

Karbi- ja vetikakasvatuse äriplaani uuring tegevuse majandusliku otstarbekuse väljaselgitamiseks

Hanke viitenumber:	263363
Hankija:	Riigi Tugiteenuste Keskus
Tellijä:	Kliimaministeerium
Koostaja:	Consultare OÜ Kristo Kiiker Kristjan Piirimäe Alar Kangur Agne Peetersoo Mari Raidla
Lepingu number:	4-1/23/101
Versioon:	2

2023

Sisukord

1. Sissejuhatus	3
2. Olemasoleva olukorra kirjeldus.....	4
2.1. Taust.....	4
2.2. Vetikaviljelus	4
2.2.1. Perspektiivsed kasutusvaldkonnad	4
2.2.2. Looduslikud eeldused	7
2.2.3. Tehnilised lahendused	10
2.3. Karbiviljelus.....	11
2.3.1. Perspektiivsed kasutusvaldkonnad	11
2.3.2. Looduslikud eeldused	16
2.3.3. Tehniline lahendus.....	18
2.4. Ökoloogiline situatsioon	19
2.4.1. Läänemere eutrofeerumine.....	19
2.4.2. Vesiviljelus kui ökosüsteemiteenus	20
2.5. Õiguslik kontekst.....	24
2.6. Makromajanduslik kontekst	28
3. Äriidee, visioon, missioon	30
3.1. Karbi- ja vetikakasvatuste arendamise eesmärk.....	30
3.2. Missioon.....	30
3.3. Peamised takistused äriideede elluviimisel	31
4. Kasvatus- ja kasutuspotentsiaali hindamine	34
4.1. Erinevate karbi- ja vetikataksoneite ärilise sobivuse hindamine.....	34
4.2. Vetikate kasutuspotentsiaali hindamine Eestis	34
4.3. Karpide kasutuspotentsiaali hindamine Eestis	35
5. Eesti oludes rakendatav ärimudel	37
5.1. Üldine äriskeem	37
5.2. Karbinduse ärimudel.....	38
5.3. Vetikasektori ärimudel.....	40
5.4. Kokkuvõte Eesti oludes rakendatavatest ärimudelitest	43
6. Klient, turg ja konkurents.....	47
6.1. Kliendi vajadus ja sihtgrupid	47
6.2. Vetikasektor	48

6.2.1.	Ressursid, koostöö ja konkurents	48
6.2.2.	Turu tulevikuproгноos.....	49
6.3.	Karbindus	51
6.3.1.	Ressursid, koostöö ja konkurents	51
6.3.2.	Turu tulevikuproгноos.....	52
7.	Tööjõud.....	53
8.	Finantsplaneerimine	56
8.1.	Vetikasektor	56
8.2.	Karbikasvatus	57
8.3.	Rahastamise allikad.....	58
8.4.	Eelarendatud hoonestusalad	59
8.5.	Kokkuvõte ja järeldused äriplaanist	60
9.	Riskianalüüs	63
9.1.	Üldine riskianalüüs	63
9.2.	Kliimamuutuste mõjud vetika- ja karbiviljelusele.....	64
10.	Keskkonnamõjud	67
	Kokkuvõte	68
	Kasutatud allikad	70
	LISAD	76
	Lisa 1. Intervjueeritud isikute nimekiri	76
	Lisa 2. Ökosüsteemiteenuse arvutus	78
	Lisa 3. Erinevate karbi- ja vetikaliikide sobivuse hindamine.....	81
	Lisa 4. Hoonestusload	84

1. Sissejuhatus

Tervisliku toidu tootmine keskkonnahoidlikul viisil on üks suurimatest globaalsetest väljakutsetest. Kalapüük ja vesiviljelus on ühed efektiivsemad viisid loomse proteiini tootmiseks. Vesiviljelussektori säästvat arendamist toetavad nii Eesti kui ka Euroopa Liidu strateegilised suunised. Eesti Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukavas (PÕKA) aastani 2030 on säästva merevesiviljeluse arendamise strateegiliseks eesmärgiks viia avamere vesiviljeluse maht järgneva viie aasta jooksul 10 000 tonni juurdekasvuni aastas. Euroopa Liidus on vesiviljelussektori arendamisel seatud eesmärkideks sektori kasv, vesiviljeluse sektori mõju vähendamine keskkonnale, keskkonnale ja kliimale kõige kasulikuma vesiviljeluse edendamine, teadusuuringute tegemine, tootmise mitmekesistamine näiteks vetikate või mereselgrootute kasvatamisel.

Samas võib vesiviljelustegevusega veekeskkonda lisanduda toitained. Läänemere merekeskkonna kaitse komisjon HELCOM seab eesmärgiks Läänemere hea keskkonnaseisundi saavutamise. Veekeskkonna kvaliteedi parandamiseks tuleb muuhulgas piirata lämmastiku ja fosforiühendite sattumist merre.

Seni on Eestis tehtud olulisel määral erinevaid uuringuid, mis pigem on olnud suunatud just ökoloogilistele aspektidele vetika- ja karbiviljeluses. Käesoleva uuringu eesmärk on välja selgitada, kas karbi- ja vetikakasvatuse¹ on Eesti Läänemere osa oludes majanduslikult jätkusuutlik, perspektiivne ning tasuv. Selleks kasutati varasemaid karpide ja vetikate kohta käivaid uuringuid ja teadmisi ning viidi läbi intervjuud valdkondlike praktikutega (täpsem nimekiri lisas 1), kelle võib jagada järgnevatesse gruppidesse:

- 1) vesiviljelussaaduste töötlejad (sh potentsiaalsed),
- 2) vesiviljelusvaldkonnas tegutsevad kasvatajad/arendajad (sh potentsiaalsed),
- 3) vesiviljelusvaldkonna teadus- ja arendusasutused.

Uuringus antakse ülevaade vajalikest investeeringutest, finantseerimisallikatest ning tööjõu kompetentsi vajaduse ning olemasolu kohta. Lisaks selgitatakse karbi- ja vetikakasvatuse pikaajalist perspektiivi muutuvate kliimaolude tingimustes, sh Läänemere tingimustesse sobivate vesiviljeluse viiside kasutamises eutrofeerumise vastase meetmena.

Uuringu üks eesmärgi on aidata kaasa Eesti merestrateegia meetmekava täitmisele, kus on kirjas, et vesiviljeluse kui toitaineid ärastava meetme kavandamiseks on vaja teha mitmeid uuringuid, sest Läänemere tingimustesse sobivaid vesiviljeluse viise eutrofeerumise vastase meetmena pole seni süstemaatiliselt uuritud ning on vajalik ka leida ka majanduslikult põhjendatud toodangu kasutamise meetodid.

¹ Vesiviljeluskasvatus on ehitis, rajatis või seade, mis on mõeldud vesiviljeluse toodangu saamiseks suuremas mahus, kui seda võimaldaksid looduslikud keskkonnatingimused sama ruumala kohta.

2. Olemasoleva olukorra kirjeldus

2.1. Taust

Eestis on seni uuritud karbi- ja vetikakasvatuse potentsiaali mereveest lämmastiku ja fosfori eemaldajana, modelleeritud karbikasvatuse saagikusi ja vetikate biomassi Eesti merealal ning hinnatud kalakasvatusest veesambasse ja meresetetes sattunud toitainete kompenseerimist karbikasvatuse abil. Lisaks on analüüsitud väärtusahelapõhiseid võimalusi lisandväärtuse tõstmiseks vesiviljeluse valdkonnas. Samuti on Eesti tingimusi võrreldud Rootsi Sankt Anna ja Saksamaa Kieli karbikasvandustega ning välja toodud viimaste saagikuse ja majandusnäitajate võrdlus.

Töö koostamise ajal, 2023. aasta teises pooles, on Eestis üks merealale rajatud kalakasvatus koos karbikasvatusega (Tagalahes). Karbikasvatus rajati 2019. aastal ning sellelt on saaki koristatud vaid teaduslike katsete läbiviimiseks.

Lisaks on Eestis üks töönduslikult vetikate töötlemisega tegelev ettevõtte - AS Est-Agar, kes alustas agariku väljapüügiga Kassari lahes juba 1966. aastal. Ettevõtte tegeleb punavetikast (*Furcellaria lumbricalis*) furtsellaraani tootmisega, mis on käesoleval ajal Läänemere tingimustes ainukene merevetikatel põhinev äritegevus.

Merelise vesiviljelusega seotud ettevõtluse võib suures plaanis jagada kaheks: meres toimuvad tegevused, mis on seotud otseselt vetikate ja karpide kasvatamisega, ning maismaal toimuvad tegevused, mis on seotud toorme edasise väärimisega.

Peamiseks ärimudeliks vesiviljeluse sektoris - nii karbi-, vetika- või kalakasvatuses - on B2B (ettevõtte müüb ettevõttele) ahel. Ettevõtte tegeleb vesiviljelusega ja vajadusel saagi esmase töötlemisega (puhastamine, kuivatamine, hakkimine jms). Edasi, tooret töötlev ettevõtte jõuab kas vahepealse või lõpptooteni ning müüb seda (hulgi) järgmisele ettevõttele/ettevõtetele.

2.2. Vetikaviljelus

2.2.1. Perspektiivsed kasutusvaldkonnad

Makrovetikad pakuvad tooret toiduaine- ja keemiatööstustele. Peamiselt Väinameres ja Saaremaast läänes oleval merealal laialt levinud punavetikaliigist agarikust (*Furcellaria lumbricalis*) toodetakse tänapäeval furtsellaraani, mida kasutatakse peamiselt kondiitritööstuses tarretusainena. Punavetika rakenduspotentsiaal on palju laiem. Näiteks sisaldab agarik pigменти R-fükoerütriini, mida võiks kasutada meditsiinis, kosmeetikas või toiduainetööstuses. Toodang võiks minna peamiselt ekspordiks, kusjuures maailmaturul on niisuguste toodete pakkumine ehk konkurents tänapäeval võrdlemisi väike. Eelduseks on aga tõenäoliselt kodumaise vetikatööstuse edendamine, sest toore vetikasaagi transport kauge vahemaa taha pole jätkusuutlik. Efektive lahendus eeldab, et vetikafarmi läheduses maismaal paikneb kuivatamisprotsess ja töötlemine, mille toodang suunatakse ekspordiks. Praegusel ajal paikneb agariku töötlemise tehas Saaremaal Kärlal, mis jääb punavetika lossimiskohast ca 50 km kaugusele.

Tänu rohkele biomassile on mitmed vetikaliigid kas tänapäeva praktikas või tulevikuperspektiivis kasutatavad orgaanilise väetise, loomasööda või biokütusena (eelkõige lähtematerjalina biogaasi, biodiisli või bioetanooli tootmiseks). Seoses transpordikulude suure osakaaluga peab vastavaid kasutusvõimalusi otsima eelkõige vetikafarmi lähedusest.

Inimtoit. Merevetikatel on võrreldes maismaataimedega inimtoidu perspektiivist suurepärase mineraalsete toitainete sisaldus, sh kaltsium, kaalium, magneesium, tsink, raud, mangaan, vask, jood². Makrovetikad on ka head nii vesi- kui rasvlahustuvate vitamiinide allikas, sh C ja A vitamiinid. Makrovetikad on haruldaseks mitteloomseks B12 vitamiini allikaks. Paljud puna- ja rohevetikad on kõrge valgusisaldusega, sisaldades mh kõiki inimesele vajalikke aminohappeid. Makrovetikates on rikkalikult lahustuvaid kiudaineid.

