



SAK
SAARE ARENDUSKESKUS



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti
tuleviku heaks

Lääne-Eesti vesiviljeluse ja ringmajanduse teostatavusuuring 2020-30

Raport on koostatud vastavalt riigihankes nr 232693 sätestatud juhistele

05. juuni 2021

Autorid:

Knut Senstad, Aquaconsulting Senstad, senstadknut@gmail.com, telefon + 47 95171617

Kalakasvatusega seotud akvapoonilised analüüsid on teostanud Jonne Sumpa ja prof Georg Martin, Eesti Mereinstituut, Tartu Ülikool, Eesti Vabariik

Norra, 05. juuni 2021

Sisukord

lk

1. This Feasibility study – purpose	3
2. Executive summary	4
3. The Status of the Baltic Sea	14
4. Main tasks behind this report	17
5. West Estonia exploiting the marine resources	20
6. Aquaponic principles: mussel & macroalgae	23
7. West Estonia Water Act - Fish feed development	24
8. Modern Baltic fish feed - waste position	25
9. Waste fluxes with and without aquaponic integration	26
10. Fish farming planning	28
11. Fish farming platforms covered in this report	31
12. Integration of shellfish to fish units - waste reduction	37
13. Integration of macroalgae to fish units - waste reduction	41
14. Open net farming aquaponic restrictions	45
15. Potential circular economy impacts	52
16. Risk elements	53
17. Action plan for the West Estonia Government	54

Lisad

56

A. Details; Some fish farming production planning elements	57
B. Details; aquaponic integration of mussel	61
C. Details; aquaponic integration macroalgae	70
D. Details TO DO list	80
E. Circular economy	84
F. Public report West Estonia coastal zone	86
G. Wind-energy sector	91
H. Some information from the international salmonid farming industry	92

1. Teostatavusuuring - eesmärk

Käesolevas raportis on esitletud erinevaid strateegilisi suundi, mida Lääne-Eesti piirkonnas ja selle omavalitsustes peaks kaaluma sidusrühmade struktureerimisel, loomisel ja motiveerimisel perioodil 2020-2030 kavandatud Lääne-Eesti rannikuala erinevate vesiviljelustootmise algatuste ellu viimiseks. Sellised strateegiad hõlmavad järgmisi samme:

- Erinevatel tehnilistel platvormidel kasvatavate suurte vikerforelli biomassi/saagikoguste mahtu kujutavad Joonised.
- Akvapoonilise lähenemise kasutuselevõtmise potentsiaal kalatootmises nii rannakarpide kui ka makrovetikate kasvatamiseks, mida illustreerib iga-aastane akvapoonilise saagi biomass.
- Uued viljelusmeetodid ja seos akvapoonilise integratsiooniga võivad vähendada vikerforelli kasvatamisest tavapäraselt tulenevaid keskkonda sattuvaid jäätmevooge.
 - Need vood seostuvad meresumpade, maismaal asuvate kalabasseinide ja poolsuletud meres ujuvate kalasumpadega.
- Nimetatud ajakohastatud vootulemusi kujutab uusima Balti kalasööda kasutamine 2021. aastal ning vood on võrdlusaluseks kehtivate veeseaduses kehtestatud Lääne-Eesti kalakasvatusele seatud piirväärtuste määramisel.
- Näited võimalikust ringmajandusest, kuidas seda korraldada seal, kus saab mereressursse kasutada uute algatuste loomisel.
- Ettepanekud Lääne-Eesti piirkonnas toimuva tegevuse edasi arendamiseks.
- Sellise ringmajanduse kasutuselevõttuga seotud riskielementide esile tõstmine.

Neid peamisi eesmärke on kirjeldatud allpool ja nimetatud kokkuvõtvalt:

Taust- Teostatavusuuring Lääne-Eestis

Saaremaa Vallavalitsus korraldas riigihanke Lääne-Eesti rannikuvööndi teostatavusuuringu korraldamiseks ja saamiseks, mille eesmärk on:

- Teha kindlaks keskkonnasõbraliku kestva strateegia potentsiaal, kus mere- ja rannikualade ressursse saab kasutada kaasaegsete investeeringute ja tehnoloogiaga

Fookus on järgneval;



Aruanne peab olema faktipõhises ja neutraalses formaadis ning kajastama piirkonna tingimusi tänase seisuga ning soovitama selle potentsiaali aastatel 2020–2030.

Teostatavusaruande sisuks on Saaremaa ja Hiiumaa maavaldused ning see on vabalt kasutatav.

Joonis 1. Analüüsi ulatus.

Käesoleva raporti peamine eesmärk on pakkuda Lääne-Eesti omavalitsustele (WEM) välja mehhanisme ja strateegiaid oma mereliste ressursside kasutamiseks edasiliikumiseks. Üks eesmärk on pakkuda WEM-ile objektiivselt neutraalseid ettepanekuid sidusrühmades arutelu algatamiseks ning otsustamiseks, kuidas ressursside kasutamisel edasi liikuda olukorras, kus ressursside kasutamine on kujundatud tänapäevase, jätkusuutliku ja keskkonnavalase seadistuse ning Läänemere kui sellise tingimustega seotud teadmiste põhjal.

Seetõttu tuleb käesoleva raporti soovitusi ja ettepanekuid Lääne-Eesti mereressursside kasutamiseks hoolikalt hinnata ning lõplikud otsused peab tegema WEM, tuginedes ka muudele dokumentidele ja sisenditele. Aquaconsulting Senstad ei vastuta ühegi tulemuse eest, kui WEM-i seisukohad peaksid lähtuma käesolevas raportis toodud tähelepanekutest. Sama seisukoht kehtib Tartu Ülikooli teadurite Jonne Sumpa ja Georg Martini akvapooniliste järeltulejate puhul. WEM ega ükski WEM-i loodud partner-/ärisuhe ei oma õigust autoreid otsese või kaudse kahju eest vastutusele võtta ega kohtusse kaevata, samuti ei vastuta me ühegi kliendi ega kliendi klientide ees meie panuse ja ettepanekutega eeldatavalt seotud neile tekitatud otsese või kaudse kahju või saamata jäänud tulu eest.

Muud kalakasvatuse planeerimise tasandid, biomassi tihedus, söödavajadus ja kasutatav kalasööt toovad kaasa muid jäätmevooge, nagu ka muu mehaaniline vee filtreerimise seadistus. Meie tähelepanekud põhinevad standardset kasutataval veefiltratsioonil, kala biomassi mõõdukal tihedusel ja ühel Läänemere piirkonnas käesoleval ajal kättesaadaval kaubanduslikul kalasöödal. Rannakarpide ja makrovetikate tihedus ja viljelustehnikad mõjutavad ka lõplikke tulemusi. Voo vähendamine toodetud kala kilogrammi kohta peaks siiski olema nõuetekohane sisend ning kättesaadav meie seniste teadmiste põhjal.

WEM peaks oma kohalikest oludest lähtuva oskusteabe, mis on spetsiaalselt seotud keskkonningimustega, abil võimaldama rannikuvööndi kaardistamisega määratleda erinevad sobivad alad/asukohad vesiviljelustegevuse arendamiseks.

1. Tähelepanekud

Lääne-Eesti piirkonnas on ajakohastatud mõningaid vesiviljelustegevuse tingimusi, peamiselt veeseadusest lähtudes, milles on sätestatud merre sattuva maksimaalse jäätme-/ toitainevoo kogused toodetud kala kilogrammi kohta;

3 Akvapooniline integratsioon - Veeseadus, mis kehtis Lääne-Eestis, aastal 2020

Eesti veeseadus

Lämmastiku koguhulk
50 grammi

Fosfori koguhulk
50 grammi

$N = [(Nsööt \times Msööt) - (Nkala \times Mkala)] / 100\%$, kus

N – veekeskonda heidetava üldlämmastiku kogus kilogrammides;

Nsööt – söödas sisalduva üldlämmastiku kogus protsentides;

Nkala – üldlämmastiku sisaldus kalas protsentides, Nkala = 2,75%.

(5) Veekeskonda heidetav üldfosfori kogus arvutatakse järgmise valemiga:

$P = [(Psööt \times Msööt) - (Pkala \times Mkala)] / 100\%$, kus

P – veekeskonda heidetava üldfosfori kogus kilogrammides;

Psööt – söödas sisalduva üldfosfori kogus protsentides;

Pkala – üldfosfori sisaldus kalas protsentides, Pkala = 0,4%.

Msööt – kasutatud sööda kogus kilogrammides;

Mkala – vesiviljeluse toodang kilogrammides.

(6) Meresumbakasvanduses ei tohi toitainete heide ületada aastas keskmiselt 7 grammi üldfosforit ja 50 grammi üldlämmastikku ühe kilogrammi toodetud kala kohta.

Joonis 2 Veeseadusest tulenev piirväärtus 1 kg kasvatatud kala kohta.

Seadusega on sätestatud lämmastiku maksimaalne koguvoog 50 grammi 1 kg toodetud kala kohta ja 7 grammi fosforit toodetud kala kilogrammi kohta. Seadus ei määratle lahustunud toitaineid vaba veesamba ega teatud materjalidega seotud osa vahel. Norras ja Taanis on lämmastiku (2,75%) ja fosfori (0,4%) assimileerimistegurid sarnased Lääne-Eestis kehtivatele määradele.

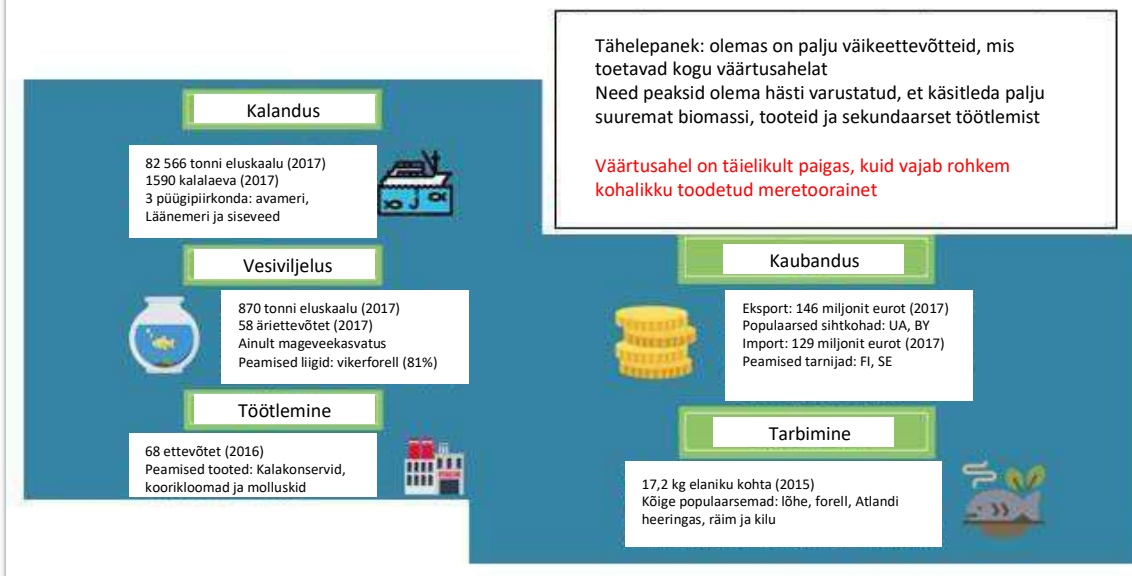
Lääne-Eestis ei ole täpsustatud ega kvantifitseeritud piirkondi, alasid ja aastaseid koguvoo kvoote eraldi aladeks, kus saaks vesiviljelustegevust arendada. Oleks väga hea, kui avaliku sektori sidusrühmad kaaluksid parimaid asukohti, kus esineb keskkonnanähäringuid minimaalselt.

Need määratlemata tegurid põhjustavad ebakindlust rannikuala asukate ja eeskätt erasektori hulgas, kes on huvitatud Lääne-Eestis ringmajandusega seotud tegevuse arendamisest:

- a) Lääne-Eestis on vesiviljelusse investeerijate jaoks liiga vähe motivatsioonitugeid otsuse langetamiseks – puuduvad määratlused konkreetse asukoha ja piirkonna iga-aastase biomassi mahu ja vookvootide osas.
- b) See asjaolu tekitab ebakindlust ja riskitugeid
- c) Lääne-Eesti vesiviljelussektor on tänasel päeval väga tundlik, neil puuduvad olulised partnerid, kes aitaksid edasi liikuda.
- d) Kaubanduslik kalakasvatus toimib Soomes, Rootsis ja Taanis; kuid iga konkreetne luba on väga piiratud – neil puuduvad load, mis võimaldaksid pikemaajalist tegevust ja majanduslikku toimetulekut, neid asjaolusid tuleb arvestada ka Lääne-Eesti puhul.
 - a. Lääne-Eesti viljelustegevus on väga väike ega kujuta endast mingit olulist mastaabisäästu.
- e) Avamerel võrkudes kasvatamiseks on esitatud mõned taotlused – lõplikku otsust ei ole veel tehtud.
- f) Paljud varasemad riiklikud toetused ei ole motiveerinud ega käivitanud aktiivset kasvatust ja vesiviljelust.

Näide käesoleval hetkel toimivast ringmajandusest.

D Tähelepanekud mere kasutamise kohta tänapäeva Eestis

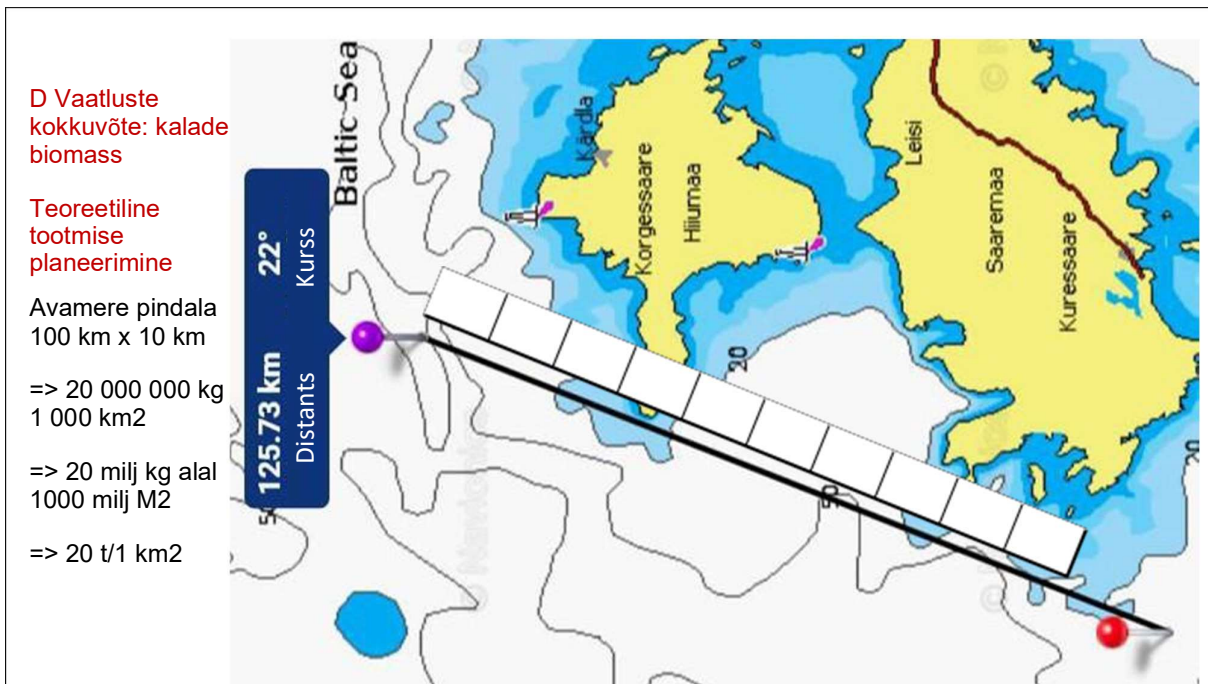


Joonis 3. Ringmajandus rannikualal.

Võib järeldada, et piirkonnas on olemas kõik nõutava väärtusahela elemendid; kuid need on väikesed ning meretoorainet on piiratud koguses. Samuti näib, et mõlemat püügiviisi hõlmav töötlev tööstus, pelaagiliste kalade püügikvootide töötlemine, esindab mahuskaalat, mida saaks integreerida tulevaste kalatootmisse suure vikerforelli näol.

Soovituslikud kalakasvatustvormid ja tootmispotentsiaal aastateks 2020–2030:

- Ametiasutused peavad ajakohastama uusimat **Läänemere kalasööda 2021. aasta** vooteavet, mis eeldab merre kanduvate toitainete voogude olulist vähenemist.
- Traditsiooniline **meresumpades kasvatamine** koos kaasaegsete tehnikatega võib tagada ligikaudu 20 000 tonni aastase vikerforelli toodangu – see on konservatiivne hinnang. Vastav skeem on allpool, kus 20x aladel, millest 10x on igal aastal suurte kalade saagid ja teisele poolele jäävad alati väikesed kalad. Iga-aastane toodang võib kehtida 10x alade puhul, kus iga konservatiivselt hinnatud saak on eluskaalus 2000 tonni – kokku 20 000 tonni aastas.
 - Iga ala võiks teoreetiliselt paikneda teisest 5 km kaugusel ja toodetud biomass keskmise km² kohta on ainult 20 tonni, vt joonist – selline tulemus peaks olema keskkonnasõbralik ja looks hea aluse kalade optimaalse tervise tagamiseks ning tekitaks neis piirkondades ja suurusklassides vähest häirivust.
 - Ainuüksi see võib luua **ringmajanduse ligikaudu 270 töökohaga ja väärtusega > 175 mEUR aastas, täpsemat teavet vt allpool.**



Joonis 4. Teoreetiliselt võimalik meresumpades kasvatamise piirkond kõikide asukohtade vaheliste võimalike vahemaadega.

Muud Lääne-Eesti võimalikud kaasaegsed kalakasvatamisplatvormid on järgmised:

- a) Kaasaegne **maismaal asuv kalakasvatus mehaanilise vee filtreerimisega**, kus muuhulgas saab orgaanilised jäätmed eraldada Läänemere suunatud veevoost (vt joonisel), kus väheneb 55% orgaanilise ainese voost, mida töödeldakse ning mis merekeskkonda ei kandu. Lämmastiku ja fosfori vähendamist mehaanilise filtreerimise abil on kujutatud allpool toodud joonisel. Potentsiaalselt 10 suure maismaarajatise rajamine võib tagada **10 000 tonni vikerforelli biomassi aastas – 125x töökohta ja ringmajanduse panusena 90 miljonit eurot aastas.**
- b) **Uus suurte ujusumpade kontseptsioon** merel toimuvaks kalakasvatuseks esindab uusi ja märkimisväärsed, eriti Läänemerele sobivaid uuenduslikke lahendusi. Selle kontseptsiooni eelised võrreldes tavaliste võrgus kasvatamisega on:
 - kalade parem tervis;
 - suurem juurdekasv, paranenud ellujäämus;
 - kalade parem kvaliteet;
 - suletud sump/struktuur kaitseb vetikate õitsemise ja saastumise eest, tagab aastaringiselt täielikult hapnikuga rikastatud veesamba ja toimib osaliselt ka temperatuuri reguleerimisel;
 - lisaks sellele annab see suletud ja kaitstud vesirajatis kalakasvatajale täieliku võimaluse jäätmevoogude kontrollimiseks – mida me peame Läänemere vesiviljeluses otsustava tähtsusega asjaoluks ja mis on meie raporti peamine lähtekoht.

Lisaks oleme integreerinud maismaal ja ujusumba kontseptsiooni akvapoonilise seadistusega:

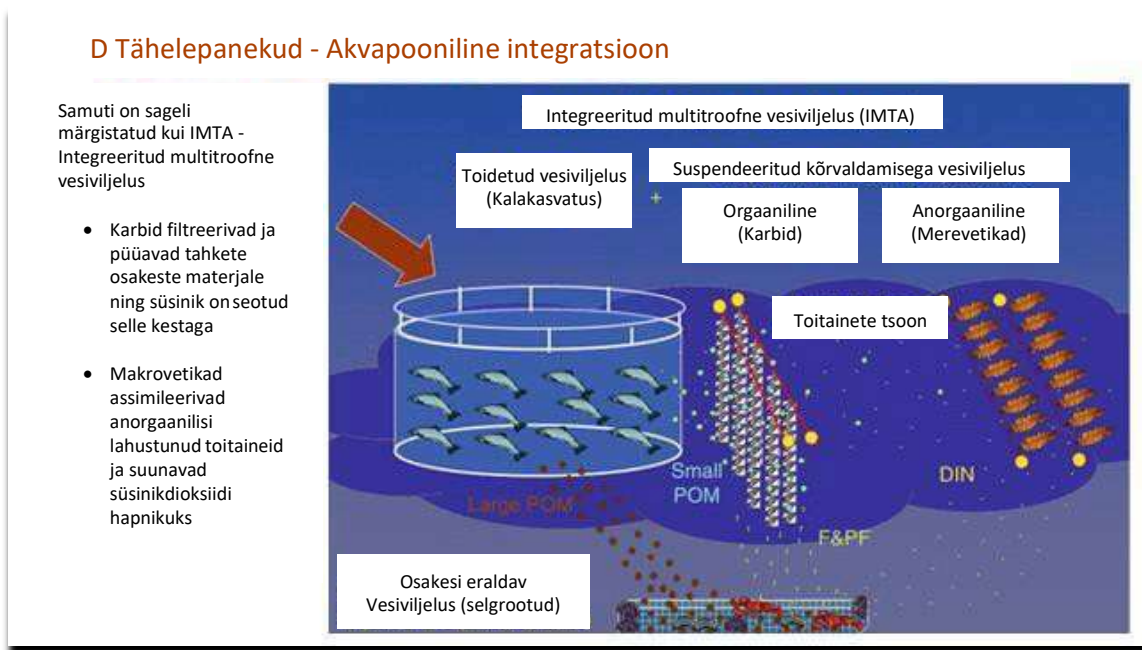
seda on kujutatud allpool joonisel 5.

- Looduslikult ümbruses kasvava makrovetika, rohevetika (*Ulva intestinalis*) ja karpide, söödava rannakarbi (*Mytilus edulis*) kasutamine **tähendab suurt hulka kultiveeritud biomasse.**
- **Nende saagikogumine toob kaasa toitainete väljavood rannikuvööndist, kus**

- lahustunud toitained satuvad kalasööda – kala kõhus seedimise tulemusena – kalakasvatamiseks väljaspool püsivas veesambas ja neid hoitakse voolutorudes, mida saab suunata otse edasi sarnastesse suletud ujulatesse akvapoonilistesse üksustesse, kus makrovetikate kasvatamisel saab kasutada ära suure osa nendesttoitainetest.
- Sellise viljelusplatvormi kasutuselevõttu tuleb siiski hoolikalt hinnata, lähtudes kohalikest ilmastikutingimustest (hoovused ja lainekõrgus ning sobivad aastase jäätmekvoodiga kohad).
- Koorikloomad filtreerivad samadest kalapidamisüksustest tekkinud orgaanilised osakesed aktiivselt välja, need osakesed suunatakse suletud toruühenduses sarnaste rannakarpide sumpade suunas.
- Orgaanilisi materjale omastav rannakarp vähendab jäätmevoogusid aastaringselt, makrovetikate fotosüntees assimileerib lahustunud toitaineid vaid neil kuudel aastal, mil seal on piisavalt fotosünteesi käivitavat päikesevalgust.

Iga-aastaselt maismaal kalabasseinides toodetud vikerforelli koguse – 10 000 tonni – ja sarnase biomassiga ujuvate kalasumpade kontseptsioon osutab, et selles piirkonnas on vikerforelli tootmise potentsiaal 40 000 tonni aastas. Ringmajandus maismaabasseinides ja sumpade kontseptsiooni puhul tagab ligikaudu 250 töökohta.

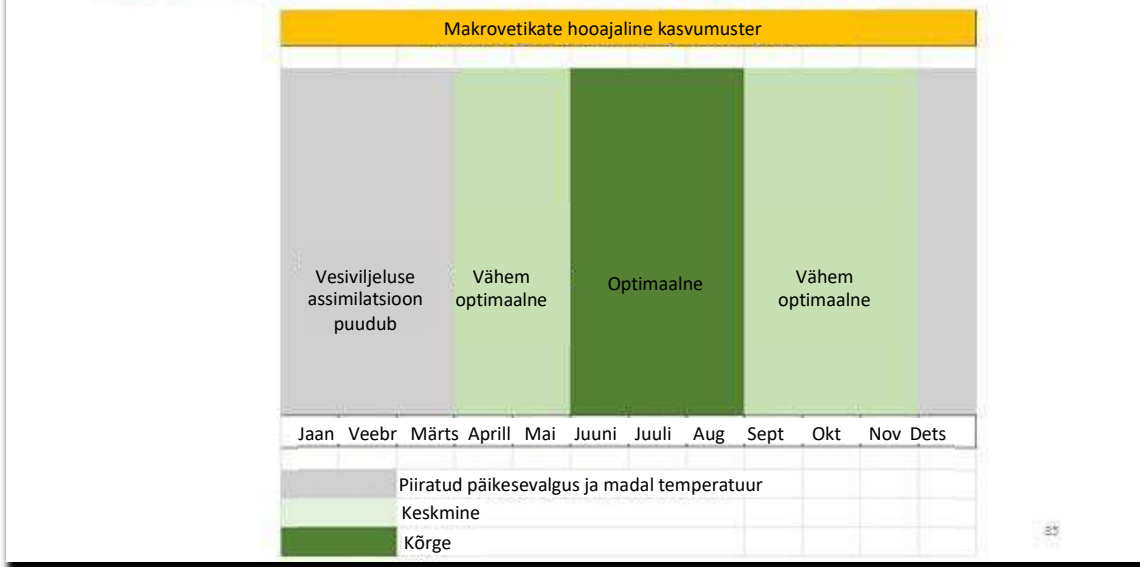
Akvapoonilise integratsiooniga loodud ringmajandus võib luua hinnanguliselt 175x töökohta.



Joonis 5. Akvapoonilise korralduse kirjeldus.

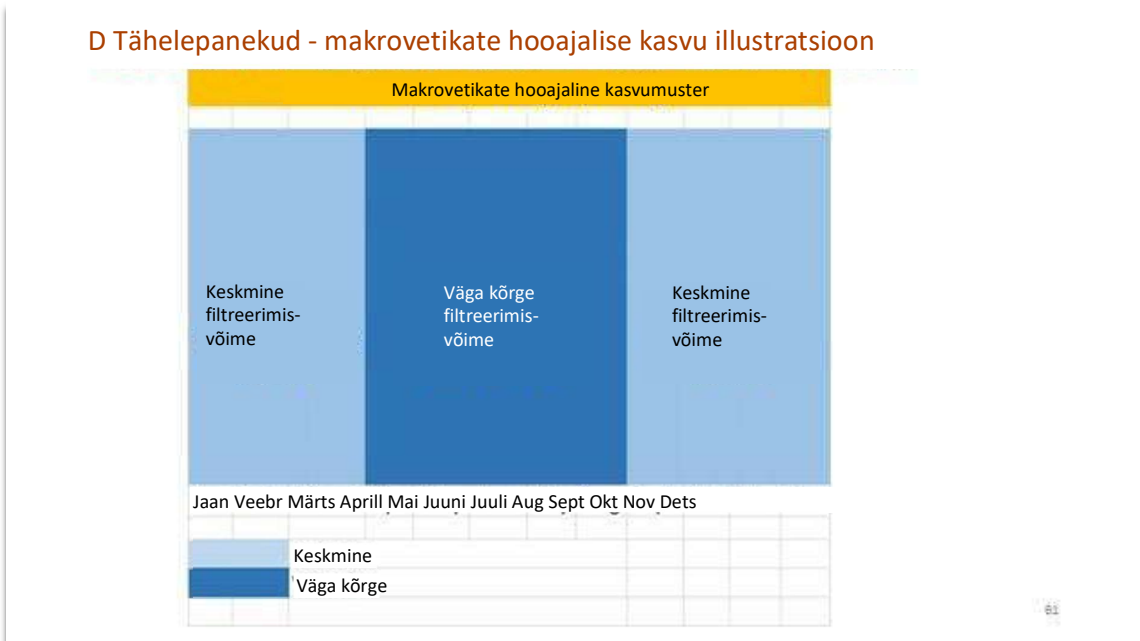
Rohevetika *Ulva intestinalis* kasvupotentsiaalpiirkonnas.

D Tähelepanekud - makrovetikate hooajalise kasvu illustatsioon



Joonis 6. Makrovetika kasvupotentsiaal. Söödava

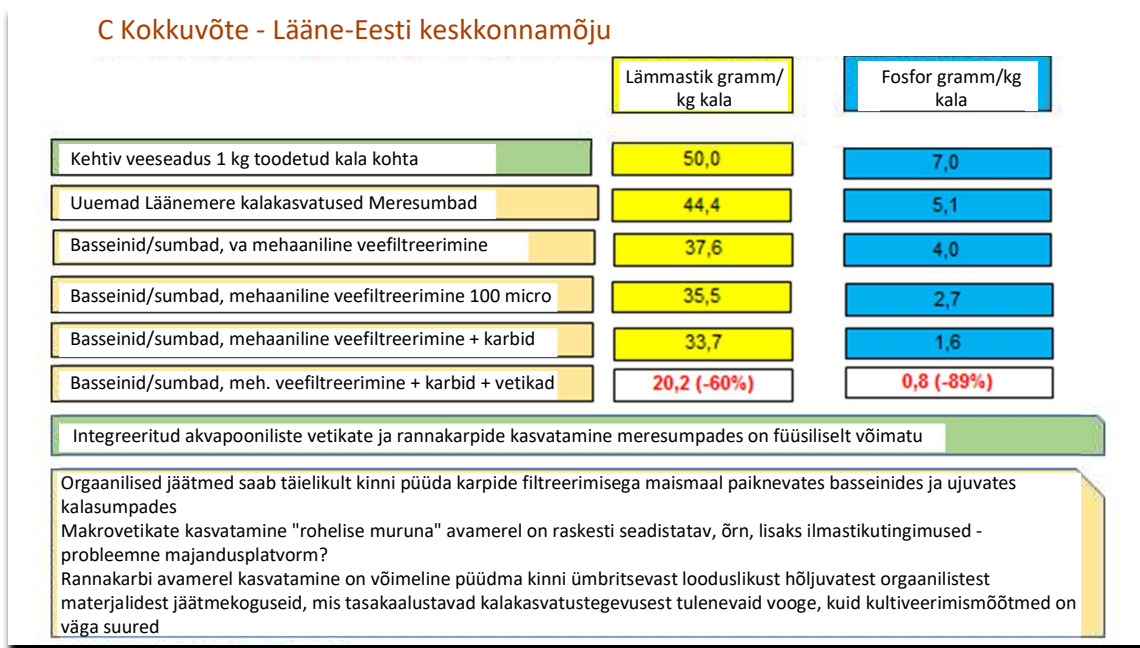
rannakarbi filtreerimisvõime piirkonnas.



Joonis 7. Söödava rannakarbi filtreerimisvõimekus.

Akvapoonilise rannakarpide kasvatamise hüvanguks parima integratsiooni saavutamiseks prognoosime parima võimalusena lahendust, kus suur osa orgaanilistest hõljuvatest osakestest kalaüksustes (maismaal paiknevad või nimetatud ujuvad kalasumbad) on kõigepealt suunatud mehaanilistesse vee filtreerimisseadmetesse – käesolevas raportis soovitatakse 100 mikroni suurust filtrit. Selle tulemusel õnnestub ligikaudu 55% orgaanilistest jäätmetest voost eemaldada – järele jäänud väiksemate tahkete osakeste fraktsioonid on seejärel suunatud filtreerimiseks karpide sumpades kasvatatud karbipopulatsioonidesse

- a) Rannakarpidesse sattuvad orgaanilised kalajäätmed võivad täielikult jääda filtreerivate rannakarpide populatsiooni. Selle tulemusel on orgaanilise jäätme netovoog merre null. Nende osakestega seotud N- ja P-vood vähenevad, vt joonis 8 allpool.
- b) Teise sarnase kombinatsiooni võib kujundada ka akvapoonilise makrovetika tootmisega – nii saab vähendada lahustunud toitainete vooge (lämmastik ja fosfor) järgmise tasemeni, vt joonis 8.
- c) Vee mehaanilise filtreerimise, rannakarpide ja makrovetika akvapoonilise seadistuse kombinatsioon osutab potentsiaali, et kogu N kogust toodetud kala kilogrammi kohta saab vähendada 60% võrra võrreldes veeseaduses antud piirnormiga ning fosfori kogust vähendatakse veeseadusega võrreldes 90% võrra, joonis 8.
- d) Need lämmastiku ja fosfori vähendamise tasemed on keskmised aastased tasemed, kus makrovetikate vähenemine parimatel kasvukuudel on kõrge ja pimedatel talvekuudel puudub (joonis 6) ning kus rannakarp näitab enam või vähem stabiilsemat aktiivsust (joonis 7)
- e) Nimetatud vähendamistasemed eeldavad, et ujuvatest kalasumpadest ja maismaal paiknevatest basseinidest välja voolav vesi suunatakse kõigepealt eespool nimetatud mehaanilisse filtreerimisse. Muud täiustatud filtreerimisseaded võivad vooge veelgi vähendada.



Joonis 8. Bruto- ja netovood akvapoonilise seadistusega ja ilma selleta.

Kommentaariid:

Sellel joonisel kujutatud meresumpade strateegia puhul on vookogused 44 grammi N ja 5,1 grammi P – kuna selliseid veevooge ei saa mehaanilisse vee filtreerimisse suunata või lähtealus rannakarpide või makrovetikate integreerimiseks puudub.

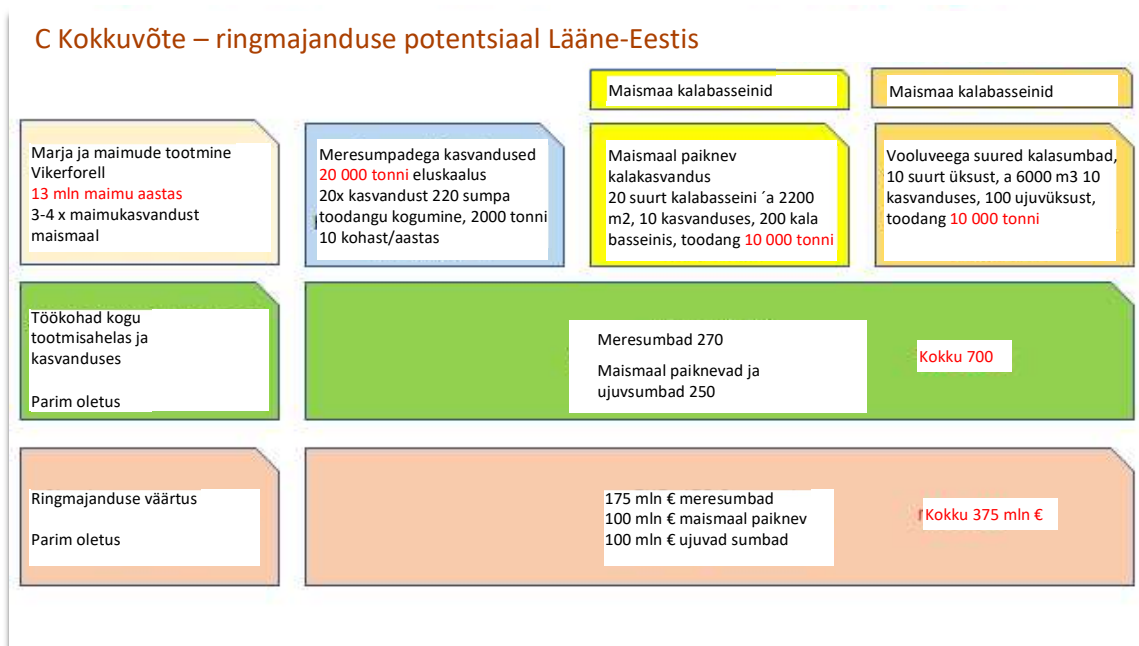
Täielikult akvapoonilise seadistusega integreeritud netojäätmete voog võib tagada järgneva:

1. Merre sattuvate orgaaniliste jäätmete kogus on null.
2. Lämmastiku ja fosfori kogust vähendatakse 60% ja 89% võrra võrreldes veeseaduses sätestatud piirmääraga.

Selline integreerimine nii vetikate kui ka karpidega vähendab ühtlasi kalakasvatuseksüste süsinikdioksiidi kogust ja viib hapniku (vetikate aktiivsus) ja karbonaatide tekkeni, mis seotakse karpide elutegevuseks vajalike kestadega.

- Fotosünteesi tulemusel toodavad vetikad suures koguses hapnikku, mis lahustub päeva jooksul veesambasse.
- Rannakarpide ja vetikate lõppsaadused tuleks suunata loomasöödaks, inimtoiduks, energiaressursiks ja kalasöödaks.
- Akvapooniline integratsioon parandab õnnestumise korral ka ringmajandust – luues parima prognoosi kohaselt piirkonda kuni 175 töökohta.

Alltoodud joonis võtab kokku ringmajanduse potentsiaali.



Joonis 9. Ringmajanduse potentsiaal.

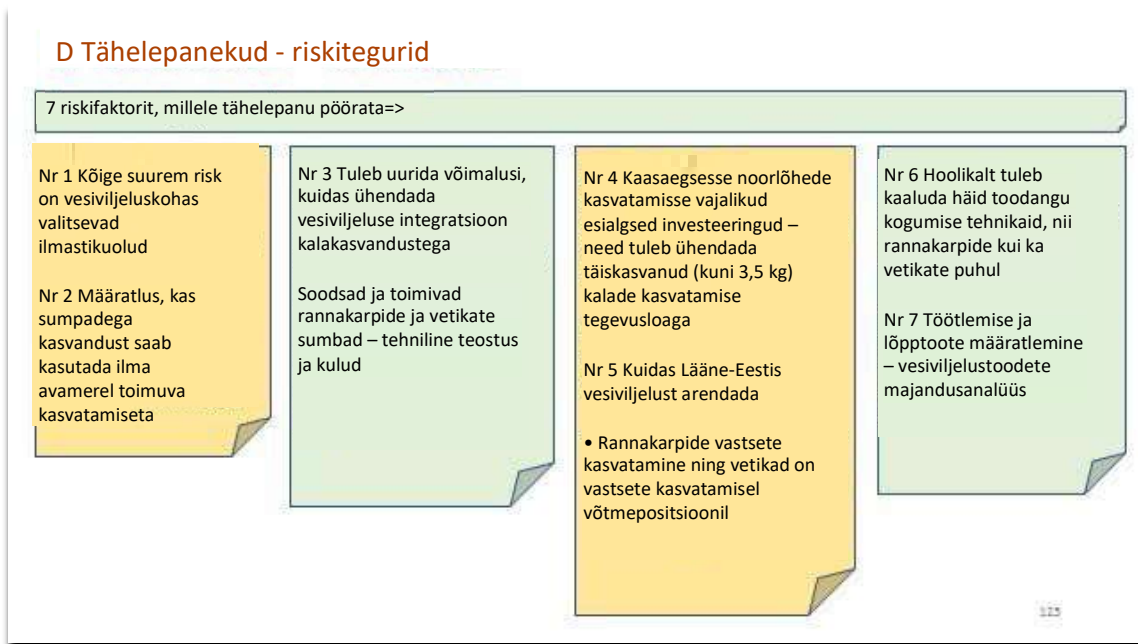
Meresumpade ja kahe kujutatud kinnise viljeluskontseptsiooni tulemusel saab luua kokku umbes **700 töökohta ning toota 40 000 eluskaalutonna aastas ja 350 mEUR tulu ringmajanduses** - suur osa töökohtadest on seotud logistika ning teenuste/hooldusega.

