pakeičiamo) vandens kiekis priklauso nuo vandens ruošimo įrenginių, kurie turi užtikrinti vandens kokybę, priimtina auginamų organizmų rūšiai, našumo. Daugelyje komercinių URS recirkuliuojama apie 90% vandens ir pakeičiama apie 10% sistemos vandens tūrio per dieną (Hall, 1999).



3.3 pav. **Bendra URS schema**

URS auginamų organizmų poreikius tinkamai vandens kokybei užtikrinti taikomos šios pagrindinės technologijos:

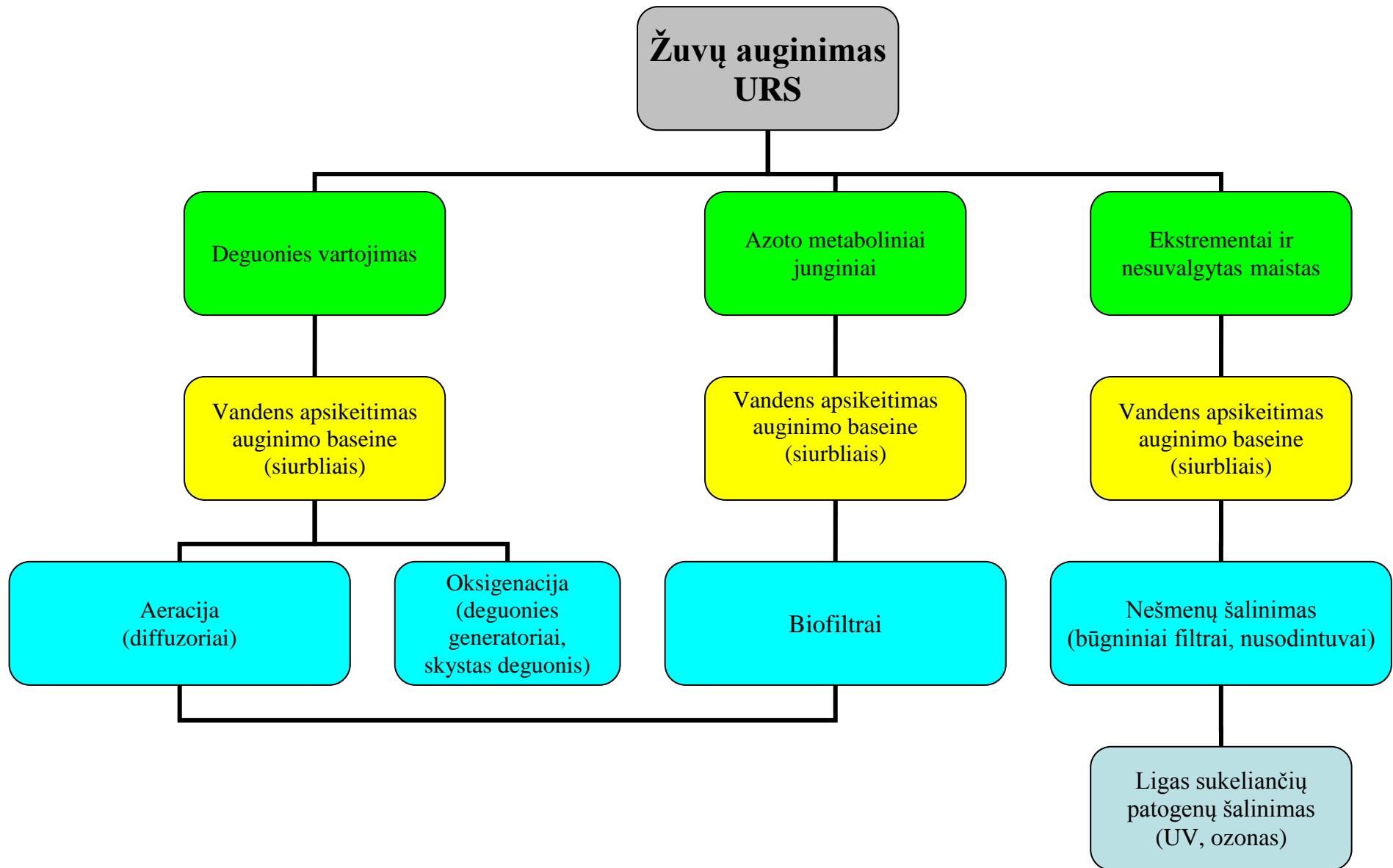
1. Mechaninis filtravimas – neištirpusių dalelių šalinimas iš sistemos.
2. Biofiltravimas – amoniako nitrifikavimas ir tirpių organinių medžiagų BDS mažinimas.
3. Aeracija – pakankamo ištirpusio vandenyje deguonies kiekio palaikymas.
4. Degazavimas – ištirpusio anglies dioksido, kuris susidaro dėl sistemos organizmų kvėpavimo, šalinimas.
5. Jonų pusiausvyros - vandens pH palaikymas neviršijant optimalių sistemos veikimo (auginamiems organizmams ir biocheminiams virsmams biofiltre) ribų.
6. Patogeninių organizmų dauginimosi ribojimas dezinfekuojuojant vandenį.

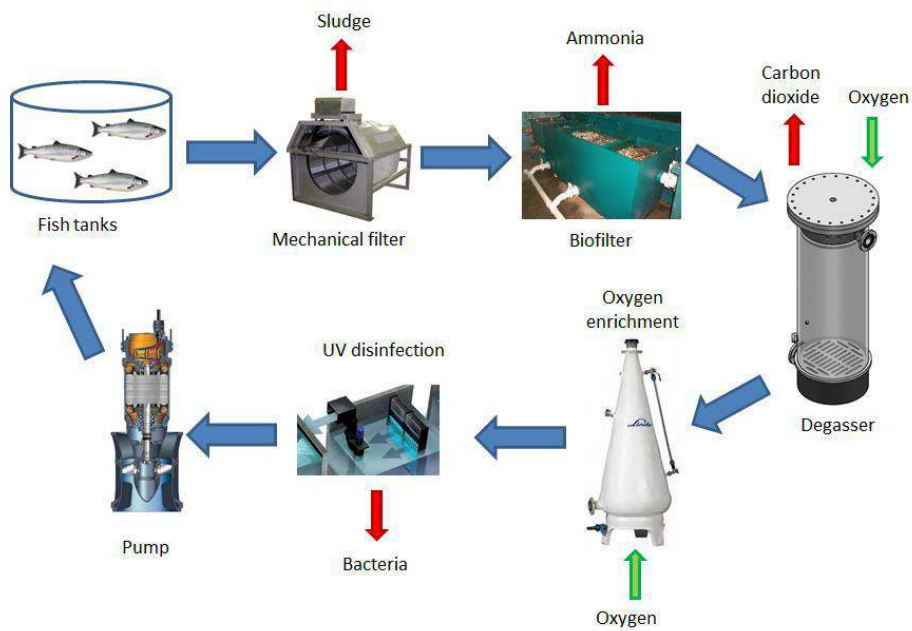
Šių technologijų naudojimas konkrečioje URS priklauso nuo sistemos veikimo intensyvumo, t.y. nuo jos apkrovimo ir vandens keitimo sistemoje apimčių (7.1 pav.).

3.4 paveiksle pavaizduota vandens valymo proceso schema URS sistemose.

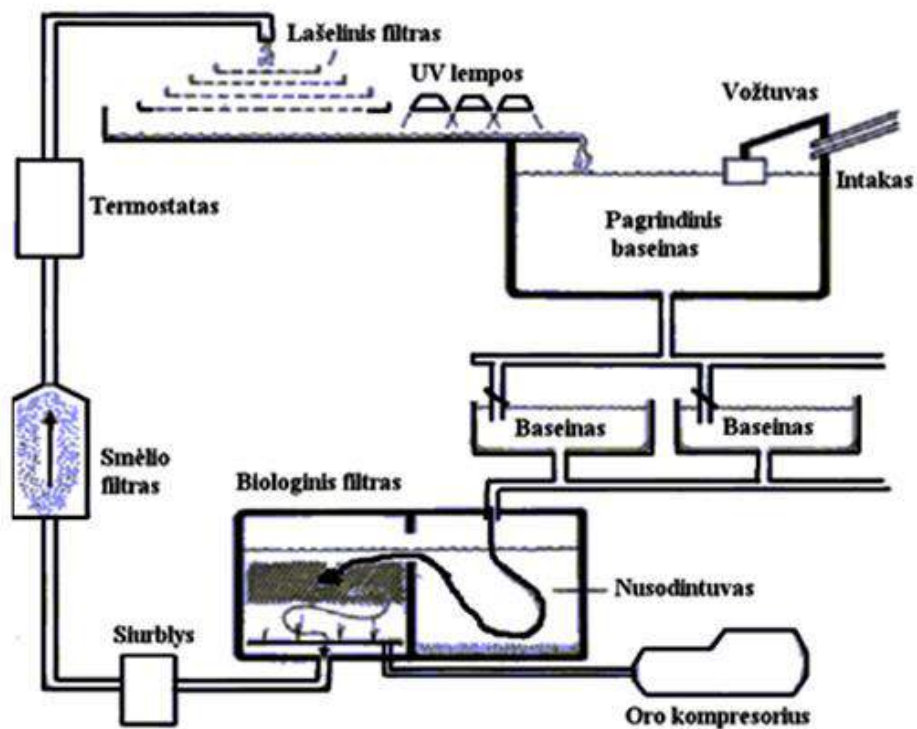
Visa papildoma technologinė įranga URS yra įdiegiama intensyvinant gamybą. Siekiant kontroliuoti energijos taupymo ir aplinkos veiksnius šios sistemos yra įrengiamos statiniuose, todėl visa technologinė įranga turi būti kompaktiška, kad būtų taupomas brangus statinių plotas. 3.5 ir 3.6 paveiksluose pateiktos principinės uždarų recirkuliacinių sistemų schemos.

3.4 pav. Vandens valymo proceso schema URS sistemose





3.5 pav. URS principinė schema. Vandens valymo sistemą sudaro: mechaninis filtravimas, biologinis valymas, degazavimas, deguonies papildymas, UV nukenksminimas ir siurbiai (brėžinys V.I. Gunnarsson, nuotraukos iš atskirų įmonių)



3.6 pav. Uždaros reikuliacinės sistemos principinė schema (Jürgensen, 1998)

3.5 Vandens kokybės rodiklių tyrimų upėtakių auginimo URS rezultatai

Vandens kokybės rodiklių tyrimai upėtakių (vaivorykštinių upėtakių) auginimo URS atlikti ASU Akvakultūros centro Žuvų auginimo laboratorijoje. 2016 m. vasario 15 d. buvo atvežtas ir į URS įleistas vaivorykštinių upėtakių mailius, tyrimai pradėti 2016 m. vasario 22 d. ir tęsėsi 38 d.

