

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS

TVIRTINU: .....

Pareigos

*Vardas, Pavardė*

2023 m. ....mėn. ....d.

**PROJEKTAS ĮGYVENDINTAS PAGAL ŽEMĖS ŪKIO, MAISTO ŪKIO,  
ŽUVININKYSTĖS IR KAIMO PLĖTROS 2023–2027 METŲ MOKSLINIŲ TYRIMŲ IR  
EKSPERIMENTINĖS PLĖTROS FINANSAVIMO TAISYKLĖS**

**Rekomendacijų dėl inovatyvių sprendimų, mažinančių gamtos išteklių  
naudojamą akvakultūroje bei akvakultūros tvenkiniuose ir  
uždariosiose akvakultūros sistemose susidarancio dumblo  
panaudojimo galimybes parengimas**

**2023 M. GALUTINĖ ATASKAITA**

**Tyrimo vadovė**

**Gražina Žibienė**

*Kaunas, Akademija*

**2023**

## Santrumpos

As – arsenas (mg/kg)

BDS – biocheminis deguonies suvartojimas

BSM – bendrosios skendinčios medžiagos (g/parą, kg/parą)

ChDS – cheminis deguonies suvartojimas

Cd – kadmis (mg/kg)

Cr – chromas (mg/kg)

Cu - varis (mg/kg)

Hg – gyvsidabris (mg/kg)

KD – kietosios dalelės (%)

N<sub>B</sub> – bendrasis azotas (mg/l)

Ni – nikelis (mg/kg)

Mn – manganas (mg/kg)

OM – organinės medžiagos (g)

P<sub>B</sub> – bendrasis fosforas (% nuo KD)

Pb – švinas (mg/kg)

PKK – pašarų konversijos koeficientas

TSS – bendras skendinčių medžiagų kiekis

SM – sausa masė (g, kg)

UAS – uždaros akvakultūros (apytakinės) sistemos (žuvų auginimo)

Zn – cinkas (mg/kg)

ŽAD – žuvų auginimo dumblas

# TURINYS

1.	ĮVADAS.....	4
2.	TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI.....	7
2.2.	Tyrimų objektai .....	7
2.2.	Dumblo mėginių paėmimas.....	10
2.3.	Dumblo mėginių tyrimų sudėtis ir fizikinių-cheminių rodiklių vertinimo metodika .....	11
2.4.	Biodujų gamybai tinkamo dumblo energetinės vertės nustatymas .....	12
3.	MTTV PROJEKTO REZULTATAI, JŲ APTARIMAS IR REKOMENDACIJOS .....	16
3.1.	Lietuvos žuvininkystės subjektų praktika bei užsienio šalių patirtis akvakultūroje susidarančio dumblo panaudojimo srityje.....	16
3.1.1	Dumblo susidarymas akvakultūroje .....	16
3.2.	Užsienio šalių patirtis akvakultūroje susidarančio dumblo panaudojimo srityje .....	19
3.2.1.	Žemės ūkio naudmenų laistymas, tręšimas .....	21
3.2.2.	Anaerobinis nukenksminimas .....	22
3.2.3.	Dumblo panaudojimas biodujų gamybai.....	25
3.2.4.	Biodujų gamybai tinkamų priemonių ir dumblo mišinių energetinės vertės nustatymas .....	26
3.2.5.	Kompostavimas.....	27
3.3.	Lietuvos žuvininkystės subjektų praktika akvakultūroje susidarančio dumblo tvarkymo srityje .....	28
3.4.	Sunkiųjų metalų tyrimų rezultatai Lietuvos akvakultūros ūkiuose susidariusiame dumble.....	34
3.5.	Biodujų gamyba iš Lietuvos akvakultūros ūkiuose susidariusio dumblo.....	41
3.6.	Biodujų, gautų iš nuotekų dumblo ir žuvų auginimo dumblo, kokybės rodikliai .....	42
3.7.	Lietuvos UAS ir žuvininkystės tvenkiniuose naudojami pašarai, jų kiekiai, sudėtis, iš pašarų į dumblą patenkančių N ir P procentinės dalys.....	45
3.8.	Rekomendacijos dėl dumblo paruošimo technologijų (sandėliavimas, nusausinimas, džiovinimas, CO <sub>2</sub> „užrakinimas“ ir/ar kt.) .....	50
3.9.	Dumblo panaudojimo būdų/tikslų žemės ūkyje įvertinimas ir ekonominį naudingumą (traša, komposto gamyba, biodujų gamyba ir/ar kt.) .....	52
3.10.	Aplinkosauginis akvakultūros tvenkinių poveikis, rekomendacijos šiam poveikiui gerinti .....	54
3.11.	Akvakultūra – žiedinės bioekonomikos pavyzdys .....	57
	IŠVADOS.....	62
	LITERATŪRA.....	65
	MTTV PROJEKTO REZULTATŲ POPULIARINIMAS .....	70

## 1. ĮVADAS

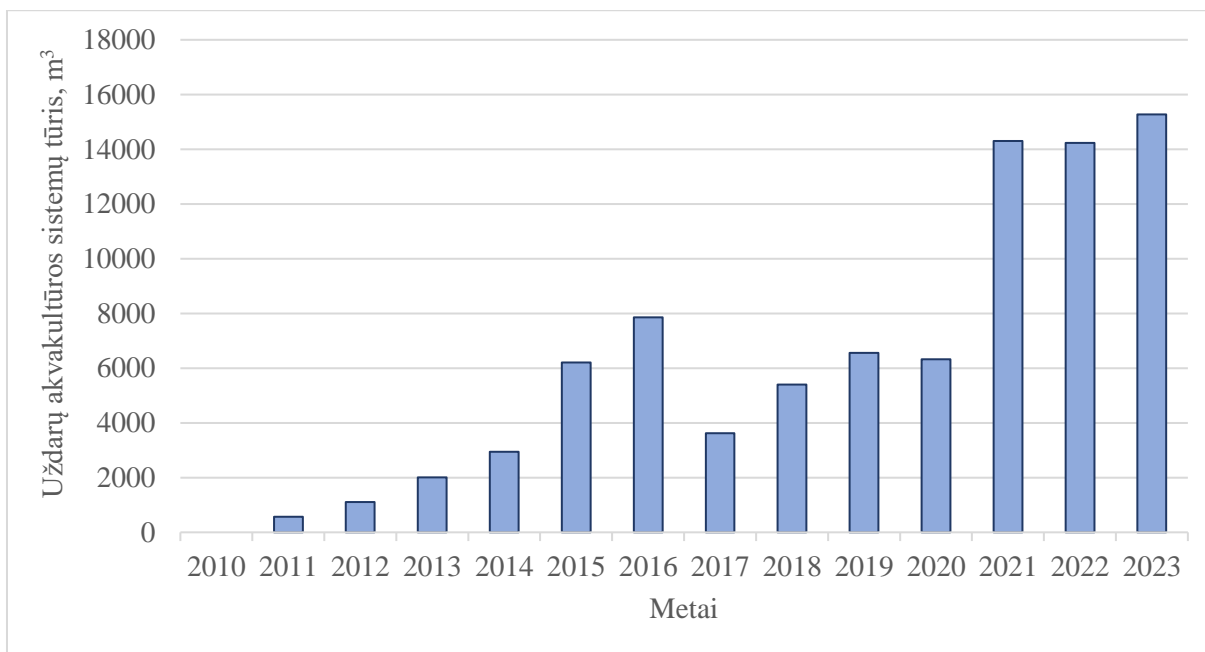
Lietuvos akvakultūros sektorius susiduria su problemomis, kai reikia pašalinti produkcijos gamybos metu susidariusį dumblą, kai neaišku, kokių medžiagų dumble yra ir kokios gali būti dumblo panaudojimo galimybės.

Analizuojant įveistų akvakultūros tvenkinių plotą, uždaryjū akvakultūros sistemų (toliau - UAS) tūrį Lietuvoje (žr. 1.1 pav.) matoma, kad akvakultūros tvenkinių plotas nuosekliai didėja ir akvakultūros tvenkinių plotas nuosekliai didėja ir 2023 m. pradžioje siekė 10114 ha (iš jų 4321 ha auginama ekologinė produkcija), o UAS tūris 2021 metais ženkliai padidėjo (nuo 6321 m<sup>3</sup> 2020 m. iki 14306 m<sup>3</sup>) ir 2023 m. pradžioje siekė 15278 m<sup>3</sup> (žr. 1.1 pav.).

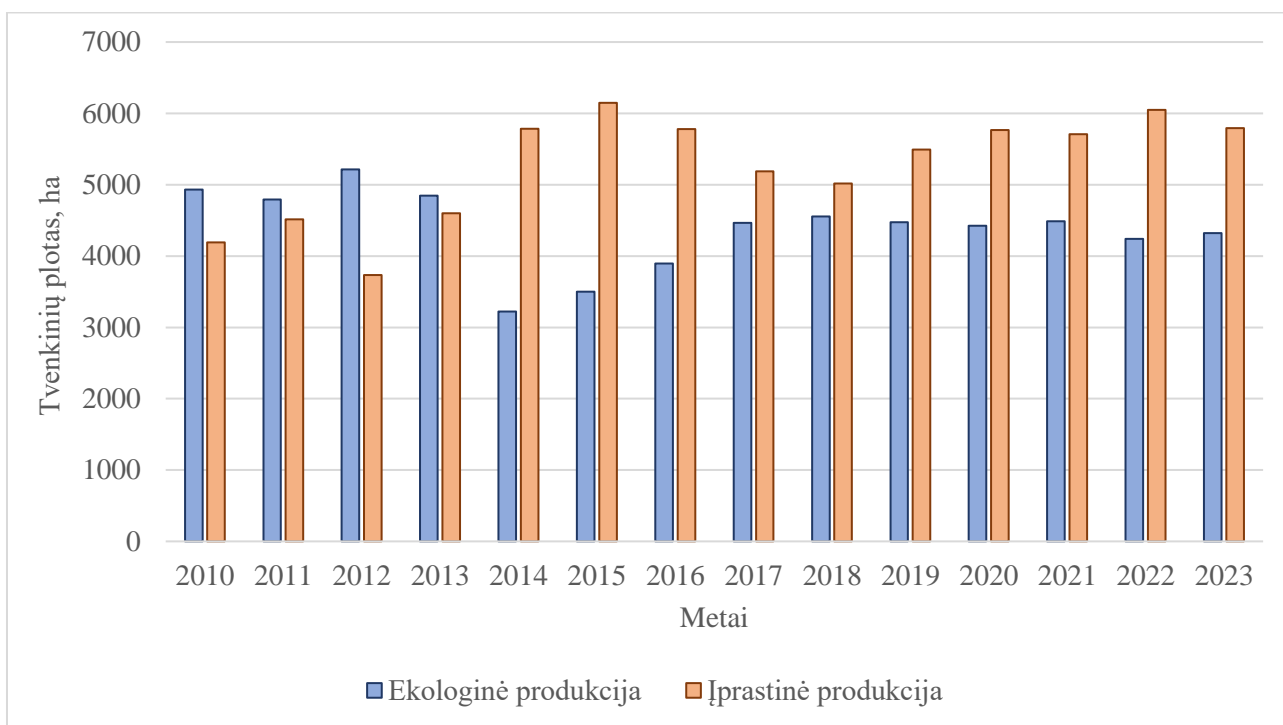
Atitinkamai kasmet didėja ir susidarančio dumblo kiekis. Tarkim, jei vidutinis dumblo sluoksnio toris akvakultūros tvenkiniuose būtų 10 cm, tai iš viso būtų daugiau nei 10,1 mln. m<sup>3</sup> tvenkiniuose susikaupusio dumblo, kurį galima būtų tikslingai panaudoti. UAS susidarančio dumblo kiekį prognozuoti yra sunkiau, nes šis kiekis priklauso nuo sušeriamų pašarų kiekio ir sudėties, auginamų žuvų rūšies, dydžio ir tankio, naudojamų mechaninių ir biologinių įrenginių, nusausinimo būdų, dumblo drėgnumo ir kitų veiksnių.

2022 m. spalio 31 d. Europos Komisijos sprendimu Nr. C(22)80088 patvirtino Lietuvos žuvininkystės sektoriaus 2021-2027 metų programą. Šioje programoje akcentuojama, kad „didelis potencialas numatomas Lietuvoje sparčiai augančioje gamyboje gamtos išteklius taupančiose uždaroje akvakultūros sistemose (toliau – UAS), pirmumas teikiamas žemesnio trofinio lygio rūšių (vėžiagyvių ir kitų bestuburių, dumblių) gamybai, integruotos daugiatrofinės akvakultūros vystymui. Siekiama, kad iki 2030 m. Lietuvoje per metus pagaminamas akvakultūros produkcijos kiekis sudarytų ne mažiau 8,5 tūkst. t, įžuvintų ekologinės gamybos akvakultūros tvenkinių ploto dalis išaugtų 16 %, o ekologinė akvakultūros gamyba 39% (lyginant su 2020 m.). Tad sparčiai augant gamybai UAS, vis aktualesnis taps ir šiose sistemose bei tvenkiniuose susidarančio dumblo efektyvus panaudojimas.

Dumblo panaudojimas šiuolaikinėje gilėjančios ekonominės ir energetinės krizės situacijoje yra labiau aktualus, nei bet kada. Dirbtinių trąšų gamyba stoja dėl energijos kainų augimo, trąšos tampa ūkininkams ir bendrovėms neįperkamos, tad gali būti daug norinčių paimti dumblą iš akvakultūros įmonių. Panaudojimas biodujų gamybai taip pat gali būti technologiškai ir ekonomiškai patrauklus, tačiau efektyviai gamybai reikalingi didesni dumblo ir organinių atliekų kiekiai. Dumblo panaudojimas gali tapti vienu iš žiedinės ekonomikos pavyzdžių.



**1.1 pav. Uždarytų akvakultūros sistemų tūris 2010-2023 m. laikotarpyje**



**1.2 pav. Įveistų įprastinė ir ekologinės produkcijos tvenkinių (šaltinis - VĮ Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras)**

Vykdam šį MTTV projektą siekiama sukurti papildomų žinių ir pasiekti specifinių praktinių tikslų: MTTV projekto vykdymo metu numatyta nustatyti maistingųjų medžiagų, sunkiųjų metalų kiekius akvakultūros ūkių dumble, UAS į dumblą iš pašarų patenkančių N ir P junginių kiekius. Numatoma pateikti rekomendacijas dėl dumblo paruošimo technologijų parengimo, rekomendacijas

dėl dumblo panaudojimo būdų žemės ūkyje. Taip pat numatoma įvertinti akvakultūros tvenkinių aplinkosauginį poveikį mažinant į Baltijos jūrą ir upes patenkančių nešmenų kiekį.

MTTV projekto tikslas - parengti mokslinių tyrimų ir bandomųjų projektų rezultatais grįstas praktines rekomendacijas dėl akvakultūros tvenkiniuose ir uždaruose akvakultūros sistemose susidarančio dumblo panaudojimo galimybių.

MTTV projekto uždaviniai:

1. Apžvelgti Lietuvos žuvininkystės subjektų praktiką bei užsienio šalių patirtį apie akvakultūroje susidarančio dumblo panaudojimą.
2. Ištirti statistiškai patikimą susidarančio dumblo mėginių kiekį ne mažiau kaip iš 5 akvakultūros bendrovių tvenkinių (išleidimo kanalų, nusėdintuvų, prekinių žuvų tvenkinių) ir 5 uždarytų akvakultūros sistemų (po mechaninių filtrų ir nusistovėjusio dumblo iš dumblo rinktuvų/nusėdintuvų):
  - 2.1. maistingąsias medžiagas (biogenus N; P; K; C), cheminius junginius;
  - 2.2. sunkiuosius metalus (švinas, gyvsidabris, kadmis, arsenas, manganas, chromas, cinkas, varis ir/ar kt.);
3. Išanalizuoti informaciją apie Lietuvos uždaruose apytakinėse sistemose (UAS) naudojamus pašarus ir jų kiekius, iš pašarų deklaruojamos sudėties paimti N ir P, kad galima būtų įvertinti kiek (procentinė dalis) patenka į dumblą.
4. Pateikti rekomendacijas dėl:
  - 4.1. dumblo paruošimo technologijų parengimo (sandėliavimas, nusausinimas, džiovinimas, CO<sub>2</sub> „užrakinimas“ ir/ar kt.)
  - 4.2. dumblo panaudojimo būdų/tikslų žemės ūkyje įvertinant ir ekonominį naudingumą (trąša, komposto gamyba, biodujų gamyba ir/ar kt.).
5. Įvertinti aplinkosauginį akvakultūros tvenkinių poveikį, parengti rekomendacijas šiam poveikiui gerinti.

## 2. TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI

### 2.2. Tyrimų objektai

MTTV projekto įgyvendinimo metu numatyta paimti susidarančio dumblo mėginius iš ne mažiau kaip iš 5 akvakultūros bendrovių tvenkinių (išleidimo kanalų, sėsdintuvų, prekinių žuvų tvenkinių) ir 5 uždarytų akvakultūros sistemų (po mechaninių filtrų ir nusistovėjusio dumblo iš dumblo rinktuvų/sėsdintuvų).

Dėl vykdomo MTTV projekto, numatomų vizitų į tvenkininės žuvininkystės įmones bei akvakultūros įmones, turinčias uždaras apytakines žuvų auginimo sistemas, ketinimus paimti susidarančio dumblo mėginius ir MTTV projekto lėšomis laboratorijose atlikti šių dumblo mėginių tyrimus, kvietimus asociacijų nariams įsijungti į projekto vykdymą, buvo kreiptasi į asociaciją „Alternatyvioji akvakultūra“, Nacionalinę akvakultūros ir žuvų produktų gamintojų asociaciją direktorių, atskiras akvakultūros įmones ir ūkius.

Pageidaujančių dalyvauti tyrime žuvininkystės ūkių ir įmonių, turinčių UAS, atsiliepė pakankamai, kad būtų galima paimti statistiškai patikimą mėginių skaičių, be to dalis įmonių pateikė ir kelių ankstesnių metų dumblo mėginių tyrimų rezultatus.

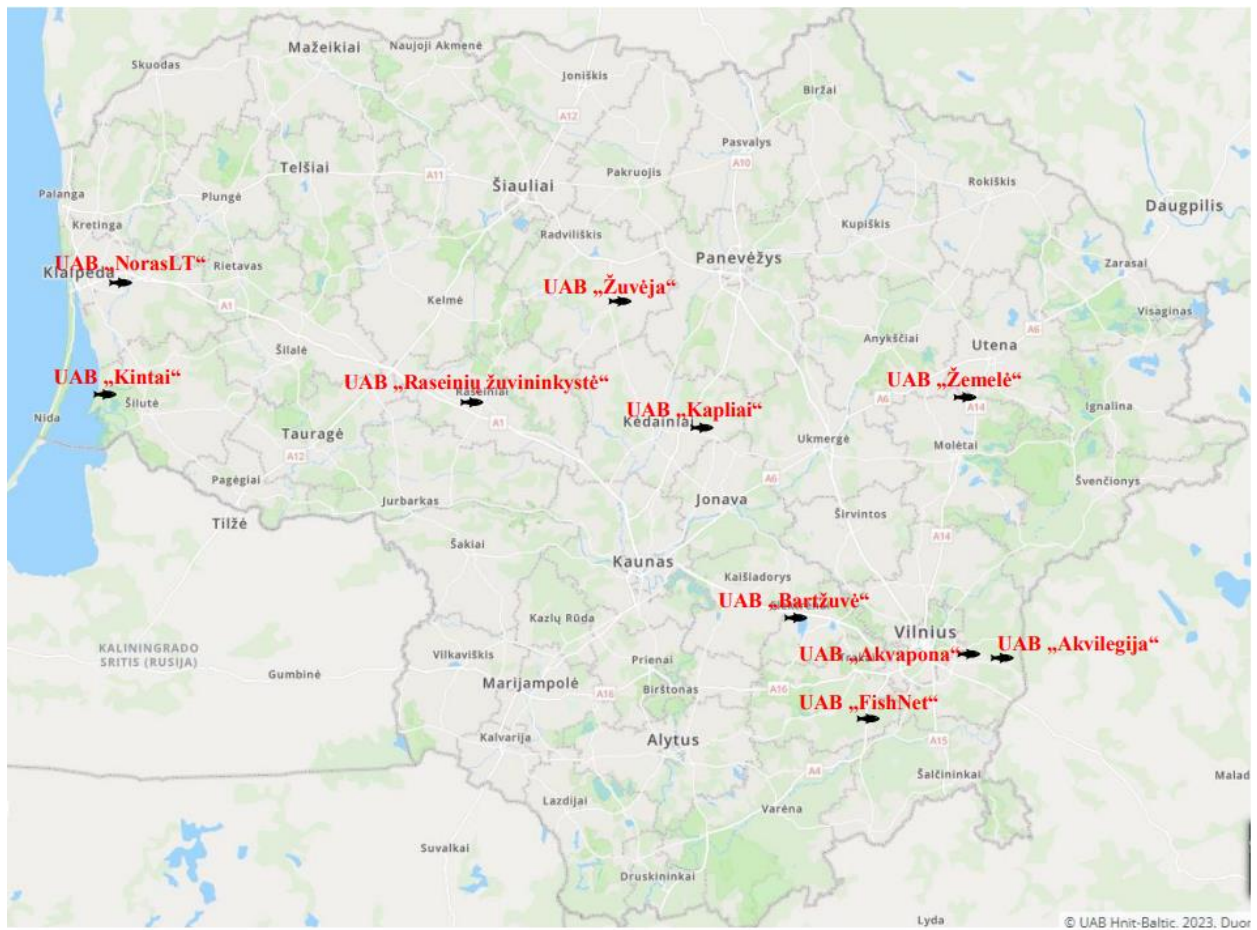
Dumblo mėginiai buvo paimti 2022 m. spalio – lapkričio mėnesiais, kai dalyje žuvininkystės tvenkinių išgaudomos auginamos žuvys, išleidžiamas vanduo ir dumblas apsausėja, o iš UAS – prieš ūkininkams paimant dumblą tręšimui. Dėl dumblo mėginių paėmimo susitarta su UAB „Raseinių žuvininkystė“, UAB „Akvilėja“, UAB „Bartžuvė“, UAB „Kintai“, UAB „Kapliai“, UAB „Fishnet“, ŽŪB „Žemelė“, UAB „Noras LT“, UAB „Baisogalos bioenergija“, UAB „Akvapona“ (žr. 2.1 pav.).

Iš MTTV projekte sutikusių dalyvauti įmonių ir ūkių buvo paimti dumblo mėginiai, ankstesnių dumblo tyrimų rezultatai, surinkta susijusi su projektu informacija (tam panaudoti įmonių TIPK leidimai, įmonių interneto svetainėse esanti informacija).

#### 2.2.1. Tvenkinių akvakultūros ūkiai

##### *UAB „Akvilėja“*

Ūkyje auginami veidrodiniai karpiai, baltieji amūrai, margieji plačiakakčiai, lydekos, europiniai šamai, sidabriniai eršketai ir lynai. Įrengti 3 tvenkiniai – sėsdintuvai, kurie sumažina skendinčių medžiagų patekimą į upę. Išvalymo efektyvumas nurodomas 72 proc. Ūkiui priklauso 654,2 ha vandens ploto. Dumblo mėginiai buvo imti iš 7,4 ha ploto tvenkinio.



**2.1 pav. Tyrime įtrauktos tvenkininės žuvininkystės įmonės bei UAS įmonės**

#### *UAB „Bartžuvė“*

Ūkyje auginami karpiai, lydekos, karosai, baltieji amūrai, margieji plačiakakčiai, lynai, vaivorykštiniai upėtakiai, eršketai, šamai, storkiai. Bendras tvenkinių plotas apie 390 ha. Nuotekos iš žuvininkystės tvenkinių išleidžiamos be valymo. Dumblo mėginiai buvo imti iš 0,4 ha ploto tvenkinio.

#### *UAB „Kintai“*

Ūkis veiklą vykdo nuo 1993 m. Įmonei priklausančioje 600 ha teritorijoje tvenkiniuose veisiamos ir auginamos įvairios žuvys: karpiai, baltieji amūrai, margieji plačiakakčiai, upėtakiai, eršketai, šamai, lydekos, karosai, ešeriai, lynai.

#### *UAB „Kapliai“*

Ūkio bendras tvenkinių plotas 237,9 ha, sertifikuotas plotas – 208,9 ha, iš jo įžuvintas – 207,6 ha. Ūkis vysto ekologinę žuvininkystę. Augina ir veisia karpius bei upėtakius.

### *UAB „Raseinių žuvininkystė“*

Ūkyje auginami karpiai, lydekos, amūrai, karosai. Įmonė turi apie 1300 ha tvenkinių. Nuotekos iš žuvininkystės tvenkinių išleidžiamos be valymo. Dumblo mėginiai buvo paimti iš 10 ha ploto tvenkinio.

#### 2.2.2. Uždarų akvakultūros sistemų ūkiai

##### *UAB „Fishnet“*

UAB „Fishnet“ ūkyje per metus užauginama apie 200 t. žuvies (MTTV projekto įgyvendinimo metu ši įmonė įgyvendino plėtros projektą). Auginama žuvų rūšis – vaivorykštiniai upėtakiai. Mechanškai valant vandenį iš auginimo baseinų susiformuoja 86,4 m<sup>3</sup>/d gamybinių nuotekų. Nuotekų pirminiam cheminiam apdorojimui naudojamas koaguliantas „Poliflock SM 8221“. Koaguliantas dozatoriaus pagalba lašinamas į nuotekų vamzdį prie nuotekų susiformavimo vietos. Apdorojant koaguliantu, pasiekiamas aukštas nuotekų pirminio apvalymo laipsnis. Toliau nuotekos nuskaidrinamos dumblo sėsdintuve. Iš sėsdintuvo nuskaidrintos nuotekos, 87 m<sup>3</sup>/d., (31755 m<sup>3</sup>/m.) per nuotekų srauto išlyginimo rezervuarą tiekiamos biologiniam valymui nendrių filtruose ir po valymo išleidžiamos į paviršinį vandens telkinį.

##### *UAB „NorasLT“*

UAB „NorasLT“ ūkyje per metus užauginama iki 280 t žuvies (MTTV projekto įgyvendinimo metu ši įmonė vykdė plėtrą). Auginamos lašišinės žuvys (arktinė palija). Žuvų auginimo baseinuose dalis vandens recirkuliuoja, dalis iš baseinų dugno tiekama valymui ir dar viena dalis kaip perteklinė be valymo išteka į tvenkinį. Gamybinių nuotekų susidaro 277 m<sup>3</sup>/d. Nuotekos valomos valymo įrenginiuose keliais etapais. Mechaninis (būgninis) filtras filtruoja vandenyje esančias stambias daleles. Filtras turi 30 mikronų sietą, sulaikantį didesnes nei 30 mikronų daleles. Iš būgninio filtro nuotekos patenka į biofiltrą, kuriame pūdomos plokštelinės įkrovos aplinkoje, kurioje skaidomi nitratai, baltymai. Tada į nuotekas dozatoriaus pagalba įterpiami koaguliantų, flokuliantų tirpalai. Nuotekose atsiranda dumblo dribsniai, kurie atsiskiria iš nuotekų joms filtruojantis per juostinį filtrą. Nuskaidrintos nuotekos tiekiamos į 440 m<sup>3</sup> talpos aeruojamą tvenkinį, į kurį taip pat išleidžiamos biologiškai valytos buitinės nuotekos. Iš aeruojamo tvenkinio nuotekos išleidžiamos į 1200 m<sup>3</sup> talpos priešgaisrinį tvenkinį. Iš priešgaisrinio tvenkinio valytos nuotekos ir vanduo išleidžiami į paviršinio vandens telkinį. Nuvandenintas dumblas tiekiamas į dumblo rezervuarą.

##### *UAB „Žemelė“*

UAB „Žemelė“ ūkyje auginami unguariai. Ūkyje per metus užauginama iki 80 t žuvies. Gamybinių nuotekų kiekis 90 m<sup>3</sup>/d. Pirmiausia gamybinės nuotekos valomos naudojant flotacijos-

koaguliacijos technologiją. Teršalai (dribsniai) dumblo pavidalu iš nuotekų atskiriami kūginiame nuskaidrintuve. Dumblas nuvandeninamas ir išgabenamas į dumblo kaupimo aikštelę, kurioje laikomas iki panaudojant laukų tręšimui. Nusausinto dumblo susidaro iki 13 t/m. Po pirminio valymo nuskaidrintos nuotekos tiekiamos į biologinio valymo įrenginius, kuriuose naudojama aktyvi aeracija su aerobinio dumblo recirkuliacija. Toliau nuotekos nuvedamos į nendrių filtrą ir biologinį tvenkinį. Abu įrenginiai su hidroizoliaciniu geomembranos sluoksniu, kad nuotekos nesifiltruotų į gruntą. Iš biologinio tvenkinio per kontrolinį šulinį nuotekos tiekiamos į paviršinio sugerdinimo įrenginius.