Lääne-Eesti omavalitsused peavad hindama käesoleva raporti järeltõlget ja edasised võimalused on järgmised:

- Määratleda mere- ja maismaa-alad/-piirkonnad, millest igaühel on kindlaks määratud voolukvoot, soovitage tungivalt keskenduda Hiiumaa lääneosale ja Saaremaale.
- Ajakohastada vesiviljeluse tingimused**, mis tagaksid mastaabisäästu suurrajatiste ehitamist.
- Määratleda **noorlõhede kasvanduste asukohad** - st 2-3 koguvõimsusega, iga 10 000 tonni täiskasvanud kala kohta on vaja 3,5 noorlõhede kasvandust – ilma noorlõhede kasvanduseta ei toimu piisavat juurdekasvu – motiveerimistingimused on siinkohal otsustava tähtsusega.
- Teha algatusi riikliku **merelabori ja välijaama** loomiseks, mis toimivad oskusteabe ja teenuste vahendamisel - **äärmiselt oluline** - sidudes selle Põhjamaade-ülese koostööga ja muutes Lääne Eesti piirkonna akvapoonilises integratsioonis juhtivaks koostööpartneriks.
- Kutsuda seminarile juhtiv rahvusvaheline tööstusettevõtte**; tuuleenergia, kalakasvatuse, investorite, sekundaarse töötleva tööstuse, kohalike pelaagilise kalanduse ettevõtete, laevatehase ning Norra / Šoti kaasaegsete viljelusplatvormide tootjate esindajad. Seminar peaks motiveerima partnereid strateegiliselt

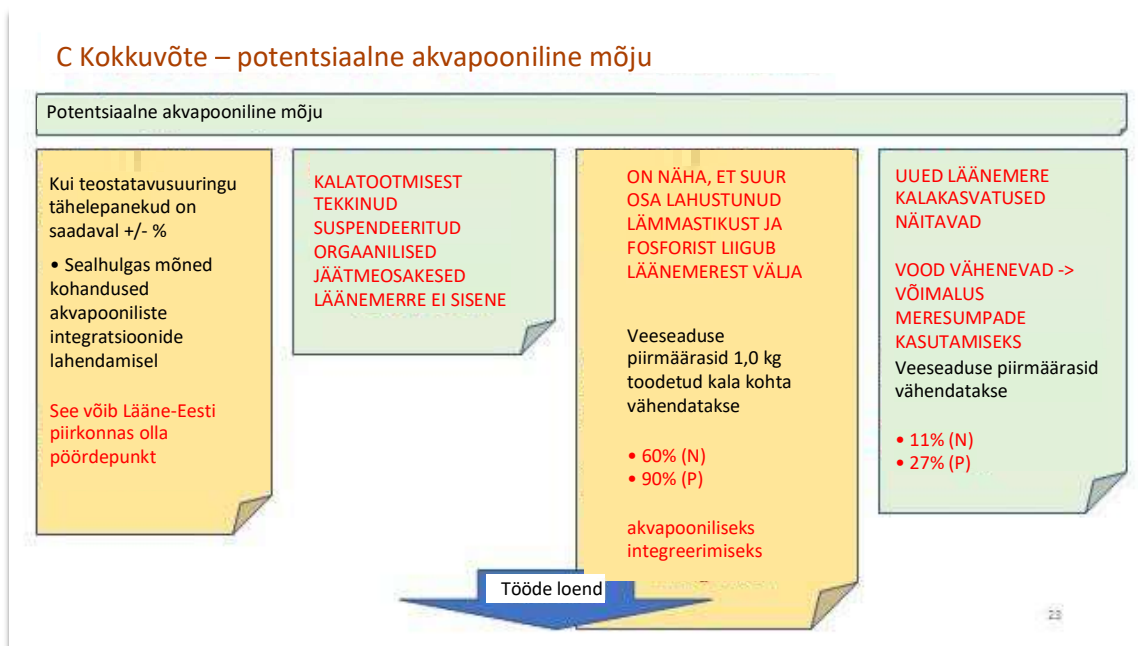
- Kontakte looma.
 - Välja selgitama võimalusi
 - Kaaluma Islandi, Põhjamere, Newfoundlandi või RAS maismaa investeeringute asemel Eestit.
 - Kõik partnerid on Tallinnast 45-minutilise lennureisi kaugusel ning koondunud Põhjamaade kultuuri ja äritegevuse kultuuriruumi. Eesti kui hästi arenenud IT- ja asjade interneti teenuste pakkuja võiks sellises akvapoonilises integratsioonis väga hea positsiooni omandada.
 - **Edasine faktipõhine teave ühisettevõtte võimaluste, piirkonna, tingimuste, ettevõtete ja motiivide kohta.**
 - **Tuuleenergiaettevõtetal** võib olla oluline roll, kuna Läänemeri vajab uuenduslikke lahendusi mere vesiviljelusrajatiste ehitamiseks.
 - Ühise teenindus -, hooldus- ja logistikaalase koostöö loomine.
 - Ühisettevõtte
 - Ehituskomponendid
 - Rakendatavate tuuleenergia tegevuslubade tingimused võiksid kindlasti olla seotud erinevate nõuetega, võiks luua tuul-vesi-fondi, kus tuulepargi suurustel võiks olla teatud hind/osalustasu.
 - Sellised panused võivad seisneda teenustes, kwh, sularahas, et saaks püstitada piloottuuleparke/merelabori.
 - Tuuleenergia ettevõtted vajavad samuti sellise tuulepargi teenuseid.
- a) Sekundaarse **lõhe töötlemise tööstus** Prantsusmaal, Saksamaal ja Poolas vajab hädasti võimalust oma kasvatavata biomassi, kulude aruka jaotuse, riskide maandamise, toodangu saamise ja biomassi ettevõttesiseseks planeerimiseks.
- g) Tuleb vältida Soome, Rootsi ja Taani kalakasvatajatele osaks saanud olukorda**
- h) Puuduvad alale sisenemiseks vajalike viljelustegevuslubade maksumuspiirid**, kuid olge arukad ja leidke nende jaoks ökonoomsed/panustamist soosivad mehhanismid.
- i) Riskid**, ilmastikutingimused, akvapooniline netotulemus (filtreerimis- ja fotosünteesivõime ujuvüksustes), noorlõhede kasvandused, poliitiline valmidus, naabrite protestid, turism ja põllumajandus.
- j) Märkus**; Roogitud suure vikerforelli **tootmiskulud** ilma akvapoonilise integratsioonita on varem tunnustatud Norra näitajatega kokku langevaks.

Peamised riskielemendid on toodud allpool.



Joonis 10. Riskielemendid.

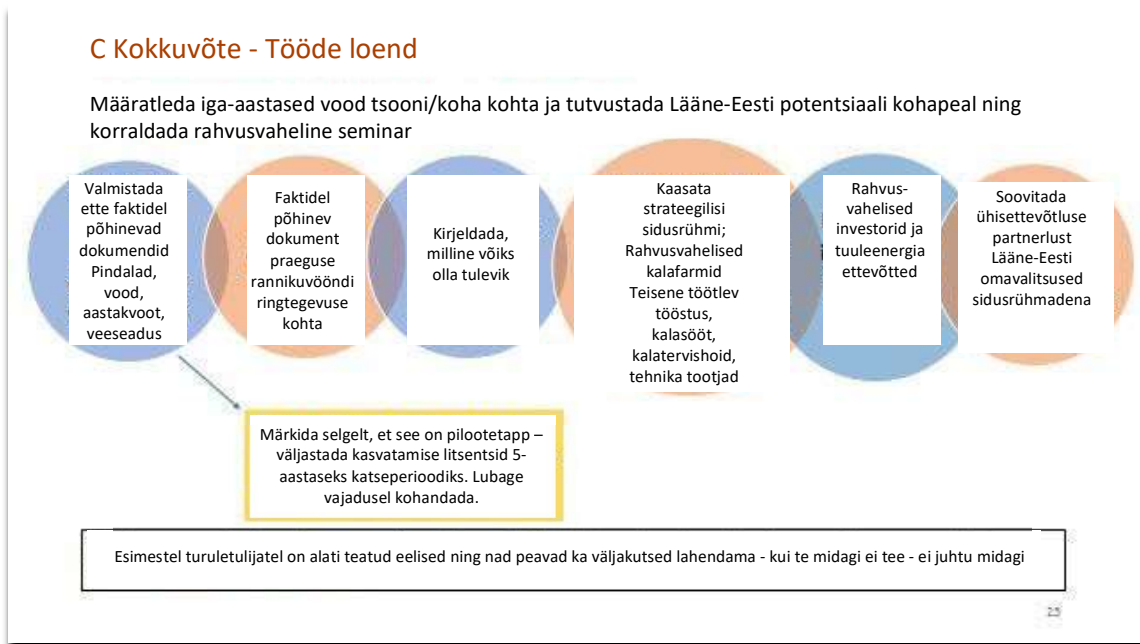
Neid riskielemente tuleb hoolikalt hinnata. Käesoleva raporti peamised tähelepanekud jäätmete vähendamiseks.



Joonis 11. Akvapoonilise ja mitteakvapoonilise voo vähendamine.

Kommentaariid:

- On oluline, et soovitatud akvapoonilised füüsilised integratsioonid oleksid hoolikalt integreeritud viisil, kus toitainete ja orgaaniliste jäätmete säilitamine on tagatud.
- Et rannakarpidele ja makrovetikatele on tagatud head kasvutingimused.
- Et väikesed makrovetikad ja rannakarbid on keskkonnale kadunud.
- Et rannakarpide filtreerimistegevuses tekkivad jäätmed on pumbatud ka füüsiliselt kaldale.



Joonis 12. Soovituslike tegevuste loend.

Mõned detailid ringmajanduse kohta.

C Kokkuvõte – Ringmajanduse näide Meresumbad

20 000 MT kalatoodang meresumpades aastas

Selline kasvatusmaht eeldaks otseseid ja kaudseid töötajaid:

- kalakasvatust
- haridus- ja muud teenused (kalade tervishoid, veekeemia, logistika, saagikoristus, töötlemine, hooldus)
- allolev tabel näitab, kuidas meresumpade kasutamine ilma akvapoonikat ühendamata võib välja näha.

270 töökohta

Meresumpade platvorm • Potentsiaalne kalakasvatustoodang ja muud sektori teenused Lääne-Eestis																			
	number of farms	no of companies	management and admin for each company	num admin employees	no of farming staff	business fish harvested per year MT	fish tonnage fish tonnage	no of nets and cages	net volume staff	logos and marketing admin support to one fish farm	marketing services	Processing: gutted to box	refrigeration jobs	store line and transport	no truck trips per year to fish	transport cost per year to fish 200 days a year	no of primary processing plants	health/safety monitoring, weekly inspection of processing plants	total manager per year
Simple plants	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Simple net farms	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 20'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 30'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 40'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 50'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 60'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 70'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 80'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 90'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 100'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 110'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 120'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 130'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 140'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 150'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 160'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 170'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 180'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 190'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20' 200'	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Meresumpade platvorm • Inimaastate arv aastas, v.a turule toodavad akvapoonilised noorlõhed

production volume of net	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish	no of fish
0-1000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1000-2000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000-3000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3000-4000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4000-5000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5000-6000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6000-7000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7000-8000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8000-9000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9000-10000	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

C Kokkuvõte – maismaal paiknevate basseinide, ujuvate kalasumpade ning akvapoonika ringmajandus

20 000 MT kalatootmine maismaal paiknevate basseinide ja ujuvate kalasumpade akvapoonilise integratsiooniga aastas

Muuhulgas on loetud akvapoonilise kasvatamise töötajad, akvapooniline saagikoristus

270 + 175 töökohta

Akvapoonilised töökohad on vaid hinnangulised

Ujuvad kalasumbad ja maismaa basseinid - Lääne-Eesti potentsiaalne kalakasvatustoodang, akvapoonika integreerimine ja muud sektoriteenused

Production volume at sea (t)	no. of farms	no. of employees	management and advice for each company	farm advice employees	no. of farming staff	Biomass harvested per year (MT)	Fish health	no. of tanks	staff working in tanks	logistics and fish feed	mechanical services	Processing: gutted to bone	wastewater	other bio-waste	fish per year in tonnes	transport gutted fish to factory, 18 MT/tonne - 1000000 per year	no. of primary processing plants	Production of secondary products	Total: employees per year
1000	1	1	1	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10000	10	10	10	10	10	10000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
100000	100	100	100	100	100	100000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20000	20	20	20	20	20	20000	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Maismaal basseinide ja ujuvate kalasumpade summa – inimtööaastate arv aastas – turustatavad noorlõhed, välja arvatud akvapooniline tegevus

Production volume at sea (t)	no. of farms	no. of employees	management and advice for each company	farm advice employees	no. of farming staff	Biomass harvested per year (MT)	Fish health	no. of tanks	staff working in tanks	logistics and fish feed	mechanical services	Processing: gutted to bone	wastewater	other bio-waste	fish per year in tonnes	transport gutted fish to factory, 18 MT/tonne - 1000000 per year	no. of primary processing plants	Production of secondary products	Total: employees per year
1000	1	1	1	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10000	10	10	10	10	10	10000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
100000	100	100	100	100	100	100000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20000	20	20	20	20	20	20000	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Akvapooniline integreerimine maismaa basseinidesse ja ujuvatesse kalasumpadesse; kasvatamine, kogumine ja töötlemine

Production volume at sea (t)	no. of farms	no. of employees	management and advice for each company	farm advice employees	no. of farming staff	Biomass harvested per year (MT)	Fish health	no. of tanks	staff working in tanks	logistics and fish feed	mechanical services	Processing: gutted to bone	wastewater	other bio-waste	fish per year in tonnes	transport gutted fish to factory, 18 MT/tonne - 1000000 per year	no. of primary processing plants	Production of secondary products	Total: employees per year
1000	1	1	1	1	1	1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10000	10	10	10	10	10	10000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
100000	100	100	100	100	100	100000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20000	20	20	20	20	20	20000	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Joonis 13. Detail ringmajanduse vaatlusandmetest.

3. Läänemere seisund

Kõik kaasaegse kalakasvatuse tegevused toovad ka Lääne-Eestis kaasa jäätmed, mis koosnevad enamasti orgaaniliste jäätmete ja lahustunud toitainete (lämmastiku ja fosfori) voogu vabasse veesambasse. See on Läänemere jaoks väga oluline ning on põhjustatud järgmistest asjaoludest:

- Tegemist on suure merepiirkonnaga
- Merevee vahetus on piiratud Kattegati väina piirkonnas, kus Läänemere võib siseneda uut soolast vett, surudes samal ajal olemasolevat vett Põhjamerre
- Sellised veevahetused toimuvad väga harva
- Kogu Läänemere satub juba aastaid jäätmeid ja toitainete vooge peamiselt metsa- ja põllumajandustegevust, jäätmeid kaasaegsest maismaal asuvast tööstusest; samuti põhjustab toitainete voogude suurenemist elanikkod
- Selline olukord on valitsenud juba mitu aastat =>
- Selle tulemusel on suurenenud eutrofeerumine, kutsudes esile vetikate liigse kasvu, ülemäärase hapnikuvajaduse ja sügavamas vees mereeluvaesumise
- Antud olukord suurendab ka üldist survet mereressurssidele;
- Kaasaegse vesiviljeluse seisukohast on see tekitanud olukorra, kus kogu Läänemeri on mahajäämuses võrreldes selle tohutu kasvuga, mis on toimunud ja toimub lõhe tootmises muuhulgas Norras ja Šotimaal viimase 40 aasta jooksul.
- Vaatamata sellele kirjeldusele sobivad Läänemere veemassid pinnalt kuni 30-40 m sügavuseni väga hästi mereressursside kasutamiseks.
- Viljelustegevuse maismaal paiknevate üksuste kvaliteetseid jäätmekäitlustehnoloogiasid on piirkonnas väga minimaalselt.
- Nagu enamikus ranniku- ja avamerepiirkondades – on ilmastikutingimused väga vaheldusrikkad ja ajuti Läänemere põhjaosast kaugemale triiviv jää kujutab endast füüsilist ohtu mererajatistele.

Näiteid Läänemere peamistest direktiividest ja kokkuleppest;

D Tähelepanekud EL-i keskkonnareeglid ja Balti riikide regulatsioon

Tähelepanekud: regulatsioon ja poliitilised väljakutsed

Surve vesiviljelustoodangu oluliseks suurendamiseks Läänemerele kujutab endast märkimisväärset keskkonnaprobleemi: **paljud vesiviljelusele kõige soodsamad rannikuveed on ökoloogiliselt halvas või mõõdukas seisukorras ning enimkasutatud meresumpadega kasvatusüksused ei pääse märkimisväärsetest toitainete sattumisest merre** (8.9).

Praegu seab ELi veepoliitika raamdirektiiv (WFD, 2000/60/EÜ) liikmesriikidele siduva juriidilise kohustuse mitte lubada projekte, mis võivad halvendada rannikuvee ökoloogilist seisundit või ohustada vee hea seisundi saavutamist rannikuveekogudes 1 meremiili kaugusel ÜRO mereõiguse konventsioonis sätestatud lähtejoonest.

Samamoodi seab **merestrategie raamdirektiiv** (MSFD, 2008/56/EÜ) eesmärgiks mereakvaatoriumi hea keskkonnaseisundi pärast ühe **meremiili piiri**.

Kokkuvõttes on need ökoloogilised eesmärgid olulised õiguslikud väljakutsed toitainete koormuse suurendamisel Läänemere äärses EL liikmesriikides üldiselt

Joonis 14. Läänemerega seotud õigusaktid.

Need asjaolud on tekitanud olukorra, kus Balti regioon on kehtestanud riikidevahelised kokkulepped ja seisukohad Läänemere säilitamiseks ja kaitsmiseks. Riigid on vastavalt ELi raamdirektiivile ja muudele suuniseid sisaldavatele eeskirjadele kokku leppinud nõuetes, mida tuleb järgida enne mistahes uue tegevuse heakskiitmist, mis võib keskkonnatingimusi negatiivselt mõjutada.

Mõned riigid praktiseerivad neid nõudeid veidi erinevalt ning ka vesiviljeluse seisukohast on tingimused mõnevõrra kõrvale kaldunud. Huvide konflikt tekib ka siis, kui näiteks vesiviljelustegevuse rakendamist jätkatakse või võetakse kasutusele uusi tehnoloogiaid, kuid tekib küsimus, kuidas korraldada jäätmevoo kvootide järgimist.

Mõnes piirkonnas, näiteks Taanis, on tekkinud huvide konflikt põllumajandus- ja vesiviljelussektori vahel.

Praegu Taanis tekkinud olukorda tuleb vältida;

- Taani merel meresumpades vikerforellide kasvatajate puhul on toimunud konsolideerumist
- Täna tegutseb ligikaudu 4x viljelusettevõtet
- (Läänemere ääres asuvas) Taanis on toimunud diskussioon seoses vesiviljeluslubadega, millega seostub võimalus kasutada uusi paremaid asukohti
- Taanis väljastatud load põhinevad põhimõtteliselt kahel elemendil
 - Heite maht on x kg N ja x kg P ühe asukoha kohta
 - Mõnes asukohas on loa osana kehtestatud ka iga-aastane söödakvoot
 - Kõigil viljelusettevõtetel ei ole kõiki 13 loetletud loatüüpi
 - Suurem osa vikerforelli tootmisest Taanis erineb teistest piirkondadest olulisel määral; nad vabastavad varakevadel merele palju nt 800-grammiseid noorlõhesid ja püüavad novembris välja 3-3,5 kg kalad, seejärel lahkuvad asukohast ilma mingisuguse tootmistegevuseta, suur osa biomassist kasvatatakse tegelikult suguküpsete kaladena, eesmärgiks toota müügisks mõeldud kalamarja.
 - Sel viisil tekib maismaal 0–800 grammi jäätmeid, mille tulemus on, et ühe mereala kohta aastas tekkivad jäätmevood jäävad sellele perioodil „puutumata“ ning nii saavad viljelusettevõtjad endale täiendavat meresaastru kogust lubada
 - merepõhja ala luba
 - kui need kaks luba heaks kiidetakse, võib Taani kalakasvataja alustada tootmist

- viimase seitsme aasta jooksul on need load olnud erineva avaliku institutsiooni haldusalas ja neid on hallatud viisil, kus uusi taotlusi ei ole veel kontrollitud; viljelustootjad ootavad lõplikke järeldusi, uusi viljelusalasid ei ole välja antud
- teine ja palju raskem probleem - kõik varasemad välja antud load on täna "limbo" olukorras, neid kõiki tuleb kontrollida tänase päeva olukorras
- nende lõpptulemus ei ole teada ja see muudab tegevuse kalakasvatajana väga ettearvamatuks ja ebastabiilseks
- see EI tähenda, et meresumpades kasvatamine Taanis peatatakse või keelatakse – tegemist on lihtsalt ametiasutuste ümberjaotamise ja konsolideerimisega selles osas, kuidas hinnata jäätmevooge/ lubade väljastamist järgmiseks perioodiks
- on esitatud väiteid, et kalakasvatajad peaksid siirduma maismaale, kuid

WEM peaks looma ajakohased kontaktid Norra, Taani, Soome ja Rootsi vesiviljelusettevõtetega, et teha tähelepanekuid, õppida õnnestumistest ja ebaõnnestumisest, et uus ja arenev tööstus Lääne- Eestis oleks rajatud usaldusväärsetele tingimustele, luues selged objektiivsed tingimused ja viies üllatuslikud olukorrad eraviljelusettevõtetele miinimumini.

3. Raporti peamised ülesanded

Allpool on kirjeldatud autorite peamisi ülesandeid, millele järgneb 11 fookusvaldkonna loetelu, mis loob käesoleva raporti struktuuri:

Käesoleva raporti üks peamisi eesmärke on tutvustada kalakasvatuse kontseptsioone (merel ja maismaal asuvad üksused), mis võimaldavad sidusrühmadel luua Lääne-Eestis keskkonnasõbralikku biomassi tootmist. Uute tehnoloogiatega uued load võivad viia selleni, et ettevõtetel on toimiv püsiv biomassi luba, mis on tulemuslikuks tegevuseks oluline.

Prognoosime, et ilma selle arusaamata on Lääne-Eestil ja teistel piirkondadel tulevasi veedirektiivi nõudeid võimatu täita.

Faktidel põhineva neutraalse raporti loomiseks on autoritel hea individuaalne ülevaade

- Kalakasvatusest üldiselt, kalasöödast ja toitumisest
- Mereökoloogiast – vetikate ja rannakarpide kasvupotentsiaalid
- Läänemere kohta üldiselt, kus Jonne Sumpa ja Georg Martin on korraldanud piirkonnas erinevaid akvapoonilisi uuringuid ja analüüsinud raportis täiendavalt saadud tulemusi, lisaks sellele on lisatud stsenaarium kalakasvatuse biomassi ja selle jäätmete kohta, kus analüüsitakse akvapoonilist integratsiooni.

Meie eesmärk on tutvustada faktipõhiseid tulemusi ja me prognoosime, et meie järeldused kajastavad kala biomassi potentsiaali ning jäätmete netovoogu Lääne-Eesti piirkonda. Kuid nagu kogu bioloogilise mudeldamise puhul tavaks, oleme analüüsinud järgmisi tingimusi.

Kalakasvatuse taustandmed:

- Viljelusplatvormid (ujuvsumbad ja maismaakalabasseinid) aitavad vältida olukorda, et nende suletud veesambast pärit liigne kalasööt kanduks keskkonda vastupidiselt traditsioonistele meresumpade platvormidele, kus selline vältimine on füüsiline võimatu.
- Kuna platvormid kujutavad endast kontrollitud füüsilist barjääri, väheneb oht, et kalasööda kogus veesambas, mida kalade populatsioon ei ole omastanud, on viidud miinimumini.
- Meresumpades kasvatatud kalade baassuremus on mõnevõrra suurem võrreldes sellega, mida täheldatakse ujuvsumpades / maismaal paiknevates basseinides.

Rannakarbi akvapoonika:

- Põhjalik ülevaade Lääne-Eesti loodusliku kasvu tingimustest, filtreerimispotentsiaalset või rannakarpide kasvatamisest
- Käesolevas raportis on kasutatud kohapeal testitud kasvumudelit, näitamaks rannakarpide integreerimise võimalikku mõju, kus rannakarbid said kalakasvatuseksustest 24/7 toimuva orgaanilistest hõljuvatest osakestest palju suurema toidukoguse võrreldes looduslike hõljuvate osakeste kättesaadavusega.

Makrovetikate akvapoonika:

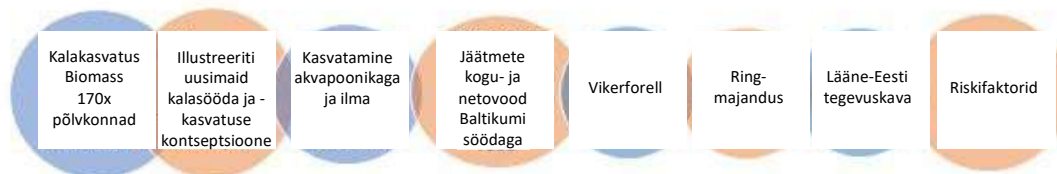
- Põhjalikku ülevaadet ja välikatsete andmeid Lääne-Eestist kasutatakse seal, kus kohalikke makrovetikaid hoitakse suletud suurtes ujuvates vetikasumpades, mille lahustunud toitainete kontsentratsioon on palju suurem võrreldes looduslikult samas piirkonnas kasvavate rohevetikatega.

Alljärgnevalt on toodud meie ülesannete jaotus:

B Autorid ja kaastööd - Kalakasvatus

Hanke võitis projekti eestvedaja Knut Senstad, kes viis uuringu läbi koostöös Tartu Ülikooli mereökoloogia professorite Jonne Kotta ja Georg Martiniga.

Knut on läbi viinud kalakasvatuse tootmise teostatavusuuringu, kus käsitleti:



B Autorid ja kaastööd - Rannakarbi akvapoonia

Jonne Kotta on läbi viinud;



10

B Autorid ja kaastööd - Makrovetika akvapoonia

Georg Martin on ette võtnud J.Kottaga sarnaseid tööülesandeid, mis hõlmab:



11

Joonis 15. Analüüsiülesanded.

Oleme keskendunud raporti eesmärgist ja sisust lähtudes 11x põhivaldkonnale.

D Tähelepanekud – Teostatavusuuringu eesmärgid

11 SAMMU EESMÄRGINI

Need keskkonna- ja poliitilised piirangud => Lääne-Eesti rannikuvööndi ärakasutamine võib tunduda väga raske või võimatu;

Kalakasvatuse suurendamine toidainete voogu Läänemerre – jah

Kuidas saame neid vooge vähendada?

Nr 1 - Kasutage uusimat kaasaegset Läänemere kalasööta - määrake uued vooalused

Nr 2 - Rajada maale RAS-tehnoloogiaga kasvandus - väga kallis (75 M€ 5000 tonnise farmi kohta), aga teostatav

Nr 3 - Otsige muid maismaal asuvaid kalaplatvorme, mis on vähem nõudlikud

Millised need on? Kes neid opereerib? Kui funktsionaalsed need on? Kas need suudavad jäätmevoogusid vähendada?

Nr 4 - Otsige traditsioonilisi meresumpade ja uusi avamerepõhiseid kalakasvatustavade vorme.

Ujuvad kalasumbad – milline neist? Kuhu? Millised on kasvatamise tulemused? Millised on eelised? Milline on mõju voole?

D Tähelepanekud – Teostatavusuuringu eesmärgid

11 SAMMU EESMÄRGINI

Need keskkonna- ja poliitilised piirangud => Lääne-Eesti rannikuvööndi ärakasutamine võib tunduda väga raske või võimatu;

Nr 5 - Kuidas saab Lääne-Eesti akvapoonika integratsioon vooge veelgi vähendada?
Kui jah, siis mida tuleb teha?

Nr 6 - Millised on võrkude uued vood?

Nr 7 - Tegevuspunkt; Edasine tee – avalikud sidusrühmad

D Tähelepanekud – Teostatavusuuringu eesmärgid

11 SAMMU EESMÄRGINI

Veel üks oluline element, mida oleme kaalunud

Nr 8 - Valitud on uus põllumajanduslik kontseptsioon, mis on sõbraliku alginvesteeringuga ning kus saab toodetud jäätmeid koguda

Nr 9 - Motiveerida avaliku ja erasektori sidusrühmi otsuseid langetama

Nr 10 - Kujutada akvapoonilisi integratsioone - tehnika tase - tõsta Põhjamaade teadmiste latti, kui Lääne-Eesti jaoks võib edu olla väga oluline => haridus, teenused, rahvusvaheline bränd (mahelõhekasvatus/säästlikkus/kalade tervishoid/keskkonnapkaitse/turundus)

Nr 11 - Kujutada ringmajanduse mõju Lääne-Eestis

39

Joonis 16. 11x peamist ülesannete elementi.

Alljärgnevalt on toodud lühike kirjeldus Lääne vesiviljeluse sektori tegevuste trendidest.

D Tähelepanekud – Lääne vesiviljelussektori suundumused

Kaasaegne vesiviljelus näitab tohutut kasvu kogu maailmas, kindlasti Põhjamaades

Kalakasvatajad Taanis, Rootsis ja Soomes seisavad silmitsi probleemidega (25-30 000 tonni vikerforelli), Eestis < 1-2000 tonni

Väga väikesed vesiviljeluse investeeringukulud Balti regioonis

Olukord Norras: uute litsentside väljastamine piiratud – kasvu pole – tootmiskulude tõus. Tavalise 1200 tonnise litsentsi maksumus on 17 M€ ehk 15 EUR/kg tootmisvõimsuse kohta aastas (30 aastat tagasi oli see sisenemiskulu 0,5 EUR/kg eluskaalu kohta)

Väga suured investeeringud Norras, Šotimaal, Kanada idaosas ja Islandil – miljardid eurod aastas

RAS-i (maismaal kasvava Atlandi lõhe) laienemisplaanid Euroopas, Aasias, Ameerikas => piiratud merepõhise laienemise, meritäide probleemide ja sooviga olla lõppturule lähemal (+ 2 000 000 tonni lisabiomassi)

Joonis 17. Lääne-Eesti vesiviljelusvaldkond.

Lääne-Eesti võimalused kaasaegses kalakasvatuses.

D Tähelepanekud – Vesiviljeluse võimalused Lääne-Eestis

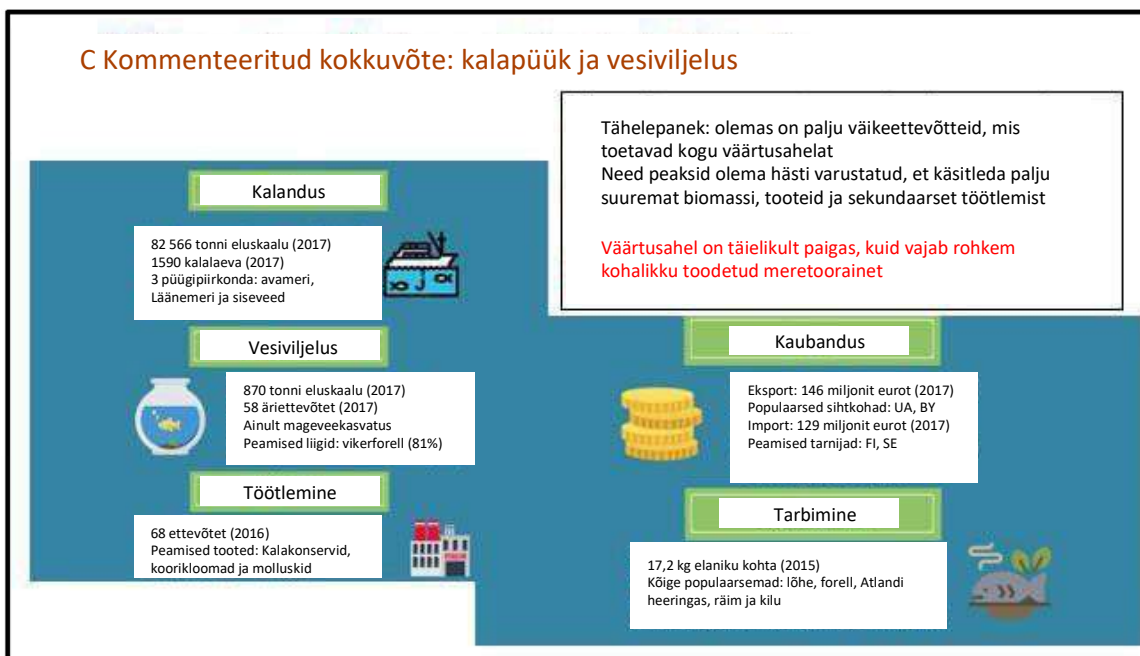
Kui Lääne-Eesti rannikuvööndit on võimalik ära kasutada, annab see head võimalused;

- Asub Euroopas, piirkonnas on juba moodsad noorforelliderajatised
- Lääne-Eesti mereveega pole probleeme, peale selle, et meri on eutrofeerunud, madala soolsusega ja vesi on - 40 m seisev ja hapnikuvaene
- Põhjala kultuur, EL on tõenäoliselt maailma suurim portsjoniforelli tootja, kaaluga alla 1 kg
- Mari, kalasööt, tehnilised vahendid ja põllumajandusalased teadmised on teie ukse taga
- Lääne-Eesti asub ELi turu keskel, keskmise tööjõukulu ja lühikese logistikamarsruudiga
- Vikerforelli tootmiskulud on sarnased Norraga ja kulukaid litsentsi pole – ainulaadne!
- Ülemaailmne teisese töötleva tööstuse keskus on teie ukse taga (Poola)

Joonis 18. Vesiviljeluse võimalused Lääne-Eestis.

5 Lääne-Eestis kasutatavad mereressursid

Piirkonnas toimuva merelise tegevuse lühikirjeldus.



Joonis 19. Rannikupiirkonna ringmajandus Eestis 2017.

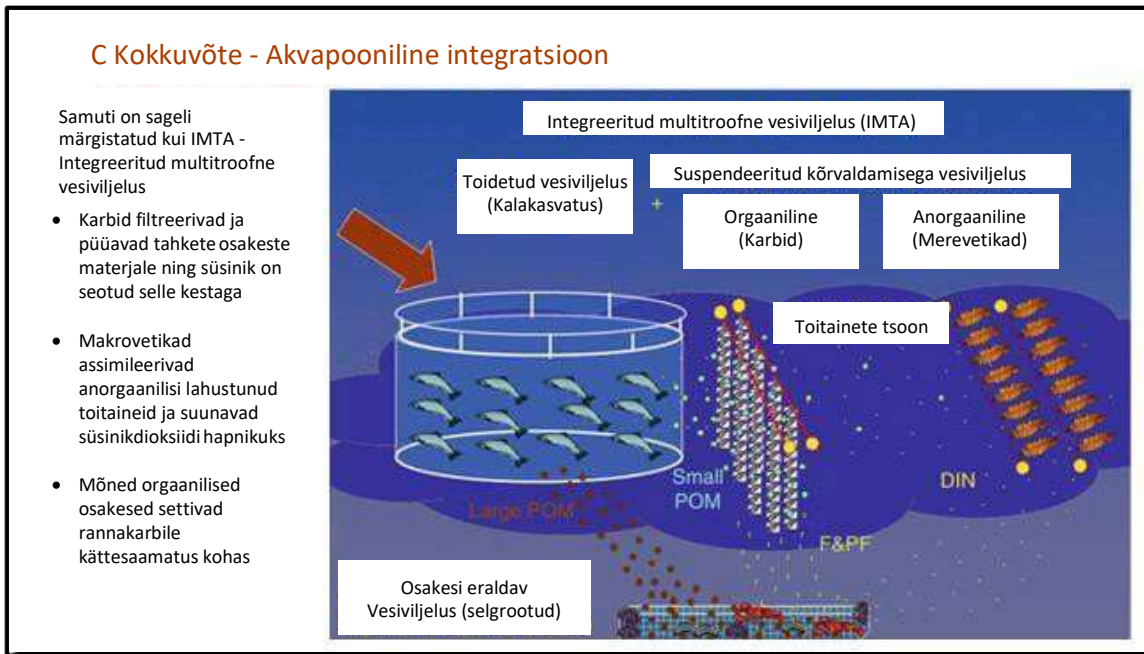
Kommentaariid:

Väikeettevõtteid on palju, suur osa tegevusest on seotud looduslike kalade püügiga ja selle lisandväärtust loova töötlemisega. Vahepele merikogerlaste vesiviljeluse osa on väga väike. Eesti impordib palju kalatooteid Rootsi ja Soomest.

Siiski näib, et piirkonnal on kõik võimalused laienemiseks - teil on suurem osa taristust juba paigas - mis on otseses seoses mahu suurenemisega. Vikerforell on üks populaarsemaid kalatooteid.

5 Akvapoonilise integratsiooni põhimõtted

Raport on üles ehitatud **akvapooniliste platvormide** alusel, kus tänapäevaste merikogerlaste tootmise tulemuseks on kalaproteiinid, vikerforell inimtoiduna ja see tegevus on ühtlasi nii makrovetikate kui ka karpide troofiliste tasemetega. Kombineerides merikogerlaste tootmist vetikate/karpidega, assimileeritakse kalatootmise toitaineid ja jäätmed aktiivselt kasvatatud vetikatega ning neid püütakse kinni struktuurides kasvatatavate karpide filtreerimise teel, kus nende kasvu jälgitakse ja kontrollitakse enne saagi kogumist.



Joonis 20 Akvapoonilise integratsiooni skeem

Selle tulemuseks võivad olla vetikad ja koorikloomad, mis sobivad loomasöödaks, inimtoiduks, mudaks ja kalakasvandustest pärinevateks orgaanilisteks jäätmeteks, millega saab kasta ja mida saab kasutada väetisena põllumajanduses, muud kosmeetikatooted ja need võivad toimida ka energiaressursi või toitainetallikana *Hermetia illucens*-liiki kärbestele. Nii pelaagilisest kalandussektorist, kalakasvatusest, maismaal liha tootmisest kui ka muudest süsivesikute allikatest pärinevad jäätmesegud võib suunata biogaasi tootmisesse.

Suletud kala biomassi mehaaniline veefiltratsioon võib kaasa tuua ligikaudu 50 grammi kuivmassi (DW) toodetud kala kilogrammi kohta - aastane maht võib ulatuda 1000 tonnini DW või 10 000 tonnini, kui veesisaldus on 90%.

Akvapoonilised põhimõtted

Sellise integratsiooni loomisel toimub tavaliselt keskkonda heidetavate orgaaniliste jäätmete ja toitainete ringlus. Need jäätmed on tekkinud sellest, et kalad seedivad kalasööta, mille tulemusel lipiidid ja valgud omastatakse kasvava kala poolt, kuid väljaheited ja lahustunud ühendid kalade muudest eritistest satuvad ümbritsevasse veesambasse.

Kui on olemas tootmisplaan, toob vetikate ja karpide kogumine kaasa nende püütud jäätmete merest välja viimise.

See võib oluliselt vähendada kaasaegse kalakasvatuse tavapäraselt tajutavat mõju, kui oleme valinud viljelustehnilised platvormid, mis tagavad tegelikkuses jäätmete maksimaalse eemaldamise keskkonnast. Kui valida Lääne-Eesti regioonis välja parimad vetikate ja karpide liigid, saame anda

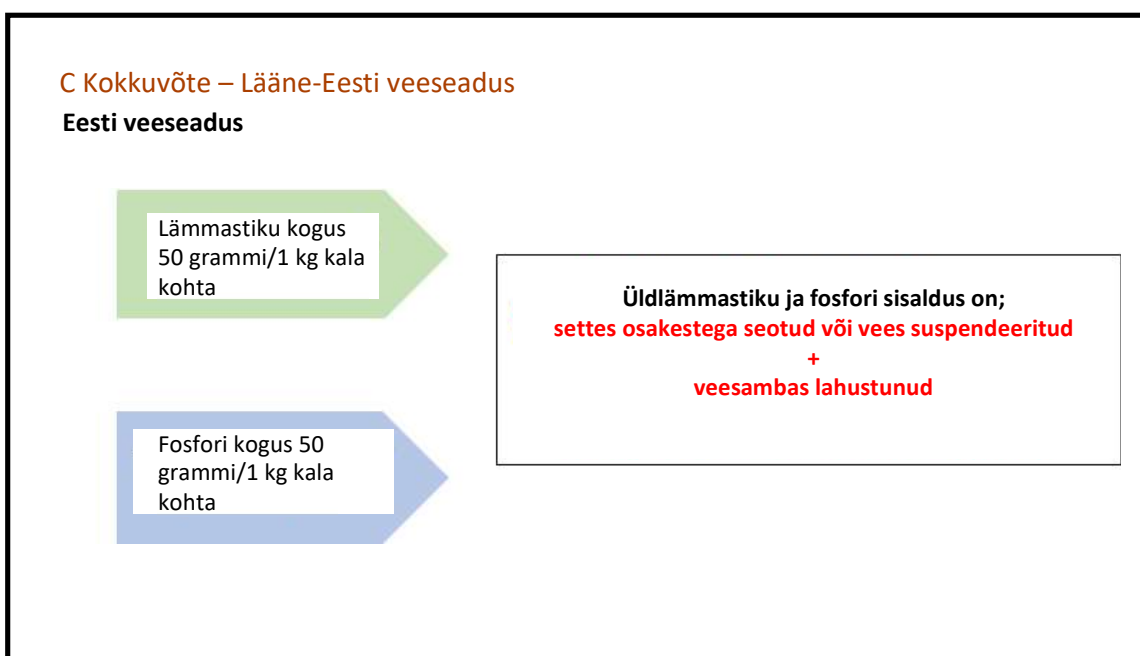
ülevaate uutest akvapoonilistest võrguvoogudest, mis võivad viia uue otsustusplatvormi loomiseni Lääne-Eestis. Seal saavad erasektori huvirühmad avaliku sektori abiga anda lääne-Eesti rannikule "peidetud" potentsiaalsetele ressurssidele uue positiivse keskkonnasõbraliku kasutuse.

Sellise integreeritud ringlahenduse võimalikkust esindab Lääne-Eesti piirkond ning meie tähelepanekud on alljärgnevalt loetletud ka tegevuskava ühe osana.

5 Lääne-Eesti veeseadus – kalasööda arendamine

Veeseadus sätestab N (lämmastiku) ja P (fosfori) voolu, mis on piirkonna kaasaegse kalakasvatuse potentsiaali arvestades väga oluline. Selle tulemusena on välja töötatud Balti söödavalikud, mis peavad vastama veeseaduses sätestatud tingimustega. Rootsi, Taani, Soome ja Poola kalasöödatööstus otsib pidevalt uuenduslikke lahendusi ning vikerforelli tootmise uusim söödaliik on kaasatud käesolevasse raportisse. Eesmärk on, et piirkonna forellikasvatajad suudaksid vastata tervena kasvava kalapopulatsiooni toitainevajadusele ja samal ajal täitma toitainete keskkonna sattuvale voole kehtestatud tingimusi.

Skeem – Veeseaduse sätted Lääne-Eesti osas 2020.



Joonis 21. Eesti veeseadus.

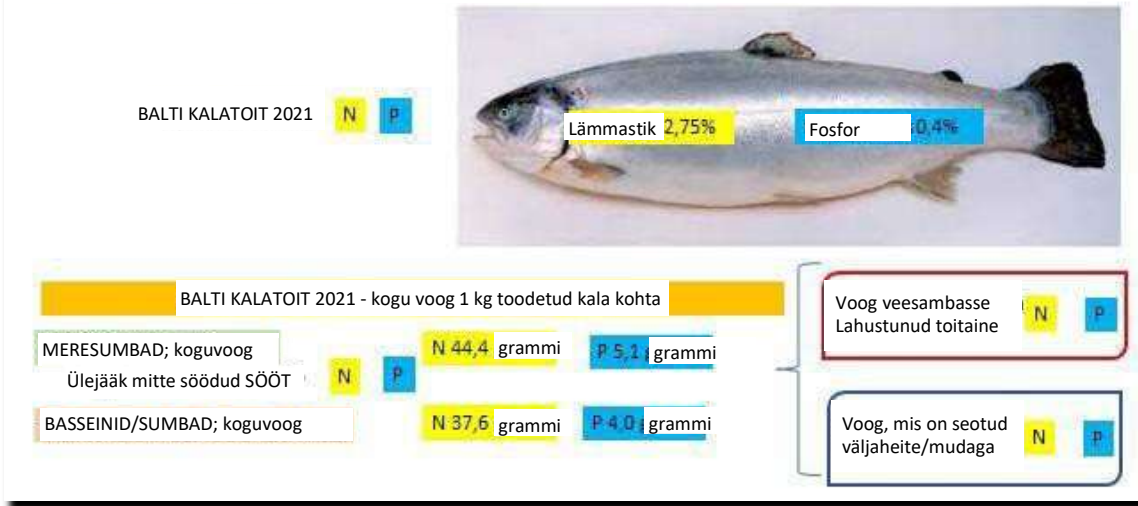
5 Kaasaegne Balti kalasööt – jäätmete seisukohalt

Siiski võimaldab uusim kaasaegne Balti forellisööt, 2021. aasta seisuga, madalamat lämmastiku ja fosfori sisaldust kui ülaltoodud maksimaalsed piirväärtused kilogrammi kohta.