Aastal 2001 hinnati merevetikate ülemaailmseks turuväärtuseks (toodangu väärtus) peaaegu 6 miljardit USA dollarit, millest inimtoiduks ettenähtud toiduained moodustasid 5 miljardit USA dollarit.

Käesoleval sajandil on Läänemere regioonis huvi makrovetikate vastu hüppeliselt kasvanud, mille üks põhjuseid on Kaug-Ida köögi (sushi jm) kasvav populaarsus. Praegusel ajal müüakse vetikatoitu lisaks Kaug-Ida gastronoomiale ka jaekaubanduses peamiselt salati, kuivatatud toodete ja mitmekomponendiliste toodete näol. On ka palju vetikapõhiseid toidulisandeid.

Aastal 2020 oli ligi veerand Läänemere regiooni tarbijatest söönud sushi, salati, supi või snäkkide koosseisus merevetikaid. Ligi kolmandik väitis, et nad "võiksid proovida" süüa merevetikatooteid³. Aastal 2019 läbi viidud küsitluses üle poole vastanutest polnud kunagi merevetikaid söönud või ei osanud sellele küsimusele vastata⁴. Läänemeremaades kohalikku vetikatoitu pakkudes tuleb tõsiselt arvestada Aasia päritolu konkureeriva kaubaga. Vastanutest 34% arvas, et Läänemerest pärinevasse toidusse tuleb suhtuda ettevaatlikkusega.

Toiduainetööstuse perspektiiv. Enamikud söödavad vetikad on toiduks kasutatavad nii värskena, kuivatatuna kui kuumutatuna. Ülemaailmselt on puna- ja pruunvetikad olulised želeerivate ja paksendavate ainete - sh karrageeni, agari ja alginaatide - toorained. Karrageenid on sulfaaditud polüsahhariidid, mida ekstraheeritakse punavetikatest. Agar koosneb polüsahhariidide segust, mida saadakse osadest punavetikatest. Alginaadid on pruunvetikas leiduvate vetikhapete (söödavad polüsahhariidid) soolad.

Makrovetikad on ka paljulubavad uute toidulisandite - nagu pigmendid ja antioksüdandid - algallikad. Makrovetikatel on ka potentsiaal inimesele sobiva valguallikana.

Tervishoid. Makrovetikad sisaldavad suurt hulka bioaktiivseid ühendeid, sh kiudaineid, fenoolseid ühendeid ja pigmente. Nendel on mitmeid positiivseid terviseomõjusid. Fenoolsetel ühenditel ja

² Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

³ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

⁴ Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., Szulecka, O. 2021. Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region. National Marine Fisheries Research Institute. Gdynia, 2021

pigmentidel on antioksidatiivsed ja põletikuvastased toimed. Kiudained aitavad kaasa ainevahetusele ja tervislikule soole mikrobiomile.

Kosmeetika. Vetikaid kasutatakse kasvavas tempos kosmeetikatoodete valmistamisel, sest need stimuleerivad naha taastamist ja kaitset, rahustavad ärritusi ning omavad ka allergia- ja põletikuvastaseid omadusi. Neil on puhastav, niisutav ja rahustav toime, mistõttu sobivad dehüdreeritud, aknet põdeva või ülitundliku naha hoolduseks. Kosmeetikatööstuses kasutatakse vetikaid ka preparaatide valmistamisel, mis kiirendavad naha paranemist, regenereerivad ja noorendavad nahka.

Farmaatsia. Põletikuvastaste, antibakteriaalsete, vähivastaste ja antioksidantsete omaduste tõttu saab vetikaid maailmas kasutada paljude haiguste ravis, sest kasvab huvi looduslike ravimite vastu, mida peetakse inimesele ohutumaks.

Põllumajandus. Teadlased on merevetikad kvalifitseerinud kõige olulisemate elusorganismide rühmaks, mida saab laialdaselt kasutada **taimekasvatuses**⁵. Vetikaekstrakte saab kasutada põllumajanduses väetisena, taimede biostimulaatoritena, taimekasvu bioregulaatoritena, kaitseainetena. Vetikad on rikkad taimede kasvuks vajalike mikro- ja makroelementide poolest. Vetikatest saadud ekstraktidel on biostimuleeriv toime. Vetikates tuvastatud aluseliste fütohormoonide hulka kuuluvad: auksiinid, tsütokiniinid, giberelliinid, abstsitsiinhape ja etüleen. Tuleviktrend on vetikatoodetes sisalduvate bioloogiliselt aktiivsete ühendite kasutamine viiruste ja bakterite põhjustatud taimehaiguste vastu võitlemisel.

Merevetikaekstrakte saab potentsiaalselt kasutada **söödalisanditena** nii saagikuse parandamiseks kui ka patogeensete bakterite vähendamiseks⁶. Kirjanduse ülevaatest võib järeldada, et põhitähelepanu on suunatud pruunvetikate (*Phaeophyta*) ekstraktide kasutamisele monogastriliste põllumajandusloomade (sead, kanad) söödaratsioonides⁷.

Biokütused. Kuna vetikad on kiirekasvulised ja taastuvad (erinevalt fossiilsest materjalist), on neil potentsiaal kliimapositiivsete biokütustena. Katsetulemused näitavad, et merevetikad perekonnast *Ulva* (rohevetikad) on tänu kiirele kasvule, suurele fotosünteesi aktiivsusele, kõrgele polüsahhariidide sisaldusele ja ligniini puudumisele (ligniin takistaks hüdrolyüsi ja fermentatsiooni) potentsiaalselt sobiv allikas biokütuste tootmiseks sh nii **bioetanooli** kui ka **biogaasi** tootmiseks⁸. Pruun- ja punavetikaid peetakse ka headeks kandidaatideks biokütuste suuremahulise ja kulutõhusa tootmise lähteainena.

Muud tehnilised tooted. Alginaatide geelistumis- ja viskoossusomadusi kasutatakse ka tekstiilitööstuses. Alginaate iseloomustab kõrge hüdrofiilsus, nad seovad vett ja paisuvad. Seega on need ideaalsed paksendajad trükkimisel. Alginaadid toimivad kui plastifikaatorid biofilmi tootmisel ja

⁵ Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., Szulecka, O. 2021. Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region. National Marine Fisheries Research Institute. Gdynia, 2021

⁶ Nagarajan, D., Varjani, S., Lee, D.J. and Chang, J.S., 2021. Sustainable aquaculture and animal feed from microalgae—nutritive value and techno-functional components. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 150, p.111549.

⁷ Øverland, M., Mydland, L.T. and Skrede, A., 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(1), pp.13-24.

⁸ Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., Szulecka, O. 2021. Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region. National Marine Fisheries Research Institute. Gdynia, 2021

on sellisena kasutatavad toiduainete pakendamisel⁹. Praegusel ajal on arendamisel naatriumalginaadi kasutamine paksendajana villasele riidele kõrgekvaliteediliseks värvitrükkimiseks¹⁰. Alginaadi hüdrogeeli on võimalik kasutada kinga sisetalla lähtematerjalina¹¹.

Vetikad on allikaks pikale nimekirjale **pigmentidele**, sh klorofüllid, karotenoidid, fükobiliinid, fükotsüaniin ja fükoeütriin¹². Neid on edukalt võimalik kasutada puuvillaste jm materjalist kangaste värvimiseks ja trükkimiseks, tagades tänu mikroobivastasele aktiivsusele samas nende kangaste parema säilimise. Agarikult (*Furcellaria lumbicalis*) saadakse R-fükoeütriini (tuntud ka kui PE või R-PE), mis on laboris kasutatav fluorestsentsipõhise indikaatorina tsüanobakterite esinemise ja antikehade tuvastamiseks.

Vetikatest on võimalik toota **liimi**, mis võiks olla keskkonnaohutu ja kliimapositiivne alternatiiv formaldehüüdile mh puitlaastplaatide tootmisel¹³. Praegusel ajal on arenduses uued meetodid mikrovetikate põhiste **bioplastide** tootmiseks, sh segamine muude materjalidega ja geneetilised manipulatsioonid¹⁴. Üheks kasutuskohaks võiks olla tavaplastpudeli asendajana vetikaplastist joogipudel, mis võiks isegi söödav olla. Näiteks ettevõtte Notpla¹⁵ toodab vetikatest ja taimedest erinevaid pakendeid, mis on söödavad, komposteeritavad, taaskasutatavad või vees lahustuvad.

2.2.2. Looduslikud eeldused

Läänemere piirkonna uurimisprojekt GRASS pakkus välja seitse vetikataksoni, mida võiks Läänemere regioonis kultiveerida¹⁶. Juba praegusel ajal kultiveeritakse Läänemere Rootsi läänerannikul järgmisi taksoneid: pruunvetikad Atlandi lehtadru ehk kelp (*Saccharina latissima*), sõrmjas lehtadru ehk mahe kombu (*Laminaria digitata*) ja rohevetikas *Ulva sp.* Need farmid on aga väikesed, vähese tööstusliku potentsiaaliga ja rannikuga seotud. Tõsiseltvõetav tööstuslik vetikaviljelus Läänemere piirkonnas esialgu puudub.

⁹ Paixao, L.C., Lopes, I.A., Barros Filho, A.K.D. and Santana, A.A., 2019. Alginate biofilms plasticized with hydrophilic and hydrophobic plasticizers for application in food packaging. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(48), p.48263.

¹⁰ An, F., Fang, K., Liu, X., Yang, H. and Qu, G., 2020. Protease and sodium alginate combined treatment of wool fabric for enhancing inkjet printing performance of reactive dyes. *International journal of biological macromolecules*, 146, pp.959-964.

¹¹ Azam, F., Ali, H., Ahmad, F., Rasheed, A., Ahmad, S., Ali, M.U. and Nawab, Y., 2023. A fibrous nonwoven hydrogel composite for shoe insole with enhanced mechanical and comfort properties. *Journal of Polymers and the Environment*, pp.1-12.

¹² Shahin, A., Nabil-Adam, A., Shreadah, M.A., Elnagar, K. and Osman, H., 2022. Application of Printing and Finishing Cotton Fabrics with Natural Dyes (A Review). *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(11), pp.341-358.

¹³ Rasche, C., 2020. Exploring the sustainability potential of an algae-based wood adhesive: Comparative and explorative environmental life cycle assessment of algae-vs. formaldehyde-based adhesives for particleboard production.

¹⁴ Chia, W.Y., Tang, D.Y.Y., Khoo, K.S., Lup, A.N.K. and Chew, K.W., 2020. Nature's fight against plastic pollution: Algae for plastic biodegradation and bioplastics production. *Environmental Science and Ecotechnology*, 4, p.100065.

¹⁵ Notpla Limited, 2023. Kättesaadav: <https://www.notpla.com>

¹⁶ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

Vesiviljelusliikidena, mis viivad merekeskkonnast toitained välja, on Eesti oludes nimetatud sobivateks põisadru *Fucus vesiculosus*, agarikku *Furcellaria lumbricalis* ning rohevetikatest kareniitvetikat *Cladophora glomerata* ja söödavat rohevetikat *Ulva intestinalis*¹⁷. Praeguste teadmiste põhjal on tegemist Eestis kõige suuremat perspektiivi omavate liikidega.