*UAB „Baisogalos energija“ („Žuvėja“).*

Ši įmonė afrikinių šamų (lot. *Clarias gariepinus*) auginimo veiklą pradėjo 2013 m. URS sudaro 28 žuvų auginimo rezervuarai, biologinis filtras, lašelinis filtras (MTTV projekto įgyvendinimo metu ši įmonė vykdė plėtrą).

Auginimo rezervuarų (kurių yra 28 po 4 m<sup>3</sup>.) talpa – 112 m<sup>3</sup>, vanduo jose keičiamas vieną kartą per valandą. Žuvys auginamos labai dideliais tankiais – suaugusios iki 500 kg/m<sup>3</sup>, mažesnės (5 mėnesių amžiaus, svoris – 200-250 g) – iki 150 kg/m<sup>3</sup>.

Vandens temperatūra palaikoma 23-25°C, kasdien sušeriama apie 160 kg pašarų. Kasdien sistemoje atnaujinama apie trečdalis tūrio vandens – 40-45 m<sup>3</sup>. 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.

*UAB „Akvapona“*

UAB „Akvapona“ veiklą pradėjo 2016 m. (MTTV projekto įgyvendinimo metu ši įmonė vykdė plėtrą). Uždarosiose sistemose veisia ir augina afrikinius šamus, plėtoja žuvies produktų kulinariją. 2021 metais vartotojams pardavė 130 tonų žuvų, o 2022-aisiais ketino patiekti 480 tonų

## **2.2. Dumblo mėginių paėmimas**

Atliekant tvenkinių dumblo tyrimus buvo vertinamas dumblo storis ir cheminiai rodikliai (bendras azotas; bendras fosforas ir organinės medžiagos kiekis).

Turėdami tvenkinių plotą ir dumblo storį apytiksliai galime apskaičiuoti dumblo tūrį. Turint apytikslį dumblo tūrį tvenkinyje ir azoto ir fosforo koncentraciją mg/l, galime apskaičiuoti azoto ir fosforo kiekį dumble.

Dumblo mėginių ėmimas vyko spalio – lapkričio mėnesiais, kai dalyje žuvininkystės tvenkinių išgaudomos auginamos žuvys, išleidžiamas vanduo ir dumblas apsauseja, o iš UAS – prieš ūkininkams paimant dumblą tręšimui. Dumblo mėginiai paimti iš 5 tvenkininės žuvininkystės ūkių ir 5 UAS ūkių.

Dumblo mėginiai imti vadovaujantis ISO standartais:

- Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 13 dalis. Nurodymai kaip imti dumblo mėginius. ISO 5667-13:2011;
- Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 15 dalis. Dumblo ir nuosėdų mėginių konservavimo ir apdoravimo vadovas. ISO 5667-15:2009.

Tvenkininės žuvininkystės dumblo kokybės tyrimui buvo paimti jungtiniai dumblo mėginiai. Vienas jungtinis mėginys iš vieno tvenkinio buvo sudaromas sumaišius mėginius ne mažiau kaip iš 10 skirtingų mėginių paėmimo vietų. Imant dumblo mėginius iš UAS, taip pat buvo paimti jungtiniai dumblo mėginiai iš 5 skirtingų dumblo laikymo rezervuarų vietų. Vieno jungtinio dumblo mėginio talpos tūris – 1 litras. Kiekvienam paimtam dumblo mėginiui buvo ištirti šie rodikliai: sunkiųjų metalų – As, Cd, Cu, Cr, Ni, Mn, Pb, Zn, Hg koncentracijos, organinės medžiagos, azoto, fosforo, kalio koncentracijos.

Gauti akvakultūros ūkių nuotekų dumblo kokybės tyrimų rezultatai apdoroti naudojantis „IBM SPSS Statistics 27“ programa.

### **2.3. Dumblo mėginių tyrimų sudėtis ir fizikinių-cheminių rodiklių vertinimo metodika**

Dumblo mėginiai buvo paimti iš 5 tvenkinių akvakultūros ūkių ir 5 UAS. Dumblo mėginių tyrimus atliko Lietuvos Agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų laboratorijos Analitinį skyrius. Buvo nustatomos dumble esančių maistingųjų medžiagų (biogenų N; P; K; C), pH, sausos medžiagos kiekis, BDS<sub>7</sub>, bichromatinė oksidacija, sunkiųjų metalų (švino, gyvsidabrio, kadmio, arseno, mangano, chromo, cinko, vario ir nikelio.) koncentracijos.

Šiems tyrimams naudojami metodai:

Tyrimų parametras	Tyrimo metodai (žymuo)
<b>Natūralioje medžiagoje :</b>	
pH	LST EN 10390:2022
Sausos medžiagos %	LST EN 12880:2002
BDS $\gamma$ mg O <sub>2</sub> /l	LAND 47-1:2007
Bichromatinė oksidacija mg O <sub>2</sub> /l	LAND 83-2006
<b>Sausoje medžiagoje:</b>	
Bendras azotas (N) mg/kg	LST EN ISO 13342-2000
Bendras fosforas (P) mg/kg	LAND 78:2006
Bendras kalis (K) mg/kg	LST ISO 9964-3:1998
Organinė anglis (C) %	ISO 10694:1995
Kadmis (Cd) mg/kg	LST EN 16174-2012, LST EN ISO 15586:2004
Arsenas (As) mg/kg	
Chromas (Cr) mg/kg	LST EN 16174-2012, LST EN 16170:2016
Nikelis (Ni) mg/kg	
Švinas (Pb) mg/kg	
Manganas (Mn) mg/kg	LST EN 16174-2012, AOAC 974.27
Varis (Cu) mg/kg	LST EN 16174:2012, LST CEN/TS 16188:2012
Cinkas (Zn) mg/kg	
Gyvsidabris (Hg)	LST EN 16174-2012, LST EN ISO 16175-1:2016

Gautos dumblė esančių sunkiųjų metalų koncentracijų reikšmės lyginamos su reikšmėmis, nurodytomis dokumente „Nuotekų dumblo tvarkymo ir panaudojimo reikalavimai, patvirtinti LR aplinkos ministro 2001-06-29 d. įsakymu Nr. 349 ((LR aplinkos ministro 2020-07-03 d. įsakymo Nr. D1-410 redakcija)“ (2.1 lentelė).

**2.1 lentelė.** Dumblo skirstymas į kategorijas pagal sunkiųjų metalų koncentraciją (šaltinis: LAND 20-2001, Nuotekų dumblo tvarkymo ir panaudojimo reikalavimai (Žin. 2001, Nr. 61-2196)).

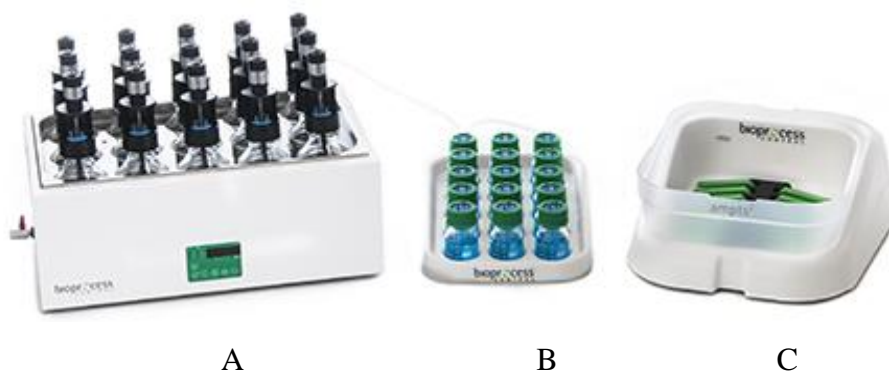
Dumblo kategorija	Sunkiųjų metalų koncentracija, mg/kg						
	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg
I	<140	<1,5	<140	<300	<50	<800	<1,0
II	140–150	1,5–5	140–170	300–1000	50–70	800–2500	1–1,5
III	>150	>5	>170	>1000	>70	>2500	>1,5

#### 2.4. Biodujų gamybai tinkamo dumblo energetinės vertės nustatymas

Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Biodujų laboratorijoje.

Vienkartinės įkrovos bandymai atliekami biometano potencialo nustatymo stende (2.2 pav.). Tyrimų standą sudaro 15 vnt. 500 ml talpos indų, kuriuose galima tirti iki 15 mėginių vienu metu. Termostatiniame rezervuare (2.2 pav. A) palaikoma mezofilinė temperatūra –  $37,0 \pm 0,2$  °C. Iš tiriamų mėginių išsiskyrę biodujos praeina pro natrio šarmo tirpalą, kuris absorbuoja biodujose esantį CO<sub>2</sub> (2.2 pav. B), o metanas patenka į metano kiekio apskaitos sistemą (2.2 pav. C). CO<sub>2</sub> fiksacijai

naudojamas 3M šarminis tirpalas, kurį sudaro natrio hidroksidas (97%) (FIRMA CHEMPUR, Lenkija) ir Fenolftaleinas (1%) (FIRMA CHEMPUR, Lenkija), kaip pH indikatorius.



**2.2 pav. Biometano potencialo nustatymo stendas: A – termostatinis rezervuaras, B – CO<sub>2</sub> absorbcijos įrenginys; C – metano kiekio matavimo skaitiklis**

Metano gamybos keikis nuolat registruojamas ir automatiškai koreguojamas pagal standartines (1 bar ir 0 °C) sąlygas. Biometano potencialo nustatymo stendas buvo modifikuotas taip, kad būtų galima išmatuoti susidariusių biodujų kiekį ir jų sudėtį. Susidariusių biodujų kiekis matuojamas RITTER MilliGas dujų matuokliu („Dr.-Ing. RITTER Apparatebau GmbH & Co. KG“, Vokietija). Pagamintos biodujos surenkamos į sandarų 25 l talpos maišą (RESTEK 22967, JAV). Surinktos dujos analizuojamos naudojant „AwiFLEX“ dujų analizatorių („Awite Bioenergie GmbH“, Vokietija) (CH<sub>4</sub> 0–100 Vol. %, ± 0,2 %; CO<sub>2</sub> 0–100 Vol. %, ± 0,2 %; O<sub>2</sub> 0–25 Vol. %, ± 0,1 %; H<sub>2</sub>S 0–10000 ppm, ± 1,0 %).

Biometano potencialo nustatymo tyrimai atlikti trimis pakartojimais.

Tiriamos žaliavos mėginai sveriami elektroninėmis svarstyklėmis KERN EG4200-2NM, kurių matavimo ribos 0 – 4200 g, tikslumas ±0,02 g, skiriamoji geba 0,01 g. Mėginių pH nustatomas pH 213 matuokliu, kurio matavimo ribos –2,00 – 16,00, tikslumas ±0,01, skiriamoji geba 0,01.

Biodujų gamybos tyrimų inokuliacijai naudojamas laboratorijoje veikiančio mišrių organinių atliekų anaerobinio reaktoriaus substratas. Inokuliatas laikomas 19 litrų anaerobiniame reaktoriuje laboratorijoje, esant mezofilinei temperatūrai (37°C), kad būtų užtikrinamas substrato deaktyvinimas ir degazavimas.

Žaliavų perdirbimo į biodujas tyrimų rezultatai gali būti įvertinti naudojant kelis rodiklius: biodujų gamybos intensyvumą  $b$ , biodujų gamybos išeigą iš perdirbamos biomasės masės vieneto  $B_M$ , biodujų išeigą iš sausosios masės (SM) vieneto  $B_{SM}$ , biodujų išeigą iš sausosios organinės masės (SOM) vieneto  $B_{SOM}$ . Biodujų gamybos intensyvumas parodo biomasės vienkartinės įkrovos biologinės degradacijos trukmę. Lyginamasis momentinis biodujų gamybos intensyvumas iš bioreaktoriaus darbinio tūrio vieneto per laiko vieneta yra nustatomas iš momentinių biodujų

gamybos verčių  $b_{dt}$ , kurios gaunamos per laiko intervalą  $dt$  eksperimentiniu būdu atliekant išgautų biodujų kiekio matavimus. Tiriamuoju atveju biodujų kiekis bus nustatomas tūriniu matuokliu, kurio užpildymo metu suformuojamas 10 ml biodujų kiekį atitinkantis impulsas biodujų apskaitos sistemoje. Šiame darbe naudojami paros biodujų gamybos duomenys ir biodujų gamybos intensyvumo kaita visu mėginio tyrimo laikotarpiu iki visiškos biomasės biologinės degradacijos.

Biodujų išeigos iš perdirbamos biomasės, sausosios medžiagos bei sausosios organinės medžiagos masės vieneto per visą tiriamąjį laikotarpį  $B_M$ ,  $B_{SM}$ ,  $B_{SOM}$  nustatomos pagal sekančias formules:

$$B_M = \frac{\sum_{i=1}^{i=d} n_i \cdot b_{dt}}{m}, \quad (2.1)$$

$$B_{SM} = \frac{\sum_{i=1}^{i=d} n_i \cdot b_{dt}}{m_{SM}}, \quad (2.2)$$

$$B_{SOM} = \frac{\sum_{i=1}^{i=d} n_i \cdot b_{dt}}{m_{SOM}}. \quad (2.3)$$

čia:  $b_{dt}$  – momentinė biodujų gamybos vertė, l;

$m$ ,  $m_{SM}$ ,  $m_{SOM}$  - perdirbamos biomasės masės, sausosios masės ir sausosios organinės masės kiekis, kg.

Biomasės energetinį potencialą galima įvertinti energetinės konversijos faktoriais  $e_M$ ,  $e_{SM}$ ,  $e_{SOM}$ , kurie nustatyti pagal šias išraiškas:

$$e_M = B_M \cdot e_b, \quad (2.4)$$

$$e_{SM} = B_{SM} \cdot e_b, \quad (2.5)$$

$$e_{SOM} = B_{SOM} \cdot e_b, \quad (2.6)$$

čia:  $e_b$  – biodujų energetinė vertė (MJ/l), priklausanti nuo metano koncentracijos  $CH_4\%$ .

Biodujų energetinė vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$e_b = 0,0353 \cdot \frac{CH_4 \%}{100}. \quad (2.7)$$

Anaerobinio proceso metu išsiskiriančiose biodujose esančio metano koncentracija kinta viso tiriamo laikotarpio eigoje. Vieno biomasės mėginio tyrimo metu biodujomis užpildomi keli biodujų

surinkimo rezervuarai ir analizuojama šių biodujų sudėtis. Metano koncentracija biodujose per visą tiriamą laikotarpį nustatoma apskaičiuojant biodujų surinkimo rezervuaruose išmatuotų metano koncentracijų aritmetinį vidurkį bei įvertinant analizėms surinktų biodujų kiekius:

$$CH_4 \% = \frac{\sum_{i=1}^{i=z} b_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^{i=z} b_i}, \quad (2.8)$$

- čia:  $b_i$  – surinkimo rezervuare sukauptų biodujų kiekis, l;  
 $H_i$  – metano koncentracija surinkimo rezervuare esančiose biodujose, %;  
 $z$  – per visą tiriamą laikotarpį užpildytų biodujomis surinkimo rezervuarų skaičius.

### 3. MTTV PROJEKTO REZULTATAI, JŲ APTARIMAS IR REKOMENDACIJOS

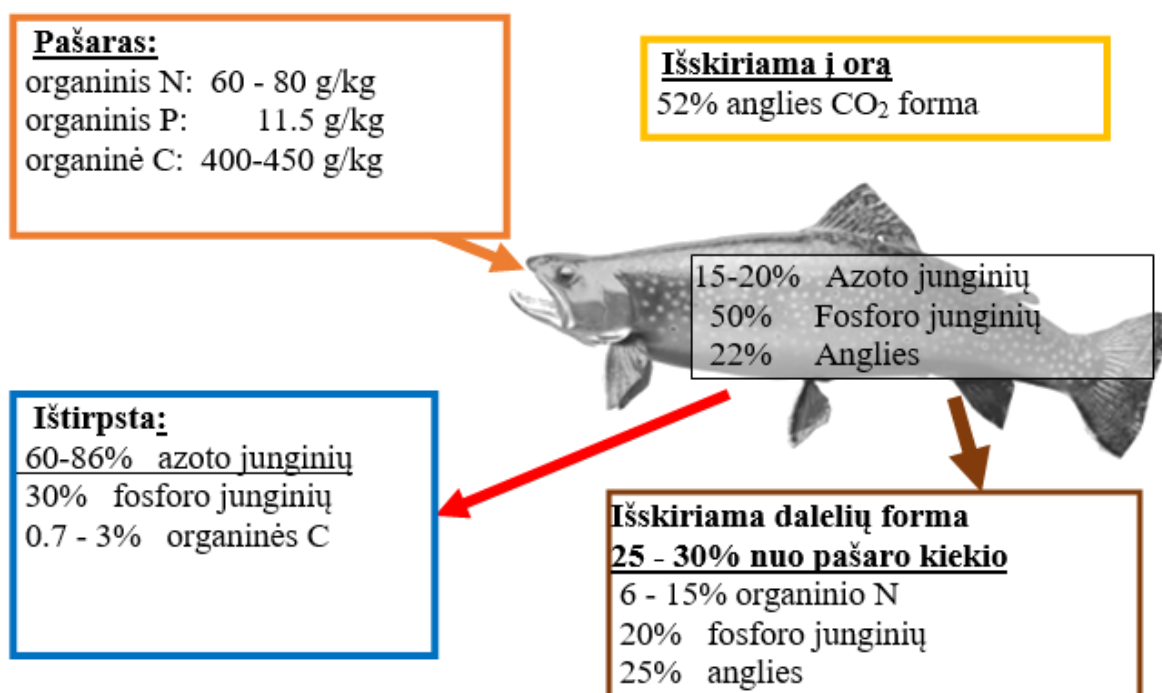
#### 3.1. Lietuvos žuvininkystės subjektų praktika bei užsienio šalių patirtis akvakultūroje susidarančio dumblo panaudojimo srityje

##### 3.1.1 Dumblo susidarymas akvakultūroje

Įvairiose šalyse griežtėjant aplinkosaugos reikalavimams, atliekų tvarkymas ir šalinimas tampa vis svarbesni akvakultūros veikloje. Tinkama atliekų tvarkymo strategija dabar laikoma labai svarbia siekiant išlaikyti bet kurio akvakultūros objekto teisėtumą, pelningumą ir tvarumą. Dėl didelio drėgmės kiekio akvakultūros sistemose susidarančių kietųjų atliekų tvarkymas kelia išskirtinių saugojimo ir šalinimo problemų.

Nuotekų tvarkymas yra pagrindinė problema visose gyvulininkystės sistemose, tačiau yra didelių skirtumų tarp akvakultūros nuotekų ir mėšlo iš kiaulių ar pieno sistemų. Pastarosiose paprastai yra nuo 5 iki 15% skendinčių kietųjų dalelių, o žuvų nuotekose gali būti nuo 0,2 iki 4,0% skendinčių kietųjų dalelių (Timmons ir Ebeling, 2013).

Žuvų pašaras, patekęs į vandenį yra įsisavinamas auginamų žuvų, o nesunaudota jo dalis lieka vandenyje ir toliau skaidoma mikroorganizmų. Pagrindiniai žuvų metabolizmo produktai yra anglies dioksidas, amonio azotas ir fekalinės medžiagos (3.1 pav.).



3.1 pav. Teorinis su pašaru gautų medžiagų suvartojimas bei išskyrimas (pagal Chen, 1993; Timons M.B., Ebeling J.M. Recirculating Aquaculture, 2013 )

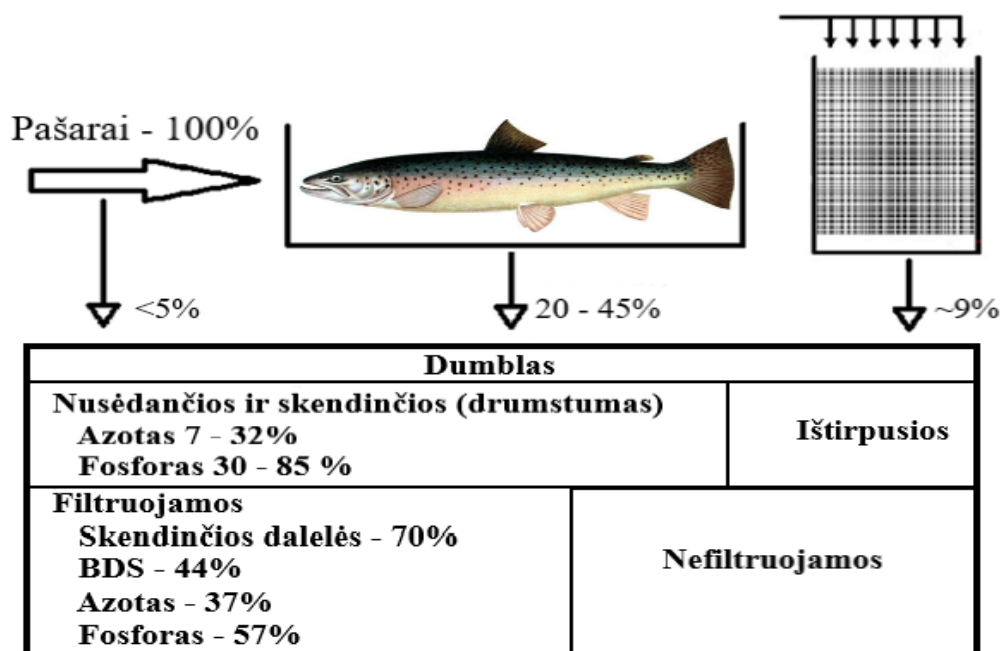
Tai orientacinės reikšmės, kadangi pašaro suvartojimas, metabolizmo produktų išskyrimas priklauso ir nuo žuvies rūšies, ir nuo vandens temperatūros bei kitų veiksnių.

3.1 lentelėje apibendrinamos koncentruotos TSS, gaunamos iš RAS, atliekų susidarymo charakteristikos ir palyginamos su buitinio dumblo charakteristikomis. Palyginti su įprastu komunaliniu dumbliu, akvakultūros dumblas turi santykinai mažesnę kietųjų medžiagų kiekį ir BDS<sub>5</sub> koncentraciją. Bendras amoniako azoto (N<sub>B</sub>) kiekis šviežiame akvakultūros dumble yra gana mažas, tačiau gali smarkiai padidėti, jei dumblas tam tikrą laiką paliekamas netrikdomas ir vyksta mineralizacija anaerobinėmis sąlygomis. Akvakultūros dumble yra didesnis azoto ir fosforo kiekis nei buitiniame dumble. Vidutinė bendrojo fosforo (P<sub>B</sub>) vertė yra 1,3% sausos kietos medžiagos masės, o tipiniame buitiniame dumble yra tik 0,7%.

**3.1 lentelė. Akvakultūros sistemose susidarancio dumblo ir buitinių nuotekų valyklose susidarancio dumblo užterštumo rodiklių palyginimas (pagal Timons M.B., Ebeling J.M. Recirculating Aquaculture, 2013)**

Rodiklis	Akvakultūros dumblas		Buitinių nuotekų dumblas	
	Ribos	Vidurkis	Ribos	Vidurkis
Bendras skendinčių medžiagų kiekis (%)	1.4–2.6	1.8	2.0–8.0	5.0
BDS <sub>5</sub> (mg/L)	1,590–3,870	2,760	2,000–30,000	6,000
N <sub>B</sub> (mg/L)	6.8–25.6	18.3	100–800	400
pH	6.0–7.2	6.7	5.0–8.0	6.0
Šarmingumas	284–415	334	500–1,500	600

Mokslinėse publikacijose bei specializuotuose literatūros šaltiniuose pastaraisiais metais dažniausiai nagrinėjami UAS susidarancio dumblo klausimai. UAS susidarantis dumblas, o tuo pačiu ir generuojama tarša, priklauso nuo sušeriamo pašarų kiekio. Ją galima suskirstyti į priklausančią nuo auginamų organizmų metabolizmo, biofiltro mikroorganizmų veiklos ir pašarų nuostolių keliamos taršos. 3.2 pav. parodytas UAS susidarantis dumblas, skaičiuojant nuo sunaudoto pašarų kiekio. Matyti, kad visuminis kietųjų medžiagų kiekis gali viršyti pusę sušeriamų pašarų kiekio.



3.2 pav. UAS susidarantis dumblas

Pramoniniams projektiniams skaičiavimams priimama, kad vienas kilogramas sušertų pašarų generuoja 300 g dumblo. 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 UAS produkcijos savikainoje paprastai sudaro 50-60%. Dėl tos pačios priežasties reikia laikytis gerųjų šėrimo praktikų, siekiant maksimaliai sumažinti pašarų nuostolius, kurie UAS gali būti 1 – 5%. Taip pat nustatyta, kad apie 9% dumblo sistemoje susidaro dėl biofiltro mikroorganizmų gyvybinių procesų (dauginimosi ir to pasėkoje negyvos bioplėvelės atitrūkimo nuo biofiltro užpildo).

Nuotekų šalinimas UAS paprastai vyksta per koncentruotą srautą, gaunamą iš mechaninio filtro praplovimo (0,2- 2% bendro apytakinio UAS 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. Tokiose UAS nuotekose dumblo koncentracija yra 300 - 500 mg/l. Dėl mažų skendinčių medžiagų koncentracijų, UAS dumblą neekonomiška transportuoti didesniais atstumais. Todėl siūlomi įvairūs papildomi dumblo tankinimo būdai.

Skirtingų žuvų rūšių ir sistemų dumblo sudėties duomenys yra pateikti 3.2 lentelėje. Bendrai, dumblas iš pratekančių sistemų sėdinimo baseinų paprastai pasižymi didelėmis skendinčių medžiagų ir mažomis azoto ir fosforo koncentracijomis. Dėl didelės organinių medžiagų koncentracijos ši dumblą galima naudoti anaerobiniam pūdymui.

**3.2 lentelė. Įvairaus akvakultūros dumblo charakteristikos (Piedrahita, 2003)**

Dumblo šaltinis	Sudėtis (g/l)						
	Kietosios dalelės	Lakiosios medžiagos	Bendrasis azotas	Bendrasis Kjeldalio azotas	Bendrasis fosforas	ChDS	BDS <sub>5</sub>
Upėtakių rezervuaro skaidrintuvas	22	17	0,2				
Šamų rec. sistemos granuliu filtras				0,039	0,007	1,0	0,2
Dryžuotųjų ešerių rec. sistemos skaidrintuvas	40-60	3,5-5,5	2,5-3,5			75-95	
Upėtakių kanalo sėsdinimo baseinas	50-120	25-90	0,7-6		0,8-4		
Tilapijų rec. sistemos granuliu filtras	14-26	10-23	0,5-1,2		0,08-0,7		1,6-3,9
Upėtakių kanalo sėsdinimo baseinas (nuosėdos akumuliuojamos mažiau nei 8 dienas)	36-84	27-62		2,1-3,7	0,7-2,4	78-113	

### 3.2. Užsienio šalių patirtis akvakultūroje susidarančio dumblo panaudojimo srityje

Du dažniausiai naudojami nuotekų ir dumblo iš akvakultūros ūkių ir UAS panaudojimo būdai yra naudojimas kaip trąša žemėje ir kompostavimas. Dauguma šalių turi rekomendacijas ar taisykles (taip pat – ir Lietuvoje), reglamentuojančias mėšlo ir kitų organinių atliekų naudojimą žemės ūkio pasėliams tręšti, ribojant dirvos naudojimo normas ir susijusių patogenų, sunkiųjų metalų ir kitų teršalų kiekį. Žemės naudojimo normos pagrįstos maistinių medžiagų kiekiu, dirvožemio tipu ir augalų maistinių medžiagų įsisavinimo ypatybėmis, kad būtų išvengta nuotėkio ar požeminio vandens užteršimo. Kvapo problemos taip pat gali apriboti žemės naudojimą išsivysčiusiose vietovėse. Galiausiai, transportavimas iš susidarymo vietos į naudojimo vietą gali būti pagrindinis dumblo tvarkymo sąnaudų veiksnys, nes akvakultūros dumblas, net ir sutirštintas, turi daug vandens.

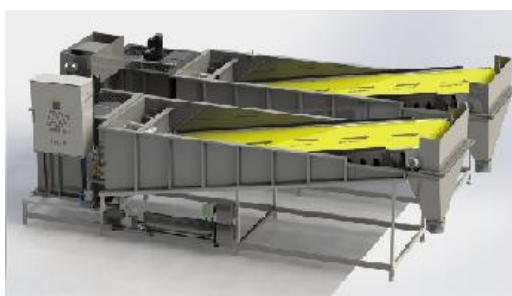
Prieš pradėdant naudoti bet kurį iš šių šalinimo būdų, dumblą ir nuotekas pirmiausia reikia perkelti į tam tikrą laikymo sistemą, kad būtų galima sutirštinti nuotekas ar dumblą ir išlyginti jų srautą. Dumblo sutirštinimas gali būti atliktas nusėdimo baseinuose, nendrių ar grunto-augalų filtruose.