Joonisel on toodud vikerforelli poolt lämmastiku ja fosfori omastamise näitajad, millel on kujutatud kala lihase imendunud toitainete % võrreldes eluskala kaaluga.

D Tähelepanekud – Kalasööda seedimine ja jäätmed

Vikerforelli ühtlane assimilatsioonisisaldus



Joonis 22. Omastatud toitainete sisaldus kala märgmassist.

Kalasööt Baltic 2021

Kaasaegse Balti kalasööda koostises sisaldub järgmine toitainete kombinatsioon;

3 akvapoonilist integratsiooni N, P voogude ja muda kogus toodetud kala kilogrammi kohta – Läänemere kalade toit – Orgaaniliste osakestega ja veesambas lahustunud toitainetena seotud jäätmete lõhenemine



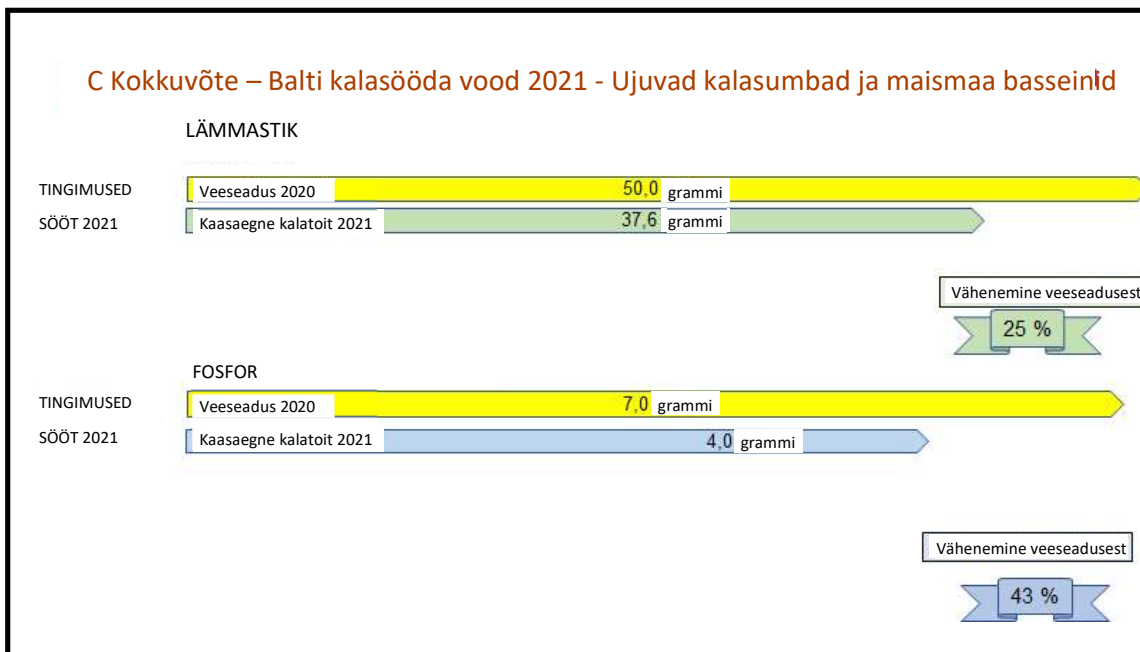
Joonis 31. Näide ühest kõige hiljutisemast Balti kalasöödast.

Selgitused;

- Meresumpi ja veel kahte suletud platvormi arvestades on keskkonnas tekkiva muda maht erinev. Samuti erinevad osakestega seotud ja veesambasse lahustunud toitainete kogus ja jagunemine.
- Ainus erinevus, mille oleme seadistanud, on selles, et meresumpade sööda konversioonimäär (FCR) on 1.215 ja suletud platvormide puhul 1.100.
- Teistel kalasööda koostistel on teistsugused tulemused.

5 Jätmevood akvapoonilise integratsiooniga ja ilma

Joonisel on toodud maismaal asuv platvorm ja ujuvplatvorm.



Joonis 23. Maismaal asuv basseini ja ujuvsumpade kontseptsiooni vood.

Nimetatud vähendatud / välditud ülemäärase toitumise ja veidi suurema ellujäämisega kujutavad need kaks - 2 - tehnilist suletud platvormi (basseinid maismaal ja ujuvsumbad) juba paremat tulemust, kuna voog on 25% madalam N puhul ja 43% fosfori puhul, vt joonist 23. Meie lähtekoht on siin kujutatud selliselt, nagu oleks 1,00 kg kala tootmiseks vaja 1,10 kg kalasööta. Need protsentuaalselt vähendatud voolud annavad kasvatajatele võimaluse toota sama suurendatud % biomassi võrreldes traditsioonilise meresumpade kontseptsiooniga. Tänapäevase seisuga ei ole need platvormid Läänemeres enam vikerforelli jaoks kasutusel.

Meresumpade platvormi jaoks on meil

Söötmise staatus 2021 näitab lämmastikuvoo 11% ja fosforivoo 27% võrra vähenemist võrreldes veeseaduses antud suunisega. Siinkohal jäeldame, et 1 kg kala eluskaalu tootmiseks on vaja 1,21 kg kalasööta.

C Kokkuvõte – Balti kalasööda vood 2021 - Meresumbad



Joonis 24. Meresumpade kontseptsiooni jäätmevoogude skeem.

Detaileds andmed jäätmete ja lahustunud toitainete massi tasakaalu kohta maismaal asuvate kalabasseinide ja ujuvumpade kontseptsiooni tarvis.

Allolev joonis kujutab jäätmete jagunemist lahustunud ja seotud fraktsioonina nii lämmastiku kui ka fosfori puhul.

D Tähelepanekud – Kogu akvapooniline integratsioon ujuvate kalasumpadega ja maismaa basseinidega

	Ujuvate kalasumpade ja maismaa basseinide koguvoog grammides toodetud kala kg kohta						
	Koguvoog grammides 1 kg toodetud kala kohta	Lämmastik		Fosfor			Org. jäätmed Koguvoog grammides 1 kg toodetud kala kohta
Lahustunud		Mudasse settinud	Kokku	Lahustunud	Mudasse settinud		
Strateegiline mõju							
Lääne-Eesti kalasööda veeseaduse 2012 kohaselt	50,00			7,00			
Sumbad/maismaa basseinid enne filtreerimist	37,60	33,70	3,90	4,00	1,60	2,40	96,00
Pärast mehaanilist filtreerimist	35,50	33,70	1,76	2,68	1,60	1,08	43,20
Pärast karpide akvapoonilist integreerimist	33,70	33,70	zero	1,60	1,60	zero	zero
Pärast makrovetikate akvapoonilist integreerimist	20,22	20,22	zero	0,80	0,80	zero	zero
Pärast kogu akvapoonilist integreerimist	20,22	20,22	zero	0,80	0,80	zero	zero

Kogulämmastiku kogus väheneb 20 grammi 1 kg toodetud kala kohta (60% võrra vähem kui veeseadus ette näeb)

Kogufosfori kogus väheneb 0,8 grammi 1 kg toodetud kala kohta (89% võrra vähem kui veeseadus ette näeb)

Orgaanilised vette sattunud osakesed saavad kinni püüda koorikloomad.

*zero -null

Joonis 25. Detaileds vood suletud viljelusplatvormidel.

Lühike selgitus

- Kogu lämmastiku voog sumpade ja kalabasseinide jaoks, mis on siin ligikaudu 90%, lahustunud veesambasse ja 10% on seotud osakestega. See näitab, et mehaaniline filtreerimine ja/või rannakarpidele vajalik filtreerimine võivad olla N-voogude vähendamise peamine allikas.

- P jaoks on see jaotus ligikaudu 40%/60% - filtreerimine (mehaaniline või rannakarbi abil) võib siin olla väiksema mõjuga kui N "filtreerimise" tulemused.
- See tähendab, et nendes suletud viljelusüksustes moodustub ligikaudu 100 grammi DW muda iga 1,0 kg vikerforelli kohta - NB! see muda on mersumpade puhul paksem.
- Pärast rannakarpide integreerimist orgaanilisi jäätmehid merre ei satu.
- Pärast rannakarpide integreerimist vähendatakse N-vooge ligikaudu 34 grammi ja P-vooge kuni 1,6 grammi.
- Pärast makrovetikate integreerimist võib N-voog jääda 20 grammile ja P-voog 0,8 grammile toodetud kilogrammi kohta.

Meresumpade platvormi kirjeldus.

D Tähelepanekud – Makrovetikad + rannakarbid Avamerekasvanduse kogujäätmehoog avatud võrkudega kasvandusest

Avatud võrkudega kasvanduse koguvoog grammides 1 kg toodetud kala kohta							
Strateegiline mõju	Lämmastik			Fosfor			Org. jäätmehid
	Koguvoog grammides 1 kg toodetud kala kohta	Lahustunud	Mudasse settinud	Kokku	Lahustunud	Mudasse settinud	Koguvoog grammides 1 kg toodetud kala kohta
Lääne-Eesti kalasööda veeseaduse 2012 kohaselt	50,00			7,00			
Avatud võrgud, filtreerimine puudub	44,40	40,10	4,30	5,10	2,70	2,40	96,00
Pärast mehhaanilist filtreerimist	44,40	40,10	4,30	5,10	2,70	2,40	96,00
Rannakarpide meres kasvatamine	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
Makrovetikate meres kasvatamine	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
Pärast meres kasvatamist	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD

Kogulämmastiku kogus jääb alla 44 grammi 1 kg toodetud kala kohta (11% võrra vähem kui veeseadus ette näeb), see oleneb meres kasvatamiseks valitud piirkondadest.

Kogufosfori kogus jääb alla 5,1 grammi 1 kg toodetud kala kohta (27% võrra vähem kui veeseadus ette näeb), see oleneb avamerel kasvatamiseks valitud piirkondadest.

Orgaanilised vette sattunud osakesed saavad kinni püüda koorikloomade avameres paikneva kasvanduse.

*TBD -Kinnitamisel

Joonis 26. Meresumbakasvanduse vood. Lühike selgitus

- Seetõttu on N ja P netovood ligikaudu 44 grammi ja 5,1 grammi.
- Seetõttu on orgaaniliste osakeste voog kokku 96 grammi DW 1,00 kg toodetud kala kohta.

5 Kalakasvatuse planeerimine

Allpool on loetletud meie baasolukorra tootmisparameetrid.

2 Kalakasvanduse tootmisplaan

	Meresumbad	Maismaal paiknevad basseinid	Ujuvumbad
Omadused:			
Sööda tarbimine	1,21	1,10	1,10
Suremus	10%	5%	5%
Kasvuperiood	62 nädalat	58 nädalat	58 nädalat
Kg juurdekasv noorlohe kohta	3,18 kg	3,35 kg	3,35 kg

Arengutrend on idemine

Joonis 27. Sööda tarbimine, suremus, genereerimisaeg.

Kommentaariid

- Need sööda omastamise suhtarvud näitavad, kui palju kalasööta on vaja 1 kg eluskala kaalu tootmiseks, ja osutavad ühtlasi, et meresumbaga kasvatuses kulub ligikaudu 10% suurem söödamaht võrreldes paremini kontrollitud suletud seadistusega, näiteks kalabasseinides maismaal või ujuvates kalasumpades.
- Selle tulemuseks on täiendav toitainete vool keskkonda.
- Teine element – meie hinnangul on käesoleva raporti uurimisandmete alusel suremus meresumpades võrreldes paremini kontrollitud platvormidega suurem (vastavalt 10% ja 5%) - see viitab ühtlasi ka täiendavale toitainetevoolu, kuna see kaotatud biomass sisaldab ka seedinud ja tarbinud täiendavat söödakogust selle täiendava surnud biomassi näol, mille tulemuseks on mõningased N ja P kogused väljaheitena / mudana ja ka veesambasse lahustunud toitainetena.
- Kõik need tegurid on raportisse lisatud.

Neid elemente on lähemalt kirjeldatud allpool:



Joonis 28. Meresumpades kasvatamisel voogu kanduvad täiendavad jäätmed.

2 Kalakasvanduse tootmisplaan

Kalakasvanduse tootmispotentsiaal on Lääne-Eestis paljulubav, kuid ka koos teiste piirkondadega tuleb kaaluda sellise tegevuse poolt ja vastu argumente ning arvestada potentsiaalseid riskifaktoreid:

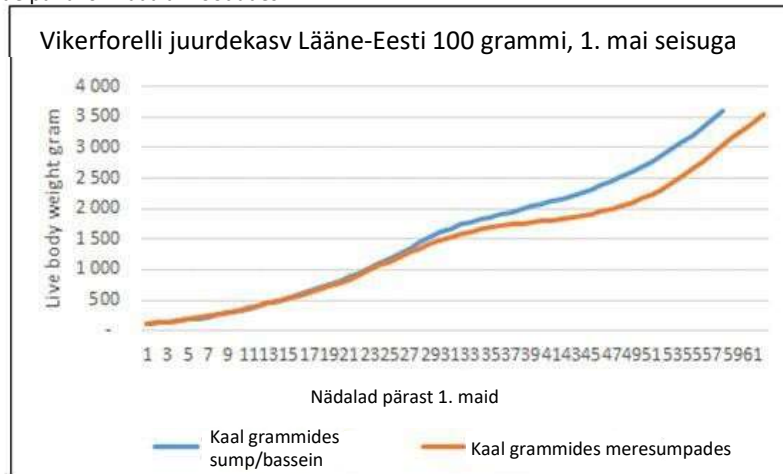
Mistahes meresumpade strateegia puhul

- Eeldame, et kasvanduses kasvamise aeg on iga vette lastud grupi puhul ligikaudu 62 nädalat
- Ujuvate kalade eluskaal on 3,5 kg
- 10% akumuleeritud kadu
- Talvine temperatuur takistab noorlõhede aastaringselt vettelaskmist
- Looduslike noorlõhede vette laskmise aeg 1. aprillist 1. oktoobrini pikendab kogu kasvuperioodi 7 kuu võrra – kogu kasvuperiood on ligi 21 kuud
- 3 kuu pikkune lagunemisperiood võib põhjustada olukorra, kus varude taastamine toimub kasvanduses iga 75 kuu möödudes

Joonis 29. Generatsiooniaeg, akumuleeritud kadu, toodangu kaal.

2 Kalakasvanduse tootmisplaan

Vikerforelli püütakse välja maismaal paiknevatest basseinidest ja sumpadest 58 nädala möödudes ning meresumpade puhul 62 nädala möödudes



Joonis 30. Mersumpades kasvatamise kaalukasv võrreldes ujuvumpade/maismaabasseinidega.

Praegune kalakasvatustegevus Läänemere

Meresumpi kasvatavate Taanis, Rootsis ja Soomes tegutsevate kalakasvatajate olukord on hetkel selline, et nende load on tugeva surve all ja kogu kasvatatud maht u. 35 000 MT forelli jaotatakse vaid mõne ettevõtja vahel. Samuti on fakt, et mõned neist praktiseerivad söödava rannakarbi (Rootsi, Taani, Soome) ookeanikasvatust, kuid meie teada ei ole põhimõtteliselt ükski neist veel oma meresumpade tehnoloogiat strateegiliselt muutnud. Käesolevas raportis on kujutatud alternatiivseid viljelusplatvorme, millega tagada pikaajaline prognoositav viljelustegevus, mida ametiisikud saavad hõlpsasti jälgida ja aktiivselt osaleda uutes viljelustehnoloogiates, mis on spetsiaalselt kavandatud ja kohandatud Läänemere eespool nimetatud eutrofeerumistingimustele.

Selline mereressursside ringkasutus on aluseks sellistes piirkondades, kus lähtekohaks on lõheliste alternatiivne kaasaegne tootmine. See raport ei keskendu eraldi kaasaegsetele RAS- rajatistele,

ringlusel põhinevatele vesiviljelussüsteemidele, kuna need on väga kulukad ja tehniliselt keerukad ning me leiame, et teiste kaasaegsete kalakasvatuse alternatiivide kasutuselevõtt on parem lahendus. Siiski on tõsiasi, et kõrgtehnoloogiline RAS I ja RAS II seadistus võib vähendada ka jäätmevooge efektiivsemalt kui lihtsalt mehaaniline vee filtreerimine, mida on käsitletud käesolevas raportis.

11 Käesolevas raportis käsitletud meresumpades kasvatamise platvormid. Üldandmed

Kõik meresumpades kasvatamise seadistuse toitained ja jäätmed kanduvad veesambasse.

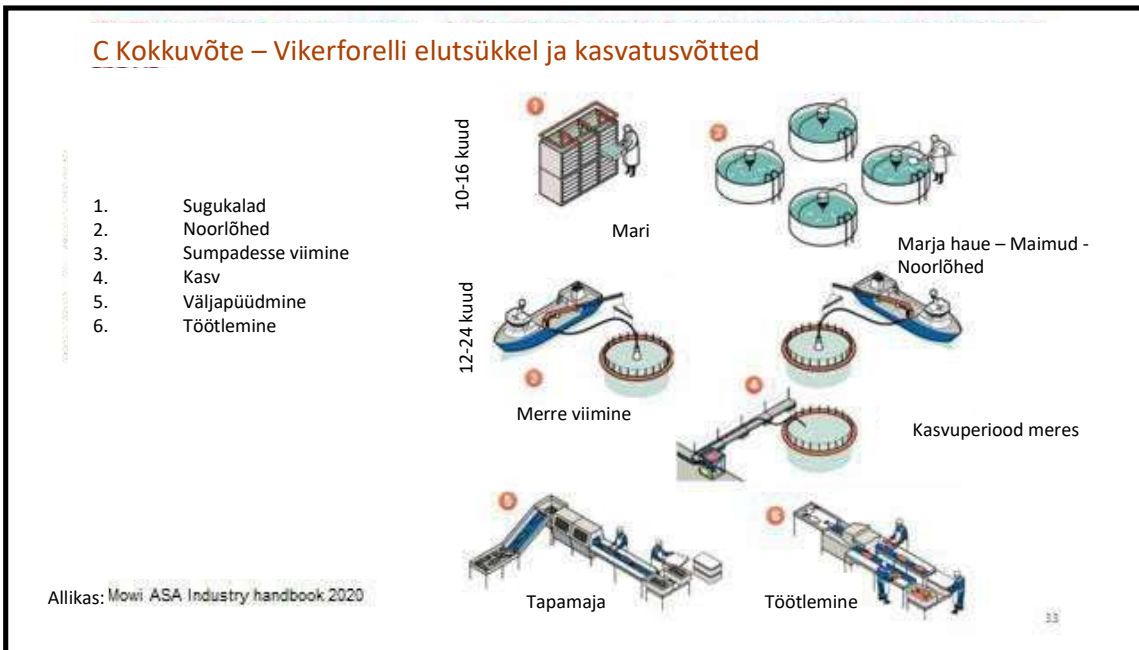
- a) Siiski on need voolud kaasaegse kala sööda puhul vähenenud.
- b) Meresumbad on ülemaailmselt lõheliste tootmise peamine tehnoloogia.
- c) See on väga tõhus.
- d) Meetod nõuab väikeseid kapitalikuluseid.
- e) Kalakasvatustehnoloogiaid ja nõudeid on paljude aastate jooksul tõhusalt täiustatud.
- f) Nõuab minimaalselt maismaal paiknevaid rajatisi, välja arvatud toodangu kogumise ja töötlemise ajal.
- a) On väga väikest ala nõudev platvorm, kuid annab suurepärase tootlikkuse.



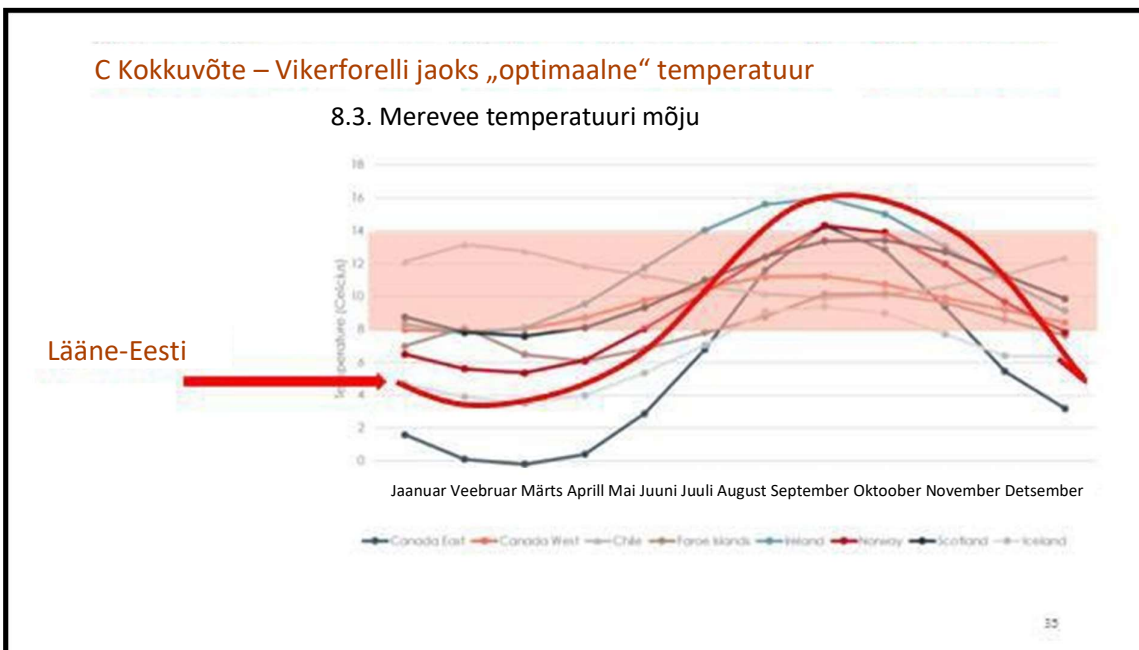
Joonis 32. Skeem, meresumpadega kalakasvatus.

- Üldine lõhetoodang, kus juhtival kohal on Norra, Šotimaa, Tšiili ja Põhja-Ameerika, kasutab võrgu tehnoloogiat, mida iseloomustavad
 - madalad käivitamiskulud.
 - väga funktsionaalne ja lihtne kasutamine, kuid ka akvapoonilise potentsiaali minimaalne rakendamine. Kõik jäätmed ja toitained kanduvad avamerele, kus need tugevasti lahjendatakse.
 - Suurte kogutud osakeste fraktsiooni on meresumpadest raske kokku koguda. Kalatootmise üleliigsed jäätmed settivad merepõhja ja suurendavad eutrofeerumist ning suunavad hapniku tarbimist negatiivses suunas.
 - Maismaal toob loomaliha tootmise mistahes suurenemine aga kaasa ka täiendavaid vooge põllumajandussektorist, nii loomasööta ise tootes (väetised, transport) kui ka sööda seedimisega loomade poolt.

Vikerforelli elutsükli skeem.



Joonis 33. Vikerforelli elutsükkel.



Joonis 34. Temperatuurikõver Lääne-Eestis.

Märkused: talveperioodi temperatuuriprofiil võib langeda alla 3,5 kraadi ja suvel väga heades ilmastikutingimustes võib pinnakihi temperatuur kerkida kõrgemale kui joonisel kujutatud 16 kraadi. Rootsi-Soome forellikasvatavad on kasvatanud forelli Põhja-Balti piirkondades ja ka mageveejärvedes ligikaudu 40 aastat. Lõuna-Norras kasvatatakse forelli samuti juba pikemat aega – olemas on kasvatusnõuded, mis on hästi kohandatud Lääne-Eesti tingimustega.

Triiviv jää kevadel ja halvad ilmastikuolud avatud kohtades nõuavad ettevaatusabinõude rakendamist.

Ujuvad kalasumbad – skeem

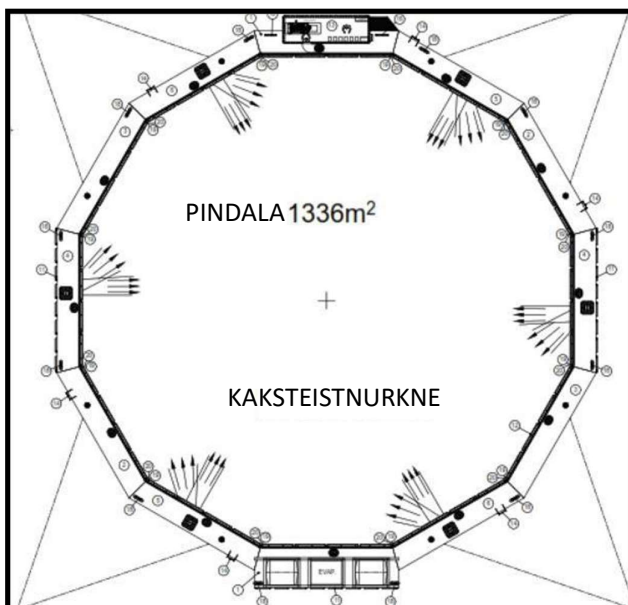
Allolev skeem joonisel 35 kujutab üht neljast erinevast Norras kaubanduslikult kättesaadavast suletud süsteemist; tootja www.Ecomerden.no

Skeemid kujutavad ujuki paigutust, kuhu on kinnitatud sump. Sisselasketorud, generaator ja pumbaseadmed on integreeritud rõngasse. See seade on suurte mõõtmetega, pindala 30 000 m³, läbimõõduga 40 m ja sügavusega 20 m.

Arvestada tuleb väiksemate mahusuurustega madalasse vette paigutamiseks sobivaid variante Lääne-Eesti rannikule. Oma raportis oleme vähendanud mõõtmeid, et katta 6 200 m³ sumbaüksus, mis on 10 m sügav ja läbimõõduga 24 meetrit. Väljuv reovesi juhitakse koos orgaaniliste materjalide ja lahustunud toitainetega suletud toruühenduses mehaanilisse filtreerimisjaama. Siin eemaldatakse väljalaskeveest suur osa hõljuvatest osakestest, kuid lahustunud toitained jäävad mehaanilise filtri läbinud vette.

Ülejäänud vees sisalduvad mikroosakesed jäävad ka kalasumpade väljavoolu vette ja võivad olla rannakarpidel toiduks. Lahustunud toitained toimivad makrovetikate toiduna nende fotosünteesi jaoks.

Veekogust ei pumbata, vaid surutakse akvapoonilistesse üksustesse, mille tulemuseks on ligikaudu 1/6 energiavajadus võrreldes maismaal asuva kalakasvatusega.



Joonis 35. Sumbakontseptsiooni skeem.

Norras kasutusel oleva ujusumba ja traditsioonilise meresumba kombinatsiooni skeem;

Meresumpade ja ujuvumpade kombinatsioon Norras



Joonis 36. Ujuvump koos traditsiooniliste meresumpadega.

Kommentaariid:

- Üks suur poolsuletud lõhede tootmise ujuvump on Norras integreeritud 5x traditsiooniliste meresumpadega.
- Iga antud üksus võib mahutada ligikaudu 100 000–200 000 Atlandi lõhet, toodangu kogumise ajal on nende biomass 500 miljonit tonni kuni 1000 miljonit tonni üksuse kohta.
- Kokku on ligikaudu 45x sellist suletud ujuvumpu, mis on Norras käesoleval ajal kasutuses (24/7).
- Mõned neist on väiksemad, vt joonis 37 allpool, mida kasutatakse teadus- ja arendusjaamades, kus tehakse katseid tööstuse, kalavaktsiinide ja kalasööda tootjate tarbeks.
- Lääne-Eesti teostatavusuuringus oleme olulisel määral vähendanud kalade arvu ühe ühiku kohta, kuid tihedus on maksimaalselt ligikaudu 35 kg/m³ suletud mahtu – selle tulemusel on biomassi esmane kogutoodang ligikaudu 200–230 tonni ühiku kohta, sumba sügavus on 10 m.

C Kokkuvõte – Ujuvumpade kontseptsioon



Fotod: Ujuvumbad suuruses 6000 m³ kuni 30 000 m³. Pumpamiskulud 1 kwh 1 kg toodetud kala kohta, maismaal paiknev on > 600%

Joonis 37. Erinevad ujuvumpade kontseptsioonid.

Maismaa kalakasvatus

Oleme paigutanud suured kalabasseinid maismaale, et hinnata sellise viljeluskontseptsiooniga lubatud tootmis-, söödamahu- ja jäätmevooge.

Kala seedib toitu ja toodab jäätmeid olenemata sellest, millises kasvanduskohas teda hoitakse; kuid meie uuring hõlmab suuri basseine, mille veesügavus on 4,5 m ja läbimõõt 22 meetrit, kubatuur 2 200 m³. Kui asutustihedus on ligikaudu 35 kg forelli/m³, on tootlikkus ühe kalabasseni kohta keskmiselt 90 tonni eluskaalu aastas. See toodetud biomass nõuab seejärel kalasööda mahtu ning tekitab jäätmeid, mis kanduvad väljavooluvette ja mehaanilisse filtreerimisjaama enne merre kandumist. Suletud akvapoonilises integratsioonis suunatakse see voog rannakarpide ja/või makrovetikate üksustesse.

Kalabasseinide kombinatsioone on väga palju – allpool mõned näited.



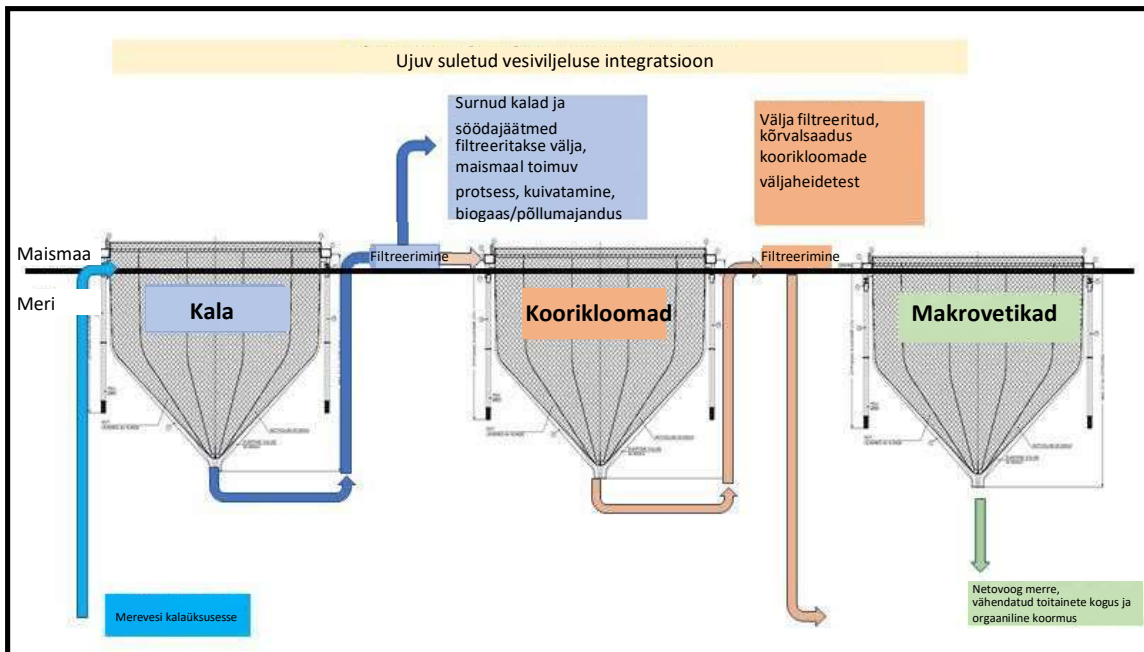
Joonis 38. Erinevad maismaa kalabasseinid.

Käesolevas raportis on kirjeldatud 2x erinevat olukorda, kus kalatootmisel on akvapooniline ringstruktuur. Kolmas versioon on see, kus läänerannikul ilma kalakasvatusega leiduvate toitainete ja orgaaniliste materjalide looduslikke kontsentratsioone saab ühendada **ookeani kasvatamise** seadistusega, mis põhineb vetikate eoste ja rannakarbi marjaterade inimese kontrollitud istutamisel spetsiaalsetesse piirkondadesse – seda tähistatakse käesolevas raportis ookeanist saadud toodanguna.

3x meetodid on loetletud allpool:

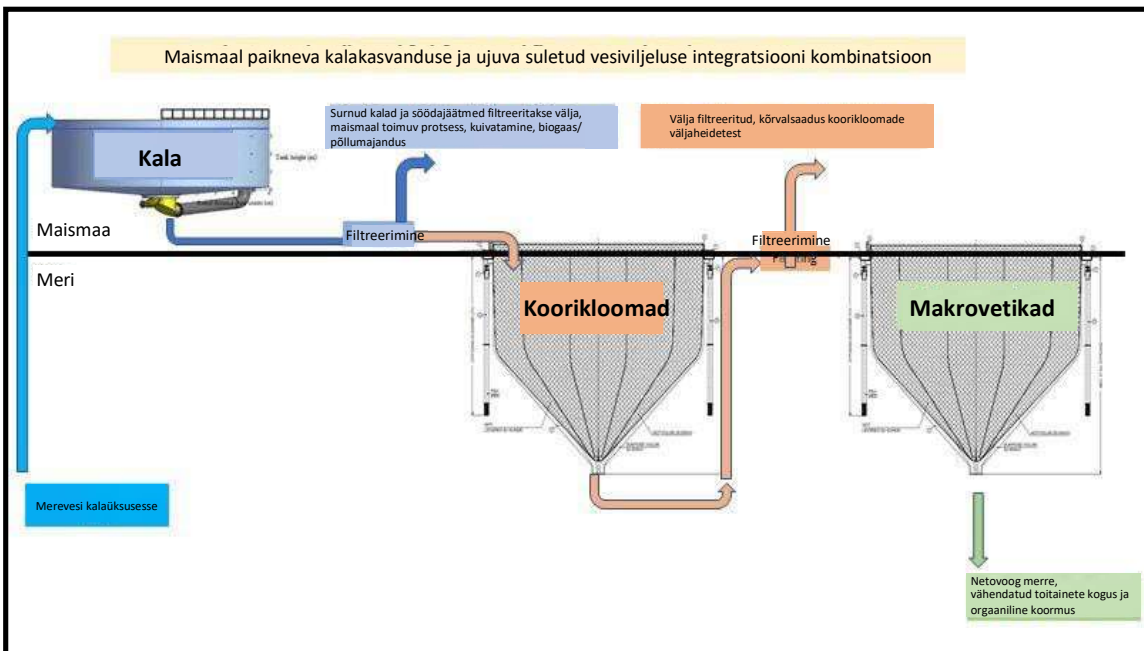
Rannakarpide akvapoonilise detailise mudeldamise kohta vt lisasid.

1. **Meetod A Poolsuletud ujuvate suurte "sumpade"** /üksuste kasutamine merepinnal koos karpide ja makrovetikate kasvatamise füüsiliste akvapooniliste üksustega integreeritud seadistuses.



Joonis 39. Kalabasseinide ja akvapooniliste üksuste integreerimine.

1. **Meetod B traditsioonilistes kalabasseinides** maismaal kasvatamine, integreerides karpide ja makrovetikate kasvatamise akvapoonilised üksused integreeritud seadistuses.



Joonis 40. Maismaal paiknevad kalabasseinid ujuvate akvapooniliste üksustega.

Meetod B Akvapoonilise struktuuriga maismaa kalakasvandus

- Siin suunatakse maismaa kalabasseinide jäätmed läbi integreeritud ujuvate suletud sumpade makrovetikate ja rannakarpide tootmisesse.
- Suurema osa kalajäätmetest saab enne akvapoonilistesse süsteemidesse suunamist mehaaniliste filtrite abil välja filtreerida.

Meetod C Vetikate ja karpide **ookeanis kasvatamine**, mis ei hõlma kalakasvatust.

- Makrovetikate farmid omastavad ümbritsevaid toitaineid ja rannakarpide farmid filtreerivad välja looduslikke osakesi (enamasti fütoplanktonit) ja seega ka toitaineid.



Joonis 41. Karpide ja vetikate kultiveerimine ning saagi kogumine.

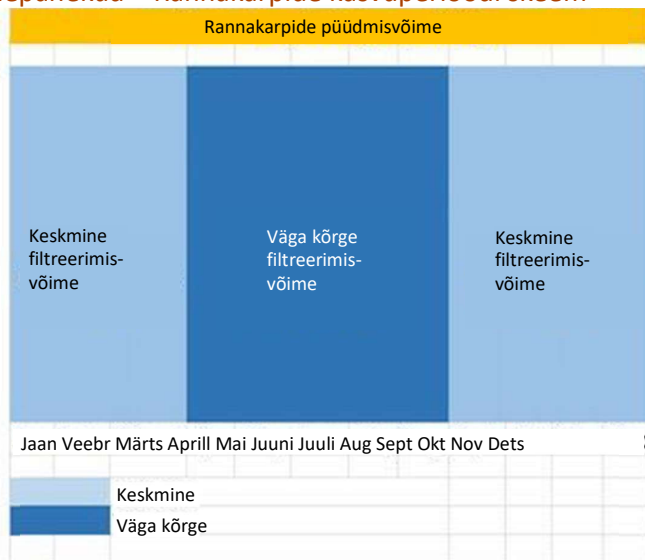
Rannakarpide kasvatamine on vajalik vetikate ja rannakarpidega toimuva akvapoonilise integratsiooni jaoks.

- See on korraldatud traditsiooniliste avatud viljelustehnoloogiate abil kaldalähedasel alal varakevadel (mai lõpust juunini), kus on vabalt ujuvad karpide noorloomad, vastsed, mis kinnituvad traalerite võrkudele ja muudele nailonseadetele.
- Sageli lastakse pinnalt alla vertikaalsed köiekonstruktsioonid.
- Pärast kohanemist hakkavad rannakarbid kasvama ning on saavutanud 9-kuuselt filtreerimisvõime, mis sobib hästi vees hõljuvate jäätmeosakeste püüdmiseks ujuvates rannakarbisumpades maismaal asuvate või ujuvate kalaüksuste lähedal.

5 Karpide integreerimine meie kalaüksustesse

Rannakarpide hooajaline filtreerimispotentsiaal Lääne-Eestis.

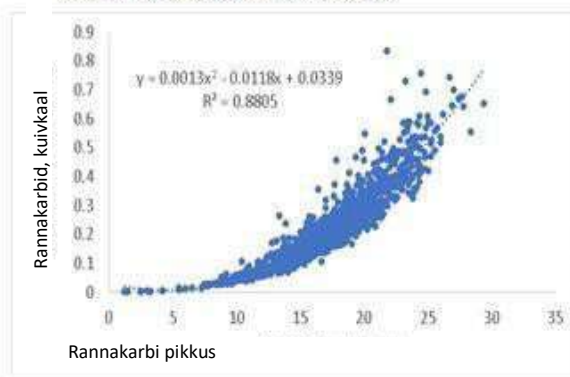
D Tähelepanekud – Rannakarpide kasvuperioodi skeem



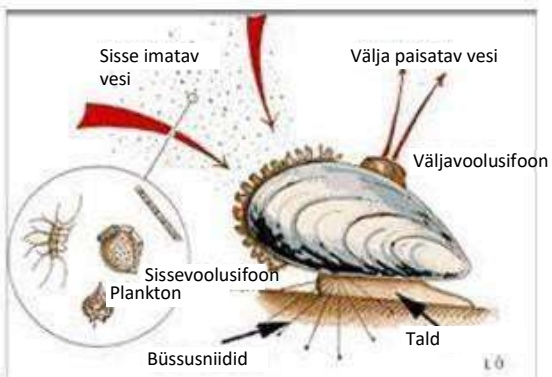
Joonis 42. Rannakarpide filtreerimisvõime hooajaline kõikumine.

D Tähelepanekud – Rannakarpide kasvuperioodi skeem

Miks söödav rannakarp – Mytilus edulis?



Rannakarbi pikkuse ja kaalu suhe Eesti merepiirkondades (avaldamata andmed)



Söödava rannakarbi elutsükel ning orgaaniliste osakeste ja fütoplanktoni filtreerimine

Joonis 43. Söödava rannakarbi elutsükel ning nende allomeetriline sümbioos Lääne-Eesti piirkonnas.

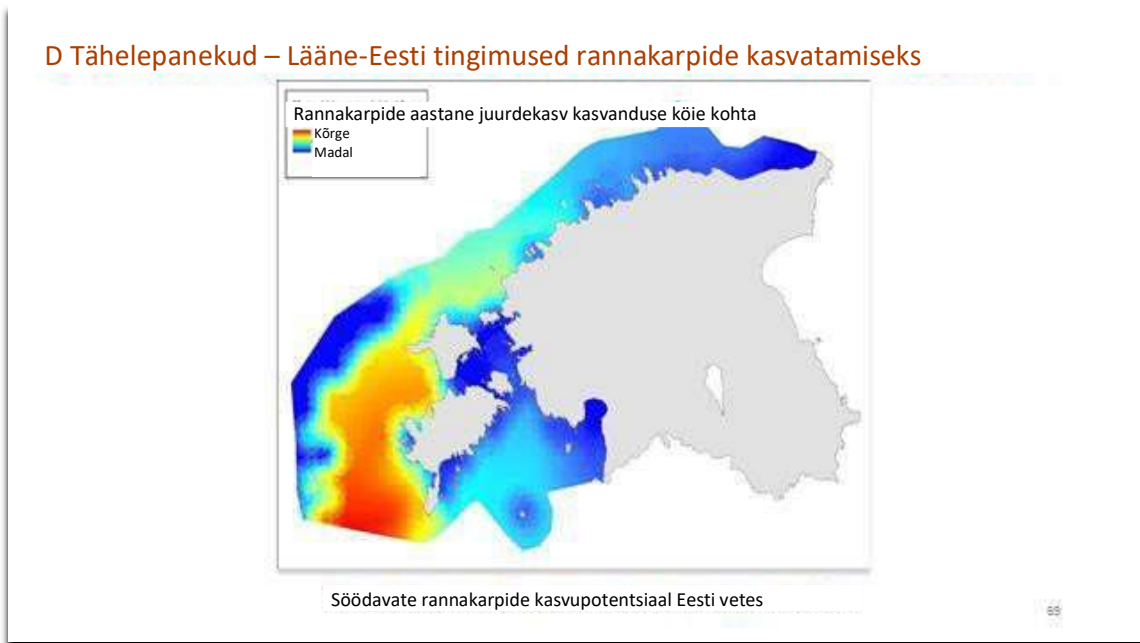
D Tähelepanekud – Rannakarpide kasvuperioodi skeem

Rannakarpide kasvuolud

<p>Miks söödavad rannakarbid?</p> <ul style="list-style-type: none">• Väga efektiivne filtreeriv organism• Elutsükli pikkus 2,5 aastat	<p>Vastsed mais-juunis</p> <ul style="list-style-type: none">• Väikeste karpide kasvatamine 9 kuud enne kalakasvandusse integreerimist – basseinid maismaal ja ujusumbad• (optimaalse filtreerimissuuruse ja -võime saavutamiseks)	<p>Meres kasvatamise tehnikad</p> <ul style="list-style-type: none">• Meres kasvatamise tehnikad – traalervõrgud• Suurte ujuvate karbisumpade (koos traalervõrkudega) integreerimine kalade ujusumpade/maismaal paiknevate basseinidega• Konkurents puudub• Keskkonnaparameetrite ning orgaaniliste jäätmete voogude suunamine	<p>Lääne-Eestis on head keskkonningimused rannakarpide kasvatamiseks</p>
---	---	---	--

67

Joonis 44. Rannakarpide kasvutingimused Lääne-Eestis.