Upėtakių mailius

3.7 lentelėje pateikti vaivorykštinių upėtakių mailiaus vandens kokybės tyrimų duomenys rezultatai. Gauti rezultatai apdoroti su programa STATISTICA 10 ir pateiktos mažiausios, vidutinės, didžiausios reikšmės bei standartinis nuokrypis.

3.7 lentelė. Vandens kokybės reikšmės upėtakių mailiaus auginimo baseinuose

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	N	Vidutinė reikšmė	Mažiausia reikšmė	Didžiausia reikšmė	Stand. nuokrypis
1.	Temperatūra, °C	38	15,48	14.20	16.80	0.64
2.	pH	38	7,24	6.19	7.93	0.59
3.	Ištirpusio deguonies koncentracija, mg/l	38	8,48	7.90	9.04	0.33
4.	Nitritai (NO ₂ ⁻), mg/l	9	0,33	0.196	0.49	0.098
5.	Nitratai (NO ₃ ⁻), mg/l	9	0,093	0.056	0.133	0.0199
6.	Amonio jonai, mg/l	9	0.019	0.017	0.048	0.006
7.	BDS ₇ , mgO ₂ /l	9	1,1	1,0	2,5	0,5
8.	SM, mg/l	9	2,96	2,0	4,26	1,2

Vidutinis ištirpusio deguonies kiekis (8,48 mg/l) žuvų mailiaus auginimo baseine yra pakankamas upėtakiams gerai jaustis ir auginti biomase. Papildomas deguonies tiekimas nereikalingas. Vandens temperatūra svyruoja nuo 14,2⁰C iki 16,8⁰C. Auginant žuvis URS, idealu kai pH yra 7,0. Daugeliui akvakultūros rūšių priimtinos pH ribos yra nuo 6,5 iki 8,5. Greitas pH reikšmės pasikeitimas gali sukelti žuvims stresą ir nužudyti naudingas bakterijas URS biofiltruose. pH padidėjimas reiškia, kad padidėjo amonio azoto. Todėl svarbu vandens temperatūrą ir pH palaikyti žemutinėse optimalių reikšmių ribose auginamai žuvų rūšiai. Upėtakių mailiaus auginimo sistemoje paimtuose mėginiuose pH kinta nuo 6,19 iki 7,93, vidutinė reikšmė – 7,24.. Tai yra priimtina pH reikšmė upėtakiams auginti.

Žuvims maitinantis apie 25% maisto tampa atliekomis. Tokios atliekos turi būti pašalintos iš sistemos kaip galima greičiau, nesukeliant turbulencijos. Skendinčių medžiagų tiriamuose mėginiuose nėra daug (vidutiniškai susidaro 2,96 mg/l – leistina – 25 mg/l)), vadinasi jos iš baseinų yra pašalinamos tinkamai.

Amonio azotas žuvų išskiriamas į vandenį kaip proteinų metabolizmo rezultatas. Vidutinis amonio azoto kiekis tiriamos upėtakių mailiaus auginimo sistemos baseinų vandenyje vidutiniškai yra 0,019 mg/l. Upėtakių toleruojamas amonio azoto kiekis - mažesnis nei 1,0 mg/l.

Upėtakiai jaučia stresą, kai nitritų kiekis baseinų vandenyje pasiekia 0,15 mg/l ir miršta, kai pasiekia 0,55 mg/l. Tiriamuose vandens mėginiuose nitritų kiekis vidutiniškai yra 0,33 mg/l.

Padidėjęs nitritų kiekis gali būti nepavojingas žuviui, jei vandenyje yra chloridų. Chloridai nesumažina nitritų kiekio vandenyje, bet „neleidžia“ jiems patekti į žuvies kraują. Jei, atlikus vandens kokybės tyrimus nustatyta, kad nitritų vandenyje yra 0,1 mg/l, reikia atlikti papildomus tyrimus chloridų kiekiui nustatyti vandenyje ir, jei reikia, pridėti 25 mg/l druskos (NaCl) kiekvienam nitrito miligramui. Žinoma, reikia įleisti ir šviežio vandens.

Upėtakiams nitratų koncentracija turėtų būti mažesnė nei 250 mg/l, šamai toleruoja 400 mg/l koncentraciją. Nustatyta tiriamuose mėginiuose nitratų reikšmė neviršija didžiausios leistinos reikšmės.

Upėtakių jaunikliai

Mailiui pasiekus beveik 10 g vidutinį svorį, jis buvo iš žuvivaisos laboratorijos perkeltas į žuvų auginimo baseinus. Jaunikliai pradėti tirti nuo 2016 m. balandžio 15 d. du mėnesius. Tyrimų duomenys pateikti 3.8 lentelėje. Duomenys apdoroti su programa STATISTICA 10 ir pateiktos mažiausios, vidutinės, didžiausios reikšmės bei standartinis nuokrypis.

3.8 lentelė. Vandens kokybės reikšmės upėtakių jauniklių auginimo baseinuose

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	N	Vidutinė reikšmė	Mažiausia reikšmė	Didžiausia reikšmė	Stand. nuokrypis
1.	pH	64	8.15	7.100	8.59	0.39
2.	Ištirpusio deguonies kiekis, mg/l	64	8.45	7.90	9.04	0.32
3.	Prisotinimas deguonimi, %	64	89.76	84.50	95.66	3.24
4.	Temperatūra °C	64	17.59	17.28	17.94	0.19
5.	Nitratai, mg/l	64	14.62	10.00	18.00	2.30
6.	Nitritai, mg/l	64	0.057	0.024	0.085	0.015
7.	Amonio jonai, mg/l	64	0.039	0.028	0.058	0.006

Ištirpusio deguonies kiekis (8,46 mg/l) žuvų auginimo baseine yra pakankamas upėtakiams gerai jaustis ir auginti biomasę. Po biologinio filtro vanduo prateka ir pro lašelinį filtrą, kuriame lašėdamas prisotina deguonimi net iki 11,33 mg/l (4.11 lentelė). Papildomas deguonies tiekimas nereikalingas. Vandens temperatūra kinta mažai, išskyrus mėginį iš ištekėjimo vamzdžio - jame vandens temperatūra pakilusi iki 18,9⁰C. Auginant žuvis URS, idealu kai pH yra 7,0. Daugeliui akvakultūros rūšių priimtinos pH ribos yra nuo 6,5 iki 8,5. Greitas pH reikšmės pasikeitimas gali sukelti žuvis stresą ir nužudyti naudingas bakterijas URS biofiltruose. pH padidėjimas reiškia, kad padidėjo amonio azoto. Todėl svarbu vandens temperatūrą ir pH palaikyti žemutinėse optimalių reikšmių ribose auginamai žuvų rūšiai. pH reikšmę galima reguliuoti įdedant į vandenį kalkių (CaCO₃) ar sodos (NaHCO₃) Upėtakių auginimo sistemoje paimtuose mėginiuose pH kinta nuo 7,1 iki 8,59. Tai yra priimtinos ribos upėtakiams auginti.

Žuvis maitinantis apie 25% maisto tampa atliekomis. Tokios atliekos turi būti pašalintos iš sistemos kaip galima greičiau, nesukeliant turbulencijos. Skendinčių medžiagų tiriamuose mėginiuose nėra daug, vadinasi jos iš baseinų yra pašalinamos tinkamai.

Amonio azotas žuvų išskiriamas į vandenį kaip proteinų metabolizmo rezultatas. Vidutinis amonio azoto kiekis tiriamos upėtakių auginimo sistemos baseinų vandenyje vidutiniškai yra 0,075 mg/l. Upėtakių toleruojamas amonio azoto kiekis - mažesnis nei 1,0 mg/l.

Upėtakai jaučia stresą, kai nitritų kiekis baseinų vandenyje pasiekia 0,15 mg/l ir miršta, kai pasiekia 0,55 mg/l. Tiriamuose vandens mėginiuose nitritų kiekis vidutiniškai yra 0,057 mg/l.

Nustatyta tiriamuose mėginiuose nitratų reikšmė neviršija didžiausios leistinos reikšmės.

Tyrimo metu buvo nustatyti upėtakių auginimo technologiniai rodikliai. Gauti rezultatai pateikti 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Upėtakių augimo technologiniai rodikliai

Eil. Nr.	Augimo apibūdinimo rodiklis	Mailius	Jaunikliai
1.	Žuvų skaičius, vnt.	5600	4320
2.	Pradinė biomasė (kg)	8,98	32,12
3.	Vidutinis pradinis svoris (g/vnt.)	1,6	7,43
4.	Vidutinis tankumas tyrimo pradžioje (kg/m ³)	1,65	7,13
5.	Galutinė biomasė (kg)	32,12	91,14
6.	Žuvų skaičius tyrimo pabaigoje (kg)	4320	4050
7.	Vidutinis galutinis svoris (g/vnt.)	7,43	22
8.	Vidutinis tankumas tyrimo pabaigoje (kg/m ³)	7,13	8,28
9.	Bendras svorio prieauglis (kg)	23,1	59,3
10.	Specifinis augimo koeficientas (SGR) (%/d)	3,31	1,64
11.	Pašarų įsisavinimo koeficientas FCR (g/g)	0,9	1,06
12.	Mirtingumas(%)	29,6	6,7
13.	Tyrimo laikotarpiu sunaudota pašarų (kg)	20,9	62,9

3.6. Vandens kokybės rodiklių tyrimų šamų auginimo URS rezultatai

Vandens kokybės rodiklių tyrimai buvo atlikti UAB „Baisogalos energija“ šamų auginimo URS. Tyrimo laikotarpis 3 mėn., imant mėginius vieną kartą per savaitę. Tyrimų rezultatai pateikti 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Vandens kokybės reikšmės šamų auginimo baseinuose

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	N	Vidutinė reikšmė	Mažiausia reikšmė	Didžiausia reikšmė	Stand. nuokrypis
1.	Temperatūra, °C	12	23,30	23,11	23,80	0.12
2.	pH	12	6,23	5,85	6,63	0.39
3.	Ištirpusio deguonies konc., mg/l	12	4,53	4,150	5,01	0.23
4.	Nitritai (NO ₂ ⁻), mg/l	12	0,974	0.692	1,14	0.099
5.	Nitratai (NO ₃ ⁻), mg/l	12	478	412	495	0.199
6.	Amonio jonai, mg/l	12	1,171	0.621	1,341	0.56
7.	BDS ₇ , mgO ₂ /l	12	8,22	7,32	9,31	0,54
8.	SM, mg/l	12	0,1844	0,128	2,26	1,2

Ištirpusio deguonies kiekis (4,53 mg/l) auginimo baseine yra pakankamas šamams gerai jaustis ir auginti biomasę. Papildomas deguonies tiekimas nereikalingas. Vandens temperatūra kinta mažai, - vidutinė vandens temperatūra – 23,3⁰C. Auginant žuvis URS, idealu kai pH yra 7,0. Daugeliui akvakultūros rūšių priimtinos pH ribos yra nuo 6,5 iki 8,5. Šamų auginimo sistemoje paimtuose

mėginiuose pH kinta nuo 5,58 iki 6,63. Toks rūgštus vanduo mažina biologinio filtravimo efektyvumą, tačiau kartu mažina ir toksišką išskiriamo amonio poveikį žuvims

Žuvims maitinantis apie 25% maisto tampa atliekomis. Tokios atliekos turi būti pašalintos iš sistemos kaip galima greičiau, nesukeliant turbulencijos. Skendinčių medžiagų tiriamuose mėginiuose nėra daug, vadinasi jos iš baseinų yra pašalinamos tinkamai.