Bendra UAS dumblo apdorojimo schema parodyta 3.4 paveiksle. Sutankinto dumblo ir nusistovėjusio skysčio tolimesnio panaudojimo būdai priklauso nuo vietinių sąlygų. Toliau tekste įvairūs galimi būdai aprašomi plačiau, pasinaudojant medžiaga, šios atskaitos autorių ir kolegų

naudota MTD ataskaitoje „UAB „Baisogalos bioenergija“ šamų auginimo ūkyje susidarančių nuotekų nukenksminimo ir panaudojimo galimybės“ bei kitose galimybių studijose.

Dumblo tankinimui naudojami būgniniai, juostiniai mechaniniai filtrai ir filtrai iš geotekstilės maišų (3.3 pav.). Juostiniai filtrai yra pranašesni už būgninius, nes nuo jų dumblą galima surinkti geriau sutankintą negu nuo būgninių.

Šios technologijos sumažina skendinčių dalelių ir fosforo kiekį filtrate, o likusio dumblo sausų medžiagų koncentracija padidėja iki 10% ir daugiau, jei prieš tai į nuotekas yra įterpiamas koaguliantas. Gaunamas filtratas, kuriame gausu ištirpusių mitybinių medžiagų yra tinkamas žemės ūkio naudmenų laistymui. Tačiau kai kuriais atvejais koagulianto įterpimas nėra ekonomiškai pateisinamas. Toks pavyzdys pateikiamas ES finansuoto tarptautinio tyrimų projekto Aquaetreat ataskaitoje, kurioje pateikta informacija apie šių technologijų naudojimo tyrimus upėtakių ūkiuose Prancūzijoje ir Italijoje.



**a)**



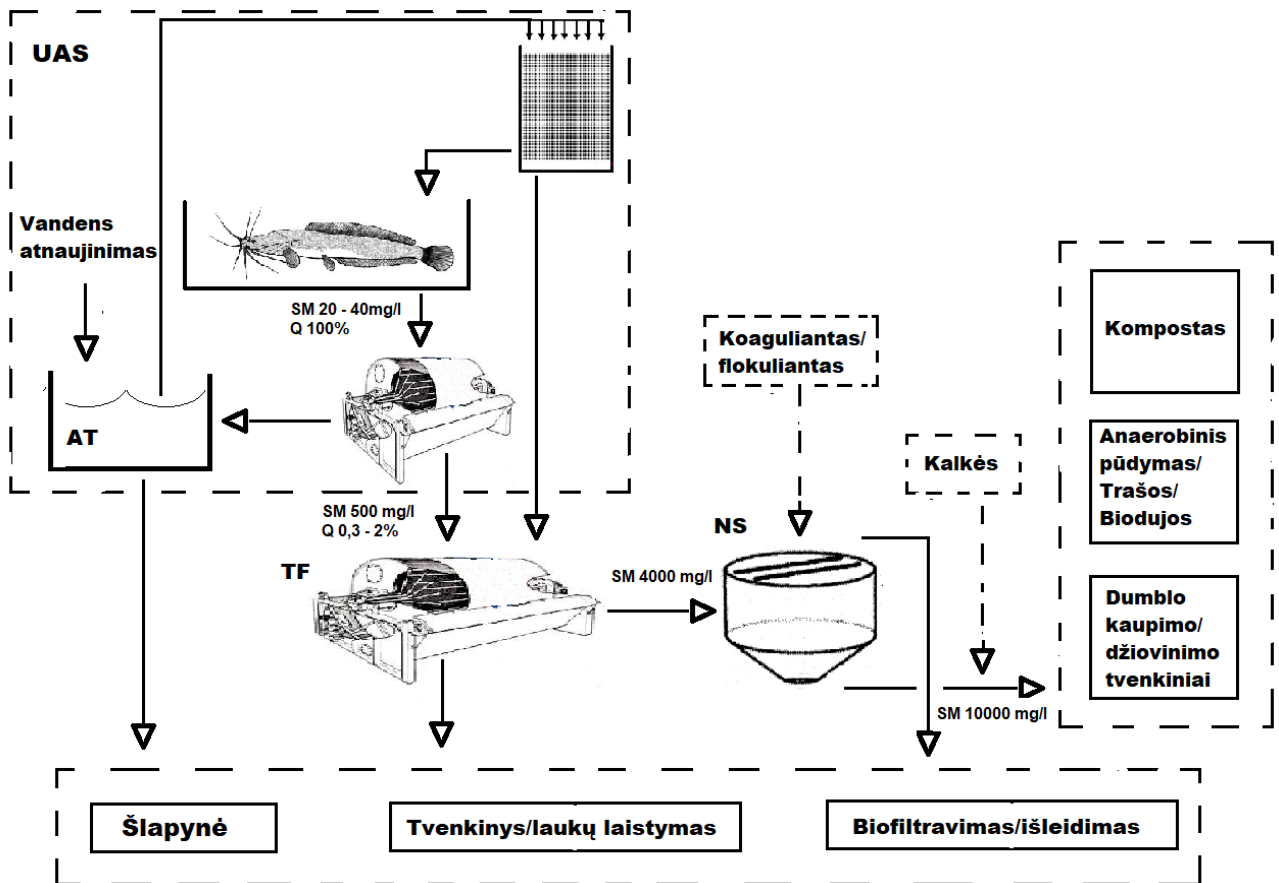
**b)**



**c)**

**3.3 pav. Filtrai, naudojami UAS dumblo tankinimui: a) juostinis, b) būgninis, c) geotekstilės.**

Dažniausiai pasitaikančios nuotekų ir dumblo panaudojimo sritys yra žemės ūkio naudmenų laistymas, anaerobinis nukenksminimas, biodujų gamyba, kompostavimas. Šios sritys aptartos tolimesniuose poskyriuose.



3.4 pav. UAS nuotekų apdorojimo schema

TF – dumblo tankinimo filtras, NS – dumblo nusėdintuvas, SM – skendinčių medžiagų koncentracija, Q – cirkuliuojantis debitas; brūkšnine linija parodyti komponentai pagal poreikį. FSC - Filter of Sludge Consolidation, SS- Sludge Settler

### 3.2.1. Žemės ūkio naudmenų laistymas, tręšimas

Paprasčiausias akvakultūros dumblo panaudojimo būdas – tai jo paskleidimas ant žemės ūkio naudmenų. Akvakultūros dumblas turtingas organinio azoto (3 – 9% sausos masės - SM) ir fosforo (1 – 4% SM), bet turi minimalų kiekį kalio (<0,3% SM). Augalai negali pasisavinti maistingų medžiagų esančių organiniuose junginiuose, todėl dumblas turi būti pūdomas (stabilizuojamas). Kadangi dumblas yra dezinfekuojamas jį kalkinant (tokiu būdu pakėlus dumblo pH iki 12 yra inaktyvuojami patogeniniai mikroorganizmai), tai tokiam dumble yra daug kalcio (>15% SM) ir jis šarmina dirvožemį. Sunkiųjų metalų (kadmis, švinas, gyvsidabris, varis ir nikelis) kiekis akvakultūros dumble neviršija leistinų normų. Tyrimų apie potencialią dumblo, kaip trąšos naudą laistant juo žemės ūkio naudmenas, nėra daug.

Palyginamoji akvakultūros ir kitų ūkių nuotekų mitybinių medžiagų sudėtis parodyta 3.3 lentelėje. Paprastai akvakultūros ūkių dumblas turi panašias mitybinių medžiagų koncentracijas, kaip ir kitų auginamų gyvūnų mėšlas. Mikroelementų požiūriu akvakultūros dumblas turi panašias Mg ir Cu koncentracijas, didesnes Mn, Cd, Cr, Pb, Fe ir Zn koncentracijas, bet mažesnius As, Se, Co, ir Ni kiekius.

### 3.3 lentelė. Akvakultūros ir gyvulininkystės nuotekų maistinės medžiagos

g/kg, sausa masė	Akvakultūra	Galvijai	Kiaulės	Paukščiai
Azotas (N)	0,20 – 0,39	0,01 – 1,01	0,06 – 1,00	0,13 – 1,50
Fosforas (P)	0,06 – 0,47	<0,01 – 0,25	0,04 – 0,65	0,01 – 0,40
Kalis (K)	<0,01 – 0,02	0,01 – 0,65	0,05 – 0,63	0,06 – 0,54

Sauso akvakultūros dumblo sudėtis mitybinių medžiagų požiūriu N:P:K yra 11:3:1. Ruošiant substratą augalų auginimui su sausu akvakultūros dumblu, jo galima dėti į mišinį iki 25%. Didesnis kiekis stabdo oro patekimą į substratą ir didina druskų kiekį, kas trukdo normaliai funkcionuoti augalų šaknims (Danaher, 2015).

#### 3.2.2. Anaerobinis nukenksminimas

Anaerobinio proceso metu aplinkoje be deguonies anaerobiniai mikroorganizmai organines medžiagas paverčia į metaną ir anglies dioksidą. Dėl nedidelių naudojimo išlaidų ir sugebėjimo nuotekose esančias organines medžiagas paversti vertingu atsinaujinančiu energijos šaltiniu – biodujomis - anaerobinis būdas taikomas ne tik pertekliniam dumbliui apdoroti, bet ir pirminiam maisto ir perdirbamosios pramonės nuotekų valymui. Paskutiniaisiais dešimtmečiais atsirado puikios perspektyvos buitinių nuotekų valymui įvairių tipų anaerobiniuose reaktoriuose, ypač šilto klimato šalyse (Pundsak ir kt., 2001).

Šiuolaikinėse anaerobinio valymo sistemose svarbiausias dėmesys yra skiriamas efektyviam veikliosios biomasės sulaikymui. Tai leidžia užtikrinti ilgesnį dumblo buvimo laiką įrenginyje. Reikalinga biomasės koncentracija reaktoriuose palaikoma įvairiais būdais: atskiriant biomasę sėsdintuvuose ir grąžinant dumblą atgal, sulaikant biomasę reaktoriaus viduje specialiais įtaisais ar ant tam tikro laikmens (įkrovos).

Pagal anaerobinės biomasės būseną reaktoriuje, anaerobinio nuotekų valymo technologijas galima suskirstyti į dvi grupes (Albagnac ..., 1990).

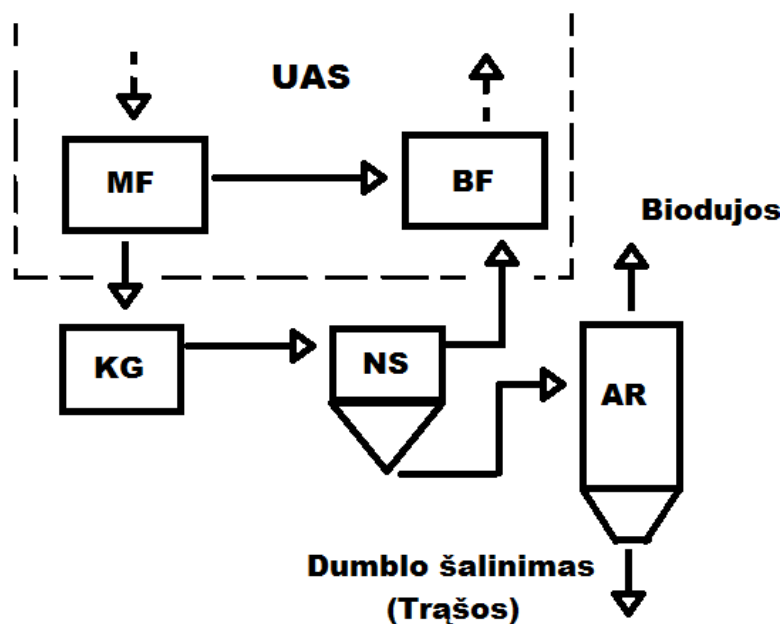
Pirmajai grupei priklauso reaktoriai su skendinčia biomase. Jų veikimo principas labai panašus į nuotekų valymą tradiciniuose aerotankuose. Reaktoriuose veiklusis anaerobinis dumblas mechaninėmis maišyklėmis ar grąžinamomis biodujomis sumaišomas su valomomis nuotekomis, antriniame sėsdintuve veiklusis dumblas atskiriamas ir grąžinamas atgal į anaerobinį reaktorių. Tokiu principu veikia kontaktinis (maišomasis) reaktorių CSTR (Contact Reactor) ir reaktorių su skendinčiu dumblo sluoksniu UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

Antrosios grupės įrenginių – reaktorių su pritvirtinta biomase – veikimas analogiškas bioplėvelinių reaktorių (biofiltrų) darbui. Tokio tipo anaerobiniuose reaktoriuose veikioji biomasė

yra prisitvirtinusi prie judančio arba nejudančio įvairių rūšių laikmens, specialių besisukančių diskų, dribsnių pavidalu kaupiasi laikmens tarpuose. Šios technologijos įrenginiams priskiriami: anaerobinis bioplėvelinis reaktorius su kylančiu nuotekų srautu AF (Anaerobic Filter), anaerobinis bioplėvelinis reaktorius su besileidžiančiu nuotekų srautu DSFF (Downflow Stationary Fixed Film), bioplėveliniai reaktoriai su skendinčiu laikmeniu AEBR (Anaerobic Expanded Bed Reactor) ir judriuoju laikmeniu AFBR (Anaerobic Fluidized Bed Reactor) bei besisukantis anaerobinis filtras (Wheatley et al., 1997).

UAS dumblo valymui gali būti naudojamas anaerobinis metodas. Kaip teigiama (Gumisiriza ir kt. 2009), Nilo ešerio auginimo metu susidariusiame dumble yra aukšta lipidų ir proteinų koncentracija, kuri turi aukštą metano gamybos potencialą. Tačiau anaerobinis nukenksminimas šio dumblo metano gamybai yra ribotas dėl procesų sulėtinimo, kas įtakoja lipidų ir amoniako toksiškumą. Kad sustabdyti šį ribojantį faktorių, reikalingas pirminis fizinis ir biologinis valymas.

Bendra UAS nuotekų ir dumblo anaerobinio apdorojimo schema parodyta 3.5 paveiksle. Surinktas sutankintas dumblas gali būti pūdomas anaerobinėse (bedeguoninėse) sąlygose. ChDS tokio proceso metu yra sumažinamas iki 80%, organinė tarša iki 85%, metano yra išskiriama iki 256 l/kg organinės taršos.



**3.5 pav. Anaerobinė UAS nuotekų apdorojimo schema: MF ir BF – mechaninis ir biologinis UAS vandens apytakos rato filtrai, KG – koagulianto įterpimas, NS – nusodintuvas, AR – anaerobinis reaktorius**

Šis metodas turi privalumų: susidaro 6-8 kartus mažiau mikroorganizmų biomasės, t.y. sumažėja tolimesnio stabilizuoto dumblo transportavimo kaštai, proceso metu išsiskiria metano dujos (biudujos), kurios gali būti panaudotos kaip energijos šaltinis, stabilizuotas dumblas yra gera traša. Tačiau, kad užtikrinti efektyvų termofilinį procesą, kurio metu tampa neaktyvios patogeninės bakterijos, anaerobinį reaktorių reikia papildomai šildyti.

3.4 lentelėje pateikiami dumblo nukenksminimo efektyvumo ir metano gamybos dumblo nukenksminimo proceso metu iš apytakinių sistemų duomenų suvestinė, pagal įvairių autorių atliktus tyrimus.

**3.4 lent. Apytakinėse sistemose susidarancio dumblo nukenksminimo efektyvumas ir metano gamyba dumblo nukenksminimo proceso metu (pagal Mirzoyan ir k t., 2010)**

Autorius	Nukenksminimo efektyvumas, % SM	Nukenksminimo efektyvumas, % BDS <sub>s</sub>	Nukenksminimo efektyvumas, % ChDS	<sup>a</sup> Metanas, % biodujos
Kugelman ir van Gorder (1991)	-	-	34-47 <sup>b</sup> ; 57-71 <sup>c</sup>	36-71
Lanari and Franci (1998)	92	-	-	> 80
Gebauer (2004)	-	-	37-55 <sup>c</sup>	49-58
Gebauer and Eikebrokk (2006)	-	-	45-53	59-61
Mirzoyan et al. (2008)	-	100	-	30-60
Mirzoyan (2009)	-	-	99,6	4-53
Tal et al. (2009)	80	-	-	60
Sharrer et al. (2007)	99,7-100 <sup>d</sup>	-	-	-

Pastabos: <sup>a</sup> – metano kiekis pateiktas kaip procentas nuo bendro biodujų kiekio; <sup>b</sup> – neatskiestas dumblas; <sup>c</sup> – atskiestas dumblas; <sup>d</sup> – nurodytas kaip bendras SM šalinimo efektyvumas.

Metano kiekiai nukenksminant akvakultūros dumblą susidaro mažesni nei iš buitinių ar pramoninių nuotekų dumblo, greičiausiai dėl mažo SM kiekio (Mirzoyan ir kt. , 2008, Timmons ir Ebeling, 2007).

Kaip teigiama Carvalho ir kt. (2014), žuvų auginimo metu susidaręs dumblas yra perspektyvus naudojant biodujų gamybai, naudojant anaerobinį dumblo nukenksminimo metodą. Šio proceso metu susidaro metano dujos yra aukštesnės kokybės nei susidaręs iš kitų organinių medžiagų. Mokslininkai nustatė, kad, esant mezofilinei temperatūrai (35±1<sup>0</sup>C), per 52 dienas iš 1 tonos žuvų dumblo susidaro 700 m<sup>3</sup> metano dujų. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad dumblo užkasimas nėra geriausias pasirinkimas, nes jis gali būti panaudojamas kitu būdu, t.y. kompostavimui, anaerobiniam nukenksminimui, sudeginimui. Anaerobinis valymas sumažina bionešmenų kiekį organinėse atliekose, gamina atsinaujinančią elektros energiją ir daugeliu atveju, kaip skaidymo rezultatas gali būti naudojamas žemės ūkio naudmenų tręšimui.

Kitame dumblo panaudojimo galimybių tyrime (Brod E. ir kt. 2017), teigiama, kad žuvų auginimo sistemose susidariusį dumblą galima panaudoti kaip azoto trąšas, bet žuvų dumble esančios maistinės medžiagos gali būti efektyviai panaudojamos tik įterpian šį dumblą į žemės naudmenas, kuriose trūksta maistinių medžiagų, kad pasiekti optimalų jų lygį.

### 3.2.3. Dumblo panaudojimas biodujų gamybai

Iš esmės akvakultūros dumblas yra tinkamas biodujų gamybai vienas, kas yra įrodyta laboratorinėmis sąlygomis :

- upėtakių laboratorinis UAS dumblas 2% sausos medžiagos (SM), 80% iš jų biologiškai skaidomos, temperatūra 25<sup>0</sup>C, biodujų su 80% metano išeiga per dieną 0,4 m<sup>3</sup>/kg SM, pūdymo efektyvumas – 90% (Lanari and Franci, 1998).
- lašišų UAS koncentruotas UAS dumblas 6 -12% SM, temperatūra 35<sup>0</sup>C, biodujų su 44 – 54% metano išeiga per dieną 0,28 m<sup>3</sup>/kg biologiškai skaidaus dumblo SM; stabilizuoto dumblo sudėtyje buvo 3,4 – 6,8 kg/t azoto ir 1,2 – 2,4 kg/t fosforo, tačiau prieš naudojant trąšoms dėl didelio bioskaidžių riebiųjų rūgščių kiekio, jį tektų papildomai apdoroti; gauto metano kiekis patenkintų iki 4% ūkio poreikių energijai (Gebauer ir Eikebrokk, 2006).

Tačiau siekiant supaprastinti technologinius procesus, padidinti išeigą ir biodujų kokybę, anaerobiniuose reaktoriuose maišomos įvairios atliekos – gyvulininkystės kompleksų, maisto perdirbimo įmonių, žemės ūkio, medžio apdirbimo, durpės it t.t. Naudojant įvairias galimas papildomas atliekas substrato paruošimui reikia įvertinti jų transportavimo ir paruošimo reaktoriui kaštus bei nuolatinio jų prieinamumo galimybes.

Taigi, planuojant biodujų gamybą, nereikėtų orientuotis naudoti tik UAS dumblą, nes tokia savistovė schema pramoninei biodujų gamybai būtų įmanoma tik esant labai didelėms produkcijos apimtims: pramoninės įrangos tiekėjai nurodo, kad būtinas nepertraukiamas bent 50 000 tonų per metus substrato tiekimas reaktoriui. Norvegijos pavyzdys rodo, kad tik 2,4% substrato biodujų gamybai tenka nuotekos iš gyvulininkystės ūkių ir skerdyklų (del Campo et al., 2010).

Elementinės žuvų auginimo dumblo sudėties tyrimais buvo nustatyta (3.5 lent.) kad azoto kiekis, esantis minėtame dumble yra panašus į nuotekų dumble esantį azoto kiekį. Anglies kiekis žuvų auginimo dumble yra didesnis nei 20%, o vandenilio – daugiau nei 50% lyginant su nuotekų dumblu.

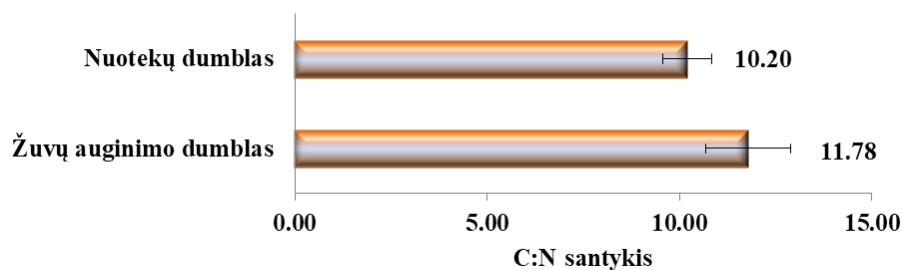
3.5 lentelė. Elementinė skirtingos kilmės dumblių sudėtis

Žaliava	C, %	N, %	H, %
Žuvų auginimo dumblas	33,25±2,7537	2,84±0,3606	1,97±0,8134
Nuotekų dumblas	26,53±4,7333	2,61±0,6272	0,90±1,4896

Kalbant apie biodujų gamybą, vienas iš svarbiausių rodiklių šiame procese yra anglies ir azoto C:N santykis substrate. Pageidautina, kad C:N santykis žaliavoje būtų kuo didesnis. Tyrėjų A. Schnürer ir Å. Jarvis (2009) atliktų tyrimų duomenimis, biodujų gamybos procesas vyksta gerai, kai C:N santykis žaliavoje svyruoja nuo 10 iki 30, optimalios vertės yra tarp 15 ir 25. Didėjantis C:N

santykis (nuo 10 iki 30) skatina riebalų rūgščių formavimąsi ir stimuliuoja metanogenezę. Esant didesnei C:N vertei, proceso efektyvumas mažėja.

Apskaičiavus C:N santykį žuvų auginimo dumble, gauti rezultatai siekė 10,2, o nuotekų dumble (palyginimui) – 11,78 (3.6 pav.). Remiantis minėtų rodiklių tyrimų rezultatais galima teigti, kad žuvų auginimo dumblas yra galima žaliava, papildysianti įprastų žaliavų, skirtų biodujų gamybai, potencialą. Be to, lyginant C:N santykį nuotekų dumble ir žuvų auginimo dumble tarpusavyje, matyti, kad jie yra artimi vienas kitam skaitine verte. Įmaišius žuvų auginimo dumblo į nuotekų dumblo substratą, kiekybiniai biodujų gamybos rodikliai pablogėti neturėtų.



**3.6 pav. Anglies ir azoto santykis žuvų auginimo ir nuotekų dumble**

### **3.2.4. Biodujų gamybai tinkamų priemaišų ir dumblo mišinių energetinės vertės nustatymas**

Dumblo ir biodujų gamybai tinkamų priemaišų energetinės vertės nustatymas buvo atliktas 2017 m. rengiant ataskaitą „Uždarosiose akvakultūros sistemose susidarančio dumblo panaudojimo galimybių studija“, kurios autoriai – VDU ŽŪA mokslininkai E. Sendžikienė, V. Makarevičienė, A. Radzevičius ir kt. Minėto tyrimo rezultatai buvo aptarti šio MTTV projekto ataskaitoje, todėl baigiamojoje ataskaitoje šios medžiagos neperteikiame.

Apibendrinant minėtų tyrimų rezultatus, galima teigti, kad žuvų auginimo dumblas gali papildyti įprastinių žaliavų biodujoms gaminti potencialą. Maišant jį su nuotekų dumblu (žuvų auginimo dumblo kiekį substrate padidinus iki 90%), biodujų išėiga svyruoja 1-6% ribose, kiekybiniai rodikliai sumažėja nežymiai, o kokybiniai rodikliai yra pagerinami (gaunamas didesnis metano kiekis biodujose). Naudojant žuvų auginimo dumblą, iš 1 t organinių medžiagų, esančių minėtame dumble galima gauti iki 13127 MJ energijos, iš nuotekų dumblo iki 13926 MJ energijos“ (,Uždarosiose ..., 2017 ).

### 3.2.5. Kompostavimas

Kompostavimas – tai dumblo apdorojimas aerobinėmis (kai dumblo stabilizavimas vyksta deguonį savo gyvybinės veiklos poreikiams naudojančių bakterijų pagalba) sąlygomis. Kompostavimo technologijos reikalavimai yra pateikiami atitinkamoje specializuotoje literatūroje. UAS dumblo apdorojimo ypatybės kyla iš šio dumblo sausųjų medžiagų santykinai mažos dalies ir to, kad jame yra didelis azoto kiekis. Tam, kad patenkinti skaidymo procesus vykdančių mikroorganizmų poreikius, kompostavimui skirtų atliekų drėgnumas turi būti 60%, o anglies ir azoto santykis ne mažesnis negu 25. Komposte vykstantys skilimo procesai išskiria energiją dėl ko kyla komposto temperatūra. Esant aukštai temperatūrai (termofilinės sąlygos 45<sup>0</sup>C - 65<sup>0</sup>C) procesas vyksta greičiau, bet tokiam kompostui prižiūrėti (užtikrinti jam aerobines sąlygas) reikia papildomų sąnaudų jį dirbtinai aeruojant arba periodiškai jį maišant. Mezofilinėse sąlygose, kai temperatūra žemesnė (iki 40<sup>0</sup>C), stabilizuojamam kompostui tokios prievartinės aeracijos nereikia. Tokios sąlygos užtikrinamos kai komposto tūrio ir ploto santykis yra didelis, t.y. kompostas nesukraunamas į krūvas (Van der Wurff et al., 2016).

Įvairiais būdais sutankinto akvakultūros dumblo sausų medžiagų kiekis siekia 2-12%. Mažinant akvakultūros dumblo drėgnumą ir didinant anglies ir azoto santykį jame iki 25, naudojamos daug anglies turinčios augalinės kilmės atliekos.

Lašišinių žuvų sutankinto iki 8% nuotekų dumblo kompostavimo bandymai (Adler and Sikora, 2005). Organinis užpildas - šiaudai ir ažuolo pjuvenos. Dumblas būdavo sluoksniuojamas su užpildu kas 10 dienų ir taip kompostavimui užtikrinamos mezofilinės sąlygos. Dėl didesnio poringumo šiaudai geriau tinko kompostavimui – mineralizavimo ir nitrifikavimo procesai čia vyko greičiau ir užtrukdavo 90 dienų (komposte su ažuolo pjuvenom – 140 dienų) ir šiaudų kompostas turėjo didesnius neorganinio azoto ir fosforo kiekius. Paskaičiuotas kompostavimui reikalingos žemės plotas sudarė 10 m<sup>2</sup> vienai tonai per metus išauginamos žuvies.

Sutankintas iki 9% akvakultūros dumblo ir šieno mišinys santykiu 60:40 yra geras substratas pomidorų daigams. Auginimo tokiam mišinyje rezultatai buvo geresni negu daigų, augintų standartiniame substrate su papildomu tręšimu (Danaher et al., 2011).

Mezofilinėmis sąlygomis stabilizuojamas dumblas gerai tinka sliekų auginimui. Optimali temperatūra sliekams - 25<sup>0</sup>C, kas atitinka šiltavandenių žuvų UAS temperatūrą, todėl jei tokį kompostavimą organizuoti patalpoje, sliekų auginimą galima vykdyti ištisus metus. Taip pat sliekams yra tinkamas didesnio drėgnumo substratas – esant drėgnumui 83 – 91% jų augimas nesulėtėja (Mishra, 2003). Tam kad gauti aukštos kokybės sliekų perdirbtą substratą, jiems reikia periodiškai tiekti dalinai stabilizuotą kompostą. Atlikti bandymai parodė, kad sliekai perdirba 0,16 – 0,63 kg/m<sup>2</sup> UAS dumblo (perskaičiavus į SM) per 2-5 dienas tiekiant jiems akvakultūros dumblą, kurio SM 3,5

proc., tiesiogiai. Per keturias savaites sliekų masė padidėjo 489%, jų išgyvenamumas buvo 96% (Yeo and Binkowsky, 2010).