Joonis 45. Rannakarpide kasvukohaks sobivad rannikupiirkonnad on tähistatud punase ja kollase värviga.

D Tähelepanekud – Ringmajandus, rannakarpide mudel

Vesiviljeluse mudel, rannakarp

Mudeldamine –

- Kasvu/filtreerimisvõime
- Kogutud osakeste kontsentratsioon
- Talv/suvi
- Suremus, konkurents

Saagi kogumine

- Optimaalne kvaliteet või alternatiiv:
- Rannakarbipopulatsioonid võivad jääda pikemaks ajaks
- Tekkinud osakeste kinni püüdmine, et vältida toitainete emissiooni merre selle asemel, et optimeerida rannakarpide biomassi
- Mitmed võimalused

Ujuvsumbad/kalabasseinid tekitavad pideva rannakarpide söödavoo 24/7

Tootlikkus on hinnanguliselt 24 tonni eluskaalu rannakarbisumba kohta aastas (48 tonni kahe aasta jooksul) iga 400 tonni eluskala biomassi kohta

71

D Tähelepanekud - Ringmajandus, Lääne-Eesti, rannakarpide mudel

Ringmajandus, rannakarp

Vesiviljeluse integratsiooni lähtekoht on meres paiknevas rannakarpide vastsete kasvatuses

- Parim asukoht
- Planeerimise aeg aastas
- Kultiveerimistehnikad

Eelised

- Vältida veeõitsengut
- Vähendada bioakumulatsiooni kontaminatsiooni
- 24/7 sööda teke annab tulemuseks hea kasvu talveperioodil
- Loob süsiniku väljavoo ja võib vähendada orgaanilist koguvoogu

Riskifaktorid

- Haigused/konkurents
- Kuidas tagada, et söödaosakesed on jäänud veesambasse
- Rannakarbisumpades kultiveerimise ja saagi kogumise tehnikaid tuleb uurida

Ringmajandus

- Tööjõud
- Saagi kogumise ja väärtust lisava töötlemise jätkuvus – ei ole siinkohal määratletud
- 20 000 tonni kalatoodangut võib vastata 1200 tonnile rannakarpide biomassile

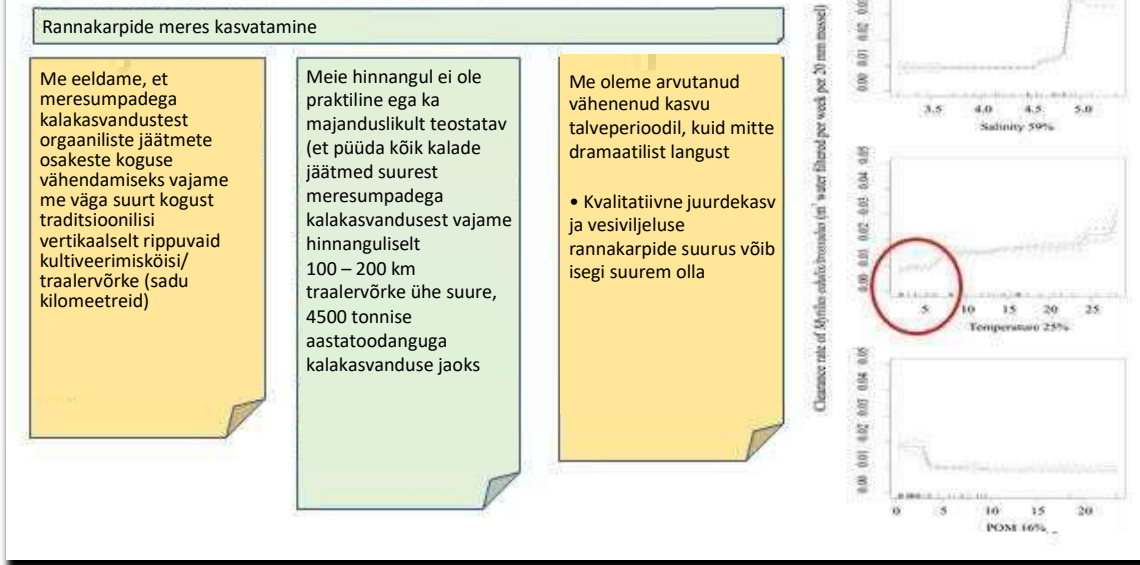
⇒ Rannakarbid võivad olla nii maismaaloomade kui ka kalade sööda toitaineiks ning inimtoiduks või toimida ainult filtreerimiseks võimelise organismina.

72

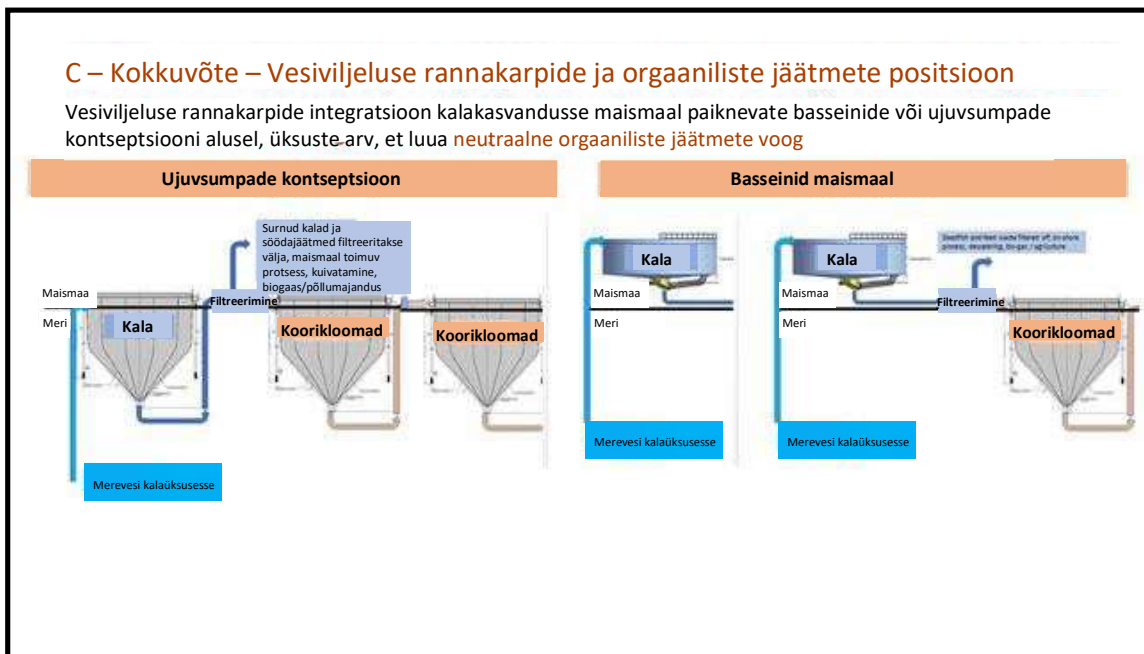
Joonis 46. Rannakarpide akvapoonika ringmajandus.

Rannakarpide kasvatamine avameres

D Tähelepanekud – Rannakarpide meres kasvatamine



Joonis 47. Kalakasvanduste heitvee kompenseerimiseks vajalike rannakarpide avameres kasvatamine.



Joonis 48. Rannakarpide akvapoonilise süsteemi skeem.

C – Kokkuvõtte – Integreeritud rannakarpide kasvatamine meresumpadega kalakasvanduses või traditsioonilisel merekasvatamisel



Spetsiaalne ranniku lähedal paiknev merekasvandus

Meresumpadega kasvanduse läheduses
Meresumpadega kalakasvandus

Joonis 49. Avameres rannakarpide kasvatamine.

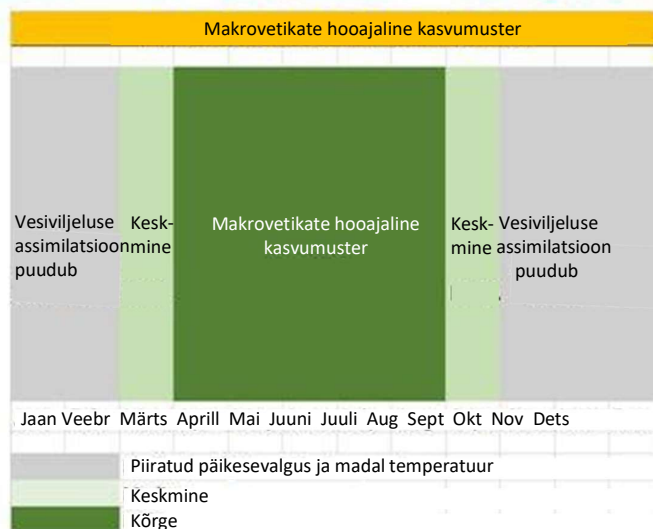
5 Makrovetikate integreerimine meie kalaüksustesse

Filosoofia on väga sarnane karpide integreerimisele, kuid kohaldatavuse osas on suur erinevus.

- Kuna vetikatel on iga-aastane hooajaline piiratud kasvuperiood, mille põhjuseks on merevee jahtumine hilissügisel / talvel ja päikesevalguse puudumine - makrovetikas muutub loomuomaselt nõrgemaks – laguneb see ja kaob kunivarakevadeni.
- Siis algab uus kasvuperiood.
- See toimub ka ujuvates vetikatesumpades, mis samal perioodil lahustunud toitaineid ei omasta.
- Selle tulemusel on akvapoonsete vetikate kasutamisel Lääne-Eestis ja mujal positiivne tulemus ainult seni, kuni päikesevalgust on piisavalt, millega kaasneb toitainete soodne kontsentratsioon vabas veesambas.

Seda kujutab vastav skeem.

D Tähelepanekud – makrovetikate kasvuhooaja skeem



Joonis 50. Makrovetikate kasv.

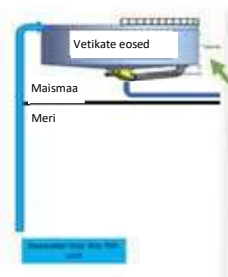
Seetõttu vajame varakevadel uut vetikate populatsiooni, mida toodetakse maismaal asuvates kultiveerimisjaamades. Selle tulemus on vetikate varakevadise biomassi kiire kasv, mis aitab võimalikult kiiresti kaasa N ja P aktiivsele omastamisele meie kalapidamise üksustes.

Me ei vaja rannakarpide jaoks sarnast süsteemi, kuna rannakarbid kasvavad ning sellist hooajalist biomassi taandumise mustrit nende puhul ei esine.

Vetikate kultiveerimisjaama skeem.

C – Kokkuvõte – Makrovetikate vastsete protsess

Eoste tootmine; eelnevalt kasvatatud karbivastsete ja makrovetikate populatsioon enne vesiviljeluses toimuvat püüdmist / kasvufaasi



Noorte vetikate populatsioon tuleb kasvatada enne iga-aastast kevadperioodi – eoste kasvatamine;

Vastava spetsialiseerumisega maismaal paikneva merevetikate kasvatamisüksus saartel

- Seda võib teostada ka sarnaste ujuvumpade kasutamisega

Peaks olema maismaal paiknev makrovetikate eoste kasvatamise üksus – temperatuuri kontrollimine ja kunstlik valgus, edastamine erinevate kalaliikidega farmidesse

Joonis 51. Makrovetikate kultiveerimisjaam.

Valitud rohevetika *Ulva intestinalis* elutsükli skeem.

C Kokkuvõte – Rohevetika Ulva inst. elutsükkel

1. Kultiveerimine

2. Parimad kasvatamistehnikad vesiviljeluse jaoks

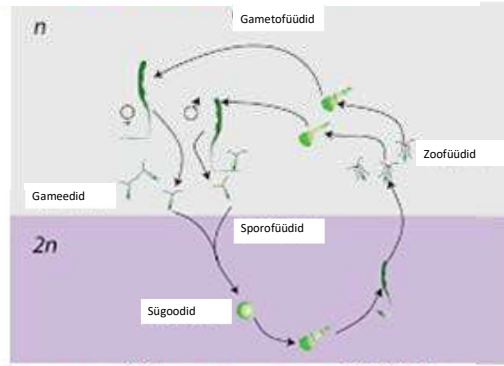
- Päikesevalgus/veesambasse jaotunult
- Ei ole ühendatud substraadi külge ega veelune

3. Lõpptoode; keemiline koostis; lisaväärtus, toidu/ söödaahel, keemiline, energia

4. Ringmajandus

5. Suures kalasumbas võib toota 200 tonni biomassi aastas, 10 sumpu annavad 2000 tonni kala => eelnevad tähelepanekud on, et me võime siin integreerida ligikaudu 5 vetikate sumpu – toota 5 x 620 tonnis märgkaalus vetikaid aastas (9000 tonni) – 400% võrra rohkem kui kala biomass

- Need hinnangud põhinevad meie hetkel kehtival eeldusel – ning tuleks üle kontrollida kontrollitud kasvatamise tingimustes



Joonis 52. Rohevetika elutsükkel

Makrovetikate integreerimine maismaa kalabasseinidesse ja poolsuletud ujusumpadesse

Olukorras, kus kalakasvandus paikneb basseini kujul maismaal või poolsuletud ujuvate suurte sumpade/üksustena ja kus neil on ka füüsiline/mehaaniline väljavooluvee külge kinnitatud filter, mille abil filtreeritakse orgaaniliste jäätmete ja toitainete voo hulk välja ning merre kanduvate jäätmete voog, on oluliselt vähendatud. Need "välja filtreeritud ühendid" kuivatatakse ja neid saab kasutada energiaallikana biogaasi tootmisel ja põllumajandussektori söödalisana.

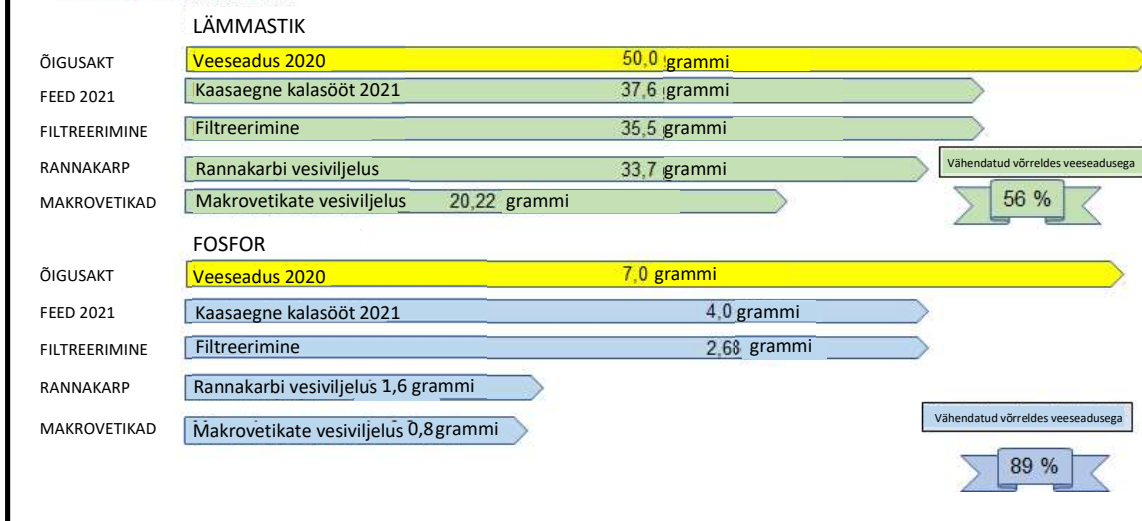
Need kaks kalakasvanduse alternatiivi võib korraldada ka seal, kus mehaanilist filtreerimist ei ole kasutatud – sellega suureneb kalajäätmete hulk. Käesolev raport keskendub ainult olukorrale, kus väljavool läbib mehaanilise filtri. Raport ei käsitle muid veepuhastusvõimalusi nagu RAS I ja RAS II koos denitrifikatsiooni ja keemilise setitamise tehnoloogiatega, kuna need elemendid on väga tehnilised ja ei kuulu selle akvapoonilise struktureeritud raporti temaatika alla. Selline kõrgtehnoloogiline ja kulukam jäätmekäitlus võib sellele vaatamata positiivset mõju omada ning tagada voo märkimisväärse vähenemise.

- On huvitav fakt, et biofilter kui toitainete vähendamise vahend on parim variant veeringlusega süsteemis – kuigi mõned uued tehnoloogiad sellist varianti ei vaja – ja toimib alternatiivina mitte-RAS-platvormidele.

Selles jäätmetehnoloogia sektoris on jäätmed uus süsteem ja me oleme tutvunud täiesti uute tehnoloogiatega, mis kõrvaldavad kogu N voo ilma biofiltritesse või keemilise setitamise süsteemidesse investeerimiseta ning sellised uued tehnoloogiad saab integreerida ka kalabasseinidesse ja kalatootmises kasutusel olevatesse üksikutesse ujusumpadesse. Julgustame Lääne-Eesti ametivõime nendele arengutele tähelepanu pöörama, neile tasub aega ja ressursse pühendada.

Makrovetikate ning orgaanilisi jäätmeid kinni püüdvate rannakarpide integreerimise kohta oleme saanud Lääne-Eesti piirkonna voogude tervikandmed järgmiselt:

C Kokkuvõte – Vesiviljeluse integratsioon Kalade ujuvsumbad / kalabasseinid maismaal



Joonis 53. Täielikule akvapoonilisele integratsioonile järgnevad netovood.

Joonisel 53 on kujutatud potentsiaali, kus lämmastiku koguvoog väheneb 56% ja fosfori voog väheneb 89%. Selleks on vaja järgmisi toiminguid:

- mehaaniline vee filtreerimine kalabasseinidest/sumpadest
- rannakarpide akvapoonika, millele järgneb
- makrovetika akvapoonika.

Kuna suurem osa lämmastikust lahustub anorgaanilise toitainena vabasse veesambasse, on rannakarpide filtreerimise aktiivsusel väike mõju voolu vähendamisse (vt taseme muutus 35,6 => 33,7 grammi/kg kalatoodangut).

Makrovetikad näitavad potentsiaali, kus lämmastiku voog kalatoodangu kilogrammi kohta väheneb pärast rannakarpide osa 33,7 grammilt 20,22 grammile. Sarnaselt fosforiga väheneb voog umbes 1,6 grammilt 0,8 grammile.

Vetikate biomass toodab aastas 1620 tonni märgkaalu, kuid külgnevates 2x kalasumpades toodetud kala biomass moodustab 400 tonni eluskala massi.

Järeldus: kui need eeldused esindavad realistlikke suundi +/- 20%, siis osutab see Lääne-Eesti omavalitsuse jaoks voogude alternatiivseid piirväärtusi ning kaaluda tuleks alternatiivseid kalakasvatuse platvorme.

Fosfori puhul ilmneb vastupidine suund, kus suur kogus on eemaldatud ringlusest nii mehaanilise vee filtreerimise kui ka rannakarpide filtreerimise teel. Valitud *Ulva intestinalis* on osutanud ka lahustunud fosfori väga suurt assimilatsioonivõimet.

Siinkohal tasub märkida, et kõiki nendesse kahte akvapoonilisse süsteemi nii maismaalt kui ujuvatest kalakasvatuseadmetest kanduvaid orgaanilisi hõljuvaid osakesi loetakse rannakarpide populatsioonis toimuva filtreerimise tulemusel täielikult ringlusest eemaldatuks.

See toob kaasa osakeste voo täieliku vähenemise, kus selle jäätmemudaga seotud P- ja N-sisaldus on kõrvaldatud. Veesambas lahustunud N ja P ei ole kõrvaldatud mehaanilise vee filtreerimise ega rannakarpide filtreerimise teel.

Need kaks järeldust on olulised, et juhtida tähelepanu Lääne-Eesti jaoks olulisele edasisele arengule.

Mehaaniline veefiltratsioon hõlmab hinnanguliselt 55% kalaüksustest pärinevate orgaaniliste jäätmete koguhulgast, mis näitab, et üle 55% võib oletuslikult olla jäätmete peenem tolmas fraktsioon. Selline fraktsioon peaks olema rannakarpide poolt kinni püüdmiseks sobiv. Erinevate kaasaegsete vee

mehaanilise filtreerimise seadmete tootjad väidavad, et rannakarbid suudavad veelgi suuremal määral jäätmeid kinni püüda, kuni 70%.

Hoiatused: kui see eeldus on vale, tuleb teostada vajalikud ümberkorraldused. Rannakarpide filtreerimisvõime on tohutu ja nad suudavad kinni püüda oluliselt suurem osa hõljuvate tahkete ainete kontsentratsioonist kui käesolevas uuringus on arvatud.

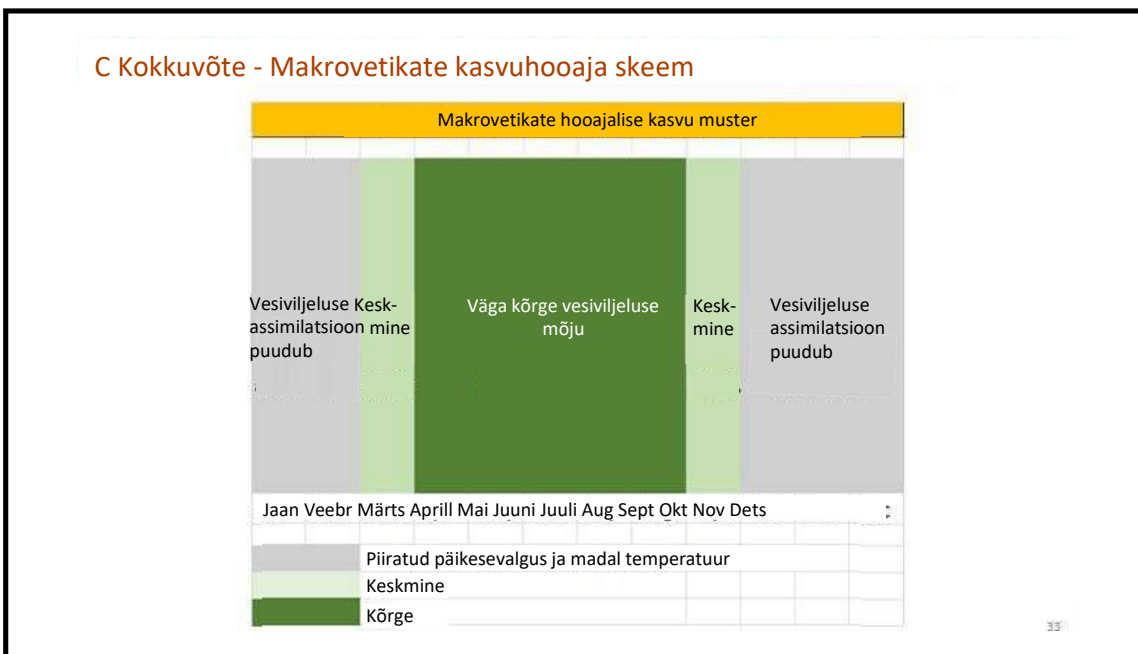
5 Meresumpadega kalakasvatuse akvapoonilised piirangud

Makrovetikate tootmisega meresumpade raamistik

Oleme jõudnud järeldusele, et parima lämmastiku ja fosfori omastamise võimega rohevetikas *Ulva intestinalis* ei sobi ühegi vabas vees toimuva viljelustehnika jaoks. Vetikad on haprad, ei talu lainete ja hoovuste tekitatud survet, lagunevad ning vetikate tükid kaovad merre ega avalda mõju jäätmevoo vähendamisele. Seetõttu oleme järeldanud, et meresumpades kultiveerimine koos akvapooniliste vetikatega, eriti *Ulva intestinalis*'e puhul, on Lääne-Eestis mõnevõrra keeruline.

Teistes piirkondades, eriti väljaspool Läänemerd, on suuremad võimalused kasvatada suuremaid pruunvetikaid vertikaalsetel köitel meresumpadega kalakasvanduste läheduses, kus nende tootmine tähendab teatavat voo vähenemist. Kuid need vood ei ole väga suured, sest lahustuvad vaba vee masside jäätmekogustesse. Ning teiseks, vetikate kasvatamise kaugus kalavõrkudest viitab samuti looduslikult lahustavale toimele.

Valitud *Ulva intestinalis*, rohevetikas.



Joonis 54. Rohevetika *Ulva intestinalis* kasvupotentsiaal.

Joonisel 54 on kujutatud hooajaline kasvuskeem, kus intensiivne kevad-suvine valgus koos kõrge vabas veesambas loomulikult lahustunud toitainete hulgaga tagab väga hea kasvuskeemi. Looduslik juurdekasv võib olla enam kui 3-5% päevas, mis on väga hea tulemus.

Talvel ja hilissügisel olukord muutub; päikesevalgus väheneb või puudub ja toitainete loomulik kontsentratsioon langeb. See toob kaasa sarnase kasvupotentsiaali ja piirangud nagu vetikate kalakasvandustesse – kas maismaa basseinidesse või ujusumpadesse – integreerimisel.

Meil on samadel perioodidel ainult positiivne vetikate kasv, kuid meie veevool väga suure toitainete koormustega kulgeb – kalaüksuste mehaanilistest filtritest suletud veeringluses toitaineid kaotamata – vetikate sumpadesse.

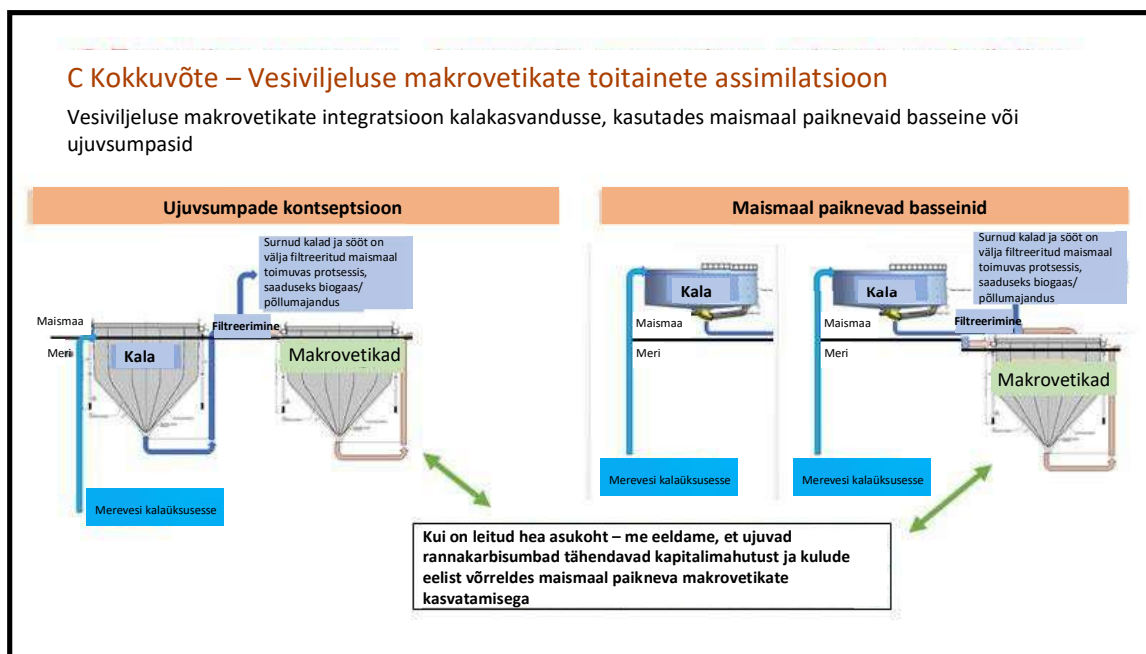
Sellel on tohtud eelised võrreldes akvapoonilise süsteemi tavapärase toimimisega. Vabas veesambas meresumba integreerimine rannakarpide ja makrovetikatega ei näita kunagi selliseid tulemusi. Kuna makrovetikad on veesambas vetikate sumpades, kuhu suunatakse väga toitainerikas vesi, on idee ühendada see sumba sisemise õhuvahetusega, luues nii toitainete, vetikate ja veemasside pideva ringluse. Neid ideid tuleks hinnata, kuid leiame väikese katsete arvu põhjal siiski, et tegemist on hea lahendusega.

Makrovetikate kasvutsükkel kestab igal aastal 8 – 12 kuud. Toitaineid neljal talvekuul ei teki, mille tulemusel kanduvad N ja P edasi merre. Fotosünteesivõime on siiski väga suur ja meie mudel eeldab, et märja kaalu arvestamisel on kasvupotentsiaal kuni 10% päevas.

Tulemus 10% päevas põhjustab vetikate biomassi kahekordistumise iga 7 päeva järel ja väga sagedase saagi kogumise vajaduse, vähemalt 2x nädalas. Teine tulemus on see, et meie N- ja P-koormus on nii suur, kuna eeldame, et igas vetikasumbas on suur hulk vetikaid.

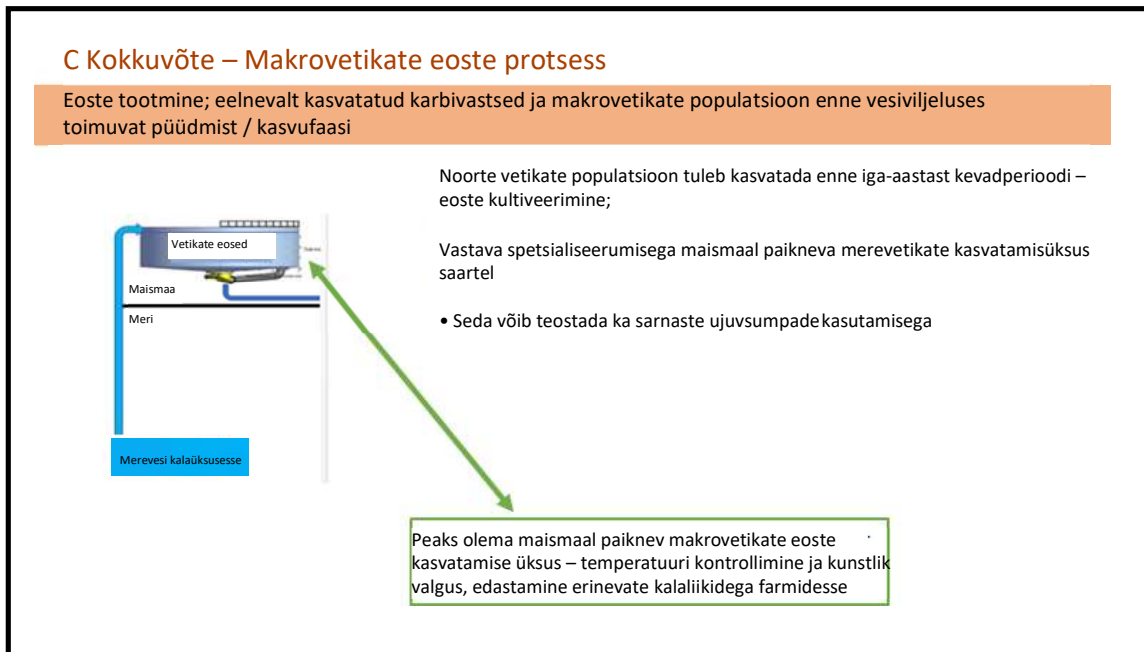
Vetikasumpasid peetakse kalasumpade lihtsustatud versiooniks, mille maht on 6 200 m³, sügavus 10 m ja läbimõõt 28 meetrit. Selline vetikate üksus saab kalade sumpadest ülerrõhu abil pressitud vett.

Meie lähtekohana kasutatavad kalasumbad on võimelised tootma ligikaudu 223 tonni eluskaalu 12 kuu jooksul. See biomassi juurdekasv peegeldab kalasööda kogust, mis väljendub meie jäätmematriksi voos. Iga 2x komplekti nende kalasumpade kohta võiks arvestada 1x vetikate sumba paigaldamist samasse kohta. Selline suur sump on võimeline tootma ja tagama märgkaalus ligikaudu 1623 tonni vetikaid aastas, kui meie eeldused on õiged. Kõikumine on +/- 20%. Üks kriitiline küsimus on assimilatsiooni kiirus, mis seostub vastavalt vetikasumba kaudu liikuva toitainerikka vee voolumahuga. Kui see on liiga lühike, siis ei ole meil raportis näidatud assimilatsioonimäärasid. *Ulva intestinalise* DW kuivkaalu on umbes 10%. See suur vetikate kasv tähendab Lääne-Eesti piirkonnast välja kanduvat toitainete voolu.



Joonis 55. Ujuv makrovetikate akvapooniline süsteem.

Oluline element vetikate akvapoonilise süsteemi realselt kalaüksustega integreerimiseks on see, et enne iga varakevadet on vaja vetikate esialgse biomassi "akut", mida hoitakse maismaal paiknevas kultiveerimisjaamas – eoste jaamas. Need esmased biomassid peavad toimima kultiveerimismaterjalina ja olema valmis iga aasta märtsis uutesse tootmist alustavatesse vetikasumpadesse istutamiseks. Sellist algmaterjali kasvatamist oleks võimalik korraldada.



Joonis 57. Vetikate kultiveerimisjaam.

Vetikate kultiveerimisjaam vajab temperatuuri reguleerimist, kunstlikku valgust ning kaldale pumbatud merevett. Bioloogiline jaam või ülikool võiks sellise süsteemi käivitada ja eraõiguslikud sidusrühmad võiksid korraldada tootmist akvapoonilistele kalakasvatajatele või ühissettevõttena koostöös ametiasutustega.

Makrovetikate tootmise tulemustest tulenev muu oluline voog

- Suureneva vetikakoguse sisese konkurentsi vältimine, peab jälgima kasvu, kvaliteeti ja toodangut, et tagada toitainete optimaalne väljavool.
- Fotosünteesi tulemuseks on ka vahetu hapniku tootmine, mis toimub vetikate sumpade sees - kuidas seda kasutada kalakasvanduses, sellele ei ole praegu tähelepanu pööratud. Veesambas toimub samuti suures koguses süsinikdioksiidi vähenemine.

D Tähelepanekud – Kasvatamiselemendid Lääne-Eesti – makrovetikad

Kasvatamiselemendid	Makrovetikad
<p>Miks Ulva intestinalis – rohevetikas?</p> <ul style="list-style-type: none">• Kasvab Lääne-Eesti piirkonnas looduslikult• Kasvuperiood, toitainete assimilatsioon, fotosüntees päikesevalguse mõjul• Suvel intensiivne kasv• Talvitumine ja vähene kasv• Talvel lagunemine	<p>Hapniku tootmine ja süsinikdioksiidi vähendamine</p> <p>Haprad vetikad</p> <ul style="list-style-type: none">• Halb ilm ja lainetejõud kahjustavad vetikaid• Avamerel kultiveerimine on raske <p>Vetikasumbad => eelised järgmises vormis:</p> <ul style="list-style-type: none">• On kaitstud, hoiab koos kogu toitainevoo ja süsinikdioksiidi vetikates• Toitainerikka vee ja vetikate tsirkulatsioon vetikasumbas

D Tähelepanekud – Kasvatamiselemendid Lääne-Eesti – makrovetikad

Kasvatamiselemendid	Makrovetikad
<p>Tehnilised väljakutsed;</p> <ul style="list-style-type: none">• Tuleb vältida makrovetikate sedimentatsiooni• Veesambas hõljuvad vetikad peavad ühtlasi vältima varjuefeki/piiratud päikesevalgust• Mis on tegelik kasvumäär?• Kuidas saaki koguda?• Kuidas üksusi käitada?• Kuidas vältida ektoparasiite ja konkurentsi?• Intensiivse kasvu periood – tohutu maht	

D Tähelepanekud – Ringmajandus, makrovetikad

Ringmajandus Makrovetikad

Parimad kasvatustehnikad vesiviljeluses

- Päikesevalgus / veesambasse hajunud valgus
- Ei ole kinnitunud substraadile ega veepõhja

Lõpptoode

- Keemiline koostis
- Lisaväärtus
- Toidu/söödaahel
- Energia

Tootlikkus

- Suur kalasump suudab toota
- 200 tonni kalade biomassi aastas
- 20 sumpat võivad toota 4000 tonni kala => eelnevad tähelepanekud, et me võime integreerida ligikaudu 5 vetikasumpat
- **Toodetakse 5 x 1620 tonni märgkaalus vetikaid aastas (8000 tonni) – 200% võrra rohkem kui kala biomass**

Vetikasumbad => eelised järgmises vormis:

- On kaitstud, hoiab koos kogu toitainevoo ja süsinikdioksiidi vetikates
- Toitainerikka vee ja vetikate tsirkulatsioon vetikasumbas

Compositions	Dry weight
Dry matter (g (100 g) ⁻¹)	91.61 ± 0.29
ASH (g (100 g) ⁻¹)	19.01 ± 1.15
Protein (g (100 g) ⁻¹)	13.55 ± 0.07
Fat (g (100 g) ⁻¹)	2.72 ± 0.28
Carbohydrate (g (100 g) ⁻¹)	37.03 ± 1.36
Water holding capacity (g g ⁻¹)	9.54 ± 0.02
Oil holding capacity (g g ⁻¹)	1.95 ± 0.02

Values are mean ± standard deviation of three replicates

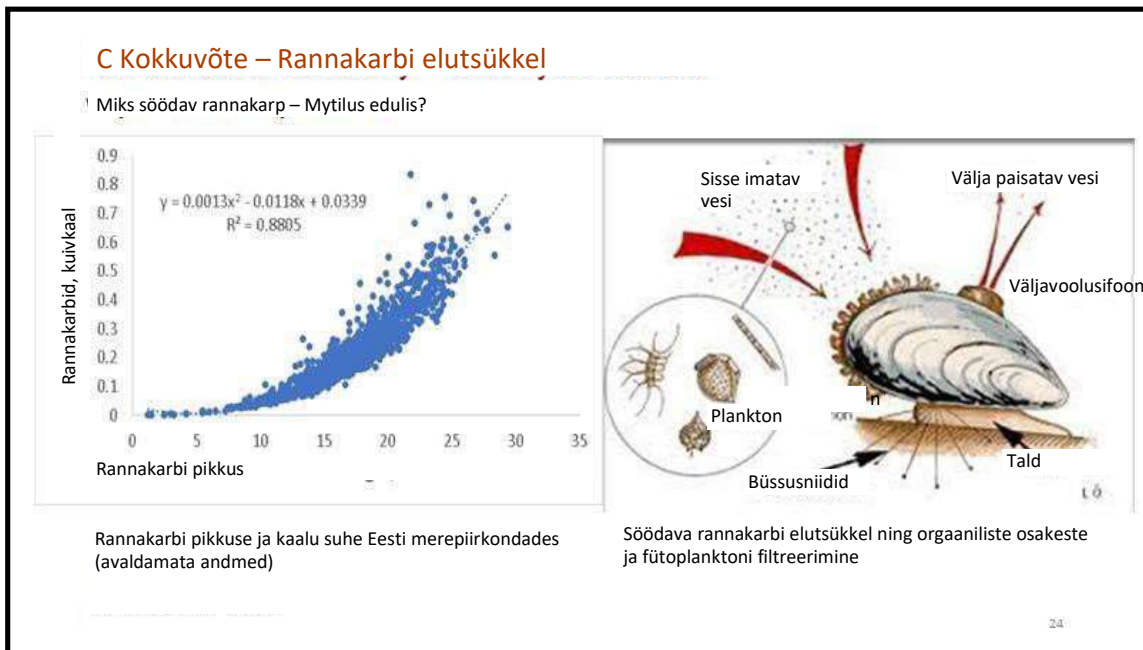
Joonis 58. Makrovetikate avamerel kasvatamise elemendid.

Meresumpadega kasvandusfarmide integreerimine rannakarpidega

Kolmas kalakasvanduse alternatiiv on traditsiooniliste meresumpade kasutamine, tuntud lõheliste tootmise strateegia. Meresumpades ei koguta jäätmeid, need kanduvad vabalt kalakasvandusest eemale, kus hoovused/vee liikumine kannab jäätmed, mille hulka kuuluvad nii tahked osakesed kui ka vees lahustunud toitained, nagu lämmastik ja fosfor, suurele alale ja lahustab neid.

Rannakarpide akvapoonilise integratsiooniga kalakasvanduse platvormi skeemid.