Amonio azotas žuvų išskiriamas į vandenį kaip proteinų metabolizmo rezultatas. Vidutinis amonio azoto kiekis tiriamos šamų auginimo sistemos baseinų vandenyje vidutiniškai yra 1,171 mg/l. Rekomenduojamas amonio azoto kiekis šamams - mažesnis nei 2,5 mg/l.

Leidinyje (Water, 2014) teigiama, kad šamai yra labiau atsparūs nitritų poveikiui nei upėtakai, bet 29 mg/l nitritų koncentracija gali juos nužudyti. Tiriamuose vandens mėginiuose nitritų kiekis vidutiniškai yra 0,974 mg/l. Rekomenduojamas nitritų kiekis šamams - mažesnis nei 0,5 mg/l.

Tiriamuose mėginiuose nustatytos gana didelės nitratų reikšmės – nuo 412 iki 495 mg/l. Šamai gali toleruoti 400 mg/l nitratų koncentraciją. Kad sumažinti susikaupusių nitratų koncentraciją, reikia kas dieną pakeisti ne mažiau 10% bendro vandens kiekio sistemoje. Nitratai yra azoto skilimo galutinis produktas ir kad nitratai, vykstant cheminėms reakcijoms vandenyje vėl netaptų nitritais ar amoniu, reikia palaikyti aukštą ištirpusio deguonies kiekio koncentraciją vandenyje.

Biocheminio deguonies suvartojimo rodiklis atitinka URS vandens kokybei keliamiems reikalavimams.

4. APYTAKINĖSE SISTEMOSE SUSIDARANČIŲ NUOTEKŲ KIEKIAI IR UŽTERŠTUMAS ATSKIROMS AUGINAMŲ ŽUVŲ GRUPĖMS

Akvakultūra, kaip ir kiekviena ūkinė veikla, daro atitinkamą poveikį aplinkai, kuris pasireiškia per aplinkinių paviršinių vandenų, į kuriuos patenka nuotekos, eutrofizaciją ir požeminių vandenų kokybės suprastėjimą.

Akvakultūros sistemas pagal galimybę kontroliuoti jų poveikį aplinkai galima suskirstyti į (1) nekontroliuojamas (produkcijos auginimas varžose atvirose vandens telkiniuose), (2) su ribota galimybe kontroliuoti (tvenkiniai, pratekančios talpos) ir (3) su pilna nuotekų kontroliavimo galimybe (uždaras apytakinės sistemos - URS). Tvenkiniai ir varžos šiuo metu yra pagrindiniai akvakultūros produkcijos gamybos metodai dėl savo paprastumo, žemų energijos sąnaudų ir dėl to, kad akvakultūra yra vystoma ūkiškai neišsivysčiusiuose regionuose su pigia darbo jėga.

Intensyvios akvakultūrų sistemos skirstomos į pratekančias (sunaudojančias daugiau kaip 50 m³ vandens vienam sušertam kilogramui pašarų), pusiau uždaras apytakinės (1-50 m³/kg pašaro), uždaras apytakinės (0,1-1 m³/kg) ir naujos kartos inovatyvias apytakinės (<0,1 m³/kg) sistemas (Martins et al., 2010). URS buvo sukurtos ir šiuo metu plinta šalyse, kuriose yra vandens ir žemės resursų trūkumas ir dėl griežtėjančių aplinkosaugos reikalavimų.

4.1 Nuotekos uždarose apytakinėse sistemose

Akvakultūros ūkių, tame tarpe ir URS, nuotekų poveikis aplinkai pasireiškia per jose esančias ištirpusias ir netirpias organines, maisto medžiagas (azotą ir fosforą) ir jų drumstumą.

Didžiausia kliūtis ekonomiškai pateisinamam intensyvių akvakultūros ūkių, naudojančių pratekančių tvenkinių ar baseinų sistemas, nuotekų valymui yra dideli debitai ir mažos teršalų koncentracijos. URS nuotekų debitai yra 10-100 kartų mažesni, o teršalų koncentracijos atitinkamai 10-100 kartų didesnės ir yra sulyginamos su buitinių nuotekų užterštumu (4.1 lentelė). Tai leidžia organizuoti paprastesnį ir efektyvesnį nuotekų valymą ir, esant galimybei, prijungti URS nuotekas prie centralizuotų valymo įrengimų.

4.1 lentelė. URS ir buitinių nuotekų parametrai (Chen et al., 1997)

Parametras	URS dumblas		Buitinės nuotekos	
	Ribos	Vidutinė reikšmė	Ribos	Tipinė reikšmė
Skandinavių medžiagų (SM) koncentracija, %	1,4 – 2,6	1,8	2 - 8	5
Biologiškai skaidoma dalis (% nuo SM)	74,6 – 86,6	82,2	50 - 80	65
BDS ₅	1590 - 3870	2760	2000 - 30000	6000
NH ₃ -N	6,8 – 25,6	18,3	100 - 800	400
Bendras fosforas	-	1,3	-	0,7
pH	6,0 – 7,2	6,7	5,0 – 8,0	6,0
Šarmingumas	284 - 415	334	500 - 1500	600

URS nuotekose yra mažiau kietųjų medžiagų ir yra mažesnis BDS₅ rodiklis. Bendro amonio azoto šviežiose URS nuotekose yra ženkliai mažiau, bet jo kiekis gali smarkiai išaugti kai prasideda

anaerobiniai mineralizacijos procesai. Mechaninio filtro praplovimo turinyje po 4 savaitių būvimo dumblo tirštintuvo talpose dėl organinių medžiagų yrimo reakcijų ištirpusio azoto ir fosforo koncentracija padidėjo 7-8 kartus, o BDS₅ rodiklis – beveik 20 kartų (Summerfelt and Vinci, 2003).

Vandens apytakos laipsnio padidėjimas yra susijęs su papildomų technologijų naudojimu, kas, savo ruožtu, brangina investicijas ir eksploatacinius kaštus, tačiau leidžia gauti labiau koncentruotas nuotekas (4.2 lentelė).

4.2 lentelė. Teršalų nuotekose koncentracija, priklausomai nuo vandens apytakos laipsnio (Aquaculture Waste Management Symposium, 2001).

Apytakos laipsnis, %	Azotas (NO ₃ -N ir NH ₃ -N), mg/l	Drumstumas, mg/l	Kietųjų medžiagų šalinimo potencialas, %
0	0,6	7	30-60
90	5	60	90
95	9	120	95
99	24	310	99
99,5	96	1220	>99
99,9	490	3150	>99

Pagrindinė tarša akvakultūros sistemose generuojama dėl auginamų organizmų metabolizmo. Akvakultūros objektai yra ektoterminiai (šaltakraujai) gyvūnai ir jų aktyvumas bei pašarų pasisavinimas kinta priklausomai nuo vandens temperatūros. Tos pačios rūšies organizmams pašarų poreikis priklausomai nuo temperatūros gali svyruoti nuo 1 iki 4 procentų. Todėl bendra tarša išskiriama sistemoje, skaičiuojama priklausomai nuo sunaudoto pašarų kiekio. Išskiriami taršos kiekiai perskaičiuoti į vieną sušertą pašarų kilogramą, remiantis įvairiais tyrimais pateikti 4.3 lentelėje (Wheaton, 1995).

4.3 lentelė. Teršalų kiekis išskiriantis nuo vieno kg sušertų pašarų (kg/kg).

Teršalai	Upėtakis, 10-15°C, (Liao and Mayo, 1974)
NH ₄ -N	0,0289
NO ₂ -N	0,024
PO ₄ -P	0,0162
Drumstumas	0,52
BDS	0,60
ChDS	1,89

Taršą akvakultūros sistemose galima mažinti manipuliuojant pašarų sudėtimi. Svarbu naudoti pašarus su subalansuota amino rūgščių sudėtimi, kad pašarų proteinais būtų maksimaliai įsisavinti, t.y., būtų naudojami kūno masės augimui, o taip pat dalį proteinų galima pakeisti riebalais ir angliavandeniais, taip padidinant pašarų energetinę vertę ir tuo pačiu sumažina jų suvartojimo kiekį, t.y. gerina pašarinį koeficientą.

Tik dalis (mažiau kaip pusė) energijos, esančios pašaruose, yra panaudojama organizmo augimui. Kita dalis yra pašalinama per šlapimą ir žiaunas azotinių junginių pavidalu, naudojama metabolizmui užtikrinti ir išskiriama kaip šiluma, dar kita dalis pašalinama ekskrementų pavidalu.

Išskiriama tarša gali būti tirpiame pavidale (amonis, nitritai, nitratai, fosforas, organinės medžiagos) ir kietųjų dalelių pavidale (nesuėsti pašarai ir ekskrementai pašalinti organizmų gyvybinės veiklos pasekoje). Dauguma ištirpusių teršalų tai maisto medžiagos, kurios kaip tik ir sukelia vandens telkinių eutrofizaciją.