Atlikus laboratorinius bandymus (Marsh et al., 2005), nustatyta, kad akvakultūros dumblo ir kartono mišinys santykiu 92:8, kurio anglies ir azoto santykis 25:1 yra optimalus, puikiai tinka sliekų auginimui, jei naudojamas pakankamai sutankintas dumblas ar auginimo metu iš mišinio pašalinama perteklinė drėgmė.

Pastoviam sliekų auginimui yra sukurtos komercinės technologijos – vadinamieji vermikompostavimo reaktoriai (<http://infohouse.p2ric.org/ref/44/43265.pdf>), kurie sumažina darbo sąnaudas, užtikrina proceso kontrolę, padidina gamybos našumą ir neskleidžia nemalonių kvapų.

Akvakultūros nuotekos, retais atvejais – dumblas, gali būti panaudojamos akvaponikos, hidroponikos sistemose. Kadangi dumblas jose naudojamas retai, labiau šia tema ataskaitoje nesiplėšime.

### **3.3. Lietuvos žuvininkystės subjektų praktika akvakultūroje susidarančio dumblo tvarkymo srityje**

Lietuvos tvenkininės žuvininkystės ūkiai praktiškai nenaudoja tvenkiniuose susidarančio dumblo, leidžia jam kauptis. Retais atvejais dumblas iš atskirų tvenkinių buvo išvalomas buldozeriais ar ekskavatoriais, retkarčiais – atiduodamas ūkininkams (tačiau, norint dumblą atiduoti kaip trąšą ūkininkams, žuvininkystės ūkiai turi pateikti ištirti dumblo mėginius į laboratorijas, kad nustatyti, ar dumblo užterštumas neviršija normatyvų, nustatytų Nuotekų dumblo tvarkymo ir panaudojimo reikalavimuose). Žuvininkystės tvenkinių užpildymo metu į vandens saugyklą ar tiesiogiai į žuvininkystės tvenkinius atiteka vanduo su dideliu skendinčių medžiagų kiekiu, atskirais atvejais – aukšta azoto ar fosforo junginių koncentracija (dėl pasklidusios taršos), tačiau maža tikimybė, kad žuvininkystės tvenkinių dumblas netiktų naudoti tręšimui.

Lankantis žuvininkystės ūkiuose, buvo paminėta tvenkinių užsėjimo praktika (pvz., avižomis), tačiau ši praktika nėra plačiai taikoma, o gal ir be reikalo.

Šio projekto vykdymo metu spalio – lapkričio mėn. apžiūrečiuose išleistuose žuvininkystės tvenkiniuose stebėta, kad daugeliu atveju tvenkiniuose yra apie 0,1 – 0,3 m dumblo sluoksnis. Net ir tame pačiame ūkyje skirtinguose tvenkiniuose skiriasi susikaupusio dumblo sluoksnis, dumblo spalva, drėgnumas, tikėtina kad skiriasi ir dumble esančių biogenų kiekis.

Skirtinguose tvenkininės žuvininkystės ūkiuose paimti dumblo mėginiai buvo pateikti tyrimams LAMMC Žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų laboratorijos Analitiniam skyriui, kur nustatomos dumble esančių maistingųjų medžiagų (biogenų N; P; K; C), cheminių junginių,

sunkiųjų metalų (švino, gyvsidabrio, kadmio, arseno, mangano, chromo, cinko, vario ir/ar kt.) koncentracijos.



**3.7 pav. Išleistas žuvininkystės tvenkinys dumblo mėginio paėmimo metu**



**3.8 pav. Dumblo mėginio paėmimas iš žuvininkystės tvenkinio**

Įmonės, turinčios uždaras apytakines žuvų auginimo sistemas, dumblą nusausina ir kaupia rezervuaruose ar aikštelėse tol, kol jį pasiima ūkininkai, kad panaudotų kaip trąšą. Vėlgi, norint dumblą atiduoti kaip trąšą ūkininkams, akvakultūros įmonės turi pateikti ištirti dumblo mėginius į

laboratorijas, kad nustatyti, ar dumblo užterštumas neviršija normatyvų, nustatytų Nuotekų dumblo tvarkymo ir panaudojimo reikalavimuose. Tokia praktika šiuo metu taikoma visose aplankytose akvakultūros įmonėse (išskyrus UAB „Akvapona“, kuri pradėjo auginti afrikinius šamus naujai įrengtoje UAS ir šiuo metu reikšmingo dumblo kiekio sukaupusi dar neturi). Tačiau ši įmonė turi žuvies perdirbimo įrangą ir artimiausiu metu turi ketinimų daryti silosą iš žuvies atliekų (iki 200 t/metus). Kai kurios kitos įmonės, turinčios UAS bei žuvų perdirbimo įrangą, taip pat galvoja apie žuvų atliekų panaudojimo galimybes.

Skirtingose akvakultūros įmonėse, turinčiose UAS, paimti dumblo mėginiai buvo atiduoti tyrimams LAMMC Žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų laboratorijos Analitiniam skyriui, kur nustatomos dumble esančių maistingųjų medžiagų (biogenų N; P; K; C), cheminių junginių, sunkiųjų metalų (švino, gyvsidabrio, kadmio, arseno, mangano, chromo, cinko, vario ir/ar kt.) koncentracijos.

Toliau (3.9 – 3.14 pav.) pateikiame keletą nuotraukų iš dumblo mėginių paėmimo skirtingose UAS.



**3.9 pav. Būgninio filtro praplovimo vandens surinkimo talpa su surinktais riebalais**



**3.10 pav. Sėsdintuve surinktas būgninio filtro praplovimo vanduo, paveiktas koaguliantų**



**3.11 pav. Kombinuoto veikimo daugiasekciniai valymo įrenginiai**



**3.12 pav. Mėgininio ėmimas iš dumblo kaupimo ir nusausinimo rezervuaro**



**3.13 pav. Paruošto išvežti dumblo rezervuaras**



**3.14 pav. Paruošto išvežti dumblo rezervuaras prie upėtakius auginančios UAS**

Paminėtina, kad UAS nuotekų bei dumblo detalesni tyrimai buvo atlikti 2017 metais ataskaitos autoriams bei kolegoms įgyvendinant projektą „UAB „Baisogalos bioenergija“ šamų auginimo ūkyje susidarantių nuotekų nukenksminimo ir panaudojimo galimybės“.

Pastarojo MTD metu Baisogalos UAS nuotekų bandymai buvo atlikti tris kartus, buvo išmatuoti pagrindiniai parametrai, apsprendžiantys nuotekų užterštumą - organinio užterštumo rodiklis (BDS<sub>7</sub>) bei ištirpę azoto ir fosforo junginiai.

Apibendrinant tuometinių bandymų rezultatus, galima paminėti, kad:

- Biologinis deguonies sunaudojimas (BDS<sub>7</sub>), rodantis nuotekų užterštumą organinėmis medžiagomis siekė 106 mg/l. Leidus nuotekoms nusistovėti kelias valandas, nusistojusio skysčio BDS rodiklis – 50 mg/l, t.y. daugiau kaip pusę (53%) organinio užterštumo galima pašalinti kartu su nusistovėjusiu dumbliu.
- Amonio azoto koncentracija buvo 29 mg/l, o sutrikus mechaninio filtro darbui trečio matavimo metu – 72 mg/l. Tai gerokai viršija literatūroje nurodomą 12 mg/l reikšmę, tačiau, kadangi sistemos vandens pH rodiklis svyravo tarp 6,27 ir 6,7, tai tokiame vandenyje esant sistemos vandens temperatūrai 23<sup>0</sup>C nedisocijavusio amonio dalis sudaro tik 0,2%, t.y. absoliučios jo reikšmės būtų nuo 0,0576 mg/l iki 0,144 mg/l ir tai gerokai mažiau už nepageidautiną afrikiniams šamams augimą stabdančią reikšmę lygią 0,34 mg/l. Tokios pH reikšmės (rūgštus vanduo) yra privalumas amonio toksiškumo požiūriu

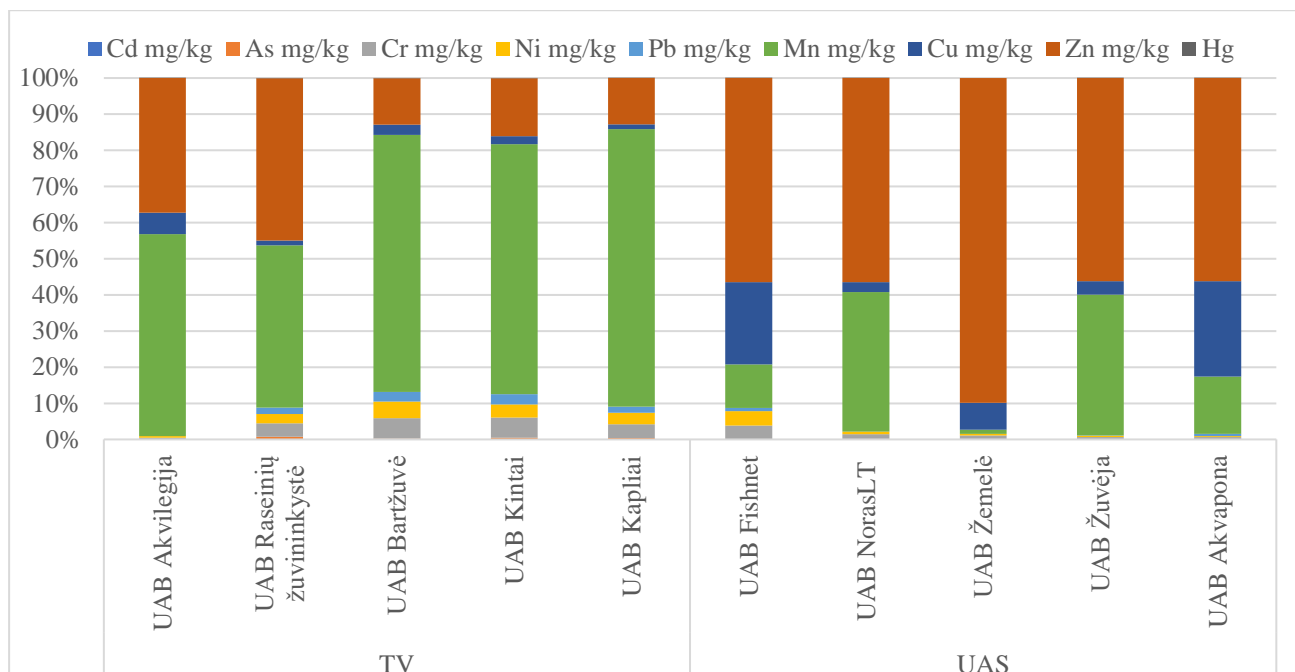
ir gerai tinka augalų auginimui akvaponinėje sistemoje, tačiau amonio šalinimo efektyvumas biofiltre labai sumažėja.

- Nitritų reikšmės buvo 0,38 mg/l, trečio matavimo metu – 0,69 mg/l ir neviršijo kenksmingų koncentracijų, kurių reikšmės šiltavandenėms žuvims yra nuo kelių mg/l.
- Literatūroje afrikinių šamų UAS jo koncentracija nurodoma nuo 20 iki 220 mg/l. Bandymų metu nustatytas jų kiekis UAS svyravo nuo 33 iki 45 mg/l. Kadangi UAS jis šalinamas periodiškai pakeičiant sistemos vandenį, vienareikšmiškų išvadų daryti negalima – tai priklauso nuo pakeičiamo vandens kiekio
- Nusistovėjusiame vandenyje azoto junginių koncentracija ženkliai nekito, nes dauguma azoto UAS yra tirpioje formoje.
- Fosforas ir jo junginiai tiesiogiai neveikia žuvų (fosfatų koncentracija iki 52 mg/l niekaip nepaveikė auginamų žuvų (van Bussel et al., 2013)), tačiau tai pagrindinis mitybinis elementas skatinantis gėlų vandens telkinių eutrofikaciją (žydėjimą). Išmatuotos UAS fosfatų reikšmės svyravo nuo 12 iki 14 mg/l, kas atitiktų fosforo koncentraciją lygią 3,9 – 4,6 mg/l. Nusistovėjusiame vandenyje fosfatų neženkliai sumažėjo – iki 11 mg/l.

### **3.4. Sunkiųjų metalų tyrimų rezultatai Lietuvos akvakultūros ūkiuose susidariusiame dumble**

3.15 pav. pateikti bendri tvenkinių ir UAS akvakultūros ūkių dumble nustatytų sunkiųjų metalų duomenys. Galima matyti, kad tvenkinių akvakultūros ūkiuose vyrauja manganas, po to – cinkas. UAS atvirkščiai – vyrauja cinkas, daugumoje ūkių po to – manganas, išskyrus UAB „Žemelė“: mangano koncentracijos yra labai mažos.

Išanalizavus UAS ir tvenkininės žuvininkystės ūkiuose susidariusio nuotekų dumblo kokybę pagal jame esančias sunkiųjų metalų koncentracijas matyti kad, didesnė vidutinė cinko koncentracija yra UAS ūkių dumble, nei tvenkinių akvakultūros dumble (3.16 pav.). UAS ūkiuose cinko koncentracija svyruoja tarp 516 – 1146 mg/kg, o tvenkininės žuvininkystės ūkiuose tarp 45,5 – 817 mg/kg. Didžiausia cinko koncentracija rasta UAS ūkyje UAB „Žuvėja“ – 1146 mg/kg. Ši koncentracija yra didesnė už leistiną I klasės dumblo reikšmę (<800 mg/kg), bet ši reikšmė yra II kategorijos dumblo cinko koncentracijos ribose, kuri yra 800-2500 mg/kg. Mažiausia UAS cinko koncentracija yra UAB „NorasLT“ – 516 mg/kg. Analizuojant tvenkinių akvakultūros dumble nustatytas cinko reikšmės, didžiausia reikšmė nustatyta UAB „Akvilėja“ - 817 mg/kg. Ši reikšmė šiek tiek viršija leistiną reikšmę I kategorijos dumbliui (< 800 mg/kg). Mažiausia cinko reikšmė tvenkinių akvakultūros dumble nustatyta ūkyje UAB „Kapliai“ – 45,5 mg/kg.

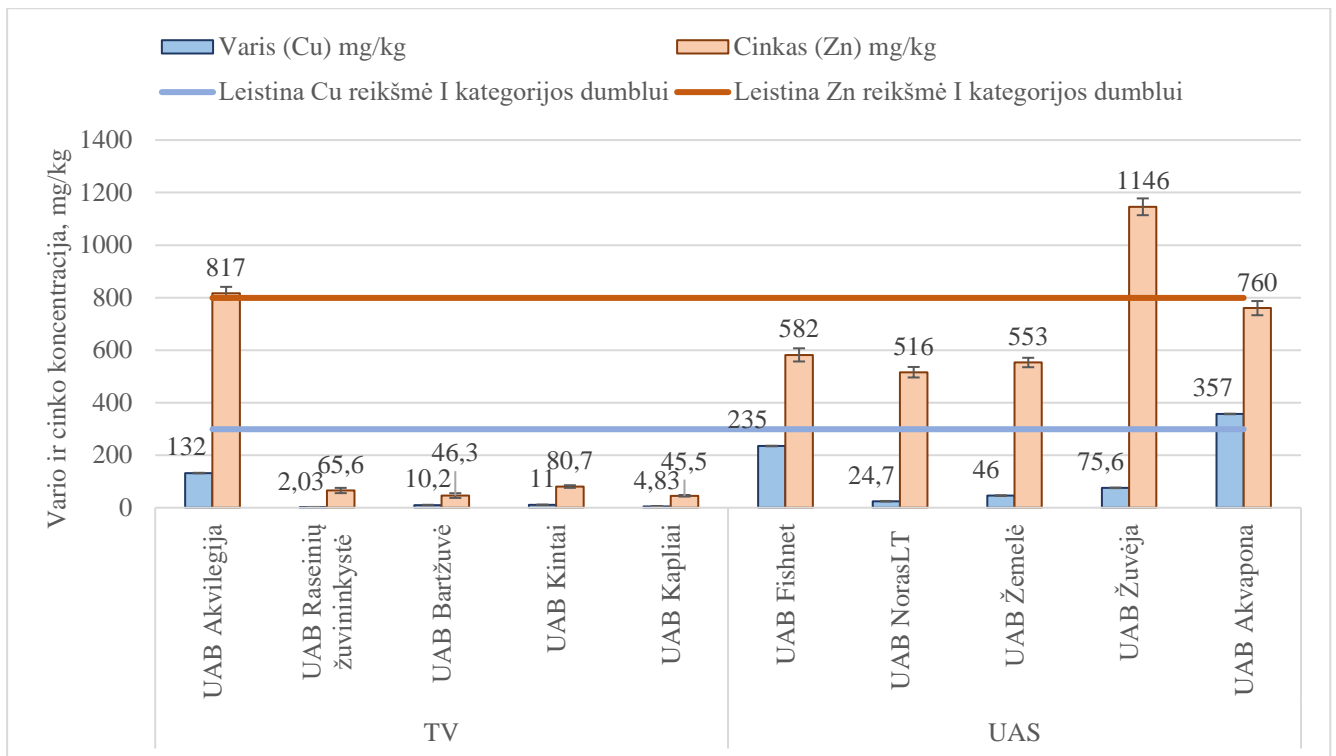


**3.15. pav. Sunkiųjų metalų koncentracijos tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS ūkių dumble**

UAS ūkiuose vario koncentracija svyruoja tarp 24,7 – 357 mg/kg, o tvenkininės žuvininkystės ūkiuose tarp 2,03 – 132 mg/kg (3.16 pav.). Didžiausia vidutinė vario koncentracija nustatyta UAS ūkyje UAB „Akvaponas“ – 357 mg/kg, ši reikšmė taip pat yra didesnė už nustatytą leistiną vario reikšmę I klasės dumblui (<300 mg/kg). Todėl pagal šį rodiklį UAB „Akvaponas“ dumblas priskiriamas II kategorijos dumblui, kurio vario koncentracija gali svyruoti nuo 300 iki 1000 mg/kg. Mažiausia vario koncentracija UAS ūkyje UAB „NorasLT“ – 24,7 mg/kg. Didžiausia vidutinė vario koncentracija tvenkinių akvakultūros ūkyje nustatyta UAB „Akvilegija“ – 132 mg/kg. Kituose ūkiuose vario koncentracija dumble nustatyta mažesnė nei 0.02 mg/kg.

Visų UAS įmonių dumble nustatyta didesnė cinko koncentracija, nei tvenkinių akvakultūros dumble (3.16 pav.). Tvenkinių akvakultūros dumble keturiuose ūkiuose gautos panašios cinko ir vario koncentracijos, išskyrus UAB „Akvilegija“ dumble šių metalų koncentracijos yra didesnės nei kituose tvenkiniuose: vario koncentracija sudaro 82,47% nuo visų tvenkinių akvakultūros dumble nustatytos koncentracijos, cinko – 77,43%.

UAB „Žuvėja“ ir UAB „Akvilegija“ dumblas priskiriamas II kategorijos dumblui dėl didesnės cinko koncentracijos. UAB „Akvaponas“ dumblas taip pat priskiriamas II kategorijos dumblui dėl per didelės vario koncentracijos.

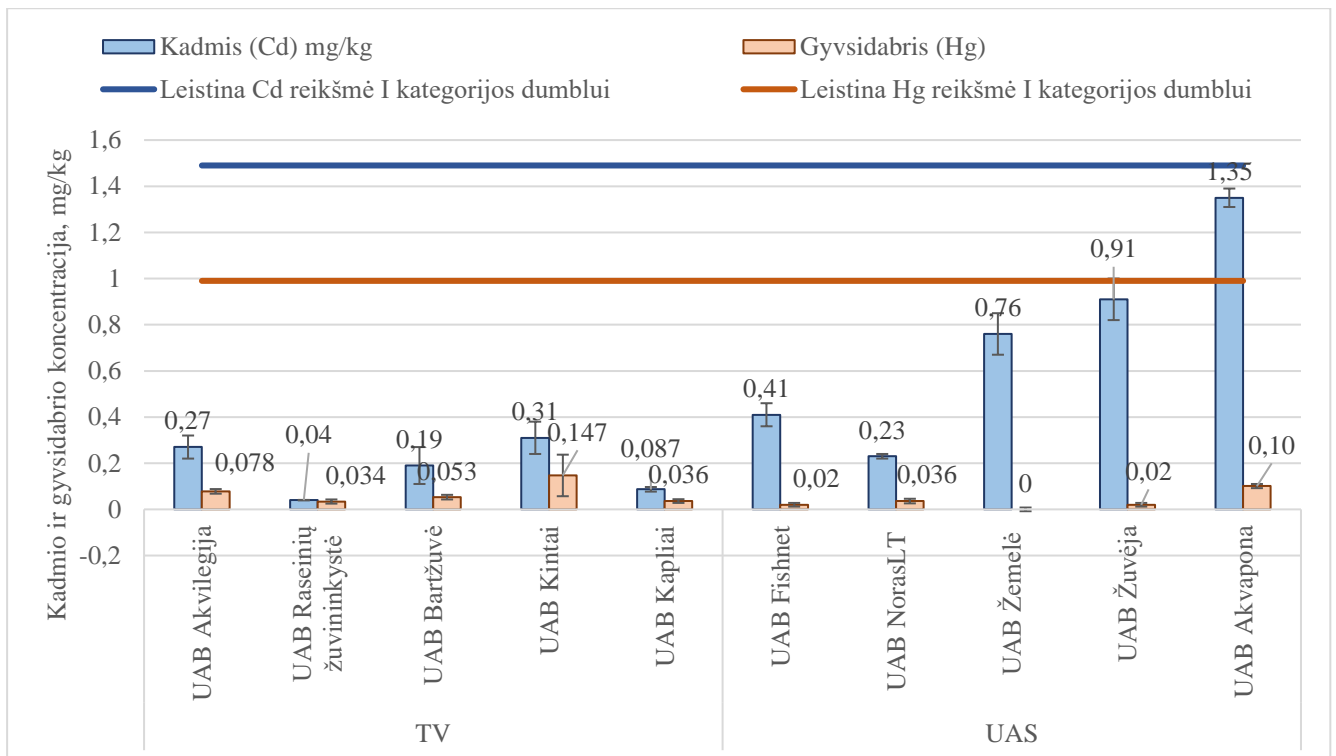


**3.16. pav. Vario ir cinko koncentracijos tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS dumblė**

Išanalizavus UAS ir tvenkininių akvakultūros ūkiuose susidariusio nuotekų dumblo kokybę pagal jame esančias kadmio koncentraciją, nustatyta ( 3.17 pav.), kad UAS ūkiuose ji yra žymiai didesnė, nors neviršija leistinos reikšmės I kategorijos dumblui, kuri yra <1,5 mg/kg. UAS ūkiuose vidutinė kadmio koncentracija svyruoja tarp 0,23 – 1,35 mg/kg, o tvenkininių akvakultūros ūkiuose - tarp 0,087 – 0,31 mg/kg. Didžiausia kadmio koncentracija rasta UAS ūkyje UAB „Akvapona“ – 1,35 mg/kg (36,98% nuo bendro visų UAS dumblė nustatyto kiekio), o mažiausia - UAB „NorasLT“ – 0,23 mg/kg (6,58% nuo bendro visų UAS dumblė nustatyto kiekio). Tvenkininių akvakultūros ūkiuose kadmio koncentracijos yra mažesnės už I kategorijos dumblui leistiną koncentraciją, kuri yra < 1,5 mg/kg.

Gyvsidabrio vidutinė koncentracija UAS ūkiuose susidariusiame nuotekų dumblė svyruoja nuo <0,008 iki 0,10 mg/kg, o tvenkininių akvakultūros ūkių dumblė nuo 0,034 iki 0,147 mg/kg (3.17 pav.). Didžiausia gyvsidabrio koncentracija rasta tvenkininių akvakultūros ūkyje UAB „Kintai“ - 0,31 mg/kg, mažiausia UAS ūkyje UAB „Žemelė“ – po 0,008 mg/kg. Visų akvakultūros ūkių dumblė gyvsidabrio koncentracija buvo mažesnė už leistiną I kategorijos dumblui (<1,0 mg/kg).

Gyvsidabrio koncentracija abiejų tipų akvakultūros ūkių nuotekų dumblė panaši, o kadmio daugiau susidarė auginant žuvis uždarose sistemose.

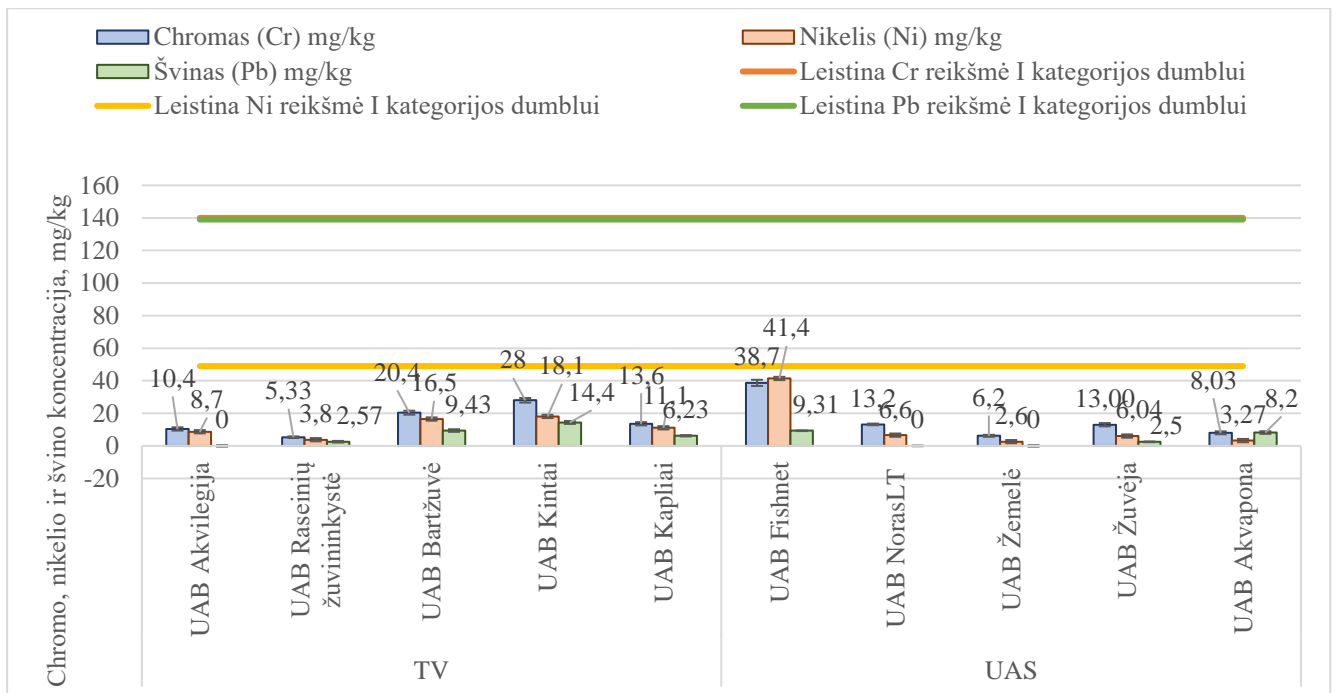


**3.17 pav. Kadmio ir gyvsidabrio koncentracijos tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS dumble**

Akvakultūros ūkių nuotekų dumble susidariusios sunkiųjų metalų švino, chromo ir nikelio vidutinės koncentracijos pateiktos 3.18 pav. Tvenkinių akvakultūros ūkiuose visų trijų sunkiųjų metalų koncentracijos gana žemos. Švino koncentracija svyruoja tarp 0,02 – 14,4 mg/kg, chromo tarp 5,33 – 28,0 mg/kg, o nikelio tarp 3,8 – 18,1 mg/kg. Didesnės visų trijų sunkiųjų metalų koncentracijos, rastos UAB „Kintai“ tvenkinio dumble. Nustatytos visų metalų koncentracijos yra mažesnės už leistinas koncentracijas I kategorijos dumble: švino leistina koncentracija yra < 140 mg/kg, chromo - < 140 mg/kg ir nikelio - < 50 mg/kg.

UAS ūkiuose didžiausios chromo ir nikelio koncentracijos nustatytos UAB „Fishnet“ – chromo - 38,7 mg/kg, nikelio – 41,4 mg/kg. Likusiuose UAS ūkiuose visų trijų sunkiųjų metalų koncentracijos panašios su tvenkininių akvakultūros ūkių dumble rastomis reikšmėmis.