Praegusel ajal arendatakse eksperimentaalselt **põisadru (*Fucus vesiculosus*)** kultiveerimise süsteeme Kieli lahes^{18, 19}. Hetkel see pole äriselt huvipakkuv, kuid katsed näitavad, et põisadru kasvukiirus on sobiv kommertsiaalseks kasvatamiseks. See kasvas katsefarmis kiirusega 3,27% päevas ning optimaalsetes tingimustes on võimalik saada aastasaak 50 tonni värsket massi hektarilt. Üheks generatiivselt paljundatava vormi probleemiks on seemnematerjalina kasutatavate sporofüütide madal ellujäämus. Teiseks probleemiks on vetikamassi saastumine peamiselt selgrootutega, mis muudab püütud biomassi edasise töötlemise äriselt keeruliseks.

Kotta *et al* (2020) analüüsi järgi leidub põisadru Eestis eelkõige rannajoone läheduses²⁰. Kui muude vesiviljeluse taksonite korral tõuseb esile vaid Lääne-Eesti mereala, siis põisadru puhul on sama oluline Põhja-Eesti rannik (joonis 1).



Joonis 1. Põisadru *Fucus vesiculosus* suhteline biomass Eesti merealal²¹.

¹⁷ Kiiker, K., Peetersoo, A., Raidla, M. 2020. Rannaheidiste majandamise sotsiaal-majanduslik analüüs.

¹⁸ Result Report: Algae sources, cultivation and collection. 2020. The EU Interreg Deutschland – Denmark funded project “FucoSan - Health from the Sea” (FucoSan)

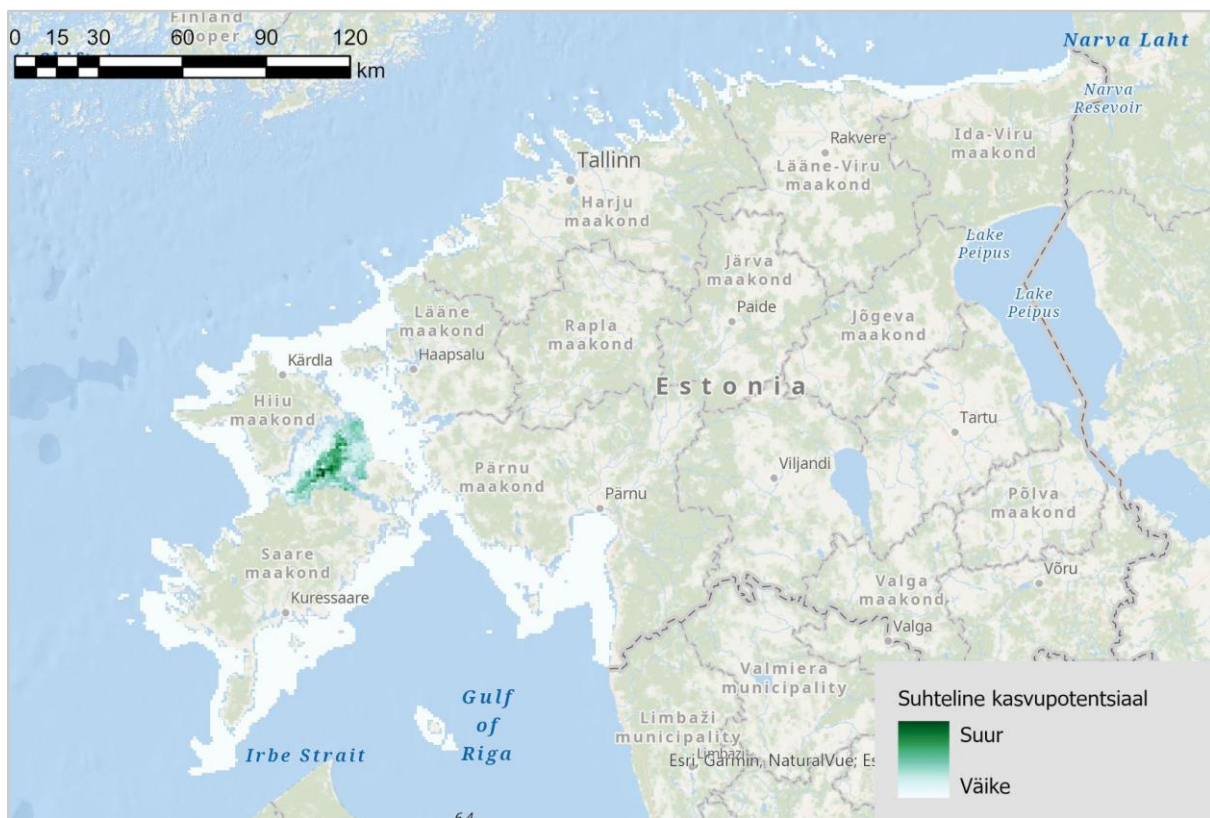
¹⁹ Meichssner, R., Stegmann, N., Cosin, AS. et al. 2020. Control of fouling in the aquaculture of *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus* by regular desiccation. J Appl Phycol 32, 4145–4158

²⁰ Kotta, J., Fetissov, M., Szava-Kovats, R., Aps, R., Martin, G. 2020. Online tool to integrate evidence-based knowledge into cumulative effects assessments: Linking human pressures to multiple nature assets. Environmental Advances, 2, 100026.

²¹ Kotta, J., Fetissov, M., Szava-Kovats, R., Aps, R., Martin, G. 2020. Online tool to integrate evidence-based knowledge into cumulative effects assessments: Linking human pressures to multiple nature assets. Environmental Advances, 2, 100026.

Punavetikas **agarik (*Furcellaria lumbricalis*)** on ainus liik, mille lahtist vormi praegusel ajal Läänemereest traalitakse kommertsiaalses mastaabis, tootmaks furtsellaraani nimelist polüsahhariidi, mis on tarretisaine. Lisaks kogutakse kaldale uhutud agarikku ka Lääne-Saaremaa randadelt. Seega toimub juba praegu vetikate varumine tööstuslikuks tootmiseks nii kalapüügi kõrvaltegevusena kui ka regulaarse tööstusliku vetikamassi väljapüügina²². Agarik on ainus liik, mida praeguste teadmiste järgi saab meres koplis kasvatada ning see ei vaja kasvamiseks kinnitumissubstraati. Kopliaiad rajatakse eesmärgiga takistada biomassi äratriivimist.

Agariku potentsiaal nii loodusliku biomassi püügi kui ka vesiviljeluse kontekstis piirdub tänaste analüüside järgi Kassari lahega²³ (joonis 2). Praktikas tähendab see seda, et antud lahe piires pakub tänapäeval loodus võimalust agarikupüüki suurendada ning kui püük hakkab ületama efektiivset juurdekasvu (osa juurdekasvust kandub ära), siis võiks tulla kõne alla agarikuviljelus eelkõige just juurdekasvu efektiivsema koristuse saavutamiseks.



Joonis 2. Punavetika agarik *Furcellaria lumbricalis* potentsiaalne kasv farmis Eesti merealal²⁴

Liigi ***Ulva intestinalis*** kasvatamisega seotud välikatsetel Läänemere piirkonnas – üks Soome lahes (Venemaa osa) ja üks Puck Bays (Poola) - hinnati makrovetikate potentsiaali liigsete toitainete eemaldamisel eutrofeerumise vastase meetmena²⁵. *U. intestinalis*'e kasvatamiseks kasutati madalal

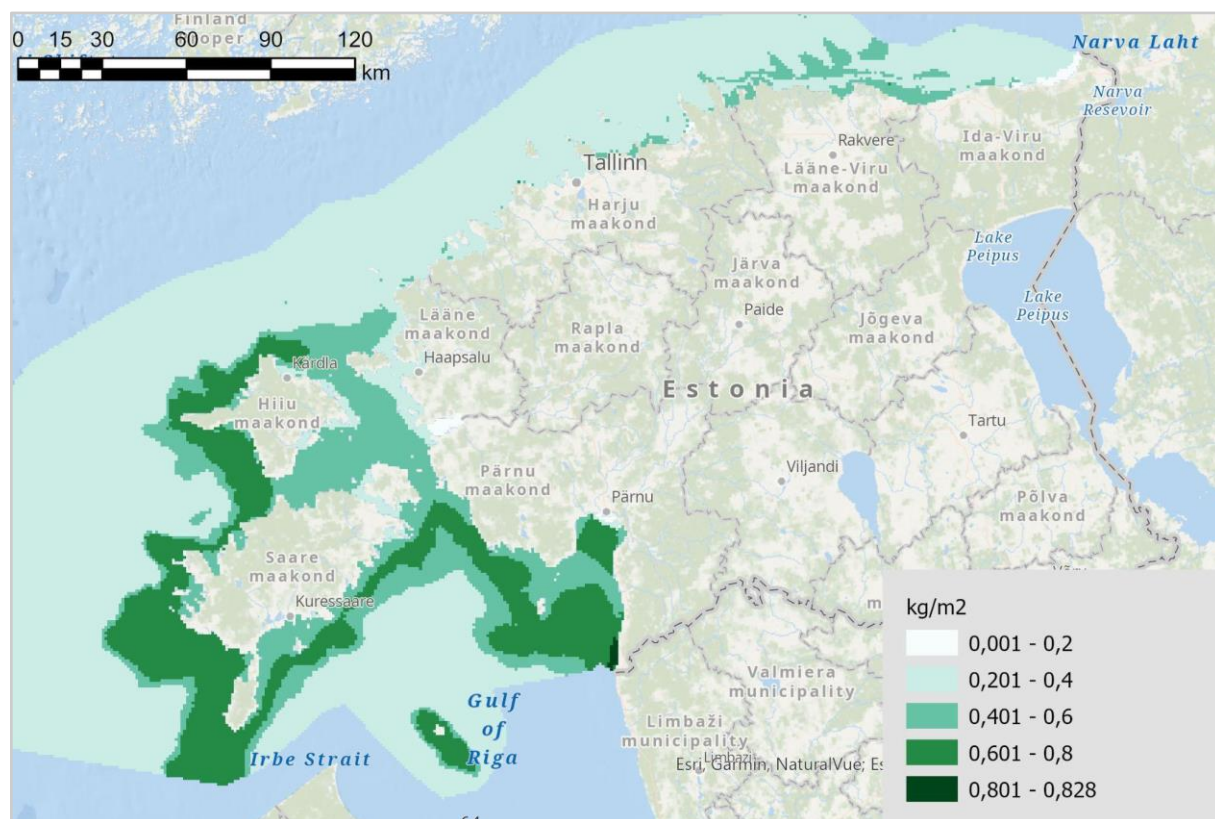
²² Kiiker, K., Peetersoo, A., Raidla, M. 2020. Rannaheidiste majandamise sotsiaal-majanduslik analüüs.

²³ Kotta, J. 2019. Mereala valitud ökosüsteemiteenuste alusmaterjalid. Hobikoda. Tallinn.

²⁴ Kotta, J. 2019. Mereala valitud ökosüsteemiteenuste alusmaterjalid. Hobikoda. Tallinn.

²⁵ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

rannikualal horisontaalselt paigutatud kõisi, milledele inokuleeriti *Ulva* eoseid. Katseviljeluskohad asusid reoveepuhasti väljavoolu vahetus läheduses, st väga kõrge toitainete kontsentratsiooniga aladel. Saadud tulemuste põhjal on arvatud, et ühel vegetatsiooniperioodil (mai-oktoober) on võimalik saada 62-87 tonni värsket biomassi (vastab ca 16 - 12 t kuivmassile²⁶) hektarilt. Eesti merealal on *Ulva* kasvupotentsiaal suurim Hiiumaast ja Saaremaast läänes, Pärnu lahes ning Ruhnu saare ümbruses²⁷ (joonis 3).