Pašarinis koeficientas per paskutinius dešimtmečius labai sumažėjo. Ypač tai pasakytina apie lašišinių žuvų auginimo pramonę – pvz., Norvegijos ūkiuose jis sumažėjo nuo 3,5 1975 metais iki 1 ir mažiau šiuo metu. Šis rodiklis vienareikšmiškai neapsprendžia teršalų išskyrimą žuvų ūkiuose (teršalų kiekis priklauso ir nuo kitų parametrų – auginimo metodų, šėrimo praktikų, pašarų sudėties ir įsisavinimo laipsnio), todėl eksperimentai, kuriais siekiama ištirti, pašaruose esančių maistinių medžiagų įsisavinimą davė labai skirtingus rezultatus. Dauguma azoto išskiriama tirpiame pavidale, o fosforo – kietojoje frakcijoje. Bendra tyrimų rezultatų sklaida pateikta 4.4 lentelėje, rodikliai atskiroms žuvų rūšims – 4.5 lentelėje.

4.4 lentelė. Maistinių medžiagų balansas URS (Piedrahita, 2003)

Pasisavinamos medžiagos		Išskiriamos tirpios medžiagos		Išskiriamos netirpios medžiagos	
Azotas	Fosforas	Azotas	Fosforas	Azotas	Fosforas
10 – 49 %	17 – 40 %	37 – 72 %	1 – 62 %	3,6 – 35 %	15 – 70 %

4.5 lentelė. Maistinių medžiagų (azoto – N ir fosforo – P), įsisavinimas ir išskyrimas (procentais nuo esančio pašaruose) skirtingoms žuvų rūšims (pagal Piedrahita, 2003; kur pateikiamos nuorodos į tyrimų šaltinius)

Įsisavinta		Pašalinta skendinčioje formoje		Pašalinta tirpioje formoje		Žuvų rūšis
N	P	N	P	N	P	
49	36	14	55	37	9	Lašiša
	17-19		48-54		28-34	Lašiša
11	32					Karpis
27	30					Kanalinis šamas
10	40	35	15	55	45	Vilkešeris
30		10		60		Dorada
19-26						Dorada
30		13		57		Upėtakis
25	30	15	70	60	0	Upėtakis
21-22	18,8	3,6-5,4	19-22	59-72	60-62	Tilapija

R. Piedrahita (2003) pateikia hipotetinį (teoriškai skaičiuotą) visuminį kietųjų medžiagų (SM) ir maistinių medžiagų (N ir P) išskyrimą įvairiose auginimo sistemose, paskaičiuotą atsižvelgiant į pašarų sudėtį, pašarinis koeficientą ir sunaudojamo vandens kiekį kilogramui auginamos žuvies (4.6 lentelė).

Skaičiuojant buvo priimti tokie išeitiniai duomenys:

Azotui:

- šaltavandeniams ūkiams 0,06 kg N/kg pašaro – 50%, proteino pašaruose ir 30% azoto įsisavinimas,

- šiltavandeniams 0,04 kg N/kg pašaro - 35%, proteino pašaruose ir 30% azoto įsisavinimas;

Fosforui:

- šaltavandeniams ūkiams 0,007 kg P/kg pašaro - 1% fosforo pašaruose ir 30% fosforo įsisavinimas,
- šiltavandeniams 0,014 kg P/kg pašaro 2% fosforo pašaruose ir 30% fosforo įsisavinimas;

Skendinčių medžiagų koncentracijai:

- šaltavandeniams ūkiams – 0,5 kg VKM/kg pašaro,
- šiltavandeniams – 0,7 kg VKM/kg pašaro;

Pašarinis koeficientas priimtas 1,0 – šaltavandeniams ir 2,0 – šiltavandeniams ūkiams

4.6 lentelė. Skaičiuotinas teršalų išskyrimas žuvų auginimo sistemose.

Sistemos tipas	Vandens poreikis		Apskaičiuota teršalų koncentracija nuotekose, mg/l		
	kg/metai/(l/min)	l/kg	N	P	SM
<i>Šaltavandeniai ūkiai</i>					
Pratekančios	1,4	375000	0,2	0,02	1,3
Nuoseklios (kaskadinės)	6	88000	0,7	0,08	5,7
Pusiau uždarnos	50	10500	5,7	0,67	48
URS	160	3300	18	2,1	152
<i>Šiltavandeniai ūkiai</i>					
Nuoseklios (kaskadinės)	16	33000	2,4	0,8	42
Tvenkiniai	294	1800	44	15	780
Recirkuliuojančios per šlapžemes	145	3600	22	7,8	390
URS	5000	105	760	27	13000

4.6 lentelėje pateikti skaičiavimai, nors ir pagrįsti supaprastinančiomis prielaidomis, leidžia padaryti išvadą, kad šiltavandeniai ūkiai generuoja didesnės koncentracijos taršą dėl mažesnio vandens sunaudojimo ir didesnio pašarinis koeficiento, būdingo šiltavandenėms žuvų rūšims, kurių virškinimo ypatumai ir maisto medžiagų poreikis yra kitokie negu šaltavandenių žuvų. Be to, šiltavandenės žuvys yra ne tokios reiklios vandens kokybei – jos yra atsparesnės didesnėms amonio koncentracijoms, mažesniai vandenyje ištirpusio deguonies kiekiui bei didesniai anglies dioksido ir skendinčių dalelių kiekiui (žr. 4.7 lentelę). Taip pat matyti, kad URS, vėlgi, dėl didesnių teršalų koncentracijų yra technologiškesnės tolimesniai jų apdorojimui prieš išleidžiant nuotekas į vandens telkinius.

4.7 lentelė. Pagrindiniai vandens kokybės rodikliai akvakultūros ūkiuose (pagal Goryczko, 1999; Ulikowski, 2004, Timmons and Losordo, 1994)

Parametras	Šaltavandeniai ūkiai	Šiltavandeniai ūkiai
Deguonies koncentracija, mg/l	> 6 (> 60% soties reikšmės)	> 5 (> 50% soties reikšmės)
Temperatūra, °C	12 - 17	24 - 30
Amoniakas (NH ₃ -N), mg/l	< 0,0125	0,24 – 0,5

Nitritai (NO_2-N), mg/l	< 0,2	< 1,0
Nitratai (NO_3-N), mg/l	< 100	< 1000
Anglies dioksidas, mg/l	< 10	< 20
Šarmingumas (mg/l $CaCO_3$)	50 - 400	
pH	6,5 – 8,2	6,5 – 8,5

4.2 Drumstumas URS nuotekose

Laikoma, kad, teisingai šeriant, 30% taršos yra skendinčių dalelių, kurios apsprendžia drumstumo rodiklį ir BDS, pavidale. Jos turi būti kaip galima greičiau pašalintos, kad nepereitų į tirpią formą. BDS nedaro tiesioginio poveikio žuvims, tačiau jo netiesioginė įtaka pasireiškia per papildomą deguonies suvartojimą, nitrifikuojančių biofiltrų darbo efektyvumo sumažinimą, patogeniškų organizmų ir bakterijų dauginimosi skatinimą (Timmons and Losordo, 1994).

Vienas kg žuvims sušerto pašaro išskiria 0,43 kg skendinčių medžiagų dalelių, dar apie 9% pašarų kiekio skendinčių dalelių susidaro dėl heterotrofinių mikroorganizmų veiklos ir apie 0,09% dėl nitrifikuojančių bakterijų veiklos. Taigi iš viso iki 52% žuvims sušerto pašaro virsta skendinčiomis dalelėmis (Summerfelt et al., 2001), kurias mineralizuojant suvartojamas deguonis. Intensyviose URS, kur yra ribotas vandens atnaujinimas ir nepakankamas mechaninis recirkuliuojamo vandens filtravimas, vandenyje gali kauptis netirpios dalelės, kurios uždaroje sistemoje išskiria organinę taršą. Ši problema yra labai aktuali URS, nes jose 67% skendinčių dalelių yra nuo 1,5 iki 30 μm , t.y. jos sunkiai arba beveik visai nepašalinamos nusodinimo procese (Timmons and Losordo, 1994).

Fizinės neištirpusių dalelių savybės URS labai priklauso nuo auginamų organizmų ir pašarų sudėties. Aukštos energetinės vertės su dideliu riebalų kiekiu pašarus naudojančių žuvų (pvz., lašišinių) ekskrementai skęsta geriau negu didesnę angliavandenių dalį turinčių pašarų (naudojamų, pvz., tilapijoms).

Pirmasis apytakinio vandens apdorojimo žingsnis URS, skirtas skendinčių dalelių šalinimui yra mechaninis filtravimas. Teoriškai tam gali būti naudojamos įvairios technologijos, tokios kaip įvairių tipų sėsdintuvai, slėginiai, kasetiniai ir smėlio filtrai, būgniniai filtrai. Jų naudojimas priklauso nuo auginimo stadijos (lervutės, mailius, paauginimas, prekinė žuvis), produkcijos apimties ir specifinių reikalavimų vandens kokybei sistemoje. Atskirų technologijų efektyvumą ir rekomendacijas panaudojimui galima rasti literatūroje. 4.8 lentelėje parodyti būgninio mechaninio filtro efektyvumo rodikliai (Aquaetreat projekto duomenys, 2007).

4.8 lentelė. URS mechaninio filtravimo (būgninis filtras) efektyvumo rodikliai.

Parametras	Nuotekos, mg/l	Filtratas, mg/l	Efektyvumas, %
Drumstumas	20-50	7-15	30-70
Amonio azotas	4,57	1,7	37
Neorganinis azotas	46,7	38,5	17,7
Organinis azotas	113,1	2	98,2

Bendras azotas	159,9	40,5	74,7
Neorganinis fosforas	0,2	0,18	10
Organinis fosforas	17,7	4,1	76,7
Bendras fosforas	17,9	4,3	76

Tokioje technologinėje schemoje nuotekų šalinimas paprastai vyksta per koncentruotą srautą, gaunamą iš mechaninio filtro praplovimo (0,2- 2% bendro apytakinio URS debito) ir srauto, gaunamo iš akumuliacinės talpos persipylimo, kuris yra lygus sistemoje atnaujinamam vandens debitui ir kurio teršalų koncentracija paprastai nesiskiria nuo cirkuliuojančių sistemoje medžiagų koncentracijos. Tačiau, kaip matyti, net ir URS nuotekos pasižymi maža skendinčių dalelių koncentracija. Net būgninių mechaninio filtravimo įrenginių praplovimo nuotekų skendinčių dalelių koncentracija yra apie 0,5% (palyginimui – nuotekose iš kiaulininkystės ir paukštininkystės kompleksų skendinčių dalelių yra nuo 5% iki 15%).