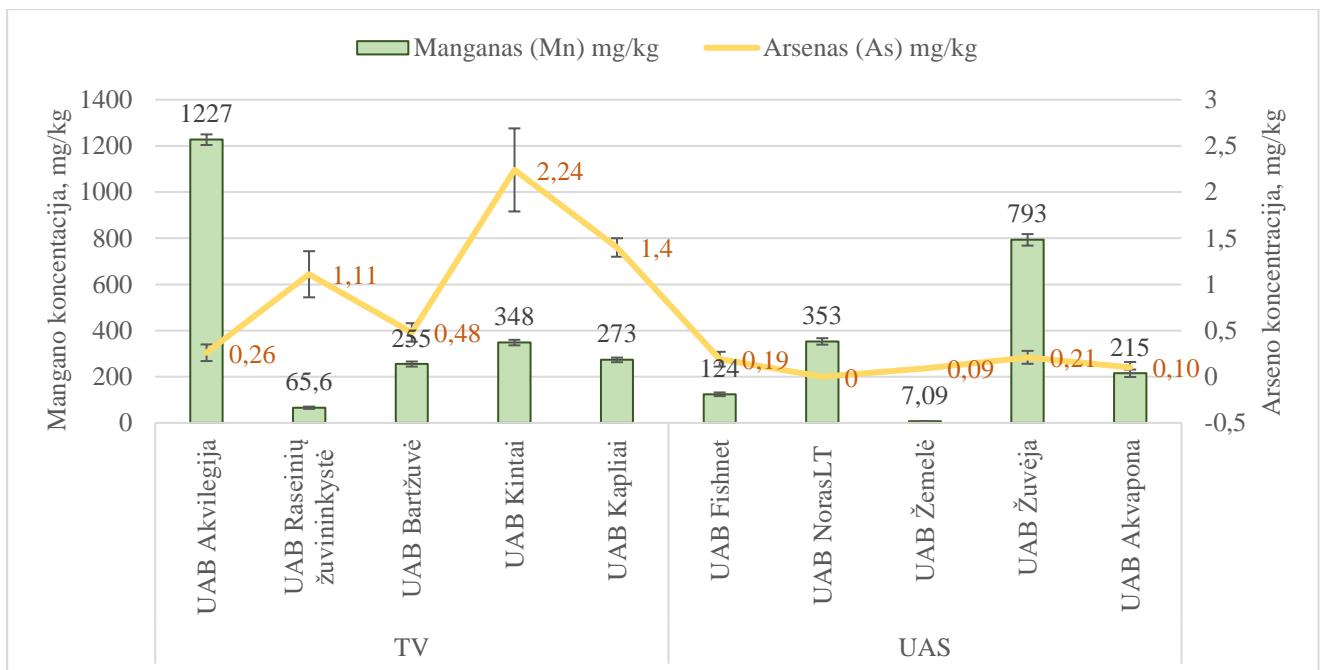
Nei viename tvenkinių akvakultūros ir UAS ūkyje šių trijų metalų koncentracijos nėra didesnės už leistiną reikšmę I klasės dumblui: švino leistina koncentracija yra < 140 mg/kg, chromo - < 140 mg/kg ir nikelio - < 50 mg/kg.



3.18 pav. Chromo, švino ir nikelio koncentracijos tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS dumble

Akvakultūros ūkių nuotekų dumble susidariusio mangano ir arseno vidutinės koncentracijos pateiktos 3.19 pav. Tvenkinių akvakultūros ūkių dumble mangano ir arseno koncentracijos nustatytos aukštesnės, nei UAS dumble. Tvenkinių akvakultūros dumble nustatytos mangano koncentracija svyruoja tarp 65,6 (UAB „Raseinių žuvininkystė“) – 1227 (UAB „Akvilegija“) mg/kg, arseno koncentracija - tarp 0,26 (UAB „Akvilegija“) – 2,24 mg/kg (UAB „Kintai“).

UAS ūkiuose didžiausios mangano koncentracija nustatyta UAB „Žuvėja“ – 793 mg/kg, o arseno – 0,21 mg/kg. Likusiuose UAS ūkiuose arseno koncentracijos gana žemos.



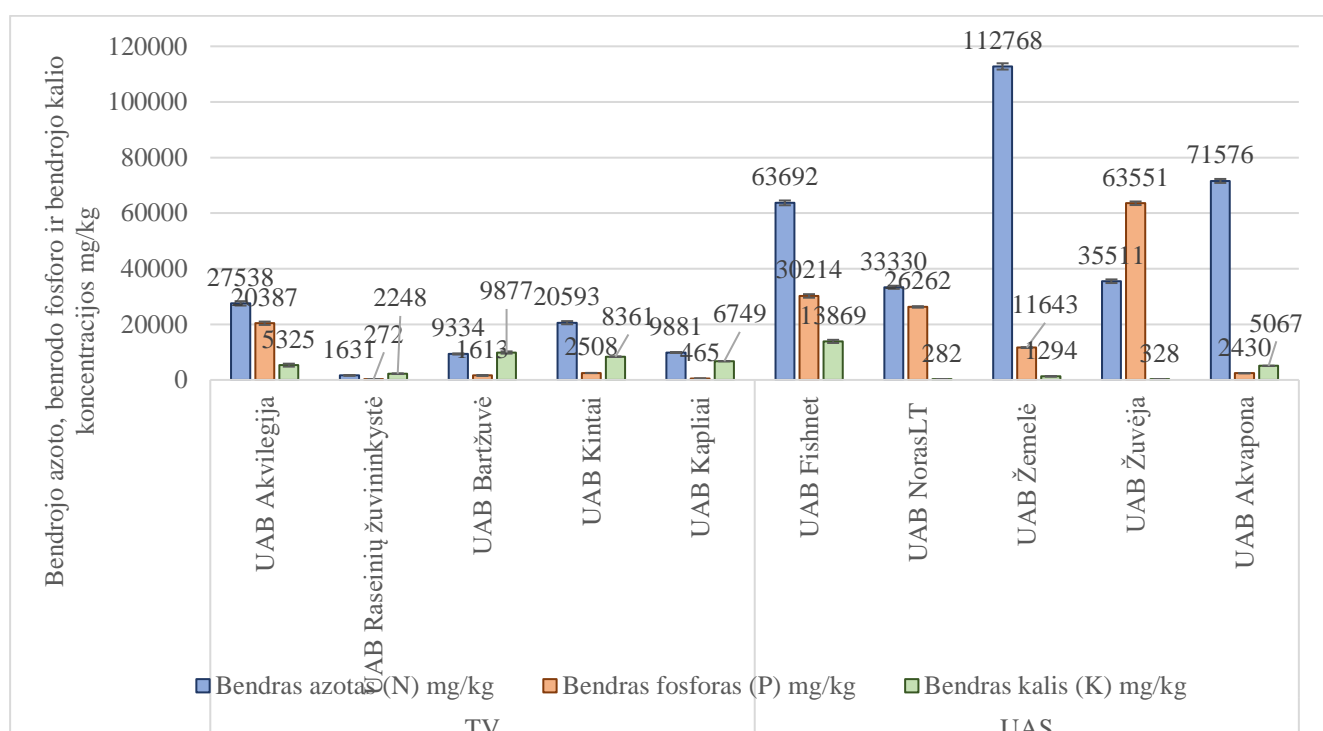
3.19 pav. Mangano ir arseno koncentracijos tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS dumble

Analizuojant bendrojo azoto, bendrojo fosforo ir bendrojo kalio duomenis, nustatyta, kad didžiausios bendrojo azoto koncentracijos nustatytos UAS ūkių dumble (3.20 pav.). Didžiausia bendrojo azoto koncentracija nustatyta UAB „Žemelė“ ūkio dumble (auginami afrikiniai šamai). Ji siekia 112768 mg/kg. Mažiausia bendrojo azoto koncentracija nustatyta UAB „NorasLT“ ūkio dumble – 33330 mg/kg (auginama arktinė palija).

Bendrojo fosforo didžiausia koncentracija nustatyta UAB „Žuvėja“ dumble – 63551 mg/kg, o mažiausia UAB „Akvaona“ - 2430 mg/kg.

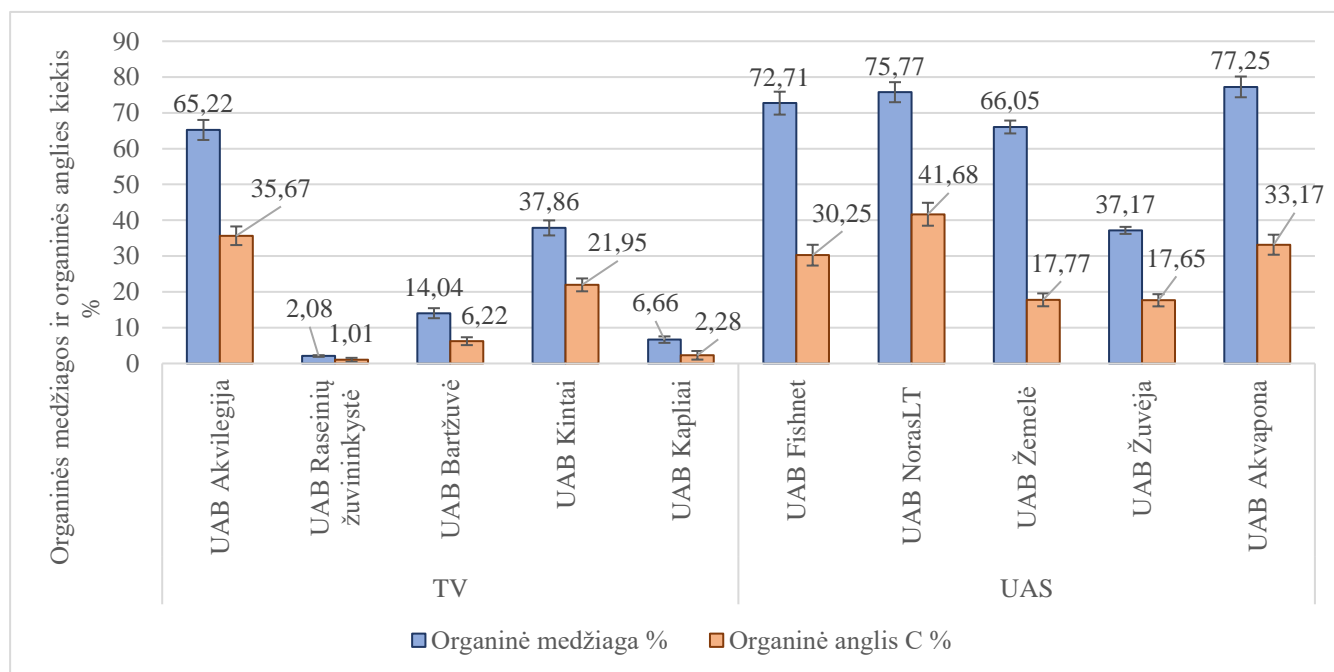
Bendrojo kalio daugiausiai rasta UAB „Fishnet“ ūkio dumble – 13869 mg/kg, o mažiausia koncentracija nustatyta UAB „Žemelė“ ūkio dumble – 1294 mg/kg.

Tvenkinių akvakultūros ūkiuose nustatytos bendrojo kalio koncentracijos yra didesnės nei UAS ūkiuose. Didžiausia bendrojo kalio koncentracija nustatyta UAB „Bartžuvė“ ūkio dumble. Ji siekia 9877 mg/kg, o mažiausia UAB „Raseinių žuvininkystė“ – 2248 mg/kg. UAB „Raseinių žuvininkystė“ nustatytos mažiausios ir bendrojo azoto (1631 mg/kg) ir bendrojo fosforo (272 mg/kg) koncentracijos. Didesnė bendrojo azoto koncentracija nustatyta UAB „Akvilėgija“ ūkio dumble (27538 mg/kg) ir UAB „Kintai“ ūkio dumble (20593 mg/kg). Bendrojo fosforo didžiausia koncentracija nustatyta UAB „Akvilėgija“ ūkio dumble – 20387 mg/kg.



**3.20 pav. Bendrojo azoto, bendrojo fosforo ir bendrojo kalio koncentracijos tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS dumble**

Analizuojant organinės medžiagos ir organinės anglies rezultatus, nustatyta, kad didesni organinės medžiagos ir organinės anglies kiekiai nustatyti UAS ūkių dumble, lyginant su tvenkinių akvakultūros ūkių dumblu (3.21 pav.). Organinės medžiagos kiekis nustatytas panašus visų tirtų ūkių dumble, išskyrus UAB „Žuvėja“. Šio ūkio dumble organinės medžiagos nustatyta mažiausiai, t.y. 37,17%, kai kituose ūkiuose organinės medžiagos kiekis svyravo nuo 66,05% iki 77,25%. Mažesnis organinės anglies kiekis nustatytas dviejų UAS ūkių dumble – UAB „Žemelė“ (17,77%) ir UAB „Žuvėja“ (17,67%). Kitų UAS ūkių dumble organinės anglies kiekis svyravo nuo 30,5% iki 41,68%.



**3.21 pav. Organinės medžiagos ir organinės anglies kiekis procentais tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS dumble**

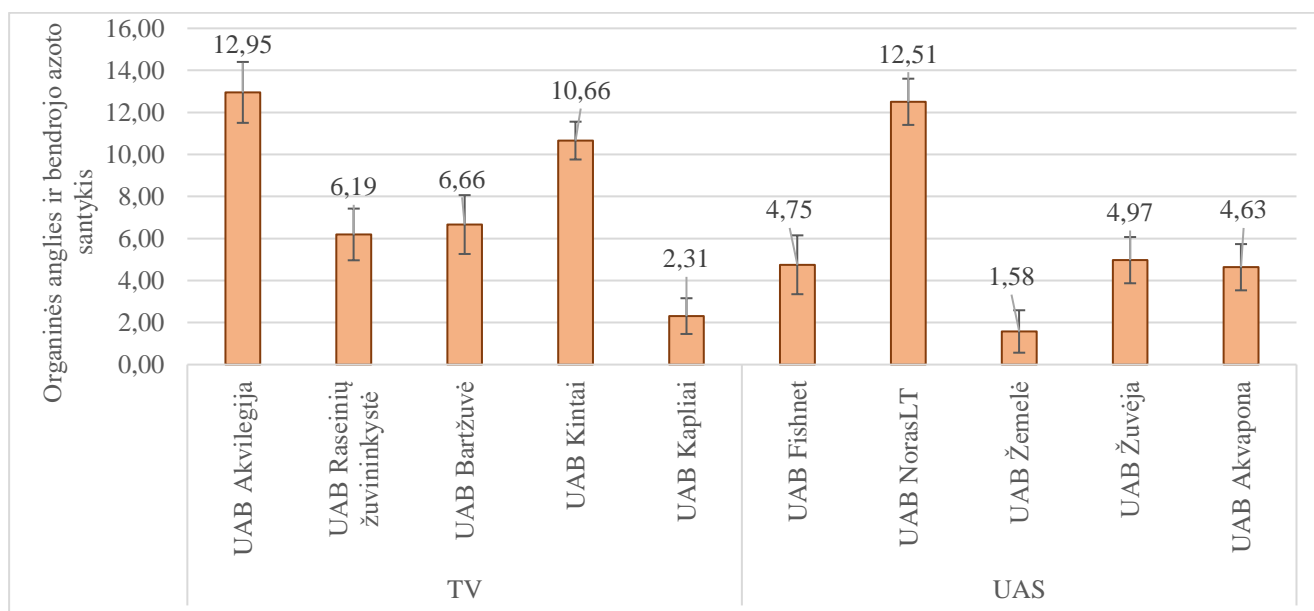
Tvenkinių akvakultūros ūkiuose daugiausiai organinės medžiagos ir organinės anglies nustatyta UAB „Akvilėgija“ ūkio dumble (65,22% ir 35,67% atitinkamai). UAB „Kintai“ ūkio dumble organinės medžiagos ir organinės anglies kiekiai buvo 37,86% ir 21,95% atitinkamai. Mažiausi organinės medžiagos ir organinės anglies kiekiai nustatyti UAB „Raseinių žuvininkystė“ ūkio dumble (tik 2,08% ir 1,01% atitinkamai).

### 3.5. Biodujų gamyba iš Lietuvos akvakultūros ūkiuose susidariusio dumblo

Biodujos, yra anaerobinio skaidymo metu gaunamas dujų mišinys, sudarytas daugiausiai iš metano ir anglies dioksido (Sendžikienė ir kt., 2017). Biodujas galima išgauti iš įvairios biomasės ir jų gamyba vis didėja dėl ribotų iškastinio kuro išteklių, brangios naftos. Jas galima išgauti iš įvairių kultūrinių augalų rūšių, žemės ūkio atliekų, pramonės atliekų, taip pat iš nuotekų dumblo. Dėl galimo plataus biodujų gamybos išteklių pasirinkimo, šios dujos priskiriamos atsinaujinančiam energijos ištekliui, kuris mažina nereikalingų dujų išmetimą į aplinką, mažina aplinkos užterštumą (Bužinskienė, 2018).

Biodujų išeiga priklauso nuo mikro ir makro elementų kiekio, kuris atsakingas už medžiagų apykaitos procesus. Dumble esantis didelis kiekis sunkiųjų metalų gali slopinti biodujų gamybą. Efektyviai biodujų gamybai reikalingas optimalus anglies ir azoto (C:N) santykis. Svarbu, jog azoto nebūtų per daug, lyginant su anglimi. Gerai tinkantis C:N santykis laikomas tarp 10 ir 30, o optimalus santykis tarp 15 ir 30 (Schnürer ir Jarvis, 2018).

Nagrinėjamų akvakultūros ūkių nuotekų dumble nustatytas C:N santykis pateiktas 3.22 pav.



3.22 pav. Organinės anglies ir bendrojo azoto santykis tirtame tvenkinių akvakultūros ir UAS dumble

Iš 3.22 pav. matyti, jog didžiausias C:N santykis panašus 12,51 ir 12,95.

Sendžikienės ir kt. (2017) atliktame tyrime buvo naudojamas akvakultūros nuotekų dumblas su apskaičiuotu C:N santykiu, kuris siekė 11,78. Šio biodujų gamybos tyrimo rezultatai parodė, jog akvakultūros ūkių dumblą tikslinga naudoti biodujų gamybai: “naudojant žuvų auginimo dumblą, iš 1 t organinių medžiagų galima gauti iki 13127 MJ energijos, iš nuotekų dumblo iki 13926 MJ energijos.”

Tad galima manyti, jog atlikus šių dviejų ūkių dumblo biodujų gamybai tyrimus, rezultatai būtų gaunami panašūs.

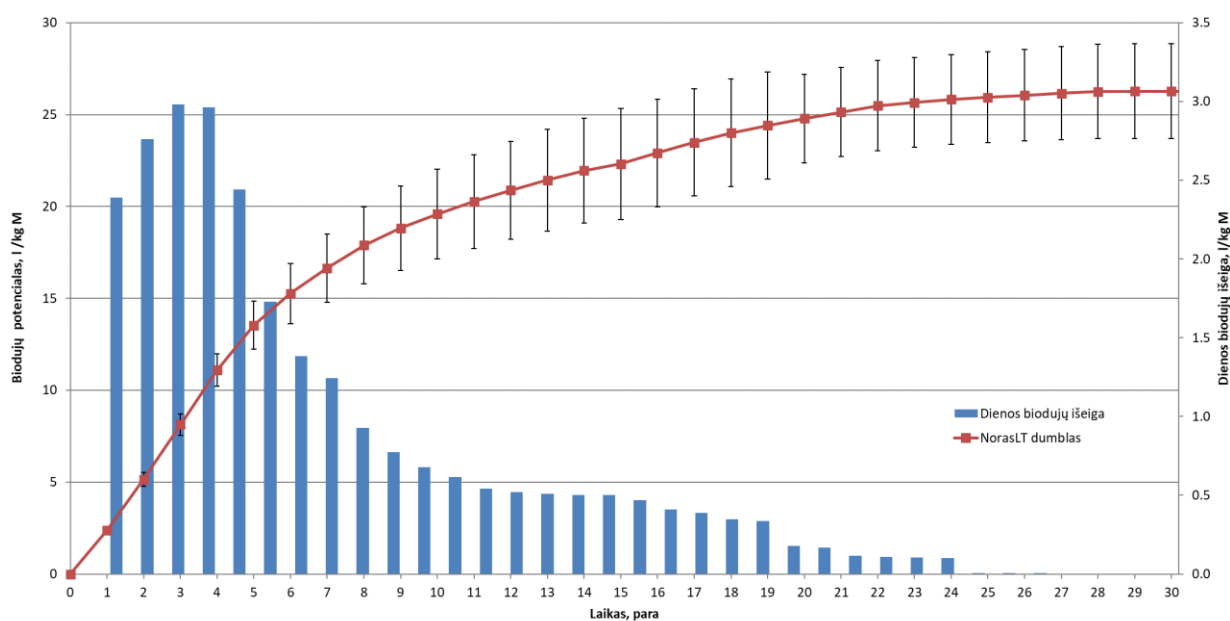
### 3.6. Biodujų, gautų iš nuotekų dumblo ir žuvų auginimo dumblo, kokybės rodikliai

Kalbant apie tyrimų rezultatus, gautus biodujoms gaminti naudotą žuvų auginimo dumblą iš kitų šaltinių, t.y. dviejų pramonės įmonių, buvo gauti panašūs tiek kiekybiniai, tiek ir kokybiniai rodikliai. Biodujų išeiga naudojant žuvų atliekas ir iš skirtingų žuvų auginimo įmonių gautą žuvų auginimo dumblą, nuriebalintas žuvų atliekas ir žuvų auginimo dumblą bei nuotekų dumblą ir žuvų auginimo dumblą svyravo 5-8% ribose, o kokybiniai rodikliai 3-5%.

VDU Biodujų laboratorijoje tirtas 3 žuvies auginimo įmonių dumblas/atliekos: UAB „Raseinių žuvininkystė“, UAB „Noras LT“ ir UAB „Akvapona“. Dumblas paimtas iš UAB „Noras LT“ ir UAB „Akvapona“ buvo iš uždarų akvakultūros sistemų, o iš UAB „Raseinių žuvininkystė“ dumblas paimtas iš atvirų žuvų auginimo tvenkinių.

Tiriamas dumblas iš UAS abiem atvejais buvo tinkamas biodujų gamybai, nes jame buvo nuo 9,63 iki 24,84 % sausųjų medžiagų, o sausojoje medžiagoje organinės medžiagos buvo 75,8-77,3 %. Dumblas, paimtas iš atvirų tvenkinių turėjo žymiai daugiau sausųjų medžiagų (65,85 %), tačiau sausojoje medžiagoje buvo tik 2,08 % organinės medžiagos. Tai rodo, kad šiame dumble dominavo smėlio nuosėdos ir suirusios organinės medžiagos likučiai.

Biodujų gamybos tyrimai rodo, kad iš UAS UAB „Noras LT“ dumblo galima išgauti  $26,3 \pm 2,6$  l/kg biodujų (3.23 pav.). Skaičiuojant biodujų išeigą galima išreikšti iš sausosios medžiagos (SM) ir iš sausosios organinės medžiagos (SOM) kilogramo. Šiuo atveju biodujų potencialas siekia  $105,8 \pm 11,9$  l/kg SM, arba  $139,6 \pm 15,9$  l/kg SOM.

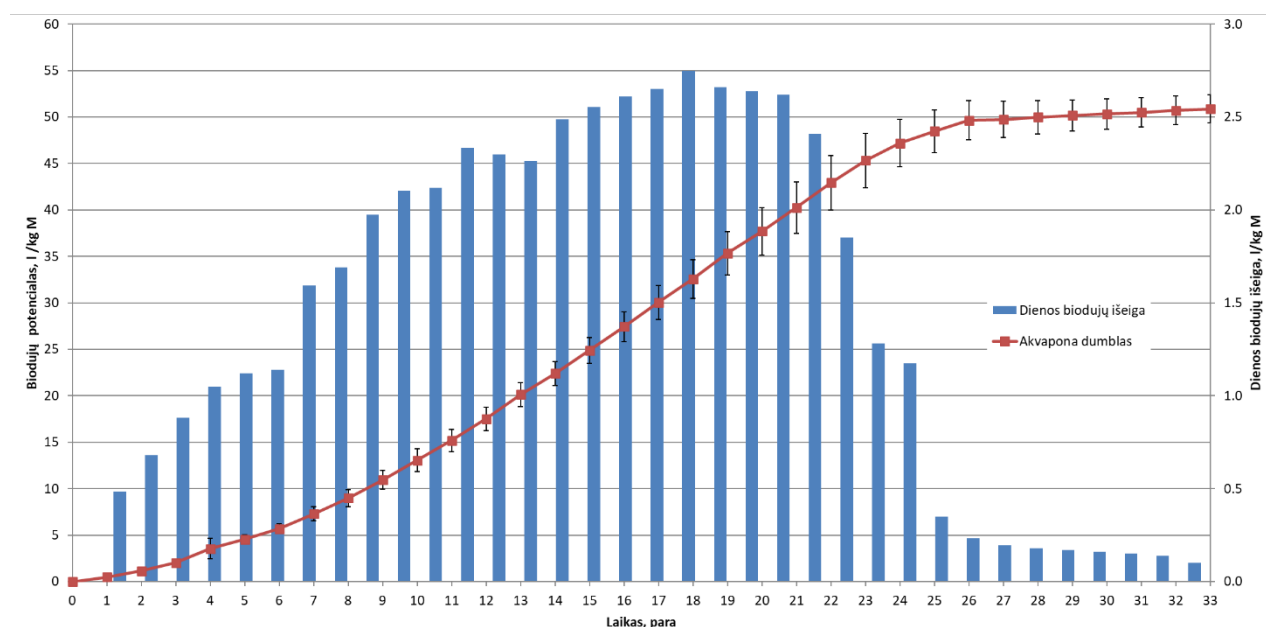


3.23 pav. Biodujų išeigos dinamika iš UAB „Noras LT“ akvakultūros dumblo

Biodujų išėigos iš dumblo dinamika iki 4-sios tyrimų dienos buvo intensyviausia. Per šį laikotarpį buvo sugeneruota apie 42 % visų iš mėginio išsiskyrusių biodujų.

Išgautose biodujose nustatyta  $62,6 \pm 1,9$  % metano koncentracija. Priėmus, kad metano energinė vertė yra  $10 \text{ kWh/m}^3$ , išgautųjų biodujų energinė vertė siekia  $6,26 \text{ kWh/m}^3$ . Biodujose nenustatyta vandenilio sulfido. Įvertinus biodujų išėigą ir metano koncentraciją biodujose, skaičiuojamoji 1 tonos tiriamos žaliavos energinė vertė siekia  $164,0 \pm 2,22 \text{ kWh/t}$  arba  $45,6 \pm 0,62 \text{ MJ/kg}$  masės.

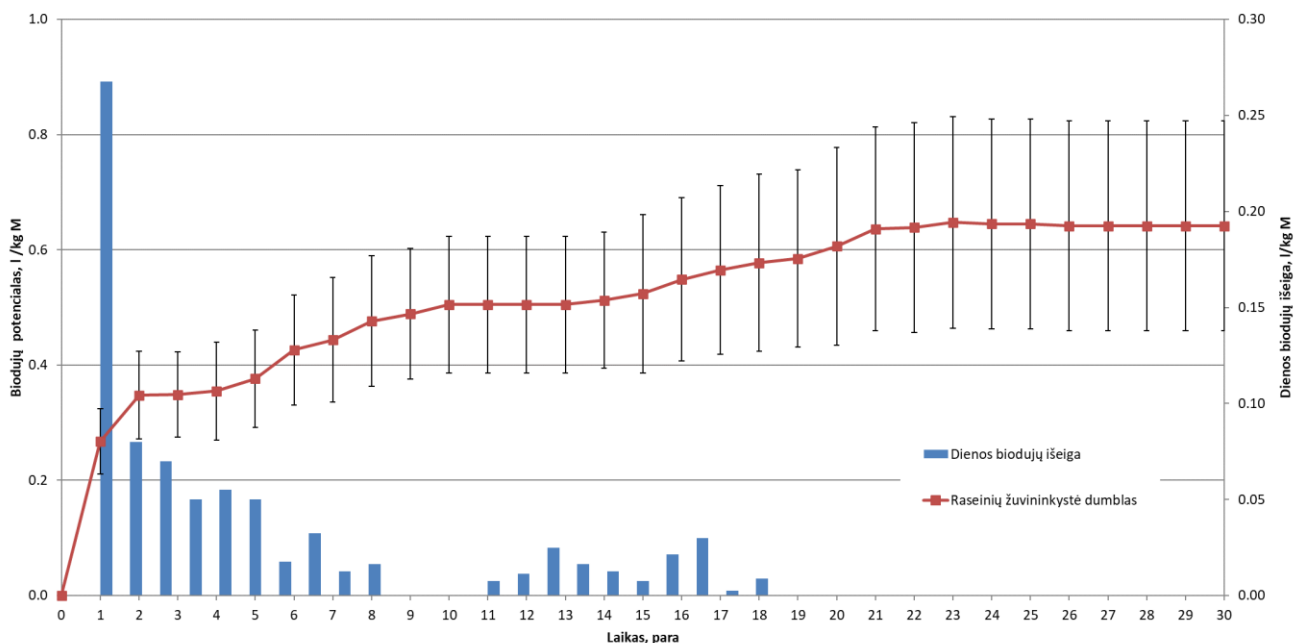
Biodujų gamybos tyrimai rodo, kad iš UAS UAB „Akvapona“ dumblo galima išgauti  $51,2 \pm 1,5 \text{ l/kg}$  biodujų (3.24 pav.). Biodujų potencialas iš SM siekė  $531,5 \pm 15,6 \text{ l/kg SM}$ , arba  $687,9 \pm 20,2 \text{ l/kg SOM}$ .