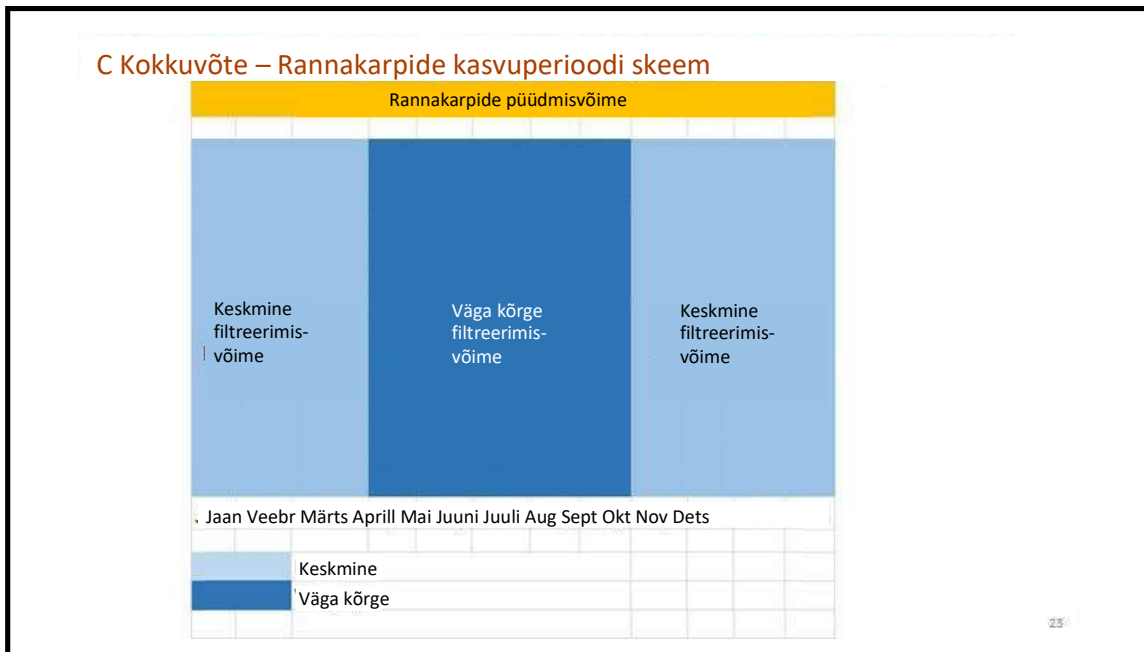
Antud peatükk kujutab meie tähelepanekuid rannakarpide kasvatamisest. Söödava rannakarbi *Mytilus edulis* elutsüklil on järgmine.



Joonis 59. Söödava rannakarbi *Mytilus edulis* elutsüklil ning allomeetiline seos laiuse ja pikkuse vahel Lääne-Eestis.

Rannakarbi akvapooniline integratsioon

Rannakarpide filtreerimispotentsiaali hooajaline varieeruvus.



Joonis 60. Rannakarpide filtreerimispotentsiaali hooajaline varieeruvus.

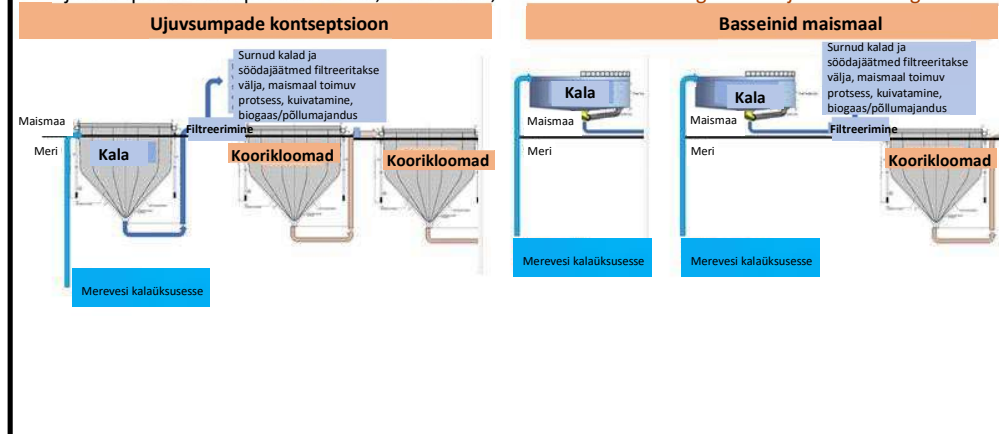
Kommentaariid:

- Rannakarpide kalakasvatuüksustesse integreerimise väga huvitav aspekt seisneb selles, et maismaal asuvate kalakasvanduste puhul püsib kogu aasta 24/7 peente orgaaniliste hõljuvate osakeste voog.
- Rannakarp reageerib sellele, mille tulemusel jätkub juurdekasv isegi talvel ja madalamatel temperatuuridel.
- Väga madalad temperatuurid võivad tekitada veesambas jääkristalle ja sellistes tingimustes rannakarpide filtreerimisvõime väheneb.
- Seega – kui pumbata sügavamat mereveet meie suletud kalaüksustesse, ei taju rannakarp väga madala temperatuuri mõjusid ja näitab aastaringselt "püsivat" kasvukõverat.

Meie rannakarpide kasvu mudel osutab, et iga 2x kaubandusliku suurusega kalasumba kohta võiks hoida 1x rannakarbisumpa, mis toodab ligikaudu 24 tonni eluskaalu (kestast vabastamata). Sellele lisaks on vaja iga rannakarbisaagi koristamise järel karbi vastsete tootmist, et peenemate orgaaniliste osakeste püüdmise efektiivsust veest oleks püsivalts tagatud. Rannakarpide vastsete kasvatamine peab toimuma meres, kus tavaliselt kasutatakse rippuvate võrkude / traalerite võrkude tehnikaid, mis võimaldavad vastsetel nailonmaterjali pinnale kinnituda. Pärast ligikaudu 9 kuud kestvat kasvuperioodi saavutavad need väiksemad rannakarbid suuruse, kus nad suudavad püüda kinni kõik ühest kalasumbast tekkivad orgaanilised jäätmed.

C – Kokkuvõte – Vesiviljeluse rannakarpide ja orgaaniliste jäätmete positsioon

Vesiviljeluse rannakarpide integratsioon kalakasvandusse maismaal paiknevate basseini või ujusumpade kontseptsiooni alusel, üksuste arv, et luua **neutraalne orgaaniliste jäätmete voog**



Joonis 61. Rannakarpide akvapoonilise üksuse integreerimine maismaa ja avamere kalakasvandusega.

C – Kokkuvõte – Integreeritud rannakarpide kasvatamine meresumpadega kalakasvanduses või traditsioonilisel merekasvatamisel



Joonis 62. Rannakarpide ja vastsete kasvatamine avameres.

Rannakarbi eeldused

Oma mudelis oleme kaalunud järgmisi realistlikke eelduseid:

- Rannakarpide sumbas ei teki kasvavate rannakarpide vahelist konkurentsi.
- Samuti ei eelda me tõsist suuremat põhjustavaid haiguseid.
- Vastseid hangitakse teatud mahus ja teatud aastaajal.
- Rannakarbid kasvavad traalerite võrkude või sarnase materjali küljes, vertikaalselt sumpade siseküljel.
- Rannakarpide kontrollimiseks, puhastamiseks ja kogumiseks on vaja uut konstruktsiooniraami ja tõsteseadmeid.
- Võrgud tuleb paigaldada üksteise lähedale.
- Kõikidel neil elementidel on suur mõju kogu süsteemile, selle maksumusele ja kasvupotentsiaalile.

Rannakarpide akvapoonilise süsteemi alternatiivne ja väga huvitav aspekt on rannakarpide biomass, kuid teisalt ka nende filtreerimisvõimekus. Rannakarbi põhifunktsioon on hõljuvate orgaaniliste osakeste püüdmine, mis ei ole biomassi tootangu saavutamiseks vajalik. Seetõttu võib kasvatatavad rannakarbid jätta nende põhifunktsiooni ehk osakeste veest filtreerimise jaoks sumpadesse väga pikaks ajaks - aastateks.

- Nii toimides tagatakse, et kalabasseinidel on akvapooniline, pidevalt töötavpüüdmisscade.
- Selle strateegia puhul ei oma rannakarpide biomassi juurdekasv olulist tähtsust.
- Kalakasvatavad võivad tulevikus seda protseduuri optimeerida, lisades sumpadesse sagedamini rannakarpide vastseid.

Muud rannakarpide kasvatamise tulemused

- Rannakarpide kasvuga kaasneb ka süsiniku sidumine, karbipoolmetesse ladestuva CaCO_3 - karbonaadina.
- See karbonaat tähendab süsiniku voogu.
- Kui eeldatakse, et see pärineb peamiselt süsinikdioksiidist, võib iga tonn eluskarpe kompenseerida 123 kg CO_2 heidet.
- 2x kalasumpadesse integreeritud rannakarbiumba kohta saab aastas koguda saagina 24 tonni rannakarpe.

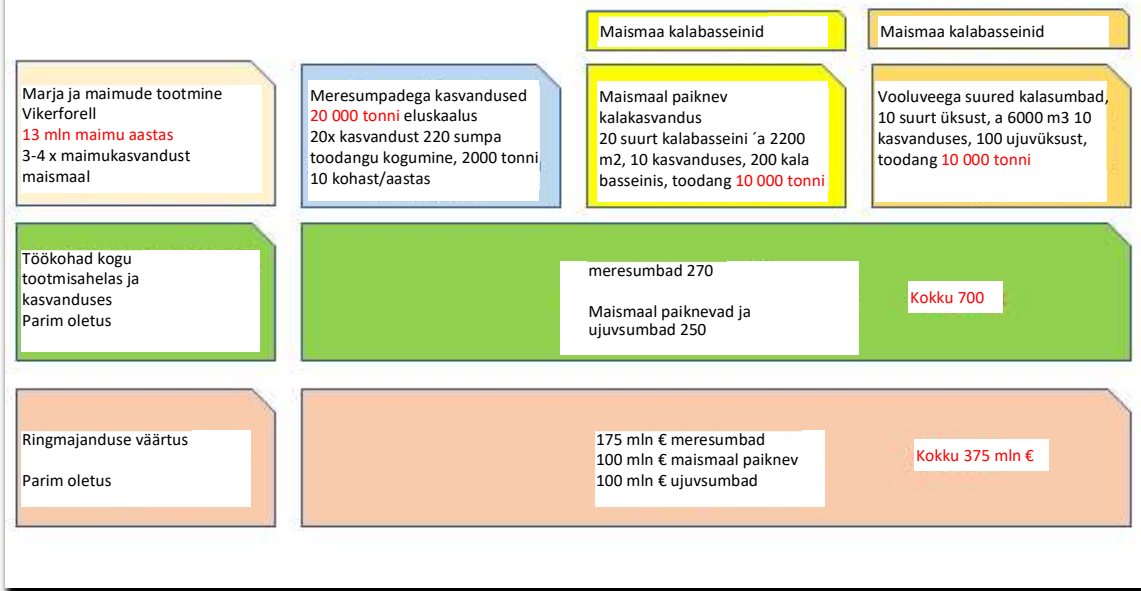
Allpool on näide tavapäraest jätmete liikumistest mere ökosüsteemis

- Suurim jäätme fraktsioon tekib kalasööda seedimisel ning selles domineerivad rasv, valk ja süsivesikud. Väljaheide koosneb suurtest habrastest osakestest, mis jäävad veesambasse, kuhu need on paagist või ujuba sumba kalakasvandusest välja filtreeritud või kanduvad meresumpadega kasvandusest väljuva vooluga passiivselt avamerre.
- Need jäätmed jagunevad väiksemateks osakesteks, osa settib merepõhja, muud fraktsioonid lagunevad ja kanduvad mere ökosüsteemi tavapäraest teedpidi. Orgaaniliste jätmete väikseimate mikroosakeste osa ei ole võimalik mehaanilise filtreerimise teel ringlusest kõrvaldada, sama kehtib ka lahustuvate toitainete (lämmastik ja fosfor) kohta. Need hõljuvad osakesed ja lahustunud vees lahustuvad toitained omastatakse vetikate ja karpide poolt varieeruvast koguses sõltuvalt sellest, kas need on kalakasvandusega vahetult või kaudselt seotud.
- Lisaks hõljuvatele toitainetele on kolmas oluline jäätme produkt süsinikdioksiid, mis on hapniku tarbimisel kalade populatsiooni tekkiv kõrvalsaadus. See toimib vahetu energiaallikana ning toodetud makrovetikate kogumi struktuurse "selgroona", mis tekib ka fotosünteesi protsessis hapniku tootmisel.
- Akvapoonilise üksuse karpide kogum filtreerib väikseimad hõljuvad osakesed filtrina kalajätmetest merevalkudesse /rannakarpide lihasesse.

5 Ringmajanduse võimalikud mõjud

Ringmajanduse üldine potentsiaal.

C Kokkuvõte – ringmajanduse potentsiaal Lääne-Eestis



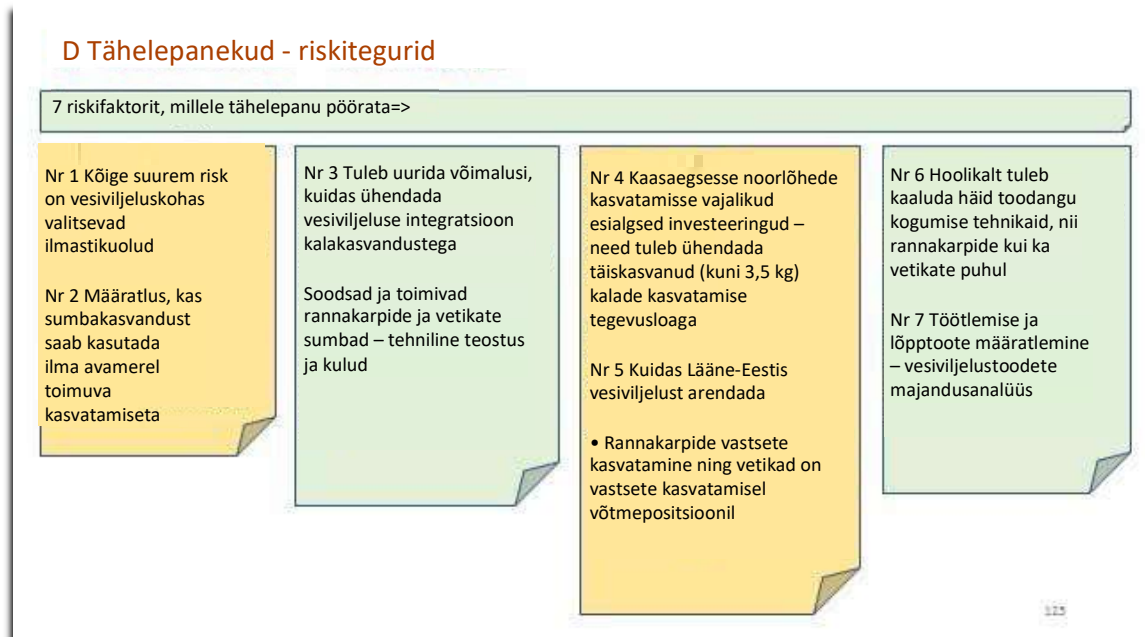
Joonis 63. Kujutab Lääne-Eesti rannikuressursside kasutamise võimalikku ringmajandust.

Kommentaariid

Kommentaariid on toodud Kommenteeritud kokkuvõttes. On oluline luua hea alus 2-4x keskmise suurusega kaasaegsetele noorlõhede kasvanduseks. Need kasvandused on piirkonna jaoks eluliselt tähtsad, et kasvatada piirkonna jaoks suuri vikerforelle.

6 Riskitegurid

Peamisi riskitegureid on kirjeldatud järgmiselt:



Joonis 64. Peamised riskitegurid.

Kommentaariid

Asjakohased märkused on üles loetletud 3. peatükis Kommenteeritud kokkuvõte. Rõhutame, et kõigi 3x platvormide suurte vikerforellide tootmiseks sobivat asukohta tuleb hinnata, pöörates erilist tähelepanu ilmastikutingimustele. Samuti on oluline, et väljastataks traditsioonilisi meresumpades viljelemise litsentse – isegi kui need tähendavad suuremat jäätmevoogu võrreldes suletud platvormidega. Neile võiks anda mõistlikud aastased vookvoodid aastas iga asukoha kohta. See tagab erasektori sidusrühmadele madalama künnise valdkonda sisenemisel. Üks strateegia võiks olla selliselt toimimine ning täiendavaid lube võiks väljastada juhul, kui põhjalikuma jäätmekäitlusega kaasnevad suuremad biomassi ja jäätmete vood.

Eeldame, et Läänemere kalakasvatuse aktiivsuse võimaliku piiramise tõttu võib Läänemeres üldiselt tekkida eelis esimestele alustajatele. Et esineb eutrofeerumist, tuleks kehtestada põhjalik lubade väljastamise kord, kus asukohapõhised tegevusload nii lühikeses kui ka pikemas perspektiivis on "võrdselt" hinnatud vastavalt jäätmete mõjule teatud üksikutes asukohtades.

Jäätmete vähendamise edukus tuleneb sellest, kuidas luuakse akvapoonilised integratsiooni- ja viljelustehnikad. Me julgustame avalikku teadus- ja arendustegevuse arendamist ning ressursside haldajaid käivitama katseid, kus meie loetletud piloot-teadus- ja arendusjaamad on olulise tähtsusega. Eeldame, et kõik selleks eraldatud ressursid võimaldavad järgnevat:

- Toimuda saavad kiired kalade aktiivse tootmise ja akvapoonika esmased vaatlused väikeses/keskmises ulatuses 3-aastase perioodi jooksul.
- Järgneb lubade tutvustamise plaan.
- Tööstusel võimaldatakse valida soovitud kalaplatvorm ja kohandada jäätmevooge vastavalt.
- Avalik sektor ei tohiks nõuda, et teatavad platvormid oleksid teistest paremad, kui põhirõhk on keskkonnavoogude tulemustel.

5 Lääne-Eesti valitsuse tegevuskava

Peamised tegevuskava elemendid võivad olla osa Lääne-Eesti omavalitsustele mõeldud tegevuskavast.

C Kokkuvõte – TEGEVUSTE LOETLU – 6 TÄHTSAMAT TEGEVUST

Lääne-Eestis on olemas kõik võimalused, prioriteedid on järgmised:

Nr 1 Arvutada uuesti voomahud vesiviljeluse integratsiooniga ja ilma, näidata 1500, 2500 ja 5000 tonnise aastatoodanguga kalakasvanduste potentsiaal

Nr 2 Hinnata meie tähelepanekuid sügavuti – ka praktiliste kohapeal kogutud andmete ning pilootjaama alusel – tutvuda ja külastada Norra kalaplatvorme ja tootjaid

Nr 3 Määratleda aastased voomahud sobivates piirkondades ja asukohtades. Lasta tööstusel määratleda oma kontseptsioonid ja huvivaldkonnad – pakkuda neile võimalusi

Nr 4 Määratleda ja luua kalakasvanduse võimalused neutraalsel faktipõhisel, vooge ja vesiviljeluse integratsiooni arvestaval pinnal, kirjeldada väärtuste ahelat, kaardistada sobivad rannikul toimuvad tegevused hetkeseisuga, uuendada kaardistuste ja piirkondade andmeid
Luua faktipõhine narratiiv

109

C Kokkuvõte – TEGEVUSTE LOETLU – 6 TÄHTSAMAT TEGEVUST

Lääne-Eestis on olemas kõik võimalused, prioriteedid on järgmised:

Nr 5 Luua avalik pilootkasvandus saartel, milles on kaasatud uurimis- ja arendustegevus, ühendada vastavate koolitustega, vee keemiline koostis, vesiviljeluse suunised, laenata Norrast ujusumpade kontseptsioon 6 ja 10 meresumpadega kontseptsioon viieks aastaks.

Nr 6 Korraldada seminar, kutsuda osalema väikesi ja suuri investoreid, eelistada Eestis, Läänemere piirkonnas ja Norras/Sotimaal tegutsevaid kalakasvatajaid, tuuleenergiaettevõtteid.

Hankida eelnevalt koostatud formaadid ja alusdokumendid, mida seminaril jagada

111

Joonis 65. Tegevuskava elemendid.

Kommentaariid;

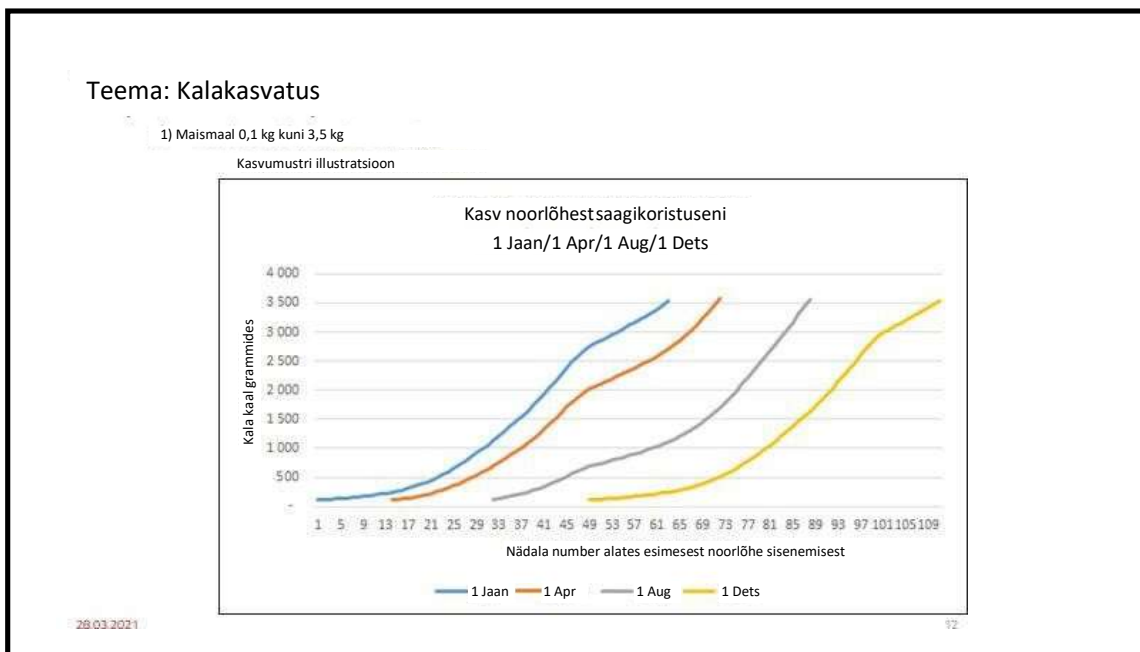
Neid elemente võib pidada oluliseks. Tegevuskava elementide tekst ja skeemid on toodud lisades.

Lisad

A. Detailid; mõned kalakasvatuse tootmise planeerimise elemendid	57
B. Detailid; rannakarpide ja makrovetikate akvapooniline integratsioon	61
C. Tegevusplaani üksikasjad	80
D. Ringmajandus	84
E. Lääne-Eesti rannikuala avalik raport	86
F. Tuuleenergia sektor	91
G. Mõningane teave rahvusvahelisest lõhekasvatusest	92

Kalakasvatuse tootmise planeerimise elemendid/taust

Meretemperatuur on talvel u 3 kraadi võrra madalam ja võib saavutada 16°C maksimaalse temperatuuri augustis/septembris. Kevadel/suvel erinevate mersumpadesse paigutatud kalagruppide kasvukõver.



Joonis 63 Kasvukõver maismaa ja ujusumpade platvormi puhul - erinevad kalagrupid, mis on lastud kasvandusse eri aegadel.

Kasvuperiood kestab olenevalt temperatuuriprofiilist umbes 53-57 nädalat. Lühenenud kasvuage viitab kalagruppidele, kelle kasvuperioodile langeb kõige soodsam temperatuuriprofiil.

Tootmise planeerimine

On oluline, et kalakasvanduses oleks aastaringselt püsiv biomassi seisund, et tootmine saavutaks biomassi mahu, kus mastaabisääst katab investeeringud ja võimaldab seeläbi kalakasvataval heade majandustulemusteni jõuda. Ilma sellise tootmise planeerimiseta on kalakasvandusel raske rahavoogusid prognoosida ning ka toodangu kogumiseks ja müügiks võib jääda liiga piiratud hooajaline aken.

Tegevust korraldatakse tavaliselt selliselt, et noored vikerforellid lastakse kalakasvandusse teatud aastaegadel. Oma tootmisplaanis oleme valinud kõik 100-grammised noorlõhed ja hinnanud noorlõhede arvu meresumpade, suletud ujusumpade ja maismaal paikneva kaasaegse kalabasseini järgi selliselt, et kõikides oleks võimalik toota ja saada toodanguna majanduslikult tasuvat biomassi.

Ujusumpade kontseptsioonil ja maismaa kalabasseinidel on aastaringselt võrdne juurdekasv, ellujäämus ja biomass. Meresumpadel ja selle merejäätmel on meie kalasööda mahu ennustamise sisemises demos nädalast nädalasse harvem noorlõhede sisse laskmine ja teistsugune biomassi areng.

Alltoodud joonisel on näidatud, kuidas igal noorlõhede grupil tekib aja jooksul individuaalne biomass, kuni saavutatakse väljapüüdmise eluskaal 3,5 kg. Pärast väljapüüdmist saab kalabasseinidesse või ujusumpadesse lasta uued kalagrupid teisel aastaajal ning neil on seetõttu teistsugune kasvukõver oma elutsükli jooksul. Me oleme lasknud kasvandusse u 170x erinevat noorlõhede gruppi, et

2 Tootmise planeerimine kalakasvatuses

Kokkuvõtlik biomassi potentsiaal suure vikerforelli puhul

- Eelnevad illustreeritud leheküljed võivad anda tulemusi;

	Meresumbad	Maismaa basseinid	Ujuvsumbad
500 MT biomass:			
Noorlõhede arv	165 000	150 000	150 000
Noorlõhede sisenemise periood	1 Apr-1 Nov	aastaringelt	aastaringelt
Söötmissperiood ühes kohas	jah, 3 kuud	puudub	jah, 3 kuud
1 500 MT biomass			
Noorlõhede arv	495 000	450 000	450 000
2 500 MT biomass			
Noorlõhede arv	825 000	750 000	750 000
5 000 MT biomass			
Noorlõhede arv	1 650 000	1 500 000	1 500 000

Joonis 65 Kalakasvatuse planeerimise elemendid.

Vikerforelli Lääne-Eesti piirkonda sissetoomise eeliseks on asjaolu, et merevee soolsus on vaid murdosa Kattagati/Põhjamere piirkonnas merevee soolsusest, varieerudes sageli vahemikus 5-10 psu (milliliitri kohta), mis toimib meretaide leviku takistajana. Lääne-Eesti piirkonna eksperdid kinnitavad, et nii see on, ühtlasi on vikerforell meretaidega nakatumise suhtes vähem tundlik.

Vikerforell sobib kõige paremini ka nendesse madala soolsusega tingimustesse.

Kohalikud ja rahvusvahelised kalakasvatuse algatused peaksid ära kasutama Lääne-Eesti piirkonna potentsiaali, kus tuleb arvestada toitainete voost tulenevate väljakutsetega. Kõik kaasaegsed maismaal asuvad kalakasvandused tegutsevad seal, kus jäätmete mehaaniline filtreerimine on nende tegevuslubade eeltingimuseks. Lääne-Eesti piirkonnas ei tohiks olla erinevusi.

See tähendab, et traditsiooniline meresumpades kasvatamine ja ka nõuetekohase kalasööda ja hea kalade tervise nõudega on hästi kohanenud, kuid vood on siin iga toodetud kala kilogrammi kohta suuremad.

Lääne-Eesti peaks väljastama kalakasvatuse tegevuslube näiteks 5x esialgse kaasaegse etapi jaoks näiteks 10-aastaseks perioodiks, kus pädevad Eesti asutused (keskkond, kalade tervis, toiduohutus), kontrollivad ja jälgivad selle aja jooksul toimuvat arengut ning toetavad korrigeerivate tegevustega. Sellised load tuleks väljastada paindlikult – kui perioodidel on avastatud veeseadusega vastuolus olevaid tulemusi ja täpsustatud iga-aastasi vookvoote, mis kehtivad asukoha kohta, tuleb järgida ja rakendada korrigeerivaid meetmeid. Kui peaks juhtuma, et mõnedel käesolevas raportis kirjeldatud kalakasvatustplatvormidel tekib eeliseid, tuleks toetada selliseid biomasse seni, kuni kohapealsed piirnormid jäävad kehtima.

Oluline põhimõte peaks olema see, et iga-aastased jäätmevood peaksid olema võrdsed, olenemata erasektori sidusrühmade valitud platvormist, kuid üksikuid asukohti arvestades.

Süsteemidel, kus kehtib voo vähendamine ühe kilogrammi kohta toodetud kala kohta, peaks seejärel olema lubatud toota suuremat biomassi võrreldes olukorraga, kus nad valisid pigem suurema voo ühe kilogrammi toodetud kala kohta. Oluline on, et kogu voo maht tuleb määrata asukohtade ja piirkonna tasandil, olenemata sellest, millist platvormi kasutatakse. Ametiasutused peavad olema ettevaatlikud, et nad ei suunaks ise tehnoloogia arengut või seaks neid vastutavasse olukorda.

Sama olukord kehtib ka maismaal tegutsevate kalakasvatavate puhul – merevee kasutuskogus ühe kilogrammi kala kohta aastas peaks olema sidusrühmade valitud tehnilise süsteemi tulemus – ei ole õige väljastada lube, kui iga-aastane merevee maht on määratletud – vooge ei põhjusta merevee kogus,

vaid peamiseks teguriks on lahustunud ja seotud toitained, näiteks Kesknõmme maismaal paiknevatele kalabasseinidele antud luba 99 miljoni m² merevee mahuksaastas.

Erahuvigrupid peaksid valima kasutatava süsteemi, selle keerukuse, alginvesteeringu ja avatud taseme - ametiasutused peaksid motiveerima ja teostama seiret.

Ühtlasi on oluline see, et Lääne-Eesti ametiasutused motiveerivad initsiatiivide loomist suurema mahu ulatuses, et kõik seotud osapooled saaksid mastaabisäästu. Soovitame tungivalt liiga palju väikesemahulisi tegevuslube mitte väljastada, vaid grupeerida need ja anda välja vähem lube. Mõned tegevuslood peaksid olme väikese, keskmise suurusega või suure mahu jaoks. Olenevalt asukoha tootmisvõime taastumisest kasvatusperioodi järel – on positiivne, kui erinevad sidusrühmad saavad valida mahu erinevuste, alginvesteeringu kättesaadavuse ja tegevusvõimekuse alusel.

Sellega kooskõlas on era- / riikliku mereteenistuse / uurimislaborite / õppeasutuste ja tugilaborite lisandväärtust loov tegevus maismaal äärmiselt oluline nii merikogerlaste kui ka kalade tervise jaoks ning makrovetikate ja rannakarpide osas, mis on ka käesoleva raporti osaks.

Meie poolt soovitatud akvapoonilised kokkulepped peaksid meelitama tuuleenergiaga tegelevaid energiaettevõtteid ühendama jõud tootmise/kalakasvatuse sidusrühmadega (energia on vajalik veevarustuseks, hapniku tootmiseks, kalatöötlemisliinidele, makrovetikate ja rannakarpide kasvatamiseks). Energiaettevõtted peaksid uurima ka võimalusi ujuvate avamere tuuleenergiaplatvormide kohandamiseks, et hõlbustada ka viljelusüksuste tegevust – luues võimalusi hapniku tootmiseks ja ladustamiseks, kalasööda transpordiks ja ladustamiseks, kalakasvatusemeeskonna rajatiste ning ühiste teenindus- ja hooldustöötajate ning -rajatiste ja meeskondade/laevade kasutamiseks.

Eesti rannikuvööndis tegutseb juba väärtuslik toetav tööstus, mis kindlasti saab toetada ja osaleda kirjeldatud akvapoonilise tootmise ja kalatootmise korraldamises;

- Kombinatsioon looduslike kalade töötlemisest / püügivahendite tootmisest ja hooldusest, mis on seotud kalakasvatuse asukoha, võrkude tootmise javõrguteenustega
- Toiduohutus, pakendamine, sügavkülmutamine ja jahutamine ning logistika
- Balti-Põhjamaade piirkonnas on mitmeid vikerforelli marja, lõhemaimude marja ja kalasööda tootjaid ja tarnijaid
- Uue kalakasvatuseplatvormi tehnilist arengut juhtiv riik Norra võiks kindlasti olla oluline tarnija

B Akvapooniline integratsioon: söödavate rannakarpide (*Mytilus edulis/trossulus*) kasvatamine

Kasvatavad rannakarbid

Rannakarpe kasvatatakse tavaliselt merepõhja kohal. Viljelusüksused koosnevad tavaliselt erinevatest ujuvatest alustest, mis paigutatakse veesambasse ja kinnitatakse raskuste abil merepõhja. Sageli on need viljelusalused siledad (nt 0,5–1 cm paksused nailonkõied), aasad (nt Donaghys ROM 1407 – Aqualoop Crop HM Rope) või paelakujulised kõied (nt Rootsi lindid). Sageli kasutatakse ka traalvõrke. Kõige tõhusamaks meetodiks peetakse ujuvate alustega rannakarpide kasvatamist, sest röövlomad ei jõua rannakarpideni ja rannakarpide kasvukiirus on suur. Ülemistes veekihtides on toitu rikkalikumalt ja temperatuur kõrgem.

Keskkonnaningimuste parandamisele rannakarpide vesiviljeluse kaudu on viimastel aastatel üha rohkem tähelepanu pööratud (Gren et al., 2009; Higgins et al., 2011; Sumpa jt, 2020). Rannakarbifarmid kõrvaldavad keskkonnast 25 korda rohkem toitaineid kui sama piirkonna märgalad (Lindahl & Kollberg, 2009). Endale toitu filtreerivad rannakarbid eemaldavad veemassist suures koguses planktonit ja mikrovetikaid ning koguvad seeläbi märkimisväärse osa toitainetest kas oma kehasse ja/või suunavad üleliigsed toitained põhjasetetesse (Officer et al., 1982; Reeders & Bij de Vaate, 1990). Veelgi olulisem, et põhja settivad toitained võib meresüsteemist täielikult kõrvale jätta: lämmastikuühendid võivad denitrifikatsiooni tulemusel molekulaarse lämmastikuna (N₂) atmosfääri lenduda, kuid fosforiühendid võivad ringlusest väljuda setetesse mattumise mõjul (Conroy et al., 2005; Newell jt, 2005). Selle tulemusena on oodata eutrofeerumise kahjulike sümptomite vähenemist. Kohalikul tasandil võib rannakarpide viljelusettevõtete kasutada ka kalakasvatuse keskkonnamõjude vähendamiseks nii mere- kui ka maismaakalafarmies (Zhou et al., 2014).

Kohaliku söödava rannakarbi kasvatamine kujutab endast suurt, kuid kasutamata potentsiaali Eesti rannikuvete eutrofeerumise vähendamiseks. Rannakarbid filtreerivad vett ja eemaldavad hõljuva mikrovetika ehk fütoplanktoni. Selle tulemusena muutub vesi selgemaks (Newell, 2004). Sellised negatiivsed mõjud on siiski väga ebatõenäolised, nagu näitas hiljutine INTERREGi projekt BBG (<https://www.submariner-network.eu/balticbluegrowth>). Kasvatatud söödavad rannakarbid ei vaja tõhusaks kasvuks täiendavaid toitaineid. Selle asemel toituvad nad vees olevatest mikrovetikatest ja rannakarpide filtreerimise positiivne mõju vee kvaliteedile ilmneb koheselt. Oluline on, et tehistingimustes kasvatatud rannakarpide hilisem merest välja tõstmine eemaldab merekeskkonnast märkimisväärse hulga toitaineid ja tähendab seega jätkusuutlikku, vähese mõjuga, tsirkuleerivat ja potentsiaalselt eutrofeerumist kontrollivat kulutõhusat meetodit. Lisaks eutrofeerumise vähendamisele koosnevad rannakarpide kestad mineraliseeritud süsinikust ja rannakarpide kasvatamine on hea võimalus süsinikdioksiidi püsivaks eemaldamiseks õhust, aidates sellega saavutada kasvahoonegaaside vähendamise eesmärke. Esialgsed uuringud on näidanud, et toitainete vähendamise eesmärkide saavutamiseks vajalike viljelusettevõtete prognoositud kogupindala on saavutatav Läänemere planeerimiskeskonnas ka praeguse mereruumi tingimustes. Sellest hoolimata tuleks rannakarpide viljelusettevõtete tegelikku merepinda hoolikalt jaotada, et vältida kahjulike keskkonnamõjude või muude kasutusviisidega konfliktide teket. Väiksematele ja aeglasemalt kasvavatele Läänemere rannakarpidele sobiva viljelustehnoloogia kasutamine ja saagi kogumine tagab märkimisväärsed tootmiskogused, kulutõhususe ja saadud toodangus ka parema toitainete sisalduse (Loite ja Sumpa, 2021).

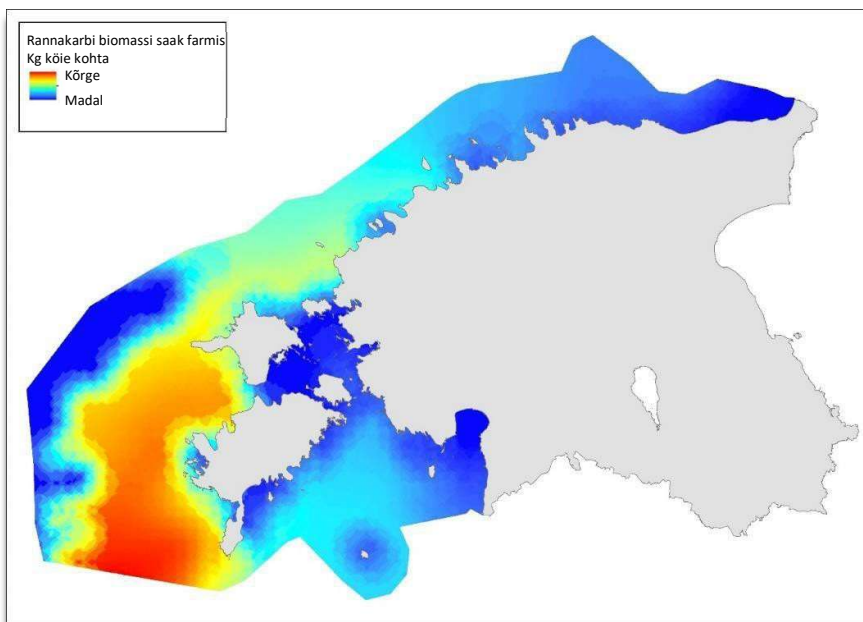
Söödava rannakarbi puhul asjakohaste viljelusmeetodite rakendamine on tulus ja jätkusuutlik viis lämmastiku ja fosfori Läänemerest eemaldamiseks ning atmosfääri liigse süsiniku kogumiseks. Rannakarpide kasvatamine ei ole mitte ainult vahend toitainete leevendamiseks, vaid aitab kaasa ka maapiirkondade sotsiaalsele ja majanduslikule jätkusuutlikkusele. Lisaks nähakse viljelusettevõteteid taastamismeetmena, et taastada inimtekkeliste mõjude tõttu vähenenud looduslike rannakarpide varusid. Kui rannakarbid on saadaval piisavalt suures koguses, võivad need pakkuda loomasöödale ja toiduainetööstusele uut jätkusuutlikku valguresurssi või olla keemilistele väetistele bioloogiliseks alternatiiviks. Rannakarpidest valmistatud jahu on hea tooraine ja sööda koostisosa, mis ei kahjusta

kanade kasvu ja tervist. Säästvalt toodetud söödavatel rannakarpidel on kasvav turg nende erinevates tööstusharudes laieneva rakendusvaldkonna tõttu. Lisaks loomasöödale ja inimtoidule on rannakarpide puhul olemas ka mitmesugused muud väärimisvõimalused, kasutuskõlblikud on ka karbipoolmed. Rannakarbid on teadaolevalt väärtuslike ühendite, nagu bioaktiivsed valgud, mineraalid, pigmendid, ensüümid jne efektiivne reserv. Nii tekib tugev potentsiaal kasutada neid komponente väärtuslike toidulisandite, loodusliku kosmeetika jms tootmiseks (Loite ja Sumpa, 2021).

BBG (Baltic Blue Growth) projekti (<https://www.submariner-network.eu/balticbluegrowth>) tulemused näitasid, et rannakarpide kasvatamine Eestis on nii tõhus kui ka majanduslikult teostatav. Kõigis kuues Läänemere rannakarpide farmis läbi viidud keskkonnamõju uuringutes ei suudetud tuvastada negatiivset keskkonnamõju. Keskkonda võib negatiivselt mõjutada väga suurte rannakarbifarmide (pindala > 1 km²) rajamine, kuid olemasolevad tehnoloogilised lahendused takistavad meil sellise suurusega viljelusettevõtete rajamist. Lisaks eelmainitule on Eesti rannakarpide toksilisus väga madal. Siin kasvatatud rannakarpe saab kasutada nii toidu kui ka / või söödana.

Eesti merealal elab vaid kaks rannakarpide liiki: *Mytilus edulis/trossulus* ja *Dreissena polymorpha*. Nende rannakarpide levikualad on nende liikide väga erinevate keskkonnanõuete tõttu väga erinevad. Seetõttu tuleks valik nende rannakarpide liikide viljelusalade osas teha väga hoolikalt, et vältida mittedobivaid elupaiku. Optimaalsetes elupaikades kinnituvad sobivad liigid viljelussubstraatidele ja viljelusettevõtete toodang on aastate lõikes suhteliselt stabiilne.

Mytilus edulis/trossulus on Eesti vesivileluse tähtsaim rannakarpide liik. Söödavate rannakarpide kasvatamine sõltub looduslikest populatsioonidest, mis on kinnitunud veesambasse ja passiivselt hajutatud looduslike kasvualade pindadele vabalt ujuvate vastsete leidmisest. Pärast hajutamist kinnituvad vastsed olemasolevatele aluspindadele, sealhulgas veesambas olevatele objektidele, nt rannakarbifarmide rajatistele. Tavaliselt toimub see kord aastas, mai lõpus või juuni alguses. Seega nõuab rannakarpide kasvatamiseks sobivate alade parima eraldamise kindlaksmääramine (1) kandidaatfarmide ja looduslike rannakarpide asualade vaheliste alade vahelise ühenduvuse kaalumist, et määratleda alad, kuhu ei ole vaja rannakarpe kunstlikult istutada ja 2) rannakarpide tootmispotentsiaali kandidaatkasvanduste aladel. Tüüpilise Läänemere rannakarbifarmi pindala on alla 5 hektari ja see koosneb 25 km pikkusest erinevatel sügavustel rippuvast köiest. Viljelusettevõtete kulutõhusus sõltub toitainete ja soolsuse tasemest ning rannakarpide kasvatamise seadmete tüübist, milles on kasutatud spetsiaalseid trosse, mis optimeerivad vastsete kinnitust. Selline meetod on Läänemeres leiduvate väikeste rannakarpide kasvatamiseks kõige tõhusam. Rannakarbi kasvutsükkel Eesti rannikuvete kasvandustes on 1,5-2 aastat. *M. edulis/trossuluse* tootmise mudeldamine osutas, et enamiku Lääne-Eesti merepiirkondade puhul ületab rannakarpide tootmiskogus 1,5 kg rannakarpe köie meetri kohta, mis võrdub ligikaudu 80 tonni rannakarpidega ühelt hektarilt (joonis X; Sumpa jt, 2020).