Kadangi akvakultūros ūkių nuotekų drumstumas yra pagrinde organinės kilmės, jų oksidavimas mažina ištirpusio deguonies kiekį vandenyje ir skleidžia maistines medžiagas. Ši neištirpusi nuotekų frakcija, besikaupdama dugne sudaro gerą terpę įvairių žalingų mikroorganizmų vystymuisi, o nuosėdose vykstantys anaerobiniai procesai skatina toksinių junginių išsiskyrimą. Pagal (Aquaculture...,1990) pateiktus tyrimų duomenis akvakultūros ūkių nuotekų nuosėdos išskiria dujas, kurių sudėtis – 70-90% metanas, 10-30% - anglies dioksidas ir 1-2% sieros vandenilis. Visi šie junginiai yra toksiški vandens organizmams.

Nuosėdų kiekis pirmiausiai priklauso nuo pašarų kiekio, t.y. nuo auginamų organizmų dydžio, nes jie šeriami priklausomai nuo svorio. Įvairūs tyrimai parodė, kad neištirpusi frakcija sudaro nuo 200 iki 1000 kg vienai tonai išaugintos produkcijos. Pramoniniams projektiniams skaičiavimams priimama, kad vienas kilogramas sušertų pašarų generuoja 300 g nuosėdų. Tyrimai pramoninėmis sąlygomis pateikia reikšmes nuo 200 g iki 400 g kilogramui pašarų ir pažymima, kad tikėtis mažiau kaip 200 g realiomis auginimo sąlygomis yra nerealu, o reikšmių, viršijančių 450 g taip pat nepasitaiko, nes tai rodytų ypatingai neekonomišką pašarų naudojimą ir labai didintų produkcijos savikainą, kadangi pašarų kaina URS produkcijos savikainoje paprastai sudaro 50-60%.

4.3 Azotas URS nuotekose

Uždaroje dirbtinėje ekosistemoje, esant nedideliame vandens tūrio atsinaujinimui kaupiasi azotas. Žuvis yra šeriamas pašarais, kurių sudėtyje yra daug proteinų (30 – 60%). Gyvybinės veiklos procese žuvų sunaudotas proteinų azotas yra išskiriamas per žiaunas – 60 – 90 % amoniako ir 9 – 27 % šlapalo pavidalu. Pvz., lašišinės žuvis įsisavina tik apie 58% pašarų proteinų. Todėl apie 25% pašaruose esančio azoto pasišalina per žiaunas ir su išmatomis (Hagopian and Riley, 1998).

Proteinų metabolizmo rezultatas – tai tirpus amonis, kurio nedisocijavusi dalis NH₃ yra toksiška vandens organizmams net ir nedidelėmis koncentracijomis (4.9 lentelė). Amonio disocijavimo laipsnis tiesiogiai priklauso nuo vandens temperatūros ir pH.

4.9 lentelė. Nedisocijavusio amonio koncentracijų poveikis vandens organizmams.

	NH₃ koncentracija, mg/l	Poveikis
Upėtakis	> 0,0125	Sumažėjęs augimas, neigiamas poveikis žiaunoms, inkstams ir kepenims
Katžuvė	> 0,12	Žiaunų erozija
Tilapija	0,1	Augimo sulėtėjimas, pašarinis koeficiento padidėjimas**
Afrikinis šamas	0,34	Rekomenduojama neviršyti dėl augimo sulėtėjimo***

**El-Sherif, M.S. and El-Feky, Amal M. (2008). Effect of ammonia on Nile tilapia (*O. Niloticus*) performance and some hematological and histological measures, 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture.

*** Schrama E., Roquesa J., Wout Abbinka, Spanings T., de Vriese P., Biermana S., van de Visa H., Flixb G. (2010). The impact of elevated water ammonia concentration on physiology, growth and feed intake of African catfish (*Clarias gariepinus*), Aquaculture 306, p. 108-115

Azoto dalis proteinuose sudaro 16%, todėl jo išskyrimas priklauso nuo proteinų kiekio pašaruose. Skirtingų rūšių organizmai turi skirtingą poreikį proteinams – plėšrių žuvų racione jie sudaro 35-45% (lašišinėms žuvims daugiau, šamams – mažiau), neplėšrioms žuvims (tilapija) – 26-30%. Žinant pašarų sudėtį (proteinų kiekį pašaruose), galima įvertinti tirpaus amonio azoto išskyrimą URS. Europos aplinkos apsaugos agentūra patvirtino akvakultūros įmonių taršos azotu indikatorių, vertinant jį sekančia skaičiavimo metodika:

- šalinamas azotas = azotas pašaruose – azotas žuvyse (įsisavintas);
- azotas žuvyse = produkcijos kiekis * proteinas žuvyse/6,25 (skaičiuojant, kad azoto proteinuose yra 16%);
- azotas pašaruose = proteinas pašaruose/6,25 * pašarų kiekis;
- pašarų kiekis = produkcija * pašarinis koeficientas.

Duomenys apie pašarinis koeficientą ir proteinų kiekį pašaruose gaunami ūkiuose, o proteinų kiekį žuvyse (priklausomai nuo rūšies) galima sužinoti iš mokslinės literatūros.

Inžineriniams projektiniams URS technologinių komponentų skaičiavimams siūlomas toks empirinis metodas (Timmons and Losordo, 1994):

- priimant, kad 80% azoto esančio pašaruose įsisavinama; 80% įsisavinto azoto išskiriama;
- Netirpi frakcija šalinama iš sistemos nespėjusi amonifikuotis (t.y. neįvertinama skaičiavimuose).

$$\text{Šalinamas azotas} = \text{pašarų kiekis} * \text{proteinas pašaruose} * 0,8 * 0,8 * 0,16$$

$$\text{Pašarų kiekis} = \text{produkcija} * \text{pašarinis koeficientas}.$$

Be to amoniakas URS išsiskiria amonifikuojantis azotui, kai proteinai ir amino rūgštys oksidavimosi procese išskiria amoniaką nepašalintose žuvų išmatose ir pašarų likučiuose. Organinis azotas tiesiogiai nesukelia deguonies poreikio, bet jo reikia amonio azotui išsiskyrusiam hidrolizės proceso metu. Amonio azoto išskyrimas aprašomas eksponentine priklausomybe. Kadangi URS skiriamas didelis dėmesys drumstumo kontrolei mechaninio filtravimo ir reikalui esant kitų procesų

(išplukdymas, ozono įterpimas) pagalba, organinio azoto amonifikacijos metu išsiskyrusio amonio dalis URS laikoma neviršijanti 5% nuo bendro jo kiekio.

4.4 Fosforas URS nuotekose

Fosforas gėlavandeniuose telkiniuose yra pagrindinis ribojantis veiksnys augalijos vystymuisi. Akvakultūroje nepanaudotas fosforas, esantis pašaruose, patenka į aplinką ir skatina eutrofizaciją.

Komerciniai pašarai savo sudėtyje turi fosforo perteklių, nes ne visi fosforo junginiai yra organizmų įsisavinami. Daugumoje sudėtinių pašarų ingredientų, tokiuose kaip žuvies ar sojos miltai yra dalis fosforo, kurio organizmai negali pasisavinti.

Didžioji fosforo dalis yra neištirpusioje frakcijoje, t.y. nėra pasisavinama (žr. 4.4 ir 4.5 lenteles), todėl gali būti sėkmingai šalinama drumstumo šalinimo procesuose. Ištirpusio fosforo (pagrindė fosfatų (PO₄) pavidalu) šalinimas yra sudėtingas, todėl pagrindinė jo taršos mažinimo strategija – tai pašarų su mažu jo kiekiu naudojimas. Dauguma fosforo junginių yra sunkiai įsisavinama, todėl laikoma, kad auginamų organizmų dietoje jo turi būti 0,3 – 0,8%. Tyrimai parodė, kad auginant upėtakius URS, jei įsisavinamo fosforo kiekis pašaruose pasiekia 0,7%, tirpaus fosforo išskiriama 0,9 mg skaičiuojant kiekvienam žuvies kilogramui (Flimlin et al., 2001). Ištirpęs fosforas – tai pasisavinto fosforo perteklius, o tai reiškia, kad pasisavinamo fosforo pertekliaus dietoje idealiu atveju neturėtų būti. Šeriant lašišines žuvis pašarais, kuriuos buvo sumažintas fosforo kiekis - 0,8%, lyginant su standartiniu (1,2%), 33% sumažėjo fosforo kiekis nuotekose (Barrows et al., 1996).

Reikia atkreipti dėmesį, kad fosforo įsisavinimas skirtingoms žuvų rūšims priklauso nuo pašarų sudėties. Pvz., fosforą, esantį žuvų miltuose tilapija įsisavina tik 65%, lyginant su lašišinėmis žuvimis, o karpis praktiškai neįsisavina – jam reikalingas fosforas esantis augalinės kilmės ingredientuose (Beveridge, 1984).

4.5 URS pranašumas kontroliuojant akvakultūros ūkiuose susidarančias nuotekas

Pagrindinis URS pranašumas yra galimybė gauti koncentruotus nuotekų srautus, kurie yra tinkami tolimesniam valymui arba antriam panaudojimui ekonomiškai pateisinamais būdais. Papildoma tokių sistemų nauda – tai galimybė kontroliuoti nuotekų kiekius organizuojant efektyvų šerimą aukšto efektyvumo pašarais. Nepaisant didesnių pradinių investicijų, URS aplinkosauginiu požiūriu yra daug žadanti auginimo sistema ir tai yra įrodyta komercinių ūkių veikimo pavyzdžiais.

Vertinant URS ir intensyvias „atviras“ (pratekančias) sistemas per jų būvio ciklo analizę, nustatyta, kad URS, nors ir naudoja 24-40% daugiau energijos (reikalingos vandens apytakai ir vandens valymui), tačiau turi 26-38% mažesnę eutrofizavimo potencialą ir 93% mažesnę priklausomybę nuo vandens šaltinio (Roque d'Orbacastel, E. et al., 2009). Toks eutrofizavimo potencialo sumažėjimas reiškia, kad kiekvienas sušertas pašaro kilogramas URS išskiria 8,1 gr.