Joonis 3. Söödava rohevetika *Ulva intestinalis* kasvupotentsiaal Eesti merealal²⁸.

2.2.3. Tehnilised lahendused

Puna- ja pruunvetika kasvatamine

Vetikafarm kujutab endast tehniliselt eelkõige veealust piiratud ala, mille piirded takistavad vetikate ärakandumist või kunstlikku kinnitumissubstraati. Ilma kunstlike piirete ega substraadita ei saa rääkida vetikafarmist, vaid lihtsalt vetikapüügist, millega Kassari lahes juba aastakümneid tegeletakse. Mahutis või koplis kasvatamisel tuleb kasvatusalal tagada soovitatava vetikaliigi nn seemnematerjali olemasolu. Sarnaselt karbifarmile, vetikafarmi ei toideta, vaid vetikad kasutavad vees lahustunud

²⁶ Wulandari, V., Latama, G., Zainuddin, E. 2019. Antibacterial Activity of Sargassum polycystum and *Ulva* reticulata Methanol Extract Against Marine Fouling Bacteria. International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP). 9. p91100. 10.29322/IJSRP.9.07.2019.p91100.

²⁷ Eesti mereala planeering, 2021. Hendrikson & Ko. Rahandusministeerium

²⁸ Eesti mereala planeering, 2021. Hendrikson & Ko. Rahandusministeerium.

toitaineid. Soovitav on praktikas piirduda mõne hektari suuruse vetikafarmiga, vältimaks negatiivseid keskkonnamõjusid²⁹.

Merevetikaid saab koristada käsitsi väikeste paatidega või mehaaniliselt, kasutades kalalaevu. Pärast käsitsi korjamist paigutatakse vetikad enamasti plastkastidesse, pärast mehaanilist koristamist transporditakse vetikad kottides või võrkudes veokitega tehastesse. Riknemisohu tõttu tuleb vetikamass kiiresti jahutada ja transportida töötlemistehasesse või lõpptarbijale.

Merevetikate mitmesugused hilisemad kasutused toidu, sööda, ravimite, toitainete, kosmeetika ja biokütusena võivad vajada erinevaid koristusjärgseid töötlemismeetodeid. Kõrge veesisalduse tõttu on merevetikail suhteliselt lühike koristusjärgne eluiga, nt. *Gracilaria coronopifolia*, *G. parvispora*, *G. salicornia* ja *G. tikvahiae* puhul on see hinnanguliselt umbes 4 päeva. Seetõttu, olulisteks küsimusteks on transpordi korraldus ja koristusjärgne kuivatamine või töötlemine.

Söödava rohevetika kasvatamine

Suurvetikatel põhinev biofiltersüsteem kalakasvatuse vee puhastamiseks on reaalne alternatiiv muudele kalakasvatuse heitvee töötlemise võimalustele³⁰. Tehniliselt kogutakse loodusest esialgne vetikabiomass, mida seejärel inkubaatoris kasvatatakse. Inkubaatorisse suunatakse puhastamiseks kalamahutist pärinev, eelnevalt jämesettest puhastatud toitainerikas vesi. Vetikabiomassi kasvades tuleb seda inkubaatorist regulaarselt eemaldada ja ühtlasi tuleb seda loodusliku toormassiga uuendada. TÜ Mereinstituut soovitab katsete põhjal **söödava rohevetika *Ulva intestinalis*** kultiveerimist kalakasvatuses. Ideaalsetel tingimustel saab nii saavutada väga suure toitainete eemaldamise efektiivsuse ja olulise vetikabiomassi juurdekasvu. Kalakasvatusest suudeti sisetingimustes läbiviidud katses ära eemaldada kuni 60% nitraatidest, nitritist ja fosfaadist ning 30% üldfosforist. Eemaldatav vetikabiomass on kasutatav paljudel erinevatel otstarvetel, sh inimtoiduna. Ohtlike raskmetallide sisaldus vetikamassis jäi alla loomasöödale kehtestatud piirmäärasid.

Tehnoloogia suurvetikatel põhineva biofiltersüsteemi rakendamiseks kalafarmi vee puhastamiseks pole aga praegusel ajal veel lõpuni välja töötatud ja vajab täiustamist, sh ei ole välja töötatud lahendust rohevetika kasvatamiseks merel.

2.3. Karbiviljelus

2.3.1. Perspektiivsed kasutusvaldkonnad

Seniste uuringutega on leitud, et kõige perspektiivsem on karbikasvatust Eestis arendada kahes suunas. Esiteks on mõistlik karpidest toota kõrgema lisandväärtusega tooteid, näiteks väärindada seda inimtoiduks. Eesti oludes saab tehnoloogiliselt sobivaks pidada vaid selliseid vääristamise viise, kus karbid purustatakse koos kojaga, seejärel toimub vajalike komponentide eraldamine biomassist. Tagalahe näitel on 0,5 hektari suuruse karbifarmi keskmine toodang maksimaalselt 100-120 tonni

²⁹ Kotta, J., Martin, G., Escbaum, R., Aps, R., Lees, L., Kalda, R. 2020. Vesiviljelus Eesti merealal. Alusandmed ja uuringud. TÜ Eesti Mereinstituut.

³⁰ Martin, G. 2021. Mereveel põhineva kalakasvatuse heitvee puhastamine suurvetikate kultiveerimise kaudu. Euroopa Merendus ja Kalandusfondi rakenduskava 2014-2020 meetme 2.1 "Vesiviljeluse innovatsioonitoetus" projekti lõpparuanne (projekti viitenumber 821017780003). Tartu Ülikool. Eesti mereinstituut.

karpe aastas. Eestis kasvavad karbid maksimaalselt 1-2 cm pikkuseks (võrdluseks Taanis kasvavad need umbes 5 cm pikkuseks). Liha osakaal söödava rannakarbi kuivmassis on vahemikus 13–30%³¹. Seega on sellise suurusega karpidest saadava rannakarbi liha kogus võrdlemisi väike. Teine (kuid eelmist arengut mitte välistav) võimalus on, et karbikasvatuse põhifookus jääb karpide toitainete sidumise võimele ning kalakasvatuse negatiivsete keskkonnamõjude kompenseerimisele³².

Karbikasvatuse toodangul on potentsiaalselt lai kasutusspekter: söödana kala- või linnufarmis, inimtoiduna, toidulisandina tervisetööstuses (peamiselt proteiiniallikana), väetistena³³. Peamise perspektiivse karbikasvatuse lõpptootena nähakse tänapäeval mujal maailmas kanasööta, mis on töödeldud graanuliteks³⁴.

Sarnaselt kalaga, on probleemiks rannakarbi kiire roiskumine ning sellega seotud riskid. Võrreldes kalaga, võib roiskunud karpide utiliseerimine olla keerukam (karbikestad lagunevad väga pika aja jooksul). Karpide transport eeldab suure jahutusvõimsusega seadmeid. Riskide maandamine läbi karpide külmutamise on aga seotud suure energiakuluga - karpide külmutamine, külmutatud karpide hoiustamine ning tootmisprotsessis nende sulatamine.

Eesti rannikumeres kasvavate rannakarpide vääristamise võimalusi on uurinud Tartu Ülikooli ja Tallinna Ülikooli teadlased^{35 36} (joonis 4). Allpool on esitatud mõned antud kontekstis olulisemad leiud nende varasematest uuringutest.

Kalasööt

Kuivatatud rannakarbisoöda koostis on sarnane kalasöödale, kuid sellel on erinev maitse. Rannakarbitoidul puudub selge kalamaitse, mis on puuduseks, sest kalajahu kasutamisel kalasööda komponendina on üks põhjuseid, et anda taimsele söödale kalamaitse. Rannakarbisoöt võib olla kalasööda otsene asendaja erinevates toodetes ning sellel on võrreldes kalasöödaga mitmeid keskkonnaeeliseid. Tänapäeval on rannakarbisoöda tootmiskulud aga palju suuremad kui kalasööda tootmise kulud. Kui karpi kasutada kalasöödana, siis paikneb kõige perspektiivsem turg kas karbifarmi läheduses või on tarbijaks isegi seesama farm, kus kasvatatakse korraga nii kalu kui karpe.

Loomasööda tootmine rannakarpidest on Rootsis ja Taanis praegu katse- ja käivitusfaasis. Turg on sarnane kalasööda turule - rahvusvaheline, suure nõudluse ja turuhindade kõikumisega. Praeguses mastaabis on rannakarpidest loomasööda tootmise kulud Rootsis väga kõrged. See omakorda pärsib

³¹ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

³² Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

³³ Minnhagen, S., Ozolina, Z., Emilson, M., Bailey, J. 2019. BUSINESS SITUATION ANALYSIS for a mussel farm located in east-coast Sweden. Project "Baltic Blue Growth".

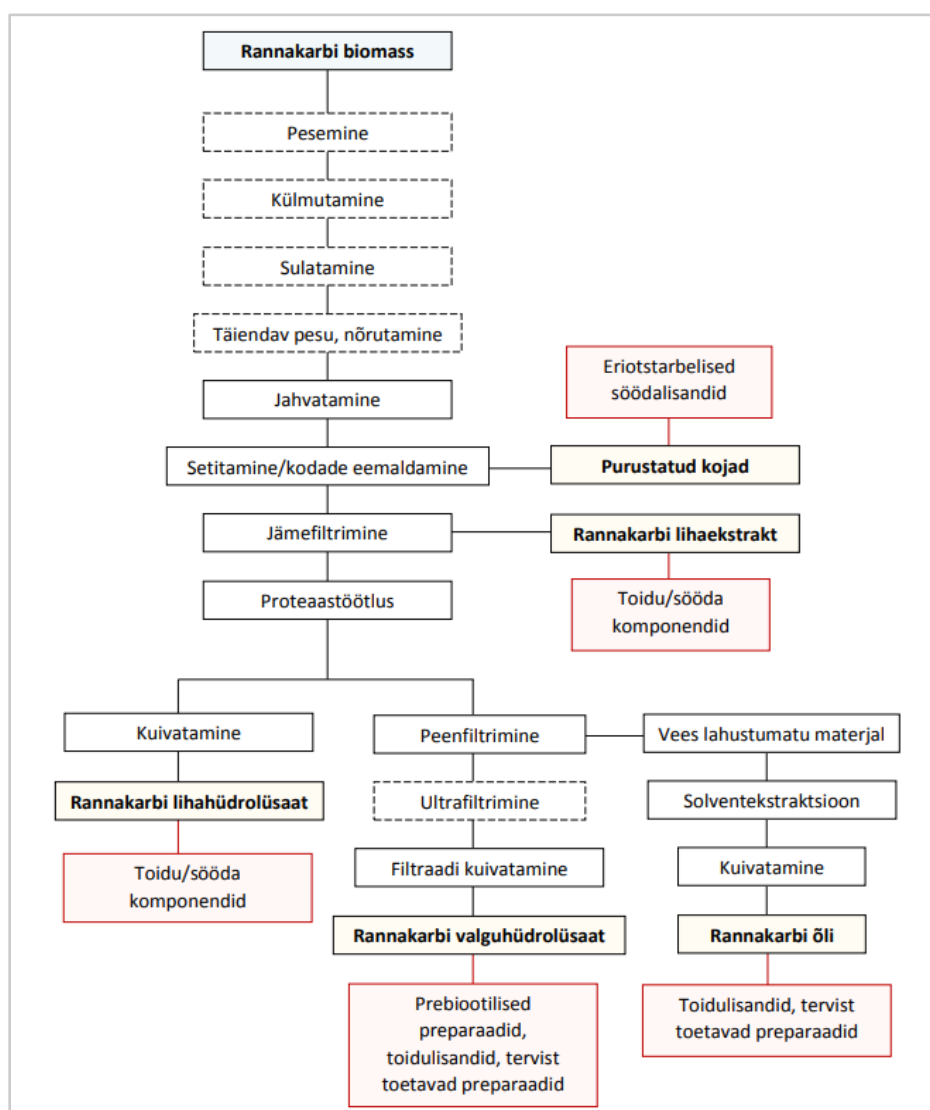
³⁴ Tasse, L. 2019. Poultry trial feeding result. Kättesaadav: https://interreg-baltic.eu/wp-content/uploads/2021/10/99-BalticBlueGrowth_Factsheet_Poultry_feed.pdf

³⁵ Tuvikene, R., Robal, M. 2022. Läänemere tingimustes kultiveeritud rannakarbi vääristamine. Tallinna Ülikool. Kättesaadav: https://fotokonkurss.ee/images/pdf/Rannakarp_aruanne_Tuvikene_2022-1.pdf

³⁶ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

konkurentsivõimet. Linnusöödana turustades tulevad kõne alla eeskätt Eesti ja teiste Läänemere piirkondade suured linnufarmid. Kui karpidest proteiini välja puhastada, siis on turg globaalne.