Joonis 66. Rannakarbi farmide mudeldatud tootmispotentsiaal Eesti merealadel (kg märgkaalus m^{-1} köie ja toodangu kohta) (Sumpa et al., 2019).

Kommentaariid

Rannakarpide kasvatamine on kohaspetsiifiline ja õigete kasvusubstraatide kasutamine tagab suurema saagikuse (st majandusliku edu). Optimaalsete viljelustehnoloogiate saavutamiseks on vaja katsetada erinevate substraatide potentsiaali heades kasvupiirkondades ja valida Eesti (või konkreetse veekogu) seisukohalt parimad tehnoloogilised lahendused.

Rannakarpide akvapooniline süsteem käesoleva raporti jaoks

M. edulis/trossulus puhastatava koguse modelleerimine

Tõhusa akvapoonilise, kalakasvanduste reovett puhastava süsteemi määratlemiseks tuleb teada rannakarpide filtreerimispotentsiaali. Rannakarpide filtreerimise efektiivsus sõltub mitmest tegurist, nagu poolmete suurus, vee temperatuur, soolsus, vee liikumine ja hõljuvate tahkete ainete kontsentratsioon. Oluline on see, et nende keskkonnamuutujate ja filtreerimismäära vahelised seosed on väga asukohaspetsiifilised (Petersen & Loo, 2004; Lauringson jt, 2007, 2009, 2014; Sumpa jt, 2009).

Koondasime selles projektis kõik varasemates Lääne-Eesti piirkonda hõlmavates piirkondlikes projektides kogutud eksperimentaalsed mõõtmised ühte koondandmebaasi, et mudeldada selle abil *M. edulis/trossulus* puhastamisvõimekust. Andmed Eesti *M. edulis/trossulus* puhastamisvõimekuse kohta on saadud järgmistest teadusartiklitest ja nendega seotud andmebaasidest: Sumpa & Møhlenberg (2002), Sumpa jt. (2005), Lauringson jt. (2009), Lauringson jt. (2014).

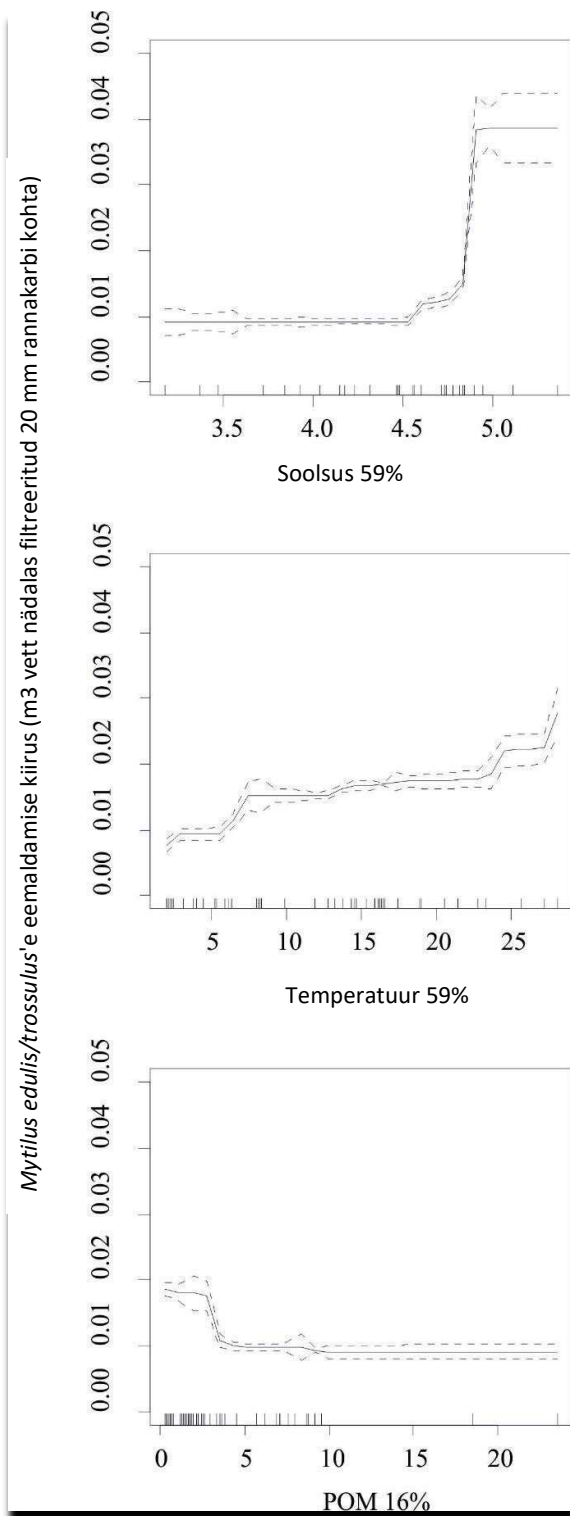
Mudeldamise algoritmid. Erinevate keskkonnamuutujate mõju *M. edulis/trossulus* filtreerimisvõimekusele uuriti võimendatud regressioonipuude tehnika (BRT) abil. BRT-mudelid on võimelised käsitlema erinevat tüüpi prognoosimuutujaid ja nende prognoosiv võimekus on parem kui kõige traditsioonilisematel modelleerimismeetoditel (vt nt võrdlused GLM-iga, GAM ja mitmemõõtmelised adaptiivsed regressioonijooned (Elith et al., 2006; Leathwick jt, 2006). Statistilise mudeldamise probleemiks peetakse sageli ülesobitamist, kuid seda saab vältida sõltumatute andmekogumite abil. BRT modelleerimine arendab iteratiivselt suure kogumi väikestest regressioonipuudest, mis on loodud andmete juhuslikest alamhulkadest. Iga järgnev puu ennustab eelmise puu ülejääke, et järk-järgult suurendada üldise mudeli ennustamisvõimekust (Elith et al., 2008). BRT mudelite ehitamise olulised parameetrid on õppimiskiirus ja puude keerukus. Õppimiskiirus määrab iga puu panuse kasvavasse mudelisse ja puude keerukus määratleb mudelis lubatud interaktsioonide sügavuse. Puu keerukus 1 hindab ainult peamisi mõjusid; Puu keerukus

>1

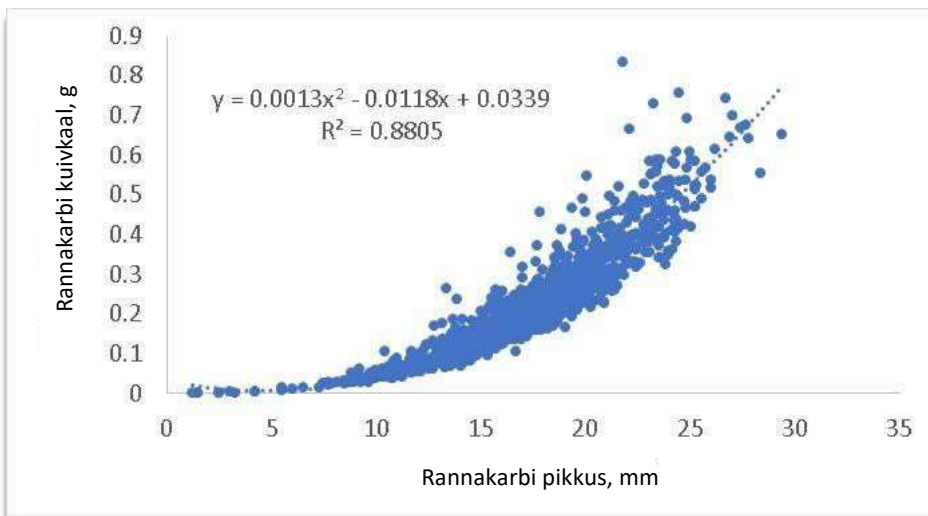
hõlmab koostoimeid. Nende parameetrite erinevad kombinatsioonid võivad anda muutuvaid prognoosivaid tulemusi, kuid üldiselt annab madalam õppimismäär ja koostoimete kaasamine paremaid tulemusi (Elith et al., 2008). Praeguses uuringus hoiti õppemudeli määr 0,001 tasemel ja puude keerukus 5 juures. Mudeli tulemusi hinnati mudeli kasutamisel ajal arvutatud ristkinnitamise statistika abil (Hastie et al., 2009). BRT modelleerimine toimus R-is GBM-paketi abil (Elith et al., 2008). R-paketi "pdp" (Greenwell, 2017) poolt toodetud osalise sõltuvuse kõverate ennustuste standardsed vead ja punktjoonelised standardvead hinnati *bootstrapping*'u abil (100 koopiat). Mitmeliigilisus võib olla BRT mudeldamise probleem, kui hinnatakse, kas ja millal keskkonnamuutujad pakuvad ökoloogilist huvi. Seega arvutati enne modelleerimist Pearsoni korrelatsioonianalüüs kõigi keskkonnamuutujate vahel, et vältida väga suures korrelatsioonis olevate muutujate lisamist mudelisse. Korrelatsioonianalüüs näitas, et enamik muutujaid olid omavahel vaid nõrgalt seotud ($r < 0,5$).

Peamised tulemused. BRT mudelid *M. edulis/trossulus* puhastamise määraga moodustas olulise osa varieeruvusest r^2 väärtustega, mis olid hinnanguliselt 0,93. Soolsus oli puhastamise määra mudeli parim üldine ennustaja. Teised olulised muutujad olid vee temperatuur ja orgaaniliste osakeste kontsentratsioon merevees.

Suurenev soolsus suurendas *M. edulis/trossulus* puhastamise määra üksikjuhtudel kuni teatud läviväärtuseni (st 5 psu). Temperatuurireaktsioon oli järk-järgulisem, temperatuuri tõustes paranes puhastamisvõime vahemikus 0–25 °C. Puhastamise kiirus oli pöördvõrdeliselt seotud orgaaniliste osakeste sisaldusega. Oluline on see, et rannakarpide tõhusa filtreerimise säilitamiseks tuleks orgaaniliste osakeste kontsentratsioon hoida alla 2,5 $\text{g}^{\text{m}^{-3}}$ (joonis 67). Rannakarpide puhastamisvõimekuse populatsiooni skaalale ekstrapoleerimiseks löime Eesti merealade lääneosast (joonis 68) kogutud rannakarpide abil rannakarpide pikkuse ja kaalu vahelise allomeetrilise seose.



Joonis 67. Standardiseeritud funktsionaalse vormi seosed (\pm standardviga), mis näitavad peamiste keskkonnamuutujate mõju *M. edulis/trossulus* üksikute rannakarpide puhastamismääradele, samas kui kõik teised muutujad on kasutusvalmis. Muutujad paigutatakse nende suhtelise panuse alusel BRT mudelisse (näidatud %-des). X-telje ülespoole suunatud märgised näitavad andmete sagedusjaotust sellel teljel.



Joonis 68. Rannakarpide pikkuse ja kaalu suhe Eesti merealadel (avaldamata andmed).

Rannakarpide akvapooniliste üksuste kasutamine maismaal asuvate kalakasvanduste reovee puhastamiseks

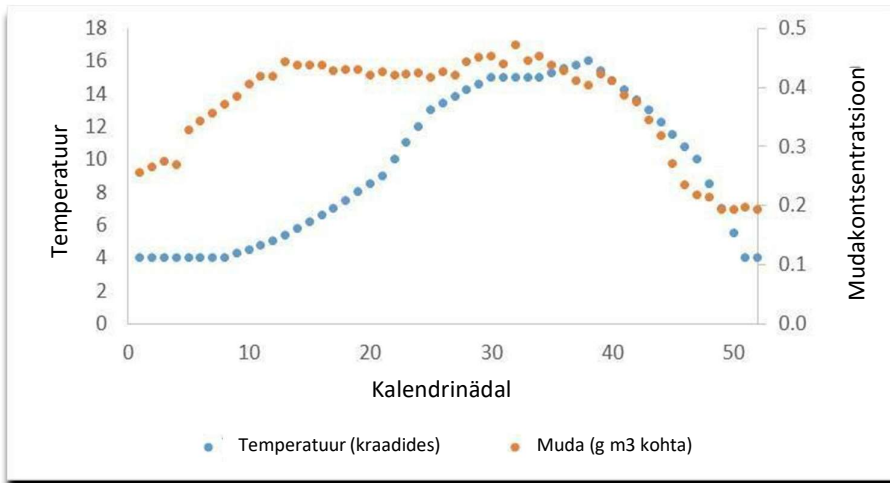
Oluline on märkida, et oma kalatootmise, biomassi, sööda ja jäätmekoguste baasarvutuses kasutasime ühte paljudest võimalikest noorlõhede vette laskmise kombinatsioonidest. Rannakarpide, makrovetikate tootmisvõimsuse loetletud väärtused ei ole otseselt ülekantavad muule tootmisseedisele. Meie numbrid on olulised ainult meie basseini ja kalasumpade mõõtmete, meie keskmise kg kala/m³ suletud vee tiheduse, aastaaja ja nende sööda ning päevase ja nädalase mahu osas.

Traalvõrkude mõõtmed ja makrovetikate tihedus vetikasumpade veesambas on muud olulised parameetrid, mis kindlasti mõjutavad kogutud voogude akvapoonilist efektiivsust.

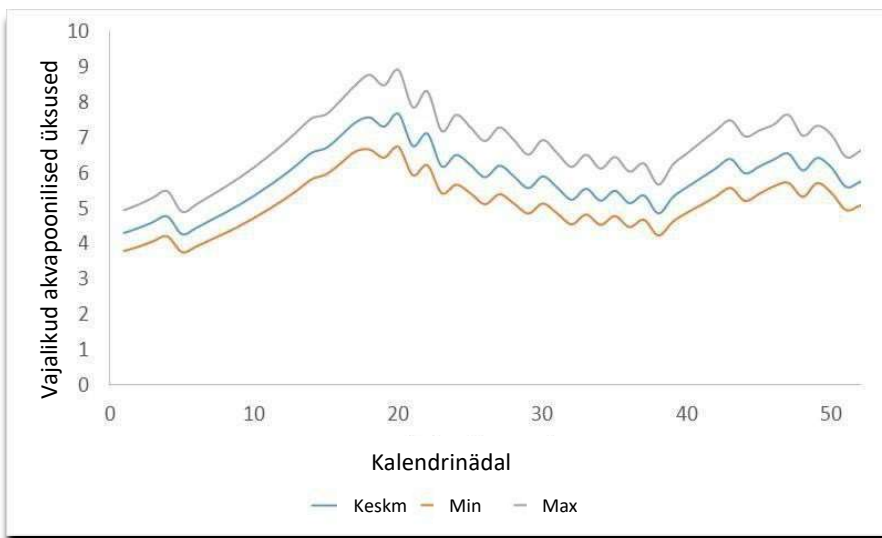
Meie lähtepunkti alus: Merre paigaldatud akvapooniline üksus (rannakarpisumbad)

Akvapooniline süsteem paigaldatakse merre maismaal asuva kalakasvanduse lähedusse. Kalakasvanduse heitvesi suunatakse torujuhtme kaudu rannakarpide akvapoonilisse üksusesse. Oluline on see, et toitained ei lekiks süsteemist merekeskkonda. Meie rannakarbi akvapoonilise seadme mõõtmed on järgmised: läbimõõt 28 m, sügavus 10 m, pindala 615 m² ja maht 6154 m³. Iga selline rannakarpide akvapooniline üksus sisaldab rannakarpide kasvu substraadina traalvõrku. Iga traalvõrk on mõõtudega 9 x 13 m, traalvõrgud on paigutatud sarjades, nende silmade vaheline kaugus on 25 cm ja sellise paigutuse tulemusena on akvapoonilises süsteemis kokku 6552 m² rannakarpide kasvusubstraati. Rannakarpide akvapoonilise kasvanduse põhjas on pump, mis eemaldab iga päev rannakarpide väljaheidet ja surnud karbipoolmed, mis langevad põhja.

Rannakarpide kultuuril (st rannakarpide akvapooniline üksus) põhinevate kalakasvanduste heitveekogude reovee puhastusplaanide välja töötamiseks ja sellise süsteemi tõhususe hindamiseks rakendasime hüpoteetilisest kalakasvandusest pärineva heitvee hinnangulise dünaamika puhastamisvõimekuse mudelit (joonis 69). Kogu kalakasvandusest pärineva heitvee puhastamiseks tuleb rajada seitse (vähemalt 6 ja maksimaalselt 9 ühikut) selliseid rannakarpide üksusi (joonis 70). Kuigi mõnel hooajal võib väiksem rannakarpide arv puhastada kogu heitvett, ei ole vett puhastavate üksuste arvu hooajaline muutmine praktikas teostatav.



Joonis 69. Meres paikneva rannakarpide üksuse veetemperatuuri ja mudakontsentratsiooni muutumine aasta jooksul meie lähtepunktiks olevas kalakasvanduses.



Joonis 70. Merepõhiste akvapooniliste üksuste arv, mis on vajalikud trumlifiltrist pärineva 100% muda filtreerimiseks ühe kalendriaasta jooksul meie lähtepunktiks olevaks kalakasvanduseks.

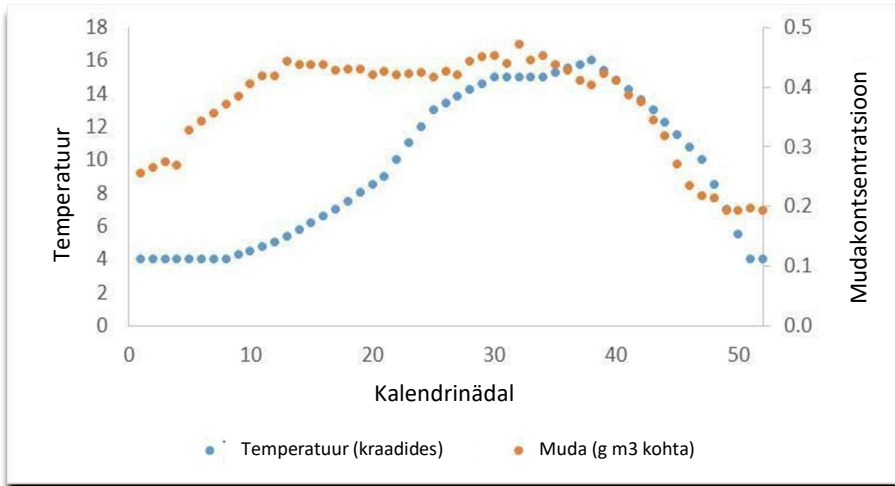
Selliste puhastusjaamade rajamiseks tuleb traalvõrk kõigepealt mais-juunis merre lasta. Seejärel tuleb võrke kontrollida, et näha, kas rannakarpide vastsed on võrgu külge kinnitunud. Kui see õnnestub, saab võrgud viia akvapoonilisse süsteemi. Rannakarpide kasvamiseks kulub umbes üheksa kuud, mille järel on rannakarpide töötlemise üksus valmis kalakasvanduse heitvett täies mahus vastu võtma. Selline puhastusjaam võib töötada aastaid suurema hoolduseta. Siiski, kui eesmärk on rannakarpide saagi kogumine, on seda kõige mõistlikum teha, kui rannakarbid on 2,5-aastased. Iga akvapoonilise üksuse eeldatav rannakarpide saagikus on vähemalt 47,9 tonni rannakarpide (liha ja poolmeid) märgmassi saagiperioodi (st 2,5 aasta) kohta või mainitud 24 tonni aastas. Rannakarpide väljapüüdmine peaks eelistatavalt toimuma sügisel, kui rannakarpide biokeemiline koostis on parim ja kui kalakasvanduse heitvesi ei ole kõige kõrgemal tasemel.

Maismaale paigaldatud akvapooniline üksus (basseinid maismaal)

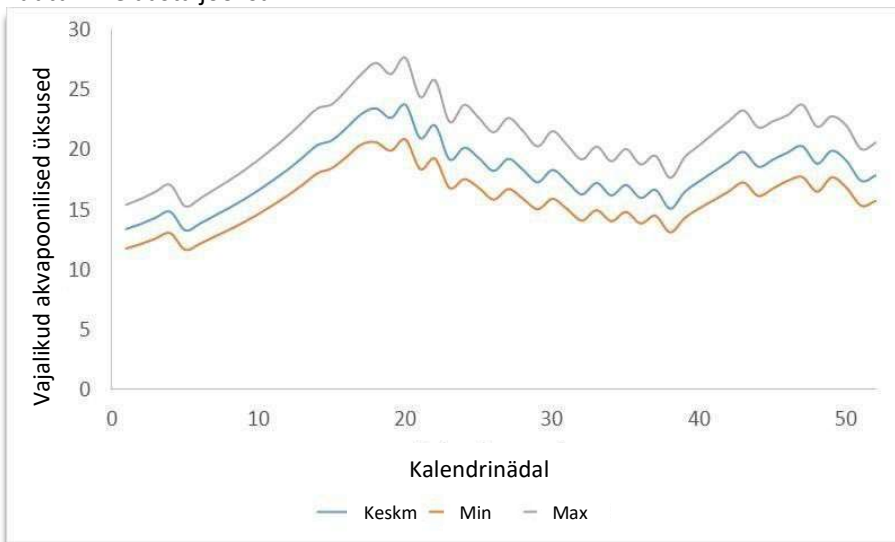
Teise võimalusena saab rannakarpide akvapoonilised süsteemid paigutada ka maismaale. Siin on rannakarbiüksusel mõõtmed järgmised: läbimõõt 25 m, sügavus 4,5 m, pindala 491 m² ja maht 2208 m³. Sarnased mõõtmed nagu maismaal kasvatatud kala baasbiomassi puhul.

Merepõhise süsteemi puhul sisaldab iga selline rannakarpide akvapooniline üksus rannakarpide kasvu substraadina traalvõrku. Iga traalvõrk on mõõtudega 4 x 11 m, traalvõrgud on paigutatud sarjades, traalvõrgu silmade vaheline kaugus on 25 cm ja selline paigutuse tulemuseks on kokku 2112 m² rannakarpide kasvusubstraati akvapoonilises süsteemis. Rannakarpide akvapoonilise kasvanduse põhjas on pump, mis eemaldab iga päev rannakarpide väljaheited ja surnud karpide karbipoolmed, mis langevad põhja. Sumpade ja kalabasseinide puhul on suletud m³ kohta kalade keskmine tihedus erinev.

Kogu kalakasvandusest pärineva heitvee puhastamiseks tuleb luua 24 (minimaalselt 21 ja maksimaalselt 28 ühikut) rannakarpide puhastusjaama (joonis 72). Iga akvapoonilise üksuse eeldatav rannakarpide saagikus on vähemalt 15,4 tonni rannakarpide (liha ja karbipoolmed) märgkaalu ühe saagiperioodi (st 2,5 aastase perioodi) kohta.



Joonis 71. Maismaal paikneva rannakarpide üksuse veetemperatuuri ja mudakontsentratsiooni muutumine aasta jooksul.



Joonis 72. Maismaal asuvate akvapooniliste üksuste arv, mis on vajalik trummelfiltrist väljuva 100% muda filtreerimiseks ühe kalendriaasta jooksul.

Rannakarpide akvapooniliste üksuste kasutamine meresumpadega kalakasvanduse reovee puhastamiseks

Meresumpades võib kasutada sarnast akvapoonilist süsteemi (rannakarbisumbad), nagu eespool kirjeldatud maismaal asuvate kalakasvanduste puhul. Siinkohal on oluline tagada, et toitained ei lekiks sellisest süsteemist merekeskkonda. Lisaks on oluline tagada pumba hooldamine rannakarpide

akvapoonilise jaama põhjas, mis eemaldab iga päev rannakarpide väljaheidet ja surnud karbipoolmed allosas. Selliste rannakarpide akvapooniliste jaamade tegelik arv sõltub konkreetse merepiirkonna temperatuurirežiimist, kuid üldiselt iseloomustab Lääne-Eesti meresumpade alasid eespool kirjeldatud temperatuuride hooajalisus nagu ka maismaasüsteemi puhul ning seetõttu ei erine rannakarpide akvapooniliste üksuste eeldatav arv oluliselt kogu Lääne-Eesti piirkonnast ja jääb hinnanguliselt 7 ± 2 rannakarpide üksuseks kalakasvanduse kohta.

Avamere karpide kasvatamine

Lisaks kalakasvatuse mõju kompenseerimisele saab rannakarpide viljelusettevõtteid asutada iseseisvalt väga suurel alal ja sisuliselt on selle tegevuse jaoks olemas piiramatu loodusvara (mikrovetikad). Lisaks toitainete eemaldamisele suurendab selline rannakarbifarm oluliselt vee läbipaistvust ja leevendab kohaliku vetikate õitsemise ohtu umbes 1 km^2 suurusel alal. Järelikult tasub paigutada rannakarbifarmid maismaal asuvate suure toitainete koormusega piirkondadesse, kuna selline koostoimimine võib kompenseerida merre eralduvaid toitainete vooge ja hoida vesi reovee merrelasketoru läheduses läbipaistvana. Teavet erinevate merepiirkondade rannakarpide kasvatamise sobivuse leiate kohta ODSSi portaalist aadressil <http://www.sea.ee/bbg-odss/Map/MapMain>. Samas portaalis (vt jaotist teie kasvanduse planeerimine) on toodud rannakarpide viljelusettevõtete toodangukogused konkreetsetl merealal ning toitainete kogused pärast rannakarpide toodangu koristamist.

Viited

- Conroy, J.D., Edwards, W.J., Pontius, R.A., Kane, D.D., Zhang, H., Shea, J.F., Richey, J.N., Culver, D.A. 2005. Soluble nitrogen and phosphorus excretion of exotic freshwater mussels (*Dreissena* spp.): potential impacts for nutrient remineralisation in western Lake Erie. *Freshwater Biology*, 50, 1146–1162.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., et al. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129–151.
- Elith, J., Leathwick, J. R., and Hastie, T. (2008) A working guide to boosted regression trees. *J. Anim. Ecol.* 77, 802–813.
- Greenwell, B. M. (2017). pdp: An R Package for Constructing Partial Dependence Plots. *The R Journal* 9, 421–436.
- Gren, I.-M., Lindahl, O., Lindqvist, M. 2009. Values of mussel farming for combating eutrophication: an application to the Baltic Sea. *Ecological Engineering*, 35, 935–945.
- Hastie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. (2009) *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. New York: Springer.
- Higgins, C.B., Stephenson, K., Brown, B.L. 2011. Nutrient bioassimilation capacity of aquacultured oysters: Quantification of an ecosystem service. *Journal of Environmental Quality*, 40, 271–277.
- Sumpa, J., Herkül, K., Sumpa, I., Orav-Sumpa, H., Lauringson, V. 2009. Effects of the suspension feeding mussel *Mytilus trossulus* on a brackish water macroalgal and associated invertebrate community. *Marine Ecology*, 30, 56–64.
- Sumpa, J., Møhlenberg, F. 2002. Grazing impact of *Mytilus edulis* and *Dreissena polymorpha* (Pallas) in the Gulf of Riga, Baltic Sea estimated from biodeposition rates of algal pigments. *Ann. Zool. Fenn.*, 39, 151–160.
- Sumpa, J., Orav-Sumpa, H., Vuorinen, I. 2005. Field measurements on the variability in biodeposition and grazing pressure of suspension feeding bivalves in the northern Baltic Sea. In: R. Dame & S. Olenin (eds) *The Comparative Roles of Suspension Feeders in Ecosystems*. Springer, The Netherlands, Dordrecht, pp. 11–29.
- Sumpa, J.; Futter, M.; Kaasik, A.; Liversage, K.; Rätsep, M.; Barboza, F.R.; Bergström, L.; Bergström, P.; Bobsien, I.; Díaz, E.; Herkül, K.; Jonsson, P.R.; Korpinen, S.; Kraufvelin, P.; Krost, P.; Lindahl, O.; Lindegarh, M.; Lyngsgaard, M.M.; Mühl, M.; Sandman, A.N.; Orav-Sumpa, H.; Orlova, M.; Skov, H.; Rissanen, J.; Šiaulys, A.; Vidakovic, A.; Virtanen, E. 2020. Cleaning up seas using blue growth initiatives: mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea. *STOTEN*, 709, 136144.
- Sumpa, J.; Martin, G.; Orav-Sumpa, H.; Paalme, T.; Sumpa, E.; Sumpa, M.; Raudsepp, U.; Maljutenko, I. 2019. Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks. Lõppraport. Tartu Ülikool.

- Lauringson, V., Sumpa, J., Orav-Sumpa, H., Kaljurand, K. 2014. Diet of mussels *Mytilus trossulus* and *Dreissena polymorpha* in a brackish nontidal environment. *Marine Ecology*, 35, 56–66.
- Lauringson, V., Sumpa, J., Orav-Sumpa, H., Sumpa, I., Herkül, K., Põllumäe, A. 2009. Comparison of benthic and pelagic suspension feeding in shallow water habitats of the northeastern Baltic Sea. *Marine Ecology*, 30, 43–55.
- Lauringson, V., Mälton, E., Sumpa, J., Kangur, K., Orav-Sumpa, H., Sumpa, I. 2007. Environmental factors influencing the biodeposition of the suspension feeding bivalve *Dreissena polymorpha* (Pallas): comparison of brackish and fresh water populations in the Northern Baltic Sea and Lake Peipsi. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 75, 459–467.
- Leathwick, J. R., Elith, J., Francis, M. P., Hastie, T., and Taylor, P. (2006) Variation in demersal fish species richness in the oceans surrounding New Zealand: an analysis using boosted regression trees. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 321, 267–281.
- Lindahl, O. Kollberg, S. 2009. Can the EU agri-environmental aid program be extended into the coastal zone to combat eutrophication? In *Eutrophication in Coastal Ecosystems: Towards Better Understanding and Management Strategies: Selected Papers from the Second International Symposium on Research and Management of Eutrophication in Coastal Ecosystems, 20-23 June 2006, Nyborg, Denmark*, 59. Springer.
- Loite, S.; Sumpa, J. 2021. Profitable mussel farms can clean up the Baltic Sea - just a dream or the real deal? *Baltic RIM Economies*, 25.2.2021, 52.
- Newell, R.I. 2004 Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish Research*, 23, 51–62.
- Newell, R.I.E., Fisher, T.R., Holyoke, R.R., Cornwell, J.C. 2005. Influence of eastern oysters on nitrogen and phosphorus regeneration in Chesapeake Bay, USA. In: Dame, R., Olenin, S. (Eds.), *The Comparative Roles of Suspension Feeders in Ecosystems*. NATO Science Series IV: Earth and Environmental Series 47, 93–120.
- Officer, C., Smayda, T., Mann, R. 1982. Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. *Marine Ecology Progress Series*, 9, 203–210.
- Petersen, J.K., Loo, L.-O, 2004. Miljokonsekvenser af dirking av blåmuslinger. Interregproject III-A "Blåskjellanlegg og nitriogenkvoter". Slutrapport 31.08.2004.
- Reeders, H.H., Bij de Vaate, A. 1990. Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): a new perspective for water management. *Hydrobiologia*, 437–450.
- Zhou, Y., Zhang, S., Liu, Y., Yang, H. 2014. Biologically induced deposition of fine suspended particles by filter-feeding bivalves in land-based industrial marine aquaculture wastewater. *Plos One* 9, e107798.

C Akvapooniline integratsioon - makrovetikate kultiveerimine

Sissejuhatus

Inimesed on kasutanud makrovetikaid juba väga pika aja jooksul (Periera, 2016). Söödavad merevetikad, mida kasutatakse peamiselt toiduallikana, on inimeste jaoks hea valkude, lipiidide ja kiudainete allikas (Dawczynski et al., 2007; Macartain jt, 2007).

Makrovetikate kõrge fotosünteetiline tootlikkus teeb vetikast ka olulise süsiniku salvestamise allika ülemaailmses mastaabis. Kuna makrovetikate aines kandub setetesse ja seeläbi sügavasse merekeskkonda, seovad vetikad atmosfääris sisalduvat CO₂ ja toimib süsiniku sidujana (Gao & McKinley), 1994). Lisaks võib makrovetikate kogumine või kultiveerimine kütuste tootmiseks aidata tasakaalustada fossiilkütustel põhinevatest kütustest inimtekkelist atmosfääri süsiniku tootmist, toimides alternatiivse kütuseallikana süsinikuneutraalsete biokütuste ja bio-butanooli tootmisel (Enquist-Newman et al., 2014; Kraan jt, 2013; Potts et al., 2012; Wei et al., 2013). Lisaks CO₂ kogumisele omastab makrovetikas lahustunud anorgaanilisi toitained, nagu lämmastikku ja fosforit. See protsess stimuleerib vetikate kasvu ja on oluline eutrofeerumise kahjulike mõjude vähendamisel rannikualadel, mis praegusel kujul on suur probleem paljudel rannikualadel üle kogu maailma (Leandro, 2019). Makrovetikate kultiveerimine sõltub peamiselt mereveest, mis sisaldab kasvukeskkonnana toimimiseks piisavalt toitained. Makrovetikate kui fotosünteetiliste organismide kasvukiirus sõltub keskkonnateguritest,

näiteks temperatuur, toitainete kättesaadavus, pH, CO₂, päikesekiirgus ja soolsus (Dawes et al., 1998; Choi et al., 2010; Guo jt, 2015). Sellised tegurid toimivad siiski keerulises koosmõjus, mille tulemusel määratakse teatav kasvukiirus, mis sõltub kasvatatavatest makrovetikate liikidest, sest iga liik on ainulaadne. Veelgi enam, kuna paljudel vetikaliikidel on keeruline ja raskesti mõistetav elutsükl, muutuvad nii paljunemist kui ka kasvu kontrollivad tegurid tõenäoliselt aja jooksul, suurendades seeläbi veelgi kasvatamise keerukuse ja tootmise maksimeerimisega seotud probleeme (Cumming et al., 2019).

Sobivad liigid kasvatamiseks Läänemere kirdeosas

Kuna Läänemeri on riimveeline keskkond, ei suuda enamik maailmamere teistes osades kasvavaid makrovetikate liike sellistes tingimustes ellu jääda. Kasvatamiseks sobivad liigid peaksid tavaliselt vastama ühele või mitmele järgmistest kriteeriumidest:

1. Oportunistlikud liigid, mida iseloomustavad kiire kasv ja tõhus toitainete ja CO₂ omastamine
2. Kasvupinnase nõuetega kohanejad
3. Epifüütilisuse tõhus kontrollimine
4. Vegetatiivne paljunemine, lihtne elutsükl
5. Paindlikkus mõõduka mehhaanilise häirimise suhtes

Eesti rannikul kasvab kuni 80 liiki makrovetikaid, neist sagedamini esinevad umbes 20 liiki. Neist vähem kui 10 saab valida loetletud kriteeriumide alusel. Kõige lootustandvamad massikasvatuse kandidaatliigid kuuluvad roheliste vetikate rühma.

Rohevetikad

Rohevetikad on saanud välimusest lähtuva nime klorofüll (a ja b) pigmentide tõttu ja need moodustavad suure fotosünteetiliste organismide rühma. Rohevetikad kasutavad neid pigmente koos karotenoididega mitte ainult energia tootmiseks, vaid ka ultravioletvalguse kahjulike mõjude kõrvaldamiseks (Barsanti & Gualtieri, 2006) ja keemilise kaitsena (Kadam et al., 2013).

On tõestatud, et rohevetikad on rikkalik süsivesikute, eriti sulfeeritud polüsahhariidide allikas, mis on struktureeritud vetikate rakuseintes (Lahaye & Robic, 2007). Üks selliseid polüsahhariide, Ulvaceae'st saadud ulvaan on vees lahustuv tarretuv polüsahhariid, millel on mitmeid bioaktiivseid omadusi, nagu immunomoduleeriv, viirusevastane, antioksidant ja vähivastane (Kidgell et al., 2019). Ulvaanid moodustavad umbes 20-30% rohevetikate süsivesikute kogusaldusest, kuid nende bioaktiivne kontsentratsioon ja funktsioon sõltuvad teguritest, mis seonduvad aine keemilise struktuuriga. Seetõttu on ulvaani bioaktiivsus väga mitmekesine ja erineb liikidest, millest ainet ekstraheeritakse, samuti keskkonnateguritest, mis mõjutavad taime individuaalselt (Kidgell et al., 2019). Ulvaan pakub huvi ka biomeditsiinitööstusele, uuritakse selle võimalikku kasutamist koetehnoloogiaga seotud rakendustes, antibakteriaalse biokile tekke ennetamisel ja ravimite manustamisel, kuna teadlased on täheldanud, et ulvaani on leitud loomade maksarakkudes (Kidgell et al., 2019; Alves jt, 2013; Wijesekara jt, 2011; Venkatesan jt, 2015; Cunha & Grenha, 2016). Sellise efekti põhjustavate toodete arendamine võib kaasa tuua märkimisväärseid majanduslikke võimalusi.

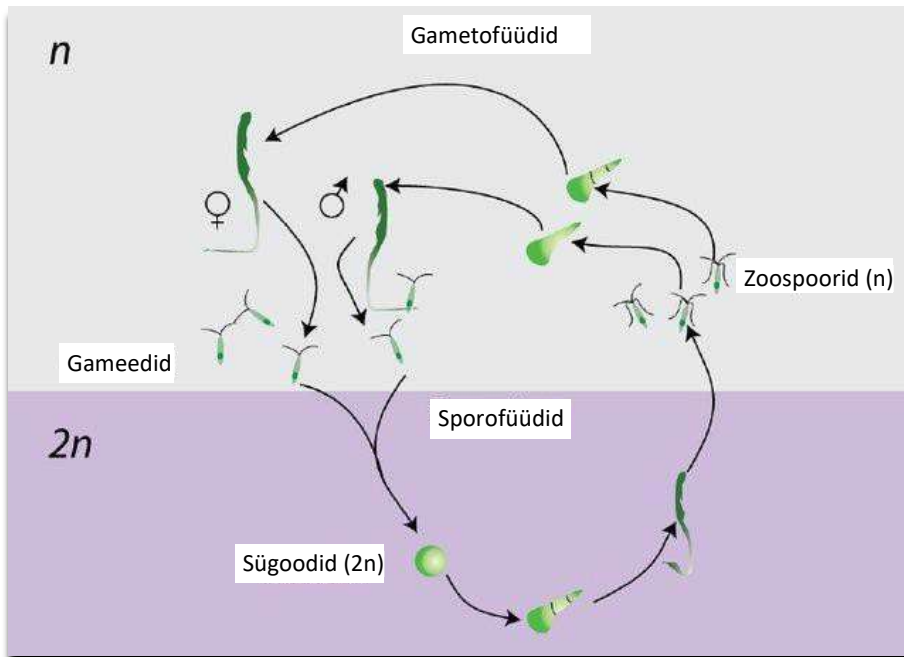
Lisaks on ulvaanidel ainulaadsed tarretavad ja bioaktiivsed omadused – on teatatud, et rohevetikatel on erinevaid uudseid kasutusviise ka mujal kui vaid toidu- ja farmaatsiatööstuses. Ulva sp-st leitud anioonsed polüsahhariidid on suutelised vetikate rakustruktuuri koguma raskemetalle. Sellisel kujul suudab Ulva sp. koondada vett saastavaid raskemetalle, kõrvaldada need ringlusest ja hävitada (Webster & Gadd, 1996; Bocanegra jt, 2009; Schijf & Ebling, 2010). Seda Ulva sp. võimet saab seega

kasutada inimtekkeliste reovee vähendamiseks, kuna liikide kasvukiirus on, eriti kõrge toitainerežiimiga kasvukohas, kiire (Kraan, 2013; Castine et al., 2013, Lawton et al., 2013; Glasson et al., 2017). Ulva kultiveermine on seega oluline ja kasulik abivahend keskkonnapetsialistidele, mis aitab tagada raskemetallide bioremediatsiooni.

On tõestatud, et rohevetikastest saadud tavalised keemilised ühendid on oma olemuselt väga erinevad ning neid kasutatakse ravimites, toidulisandites, toidus, söödas, viljeluses ja bioremediatsioonis.

Eesti rannikuoludes peetakse rohevetika *Ulva intestinalis* kasvatamist üheks kõige perspektiivikamaks massikasvatuse liigiks:

1. liigid esinevad Eesti rannikumeres suurema osa oma vegetatiivsest perioodist (aprill november)
2. liigid võivad kasvada nii kinnitunud kui ka vabalt ujuval kujul
3. liigid ei ole vee soolsuse suhtes tundlikud (0,1-15 PSU)
4. liigid tarbivad suurt toitainete kontsentratsiooni
5. liik annab paljunemisperioodil mitu põlvkonda
6. epifüütide aktiivne kontroll
7. lihtne struktuur
8. lihtne elutsükel (joonis 1.)
9. palju erinevaid ärilisi rakendusi



Joonis 73. Rohevetika *Ulva intestinalis* elutsükel (Bast 2014 järgi).

Viljelusmeetodid

Makrovetikate kultiveerimine on eelnevalt kindlaks määratud konkreetse vetikate liigi spetsiifiliste kasvunõuetega. Üldiselt on kasvu reguleerivad peamised keskkonnategurid viljeluskeskkonnana kasutatava merevee füüsikalised omadused. Makrovetikate kasvu reguleerivad teataval nii määral temperatuur, pH, soolsus, toitainete kättesaadavus kui ka päikesekiirgus (PAR). Lisaks on makrovetikatel sageli keerulised elutsüklid ja sellisena põhjustavad teatud keskkonnategurid vetikate erinevates eluetappides kasvu ebaproportsionaalsust. Seega eeldab viljelusettevõtte edukas tegevus kõrgetasemeliste bioloogiliste ja tehniliste teadmiste omandamist.