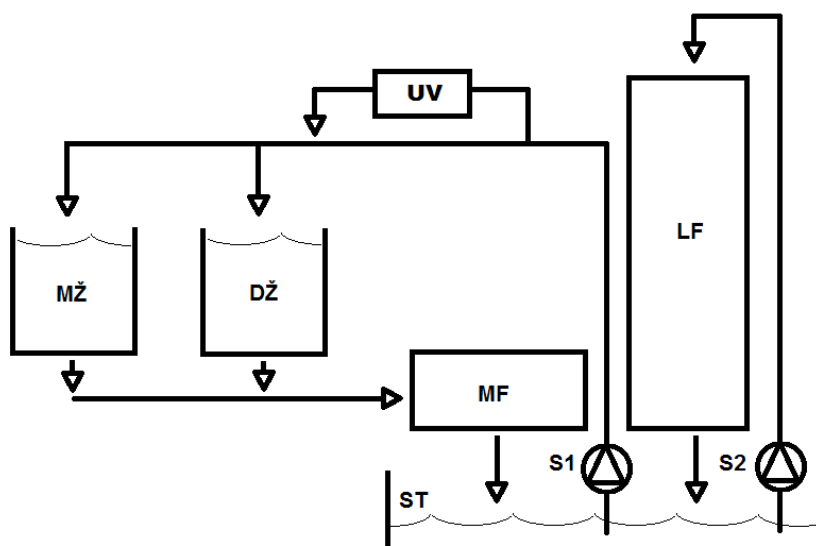
mažiau visuminių kietųjų medžiagų, 5,7 gr. mažiau bendrojo azoto ir 0,8 gr. – fosforo. Kadangi didžiausią įtaką aplinkos poveikiui turi sušeriamas pašarų kiekis, natūralu, kad pašarų efektyvumas ir šerimo planas bei kultūra turi didžiausią įtaką ūkio būvio ciklo indikatoriams. Pateikiamas skaičiavimų pavyzdys, kai URS pašariniam koeficientui rodikliui sumažėjus nuo 1,1 iki 0,8, energijos suvartojimas krito 9%, eutrofizavimo potencialas - 16%, rūgštinimo potencialas - 21%, poveikio globaliniam atšilimui potencialas - 22%, o sistemos trofinis lygis sumažėjo 24%.

Geras inovatyvaus požiūrio į akvakultūros ūkių intensifikavimą ir atitinkamų URS technologinių sprendimų taikymo pavyzdys yra Danijoje. Griežtėjantys gamtosauginiai reikalavimai Danijoje priverstė vietos augintojus arba riboti pašarų naudojimą (o tuo pačiu mažinti gamybą), arba modernizuoti savo ūkius pereinant prie URS technologijų. Taip gimė „Daniško modelio“ pavyzdinė URS, skirta auginti upėtakiams, kurios technologinius sprendimus naudoja dauguma modernizuojamų bei naujai statomų ūkių. Ši sistema leidžia 13 kartų sumažinti naudojamo vandens kiekį ir atitinkamai leidžia efektyviau kontroliuoti ir nukenksminti nuotekas, taip mažindama ūkio poveikį aplinkai. Tyrimai parodė, kad tokiose sistemose azoto šalinimo efektyvumas yra 85-98%, o fosforo 65-96% (Pedersen et al, 2008).

4.6 Afrikinių šamų auginimo URS susidarančio dumblo kiekio ir užterštumo analizė

Dumblo tyrimai atlikti UAB „Baisogalos bioenergija“ URS, kurioje auginami afrikiniai šamai.

Sistemos schema parodyta 4.1 paveiksle. Auginimo vonių (kurių yra 28) talpa – 112 m³, vanduo jose keičiamas vieną kartą per valandą. Žuvis auginamos labai dideliais tankiais – suaugusios iki 500 kg/m³, mažesnės (5 mėnesių amžiaus, svoris – 200-250 g) – iki 150 kg/m³. Vandens temperatūra palaikoma 23-25°C, kasdien sušeriama 160 kg pašarų. Kasdien sistemoje atnaujinama apie trečdalis tūrio vandens – 40-45 m³. pH rodiklis nėra dirbtinai reguliuojamas, todėl jis yra lygus 5,85. Toks rūgštus vanduo mažina biologinio filtravimo efektyvumą, tačiau kartu mažina ir toksišką išskiriamo amonio poveikį žuvis. Naudojamas lašelinis filtras užtikrina pakankamą auginamai rūšiai vandens kokybę ir papildomai aeruoja vandenį. Dėl didelių auginimo tankių grįžtančiame į filtrą iš auginimo talpų vandenyje praktiškai nelieta ištirpusio deguonies, o gražinamas į auginimo talpas vanduo, pratekėjęs per lašelinį filtrą ir susimaišęs su mechaniškai išfiltruotu vandeniu (šioje technologinėje schemoje biologinis filtravimas įjungtas ne nuosekliai, o lygiagrečiai vandens apytakos ratui) užtikrina pakankamą auginamai rūšiai deguonies kiekį: mažesnio tankio talpose prisotinimas deguonimi siekė 61%, didesnio tankio - 43%. Afrikinis šamas – tai nereikli vandens kokybei žuvis rūšis, gebanti papildomai pasisavinti deguonį tiesiog iš oro ir yra puikiai tinkanti auginti URS, nes „atleidžia“ sistemos funkcionavimo trūkumus, šiuo atveju – žemą pH rodiklį, mažą deguonies kiekį ir dideles amonio ir nitritų koncentracijas vandenyje.



4.1 pav. UAB „Baisogalos bioenergija“ URS schema.

MŽ ir DŽ – mažų ir didelių žuvų auginimo talpos, MF – mechaninis būgninis filtras, ST – akumuliacinė siurblių talpa, LF – lašelinis filtras, UV – ultravioletinis vandens dezinfekavimo įrenginys, S1 ir S2 – siurbiai.

Ištyrus URS nuotekas – t.y. mechaninio filtro praplovimo srauto vandenį, gauti sekantys rezultatai, kurie pakankamai gerai koreliuoja su literatūroje pateikiamomis reikšmėmis. Duomenys pateikti 4.10 lentelėje.

4.10 lentelė. UAB „Baisogalos bioenergija“ šamų auginimo ūkyje susidarantių nuotekų užterštumas

Eil. Nr.	Taršos rodiklio pavadinimas	Reikšmė
1.	Skendinčios medžiagos	1154 mg/l;
2.	Biologinis deguonies sunaudojimas BDS ₇	570 mgO ₂ /l;
3.	Cheminis deguonies sunaudojimas ChDS	1170 mgO ₂ /l;
4.	Amonio azotas	39 mg/l
5.	Bendras azotas	58 mg/l;
6.	Bendras fosforas	26 mg/l.

Viena iš aktualių sistemos augintojui problemų yra grąžinti maksimaliai didelę išvalytų nuotekų dalį į sistemą, kad taip būtų galima sutaupyti energiją, sunaudojamą papildomo vandens į sistemą tiekimui ir šildymui bei sutaupyti mokestį už vandenvalos paslaugas (URS nuotekos valomos centralizuotose miestelio vandenvalos įrengimuose).

4.7 Vaivorykštinių upėtakių auginimo URS susidarancio dumblo kiekio ir užterštumo analizė

4.11 lentelėje pateikti ASU upėtakių vandens/nuotekų kokybės/taršos tyrimų rezultatai. Duomenys pateikti kaip vidutinė reikšmė ± STD nuokrypis. Tarša susidaro žymiai mažesnė, nei

šamų ūkyje, todėl, kad ASU žuvų auginimo sistema nėra komercinė ir auginamas palyginti nedidelis upėtakių kiekis.

4.11 lentelė. Vandens/nuotekų kokybės tyrimų duomenys:

Eil. Nr.	Vandens kokybės ir/ar nuotekų rodiklio pavadinimas	Po mechaninio filtro	Iš nutekamojo vamzdžio	Po biologinio filtro	Iš auginimo baseino
	Upėtakiai (jaunikliai)				
1.	Ištirpusio deguonies kiekis, mg/l	8,8 ± 0,4	8,42 ± 0,4	11,33 ± 0,7	8,45 ± 0,32
2.	SM, mg/l	0,0912 ± 0,9	6,4 ± 2,9	4,0 ± 2,6	0,084 ± 0,7
3.	BDS ₇ , mgO ₂ /l	1,62 ± 1,3	5,9 ± 1,1	-	1,62 ± 1,5
4.	ChDS, mgO ₂ /l	-	31 ± 1,8	-	-
5.	Bendras fosforas, mg/l	0,444 ± 0,8	0,63 ± 0,9	-	0,52 ± 0,9
6.	Bendras azotas, mg/l	-	11 ± 2,1	-	-
7.	Nitritų azotas, mg/l	0,08 ± 1,1	0,029 ± 3,1	0,011 ± 0,9	0,057 ± 0,015
8.	Nitratų azotas, mg/l	34 ± 1,8	8,5 ± 2,8	7,5 ± 1,5	14,62 ± 2,3
9.	Amonio azotas, mg/l	0,019 ± 0,9	0,17 ± 1,9	-	0,039 ± 0,006
10.	Temperatūra °C	17,6 ± 0,6	18,9 ± 0,7	17,59 ± 0,6	17,59 ± 0,19
11.	pH	8,33 ± 0,6	8,36 ± 0,5	7,6 ± 0,8	8,15 ± 0,39

Skendinčių medžiagų vandens mėginiuose, paimtuose iš nutekamojo vamzdžio yra vidutiniškai 6,4 mg/l, po mechaninio filtravimo jų koncentracija tik 0,0912 mg/l. Tai rodo, kad mechaninis biologinis filtras veikia efektyviai. Tačiau SM koncentracija vandens mėginiuose po biologinio filtro vėl pakyla vidutiniškai iki 4,0 mg/l.

Biocheminis deguonies suvartojimas mėginiuose iš nuotekų vamzdžio vidutiniškai yra 5,9 mgO₂/l, po mechaninio filtravimo šis rodiklis sumažėja vidutiniškai iki 1,62 mgO₂/l.

Bendro fosforo, bendro azoto, SM susidarantys teršalų kiekiai neviršija 4.1 lentelėje pateikiamų URS nuotekose susidarantių teršalų rodiklių reikšmių.

5. BENDRIEJI SANITARINIAI REIKALAVIMAI APYTAKINĖSE ŽUVININKYSTĖS SISTEMOSE

Sėkmingam URS veikimui didelės reikšmės turi ligų profilaktika ir jų valdymas, įvykus ligų protrūkiui. URS savininkas turi žinoti vandens kokybės parametrus, kuriems esant žuvis jaučiasi gerai ir nepatiria papildomo streso. Labai svarbūs ir reikalavimai maisto kokybei – maisto sudėtis turi būti tokia, kad stiprėtų žuvų imunitetas. Todėl auginant žuvis URS turi būti laikomasi tam tikrų prevencinių priemonių, kad į sistemą nepatektų ligų sukėlėjai, o jei taip atsitiko - sugebėti kontroliuoti ligas.