Karpide töötlemiseks on teoreetiliselt välja pakutud ühe kasutusvaldkonnana putukapõhise kalatoidu valmistamine. See tähendab, et karpid söödetakse esmalt putukavakladele, kusjuures peamiseks putukaliigiks on ogakärblane (*Hermetia illucens*)³⁷. Niisugust lähenemist on praktiseeritud erinevate kalaliikide toitmiseks³⁸. Eesti oludes tähendaks selline tootmine suurt kaasnevat energiakulu. Putukavaglad arenevad vaid kontrollitud temperatuuril ja rannakarpe tuleb aastaringse tootmise korral säilitamiseks külmutada. Mõlema tegevusega lisanduv suur energiatarve peab kajastuma lõpptoote hinnas.



Joonis 4. Rannakarbi biomassi vääristamise peamised rajad ning saadavate produktide potentsiaalsed kasutusvaldkonnad. Katkendliku joonega on tähistatud valikulised etapid³⁹.

³⁷ Palm, O., Lalander, C., Vidakovic, A. 2019. Processing and storage of mussels: mussels to feed through fly larvae. RISE. SLU.

³⁸ Mohan, K., Rajan, D.K., Muralisankar, T., Ganesan, A.R., Sathishkumar, P. and Revathi, N., 2022. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. *Aquaculture*, 553, p.738095.

³⁹ Tuvikene, R., Robal, M. 2022. Läänemere tingimustes kultiveeritud rannakarbi vääristamine. Tallinna Ülikool.

Valdkonna eksperdid prognoosivad, et vahemikus 2018 kuni 2030 kalasööda hind tõuseb ligi 90%⁴⁰. Niisugune hinnatõus avab võimalused alternatiivsete merevalkude tootmiseks nagu seda karbid pakuvad.

Rootsis pakub tänapäeval kõige enam huvi rannakarbisööt kalasööda asendajana munakanade ökoloogilises söödas, kus kalajahu lisandina on ebapopulaarne ja on olnud pikka aega riikliku arutelu all⁴¹. Aastal 2012 kasutati Rootsis mahekanade söödaks 2500 tonni kalasööta aastas ja mahesigade jaoks 800 tonni aastas. See tähendaks 66 000 tonni merest koristatud rannakarpi aastas, kui kogu kalasööt tuleks asendada rannakarbisöödaga. Ökoloogilise linnuliha tootjad on väljendanud huvi hakata kasutama rannakarbisööta linnutoidus.

Eestis on kalajahu ja kalaõli tootmisel spetsialiseerunud väärtuslikumate söödakomponentide pakkumisele. Toodetud kalajahu moodustab umbes 10% kalatoidust ning seda lisatakse söödale maitseomaduste ning seedivuse parandamise eesmärgil (Toomas Kevvai, suuline info). Eestis perspektiivsete väärastamise võimaluste valikul tuleb arvestada toorainena kättesaadavate karpide väikest kogust, hooajalisust ning karpide pikemaajalise säilitamise (nt külmutamise) kulukust. Lisaks, kalajahu ja -õli turgu mõjutab eelkõige Hiina oma loomakasvatuse valdkonna arengutega ning Peruu, kus on ühed suurimad kalajahu tootjaid, kelle kogu kalanduse tootmistsüklil on tugevasti seotud El Nino esinemisega.

Inimtoit

Rootsis ei ole inimtoiduna karpide pakkumine tänapäeval toiduohutuse põhjustel lubatud. Kui avada Läänemere rannakarpide turg inimtoiduks, siis peaks olema võimalik saada mitmeid uusi toidutooteid väikestest söödavatest rannakarpidest. Uuringud ei pea Eesti merest püütud tervete karpide pakkumist inimtoiduks kommertsiaalselt perspektiivseks, kuna meie vetes kasvavad karbid on väga väikesed. Nende läbimõõt on vahemikus ainult üks kuni kaks cm, samas kui inimtoiduks tervete karpide müümiseks peaks karbi suurus ületama nelja cm⁴². Seega, kõne alla tuleks Eesti rannakarbi pakkumine ekstraktidena, nagu puljongite koostisosana jms.

Toidu- ja söödalisandid

Karbid sisaldavad väärtuslikke valke, õlisid ja ensüüme. Välja on pakutud võimalusi karpide väärindamiseks inimtoidu või loomasööda osana farmaatsia- ja kosmeetikatööstuses. Võimalikud tooted on eriotstarbelised söödalisandid, toidu/sööda komponendid, probiootilised preparaadid, tervist toetavad preparaadid. Eestis on perspektiivseks peetud karbimassist proteiinipulbri tootmist, millel on potentsiaalselt väga suur hulk rakendusi⁴³. Nende seast väärib välja toomist asjaolu, et Euroopa regioonis on monogastriliste mahepõllumajanduslike loomade puhul mahedate

⁴⁰ Minnhagen, S. 2017. Farming of blue mussels in the Baltic Sea A review of pilot studies 2007-2016. Kalmar municipality.

⁴¹ Minnhagen, S. 2017. Farming of blue mussels in the Baltic Sea A review of pilot studies 2007-2016. Kalmar municipality.

⁴² Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

⁴³ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

valgulisandite puudus, mis täidaks nõudlust aminohapete järele⁴⁴. Nende loomade seas on Eesti juhtumil tänapäeval peamiselt kanad, kuid tulevikuperspektiivis ka mahesead. Karbipõhised söödalisandid võiksid edukalt asendada kala- ja sojapõhised lisandeid.

Karbiväetis

Läänemere rannakarpe on võimalik müüa väetisena mahefarmidesse või kompostitootena aianduspoodides. Täna ei ole selle tootmine ärilises mastaabis käivitunud. Üheks takistavaks teguriks võib olla karpide komposteerimisel tekkiv ebameeldiv lõhn, mis teeb karpide käitlemise ja bioväetise kasutamise ebamugavaks.

Karbimaterjal

Puhaste rannakarpide kodade jaoks on Taanis olemas turg, kus neid saab kasutada ehitussektoris nagu drenaaž, isolatsioon, teekatted ja aiakaunistused. Karpe saab müüa hinnaga umbes 140 EUR/m³, kuid esmalt tuleb need rannakarbi lihast eraldada, mis on kulukas protsess. Loomsete kõrvalsaaduste regulatsiooni ja halva lõhna tõttu ei ole seaduslik neid lihtsalt kuhjata ja oodata, kuni liha looduslike protsesside käigus kaob. Seega ei ole rannakarbi karp esmane toode, mida otse rannakarbi kasvandusest müüa, vaid pigem toidu- või sööda-karbitööstuse kõrvalsaadus. Arvestama peab ka seda, et Eestis ei kasva karbid nii suureks kui Taanis ja see muudab karbiliha eemaldamise kodadest veelgi kallimaks.

Karbijahu ja -õli

Karpidest jahu tootmine eeldab tehnoloogiat, millega orgaanika kodadest eraldatakse. Tööstuslikul tasemel selline tehnoloogia täna Eestis puudub, samas ei ole seni ka piisavat sisendit toorme näol, et tehnoloogia arendamisse investeerida.

Tööstuslikul tasemel karbijahu ja karbiõli tootmist on katsetatud Rootsis. Tootmisega tegeleb Musselfeed AB⁴⁵, kuid nende toormaterjaliks on Põhjamere osas kasvanud rannakarbid, mis suuruselt ei ole Eesti vetes kasvavate karpidega võrreldavad.

Galiitsia rannakarbisektori juhtumiuuringus saadi rannakarbitööstuse olelusringi süsinikujalajäljeks 4,35 kg CO₂e/kg valmistoote kohta⁴⁶. Tooteks olid ümmargused konserveeritud rannakarbid (karpide kogukaal 387 g), kusjuures arvesse võeti kõik eeldatavad olelusringi kasvuhoonegaaside heitkogused (päevalilleõli, konservikarpide ja pappkastide tootmine) ning pakendijäätmete ringlussevõtt. Võrdluseks, veiselihal on jalajäljeks arvatud 19–36,7 kg CO₂e/kg, lambalihal 23–36 kg CO₂e/kg, sealihal 6,4–8,6 kg CO₂e/kg, linnulihal 3–6,5 kg CO₂e/kg ja lõhel 4,2–5,4 kg CO₂e/kg. Seega, karbitoodangu ökojalajalg võib olla võrdlemisi väike.

⁴⁴ van der Heide, M.E., Stødtkilde, L., Værum Nørgaard, J., Studnitz, M., 2021. The potential of locally-sourced european protein sources for organic monogastric production: A review of forage crop extracts, seaweed, starfish, mussel, and insects. Sustainability, 13(4), p.2303.

⁴⁵ Musselfeed AB. <https://musselfeed.com/>

⁴⁶ Suplicy, F.M., 2020. A review of the multiple benefits of mussel farming. Reviews in Aquaculture, 12(1), pp.204-223.

Paldiski kalakomponentide tehas on uurinud karbijahu ja karbiõli tootmise potentsiaali, kuid probleemiks on nii väikesed kogused, kui ka karpide töötlemise võimalused - karbi massist on orgaanika osakaal väga väike ja koja osakaal väga suur. Käesoleval ajal peavad valdkonnas tegutsevad ettevõtjad probleemiks tootmise käivituskindlust, sh kas ja millal saavutatakse karbikasvatustes kommertstootusele vastav tootmismahut.

Tagalahe näitel on 6x100 m karbiliiniga farmi keskmine toodang 100-120 tonni karpe aastas. Võrdluseks, Paldiski kalakomponentide tehas käivitati 250-300 tonni kala/päevas tootmismahu juures. Liin töötab ööpäevaringselt ja aastas vähemalt 10 kuud (ülejäanud perioodil on liini hooldustööd ja puhkused). Paldiski kalakomponentide tehase hinnangul (Toomas Kevvai, suuline info) on ühe tootmisliini käivitamisel minimaalseks karpide koguseks vajalik 5 t/h. Tagalahe rannakarbi farmi praeguse aastase toodangu suudaks vastav karbijahu liin töödelda ühe ööpäevaga.