**3.24 pav. Biodujų išėigos dinamika iš UAB „Akvapona“ akvakultūros dumblo**

Biodujų išėigos iš dumblo intensyvi dinamika truko apie 20 parų. Per šį laikotarpį buvo sugeneruota apie 65 % visų iš mėginio išsiskyrusių biodujų. Šis grafikas rodo, kad dumble yra sunkiai skaidomų organinių medžiagų, kurios lėčiau biodegraduoja į biodujas. Išgautose biodujose nustatyta  $66,2 \pm 0,1$  % metano koncentracija. Priėmus, kad metano energinė vertė yra  $10 \text{ kWh/m}^3$ , išgautųjų biodujų energinė vertė siekia  $6,62 \text{ kWh/m}^3$ . Biodujose nustatyta  $390 \pm 15 \text{ mg/l}$  vandenilio sulfido koncentracija. Įvertinus biodujų išėigą ir metano koncentraciją biodujose, skaičiuojamoji 1 tonos tiriamos žaliavos energinė vertė siekia  $338,9 \pm 3,2 \text{ kWh/t}$  arba  $94,3 \pm 0,9 \text{ MJ/kg}$  masės.

Biodujų gamybos tyrimai rodo, kad iš UAB „Raseinių žuvininkystė“ atvirų tvenkinių dugno dumblo galima išgauti tik  $0,64 \pm 0,18 \text{ l/kg}$  biodujų (3.15 pav.). Biodujų potencialas iš SM siekė  $0,97 \pm 0,28 \text{ l/kg SM}$ , arba  $46,8 \pm 13,3 \text{ l/kg SOM}$ .



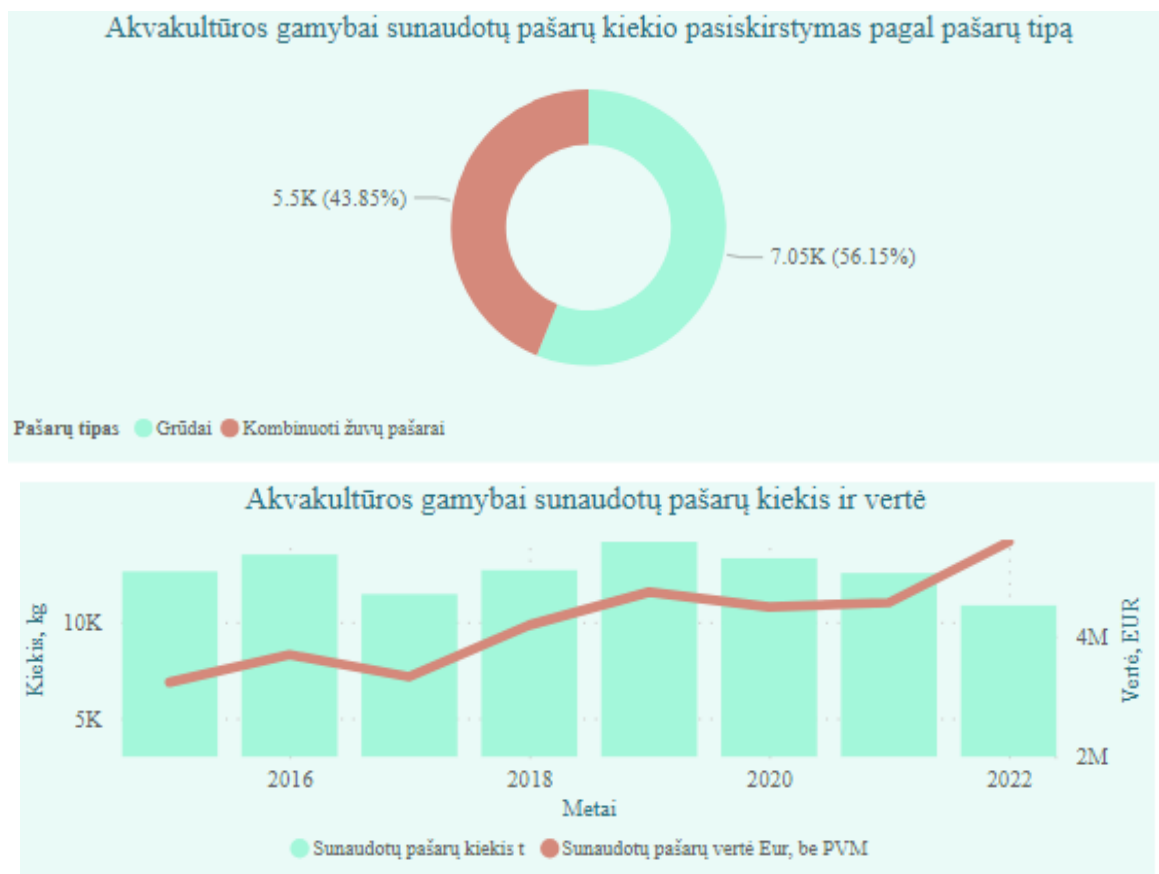
**3.25 pav. Biodujų išeigos dinamika iš UAB „Raseinių žuvininkystė“ akvakultūros dumblo.**

Intensyvesnė biodujų išeiga iš dumblo buvo tik pirmąją parą. Išgautose biodujose nustatyta apie 55 % metano koncentracija. Taigi, tyrimo rezultatai rodo, kad nors ir dumblas turėjo didelę sausųjų medžiagų koncentraciją, tačiau organinių medžiagų sausoje medžiagoje buvo tik 2,08 %. Toks dumblas nėra tinkamas biodujų gamybai.

Apibendrinant tyrimų rezultatus, galima teigti, kad žuvų auginimo dumblas gali papildyti įprastinių žaliavų biodujoms gaminti potencialą. Maišant jį su nuotekų dumblo (žuvų auginimo dumblo kiekį substrate padidinus iki 90%), biodujų išeiga svyruoja 1-6% ribose, kiekybiniai rodikliai sumažėja nežymiai, o kokybiniai rodikliai yra pagerinami (gaunamas didesnis metano kiekis biodujose). Naudojant žuvų auginimo dumblą, iš 1 t organinių medžiagų, esančių minėtame dumble galima gauti iki 13127 MJ energijos, iš nuotekų dumblo iki 13926 MJ energijos“ („Uždarsiose ..., 2017 ).

### 3.7. Lietuvos UAS ir žuvininkystės tvenkiniuose naudojami pašarai, jų kiekiai, sudėtis, iš pašarų į dumblą patenkančių N ir P procentinės dalys

Remiantis Lietuvos nacionalinė žuvininkystės duomenų rinkimo programa, Lietuvos akvakultūros įmonėse ir ūkiuose kasmet sunaudojama 12-14 tūkst.t pašarų (2022 m. sunaudota mažiau, 10,867 tūkst.t. pašarų), iš jų UAS sunaudojama apie 1 tūkst. t. kombinuotų pašarų (2022 m. – 1,046 tūkst.t.) (3.26-3.28 pav.).



3.26-27 pav. Akvakultūros gamybai sunaudotų pašarų kiekis, tipas ir vertė (šaltinis - Lietuvos nacionalinė žuvininkystės duomenų rinkimo programa)

Kaip minėta 3.1.1 poskyryje, žuvų pašaras, patekęs į vandenį yra įsisavinamas auginamų žuvų, o nesunaudota jo dalis lieka vandenyje ir toliau skaidoma mikroorganizmų. Pagrindiniai žuvų metabolizmo produktai yra anglies dioksidas, amonio azotas ir fekalinės medžiagos (3.1 pav.).

Iš sušerto 1 kg pašarų žuvis išskiria 25-30% nuo pašarų kiekio fekalijų forma (jos didžiaja dalimi patenka į dumblą). Su fekalijomis išskiriama 6-15% organinio azoto junginių, 20% fosforo junginių, 25% anglies, patekusių su pašarais. Taip pat nustatyta, kad apie 9% dumblo sistemoje susidaro dėl biofiltro mikroorganizmų gyvybinių procesų (dauginimosi ir to pasėkoje negyvos bioplėvelės atitrūkimo nuo biofiltro užpildo).

Tai orientacinės reikšmės, kadangi pašaro suvartojimas, metabolizmo produktų išskyrimas priklauso ir nuo žuvies rūšies bei amžiaus, ir nuo vandens temperatūros bei kitų veiksnių.

Pramoniniams projektiniams skaičiavimams priimama, kad vienas kilogramas sušertų pašarų generuoja 300 g dumblo. 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.

Nustatant teorinį UAS susidarančio dumblo kiekį, reikalinga turėti žuvų biomasę sistemoje ir realiai nustatytą pašarų konversijos koeficientą. Siekiant labai tikslių rezultatų, reikėtų įvertinti šėrimų grafiką, pašarų gamintojų rekomendacijas, pašarų sudėtį.

Vizitų į Lietuvos tvenkininės žuvininkystės ūkius bei akvakultūros įmones, turinčias UAS, metu, buvo siekiama surinkti informaciją apie žuvų šėrimui naudojamus pašarus bei šių pašarų gamintojų deklaruojamoje sudėtyje nurodytas N ir P reikšmes.

Ne visos įmonės noriai dalijosi informacija apie naudojamus pašarus, o mūsų lankymosi įmonėse metu surinkti duomenys pateikiami 3.7 lentelėje. Taip pat surinkti duomenys apie kai kurių žuvininkystės ūkių naudojamus pašarus žuvims tvenkiniuose šerti (3.8 lent.), nors dauguma ūkių šėrimui naudoja grūdus.

Analizuojant Lietuvos UAS žuvų šėrimui naudojamus pašarus ir jų sudėtis, galima matyti, kad fosforo junginių ir azoto junginių (kaip ir kitų sudedamųjų dalių) procentinės dalys yra skirtingos – tai priklauso nuo gamintojo, šeriamų žuvų rūšies ir jų dydžio. Kai kurie gamintojai net nepateikia bendro P ir/ar bendro N procentinių dalių. Tikslius skaičiavimus galima būtų atlikti tik konkrečioms sistemoms ar konkrečiam UAS ūkiui.

Skaičiavimams taip pat taikytini maistinių medžiagų (azoto ir fosforo junginių) sulaikymo ir išskyrimo rodikliai (procentais nuo suvartoto pašaro) (3.8 lent.).

Lietuvos akvakultūros įmonių ir ūkių sunaudotų pašarų kiekis ir vertė pagal gamybos tipą ir akvakultūros metodą						
Metai	2018			2019		2020
Gamybos tipas	Sunaudotų pašarų kiekis t	Sunaudotų pašarų vertė Eur, be PVM	Sunaudotų pašarų kiekis t	Sunaudotų pašarų vertė Eur, be PVM	Sunaudotų pašarų kiekis t	Sunaudotų pašarų vertė Eur, be PVM
Ekologinė produkcija	428.08	99,583.52	433.46	103,303.16	616.68	
Tvenkiniai, baseinai ir kanalai	428.08	99,583.52	433.46	103,303.16	616.68	
Grūdai	426.06	98,603.52	423.46	99,625.38	606.73	
Kombinuoti žuvų pašarai	2.02	980.00	10.00	3,677.78	9.95	
Iprastinė produkcija	12,273.47	4,087,020.78	13,736.87	4,631,170.94	12,701.04	
Tvenkiniai, baseinai ir kanalai	11,714.79	3,292,872.73	12,895.03	3,432,071.53	11,789.21	
Grūdai	7,202.29	1,248,100.30	7,849.99	1,344,254.63	7,088.67	
Kombinuoti žuvų pašarai	4,512.50	2,044,772.43	5,045.04	2,087,816.90	4,700.54	
Uždarnosios akvakultūros sistemos	558.68	794,148.05	841.83	1,199,099.41	911.83	
Kombinuoti žuvų pašarai	558.68	794,148.05	841.83	1,199,099.41	911.83	
<b>Iš viso</b>	<b>12,701.55</b>	<b>4,186,604.30</b>	<b>14,170.33</b>	<b>4,734,474.10</b>	<b>13,317.72</b>	

Lietuvos akvakultūros įmonių ir ūkių sunaudotų pašarų kiekis ir vertė pagal gamybos tipą ir akvakultūros metodą					
Metai	2020		2021		2022
Gamybos tipas	Sunaudotų pašarų vertė Eur, be PVM	Sunaudotų pašarų kiekis t	Sunaudotų pašarų vertė Eur, be PVM	Sunaudotų pašarų kiekis t	Sunaudotų pašarų vertė Eur, be PVM
Ekologinė produkcija	124,587.99	719.21	120,843.38	317.16	83,689.08
Tvenkiniai, baseinai ir kanalai	124,587.99	719.21	120,843.38	317.16	83,689.08
Grūdai	119,230.74	716.15	119,190.98	317.16	83,689.08
Kombinuoti žuvų pašarai	5,357.25	3.06	1,652.40		
Iprastinė produkcija	4,361,998.97	11,828.60	4,437,009.08	10,550.10	5,485,263.98
Tvenkiniai, baseinai ir kanalai	3,101,523.83	10,817.78	3,105,636.27	9,503.62	3,974,109.71
Grūdai	1,127,637.47	6,329.50	1,129,799.71	5,247.85	1,457,966.13
Kombinuoti žuvų pašarai	1,973,886.36	4,488.28	1,975,836.56	4,255.77	2,516,143.58
Uždarnosios akvakultūros sistemos	1,260,475.14	1,010.82	1,331,372.81	1,046.48	1,511,154.27
Kombinuoti žuvų pašarai	1,260,475.14	1,010.82	1,331,372.81	1,046.48	1,511,154.27
<b>Iš viso</b>	<b>4,486,586.96</b>	<b>12,547.81</b>	<b>4,557,852.46</b>	<b>10,867.25</b>	<b>5,568,953.06</b>

3.28 pav. Akvakultūros gamybai sunaudotų pašarų kiekis ir vertė pagal gamybos tipą ir akvakultūros metodą (šaltinis - Lietuvos nacionalinė žuvininkystės duomenų rinkimo programa)

**3.6 lent. Lietuvos UAS žuvų šėrimui naudojami pašarai ir jų sudėtis**

Šeriamų žuvų rūšis	Pašarų gamintojas	Pašarų pavadinimas	Dydis, mm	Analitinės sudedamosios dalys, %							Pastabos
				Baltymai	Riebalai	Ląsteliena	P	K	N	Pelenai	
Vaivorykštinis upėtakis ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	ALLTECH COPPENS	CRYSTAL HEALTH	4,5	40,8	30	1,3	0,94	1,1	0,3		
Alpinė šalvis ( <i>Salvelinus alpinus</i> )	SKRETTING	T-XL Optiline HE RC A80 SF	8,0	39	28	1,8	0,9	0,2	1,5	7	Anksčiau naudojo BIOMAR pašarus
Afrikinis šamas ( <i>Clarias gariepinus</i> )	ALLTECH COPPENS	PRE GROWER 15 EF	2,0	50	15	0,5	1,11			7,5	Lervutėms - BIOMAR
Ungurys ( <i>Anguilla anguilla</i> )	ALLTECH COPPENS	EXTREME	2,0	48	28	0,2	1,35			10,2	Anksčiau naudojo BIOMAR pašarus

**3.7 lent. Lietuvos tvenkinių akvakultūros ūkiuose žuvų šėrimui naudojami pašarai ir jų sudėtis**

Šeriamų žuvų rūšis	Pašarų gamintojas	Pašarų pavadinimas	Dydis, mm	Analitinės sudedamosios dalys, %							Pastabos
				Baltymai	Riebalai	Ląsteliena	P	K	N	Pelenai	
Paprastasis karpis ( <i>Cyprinus carpio</i> )	KAUNO GRŪDAI	Visaverčiai pašarai šiųmetėms žuvims	2,0	25	3,50	3,58	0,55			5,38	Natris-0,11%, kalcis-0,55%, lizinas (Ly) – 1,31 %, metioninas (Met) – 0,35%
Paprastasis karpis ( <i>Cyprinus carpio</i> )	ALLER AQUA	ALLER CLASSIC	2,0	30	7	5	1			6,5	Priklausomai nuo FCR, N dalis išmatose 100 kg žuvų prieaugio- 0,46-0,54 kg; atitinkama P dalis – 0,36-0,42 kg

**3.8. lent. Maistinių medžiagų (azoto ir fosforo) sulaikymo ir išskyrimo rodikliai (procentais nuo suvartoto pašaro) (pagal Piedrahita, 2003)**

Sunaudota kūno energijai		Nesuvirškintas (kietosios dalelės)		Išskirtas (ištirpusi forma)		Žuvies rūšis	Šaltinis
N	P	N	P	N	P		
49	36	14	55	37	9	Atlantinė lašiša	Johnsen, Hillestad, & Austreng, 1993; Bergheik & Asgard, 1996
	17-19		48-54		28-34	Atlantinė lašiša	Holby and Hall, 1994
11	32					Karpis	Avnimelech & lacher, 1979
27	30					Kanalinis šamas	Boyd, 1985
30		13		57		Vaivorykštinis upėtakis	Beveridge, Phillips & Clarke, R. M., 1991
25	30	15	70	60	0	Vaivorykštinis upėtakis	Hakanson, 1988; Pillay, 1992
21-22	18,8	3,6-5,4	19-22	59-72	60-62	Tilapijos hibridas	Siddiqui & Al-Harbi, 1999

### **3.8. Rekomendacijos dėl dumblo paruošimo technologijų (sandėliavimas, nusausinimas, džiovinimas, CO<sub>2</sub> „užrakinimas“ ir/ar kt.)**

Šiose rekomendacijose pabrėžiama tinkamo akvakultūros dumblo paruošimo, analizės ir apdorojimo svarba siekiant užtikrinti, kad jį būtų galima veiksmingai ir saugiai pakartotinai naudoti arba šalinti, kartu atsižvelgiant į galimą biodujų gamybos ir dirvožemio sodrinimo naudą. Vietinių teisės aktų laikymasis ir nuolatiniai moksliniai tyrimai šioje srityje yra būtini norint nuolat tobulinti dumblo apdorojimo technologijas.

#### *Dumblo charakteristikos ir analizė.*

Rekomenduojama bendradarbiauti su Agrocheminių tyrimų laboratorijos Analitikos skyriumi, analizuoti dumblo mėginius iš tvenkinių ir UAS. Svarbu įsitikinti, kad analizė apima platų fizikinių ir cheminių rodiklių spektrą, įskaitant maistinių medžiagų koncentraciją ir sunkiųjų metalų kiekį. Rekomenduojama skatinti akvakultūros įmones reguliariai analizuoti savo dumblo mėginius pagal ISO standartus. Skatinti standartizuotą duomenų rinkimą ir analizę, kad būtų palengvinta pramonės tyrimų pažanga.

#### *Dumblo saugyklos.*

Tvenkiniuose esančio dumblo sluoksnio storį verta įvertinti kaip svarbų parametą planuojant dumblo saugojimą. Pagal tai atsiranda rodikliai įrengti tinkamas saugyklas pagal numatomą dumblo tūrį, atsižvelgiant į jo cheminius parametrus. Būtina skatinti pramonės įmonių vadovų ir technologų išmanymą apie dumblo storio ir cheminių medžiagų kiekio vertinimo svarbą didesniu mastu. Taip būtų sudaromos sąlygos akvakultūros dumblo saugyklų įrenginius statyti veiksmingesnius ir ekologiškesnius.

#### *Vandens šalinimo technologijos.*

Remiantis dumblo analizės rezultatais, rekomenduojama pritaikyti tinkamas nuotekų vandens nusausinimo technologijas, kad sumažinti drėgmės kiekį. Tikslinga apsvarstyti mechaninius arba cheminius metodus, pagrįstus specifinėmis dumblo savybėmis. Įmonės turėtų dalintis nuotekų dumblo nusausinimo tyrimų rezultatais visoje akvakultūros pramonėje.

#### *Dumblo džiovinimas.*

Dumblo džiovinimo klausimu, būtina diegti parodomuosius demonstracinius dumblo džiovinimo metodais pagrįstus sprendimus projektuose, kad atsirastu dumblo sausinimo ir dumblo džiovinimo naudos patirtis Lietuvoje. Akvakultūros pramonėje rekomenduojama skatinti didelio masto akvakultūros įmones investuoti į pažangias dumblo džiovinimo sistemas, atsižvelgiant į specifines dumblo savybes ir galimą ekonominę bei aplinkosauginę naudą.

### Anglies dioksido emisijų mažinimas ir biodujų gamyba.

Šioje srityje rekomenduojama įvertinti dumblo mineralizavimo galimybę sekvestruoti arba „užrakinti“ CO<sub>2</sub>. Biodujų gamybos iš biomasės ir įvairių nuotekų dumblo patirtis rodo, kad technologija yra žinoma ir naudojama. Todėl rekomenduojama įrengti biodujų gamybos įrenginius, kurie dumblą paverstų energija ar biometanu. Biodujų/biometano gamybos įrenginių dydis ir apimtis priklausytų nuo įmonėje ar regione akvakultūroje susidarančių atliekų kiekio. Tokiu būdu būtų pasiekiamas tvarus ir ekonomiškąs sprendimas, skirtas dideliems akvakultūros dumblo kiekiams tvarkyti.

### Trąšų gamyba ir dirvožemio gerinimas.

Norint akvakultūroje susidarantį dumblą naudoti kaip organines trąšas žemės ūkyje, būtina iširti dumblo maistinių medžiagų potencialą. Vietinių ūkininkų supažindinimas su organinių biologinių trąšų naudojimo nauda, leistų pagerinti dumblo paskleidimo praktiką, padidintų žmonių supratimą apie šių produktų kilmę ir duodamą pridėtinę vertę.

### Žiedinės ekonomikos principai.

Taikant švietimo ir demonstravimo priemones rekomenduojama skatinti vietinius ūkininkus keistis dumblo naudojimo patirtimi, gerosios praktikos pavyzdžiais ir informacija apie gautą naudą, skatinti bendradarbiavimo tinklus. Taip pat skatinti bendradarbiavimą tarp pramonės šakų, kad būtų sukurta uždaro ciklo sistema dumblo panaudojimui akvakultūroje. Skatinti pramonės atstovų, tyrėjų ir vyriausybinių organizacijų bendradarbiavimą, kad būtų skatinamos inovacijos ir tvarumas atliekų tvarkymo ir energijos gamybos srityse

### Poveikio aplinkai vertinimas.

Rekomenduojama stebėti vandens kokybę akvakultūros tvenkiniuose ir įvertinti patobulintos dumblo tvarkymo praktikos poveikį nuosėdų patekimo į vandens telkinius mažinimui. Skatinti išsamų poveikio aplinkai vertinimą didesniu mastu, siekiant įvertinti bendrą rekomenduojamų dumblo apdorojimo metodų įgyvendinimo naudą.

Taikydami šias rekomendacijas dumblo charakterizavimo, tvarkymo ir tarptautinių palyginimų kontekste, galima prisidėti prie tvaraus dumblo apdorojimo technologijų pažangos akvakultūros sektoriuje Lietuvoje.

### **3.9. Dumblo panaudojimo būdų/tikslų žemės ūkyje įvertinant ir ekonominį naudingumą (trąša, komposto gamyba, biodujų gamyba ir/ar kt.)**

Žuvininkystės tvenkinių dumblas (iš tvenkinio nuleidus vandenį ir palaukus, kol dumblas pradžius), dažniausiai biodujų gamybai netinkamas. Jis gali būti panaudojamas kaip trąša arba komposto gamybai. Tačiau dumblo paėmimo laikotarpis yra ribotas (kai tvenkinyje nėra vandens). Paprasčiausia, jei tokį dumblą savo pajėgumais paimtų žemės ūkio bendrovės ar ūkininkai, papildomai sumokėdami žuvininkystės ūkiui. Jei žuvininkystės ūkis turi nuosavą techniką ir darbuotojus dumblo pašalinimui bei transportavimui, tai taip pat galėtų būti variantas kaip panaudoti dumblą kaip trąšą.

Kita ekonomiškai galimybė – išleistą ir žuvų auginimui nenaudojamą tvenkinį užsėti žemės ūkio kultūromis (vėlgi, tai susiję su turima žemės įdirbimo bei derliaus nuėmimo technika. )

Biodujų gamybos iš akvakultūros dumblo optimizavimui, rekomenduojama ištirti biodujų/biometano gamybos potencialą Lietuvos UAS ūkiuose (atlikti galimybių studiją), siekiant nustatyti biodujų gamybos apimtį ir integravimo į akvakultūros objektus ekonominę ir aplinkosauginę naudą. Kol kas Lietuvos UAS ūkiai augina palyginus nedidelius žuvų kiekius, todėl tikslinga būtų kooperuotis keliems UAS ūkiams, kad bendras auginamos žuvies kiekis būtų apie 1000 tonų per metus, šalia vieno iš jų įrengti biodujų jėgainę, įsigyti dumblo, žuvų atliekų bei kitų biodujų gamybos žaliavų transportavimo įrangą ir pan.

Rekomenduojama bendradarbiauti su gyvulininkystės kompleksais, maisto perdirbimo įmonėmis ir žemės ūkiu, siekiant dalytis atliekomis anaerobiniams reaktoriams. Įvertinti papildomų atliekų šaltinių biodujų gamybai ekonomiškumą ir prieinamumą. Dumblo kokybės vertinimui būtina reguliariai nustatyti anglies ir azoto (C:N) santykį dumble, kad būtų galima optimizuoti biodujų gamybą.

Nors akvakultūros dumblo naudojimas yra perspektyvus sprendimas, tačiau vertėtų apsvarstyti galimybę įtraukti kitas organines medžiagas, kad būtų užtikrintas nuolatinis ir ekonomiškai žaliavų tiekimas.

Skatinti plačiosios visuomenės informuotumą apie biodujų gamybos iš akvakultūros dumblo naudą, įskaitant jos potencialą mažinti poveikį aplinkai ir gaminti atsinaujinančią energiją. Skatinti vietos bendruomenes dalyvauti ir remti akvakultūros įmones, kurios įgyvendina dumblo tvarkymo ir biodujų gamybos technologijas.

Plėtoti ir įgyvendinti politiką, kuri remia biodujų gamybos iš akvakultūros dumblo integravimą į platesnę atsinaujinančios energijos strategiją. Užtikrinti, kad valstybės valdymo sistema skatintų naudoti tokias technologijas. Sustiprinti atliekų tvarkymo reglamentus, skatinančius

atsakingą akvakultūros dumblo šalinimą ir naudojimą. Skatinti akvakultūros objektus taikyti tvarią atliekų tvarkymo praktiką, įskaitant biodujų gamybą.

Skirti finansavimą moksliniams tyrimams remti studijas ir bandomuosius projektus, kuriais tiriamos akvakultūros dumblo potencialas biodujų gamybai. Skatinti mokslinių tyrimų institucijų ir akvakultūros pramonės bendradarbiavimą.

Kompostavimas yra tvarus ir aplinką tausojantis dumblo tvarkymo sprendimas akvakultūroje. Atsižvelgiant į ataskaitoje pateiktą informaciją apie kompostavimo naudą ir praktiką, siūloma rekomendacija:

Skatinti ir šviesti akvakultūros subjektus apie kompostavimo naudą. Kompostavimas leidžia naudingai paversti dumblą vertinga organine medžiaga, todėl tai yra abipusiai naudingas atliekų mažinimo ir išteklių panaudojimo sprendimas. Nustatyti ir platinti aerobinio kompostavimo akvakultūros objektuose gaires, pabrėžiant aerobinių sąlygų palaikymo svarbą. Šiose rekomendacijose turėtų būti nurodyti drėgmės (apie 60%) parametrai ir optimalus anglies ir azoto (C:N) santykis, bent 25:1.

Skatinti komposto, pagaminto iš akvakultūros dumblo, naudojimą. Kompostas gali būti naudojamas sodininkystėje, žemės ūkyje ir net vermikompostavimui (sliekų auginimui), kad būtų sukurta maistinių medžiagų turtinga dirva.

Rekomenduojama ištirti vermikompostavimą kaip antrinį etapą naudojant kompostuotą akvakultūros dumblą. Sliekai gali toliau apdoroti kompostuotą medžiagą, pagerindami jos kokybę ir maistinių medžiagų kiekį.

Būtina skirti finansavimą mokslinių tyrimų ir plėtros projektams, kuriuose tiriami pažangūs kompostavimo būdai ir technologijos, specialiai pritaikytos akvakultūros dumblui. Ši investicija gali padėti sukurti veiksmingesnę ir tvaresnę dumblo tvarkymo praktiką.

Rekomenduojama palengvinti akvakultūros objektų, mokslininkų ir pramonės suinteresuotųjų šalių dalijimąsi žiniomis ir bendradarbiavimą, organizuoti seminarus, konferencijas ir internetines platformas, sudaryti galimybes dalytis patirtimi ir geriausia praktika dumblo kompostavimo srityje.