Integreeritud multitroofne vesiviljelus

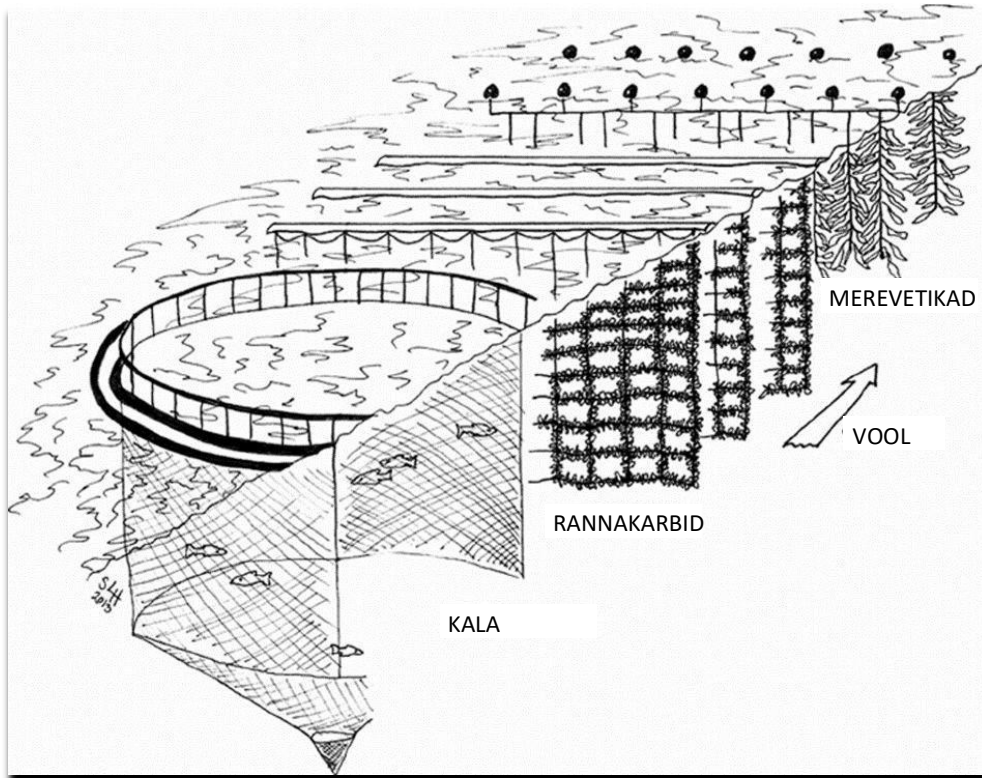
Traditsioonilist üheliigilist vesiviljelust, mille puhul kasvatatakse ühte liiki biomassi tootmist maksimeerival viisil, peetakse üha enam liiga lihtsaks ja merekeskkonna halvenemisele pigem kaasa aitavaks teguriks. Selleks, et vähendada mõningaid loomade vesiviljelusega seotud keskkonnamõjusid, nagu liigsetest toitainetest tulenev eutrofeerumine, haiguste levik ja parandamine teatavast piirkonnast pärit viljelustoodang, integreeritakse merevetikad traditsioonilistesse loomakasvatusega seotud tegevustesse. Mitme vesiviljelusliigi kaasviljeluse praktikat vahetus läheduses nimetatakse integreeritud multitroofseks vesiviljeluseks (IMTA) ja sellest on mitmete liikide puhul palju kasu. IMTA mudelis seatakse esikohale selliste liikide kultiveerimine, mille ühe liigi tooteid (anorgaanilisi ja orgaanilisi) tarbib teine liik energiaallikana. Seega väheneb vajadus lisada merevetikate kasvu edendamiseks kulukaid väetisi ja merevetikate biomassi kasv suurendab kasumit jätkusuutlikul viisil.

Mitmes uuringus on hinnatud kalade vesiviljeluse heitvee ja jäätmete mõju makrovetikate kasvule. Nendes uuringutes leiti, et merevetikate biomass suurenes, kui seda kasvatada olemasolevates kalakasvandustes. Buschmann jt (2008) uuring näitas, et merevetikatega, mida kasvatatakse lõhe vesiviljeluse toimingute vahetus läheduses koos teiste IMTA filtreerijatega, tekib orgaaniliste ja anorgaaniliste toitainete omastamine ja imendumine. See vähendab omakorda lõhekasvatuse keskkonnamõju (Buschmann et al., 2008).

Makrovetikate tootmise integreerimine praegustesse loomakasvatusemeetoditesse võib olla kasulik ka viljelusettevõtete tegevusele bioremediatsiooni ja muude bioloogiliste toimingute kaudu. Makrovetikad võtavad kasvades veesambast liigsed toitained, parandades sellega vee üldist kvaliteeti ja kompenseerides viljelusettevõtte kahjulikke mõjusid. Lisaks võib makrovetikate kasvatamine kompenseerida keskkonnamõju ka maismaal. Makrovetikate kasutamine väetisena kasutamisel mulla seisundi parandamiseks ja sünteetiliste kemikaalide asendamiseks võib kompenseerida atmosfääriheidet. Makrovetikate vesiviljeluse keskkonnakasu on seega tunda ja tajuda nii kohalikul kui ka globaalsel tasandil, leevendades eutrofeerumist ja suurendades bioloogilise mitmekesisuse suurenemist kohalikul tasandil ning sidudes süsinikku ehk "sinist süsinikku", mis toimib ülemaailmselt. Selle alusel on vesiviljelustoimingutes võimalik kasutada keskkonnatoetusi, mis aitavad parandada majanduslikku elujõulisust.

Üks suurimaid väljakutseid traditsioonilistes üheliigilistes vesiviljelustoimingutes IMTA rakendamisel on kasvatamiseks sobivate merevetikaliikide leidmine. Tavaliselt sobivad IMTA eesmärkideks kõige paremini liigid, mille tootlikkus/kasvumäär on kõrge, millel on hea toitainete omastamine, kõrge majanduslik väärtus ja mis on keskkonnanõuetes suhtes suhteliselt vastupidavad. Kui optimeerida viljelusettevõtte ülesehitust ja kasutada andmepõhiseid mudeleid koos esmaste bioloogiliste uuringutega, saab IMTA jaoks valida merevetikaliigid, mis optimeerivad majanduslikku kasu ja aitavad kaasa keskkonna tervendamisele.

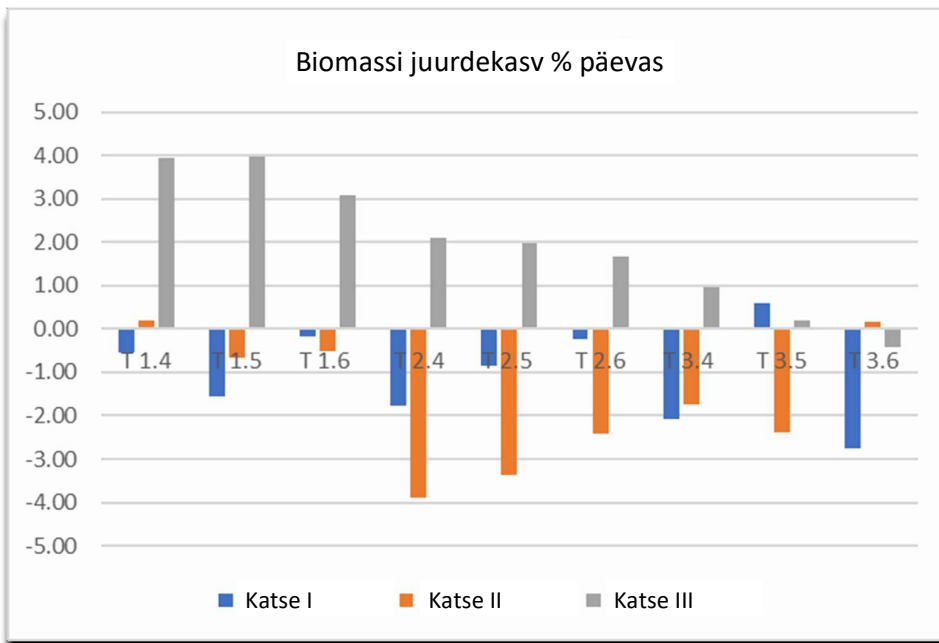
IMTA praktikate ülevõtmisega on vesiviljelusettevõtetel võimalik mitte ainult vähendada oma tegevuse keskkonnamõju, vaid saada ka majanduslikku kasu, mitmekesistades turustavaid tooteid. Joonisel 2 on näide IMTA-toimingust.



Joonis 74. Integreeritud multitroofilise vesiviljeluse (IMTA) näidis – vikerforell polaaringi sumbas, rannakarbid SmartFarm TM õngejadal ja merevetikad õngejada raskusel (Holdt & Edwards, 2014).

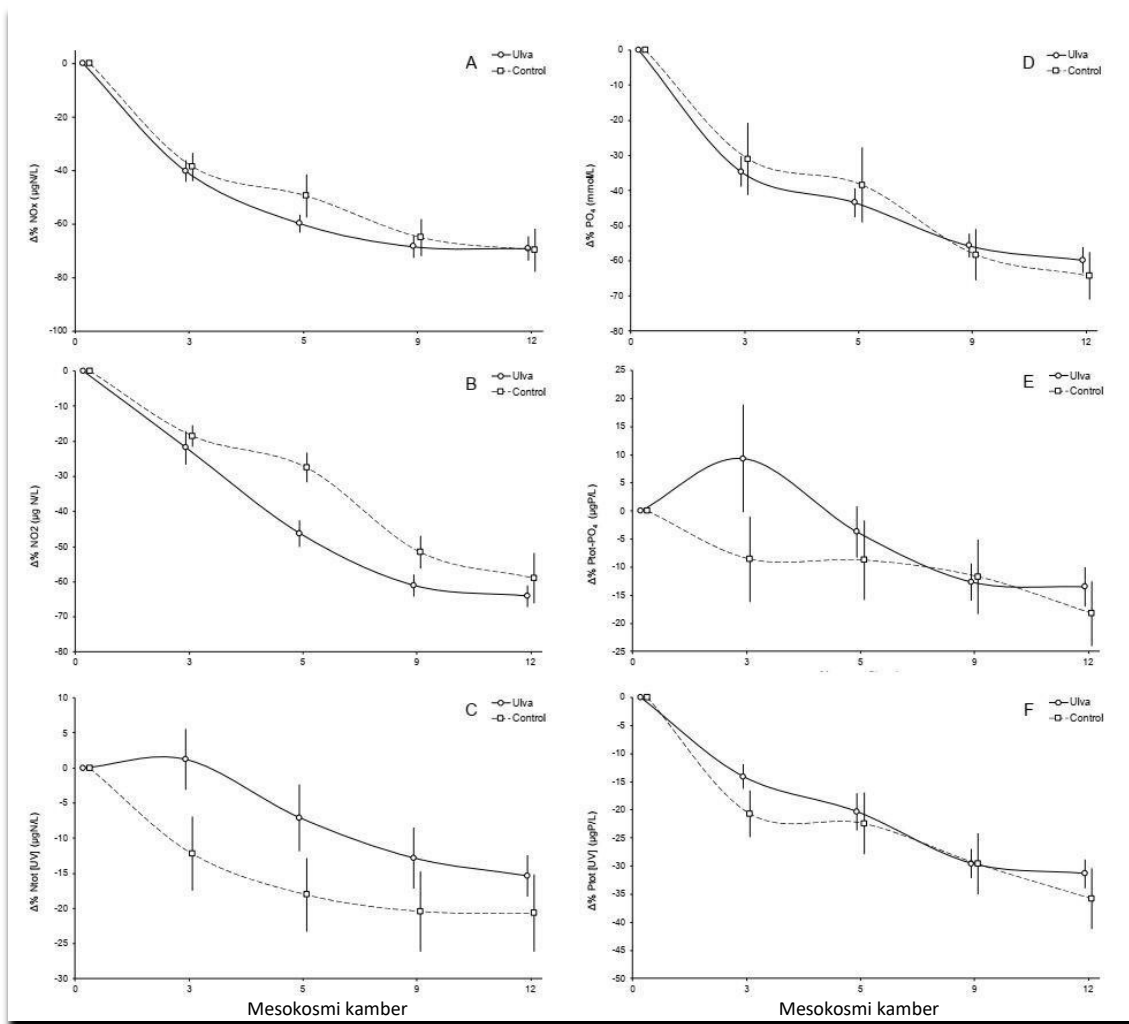
Rohevetika *Ulva intestinalis* kasvatamine

Ulva sp. kasvatamist kasutatakse kogu maailmas paljude erinevate rakenduste jaoks. Seda liikide rühma kasvatatakse nii vabalt ujuvalt basseinides kui ka köitel avavees. Ulva Eestis kasvatamise kogemused peaaegu puuduvad. Hiljuti lõppenud projekt oli esimene katse Ulva biomassi kasvatamiseks ja kasutamiseks kalakasvanduse heitveest toitainete eemaldamiseks (TÜ EMI, 2021). Projekti peamine eesmärk oli uurida võimalust eemaldada toitained kalakasvanduse reoveest enne vee merre tagasi laskmist, kuid edukas katses saavutati kõrvalsaadusena kuni 4% biomassi juurdekasvu päevas (joonis 3.). Kirjanduse kohaselt võib Ulva biomassi juurdekasv sellistes süsteemides ulatuda kuni 30 %-ni päevas.



Joonis 75. Biomassi juurdekasv inkubatsioonibasseinides (% /24h) 2020. aastal Kesknõmmel (Saaremaa loodeosas) läbi viidud Ulva viljeluskatsel. Iga katse kestis 4-5 nädalat. Katsed I ja II ebaõnnestusid inkubatsioonibasseinides vee ülekuumenemise tõttu (TÜ EMI 2021).

Leiti, et testitud toitainete kontsentratsioon väheneb kogu mesokosmi seeria jooksul. Täheldati, et rohevetikate *Ulva intestinal* sisaldavad mesokosmid omastasid nii nitritit kui nitraati võrreldes seotud kontrolliga. Soodsates kasvutingimustes osutas U. intestinalis oluliselt suuremat nitraadi ja nitriti omastamist, mis tulenes toitainete vähenemisest 18,4% ja 25,2% võrra võrreldes (üliõpilaste t- test; lk <0.05) (joonis 4.). Leiti, et fosforit sisaldavate toitainete kogused on proovide hulgas väga erinevad ja selle suure varieeruvuse tõttu ei leitud olulisi erinevusi toitainete kontrollseeriade ja makrovetikate varutud seeriade vahel, mida nende toitainete osas uuriti. Üldiselt osutas süsteem toitainete eemaldamise suurele efektiivsusele, kusjuures kuni 60% nii nitraadist kui ka nitritist oli süsteemist eemaldatud ning 60% fosfaadist ja 30% fosforist oli eemaldatud ka forelli mesokosmis mõõdetud toitainete kontsentratsioonist (Hall ja Martin 2021).



Joonis 76. Toitainete keskmise kontsentratsiooni muutus (A = nitrit, B = nitraat, C = kogulämmastik, D = fosfaat E = fosfor ja F = kogufosfor) protsentides võrreldes algelt forellis ladustunud mesokosmis kogu mesokosmi seeriaga võrreldes. Ulva sarjas neljal, viiel ja kuuendal kohal olevad mesokosmid olid varustatud makrovetikatega. Kontrollseeria ei sisaldanud makrovetikaid. Veapiir on ± 1 standardveaks loetav viga (Hall & Martin 2021).

Ulva kasvupotentsiaali mudeldamine Lääne-Eesti kalakasvanduse näitel

Meie näite puhul eeldame, et suudame Ulvat kasvatada kalakasvanduse sumpadest ja rannakarpide sumpadest tuleva merevee pidevas voolus. Rannakarpide inkubatsioonisumbad eemaldavad suurema osa sumpadesse veega kanduvatest tahketest osakestest ja Ulva sumpadesse voolav vesi küllastub CO₂-ga ning sellest tekib suur toitainete kontsentratsioon. Vee temperatuur muutub hooajaliselt, kuid eeldame, et kasvandus asub sügavama veega piirkonnas (mitte saarestikus, kus vee temperatuur võib suvekuudel tõusta +20 kraadini). Ulva kasvatamise optimaalne temperatuur peaks olema vahemikus 13-18 °C (TÜ EMI vaatlus 2021. a). Kõrgemaid ja madalamaid temperatuure ei peeta optimaalseks.

Mudeldamise tulemus on esitatud tabelis 1. Oleme otsustanud, et vesiviljelusüksuse maht on 6154 m³. Ulva optimaalne tihedus sellises üksuses on 1,6 kg dw/m³. Selle tiheduse tulemusel saadakse ligi 10 t Ulva kuivmassi, mida hoitakse üksuses pidevalt. Vetikate õhutamiseks ja ringluse võimaldamiseks on vaja basseini/sumpi pidevalt õhutada, et tekiks vertikaalne veeringlus ja vetikate mass saaks võrdselt päikest.

Eelduseks on, et toitaineid ja CO₂ on saadaval optimaalses määras (piiranguteta) ja biomassi
lk 77 / 98

tootlikkus on 3 kuu jooksul hinnanguliselt 10% päevas ning pool sellest viie kuu jooksul aastas.

Peamised modelleerimisvaatlused;

- Ulva sp toitainete sisaldus. Kasutati 30–36 mg/g lämmastikku ja 1,2-1,8 mg/g dw fosforit (Villares et al 1999).
- Tulemus näitab ligikaudu 160 t rohevetika *Ulva intestinalis* kuivkaalu tootmist ühe hooaja jooksul ühe basseini/sumba kohta.
- Selle biomassi tootmisel heitveest eemaldatud toitainete kogus on ligi 4,8 t lämmastikku ja 0,230 t fosforit.

Tabel 1. Ulva kasvatamise tootlikkuse hinnangute tulemused Lääne-Eesti kalakasvanduse süsteemis.

Arvestus 1 sumba kohta	
tihedus kg dw/m³	1.6
maht m³	6154
alaline varu kg dw	9846.4
juurdekasv, 1 päev (10%)	984.64
juurdekasv 30 päeva	29539.2
juurdekasv 90 päeva (optimaalne)	88617.6
juurdekasv 150 päeva (50% optimaalselt)	73848
juurdekasv hooajal kg dw	162465.6
juurdekasv hooajal kg ww	1624656

Joonis 77 Rohevetika *Ulva intestinalis* tootlikkusandmed

Võimalikud piirangud:

1. Biomassi tuleb inkubatsioonimahutist pidevalt koguda/eemaldada (vähemalt üks kord 3 päeva jooksul tuleb optimaalsel hooajal eemaldada 1/3 biomassist)
2. Inkubatsioonirajatise käitamiseks on vaja alustada biomassi või G0 tootmist. Seda ei saa loodusest koguda ega osta – vaja on eraldi maaviljelusrajatist.
3. Selle massi viljelemist ei ole praktikas proovitud – seega tuleb arendus- ja testimisetapp enne reaalselt rakendamist läbi teha.



Joonis 78. Kasvatatud *Ulva intestinalis* Kesknõmme katsekasvanduses septembris 2019.

Viited

Alves, A.; Sousa, R.A.; Reis, R.L. A practical perspective on ulvan extracted from green algae. *J. Appl. Phycol.* 2013, 25, 407–424.

Barsanti, L.; Gualtieri, P. *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2006.

BAST, F 2014. An Illustrated Review on Cultivation and Life History of Agronomically Important Seaplants. In *Seaweed: Mineral Composition, Nutritional and Antioxidant Benefits and Agricultural Uses*, Eds Vitor Hugo Pomin, 39-70. Nova Publishers, New York ISBN: 978-1-63117-571-8

Bocanegra, A.; Bastida, S.; Benedí, J.; Ródenas, S.; Sánchez-Muniz, F.J. Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds. *J. Med. Food* 2009, 12, 236–258.

Buschmann, A.; Varela, D.; Hernández-González, M.C.; Huovinen, P. Opportunities and challenges for the development of an integrated seaweed-based aquaculture activity in Chile: Determining the physiological capabilities of *Macrocystis* and *Gracilaria* as biofilters. *J. Appl. Phycol.* 2008, 20, 571–577.

Castine, S.A.; McKinnon, A.D.; Paul, N.A.; Trott, L.A.; de Nys, R. Wastewater treatment for land-based Aquaculture: Improvements and value-adding alternatives in model systems from Australia. *Aquac. Environ. Interact.* 2013, 4, 285–300.

Choi, T.S.; Kang, E.J.; Kim, J.; Kim, K.Y. Effect of salinity on growth and nutrient uptake of *Ulva pertusa* (Chlorophyta) from an eelgrass bed. *Algae* 2010, 25, 17–26.

Cumming, E.E.; Matthews, T.G.; Sanderson, C.J.; Ingram, B.A.; Bellgrove, A. Optimal spawning conditions of *Phyllospora comosa* (Phaeophyceae, Fucales) for mariculture. *J. Appl. Phycol.* 2019, 31, 3041–3050.

Cunha, L.; Grenha, A. Sulfated Seaweed Polysaccharides as Multifunctional Materials in Drug Delivery Applications. *Mar. Drugs* 2016, 14, 42.

Dawczynski, C.; Schubert, R.; Jahreis, G. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.* 2007, 103, 891–899.

Dawes, C.J.; Orduña-Rojas, J.; Robledo, D. Response of the tropical red seaweed *Gracilaria cornea* to temperature, salinity and irradiance. *J. Appl. Phycol.* 1998, 10, 419–425.

Enquist-Newman, M.; Faust, A.M.E.; Bravo, D.D.; Santos, C.N.S.; Raisner, R.M.; Hanel, A.; Sarvabhowman, P.; Le, C.; Regitsky, D.D.; Cooper, S.R.; et al. Efficient ethanol production from brown

macroalgae sugars by a synthetic yeast platform. *Nature* 2014, 505, 239–243.

Gao, K., & McKinley, K. R. (1994). Use of macroalgae for marine biomass production and CO₂ remediation: a review. *Journal of Applied Phycology*, 6(1), 45–60.

Glasson, C.R.K.; Sims, I.M.; Carnachan, S.M.; de Nys, R.; Magnusson, M. A cascading biorefinery process targeting sulfated polysaccharides (ulvan) from *Ulva ohnoi*. *Algal Res.* 2017, 27, 383–391.

Guo, H.; Yao, J.; Sun, Z.; Duan, D. Effect of temperature, irradiance on the growth of the green alga *Caulerpa lentillifera* (Bryopsidophyceae, Chlorophyta). *J. Appl. Phycol.* 2015, 27, 879–885.

Hall, J. R., & Martin, G. (2021). The Filtration of Dissolved Organic Nutrients from Fish Farm Wastewater Using a Macroalgae Biofilter. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* (Submitted)

Holdt, S. L., & Edwards, M. D. (2014). Cost-effective IMTA: a comparison of the production efficiencies of mussels and seaweed. *Journal of applied phycology*, 26(2), 933–945.

Kadam, S.U.; Tiwari, B.K.; O'Donnell, C.P. Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *J. Agric. Food Chem.* 2013, 61, 4667–4675.

Kidgell, J.T.; Magnusson, M.; de Nys, R.; Glasson, C.R.K. Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function. *Algal Res.* 2019, 39, 101422.

Kraan, S. Mass-cultivation of carbohydrate rich macroalgae, a possible solution for sustainable biofuel production. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* 2013, 18, 27–46.

Lahaye, M.; Robic, A. Structure and function properties of Ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. *Biomacromolecules* 2007, 8, 1765–1774.

Lawton, R.J.; Mata, L.; de Nys, R.; Paul, N.A. Algal Bioremediation of Waste Waters from Land-Based Aquaculture Using *Ulva*: Selecting Target Species and Strains. *PLoS ONE* 2013, 8, e77344.

Leandro, A.; Pereira, L.; Gonçalves, A.M.M. Diverse Applications of Marine Macroalgae. *Mar. Drugs* 2019, 18, 17.

Macartain, P.; Gill, C.I.R.; Brooks, M.; Campbell, R.; Rowland, I.R. Special Article Nutritional Value of Edible Seaweeds. *Nutr. Rev.* 2007, 65, 535–543.

Pereira, L. *Edible Seaweeds of the World*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016.

Pereira, L. *Therapeutic and Nutritional Uses of Algae*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.

Potts, T.; Du, J.; Paul, M.; May, P.; Beitle, R.; Hestekin, J. The production of butanol from Jamaica Bay Macro Algae. *Environ. Prog. Sustain. Energy* 2012, 31, 29–36.

Schijf, J.; Ebling, A.M. Investigation of the ionic strength dependence of *Ulva lactuca* acid functional group pK_as by manual alkalimetric titrations. *Environ. Sci. Technol.* 2010, 44, 1644–1649.

TÜ EMI. (2021). Mereveel põhineva kalakasvatuse heitvee puhastamine suurvetikate kultiveerimise kaudu. Project report. 120.

Venkatesan, J.; Lowe, B.; Anil, S.; Manivasagan, P.; Kheraif, A.A.A.; Kang, K.H.; Kim, S.K. Seaweed polysaccharides and their potential biomedical applications. *Starch/Staerke* 2015, 67, 381–390.

Villares, R., Puente, X. and Carballeira, A. (1999). Nitrogen and phosphorus in *Ulva* sp. in the Galician Rias Bajas (northwest Spain): Seasonal fluctuations and influence on growth. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 15 (1-4). 1999: 337-341

Webster, E.A.; Gadd, G.M. Cadmium replaces calcium in the cell wall of *Ulva lactuca*. *BioMetals* 1996, 9, 241–244.

Wei, N.; Quarterman, J.; Jin, Y.S. Marine macroalgae: An untapped resource for producing fuels and chemicals. *Trends Biotechnol.* 2013, 31, 70–77

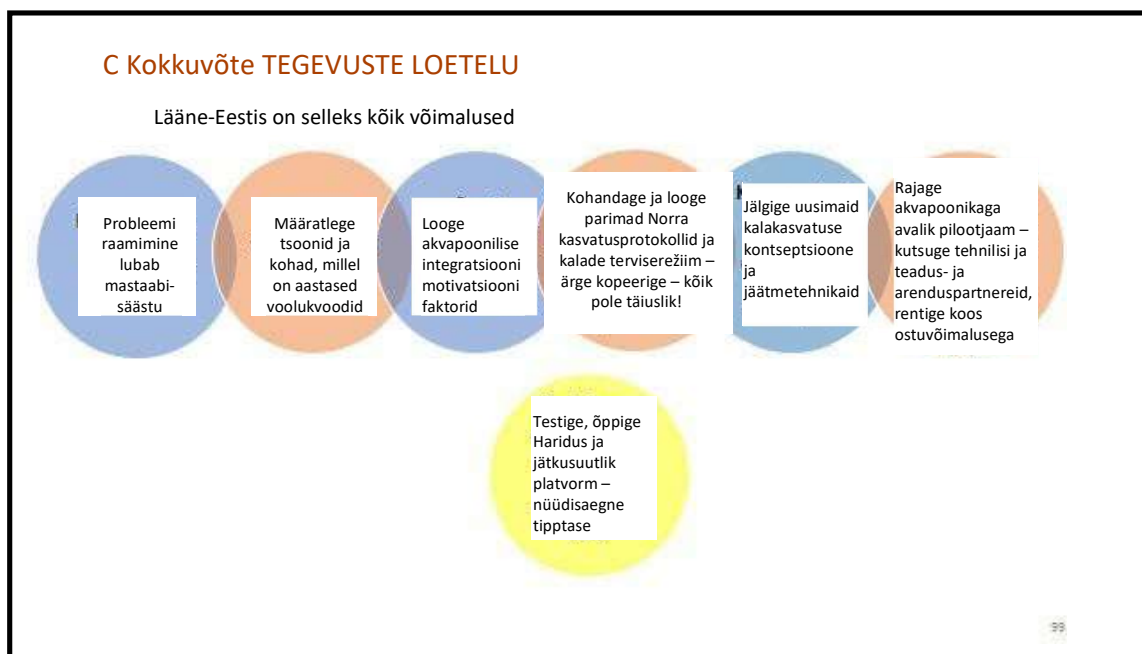
Wijesekara, I.; Pangestuti, R.; Kim, S.-K. Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydr. Polym.* 2011, 84, 14–21.

D Tegevuste loetelu/ elemendid

Allpool on loetletud erinevaid vajalikke ette võetavaid tegevusi. On oluline, et WEM varuks aega ja eraldaks vahendeid oma strateegilise suuna edasiste sammude hindamisel. Meie ringmajanduse hinnangud on konservatiivsed; Norras on ligikaudu 3x maismaatöökohta iga kalakasvataja kohta ja sealne tootlikkus on ligikaudu 300 tonni tootlikkust töötajate kohta. Lääne-Eestit hinnates oleme lähtunud pigem töömahust: töö kui 1:1 ja tootlikkus 100 tonni inimese kohta aastas.

Norra kalaplatvormide ning kalade tervishoiu ja tegevuslubade väljastamisega seotud riikliku vesiviljeluse asutuse võtmeisikutega suhtlemist ja külastusi peetakse väga oluliseks. Soovituslik on kohtuda esmalt riikliku sektori pädevate spetsialistidega ja külastada seejärel kalakasvandusi.

Videokohtumine Taani meresumpades forellide kasvatajate juhiga tooks samuti esile olulisi valdkonnaga seotud küsimusi.



C Kokkuvõtte TEGEVUSTE LOETELU



101

C Kokkuvõtte TEGEVUSTE LOETELU

VÄLTIGE ambitsioone, et teete kõik ise – ärge leiutage ratast aastal 2021;

- Strateegiline on luua kestlik plaan => rajada 2025. aastaks 2–4 kaasaegset kaubanduslikku kalakasvandust ja 2–3 akvapoonikat
- Luua kesksed katse- ja arendusjaamad
- Alustamiseks ostke või liisige kõik vajalik
- Kutsuge looma ühissettevõtteid ja tegema koostööd
- Väljastada kasvatuslitsentse ja dokumente, mis motiveerivad erasektori sidusrühmi tegutsema
- Tehnika tootjad, tuuleenergia ettevõtted ja Poola sekundaartööstus peaksid olema Lääne-Eesti potentsiaalset väga huvitatud
- Samuti tuleb toetada kohalikke pelaagilise kalapüügi ettevõtteid/laevatehaseid

102

Joonis 79 Tegevuste loetelu.

Kommentaariid;

Meie arvates on väga oluline luua teadus- ja arendusjaam, kus saaks jagada ressursse ja teadmisi teadusest ja praktilisest viljelusest ning akvapoonilistest tegevustest. Käesoleva raporti osaks on eraldi, piiratud jaotusega dokument, milles on kirjeldatud vastava üksuse loomist, selle sidusrühme, asutamisse panustamise kaasamist (tegevuskulud, tööjõud, alginvestering).

C Kokkuvõte TEGEVUSTE LOETELU Pilootjaam

Pilootjaama soovitus

- integreeritud Põhjamaade/Balti piirkonna ülikoolidega
- määratleda vahetusprogramm põllumajandustöötajatele, haridusele, majutus- ja toitlustussektorile, näidata Põhjamaadele kõike akvapoonika integratsiooni kohta
- Kutsuda kalakasvatajaid, söödatootjaid, tehnikatootjaid



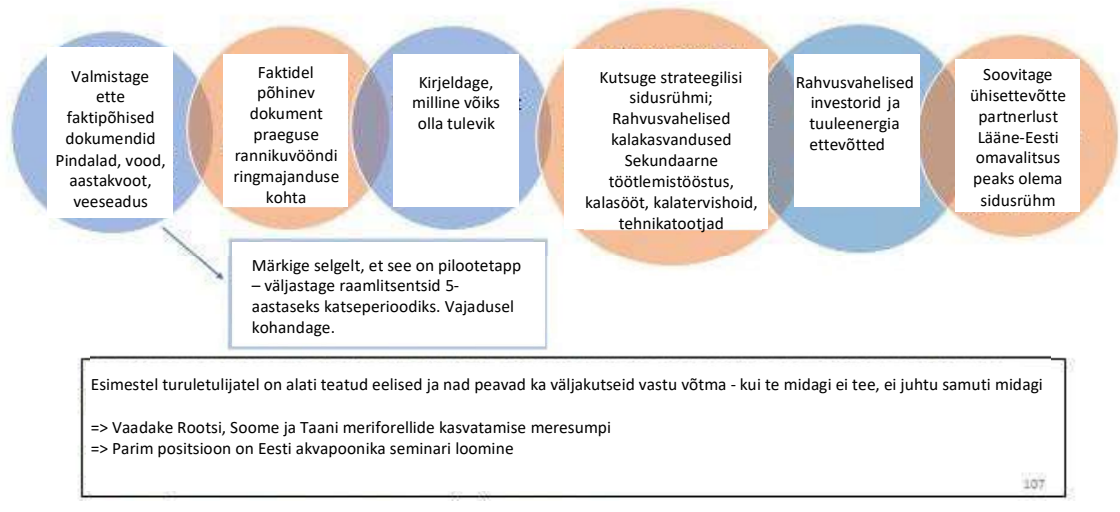
Joonis 80 Tegevuste loetelu. Pilootjaam.

Kommentaariid:

Neid ujuvüksusi omab ja haldab Norra suurim erakapitalil põhinev teadus- ja arendusettevõtte LetSea AS, www.letsea.no. Ettevõtte on ujuvate kalasumpade suurim omanik ja operaator.

C Kokkuvõte TEGEVUSTE LOETELU Rahvusvaheline seminar

Reklaamige Lääne-Eestit ja korraldage rahvusvaheline seminar



Joonis 81 Rahvusvaheline seminar.

Kommentaariid:

Üldine faktipõhine ingliskeelne versioon praeguse rannikumajanduse erinevate elementide struktuurist on väga väärtuslik – potentsiaalsed sidusrühmad saavad ülevaate olemasolevast väärtuslikust struktuurist ilma, et nad peaksid ise nullist alustama. Ülevaade peab sisaldama ettevõtte, kodulehe, asukoha ja peamiste tegevusalade andmeid, aidates sellega vähendada

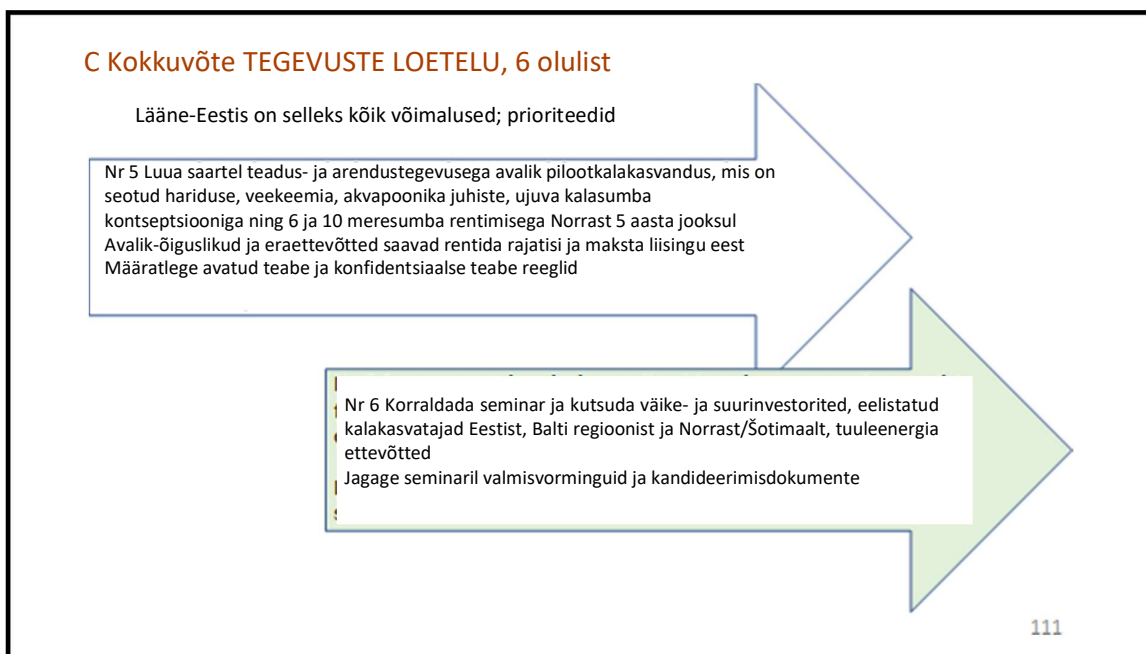
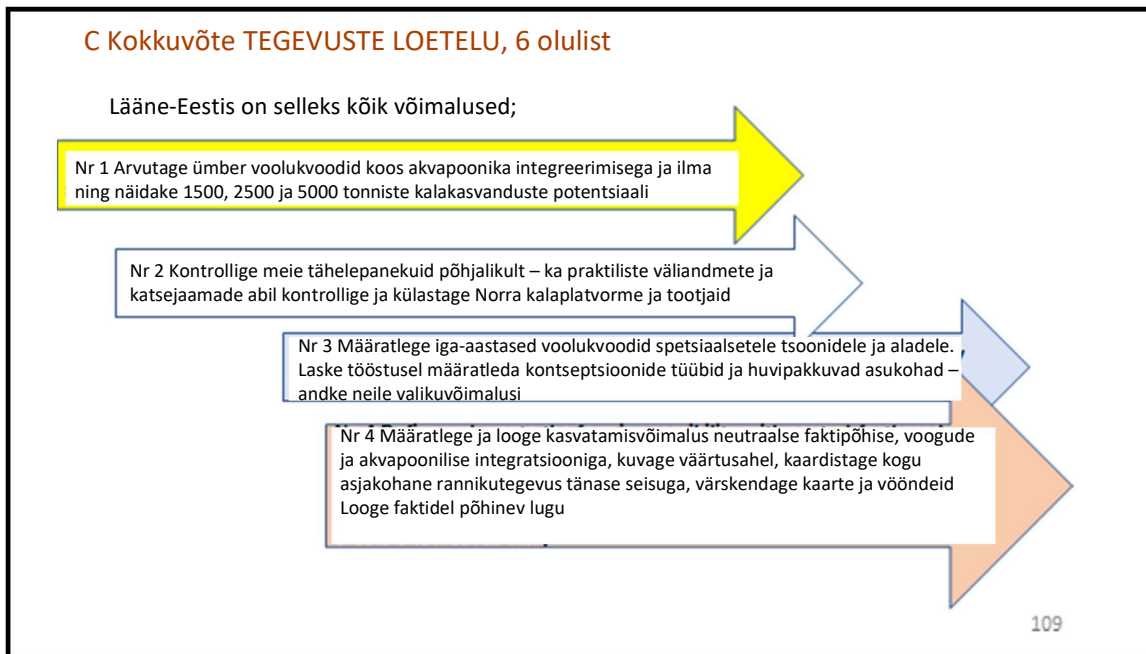
laienemisfaasis tekkivad riskitegureid. Ülevaade peab hõlmama era- ja avalikku sektorit.

Luu skemaatilised ülevaated piirkondadest, mida avalik sektor peab parimateks vesiviljeluspiirkondadeks. Tegevusload ja biomassi kvoot ei pea olema 100% ulatuses lõplikud, kuid võivad viidata vahemikele, nt 500-1500 tonni, 1500–2000 tonni või > 2000 tonni. Kõik seondub toodetud kala kilogrammi kohta tekkiva voo kogusega.

Täpsem veeseaduse definitsioon;

Tuleb täpsustada määratlust, mida tähendab kala tootmine, kas tegemist on elusalt välja puutub biomassiga või on välja puütud saagile lisatud suuremuse ligikaudne määr? See mõjutab kogu merre sattuvat voogu.

Kõige olulisemad 6x tegevuste loetelu elementi;

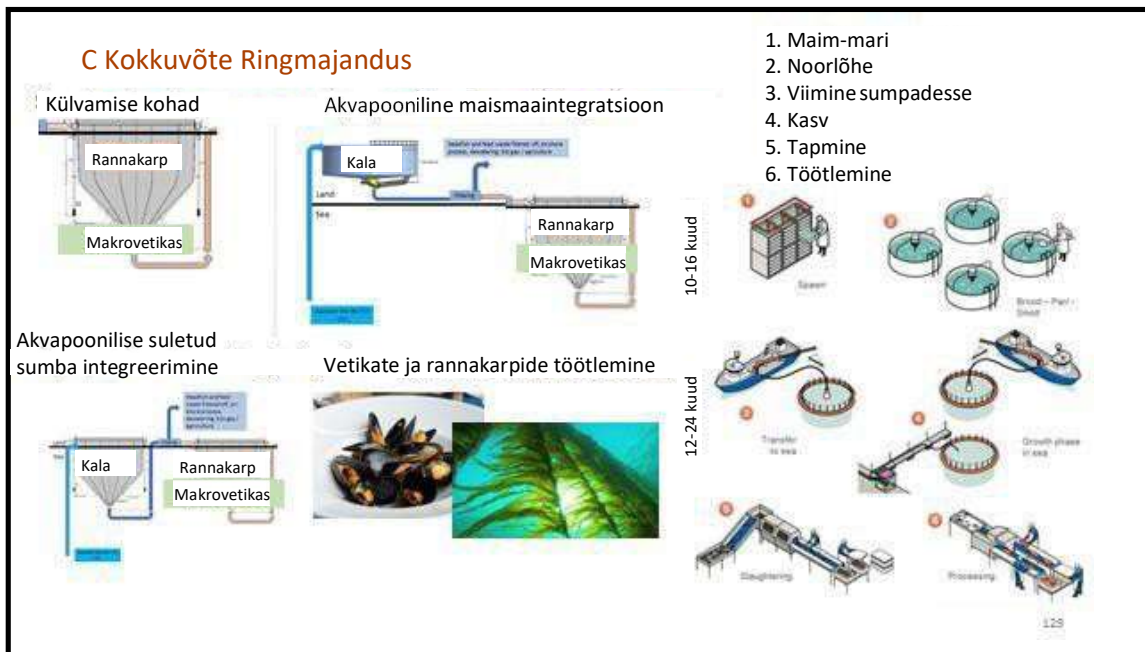


Joonis 82 Erinevad tegevuste loetelu elemendid.

E Kokkuvõtte ringmajandusest tehtud tähelepanekutest



Joonis 83 Ringmajanduse üldine ülevaade.



Joonis 84 Lääne-Eesti akvapoonilise süsteemi potentsiaalse integratsiooni elementide skeem.

C Kokkuvõte Kalade biomassi potentsiaalne mereala 100 km x 10 km => 1 000 km² Meresumpade platvorm;

125 km kaugusel peaks olema ruumi 20 objekti jaoks, millest igaüks on 5 km kaugusel
10 leiukohta (väikesed kalad) ja 10 leiukohta (suured kalad) on erinevad põlvkonnad
Põlvkonna saak 10 x 2 000 MT => summa 20 000 MT/põlvkond => 7 veski smolti
Tuvastage, õppige ja kohandage vähemalt 20 m sügavust – riskitegur

Maismaal paikneva basseini platvorm

Kõigepealt 1-2 suurt noorlõhe kasvandust, seejärel 3 uut
Seejärel 4 kasvandust 4 x 2 500 MT/aastas => summa 10 000 MT/aastas
Tuvastage, õppige ja kohandage

Ujuva kalasumba platvorm

61 objekti, igaüks 10 sump, iga sump mahutab 200 MT maksimaalse saagikoristuse korral 6 x 10 sump
=> 1200 MT x 10 = 12 000 MT põlvkonna kohta – tuvastage, õppige ja kohandage

Joonis 85 Mõned kriteeriumid ja kalakasvatuse biomassid.