Järeldused

Vajalik on karbi töötlemisvõimaluste testimine tööstuslikus mahus. Meie rannikuvetes kasvavate karpide töötlemist on seni uuritud vaid laborikatsetes. Välja on selgitatud vajalikud töötlemise protsessid karbist erinevate komponentide eraldamiseks. Kuid Eestis ja ka mujal maailmas puudub kogemus sarnaste väikesemõõduliste karpide tööstusliku töötlemise osas. Samuti on puudu seadmete prototüübid. Selleks, et laboris saadud kogemusi skaleerida ärilisele tasemele, on vaja suuremas mahus katsetada (nt proovitehases).

2.3.2. Looduslikud eeldused

Peamiseks karbiliigiks, mille kasvatamisel nähakse ärilist perspektiivi on söödav rannakarp (*Mytilus edulis/trossulus*)⁴⁷. Kui karpe kasvatada vaid toitainete eemaldamise otstarbel, siis võiks kaaluda ka teisi liike. Söödava rannakarbi asemel võiks paremini sobida tavaline ehk muutlik rändkarp (*Dreissena polymorpha*), kuna sellel liigil on hea filtreerimisvõime ja eutrofeerumise vastumeetmena võib selle karbi kasvatamine olla väga tõhus⁴⁸. Kui söödav rannakarp on tõhus eelkõige suure läbivooluga avamerefarmis, siis rändkarp võiks olla tõhus eelkõige võrdlemisi magedate ja toitainerikaste siselahtede (Eestis eelkõige Haapsalu ja Matsalu lahed) puhastamisel⁴⁹. Samas on oht, et see võõrliik tõrjub välja sarnase toitumistüübiga kohalikke liike ning mõjutab negatiivselt ökosüsteemi. Arvestama peab, et rändkarp on nimetatud oluliseks võõrliigiks, mis ohustab Läänemerd ning tekitab olulise majandusliku kulu.⁵⁰ Vesiviljeluse määrase⁵¹ alusel tuleb vesiviljeluskasvanduses, välja arvatud karbi- ja vetikakasvanduses, rakendada meetmeid kasvatatavate isendite loodusesse pääsemise vältimiseks.

⁴⁷ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

⁴⁸ Friedland, R., Buer, A.L., Dahlke, S. and Schernewski, G., 2019. Spatial effects of different zebra mussel farming strategies in an eutrophic Baltic Lagoon. *Frontiers in Environmental Science*, 6, p.158.

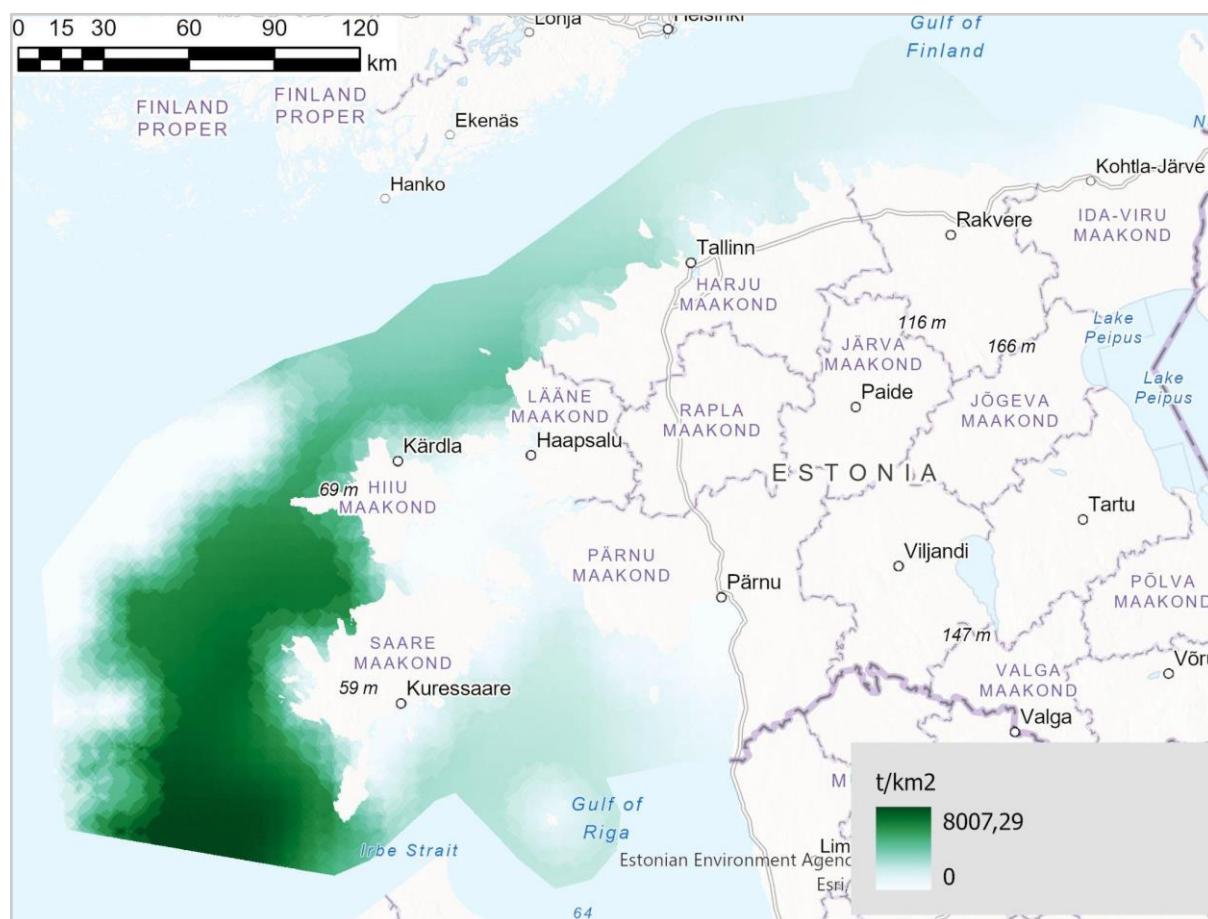
⁴⁹ Goedkoop, W., Choudhury, M.I., Lau, D.C. and Grandin, U., 2021. Inverting nutrient fluxes across the land-water interface—Exploring the potential of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) farming. *Journal of Environmental Management*, 281, p.111889.

⁵⁰ Karlõševa, A., Lahtvee, V., Nõmmann, T. 2012. Eesti mereala keskkonnaseisundi esialgse hindamise sotsiaal-majanduslik analüüs.

⁵¹ Vesiviljeluse veekaitse nõuded, sealhulgas vesiviljelusest lähtuva vee saasteainesisalduse piirväärtused ja suublasse juhtimise ning seire nõuded

Karbi- ja vetikakasvanduses on väga keeruline tagada isendite loodusesse mitte pääsemist. Looduskaitseaduse § 57 sätestab võõrliikide elusate isendite loodusesse laskmise ning võõrtaimeliikide loodusesse istutamise ja külvamise keelu. Seega tuleb Eesti merealal kasvatada ainult meie regioonile omaseid loodusliku levikuga karpe ja vetikaid.

TÜ Mereinstituudi poolt läbi viidud karpide kasvupotentsiaali ruumiline modelleerimine on näidanud, et suurema saagikusega oleks rannakarbi kasvatamisel Läänemere avaosa piirkond, s.o merealad, mis jäävad Saare- ja Hiiumaast põhja ja läände⁵² (joonis 5).



Joonis 5. Söödava rannakarbi potentsiaalne saagikus märgkaalus kaheaastase perioodi kohta farmis⁵³.

Lisaks mere soolsusele ja karpide levikule tuleb arvestada ka geograafiliste tingimuste olemasolu, mis on vajalikud karbikasvatuseks. Nii Norras kui ka Taanis on kasvatused enamasti saarestike vahel, lahesoppides või fjordides, kus lainetuse mõju ei ole nii tugev. Karbikasvataja hinnangul⁵⁴ on avamerel karpide kasvatamine äärmiselt komplitseeritud, kuna tormide ja lainetuse tõttu liinid purunevad. Seejuures tuleb arvestada, et kliimamuutustega seoses on oodata tormide tugevnemist ja

⁵² Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

⁵³ Kotta, J., Martin, G., Orav-Kotta, H., Paalme, T., Kotta, E., Kotta, M., Raudsepp, U., Maljutenko, I. 2019. Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks Lõpparuanne. Tartu Ülikool.

⁵⁴ Rebane, M. 2023. Suuline teade

sagenemist⁵⁵. Karbikasvatuste paiknemine avamerel ning võimalikud liinide purunemised võivad tekitada väga ohtlikke olukordi aluste navigeerimisele. Eestis on praegu ainuke karbifarm Tagalahes. Olenemata paiknemisest lahesopis, on liinide talvine säilitamine ning tormid probleemiks ka seal. Tagalahes võib lainete kõrgus ulatuda kuni 6 meetrini (modelleeritud on ka 8-11 m kõrgused lained). Seega peab karpide kasvatamiseks sobiv mereala olema tormide ja lainetuse eest kaitstud. Teadaolevalt on välja töötamisel tehnoloogia, kus karpe kasvatatakse vee all (nn sukelkonstruktsioonid) ning mille kasutusele võtmisel võiksid oluliselt väheneda tormide ja merejääga seotud riskid.

Täiendavalt, meri peab olema piisava sügavusega (karpide kasvatamisel kasutatava võrgu sügavus on 3 meetrit) ning vesi ei tohi liialt soojeneda, sest sooja vees on madalam hapniku lahustuvus ja samal ajal toksiliste sinivetikate õitsengu oht. Tuleb arvestada, et näiteks Vahemeres on perioodil, mil vetikad merre massiliselt toksiline eritavad, karbikoristus keelatud⁵⁶ ja sama ettevaatusprintsipi järgimine Läänemeres võib olla põhjendatud. Seega ei sobi karbikasvatuseks madalad lahed. Merepõhi peaks olema soovitavalt liivane või kivitlibune. Lisades siia Eesti merealade planeeringust ning kaitstavatest aladest tulenevad piirangud vesiviljeluse aladele, võib ilmned, et karbikasvanduste ruumiline potentsiaal on oluliselt väiksem, kui joonis 5 põhjal võiks eeldada.

2.3.3. Tehniline lahendus

Karbifarm tähendab tehniliselt eelkõige kinnitumissubstraadi pakkumist karbivastseile. Selleks paigaldatakse merre köied, võrgud vms. Hõljuvsubstraat kultiveeritakse vesiviljeldava liigi sobivas kasvukohas. Õigete substraadide ja kasvusügavuste kasutamisel kinnitub karp ise substraadile.