5.1 Bioapsauga

Auginamų URS žuvų tankis baseinuose yra didelis (20 – 120 kg/m³), lyginant su tvenkininėje žuvininkystėje auginamų žuvų tankiu (< 1 kg/m³). Žuvų auginimo sistemoje turi būti sudaromos tokios auginimo sąlygos, kurios palaikytų optimalią žuvų sveikatą, nes tik tada žuvis gali efektyviai naudoti maistą kūno masės augimui. Efektyvus žuvų sveikatos valdymas (sanitarija) apima specialias priemones ir procedūras, kurias naudojant galima apsisaugoti nuo infekcinių ligų protrūkio URS įrenginiuose. Užsienio literatūroje šios priemonės vadinamos bioapsauga (Timmons and Ebeling, 2013). Naudojant bioapsaugos priemones ir procedūras, galima:

1. sumažinti pavojų, kurį gali sukelti patogenai patekę į sistemą;
2. sumažinti pavojų, kurį gali sukelti patogenai pasklidę po sistemą.
3. sumažinti sąlygas, kurios gali padidinti žuvų jautrumą ligoms ir infekcijoms.

Bioapsaugos priemonių įdiegimas padeda apsaugoti žuvų auginimo sistemą nuo ligų, arba, įvykus ligų protrūkiui – jas valdyti, minimizuojant susirgusių žuvų skaičių. Viena iš efektyvių ligų protrūkio prevencinių priemonių yra nuolatinis stebėjimo (vandens kokybės, žuvų elgsenos) protokolų pildymas, kurių dėka galima nustatyti žuvų sveikatos problemas ankstyvojoje stadijoje. Nuolat pildant stebėjimo protokolus galima išvengti didelio žuvų mirtingumo ir didelių ekonominių nuostolių.

Bioapsaugos priemonės turi būti numatytos dar URS projektavimo etape, o stebėjimo protokolai turi būti parengti prieš pradedant sistemai veikti. Norint, kad bioapsaugos priemonės būtų naudingos URS, svarbu, kad sistema būtų suprojektuota taip, kad visi įrenginiai ir priemonės būtų išplaunamos nesunkiai ir turi būti plaunamos dažnai. Kiekvienas paviršius URS gali būti kaip substratas mikroorganizmams atsirasti ir daugintis. Visi URS komponentai, įskaitant biofiltrus, oksigeneratorius, anglies dvideginio šalintojus, vamzdžius ir baseinus turi būti pagaminti iš neporėtos medžiagos ir turi būti lengvai valomi ir dezinfekuojami. Plaunant įrenginius turi būti išvalomi susikaupę nešmenys bet kurioje sistemos dalyje.

5.2 Patogenų patekimo į sistemą pavojaus sumažinimas

5.2.1 Vandens tiekimas

Patogenai į sistemą gali patekti per tiekiamo vandens priemones, tokiu būdu padidindamas infekcinių ligų sklidimo riziką URS. Pats saugiausias vandens šaltinis URS yra požeminis vanduo, todėl, kur tik įmanoma, toks vanduo ir turėtų būti naudojamas. Jei naudojamas vanduo, kuris turi sąlytį su aplinka (paviršinis vanduo), tokiu atveju prieš patekdamas į sistemą jis turi būti dezinfekuojamas UV arba ozonu.

5.2.2 Ikras ir žuvis

Ligų sukėlėjai į žuvų auginimo baseinus gali patekti atsivežant žuvis iš kitų žuvininkystės ūkių. Žuvų mailių, jauniklius ar suaugusias žuvis reikia pirkti iš patikimų ūkių, neužkrėstas jokiais ligomis ar parazitais. Prieš suleidžiant atsivežtas žuvis į auginimo baseinus, reikia jas palaikyti karantine. Jei ikras ar žuvis perkamos, jos turi būti imamos iš tiekėjų, kurie naudoja dezinfektantus ar vandenį be patogenų ir turintys sertifikatą, kad ūkyje nėra ligų sukėlėjų. Perkant ikrus, reikia įsitikinti, kad atrinkta motininė banda patikrinta nuo ligų sukėlėjų. Perkant žuvų jauniklius ar suaugusias žuvis, turėtų būti tikrinami keli mėginiai.

Jei perkamos žuvis iš tvenkinių į URS prieš tai jų nepatikrinus, gali kilti ligų protrūkis. Net jei perkami patikrinti nuo ligų ikras, juos atsivežus į URS reikia dezinfekuoti. Prieš naudodami ikro dezinfektantus, reikia įsitikinti ar pasirinkta priemonė netoksiška perkamai žuvų rūšiai ir ar ji veiks ligų sukėlėjus. Ikrų dezinfekavimui gali būti naudojamas jodas, vandenilio peroksidas ir formalinas. Pvz., 10 % Povadino jodas turi 1% veiklaus jodo ir gali būti naudojamas kaip ikro paviršiaus dezinfektantas lašišinių žuvų ikrams. Kad sumažinti patogenų patekimo riziką, ikro ir žuvų tankumas baseinuose turi būti nedidelis.

5.2.3 Maistas

Ligų sukėlėjai į URS gali patekti su žuvų maistu. Ligų sukėlėjai į maistą gali patekti prieš juos gaminant, t.y. iš aplinkos. Maistas turi būti saugomas pagal gamintojų rekomendacijas, paprastai ant medinių padėklų vėdinamoje ir sausoje patalpoje. Neteisingai laikomas maistas praranda maistines savybes ir gali būti ligų sukėlėjų ar grybelių patekimo į sistemą šaltinis. Naudojant gyvą ir užšaldytą maistą gali plisti parazitai, bakterijos, grybeliai ar virusai, kurie išgyvena užšaldyti. Kad išvengtų žuvų sveikatos problemų susijusių su maistu, jis turi būti naudojamas iki gamintojų nurodytos datos.

5.2.4 Personalas ir lankytojai

Ligų sukėlėjų nešiotojais gali būti ir pats personalas bei lankytojai. Darbuotojai ir lankytojai turi naudoti sanitarines higienos priemones. Transporto priemonių (maisto, žuvų pervežimo priemonės) ratai turi būti dezinfekuojami prieš jiems įvažiuojant į URS teritoriją (5.1 pav.). Reikia stengtis, kad

tokių turų skaičius būtų kuo retesnis. Taip pat ir su lankytojais - žmonių skaičius apsilankymo metu turi būti nedidelis, lengvai valdomas (geriausiai nuo trijų iki šešių žmonių, didelės grupės turi būti suskaidytos į mažas). Lankytojai turi būti registruojami – data, laikas, vardas, pavardė ir vizito tikslas.



5.1 paveikslas. Transporto ratų dezinfekavimo duobė prie įvažiavimo į žuvininkystės fermos teritoriją

Visi nauji darbuotojai ir lankytojai turi išklausti instruktažą apie bioapsaugos reikalavimus. Prieš įeinant į žuvų auginimo zoną, dirbantis personalas turi persirengti švariais darbo drabužiais ir dezinfekuoti avalynę. Lankytojai turi apsirengti darbo drabužius ant savo rūbų, dezinfekuoti batus ir nusiplauti rankas su muilu. Lankytojai iš kitų akvakultūros įmonių turėtų pakeisti savo rūbus, apsirengti švarius darbo drabužius ir batus, rankas plauti ne trumpiau kaip 1 minutę. Lankytojai turi būti informuoti, kad neliešų įrenginių patalpoje ar į juos remtųsi. Prie įėjimo į patalpas, į kurias draudžiama įeiti, turi būti įrengtos užtvartos, pvz. karantinas. Po kiekvieno apsilankymo, grindys turi būti išvalomos su bekvapiais dezinfektantais (pagal protokolą).

Darbuotojai, dirbantys URS, neturėtų laikyti namuose vandens gyvūnų ar dirbti kitose žuvų auginimo ūkiuose. Žuvų auginimo patalpose neturi būti graužikų, paukščių ir kitų gyvūnų.

5.2.5 Batų dezinfekavimo vonelės ir kilimėliai

Ligų sukėlėjai į URS gali patekti su avalyne. Šie patogenai gali patekti į orą valant grindis ar vaikstant tarp baseinų, gali pateikti į baseiną, jei valymui ar žuvų gaudymui naudojamos laikomos priemonės ant grindų. Kad apsisaugoti nuo ligų sukėlėjų iš šio šaltinio, reikia naudoti batų dezinfekavimo vones ar kilimėlius (5.2 ir 5.3 pav.).



5.2 ir 5.3 pav. Negili batų dezinfekavimo vonelė ir betoninė batų dezinfekavimo vonelė įrengta patalpos koridoriuje

Nors tokių vonelių ar kilimėlių naudojimo būtent akvakultūroje efektyvumas nėra ištirtas (Timmons Ebeling, 2013). Tyrimais, atliktais kitų gyvūnų auginimo fermose (paukštynuose,

pieninėse, veterinarijos klinikose ir kt.) nustatyta, kad kilimėliai ir vonelės gali sumažinti bakterijų kiekį iki 95-99% bei sumažinti infekcijos riziką. Tiek batų vonelių, tiek kilimėlių ligų sukėlėjų nukenksminimo efektyvumas panašus (Kirk et al. 2003; Dunowska et al. 2006; Stockton et al. 2006).

Batų vonelės, kaip ligų prevencijos priemonės, turi būti išdėstytos keliose vietose: prie įėjimo į URS patalpas, karantino patalpose, prie įėjimo į atskiras žuvų auginimo zonas ir kt.

Dezinfektantai, naudojami kilimėliams ir vonelėms, turi efektyviai naikinti mikroorganizmus, turi būti netoksiški žmonėms ir žuvisms, saugūs aplinkai, ekonomiškai ir nekenkti drabužiams ar kitiems paviršiams, naikinimo reakcija turi vykti greitai, turi būti efektyvūs aplinkos temperatūroje ir paviršiams turėti liekamąjį veikimą.

Kilimėliai ir vonelės turi būti išdėstytos prie įėjimų į pastatą ir atskiras patalpas, turėtų būti keičiami mažiausiai kas dvi savaites, jei judėjimas yra didelis, ir dažniau. Batų dezinfekavimo vonelės turi būti pakeičiamos po kiekvieno lankytojų apsilankymo, o grindys turi būti išplaunamos su neaeroliniais dezinfektantais. Papildomos dezinfekavimo vonelės turi būti išdėstytos prieš pagrindinę vonią, siekiant apsisaugoti nuo ant batų prilipusiose žemėse esančių potencialių ligų sukėlėjų. Tokios papildomos vonelės gali būti keičiamos dažniau nei pagrindinės.