Vadovaudamiesi šiomis rekomendacijomis, akvakultūros įrenginiai gali pereiti prie tvaresnių ir aplinkai nekenksmingų dumblo tvarkymo praktikos, naudojant kompostavimą. Šis metodas ne tik sumažina atliekų kiekį, bet ir prisideda prie vertingų išteklių gamybos, tuo pačiu sumažindamas akvakultūros operacijų poveikį aplinkai. Be to, reguliavimo ir mokslinių tyrimų parama bus labai svarbi siekiant užtikrinti šių iniciatyvų sėkmę.

Vadovaudamiesi šiomis rekomendacijomis, akvakultūros pramonė, visuomenė ir politikos formuotojai gali kartu siekti panaudoti akvakultūros dumblą, prisidėti prie aplinkos tvarumo ir tvaresnio energijos poreikio tenkinimo.

### **3.10. Aplinkosauginis akvakultūros tvenkinių poveikis, rekomendacijos šiam poveikiui gerinti**

UAB „ESTEP“ 2020 m. galutinėje ataskaitoje „Gamtosauginių akvakultūros veiklos metodų ir formų įvertinimas Lietuvos akvakultūros ūkiuose“ konstatuota, kad „akvakultūros ūkiai:

- daro teigiamą poveikį paukščių, varliagyvių bei nykstančių žinduolių (ūdrų) populiacijoms, nedarydami joms jokio neigiamo poveikio (lyginant su žvejybos metu tinkluose žūstančiais paukščiais, ruoniais ir kitais jūriniais žinduoliais);

- sudaro palankias galimybes rekreacijai (paukščių stebėjimas, edukacija, mėgėjiška žūklė);

- daro teigiamą poveikį klimato kaitai (gamybos metu labai maža CO<sub>2</sub> emisija, mažas vandens poreikis gaminti produkcijos 1 kg, aukšta pašarų konversija/įsisavinimas gaminant 1 kg produkcijos);

- nėra neigiamo poveikio natūraliems žuvų ištekliams;

- kompensuoja melioracijos metu sunaikintų seklių šlapynių svarbą/trūkumą žemės ūkio kraštovaizdyje;

- didina vietos žmonių užimtumą kaimo vietovėse ir visoje šalies teritorijoje“.

Šioje ataskaitoje taip pat pasiūlyti biologinės įvairovės išsaugojimo/būklės gerinimo, rūšių gausinimo ir natūralių vandens telkinių taršos mažinimo darbai, kuriuos siūloma finansuoti 2021-2027 m.:

- Pylimų ir tvenkinių pakrančių (nuo pylimo šlaito viršaus iki vandens) šienavimas;

- Pievų šienavimas;

- Krūmų (ir jų atžalų) iškirtimas pakrantėse ir ant pylimų;

- Medžių ir krūmų (ir jų atžalų) iškirtimas bei aukštosios žolės šienavimas salose;

- Biologinei įvairovei nepatrauklių nendrynų išpjovimas (sunaikinimas);

- Atvirų juostų nendrynuose išpjovimas;

- Ankstesniais metais įrengtų plaukiojančių salų-plaustų priežiūra/ remontas;

- Įrengtų stacionariųjų gaudyklių plėšriųjų žvėrių gausai reguliuoti kontrolė ir priežiūra;

- Neužpildytų vandeniui tvenkinių palikimas paukščių veisimosi sezonu ir jų sanitarinis paruošimas;

- Tvenkinių dugno kalkinimo darbai,

- Akvakultūros ūkio vandens išleidimo kanalų, atliekančių nusodintuvo funkciją, valymas;

- Organinės taršos sulaikymo nusodintuvų valymas;

- Ankstyvas tvenkinių, skirtų šiųmetukų auginimui, užpildymas vandeniui;

- Naujų nuolatinių salų suformavimas,

- Plaukiojančių salų-plaustų žuvėdroms įrengimas;

- Inkilų su apsauga nuo plėšrūnų įrengimas;

- Užpelkėjusių kanalų valymas ir dumblo nusėdintuvų valymas;
- Užpelkėjusių tvenkinio zonų valymas durpiniuose dirvožemiuose;
- Užpelkėjusių tvenkinio zonų valymas ne durpiniuose dirvožemiuose;
- Pylimų tvirtinimo darbai;
- Stacionariųjų gaudyklių plėšriųjų žvėrių gausai reguliuoti įrengimas;
- Papildomų dirbtinių nepratekamų vandens telkinių, tinkamų varliagyviams gyventi, sukūrimas; Vandens hidrotechninių įrenginių pralaidų – „vienuolių“ rekonstrukcijos darbai.

Savo ruožtu galėtume pridėti, kad žuvininkystės tvenkiniai daro teigiamą poveikį:

- klimato kaitai, kadangi reguliuoja vandens nuotėkio sezoninius netolygumus, leidžia sukaupti vandens atsargas pavasarį ir apsaugoti aplinkines teritorijas bei žemiau esančios upelius ir upes hidrologinės sausras metu;
- mažinant į Baltijos jūrą ir upes patenkančių nešmenų kiekį, kadangi užpildymo metu į vandens saugyklą ar tiesiogiai į žuvininkystės tvenkinius suleidžiamas vanduo su dideliu skendinčių medžiagų kiekiu, atskirais atvejais – aukšta azoto ar fosforo junginių koncentracija (dėl pasklidusios taršos), o žuvų auginimo laikotarpiu ir jam pasibaigus išleidžiamas nuo skendinčių medžiagų kiekių bei azoto ir fosforo junginių apsivalęs vanduo.

Pabandėme įvertinti pastarąjį tvenkinių poveikį vieno didžiausių žuvininkystės ūkių – UAB „Raseinių žuvininkystė“ pavyzdžiu. Šio ūkio vadovas Antanas Grigalavičius sutiko pasidalinti Aplinkos apsaugos agentūros kasmet tvenkinių pildymo vandenių ir jų vandens išleidimo laikotarpiais atliktais vandens kokybės tyrimų rezultatais (šių rezultatų suvestinė pateikta 3.9 lent.).

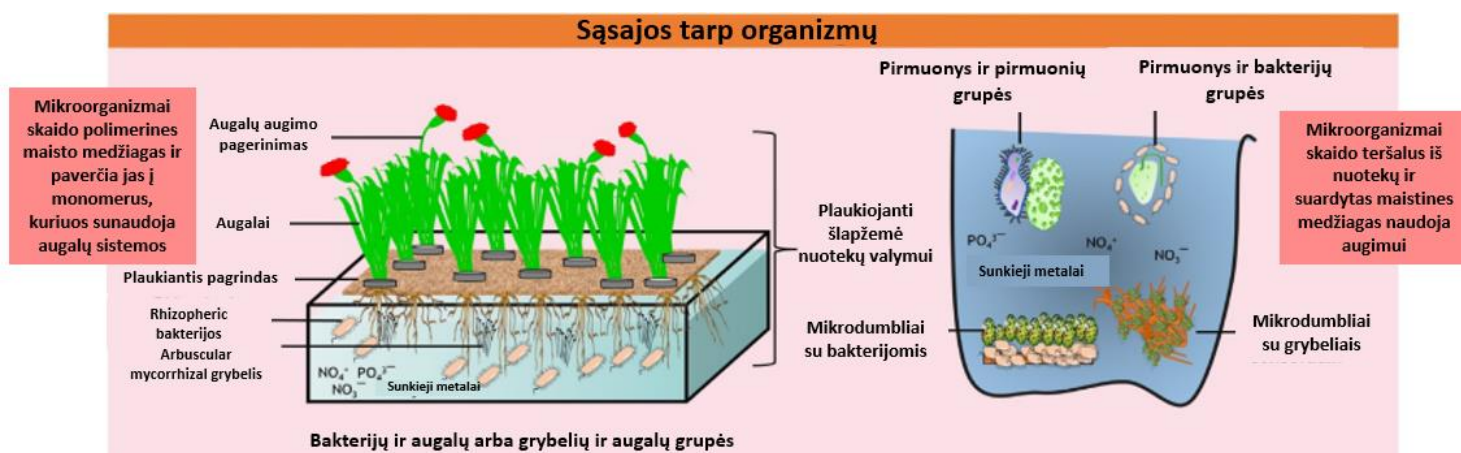
Šio ūkio tvenkiniai užima daugiau nei 1000 ha plotą, t.y. daugiau nei 10 proc. Lietuvos žuvininkystės tvenkinių ploto. Tvenkinių užpildymo metu atitekančiame vandenyje skendinčių medžiagų koncentracijos siekė nuo 170 iki 1220 mg/l, o išleidžiant vandenį – tik 8,5 – 23 mg/l, t.y. buvo keliasdešimt kartų žemesnės. Analogiškai, pildant vandeniu tvenkinius bendro azoto koncentracija buvo 9,7-13 mg/l, o išleidimo metu daugiau apie dešimt kartų mažesnė – 0,8 – 2,0 mg/l. Bendro fosforo koncentracijos skyrėsi ne taip reikšmingai – apie 2-3 kartus (atitekančiame vandenyje 0,30- 0,74, o išleidžiamame vandenyje – 0,13 – 0,22 mg/l).

Siekiant tiksliau įvertinti tokį žuvininkystės tvenkinių poveikį, rekomenduojama atlikti daugiamečius mokslinius tyrimus, kurių metu būtų matuojami ne vien vandens kokybės rodikliai, bet ir kasdien fiksuojami vandens debitai, vandens ir oro temperatūros, kritulių kiekiai ir išgaravimas, vandens gyliai, o apibendrinus ir išanalizavus tokių tyrimų rezultatus būtų galima įvertinti aplinkosauginis akvakultūros tvenkinių poveikį Baltijos jūrai ir į ją įtekančioms upėms.

**3.9 lentelė. AAA atliktų vandens kokybės tyrimų užpildant ir išleidžiant tvenkinius UAB „Raseinių žuvininkystė“ rezultatai suvestinė**

Mėginio ištyrimo data	BDS <sub>7</sub> , mg/l O <sub>2</sub>	ChDS (permanganatinė oksidacija), mgO/l	Bendras azotas, mg/l	Bendras fosforas, mg/l	Amonio azotas, mg/l N	Nitratų azotas, mg/l N	Nitritų azotas, mg/l N	Fosfatų fosforas, mg/l P	SM, mg/l	Ištirpęs deguonis, mg/l	pH	Savitasis elektrinis laidis, μS/cm	T°C
<i>UAB „Raseinių žuvininkystė“, Raseinių skyrius, iš Prabaudos tvenkinių pildymo metu</i>													
2022-03-01	3,0±0,1	23	13	0,31±0,02	0,049±0,003	9,7±0,3	0,026±0,001	0,076±0,008	200±22	16,9	8,1	537	3,7
2022-02-25	3,1±0,1	34	15	0,40±0,03	0,036±0,003	11±0,4	0,018±0,001	0,058±0,006	170±18	16,9	8,1	671	2,9
2022-02-22	4,9±0,2	34	13	0,62±0,04	0,033±0,002	11±0,4	0,016±0,001	0,044±0,005	540±58	15,8	8,1	584	3,1
<i>UAB „Raseinių žuvininkystė“, Raseinių skyrius, Kalnupis nuleidimo metu</i>													
2021-09-27	2,2±0,1	13	1,4	0,13±0,001	0,46±0,03	0,057	0,012±0,001	0,020±0,002	9,1±1,1	-	7,6	-	18,2
2021-09-13	3,1±0,1	12	1,1	0,16±0,01	0,24±0,01	0,11	0,011±0,001	0,020±0,002	23±3	-	8,2	-	15,9
<i>UAB „Raseinių žuvininkystė“, Lovaičių skyrius, iš Šešuvis tvenkinių pildymo metu</i>													
2022-03-01	6,3±1,3	45	10	0,71±0,05	0,11±0,01	6,9±0,2	0,039±0,002	0,085±0,009	450±49	17,1	8,1	873	3,0
2022-02-25	4,1±0,2	194	10	0,74±0,05	0,15±0,01	6,2±0,2	0,003±0,0002	0,11±0,01	1220±132	17,0	8,2	876	3,4
2022-02-22	2,8±0,1	22	10	0,30±0,02	0,060±0,004	9,7±0,3	0,024±0,001	0,047±0,005	640±69	16,2	8,3	801	2,3
<i>UAB „Raseinių žuvininkystė“, Lovaičių skyrius, Upė nuleidimo metu</i>													
2021-09-27	3,0±0,1	15	2,0	0,15±0,01	0,25±0,02	0,16	0,075±0,004	0,016±0,002	18±2	-	7,9	-	18,1
2021-09-13	3,8±0,1	13	2,2	0,22±0,02	1,1±0,1	0,18	0,098±0,005	0,029±0,003	19±2	-	8,1	-	16,1
<i>UAB „Raseinių žuvininkystė“, Alsos skyrius, Upė tvenkinių pildymo metu</i>													
2022-03-01	3,4±0,2	25	9,7	0,34±0,02	0,069±0,005	7,6±0,3	0,031±0,002	0,055±0,006	530±57	16,5	8,2	678	3,1
2022-02-25	2,8±0,1	12	9,7	0,32±0,02	0,065±0,005	7,1±0,2	0,034±0,002	0,093±0,01	720±78	16,1	8,2	703	3,1
2022-02-22	3,3±0,2	21	11	0,32±0,02	0,087±0,006	7,3±0,2	0,034±0,002	0,061±0,007	480±52	17,1	8,3	441	2,2
<i>UAB „Raseinių žuvininkystė“, Alsos skyrius, Šešuvis nuleidimo metu</i>													
2021-09-27	2,3±0,1	13	0,94	0,089±0,007	0,026±0,002	0,055	0,006±0,0003	0,013±0,001	17±2	-	8,3	-	18,5
2021-09-13	4,4±0,1	13	0,80	0,14±0,01	0,08±0,005	0,11	0,012±0,001	0,091±0,010	8,5±1,0	-	8,1	-	16,3

Viena iš rekomenduotinių priemonių tvenkininėje žuvininkystėje natūralaus tvenkinių produktyvumo didinimui bei aplinkosauginio poveikio stiprinimui galėtų būti plūduriuojančių (inkaruotų) šlapžemių įrengimas tvenkinių viduryje, kur mažiau laikosi auginamos žuvys. Tokios plūduriuojančios šlapžemės (3.29 pav.), kurios užsienyje naudojamos UAS nuotekų valymui, pavasario metu leistų padidinti natūralų produktyvumą prieš suleidžiant žuvų lervutes ar mailių, be to veiktų kaip vandens valymo priemonė.



3.29 pav. Įvairių žaliųjų nuotekų valymo technologijų schema (pagal Singh ir kt., 2022)

Augalų-bakterijų pagrindu sukurtos plūduriuojančių „salos“ padeda skaidyti teršalus ir tą teršalą augalas panaudoja kaip maistinių medžiagų šaltinį augimui (Ashraf ir kt., 2018). Į šią sistemą prijungus grybelį, galima sumažinti sunkiųjų metalų koncentracijas. Xu ir kt. (2018) sukūrė vertikalaus srauto plūduriuojančias augalų ir grybelio „salas“, naudodamas arbuskulinius mikrozinis grybus kartu su *Phragmites australis*, kurių dėka buvo išvalyta daugiau kaip 70% sunkiųjų metalų iš akvakultūros nuotekų.

### 3.11. Akvakultūra – žiedinės bioekonomikos pavyzdys

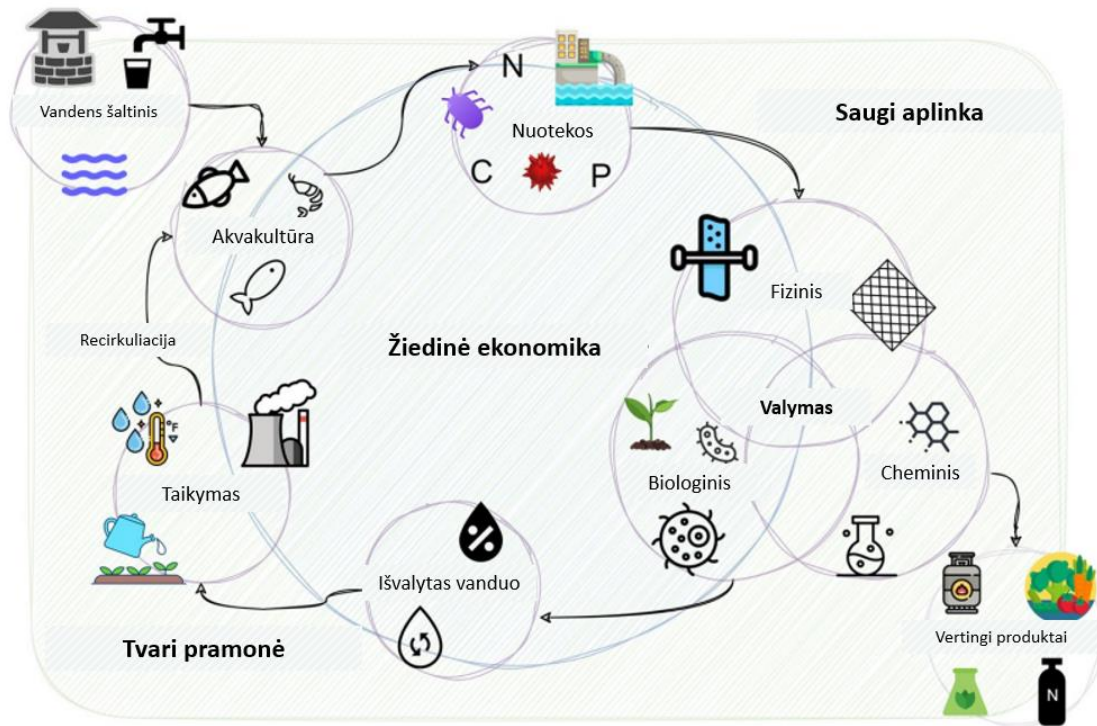
Akvakultūros pramonė ateityje augs, nes reikės aprūpinti maistu vis didėjantį gyventojų skaičių, todėl tampa svarbu saugoti aplinką nuo kenksmingų nuotekų ir dumblo išleidimo. Siekiant saugiai išleisti akvakultūros nuotekas ir dumblą, turėtų būti priimti teisiniai dokumentai, specialiai pritaikyti akvakultūros pramonei. Vandens vartojimo mažinimas yra dar viena alternatyva, siekiant sumažinti akvakultūros nuotekų ir dumblo poveikį aplinkai. UAS galima pasiekti optimalų vandens naudojimą dėl pačios šių sistemų specifikos. UAS technologijos kelia įvairių iššūkių (pirma, UAS sudėtingumas inžinerijos požiūriu ir, antra, į UAS integruota sudėtinga įranga, matavimo jutikliai ir

automatinio valdymo sistemos), tačiau tinkamai juos sprendžiant galima pereiti prie tvarios akvakultūros ( 3.30 pav.).



**3.30 pav. Tvarios akvakultūros koncepcija (pagal Hafez ir kt., 2023)**

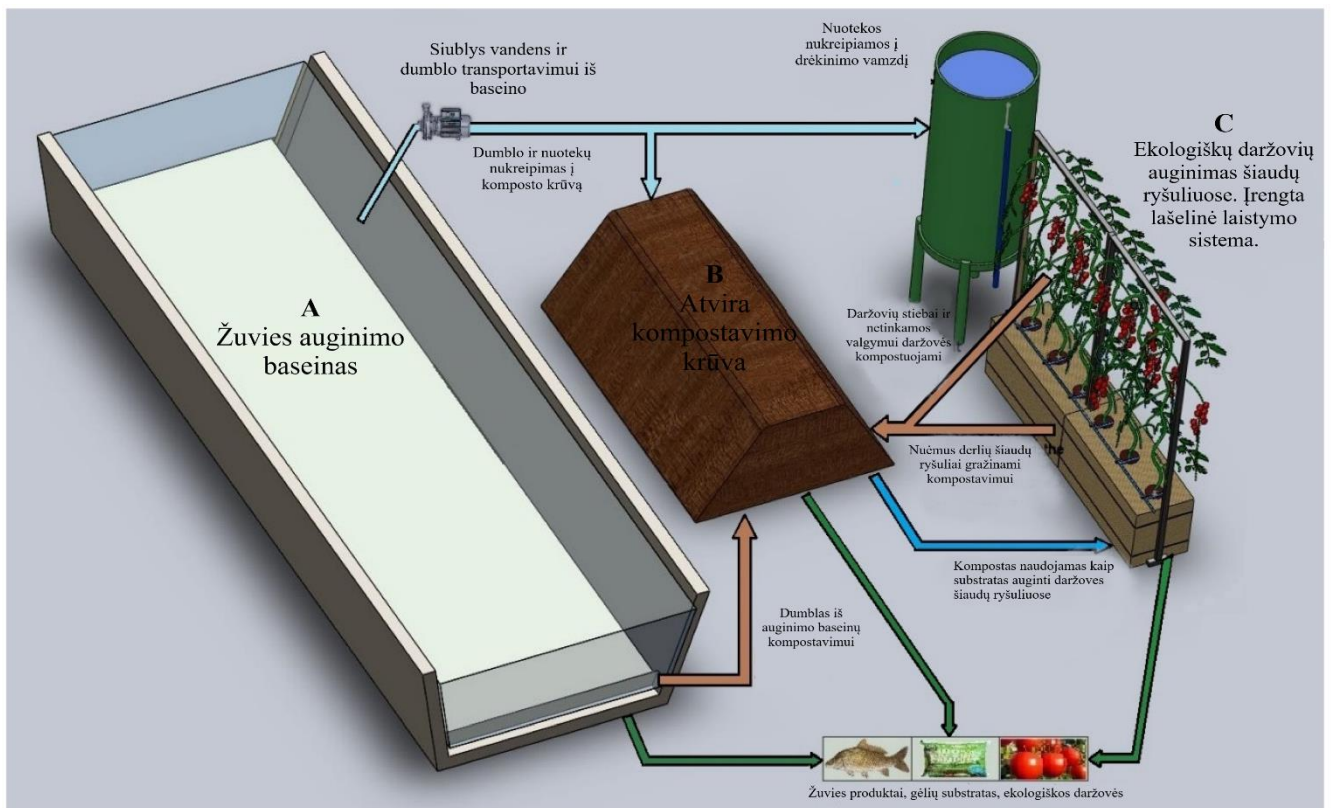
Be to, UAS yra daug elektros energijos sunaudojanti sistema. Paprastai sunaudojama elektros energijos nuo 15 iki 30 kW/kg žuvies (Badiola ir kt., 2017), o tai didina veiklos sąnaudas ir daroma žala aplinkai (O'Shea ir kt., 2017). Vietoje įprastos elektros energijos reikėtų naudoti atsinaujinančius energijos išteklius, taip sumažinti elektros energijos sąnaudas ir ilgalaikėje perspektyvoje galima pasiekti, kad UAS būtų ekonomiškai perspektyvi (Bergman ir kt., 2020). Biologinio valymo metodų apjungimas su UAS suteikia galimybę efektyviau atgauti išteklius, mažiau sunaudoti energijos apdorojimo procese ir gaminti įvairius produktus, kuriuos galima panaudoti įvairiais tikslais. Kad būtų galima pereiti prie tvaresnės akvakultūros, tikslinga taikyti bioremediacijos technologiją. Valymo požiūriu, susiejant bioremediaciją su UAS, daugelio teršalų valymo efektyvumas būtų didesnis nei 96% (Li ir kt., 2019). Taigi, tvarios akvakultūros koncepcija reikalinga, siekiant pereiti prie žiedinės ekonomikos (3.31 pav.).



3.31 pav. Žiedinė ekonomika akvakultūros pramonėje (pagal Hafez ir kt., 2023)

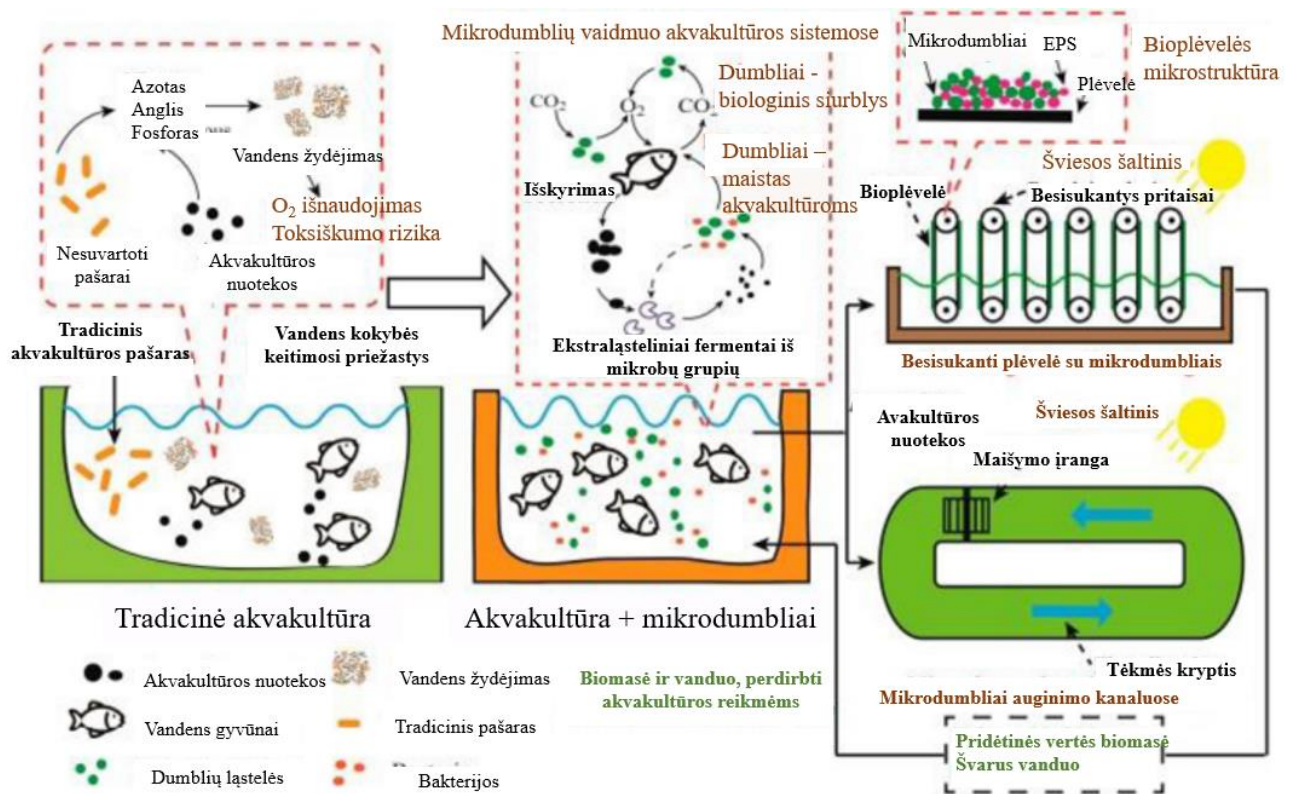
Akvakultūros atliekos ir šalutiniai produktai taip pat gali būti panaudojami pakartotinai, taip gaunant maksimalią išeią, sukuriant pelningesnę gamybos sistemą. Rumunijos mokslininkų (Nenciu ir kt., 2022) atliktame moksliniame tyrime „Nulinių atliekų“ maisto gamybos sistema, palaikanti sinergišką akvakultūros ir sodininkystės sąveiką“ teigiama, jog derinant akvakultūrą ir sodininkystę, galima padidinti gamybinį pajėgumą, kartu sumažinant išmetamų teršalų kiekį ir apsaugant aplinką nuo taršos. 3.32 pav. pateikiamos trys žiedinio verslo modelio posistemės.

Šiame pavaizduotame modelyje siekiama, jog visos susidarancios atliekos būtų vėl įtraukiamos į kitus gamybos procesus, sumažinant poveikį aplinkai, išlaikant auginamus produktus ekologiškais ir pasiekiant aukštą produktyvumą. Norint tikslingai išnaudoti akvakultūros ūkiuose susidarancias atliekas dumblą galima kompostuoti, o nuotekas panaudoti laistant šiaudų ryšuliuose augantiems augalams. Kompostas vėliau panaudojamas kaip maistinis substratas ir rišamas į ryšulius, kuriuose sodinamos daržovės. Daržovių stiebai ar kitos atliekos, susidariusios auginant daržoves grąžinamos atgal į kompostavimą. Naudojant akvakultūroje žiedinės sistemos principus, gaunama žuvis, gaunamas substratas daržovėms auginti ir pačios daržovės.



**3.32 pav. Žiedinės ekonomikos pritaikymo principas derinant akvakultūrą ir sodininkystę**  
 A) žuvų auginimo baseinas, naudojamas žuvims auginti uždaru režimu, B) atvira kompostavimo krūva, C) ekologiškų daržovių auginimo nederlingame substrate (šiaudų ryšuliuose ir komposte) sistema. (pagal Nenciu ir kt., 2022).