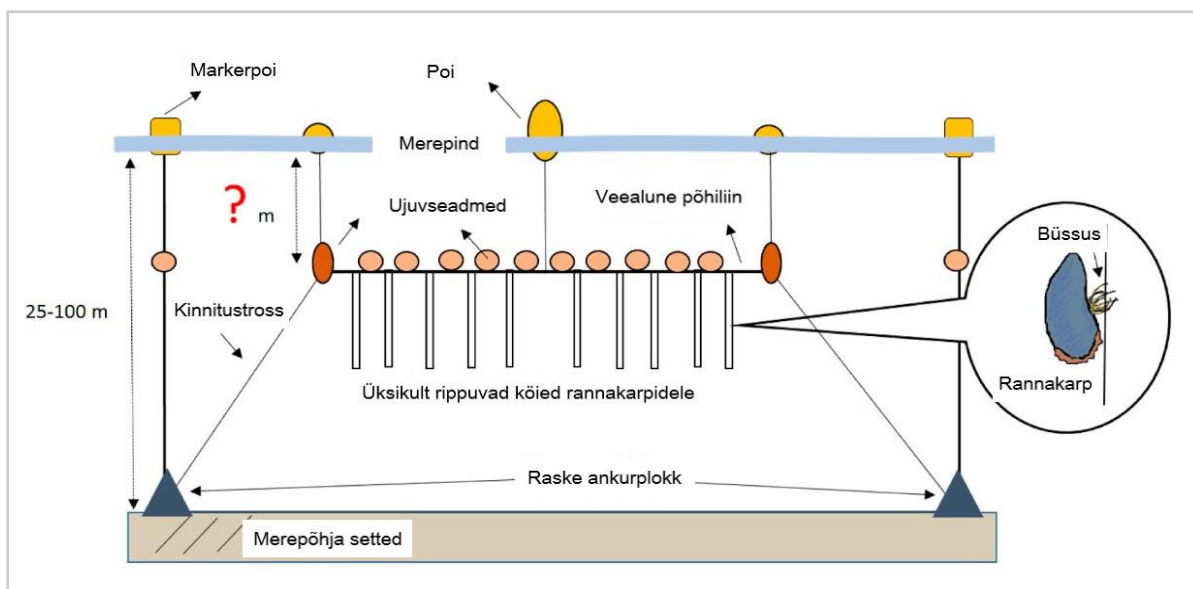
Tavaliselt on kasutusel kaks erinevat rannakarbi kasvanduste mudelit: (1) kasvandused, kus veealusest liinijadast ripuvad aasadena alla erinevat tüüpi substraatnöörid (joonis 6) või (2) pinnal paiknevast PP-torust allapoole ripuvad erineva silmasuurusega trossvõrgud. Läänemeres on aeg-ajalt esineva merejää ohu tõttu parem kasutada sukelkonstruktsiooni.

Erinevalt kalakasvatustest ja muudest loomafarmidest karbifarmi ei toideta, vaid nad filtreerivad ise mereveest endale toitu. Kui vastsed on suurteks karpideks kasvanud, korjatakse need ära. Soovitav on piirduda alla 1 km² suuruse pinnalaotusega karbifarmiga, vältimaks negatiivseid keskkonnamõjusid. Samas ei ole Eestis nii suurte farmide loomine tehnoloogiliselt ka realistlik ja loodushoidu silmas pidades ka mõistlik⁵⁷.

⁵⁵ HELCOM/Baltic Earth, 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180.

⁵⁶ Narita, D., Rehdanz, K., 2017. Economic impact of ocean acidification on shellfish production in Europe. Journal of Environmental Planning and Management 60: 500–518.

⁵⁷ Kotta, J., Martin, G., Escbaum, R., Aps, R., Lees, L., Kalda, R. 2020. Vesiviljelus Eesti merealal. Alusandmed ja uuringud. TÜ Eesti Mereinstituut.



Joonis 6. Karbikasvanduse skeem⁵⁸.

2.4. Ökoloogiline situatsioon

2.4.1. Läänemere eutrofeerumine

Karbi- ja vetikafarmid eemaldavad veesambast toitaineid ning lisaks suurendavad suurusjärgus 1 km² raadiuses oluliselt vee läbipaistvust, maandades kalakasvatustest tingitud lokaalseid vetikaõitsengute riske⁵⁹. Sellest tulenevalt on soovitatud rannikumeres paiknevate kalakasvatuste lähiümbrusesse paigutada vetika- ja karbikasvatuse, kuna sellisel kooskasutusel on võimalik kompenseerida kalakasvatustest merre vabaneva toitainete voogu ning hoida kalakasvatuse lähiümbruses vesi läbipaistvana. Avamere intensiivse vee liikumise tingimustes on kalafarmide lokaalsed keskkonnamõjud enamasti väiksemad. Seega ei ole avamere kalakasvatuse puhul oluline, et seda kompenseerivad meetmed asuksid ruumiliselt täpselt samas piirkonnas⁶⁰. Veepoliitika raamdirektiivist⁶¹ tulenevalt peab kompenseerimine toimuma samas rannikuveekogumis, kus paikneb kalakasvatus. Eestis on 16 rannikuveekogumit, mis on kõik mitteheas ökoloogilises seisundis (joonis 7)⁶². Eesti avameri on jaotatud neljaks basseiniks. Nende puhul on antud eutrofeerumise valdkonna koondhinnang⁶³. Selle järgi on kogu avamere seisund halb või väga halb. Kõikide nende kogumite ja basseinide mitteheas seisundi või koondhinnangu põhjuseks (elementideks) on kas ainult või peamiselt

⁵⁸ Mizuta, D.D. and Wikfors, G.H., 2019. Depth selection and in situ validation for offshore mussel aquaculture in northeast United States federal waters. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(9), p.293.

⁵⁹ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

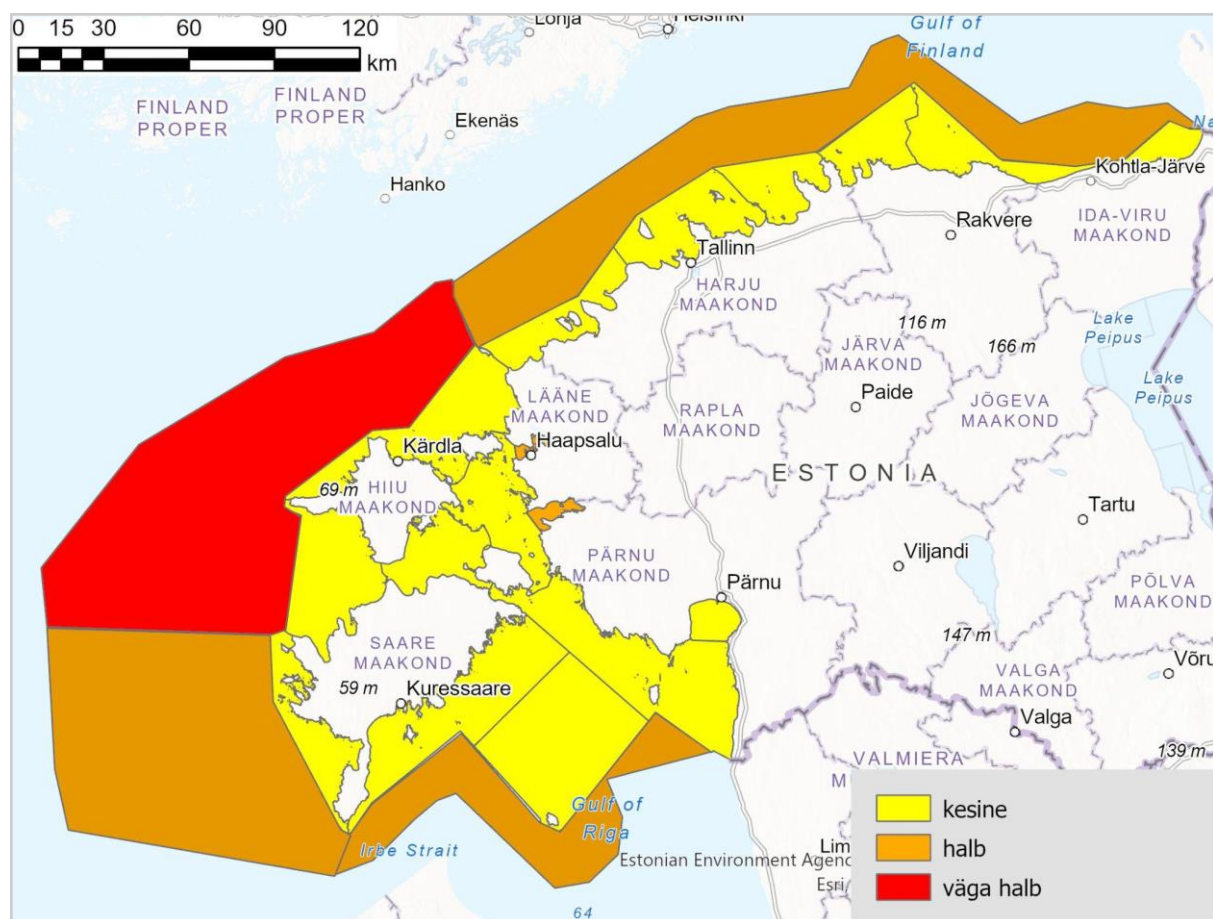
⁶⁰ Kotta, J., Eschbaum, R. ja Martin, G. 2019. Kalakasvatuste kaudu merre suunatud lämmastiku- ja fosforikoormust kompenseerivate meetmete väljatöötamine. Tartu Ülikool.

⁶¹ Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ

⁶² Keskkonnaministeerium, 2022. Lääne-Eesti, Ida-Eesti ja Koiva vesikondade veemajanduskavade 2022 - 2027 meetmeprogramm 2022 - 2027. Lisa 1. Meetmetabelid

⁶³ Keskkonnaministeerium, 2019. Eesti mereala keskkonnaseisund 2018. Tallinn.

toitained. Seega, vetika- ja karbikasvatuste abil toitainete merest eemaldamine on asjakohane meede kõikides Eesti rannikuveekogumites ja avamere basseinides.



Joonis 7. Eesti rannikuveekogumite ökoloogiline seisund, 2019 ja avamerebasseinide eutrofeerumise valdkonna koondhinnang, 2018^{64, 65}.

2.4.2. Vesiviljelus kui ökosüsteemiteenus

Mere puhastamine liigsetest toitainetest

Ökosüsteemiteenuse sisuks on toitainete, lämmastiku ja fosfori veesambast eemaldamine vetika- või karbikasvatuste abiga. Läänemere tegevuskava kohaselt (ministrite deklaratsioonist Kopenhaagenis, 2013) oli Läänemere avaosas toitainete heitkoguste aastane vähendamise eesmärk 99 000 tonni lämmastikku ja 11 000 tonni fosforit. Üheks võimaluseks sellele eesmärgile kaasa aidata on karbi- ja vetikaviljelus.

⁶⁴ Keskkonnaministeerium, 2022. Lääne-Eesti, Ida-Eesti ja Koiva vesikondade veemajanduskavade 2022 - 2027 meetmeprogramm 2022 - 2027. Lisa 1. Meetmetabelid.

⁶⁵ Keskkonnaministeerium, 2019. Eesti mereala keskkonnaseisund 2018. Tallinn.

Integreeritud multi-troofse vesiviljeluse (IMTA) kontseptsioon võib pakkuda lahendusi intensiivsete kalade vesiviljellussüsteemide keskkonnamõjude oluliseks vähendamiseks⁶⁶. Ringmajanduse lähenemisviisi (st vesiviljelusliikide koostootmise) rakendamisega minimeeritakse energiakaod ja/või toitainete lekkimine keskkonda. IMTA-süsteem vähendab keskkonnamõjusid otseselt madala troofilise tasemega organismide (nt makrovetikad ja karbid) poolt kalakasvatustest vabanenud lahustunud ja tahkete osakeste toitainete aktiivse omastamise kaudu. Nende organismide kogumine eemaldab ökosüsteemist assimileeritud toidained.

Sobivad IMTA alad peaksid olema piisava voolukiirusega, et toetada kalakasvandustes tervislikke tingimusi ning tagada rannakarbi kasvandustes suurim leevenduspotentsiaal. Madala voolurežiimi korral võib väljaheidete settimine põhjustada anaeroobseid tingimusi farmide all. Oluline on see, et erinevaid keskkondi iseloomustab erinev toitainete taaskasutusvõime, mis on funktsioon toitainete lahustumisest hüdrodünaamika toimel, toitainete omastamisest fütoplanktoni poolt ja toitainete ülekandumisest kõrgemale troofilisele tasemele. Pärast IMTA farmide rajamist on aga oluline luua ulatuslik keskkonnaseire programm, et põhjatingimused, näiteks hapnikutase ning põhjataimestik ja loomastik ei halveneks.