Labai efektyvi priemonė prieš ligų sukėlėjų sklidimą yra darbuotojų aprūpinimas darbo avalyne, kurią jie apsiautų prieš įeidami į žuvų auginimo fermos patalpas ir nusiautų iš jų išeidami. Vaikščiodami iš vienos patalpos į kitą, darbuotojai neturėtų peržengti batų vonelių. Lankytojai turėtų būti aprūpinti vienkartinėmis batų „kojinėmis“ ir „įminti“ į kilimėlius, išdėstytus prie įėjimų į patalpas. Taip pat svarbu, kad grindys būtų plaunamos su neaeroliniais dezinfektantais. Baseinų valymo, žuvų gaudymo ir kitos priežiūros priemonės neturi būti laikomos ant grindų, o turi būti pakabintos ar kitaip laikomos virš grindų lygio.

5.2.6 Karantinas

Karantinas taikomas naujai atvežtoms žuvisms, žuvisms, kurios perkeliamos iš vienos patalpos į kitą ir pradedančioms sirgti žuvisms. Idealu, jei karantino zona yra atskiroje patalpoje ir tai nėra tik baseinas patalpos kampe. Karantino patalpos turi būti suprojektuotos taip, kad jas būtų lengva valyti ir dezinfekuoti. Nuotekos turi būti išleidžiamos atskirai nuo visos sistemos ir, jei būtina, dezinfekuojamos ozonu ar UV. Karantine turi dirbti kiek įmanoma mažiau žmonių, o lankytojai iš viso neįleidžiami. Patalpa turi būti aiškiai pažymėta specialiais ženklais ir su instrukcijomis. Priemonės ir įranga turi būti taip pat pažymėtos ir naudojamos tik karantino patalpoje. Darbas karantino zonoje turi būti vienas iš paskutinių darbų tą darbo dieną. Personalas turi plauti rankas prieš įeinant į karantino patalpas iš žuvų auginimo zonos ir atvirkščiai. Avalynė turi būti dezinfekuojama, drabužiai turi būti keičiami. Prie įėjimo į karantino patalpas turi būti sumontuotos kriauklės greitam (5.4 pav.) ir efektyviam rankų nusiplovimui: viena kriauklė naudojama rankoms su muilu nusiplauti - nuplautos rankos turi būti nusausinamos popieriniais rankšluosčiais, o čiaupas turi būti užsuktas su tuo

pačiu popieriniu rankšluosčiu (po to jis išmetamas); antroje kriauklėje dezinfekuojami kibirai, tinklai, matavimo priemonės ir kt.; trečia kriauklė yra naudojama priemonėms po dezinfekcijos išskalauti.



5.4 pav. Rankų plovimo punktas

Prieš įėjimą į karantiną turi būti pastatytos dvi batų dezinfekavimo vonelės, užpildytos mažiausiai 5 cm gylio dezinfekavimo tirpalu (5.5 pav.). Vonelės turi būti valomos ir keičiamos kartą per savaitę.



5.5. pav. Mobili batų dezinfekavimo vonelė prie įėjimo į patalpas

Naujai atvežtos žuvis patalpinamos karantine. Žuvis turi būti atvežtos švariame vandenyje, jų vidutinis ilgis ir svoris turi atitikti jų amžių, odos spalva turi būti normali, neturi būti odos ir pelekų pažeidimų. Laikant tinkamose sąlygose, žuvis maitintis ir normaliai elgtis turėtų nuo atvykimo praėjus 24 valandoms.

Norint patikrinti ar žuvis neturi parazitų, dieną prieš atvežimą turėtų būti paimamas žuvų odos mėginys ir atliekama žiaunų biopsija. Tam paimamos mažiausiai 6 žuvis, kurių išvaizda normali ir 6, kurių išvaizda įtartina. Jei karantino metu žuvis miršta, jos turi būti patikrintos nuo parazitų, virusų ir bakterijų, norint nustatyti, kokie patogenai sukėlė mirtį ir ar gali šis patogenas užkrėsti kitas žuvis.

Karantino laikotarpis paprastai trunka nuo 30 iki 45 dienų (būsimai motininei bandai - 30-60 dienų). Kiek laikyti žuvis karantine priklauso nuo rūšies, amžiaus, šaltinio, patogenų inkubavimo ir

vystymosi laikotarpio (jei yra žinomi patogenai), patogenų gyvenimo ciklo ir klinikinių ligos simptomų pasireiškimo.

Kai kurie žuvų augintojai rekomenduoja, kad žuvų biomasė baseine būtų kuo mažesnė, tokiu būdu sumažinant stresą. Bet iš kitos pusės, norint, kad ligų simptomai greičiau išryškėtų, stresas tai gali pagreitinti. Bakterijų, virusų, pirmuonių ir kitų patogenų replikacija priklauso nuo temperatūros. Todėl baseinuose galima laikyti optimalią patogenų vystymosi temperatūrą, siekiant pagreitinti patogenų gyvenimo ciklą. Taip pat stresą žuvims, nors ir trumpalaikį, sukelia žiaunų ar odos mėginių paėmimas, žuvis gali erzinti ryški šviesa, deguonies trūkumas, darbuotojų judėjimas tarp baseinų. Sudarius tokias sąlygas, galima tikėtis, kad greičiau bus nustatytos paslėptos ligų problemos.

Jei įvyksta ligų protrūkis, kol žuvis yra karantine, nuspręsti ar jos galės būti naudojamos tolimesniam auginimui, priklauso nuo esamų patogenų, valymo sąlygų ir galimybės nustatyti ar liko patogenų po valymo. Pvz., jeigu įvyksta *Trichodina* sp. (žiuželinis pirmuonis) protrūkis, jis gali būti sunaikintas naudojant formaliną ar druską, pratęsiant karantino laiką ir nustatant ar liko ligas sukeliančių patogenų, patikrinus žuvis per mikroskopą. Tačiau, jeigu įvyksta virusinės ligos protrūkis, tokiu atveju panaikinti ligą sukėlusius virusus beveik neįmanoma ir tokios žuvis negali būti auginamos produkcijai.

Karantine laikomas žuvis negalima gydyti antibiotikais. Antibiotikai nepašalina patogenų iš žuvis, bet gali būti priežastimi atsparių antibiotikams patogenų atsiradimui.

Nepaisant karantine esančių sąlygų, likus 1 ar 2 savaitėms iki perkėlimo į žuvų auginimo baseinus, reikėtų sudaryti augimo sąlygas, panašias į tas, kurios bus žuvis perkėlus iš karantino.

5.3 Patogenų plitimo sumažinimas

5.3.1 URS valdymas

Gera žuvų auginimo sistemos priežiūra sumažina patogenų, kurie gali paplisti sistemoje, patekimo riziką. Atliekos, susidariusios maitinant žuvis, yra puiki vieta patogenams vežėti. Todėl žuvų auginimo baseinuose neturi būti nesuvartoto maisto, išmatų, dumblių ir vandens augalų liekanų. Įtekėjimo ir ištekėjimo vamzdžiai, aeratoriai, ir visi kiti įrenginiai baseinų viduje ir patys baseinai turi būti dažnai valomi. Visos sistemos dalys turi būti tikrinamos ir valomos, jei būtina, mažiausiai kartą per mėnesį.

Personalas dažnai ir švariai turi plauti rankas. Dezinfektantai ir kibirų, tinklų, vandens kokybės matuoklių, termometrų ir kitų priemonių skalavimo zonos turi būti lengvai pasiekiamos jų dezinfekavimui.

5.3.2 **Dezinfekavimas**

Dezinfektantai ir sanitariniai valikliai turi skirtingą paskirtį. Dezinfektantai šalina faktiškai visus žinomus patogeninius mikroorganizmus ir sunaikina ar padaro neveiksmingus > 99% ligų sukėlėjų. Sanitariniai dezinfektantai sumažina mikroorganizmų kiekį, bet nesumažina patogenų kiekio tokiu mastu, kaip dezinfektantai.

Koks geriausias dezinfektantas tiktų URS? Idealus dezinfektantas turi turėti platų veikimo spektrą, veikti bet kokioje aplinkoje (t.y. ir esant aukštai organinės medžiagos apkrovai), turi būti netoksiškas, nedirginantis, nekoroduojantis ir santykinai pigus. Dezinfektantų naudojimo metu jo veikimui turi įtakos temperatūra ir pH, tinkamai parinkta koncentracija, teisingas naudojimo metodas, pakankamas kontaktinis laikas, saugus laikymas ir naudojimas iki galiojimo datos pasibaigimo, saugus žmonėms ir žuvims, aplinkai ir kiti svarbūs faktoriai.

5.3.3 **Žuvų atrinkimas**

Siekiant kad žuvis neužkrėstų viena kitos, mirusios ir sergančios žuvis turi būti pašalinamos. Apžiūrą reikėtų atlikti mažiausiai kartą per dieną. Atrinktos gyvos žuvis turi būti humaniškai nužudomos, duodant per didelę dozę anestetikų (t.y. MS-222), negalima leisti numirti užtrokštant.

5.3.4 **Priemonės žuvų priežiūrai**

Visos URS įrenginių priežiūrai naudojamos priemonės turi būti dezinfekuojamos. Nukenksmintos priemonės turi būti sudėtos nustatytoje ir pažymėtoje švarioje vietoje. Pvz., nukenksminti tinklai turi būti pakabinti ant kabliukų, švarūs šepečiai gali būti padėti į nukenksmintas vietas aukščiau grindų iki kito naudojimo. Žuvų išgaudymo tinklai gali būti laikomi šalia baseinų dezinfekavimo skystyje, pakabinti arba laikomi lentynoje su grotelėmis.

5.3.5 **Žuvų auginimo patalpų grindys**

Grindys turi būti valomos reguliariai. Dezinfektantų paskleidimui ant grindų galima naudoti purkštukus. Norint, kad dezinfektantas būtų veiksmingas, reikia išlaikyti tam tikrą kontaktinį laiką. Purškiant dezinfektantą ar plaunant grindis, turi būti purškiama taip, kad dezinfektanto srovė būtų kuo arčiau grindų, siekiant išvengti purvo ir atliekų patekimo į orą.

5.3.6 **Žuvų auginimo personalas**

Idealu, jei skirtingos veikos (inkubavimo, jauniklių auginimo, suaugusių žuvų) zonose dirbtų vis kitas personalas. Bet jei darbuotojų skaičius ribotas ir jie turi dirbti keliose zonose, tokiu atveju pirmiausia turi būti prižiūrimi baseinai, kuriuose auga sveikos žuvis ir tik po to sergančių žuvų baseinai. Priemonės, kurios lietsi su grindimis, neturi būti naudojamos baseinuose, prieš tai jų nenukenksminus. Žuvis, iššokusi iš baseino ant grindų, negali būti grąžinama atgal į baseiną. Ji turi