Kommentaariid:

Kui meresumpade mõõtmed on samad -10 m sügavuse võrkudega ja soov on saada merepõhja veel 10 m, siis räägime asukohast, mille suurim sügavus on - 20 m. Selline hea vooluga asukoht võiks sobida, kuid mida vähem sügavust sumpade all on, seda vähem tekib jäätmete loomulikku jaotust. Pikemas perspektiivis võib see olla negatiivse mõjuga, kuna aja jooksul võib koguneda orgaanilisi jäätmeid.

Muud suurema sügavusega kohad on veelgi paremad, kuid need võiks siiski järjestada ja määrata prioriteetidid, nagu näiteks praegune ja hajutatud võimekus biomassi osas piirkonna kohta või täpsem aastase vookoguse kvoot. Kui peaks selguma, et need esialgsed kvoodid olid liiga suured, siis võiks neid vastavalt kohandada. Või vastupidi.

Lääne-Eesti rannikust kaugemale liikumine peaks sobima hästi suuremate viljeluslubade puhul, suurusi tuleks hinnata vastavalt jäätmete hulga ja keskkonnamõjule. Me rõhutame siinkohal, et meie soovitatud akvapoonilised üksused suletud jäätmete jaoks ei ole mõeldud välisranniku ilmastiku- ja ookeanijõudude korral. Mõnede tootjate jaoks on tänapäeval olulised lainekõrgused kuni 2,5 m. On siiski suletud süsteeme, kus suuremaid naftatankereid ja Suezmaxi laevu saab muuta suletud sumpade süsteemiks. Me teame, et sellised ideid on, ja üks näide sellest on Hiina plaanid Atlandi lõhe kasvatamiseks Lõuna-Hiina meres Hiina ja Taiwani vahel laevastikuga, mis kaitseb kalaüksusi. Selles piirkonnas esineb sageli taifuune, mida peetakse peamiseks riskiteguriks.

Kasutatud hiigellaeva võiks kaaluda rohkem avatud Lääne-Eesti tsooni jaoks või mõnda betoonist kinnist kalakasvandust, mida on samuti arendatud Norras ja Ühendkuningriigis, võiks samuti aja jooksul kaaluda. Seda uut betoonversiooni ei ole rajatud. Soovitame tungivalt, et Lääne-Eesti tegeleks selliste potentsiaalidega ka tuuleenergia sektoriga koostöö kaalumisel, vt joonis xx allpool.

F Avalik raport: Läänemeri, tegevused, tingimused ja keskkond

Lääne-Eesti piirkonna iseloomustust vesiviljeluse perspektiivist on üksikasjalikult kirjeldatud 2020. aastal:

"VESIVILJELUS EESTI MEREALAL, ALUSANDMED JA UURINGUD" JONNE SUMPA, GEORG MARTIN, REDIK ESCHBAUM, ROBERT APS, LIISI LEES, RISTO KALDA – TÜ EESTI MEREINSTITUUT

Allpool on kopeeritud osa ülaltoodud Vraportist pärinevast teabest, küll Google'i tõlke abil, mis võib huvi pakkuda:

2002. aastal vastu võetud ELi vesiviljelussektori säästva arengu strateegias on sätestatud poliitilised suunised vesiviljeluse kasvu edendamiseks. See strateegia võimaldas oluliselt edendada ELi vesiviljelustoodete keskkonnasäästlikkust, ohutust ja kvaliteeti (Komisjoni teatis Euroopa vesiviljelussektori säästva arengu strateegia kohta, KOM(2002) 511). Eestis on head eeldused (sh. kalavarud, vee- ja maaressursid) kalapüügi- ja vesiviljelustoodete tootmiseks. Kalandussektoris tegutsevatel ettevõtetel on pikaajalised traditsioonid, oskusteave ja kogemused ning on hakanud arendama ja kasutusele võtma uusi, kaasaegseimate tehnoloogiliste lahendustega töötlemisseadmeid ning keskkonnasõbralikke kasvatamise tehnoloogiaid. Käesoleval ajal tegeleb Eesti vesiviljelussektor peamiselt kalakasvatusega ning alternatiivsed, looduskeskkonda taastavad suunad sisuliselt puuduvad. Lisandumas on uued loodushoidlikud vesiviljelusvaldkonnad nagu merekarpide ja –vetikate kasvatamine (Maaeluministerium 2020).

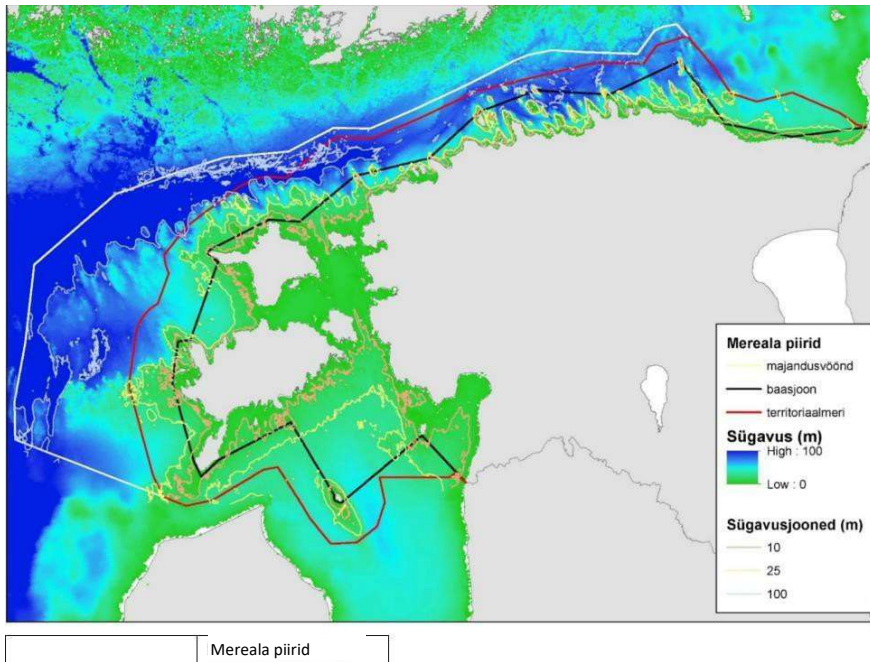
Kuigi looduslikes veekogudes rajatud kalakultuurid suurendavad toitainete survet keskkonnale, peetakse rannakarpide ja merevetikate viljelust keskkonnasõbraliku majanduse lipulaevaks Euroopa Liidus, kuna nad eemaldavad merekeskkonnast toitaineid (Sumpa et al. 2020).

Kui looduslikes veekogudes paiknevad kalakasvandused üldjuhul suurendavad toitainete koormust keskkonnale, siis merevetikate ja -karpide kasvatamist kui merekeskkonnast toitaineid väljaviivat vesiviljelust peetakse mitmetes EL direktiivides keskkonnanahoidliku majanduse lipulaevaks, kuna nad eemaldavad merekeskkonnast toitaineid (Sumpa et al. 2020).

2018. aastal müüsid vesiviljelusettevõtted Eestis 944 tonni kaubakala ja -vähki kokku 4,2 miljoni euro väärtuses. 2018. aastal müüdüd vesiviljelustoodangu maht oli viimase 25 aasta suurim (Statistikaamet 2019). „Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukava aastani 2030“ (Maaeluministerium 2020) hinnangul on Eestis head eeldused vesiviljelustoodete tootmiseks. Eesti vesiviljelusettevõtete potentsiaalset tootmisvõimsust on hinnatud suuremaks kui 4000 tonni aastas. ELi tarbijate nõudlus kalatoodete järele kasvab ning arvestades, et kalapüük ja vesiviljelus on ühed efektiivsemad viisid loomse proteiini tootmiseks, on vesiviljelus ka potentsiaalne lahendus loomse valgu nõudluse kasvule. Vesiviljeluse jaoks potentsiaalselt sobivad merealad ja infrastruktuuride arendamise vajadus on välja toodud Maaülikooli (2015) poolt läbi viidud uuringus. Viimase viie aasta jooksul on aga oluliselt muutunud taustatingimused (seadusandlus, käimas on mereruumi planeering), samuti on kogunenud palju uusi teadmisi vesiviljeldavate liikide kultiveerimise kohta. Selleks, et huvirühmad suudaksid paremini vesiviljeluse valdkonnas orienteeruda, on vajalik uue ülevaate loomine.

Kogu Eesti mereala pindala on kokku ligikaudu 36 500 km² (ehk ligi 10% Läänemere pindalast), millest majandusvöönd pindalaga ligikaudu 11 300 km² moodustab peaaegu ühe kolmandiku. Eesti mereala rannajoone pikkus (põhikaardi järgi, koos saarte ja laidudega) on ca 4015 km.

Eesti jurisdiktsiooni alla jääv mereala asub Läänemere kirdeosas, koosnedes mitme Läänemere suurema basseini osadest, mis on looduslike tingimuste ja inimtegevusest tuleneva koormuse poolest üpris erinevad: Soome laht, Läänesaarte avaosa ja Liivi laht, mille juurde kuulub ka Lääne-Eesti saarestiku piirkonda jääv Väinameri. Rannikuvesi on vastavalt veeseadusele jaotatud 16 rannikuveekogumiks, mis teatud looduslike omaduste poolest kuuluvad 6 rannikuvee tüüpi (keskkonnaministri määrus 44) (Keskkonnaministerium 2019).



Eesti merepiir.

Vee **temperatuur ja soolsus** määravad paljuski ära piirkonna ökosüsteemi karakteristikud – liikide levila piirid sh. vesiviljeldavate liikide levikupotentsiaali ja erinevate liikide suhtelise ohtruse elupaikades. Eesti mereala soolsus varieerub erinevate piirkondade vahel suurtes piirides. Ava-Läänemeres võib soolsus küündida 10 g/kg kohta, samas kui väiksemate lahtede soppide vesi on sisuliselt mage. Samas konkreetse merepiirkonna soolsuse ajaline varieeruvus on meil suhteliselt väike, üldjuhul mitte rohkem kui paar soolsuse ühikut. Vee temperatuuri väärtused Eesti rannikumeres on tavaliselt suurimad juuli lõpus ja augustis.

Läänemerd iseloomustab ühe vesiviljelusele äärmiselt olulise nähtuse olemasolu. Nimelt on Läänemere avaosa vesi kihistunud ja esineb nii hooajalist (temperatuurijärgset) kui ka püsivat (merevee tihedusest e. soolsusest tingitud) kihistumist. Sesonone kihistumine tekib suvisel perioodil, kui pindmine veekiht soojeneb ja nii tekib 10 –20 m paksune pindmine soojem veekiht. Sellel hetkel võib pindmine veekiht soojeneda kuni 20 –25 kraadini. Samas, selle kihi all on vesi endiselt 4–5 kraadi lähedal. Selline merevee kihistumine kestab mõni kuu ja laguneb sügiseste tormidega. Erinevast veemasside soolsusest põhjustatud kihistumine on püsiv. See väljendub mitme vee füüsikalise-keemilise parameetri taseme muutuses umbes 50 –60 m sügavusel. Eelkõige sellel sügavusel tõuseb järsult merevee soolsus (ja seega ka tihedus). Vesiviljeluse Vja ka ökoloogilise tähtsusega on just selle soolsuse muutusega kaasnev **hapnikukontsentratsiooni** langus. Põhjalähedase veekihi hapnikukontsentratsioon on eelkõige Läänemere üldise "tervise" seisundit määravaks indikaatoriks.

Eutrofeerumine on Läänemere üks suurimaid keskkonnaprobleeme. Eutrofeerumist põhjustab toitainete (eelkõige lämmastik- ja fosforühendite) kuhjumine merekeskkonnda. Eutrofeerumise ilminguteks on rida lihtsaid ja keerulisi sümptomeid nii üksikute ökosüsteemi komponentide kaupa kui kogu ökosüsteemi tasemel, mille hulka kuuluvad nii inimühiskonnale positiivsed (suur sekundaarne tootmine sh. planktonitoiduliste kalade nagu räim ja kilu suur biomass) kui ka arvukalt negatiivseid (suurenenud esmane tootmine – vetikaõitsengud, hapnikuvaegus põhjalähedastes veekihtides, liigilise mitmekesisuse vähenemine) nähtusi.

2. Kalakasvatus ja kalapüük

Suurem osa Eesti **kalakasvatuse** toodangust tuleb mageveekasvandustest. Meres sumpades kala kasvatamisega tegeleb hetkel üks ettevõtte. Mageveekasvanduste arendamisel peab olema sobiv

veeressurss. Pinnaveel põhinevate kasvanduste puhul on oluline sobiv asukoht, kus saab kasutada pinnaveekogu vett pumpamise või jõe paisutamise teel isevoolselt. Asukoha valik nõuab väga head eeltööd.

Praegu asub Eesti ainuke sumbakasvandus Veere lähedal Tagalahes. Sumbakasvandused on Eestis vähesel määral toimunud 2000-ndatel Veere ja Salmistus Kolga lahes. Kasvandused lõpetasid oma tegevuse 2000-ndate teises pooles. Tegevuse lõpetamise põhjused on erinevad. Mitmed kasvandused on rajatud Euroopa Kalandusfondi toetuse abil ja ei ole saanud projektis ettenähtud tingimustel tööle (ehitise projekteerimise vead, finantsplaani ebakorrektsus jne).

Eesti oludes sobivaimaks kasvatatavaks kalaks on vikerforell. Kasvanduse rajamisel on oluline, et mereala sügavus oleks piisav ja sobivad hoovused tagaksid piisavas koguses värsket vee olemasolu. Kala saab kasvatada jäävabal perioodil, kuna talvine jää koos heitlike ilmaoludega võib sumbakonstruktsioonid ära lõhkuda. Eestis puuduvad tuulte eest kaitstud sobiva vee sügavusega merealad (võrreldes näiteks Soome Ahvenamaa ümbrusega), mille tulemusena peab sumpade asukoha valikul ka selle asjaoluga arvestama.

Kalapüük toimub kogu Eesti merealal, välja arvatud õigusaktidega määratud kalapüügipiirangutega aladel. Ranna- ja harrastuspüük toimub intensiivsemalt rannikulähedastes ning madalama merega piirkondades. Töönduskalade varusid soovitakse eksploateerida piirini, mis tagaks ka järgnevatel aastateks vähemalt samas suurusjärgus saagi. Töönduslik traalpüük (räim ja kilu) toimub merealal, mis on sügavam kui 20 m. Madalamatel aladel on traalpüük üldiselt keelatud, kuna see tegevus kahjustab merepõhja ja seeläbi elurikkust.

4. Suurvetikate kultiveerimine

Suurvetikateks loetakse liike, millele mõõtmed on suuremad kui 2 cm. Läänemeres esineb kokku üle 550 liigi suurvetikaid. Suurvetikate levik Läänemeres on seotud eelkõige soolsuse, sobiva substraadi olemasolu, avatuse ja vee läbipaistvusega. Iga liik vajab oma elutegevuseks teatud ökoloogiliste tegurite kompleksi. Madala soolsuse tõttu on Eesti rannikumere merepõhja taimestiku liigiline mitmekesisus üldiselt üsna madal. Meie vetes võib kohata kuni 80 liiki suurvetikaid ja kõrgemaid taimi. Nendest kõige sagedasemad on umbes 20 liiki. Teatud vesiviljeluse tehnoloogiate abil on võimalik osadid keskkonnategureid kontrollida ja modifitseerida (substraat, lainetuse mõju, toitainete kontsentratsioon, valguse kättesaadavus), kuid osade keskkonnaparameetrite osas (näiteks merevee soolsus) on see praktiliselt võimatu. Siit tulenevalt on mõistlik vesiviljeluse kontekstis tegeleda Läänemeres juba levivate liikidega.

Üldiselt sobivad vesiviljeluseks kõige paremini suurvetikad, kes kasvavad väga kiiresti, kasutavad enim toitaineid ning suudavad ressursside pärast konkureerida teiste liikidega. Projekti "Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks" (Tartu Ülikool 2019b) tegevuse käigus koostati nimekiri Eesti oludes majandusliku potentsiaali omavate ja keskkonnariskide maandamise osas sobivate suurvetikate liikide kohta, mille kultiveerimine oleks Eesti rannikumeres perspektiivikas. Perspektiivseteks vesiviljeldavateks suurvetikaliikideks osutusid *Fucus vesiculosus*, *Furcellaria lumbricalis*, *Cladophora glomerata* ja *Ulva intestinalis*. Nende liikide puhul modelleeriti seoseid keskkonnamuutujate ja suurvetikate tootmise vahel ning ennustati liikide potentsiaalseid kasvukiirusi Eesti merealal. Läänemere magedamates osades, sh. Eestis ei ole veel alustatud majandustegevust vetikaviljeluses ja üksikute eksperimentaalfarmide näol on tegemist valdkondliku arendusfaasiga. Vajalik on rajada Eesti merealale pilootvetika- ja karbikasvatused, et hinnata selliste farmide majanduslikku efektiivsust ja tõhusust merekeskkonnast toitainete eemaldamisel (sh. hinnata eemaldatava toitainete mahtu ja mõju ruumilist ulatust). Lisaks on vajalik hinnata selliste farmide potentsiaalset negatiivset keskkonnamõju. Eelistada tuleb väiksemaid mõnehektarisi hajusalt ruumis paiknevaid vetika- ja karbifarmit. Väiksemate farmide tootlikkus pindalaühiku kohta on suurem,

väiksemad farmid suudavad sama investeeringumahu juures merekeskkonnast eemaldada oluliselt suuremaid koguseid toitaineid kui üksikud suured farmid ning väikeste farmide potentsiaalne negatiivne keskkonnamõju on oluliselt väiksem (Tartu Ülikool 2019b).

Järgnevalt kirjeldame meie meres vesiviljeluseks enam sobivaid suurvetika liike. **Agarik** levib looduslikult kogu Põhja-Atlandi piirkonnas ja on ka Eesti vetes väga levinud suurvetika liik. Teda esineb kahe vormina – tavalisem vorm on kinnitunud agarik, mis leiab omale elupaiga 5 –10 m sügavusel kõval substraadil mõõdukalt või täiesti avatud rannikul. Teiseks vormiks on kinnitumata agarik, mis saab levida vaid hüdroloogiliselt selleks sobivatel merepõhjadel (tavaliselt siis saarestiku sees, pehmel põhjal). Teda leidub eelkõige Väinamere piirkonnas, kus Kassari lahest teda ka töenduslikult püütakse. Agariku looduslik levik on üpris hästi kirjeldatud ja levikut on võimalik modelleerida. Agarik on üsna vastupidav liik ja talub ka üldiselt madalamat soolsust (kuni 3 –4 g/kg).

Agariku elutsükkel on keeruline ja koosneb mitmest staadiumist (Joonised 4.1 ja 4.2). Suurema soolsusega Läänemere lõunaosas on agarikul tuvastatud nii suguline kui suguta paljunemine. Läänemere põhjosas on seni kirjeldatud vaid kahte suguta paljunemise viisi – paljunemine tetraspooride abil ja fragmenteerumisel. Taime talluse fragmentidel on olemas võime uuesti kinnituda substraadile. Samas need paljunemisprotsessid ei ole hetkel lõpuni selged. Eestis on läbi viidud mitu uuringut, kus üritati paljundada agarikku nii fragmentidest kui tetraspooride abil. Siiani pole need pingutused aga vilja kandnud ja pole saadud agarikku kunstlikult substraati asustama.

Agarik on seni ainuke **töenduslikult kasutatav suurvetikaliik** Eestis. Temast toodetakse geelistuvaid polüsahhariide. Seda kogutakse rannast rannaheidiste näol ning traalitakse merest Väinamere piirkonnas. Ressursi kasutamine algas juba eelmise sajandi 60-ndate lõpus. Statistika järgi on vetikat püütud Väinamerest kahe aasta peale kokku (2014 –2015) 653,9 tonni toorkaalus (Tartu Ülikool 2019a).

Põisadru on Läänemere üks levinumaid liike. Põisadru asustab kogu Läänemerd, kus soolsus on kõrgem kui 3 –4 g/kg ja on olemas footilises tsoonis sobiv kinnitumissubstraat. Põisadru levib madalamatel merealadel kui agarik. Läänemerest on teada põisadru erinevate vormide esinemist piirkondades, mis eristuvad kas hüdrodünaamiliste tingimuste või vee omaduste tõttu.

Põisadru paljunemistsükkel on hästi teada, kuid see on samuti üsna keeruline. Põisadru paljuneb põhiliselt sugulisel teel (Joonis 4.3). Kunstlikult on põisadru paljundatud vaid väga üksikutel juhtudel (Forsslund & Kautsky 2013). Vegetatiivse paljunemise võimet on põisadru kinnitunud vormidel kirjeldatud üksikutel juhtudel ning enamasti eksperimentaalsetes tingimustes (Schagerström 2013). Samas on kirjeldatud põisadrul väga hea regenereerumisevõime (näiteks pärast jääkahjustusi).

Rohevetikas *Ulva intestinalis* on üks perspektiivseimaid vesiviljelusliike, kuna tema juurdekasv on väga kiire. Liik asustab suurt osa Läänemerest ja samuti leidub teda ka magevees. Liigil on lihtne paljunemistsükkel (Joonis 4.4). Magevee *Ulva* farme on töös Saksamaal, Hollandis ja ka Aasia riikides. Oma õrna struktuuri tõttu on see vetikaliik kultiveeritav eelkõige mahutites, vähem vabas vees. Tehnoloogilised lahendused *Ulva* kultiveerimiseks mahutites on olemas, Eestis hetkel küll alles katsetusjärgus. *Ulva* kasvatamisel ei pea taim kinnituma substraadile, vaid võib hõljuda veesambas. Selline omadus teeb liigi kultiveerimise oluliselt lihtsamaks.

TÜ Eesti mereinstituudi all viiakse praegu läbi projekti "Mereveel põhineva kalakasvatuse heitvee puhastamine suurvetikate kultiveerimise kaudu" (projekti lõpptähtaeg märts 2021). Selle projekti peamiseks fookuseks pole küll *Ulva* kultiveerimine, kuid seda vetikaliiki kasutatakse ühe testliigina kalakasvatuse heitveest toitainete eemaldamiseks. Projekti käigus läbi viidud eksperimendid on andnud häid tulemusi ja tõenäoliselt on just *Ulva* see liik, millega on võimalik kalakasvatuse heitvesi efektiivselt puhastada. Rohkem informatsiooni selle projekti kohta leiab käesoleva aruande peatüki 8 alt.

Makrovetikate tootmine/ kogumine Lääne-Eesti piirkonnas

Praegusel hetkel on ainukeseks töenduslikult kasutatavaks suurvetikaliigiks Eestis agarik (*Furcellaria lumbicalis*). Seda kogutakse kas rannikult või traalitakse merepõhjast. Agariku vetikamassi ainsaks kasutajaks Eestis on Est-Agar AS. Kogutud ja töödeldud vetikakogused jäävad aastas suurusjärku 1000 t märgkaalus. Furtsellaraani aastane toodang on viimastel aastatel olnud keskmiselt 50–60 tonni (Kalanduse teabekeskus & SakiConsult OÜ, 2018). Katsetatud on väga väiksetes kogustes ka teiste liikide kogumist ja töötlemist (näiteks põisadru kogumist eesmärgiga kasutada seda kosmeetikatoodetes aga ka söögiks).

Lähtudes naabermaade kogemustest, siis vetika- ja karbifarmide hooldamisel ja saagi koristamisel üldjuhul ei kasutata suuri aluseid. Näiteks Rootsi karbifarmides kasutatakse saagi koristamisel parvaluseid, mille süvis ei ületa 1,5 m. Karbid kogutakse merel ca 2 m³ mahuga kottidesse ning nende lossimiseks piisab sadamas väiksemast vintsist/kraanast. Sellest tulenevalt ei nõua vetika- ja karbikasvatused spetsiifilisi tehnilisi lahendusi sadamas ning suur osa väikesadamatest sobib vetika- ja karbifarmide teenidamiseks.

Kokkuvõtte ja vesiviljelusettevõtte veeseaduse staatus

Vesiviljelusega alustamisel on kesksel kohal veeseadus (VeeS). Uus veeseadus jõustus 2019. aasta oktoobris. Varasem veeseadus oli aastast 1994. Oluline muudatus on, et veeluba ei ole vaja taotleda tegevuste jaoks, mis ei ole veekeskkonnale ohtlikud. Väiksema mõjuga tegevused tuleb Keskkonnaametis registreerida, kuid see on lihtsam protseduur, kui veeloa taotlemine. Samuti on täpsustatud veekogu mõistet – enam ei käsitleta veekoguna reoveepuhastite biotiike, vesiviljeluse tiike või basseine.

VeeS §131 lg 2 alusel on kehtestatud määrus „Vesiviljeluse veekaitsenõuded, vesiviljelusest lähtuva vee saasteainesisalduse piirväärtused ja suublasse juhtimise ning seire nõuded“.

Uues veeseaduses käsitletakse vesiviljelusest ärajuhitavat vett heitveest eraldi ja seetõttu kehtestati ka määruse jaoks eraldi volitusnorm. Määrus näeb ette muudatust tekkivate saasteainete koguste määramisel ja saastetasu arvestamisel, kui arendaja ületab veeloaga lubatud saasteainete koguseid. Varasemalt määrati kalakasvandustest ärajuhitava vee saasteainesisaldust veeproovidest tehtud analüüside alusel. Veeproovides määratud kasvanduse ärajuhitava ja siseneva vee vastavate näitajate vahe alusel arutati saastetasud keskkonnatasude seaduse järgi. Uue määruse seletuskirjas märgitakse, et tegu on olulise põhimõttelise muudatusega – vesiviljelusettevõttest loodusesse juhitava saastuse määramiseks kasutatakse **söödapõhist arvutusliku meetodikat**.

Selline lähenemine võimaldab täpsemalt hinnata kasvandusest keskkonda juhitavate saasteainete koguseid ja seeläbi hinnata kasvanduse keskkonnamõju. See parandab punktsaasteallika kontrolli ja väheneb saasteainete mõju keskkonnale. Kuna muutub saastetasude arvutamise aluseks olevate saasteainete koguste arvestamise meetodika, siis avaldab see eeldatavalt majanduslikku mõju ka kasvanduste omanikele. Eesmärk on kasvanduse omanikke ergutada kasutama efektiivseid söötasid, mille keskkonnamõju (kasvandusest väljuva vee saasteainete koormus) oleks minimaalne. Teisalt on see kasulik ka ettevõtjale, sest sama suure lubatud saasteainete koormuse korral on tal võimalik efektiivsemalt majandades kasvatada rohkem toodangut (Keskkonnaministeerium 2020).

Mere-vesiviljelus ja vesiviljelus avalikes veekogudes

Järgmises peatükis antakse ülevaade, milliseid lubasid on vaja hankida ja mis asutustega vaja kontakteeruda, kui on soov alustada merevesiviljelusega avalikus veekogus sh. rannikumere sumpades kalakasvatusega. Avalike veekogude nimekiri on välja toodud VeeS § 23. See peatükk nõustab ka esimeste sammude osas, mis on vajalik vajalike lubade hankimisel ja ülevaade ei sisalda kõiki detaile.

G Tuuleenergia sektor

Leiame, et strateegiline ja hästi läbimõeldud kava tuuleenergia tegevuslubade kalakasvatustegevusega

integreerimiseks kätkeb järgnevat:

- Kahe, palju sarnaseid ülesandeid ja tingimusi sisaldava loodusvara ühendamine
- Vajab suurel määral samalaadset teenust, hooldust, ülevaatusi
- Kalade ja akvapoonilise platvormiga seotud tuuleplatvormi hoolikas planeerimine kujutab endast tohutut potentsiaali - *win-win* olukord
- Vesiviljeluse süsteemid vajavad elektrienergiat, hapnikku ja varundussüsteemi
- Sööda ladustamise, pumpamise ja saagi kogumise teenused, samuti laev noorlõhede transpordiks ja kaubandusliku suurusega kala töötlemiseks
- Keskkonnasõbralikku jätkusuutlikku profiili, turundust ja firmaväärtuse loomist peetakse kõigi asjaomaste sidusrühmade jaoks tohutuks potentsiaaliks.
- Tuuleenergia tegevuslubade väljastamise kriteeriume tuleks kaaluda, kui sellised partnerid peaks pakkuma ka aega ja ressursse selliste integratsioonipotentsiaalide jaoks.

C Kokkuvõtte Ringmajanduse tööstuspartnerluse näide

Näide – tuuleenergia ettevõtte



Sünergia

1. Tööjõud – teenindamine
2. Kwh toide ja varundamine
3. Hapnik
4. Kalasööda logistika ja ladustamine
5. Kala kogumine ja transport

Lääne-Eesti piirkond võiks;
Väljastada tuuleenergia litsentse koos
vesiviljeluse integreerimisega,
mereviljelusest võidavad kõik



125

C Kokkuvõtte Ringmajanduse tööstuspartnerluse näide

Näide – tuuleenergia ettevõtte

Van Oord omandab osaluse Eesti meretuuleparkide arendaja ettevõttes

Van Oord teatas, et temast on saanud aktsionär ettevõttes Saare Wind Energy, mis arendab Eestis Saaremaa meretuuleparki.



Projekti "Liivi laht" raames teatati neljapäeval, 22. aprillil 2021 järgmist: Ørsted on sõlminud Enefitiga vastastikuse mõistmise memorandumi laiaulatusliku avameretuuleenergia tarnimiseks Baltikumis. Osana sellest koostööst kavatsevad Ørsted ja Enefit asutada ühissettevõtte, et arendada võimalusi, sealhulgas Olemasolev Liivi projekt. Seni pole selge, kui suure osalusprotsendi Ørsted omandab ning millal see tehing sõlmitakse.

Eestis on 34 avamere tuuleparki, millest ükski praegu ei tööta, mitte üheski, mille ehitus on turbiinide ühendamiseks ja elektri tootmiseks piisavalt edenenud, pole ehitamise faasis ning seda pole heaks kiidetud või pole taotlust kinnitatud.

127

Joonis 86 Mõned tuuleenergia illustratsioonid.

H Rahvusvaheline kaladest teavitamise teave

Allpool on toodud erinevad olulisi teabelemente sisaldavad andmed, millel on olulised teabelemendid .

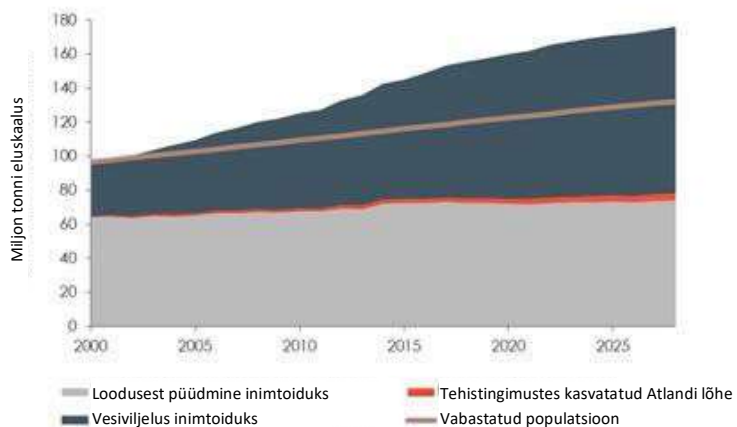
Soovitame sidusrühmadel tungivalt lugeda tööstuse raportit suurima lõhekasvatuse ettevõtte Mowi ASA (www.mowi.com) iga-aastase avaliku aruande kohta. See on üks parimaid objektiivseid kokkuvõtteid peamistest merevalgu, viljelustingimuste, biomasside ja tulevaste väljakutsetega seotud asjaoludest.

<https://mowi.com/blog/annual-report-2020/>

Toidu valgus muundamise suhte kujutamine

Seiskunud looduslikud püügisaagid ja kasvav vesiviljelus, allikas; Mowi AS Tööstuse käsiraamat 2020

Loodusest püüdmise stagnatsioon - kasvav vesiviljelus



255

Toidu valgus muundamise suhte kujutamine

Mereandide mahus domineerivad karpkala, molluskid ja koorikloomad, kasvatatakse suurt osa mereandide kogumahust., allikas; Moovi AS Tööstuse käsiraamat 2020

Lõheliste positsioon

2.6 Lõhelised annavad 4,4% maailma mereandide pakkumisest

Valitud mereanniliigid 2018



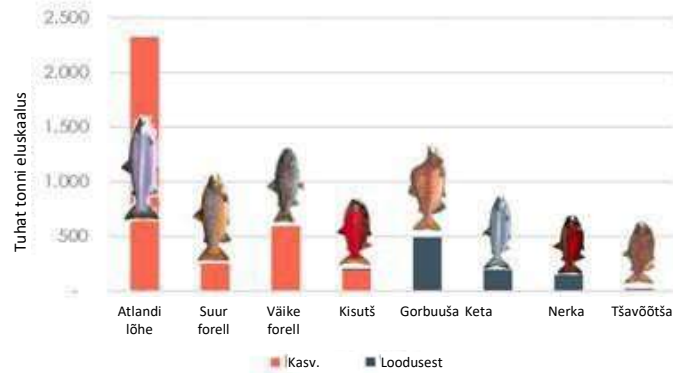
257

Toidu valgus muundamise suhte kujutamine

Tehistingimustes kasvatatud Atlandi lõhe ja suur forell, allikas; Moowi AS Tööstuse käsiraamat 2020

Lõheliste positsioon

2.9 Lõheliste saak 2019



Toidu valgus muundamise suhte kujutamine

Rannajooned Atlandi lõhe tootmiseks, allikas; Mowi AS Tööstuse käsiraamat 2020

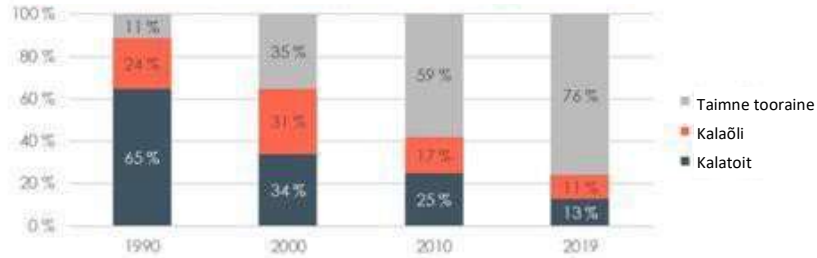
4.3 Vähesed lõhekasvatuseks sobivad rannajooned



Peamised lõhekasvatuseks sobitatud rannikualad on kujutatud ülaltoodud kaardil. Rannajooned asuvad põhja- ja lõunapoolkeral teatud laiuskraadidel.

Toidu valguse muundamise suhte kujutamine Lõhe kalasööt, allikas; Mowi AS Tööstuse käsiraamat 2020

Lõhesööda tooraine arendamine Norras



Olelusringi hindamine (LCA) määrab toodete, protsesside või teenuste keskkonnamõju tootmise, kasutamise ja kõrvaldamise kaudu.

Allikas: SINTEF (2020) Norra mereannitoodete kasvuhoonegaaside heitkogused 2017. Norra lõhekasvatuse ressursside kasutamine 2012. ja 2013. aastal, NOFIMA, Mowi

183

Potentsiaalsed tööstuspartnerid Lääne-Eestis

7.1 Tehistingimustes kasvatatud Atlandi lõhe 2019. aasta 5–10 parimat tootjat

Top 10 - Norway		Top 5 - United Kingdom		Top 4 - North America		Top 10 - Chile	
Company	BLG, BOG	Company	BLG, BOG	Company	BLG, BOG	Company	BLG, BOG
1 Mowi	236,900	Mowi	65,400	Cooke Aquaculture	56,500	"New Aquachile" (Agrösuper)	141,300
2 Salmar	153,100	Bakkafrost (BSC)	33,800	Mowi	54,400	Salmones Multiflexpart	77,600
3 Lerøy Seafood	128,700	Scottish Sea Farms	25,900	Mitsubishi / Cermaq	17,800	Mitsubishi / Cermaq	71,900
4 Mitsubishi / Cermaq	73,000	Cooke Aquaculture	23,400	Grieg Seafood	14,100	Mowi	65,700
5 Grieg Seafood	57,600	Grieg Seafood	11,300 *			Australis Seafood	53,500
6 Nova Sea	46,000					Comanchaca	48,300
7 Nordlaks	35,000					Salmones Antartica	27,100
8 Sirkaberg-Hansen	30,500					Salmones Bumar	25,700
9 Allaker Fjordbruk	30,500					Salmones Austral	22,800
10 Norway Royal Salmon	30,500					Yadran	22,500
Top 10	821,800	Top 5	159,800	Top 4	142,800	Top 10	556,400
Others	378,300	Others	5,400	Others	5,100	Others	64,800
Total	1,200,100	Total	165,200	Total	147,900	Total	621,200

Kõik arvud on GWT tonnides

* Ühendkuningriigi ja Põhja-Ameerika tööstust kirjeldavad kõige paremini vastavalt 5 ja 4 parimat tootjat

185

Investeeringute olukord Norra vs Lääne-Eesti - Kalakasvatus

4 200 tonni roogitud lõhe tootmiskulud;

Litsents 60 miljonit eurot
Investeeringud 5 miljonit eurot

Biomassi varude maksumus, 4,2 milj kg roogitud x EUR 5,00/kg = 21 miljonit EUR
Esimesse põlvkonda investeeritud kokku; 87 miljonit eurot

Lääne-Eesti investeering kokku 26 miljonit eurot
Kulude vältimine 60 miljonit EUR,

Investeering ja tasuvusaeg (Norra) - oletused

Tavaline farm, mis koosneb 4 litsentsist
Seadmete investeering: 3,5 - 4,5 miljonit EUR
Litsentside arv: 4
Litsentsi maksumus (korduvkasutusturg) MEUR: 60 (u 15 MEUR litsentsi kohta)
Tootlus põlvkonna kohta: 4200 tonni GWT
Vabastatud noorlõhede arv: 1 100 100
Noorlõhe maksumus ühiku kohta: 1,7 eurot
Sööda hind kilogrammi kohta: 1,3 EUR (LW)
Soodne sööda konversioonisuhe (FCR): 1,2 (eluskaalus)
Teisendusmäär eluskaalult GWT-sse: 0,84
Saagikoristus ja töötlemine sh. eluskalade transpordipaadi hind, kilogrammi kohta (GWT): 0,4 eurot
Keskmine saagi kaal (GWT): 4,5 kg
Suremus meres: 15%
Müügihind: 5,9 EUR/kg

Allikas: Moowi AS Tööstuse käsiraamat 2020

Kasvandamise litsentsimiskord

Bioloogiliste piirangute, merevee temperatuurinõuete ja muude looduslike piirangute tõttu toodetakse tehistingimustes kasvatatud lõhet ainult Norras, Tšiilis, Šotimaal, Fääri saartel, Iirimaa, Itaalias, Kanadas, USA-s, Tasmaanias ja Uus-Meremaal.

Atlandi lõhe kasvatamine algas eksperimentaalsel tasemel 1960. aastatel ja arenes 1980. aastatel Norras ja 1990. aastatel Tšiilis tööstuseks.

Kõigis lõhetootmise piirkondades on asjaomastel asutustel kehtestatud litsentsimiskord. Lõhefarmi pidamiseks on põhitingimuseks tegevusluba. Sellised litsentsid piiravad iga ettevõtte ja tööstuse kui terviku maksimaalset tootmismahutu. Litsentsimiskord on jurisdiktsiooniti erinev.

Allikas: Mowi AS Tööstuse käsiraamat 2020.

Kalakasvatus sekundaarse töötlemisega – Poola/Taani 250 000 MT- 55 veoautot või 55 000 kasti (18 kg) päevas

Allikas: Mowi AS Tööstuse käsiraamat 2020.

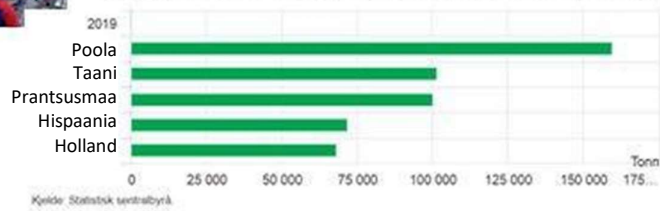


Töötlemisel eristame esmast ja sekundaarset töötlemist.

Esmase töötlemine on tapmine ja rookimine. See on väärtusahela punkt, kus määratakse tehistingimustes kasvatatud lõhe standardised hinnaindeksid.

Sekundaarne töötlemine on fileerimine, filee lõikamine, portsjonite tegemine, erinevate värskete jaotustükkide valmistamine, suitsutamine, marineerimine või paneerimine. Olenevalt töötlemistehase seadistusest pakitakse tooted värskelt modifitseeritud atmosfääriga (MAP), vaakumpakendatakse või külmutatakse ja ladustatakse jaotamiseks.

Sekundaarselt töödeldud tooteid nimetatakse lisandväärtustoodeteks (VAP), sest need kujutavad endast lisaväärtust jaemüüjale ja toitlustusettevõttele, kuid eelkõige lõpptarbijale.

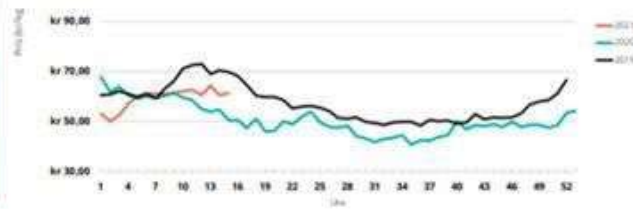
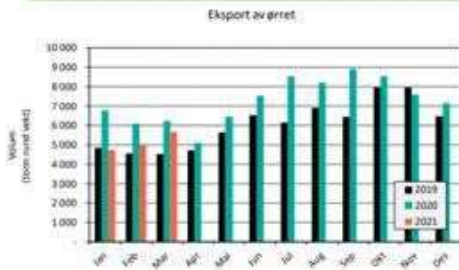


271

Kasvandatud maht ja värske vikerforelli hind Norras 2019-21

Norra eksporditav vikerforelli maht – 85 000 tonni aastas

Norra ekspordihind värskest roigitud kalale karbis NOK/kg



Allikas: Akvafakta.no

272