Mikrodumbliais paremtos akvakultūros koncepcija yra eutrofinėse nuotekose esančių organinių medžiagų pavertimas biomase augant mikrodumbliams ir pridėtinės vertės biomasės panaudojimas siekiant iš dalies pakeisti akvakultūros pašarus ir sustiprinti vandens gyvūnų imunitetą. Mikrodumblių sistema taip pat galėtų pagreitinti anglies dioksido fiksaciją ir skatinti deguonies išskyrimą, veikdamas kaip biologinis „siurblys“ ir sukuriantis gerą aplinką vandens gyvūnams. Mikrodumbliai absorbuoja akvakultūros maistines medžiagas, todėl dumblių biomasė gali būti surenkama ir gali būti naudojama kaip pridėtinės vertės akvakultūros pašaras (Han ir kt., 2019). Mikrodumblių auginimu grįsta akvakultūra pranoksta tradicinę akvakultūros sistemą (3.33 pav.).



3.33 pav. Įprastos ir mikrodumblių akvakultūros palyginimas (pagal Tom ir kt., 2012)

Pagrindiniai RAS technologijos trūkumai yra didelės investicijų ir priežiūros išlaidos, kurias galima sumažinti maistines medžiagas, esančias vandens telkiniuose, paverčiant dumblių biomase, o tai galėtų sumažinti biomasės gamybos ir akvakultūros nuotekų apdorojimo sąnaudas ir kartu supaprastinti akvakultūros nuotekų valymo procesą (Badiola ir kt., 2012). Naudojant vietinę ir mažai trofinę biomasę, pvz., mikrodumblius, kaip žaliavą, gali sumažėti žuvų auginimo poveikis aplinkai (Martins et al., 2010). Dumblų auginimas RAS akvakultūros nuotekų apdorojime yra perspektyvus biomasės gamybai ir lipidų gamybai (Ansari ir kt., 2017). Taigi tai yra ekologiška ir įgyvendinama sistema, skatinanti simbiozės ir tvarumo sampratą.

## IŠVADOS

1. Lietuvoje akvakultūros tvenkinių plotas nuosekliai didėja ir 2023 m. pradžioje siekė 10114 ha (iš jų 4321 ha auginama ekologinė produkcija), o UAS tūris 2021 metais ženkliai padidėjo (nuo 6321 m<sup>3</sup> 2020 m. iki 14306 m<sup>3</sup>) ir 2023 m. pradžioje siekė 15278 m<sup>3</sup>. Atitinkamai kasmet didėja ir susidarančio dumblo kiekis. Ką tik patvirtintoje Lietuvos žuvininkystės sektoriaus 2021–2027 m. programoje akcentuojama, kad „didelis potencialas numatomas Lietuvoje sparčiai augančioje gamyboje gamtos išteklius taupančiose uždaroje akvakultūros sistemose; siekiama, kad iki 2030 m. Lietuvoje per metus pagaminamas akvakultūros produkcijos kiekis sudarytų ne mažiau 8,5 tūkst. t, įžuvintų ekologinės gamybos akvakultūros tvenkinių ploto dalis išaugtų 16 %, o ekologinė akvakultūros gamyba 39 % (lyginant su 2020 m.). Tad sparčiai augant gamybai, vis aktualesnis taps UAS bei tvenkiniuose susidarančio dumblo efektyvus panaudojimas.
2. Du dažniausiai naudojami nuotekų ir dumblo iš akvakultūros ūkių ir UAS panaudojimo būdai yra naudojimas kaip trąša žemėje ir kompostavimas. Dauguma šalių turi rekomendacijas ar taisykles (taip pat – ir Lietuvoje), reglamentuojančias mėšlo ir kitų organinių atliekų naudojimą žemės ūkio pasėliams tręšti, ribojant dirvos naudojimo normas ir susijusių patogenų, sunkiųjų metalų ir kitų teršalų kieki.
3. Dumblas, sutankintas iki maksimaliai ekonomiškai apsimokamo, gali būti tinkamas tręšimui, kompostavimui, biodujų gamybai, ir panaudojamas kitaip. Akvakultūros nuotekos, retais atvejais – dumblas, gali būti panaudojamos akvaponikos, hidroponikos sistemose.
4. UAS dumblas pasižymi didelėmis skendinčiųjų medžiagų, organinių medžiagų, riebiųjų rūgščių ir mažomis azoto bei fosforo koncentracijomis. Dėl didelės organinių medžiagų koncentracijos šį dumblą galima naudoti anaerobiniam pūdymui.
5. Išanalizavus UAS ir tvenkininės žuvininkystės ūkiuose susidariusio nuotekų dumblo kokybę pagal jame esančias sunkiųjų metalų koncentracijas matyti kad, didesnė vidutinė cinko koncentracija yra UAS ūkių dumble, nei tvenkinių akvakultūros dumble UAS ūkiuose cinko koncentracija svyruoja tarp 516 – 1146 mg/kg, o tvenkininės žuvininkystės ūkiuose tarp 45,5 – 817 mg/kg. UAS ūkiuose vidutinė vario koncentracija svyruoja tarp 24,7 – 357 mg/kg, o tvenkininės žuvininkystės ūkiuose tarp 2,03 – 132 mg/kg. Visų UAS įmonių dumble nustatyta didesnė cinko koncentracija, nei tvenkinių dumble. UAS ūkiuose vidutinė kadmio koncentracija taip pat yra žymiai didesnė, nors neviršija leistinos reikšmės I kategorijos dumblui, kuri yra <1,5 mg/kg. UAS ūkiuose kadmio koncentracija svyruoja tarp 0,23 – 1,35 mg/kg, o tvenkinių akvakultūros ūkiuose tarp 0,087 – 0,31 mg/kg. Vidutinė gyvsidabrio koncentracija UAS ūkiuose susidariusiame nuotekų dumble svyruoja nuo <0,008 iki 0,10

mg/kg, o tvenkinių akvakultūros ūkių dumble nuo 0,034 iki 0,147 mg/kg, visų akvakultūros ūkių dumble gyvsidabrio koncentracija buvo mažesnė už leistiną I kategorijos dumblui (<1,0 mg/kg). Akvakultūros ūkių nuotekų dumble susidariusios sunkiųjų metalų švino, chromo ir nikelio koncentracijos yra žemos. Tvenkinių akvakultūros ūkių dumble mangano ir arseno koncentracijos nustatytos aukštesnės, nei UAS dumble.

6. Didesnės bendrojo azoto koncentracijos nustatytos UAS ūkių dumble (UAB „Žemelė“, kur auginami afrikiniai šamai, dumble ji siekia 112768 mg/kg). Tvenkinių akvakultūros ūkiuose nustatytos bendrojo kalio, bendrojo fosforo koncentracijos yra didesnės nei UAS ūkiuose. Didesni organinės medžiagos ir organinės anglies kiekiai nustatyti taip pat UAS ūkių dumble, lyginant su tvenkinių akvakultūros ūkių dumblu.
7. Tvenkinių ir UAS ūkių dumblas pagal nustatytas sunkiųjų metalų koncentracijas priskiriamas I ir II kategorijos dumblui.
8. Žuvų auginimo dumblas gali papildyti įprastinių žaliavų biodujoms gaminti potencialą. Maišant jį su nuotekų dumblu (žuvų auginimo dumblo kiekį substrate padidinus iki 90%), biodujų išeiga svyruoja 1-6% ribose, kiekybiniai rodikliai sumažėja nežymiai, o kokybiniai rodikliai yra pagerinami (gaunamas didesnis metano kiekis biodujose). Naudojant žuvų auginimo dumblą, iš 1 t organinių medžiagų, esančių minėtame dumble galima gauti iki 13127 MJ energijos, iš nuotekų dumblo iki 13926 MJ energijos.
9. Tiriamas dumblas iš UAS abiem atvejais buvo tinkamas biodujų gamybai, nes jame buvo nuo 9,63 iki 24,84 % sausųjų medžiagų, o sausojoje medžiagoje organinės medžiagos buvo 75,8-77,3 %. Dumblas, paimtas iš atvirų tvenkinių turėjo žymiai daugiau sausųjų medžiagų (65,85 %), tačiau sausojoje medžiagoje buvo tik 2,08 % organinės medžiagos. Tai rodo, kad šiame dumble dominavo smėlio nuosėdos ir suirusios organinės medžiagos likučiai, ir toks tvenkinių dumblas biodujų gamybai netinkamas.
10. Lietuvos tvenkininės žuvininkystės ūkiai praktiškai nenaudoja tvenkiniuose susidarančio dumblo, leidžia jam kauptis. Retais atvejais dumblas iš atskirų tvenkinių buvo išvalomas buldozeriais ar ekskavatoriais, retkarčiais – atiduodamas ūkininkams (tačiau norint dumblą atiduoti kaip trąšą ūkininkams žuvininkystės ūkiai turi pateikti ištirti dumblo mėginius į laboratorijas, kad nustatyti, ar dumblo užterštumas neviršija normatyvų).
11. Lietuvos įmonės, turinčios uždaras apytakines žuvų auginimo sistemas, dumblą nusašina ir kaupia rezervuaruose ar aikštelėse tol, kol jį pasiima ūkininkai, kad panaudotų kaip trąšą. Vėlgi, norint dumblą atiduoti kaip trąšą ūkininkams akvakultūros įmonės turi pateikti ištirti dumblo mėginius į laboratorijas, kad nustatyti, ar dumblo užterštumas neviršija normatyvų.
12. Išanalizavus UAB „Raseinių žuvininkystė“ suteiktus vandens kokybės tyrimų rezultatus tvenkinių užpildymo vandeniui ir vandens išleidimo laikotarpiais nustatyta, kad atitekančiame

vandenyje skandinčių medžiagų koncentracijos siekė nuo 170 iki 1220 mg/l, o išleidžiant vandenį – tik 8,5 – 23 mg/l, t.y. buvo keliasdešimt kartų žemesnės; pildant vandeniui tvenkinius bendro azoto koncentracija buvo 9,7-13 mg/l, o išleidimo metu daugiau apie dešimt kartų mažesnė – 0,8 – 2,0 mg/l, o bendro fosforo koncentracijos skyrėsi ne taip reikšmingai – apie 2-3 kartus (atitekančiame vandenyje 0,30- 0,74, o išleidžiamame vandenyje – 0,13 – 0,22 mg/l). Siekiant tiksliau įvertinti tokį žuvininkystės tvenkinių poveikį, rekomenduojama atlikti daugiamečius mokslinius tyrimus, kurių metu būtų matuojami ne vien vandens kokybės rodikliai, bet ir kasdien fiksuojami vandens debitai, vandens ir oro temperatūros, kritulių kiekiai ir išgaravimas, vandens gyviai, o apibendrinus ir išanalizavus tokių tyrimų rezultatus būtų galima įvertinti aplinkosauginis akvakultūros tvenkinių poveikį Baltijos jūrai ir į ją įtekančioms upėms.

## LITERATŪRA

1. Aas S. T. and Åsgård T. 2017. Estimated content of nutrients and energy in feed spill and faeces in Norwegian salmon culture. Report No. 19/2017. ISBN: 978-82-8296-518-7
2. Adler P. R. and Sikora L. J. 2005. Mesophilic Composting of Arctic Char Manure. *Compost Science and Utilization*, 13:1, 34-42, doi: 10.1080/1065657X.2005.10702215.
3. Albagnac G. 1990. Biomass retention in advanced anaerobic reactors. *Water Science and Technology*, 22 ½. 17-24 p.
4. Ansari F.A., Singh P., Guldhe A, Bux F. 2017. Microalgal cultivation using aquaculture wastewater: integrated biomass generation and nutrient remediation, *Algal Res.* 21: 169–177.
5. Ashraf S., Afzal M., Naveed M., Shahid M., Ashraf S., Afzal M., Naveed M., Shahid M. 2018. Endophytic bacteria enhance remediation of tannery effluent in constructed wetlands vegetated with *Leptochloa fusca*, *Int. J. phytorem.* 20: 121–128.
6. Avnimelech, Y., & Lacher, M. (1979). A tentative nutrient balance for fish ponds. *Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh*, 31, 3–8.
7. Badiola M, Basurko OC, Gabiña G, Mendiola D. 2017. Integration of energy audits in the life cycle assessment methodology to improve the environmental performance assessment of recirculating aquaculture systems. *J Clean Prod*; 157:155–166.
8. Badiola M., Mendiola D., Bostock J. 2012. Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges, *Aquac. Eng.* 51: 26–35.
9. Bergheim, A., & Asgard, T. (1996). Waste production in aquaculture. In D. J. Baird, M. C. M. Beveridge, L. A. Kelly, & J. F. Muir (Eds.). *Aquaculture and water resource management* (pp. 50–80). Oxford: Blackwell Science.
10. Bergheim, A.; Kristiansen, R.; Kelly, L.A. 1993. Treatment and Utilization of Sludge from Landbased Farms for Salmon. In *Techniques for Modern Aquaculture*, Proceedings of an Aquaculture Engineering Conference, Spokane, WA, USA, 21–23 June.
11. Bergheim, A.; Cripps, S.J.; Liltved, H.A. 1998. System for the treatment of sludge from land-based fish-farms. *Aquat. Living Resour.* 11, 279–287.
12. Bergman K, Henriksson PJG, Hornborg S et al. 2020. Recirculating aquaculture is possible without major energy trade off : life cycle assessment of warmwater fish farming in Sweden. *Environ Sci Technol* 54:16062–16070.
13. Beveridge, M. C. M., Phillips, M. J., & Clarke, R. M. (1991). A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In D. E. Brune, & J. R. Tomasso (Eds.). *Aquaculture and water quality* (pp. 506–533). Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society.

14. Boyd, C. E. (1985). Chemical budgets for channel catfish ponds. *Transactions of the American Fisheries Society*, 11, 291–298.
15. Brinker, A.; Koppe, W.; Rösch, R. 2005. Optimised effluent treatment by stabilised trout faeces. *Aquaculture*, 249, 125–144.
16. Bovendeur J., Eding E.H., Henken A.M. 1987. Design and performance of a water recirculation system for high-density culture of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture* 63:329-353. doi: 10.1016/0044-8486(87)90083-4.
17. Brod E., Oppen J., Kristofferse A., O., Haraldsen T., K., Krogstad T. 2017. Drying or anaerobic digestion of fish sludge: Nitrogen fertilisation effects and logistics. *Ambio* 2017, 46:852-864. Doi 10:1007/s13280-017-0927-5.
18. Carvalho L., Diberardino S., D'Almeida E. 2011. Anaerobic digestion of a fish processing industry sludge. 16<sup>th</sup> European Biosolids and Organic Resources Conference. Conference paper.
19. Chen, S., Coffin, D.E., Malone, R.F., 1997. Sludge production and management for recirculating aquacultural systems. *J. World Aquacult. Soc.* 28, 303– 315.
20. Chen, S., Stetchey, D., Malone, R.F., 1994. Suspended solids control in recirculating aquaculture systems. In: Timmons, M.B., Losordo, T.M. (Eds.), *Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering, Design and Management*. Elsevier, Amsterdam, pp. 61–100.
21. Chen, S., Timmons, M.B., Aneshansley, D.J., Bisogni, J.J., 1993. Suspended solids characteristics from recirculating aquacultural systems and design implications. *Aquaculture* 112(2-3): 143.
22. Ciūnys A., Lazauskienė, L., Katkevičius L. *Sapropelis - mūšų lobis*. Vilnius : "Baltic ECO", 1994.
23. Danaher J. 2015. Aquaculture effluent partially replaces growing mix for plant production. Global aquaculture alliance. <https://www.aquaculturealliance.org>
24. Danaher J.J., Rakocy, J. E., Shultz R. C., Bailey D. S. and Pantanella E. 2011. Dewatering and Composting Aquaculture Waste as a Growing Medium in the Nursery Production of Tomato Plants. *Acta horticulturae* 891(891):223-229. doi: 10.17660/ActaHortic.2011.891.26.
25. Del Campo M. L., Ibarra P., Gutierrez X. and Takle H. 2010. Utilization of sludge from recirculation aquaculture systems. Report 9/2010. ISBN: 978-82-7251-755-6. [www.nofima.no](http://www.nofima.no)
26. Dauda, Akeem & Ajadi, Abdullateef & Tola-Fabunmi, Adenike & Olusegun, Akinwale. (2018). Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*. 4. 10.1016/j.aaf.2018.10.002.

27. FAO. 2012. *The State of World Fisheries and Aquaculture*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
28. Gamtosauginių akvakultūros veiklos metodų ir formų įvertinimas Lietuvos akvakultūros ūkiuose. Galutinė ataskaita. UAB ESTEP, 2020.
29. Gebauer R., Eikebrokk B. 2006. Mesophilic anaerobic treatment of sludge from salmon smolt hatching. *Bioresource Technology* 97 2389–2401. doi: 10.1016/j.biortech.2005.10.008.
30. Goswami R.K., Agrawal K., Verma P. 2021. Phycoremediation of nitrogen and phosphate from wastewater using *Picochlorum* sp.: a tenable approach, *J. Basic Microbiol.* 1–17.
31. Goswami R.K., Mehariya S., Verma P., Lavecchia R., Zuorro A. 2020. Microalgae-based biorefineries for sustainable resource recovery from wastewater, *J. Water Proc. Eng.* 40: 101747.
32. Hafez A., Kashem M., Das P., Hawari A., H., Mehariya S., Thaher M., I., Khan S., Abduquadir M., Al Jabri H. 2023. Aquaculture from inland fish cultivation to wastewater treatment: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol*; 22:969–1008 <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09672-1>.
33. Hakanson, L. (1988). Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41, 770–776.
34. Han P., Lu Q., Fan L., Zhou W. 2019. A review on the use of microalgae for sustainable aquaculture, *Appl. Sci.* 9:2377. doi:10.3390/app9112377.
35. Holby, O., & Hall, P. O. J. (1994). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. III. Silicon. *Aquaculture*, 120(3–4), 305–318.
36. Johnsen, F., Hillestad, M., & Austreng, E. (1993). High energy diets for Atlantic salmon. Effect on pollution. In S. J. Kaushik, & P. Luquet (Eds.). *Fish nutrition in practice* (pp. 391–401). Paris: INRA.
37. Kumar R.K., Agrawal K., Mehariya S., Verma P. 2021. Current perspective on wastewater treatment using photobioreactor for *Tetraselmis* sp.: an emerging and foreseeable sustainable approach, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 67:1–33.
38. Kugelma, I.J., Van Gorder, S., 1991. Water and energy recycling in closed aquaculture systems. In: *Engineering Aspects of Intensive Aquaculture. Proc Aquaculture Symposium, Cornell University, April 4–6, 1991. Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES)-49, Ithaca, New York.* pp. 80–87.
39. Lanari D. and Franci C. 1998. Biogas production from solid wastes removed from fish farm effluents. *Aquatic living resources* 11(4) 289-295. doi: 10.1016/S0990-7440(98)80014-4.

40. Lekang O.I. 2007. Aquacultural engineering. Blackwell Publishing Ltd. ISBN:978-1-4051-2610-6.
41. Lewis W.M. and Morris D.P. 1986. Toxicity of nitrite to fish: a review. *Transaction of American fisheries society*, 115:183-195. doi: 10.1577/1548-8659(1986)115<183:TONTF>2.0.CO;2
42. Li M, Callier MD, Blancheton J-P et al. 2019. Bioremediation of fishpond effluent and production of microalgae for an oyster farm in an innovative recirculating integrated multitrophic aquaculture system. *Aquaculture* 504:314-325. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.013>.
43. Lietuvos žuvininkystės sektoriaus 2021–2027 m. programa.
44. Lin, Y.F.; Jing, S.R.; Lee, D.Y.; Wang, T.W. 2002. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. *Aquaculture* 209, 169–184.
45. Lin, Y.F.; Jing, S.R.; Lee, D.Y.; Wang, T.W. 2002. Removal of solids and oxygen demand from aquaculture wastewater with a constructed wetland system in the start-up phase. *Water Environ. Res.*, 74, 136–141.
46. Lin, Y.F.; Jing, S.R.; Lee, D.Y.; Chang, Y.; Chen, Y. 2005. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. *Environ. Pollut.* 134, 411–421.
47. Lin, Y.F.; Jing, S.R.; Lee, D.Y. 2003. The potential use of constructed wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture. *Environ. Pollut.* 123, 107–113.
48. Marsh, L., S. Subler, S. Mishra, and M. Marini. 2005. Suitability of aquaculture effluent solids mixed with cardboard as a feedstock for vermicomposting. *Bioresource Technology*, 96:413-418. doi:10.1016/j.biortech.2004.06.002.
49. Martinez-Porchas M., Martinez-Cordova L.R., Porchas-Cornejo M.A., Lopez-Elias J.A. 2010. Shrimp polyculture: a potentially profitable, sustainable, but uncommon aquacultural practice, *Rev. Aquac.* 2 (2): 73–85, doi:10.1111/j.1753-5131.2010.01023.x.
50. Mirzoyan N. and Gross A. 2010. Anaerobic digestion of sludge from intensive recirculating aquaculture systems: Review. *Aquaculture* 306, 1-6, doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.05.028
51. Mirzoyan, N., Parnes, S., Singer, A., Tal, Y., Sowers, K., Gross, A., 2008. Quality of brackish aquaculture sludge and its suitability for anaerobic digestion and methane production in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. *Aquaculture* 279, 35–41.
52. Mishra S. 2003. Treatment of Wet Fish Sludge with Vermicomposting. MSc thesis Virginia Polytechnic Institute.

53. Mongirdas V., Žibienė G., Žibas, A. Waste and its characterization in closed recirculating aquaculture systems – a review. *Journal of water security / Aleksandras Stulginskis university, Riga Technical University.* , 2017, vol. 3, article number: jws2017002, p. 1-8.
54. O’Shea T, Jones R, Markham A et al. 2019. Towards a blue revolution: catalyzing private investment in sustainable aquaculture production systems. The Nature Conservancy and Encourage Capital, Arlington.
55. Piedrahita, R.H., 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture* 226: 35-44.
56. Pillay, T. V. R. (1992). *Aquaculture and the environment*. New York: Wiley.
57. *Recirculating aquaculture*. Timmons, Michael B., Northeastern Regional Aquaculture Center. Ithaca, NY : Ithaca Publishing Company LLC, 2013.
58. Sharrer, M.J., Tal, Y., Ferrier, D., Hankins, J., Summerfelt, S.T., 2007. Membrane biological reactor treatment of a saline backwash flow from a recirculating aquaculture system. *Aquacult. Eng.* 36, 159–176.
59. Siddiqui, A. B., & Al-Harbi, A. H. (1999). Nutrient budgets in tanks with different stocking densities of hybrid tilapia. *Aquaculture*, 170, 245–252.
60. Singh D., Goswami K., R., Agrawal K., Chaturvedi V., Verma P. 2022. Bio-inspired remediation of wastewater: A contemporary approach for environmental clean-up. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. 5: 100261. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100261>.
61. Shi, C. 2012. Potential Biogas Production from Fish Waste and Sludge. TRITA LWR Degree Project 12:37
62. Schnürer A., Jarvis A. *Microbiology of the biogas process*. Swedish university of agricultural sciences, 2018.
63. Summerfelt, S., T., Adler P., R., Glenn D., M., Kretschmann R., N. 1998. Aquaculture sludge removal and stabilization within created wetlands. *Aquaculture Engineering* 9, p. 81-92.
64. Timmons, M.B., Ebeling, J.M., 2007. *Recirculating Systems*. Northeastern Regional Aquaculture Center, Ithaca, NY.
65. Tom P., A., Jayakumar J., S. Biju M., Somarajan J., Ibrahim M., A. 2021. Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus*, 4:100022. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022>.
66. UAB „Baisogalos bioenergija“ šamų auginimo ūkyje susidarančių nuotekų nukenksminimo ir panaudojimo galimybės. Ataskaita. – Žibienė G., Mongirdas V.-2018.
67. Uždarosiose akvakultūros sistemose susidarančio dumblo panaudojimo galimybių studija. Galutinė ataskaita,- Sendžikienė E., Makarevičienė V., Radzevičius A. ir kt. – 2017.

68. Uždarų žuvų auginimo sistemų įtakos gamtinėms ekosistemoms nustatymas ir rekomendacijų parengimas šių sistemų diegimui Lietuvoje. Galutinė ataskaita. Žibienė G., Žibas A. ir kt. – 2016.
69. Van Bussel Ch.G.J., Mahlmann L., Kroeckel S., Schroeder J.P., Schulz C. 2013. The effect of high ortho-phosphate water levels on growth, feed intake, nutrient utilization and health status of juvenile turbot (*Psetta maxima*) reared in intensive recirculating aquaculture systems (RAS). *Aquacultural Engineering* 57:63-70. doi: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.003.
70. Van der Wurff, A.W.G., Fuchs, J.G., Raviv, M., Termorshuizen, A.J. (Editors) 2016. Handbook for Composting and Compost Use in Organic Horticulture. BioGreenhouse COST Action FA 1105, www.biogreenhouse.org.
71. Wang, J.-W., Ed. 1993. American Society of Agriculture Engineers: St. Joseph, MI, USA; pp. 486–495.
72. Yeo S. E. and Binkowsky F. P. 2010. Processing Aquaculture System Biosolids by Worm Composting – Vermicomposting Technical Bulletin #122, North Central Regional Aquaculture Center, Ames, Iowa.
73. Xu, Z., Wu, Y., Jiang, Y. et al. 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi in two vertical-flow wetlands constructed for heavy metal-contaminated wastewater bioremediation. *Environ Sci Pollut Res* 25, 12830–12840. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1527-z>,
74. Žibienė G., Mongirdas V., Žibas A., Kiršanskaitė L. Potential of Opportunities for Reusing Sludge, Produced in Recirculating Aquaculture Systems // Agrosym 2018 [elektroninis išteklius] : IX International Scientific Agriculture Symposium, Jahorina, October 04-07, 2018

## MTTV PROJEKTO REZULTATŲ POPULIARINIMAS

Pranešimas „**Possibilities to use sludge from aquaculture ponds and recirculation systems as soil improvement measure in agriculture**“ 4-ojoje tarptautinėje mokslinėje konferencijoje AgroEco2022: „Agroekosistemų tvarumas: anglies san kaupų dirvožemyje, maisto saugos ir klimato pokyčių sąsajos“, VDU ŽŪA 2022 m. spalio 26–27 dienomis.

Pranešimas „**Akvakultūros ūkiuose susidarančio dumblo panaudojimo galimybės**“ Tarptautinės žemės ūkio parodos „Ką pasėsi ...2023“ metu, 2023-03-31d.

Pranešimas „**Uždarųjų akvakultūros sistemų realijos ir perspektyvos, energijos sąnaudas mažinantys sprendimai**“ ŽŪM organizuotame renginyje „Apskrito stalo „Lietuvos akvakultūros perspektyvos iki 2030 m.“, 2023-02-07 d.

**Tyrimų rezultatai paskelbti mokslinėje konferencijoje:**

Vaitkevičiūtė D., doc. dr. Žibienė G. *Akvakultūros ūkiuose susidarančio dumblo kokybės tyrimas ir panaudojimo įvertinimas*. Jaunasis mokslininkas 2023, studentų mokslinė konferencija. VDU Žemės ūkio akademija, Akademija, 2023.

**Tyrimų rezultatai paskelbti mokslo leidinyje:**

Vaitkevičiūtė D., doc. dr. Žibienė G. *Akvakultūros ūkiuose susidarančio dumblo kokybės tyrimas ir panaudojimo įvertinimas*. Jaunasis mokslininkas 2023, konferencijos straipsnių rinkinys. VDU Žemės ūkio akademija, Akademija, 2023.

**SUDERINTA:**

*(Tyrimų priežiūros komisijos pirmininkas)*

*(Vardas, Pavardė)*

*(Data)*

# **PRIEDAI**

## Priedų sąrašas:

**1 priedas.** Pranešimas „Possibilities to use sludge from aquaculture ponds and recirculation systems as soil improvement measure in agriculture" 4-ojoje tarptautinėje mokslinėje konferencijoje AgroEco2022: „Agroekosistemų tvarumas: anglies sancaupų dirvožemyje, maisto saugos ir klimato pokyčių sąsajos“, VDU ŽŪA 2022 m. spalio 26–27 dienomis.

**2 priedas.** Pranešimas „Akvakultūros ūkiuose susidarančio dumblo panaudojimo galimybės" Tarptautinės žemės ūkio parodos „Ką pasėsi ...2023“ metu, 2023-03-31d.

**3 priedas.** Seminaro dalyvių sąrašas 1 lapas.

**4 priedas.** Seminaro dalyvių sąrašas 2 lapas.

**5 priedas.** Pranešimas „Uždarųjų akvakultūros sistemų realijos ir perspektyvos, energijos sąnaudas mažinantys sprendimai" ŽŪM organizuotame renginyje „Apskrito stalo „Lietuvos akvakultūros perspektyvos iki 2030 m.", 2023-02-07 d.

**6 priedas.** Žibienė G., Vaitkevičiūtė D. Akvakultūros ūkiuose susidarančio dumblo kokybės tyrimas ir panaudojimo įvertinimas. Jaunasis mokslininkas 2023, konferencijos straipsnių rinkinys. VDU Žemės ūkio akademija, Akademija, 2023.