Pinnavee kaitseks töötatakse välja meetmed tegevuse kavandamise etapis (KMH koostamisel) ning nähakse ette vajadus nende rakendamiseks (keskkonnaloas), vaid juhul kui KMH käigus on tuvastatud olulise keskkonnamõju avaldumine pinnaveele kalakasvanduse tegevuse tulemusena.

Praegusel ajal tegutsevad Läänemerel esimesed eksperimentaalsed farmid, kus kalakasvatus on integreeritud vetika- või karbiviljelusega⁶⁷. **Musholm A/S** (www.musholm.com) on Suure Väina (Taani) kalatootja, kes kasutab võrgutüüpi rannakarbi kasvandusi, et püüda kinni osad kalakasvatustegevuse käigus vette vabanenud toidainetest.

Kieli lahe farmi opereerib eraettevõtte **Kieler Meeresfarm** (www.kielermeeresfarm.de), mis müüb rannakarpe kohalikele elanikele ja restoranidele inimtoiduks. Farm võeti esmakordselt kasutusele 2010. aastal. Ettevõtte kasvatab ka Atlandi lehtadru (*Saccharina latissima*) ja osana praegustest laienemisplaanidest lülitab kalakasvatuse integreeritud multitroofse vesiviljeluse (IMTA) raames nullheite strateegiasse.

Vetikaviljeluse teenus

Mereveest toitaineid omastades pidurdavad vetikad veekogu eutrofeerumist. Üldiselt on kiiresti kasvavate roheliste makrovetikate kasvukiirus ja toitainete omastamise määr kõrgem kui aeglaselt kasvavatel liikidel nagu paljudel punastel ja pruunidel merevetikatel. Arvutuste põhjal on võimalik 1 tonni (märgkaal) Läänemere makrovetikate saagi koristamisel olenevalt liigist eemaldada 1,3-7,9 kg lämmastikku ja 0,2-1,9 kg fosforit⁶⁸.

Agarikufarmi tootelementide eemaldamise võimekus on - eeldusel, et sellistes koplites kasutatakse looduslikku vetikate asustustihedust - Kotta et al (2019) hinnangu järgi Lääne-Eesti vetes suurusjärgus

⁶⁶ Kotta, J., Stechele, B., Barboza, F. R., Kaasik, A., & Lavaud, R. 2023. Towards environmentally friendly finfish farming: A potential for mussel farms to compensate fish farm effluents. *Journal of Applied Ecology*, 60, 1314–1326. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14422>

⁶⁷ Tasse, L., 2019. Baltic Blue Growth: Initiating large scale mussel farming in the Baltic Sea. Summary of key findings. https://www.submariner-network.eu/images/BBG_project_summary_web.pdf

⁶⁸ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

0,043 N t/ha ja 0,022 P t/ha⁶⁹. Madalamal merealadel (3 - 4 m) on selliste vetikakopliite tootlikkus suurem kui sügavamatel aladel (6 - 9 m). Täiendav info on esitatud Lisas 2.

Karbiviljeluse teenus

Taimekasvatuses rakendatakse vahekultuure mh mulla ja toitainete säilitamise eesmärgil. Rannakarpe võiks võrrelda mereliste vahekultuuridega. Nad toituvad planktonist rannikuvetes, puhastavad vett ja eraldavad seeläbi maismaal inimtegevusest põhjustatud liigseid toitaineid.

Selle teoreetilise taseme põhjal, kus rannakarpide kasvatamine on Rootsi idaranniku saarestikus odavam kui ükski teine võimalik fosfori vähendamise meede, on Rootsis turu potentsiaal 22 000 t koristatud rannakarpe aastas. See vastab 550 rannakarbifarmile, mis on sarnased St. Anna näidisfarmiga.

Soodsates kasvutingimustes (vt ptk 1.2.2) võib 0,5 hektariline karbifarm eemaldada veesambast pooleteise aasta jooksul kokku 2400 kg lämmastikku ja 300 kg fosforit⁷⁰, kui karbid võetakse merest välja. Kokku ladestub 0,5 hektarilise farmi karpides selle pooleteise aastase kasvutsükli jooksul 750 kg lämmastikku ja 45 kg fosforit. Enamus toitainete veesambast eemaldamisest on seotud nende pikaajalise ladestamisega merepõhja, kus need lähevad pelaagilisest ringlusest välja⁷¹. Väiksem osa eemaldatakse saagikoristusega. Karbid filtreerivad veesambast välja 3,2 korda enam lämmastikku ja 6,7 korda enam fosforit, kui ladestub nende kehades (Tagalahe uuringus olid tulemused vastavalt 2,25 korda enam lämmastikku ja 3,5 korda enam fosforit) ning karpide positiivne keskkondlik mõju on oluliselt suurem, kui pelgalt karpidesse ladestatud toitainete hulk. Sellest tulenevalt on ka sellistel karbikasvatusel, millelt saaki ei koristata, peaaegu sama suur positiivne keskkonnamõju kui nendel karbifarmidel, millest saak regulaarselt eemaldatakse.⁷² Seega on olemasolevate teadmiste põhjal ökosüsteemiteenuse pakkumine võimalik ning toimiv keskkonnameede ka juhul, kui karbifarmist saaki regulaarselt ei eemaldata⁷³. Lisainfo karbiviljeluse perspektiivi kohta toitainete eemaldamisel merest on esitatud Lisas 2.

Karbikasvatuse kui kalakasvatuse negatiivsete keskkonnamõjude kompenseerimine ei välista karpide kasvatamist eesmärgiga toota kõrgema lisandväärtusega tooteid. Ökosüsteemiteenusele kujuneb välja turuhind, mis lõpptarbija vaatest hakkaks sisuliselt kajastuma kas sumbas kasvatatud kala hinnas⁷⁴ või riikliku toetusena.

⁶⁹ Kotta, J., Martin, G., Orav-Kotta, H., Paalme, T., Kotta, E., Kotta, M., Raudsepp, U., Maljutenko, I. 2019. Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks Lõpparuanne. Tartu Ülikool.

⁷⁰ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

⁷¹ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

⁷² Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

⁷³ Kotta, J. 2021. Karpide kasvukiirus ja toitainete eemaldamise potentsiaal Tagalahe karbikasvatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut.

⁷⁴ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

Teenuse finantseerimine

Praeguseks pole veel välja töötatud toimivaid finantseerimisskeeme, mis karbi- ja vetikakasvatuse abil mere puhastamise panustaksid, kuid nii EL-il, Eestil kui teistel Läänemere riikidel on huvi olemas. Euroopa Regionaalarengu Fondi finantseerimisel on uuritud võimalusi, kuidas pöörata Läänemere karbifarmide pakutavaid ökosüsteemiteenuseid rahalisteks makseteks⁷⁵. Analüüsi kolme võimalikku finantseerimisallikat: avalikud fondid, saastajad ja ökosüsteemiteenusest kasusaajad.

Saastaja-maksab-printsip kõlab küll õiglasena, kuid selle kaudu vesiviljeluse finantseerimise süsteemi loomine on pigem keeruline⁷⁶. Kasusaaja kaudu finantseerimine on küll veidi lubavam lähenemine, kuid Schultz-Zehden jt (2019) hinnangul suure administratiivse koormusega.

Eestis on olukord, kus soovitakse merre kalakasvatust rajada, kuid sellega seoses võib selguda vajadus toitainete heidet vähendavate meetmete rakendamiseks (vt ka ptk 6.1). Järelikult, **Eesti juhtumil võiksid uued kalafarmid olla potentsiaalselt need saastajad, kes karbi- ja vetikaviljeluse tegevust finantseerivad.**

Asjakohastest EL fondidest enamus - **Merendus-, Kalandus- ja Vesiviljelusfond (EMKVF)**, Looduskapitali Rahastamisvahend (NCFF) - tunnustavad karbi- ja vetikaviljelust kui ökosüsteemiteenust ja võimaldavad rahastada suuri projekte, sh investeeringuid, kuid ei taga farmile pikaajalist jooksvat rahastust. Euroopa Põllumajanduse ja Maaelu Arengu Fond (EAFRD) ja EMKVF võimaldavad liikmesriigil nende fondide raha eest vetika- ja karbiviljelust toetada. Niisuguseid skeme pole aga seni välja töötatud.

Praegusel ajal sobituvad investeeringud vetika- ja karbiviljelusse hästi mitme EL fondi poliitikatega. Võimalik, et avalik sektor on tulevikus valmis karbi- ja vetikafarme finantseerima vastavalt ärastatud toiteelementide kogustele.

Süsiniku sidumine

Kui vetikamassi kasutada biokütuste toorainena, nii et see asendab fossiilset toorainet, võib vetikasektor panustada riigi ja EL kliimaeesmärkidesse⁷⁷. Vetikasektor võib olla üks kõige efektiivsemaid ja ökonoomsemaid süsiniku sidumise meetodeid⁷⁸. Sarnaselt toitainete eemaldamise teenusele võib vetikaviljelus kui süsiniku sidumise teenus leida tulevikus finantseerimist. See võiks parandada sektori konkurentsivõimet.

⁷⁵ Schultz-Zehden, A., Steele, A., Weig, B. 2019. How to turn ecosystem payments to Baltic mussel farms into reality? Submarine Network.

⁷⁶ Schultz-Zehden, A., Steele, A., Weig, B. 2019. How to turn ecosystem payments to Baltic mussel farms into reality? Submarine Network.

⁷⁷ Amin, M., Shah, H.H., Fareed, A.G., Khan, W.U., Chung, E., Zia, A., Farooqi, Z.U.R. and Lee, C., 2022. Hydrogen production through renewable and non-renewable energy processes and their impact on climate change. International journal of hydrogen energy, 47(77), pp.33112-33134.

⁷⁸ Paul, V., Chandra Shekharaiah, P.S., Kushwaha, S., Sapre, A., Dasgupta, S. and Sanyal, D., 2020. Role of algae in CO₂ sequestration addressing climate change: a review. Renewable Energy and Climate Change: Proceedings of REC 2019, pp.257-265.

Maakasutus

Teiste ökosüsteemiteenuste seas võiks märkida seda, et vesiviljeluse edendamine kaudselt vähendab inimtegevuse survet maakasutusele ja maismaaökosüsteemidele⁷⁹. Näiteks kui karbikasvatuse toormest valmistatakse loomasööta, vähendab see vajadust toota loomasööta maismaal põldudel.

2.5. Õiguslik kontekst

Õigusaktid

Merealadel vetika- ja karbiviljelust käsitlevatest õigusaktidest on oluline **Ehitusseadustik**⁸⁰, mis seab tingimused avalikus veekogus ehitamisele.

Merealale vesiviljelusrajatiste ehitamiseks on vajalik taotleda Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ametist (edaspidi TTJA) hoonestusluba. Hoonestusluba on vajalik avaliku veekogu piiritletud alale selle põhjaga püsivalt ühendatud ehitisele, mis ei ole püsivalt ühendatud kaldaga. Hoonestusluba annab loa tähtajaliselt riigile kuuluva piiratud ressursi kasutamiseks. Praktikas on tavapärane, et ühe mereala piiritletud ala kohta esitatakse mitu hoonestusloa taotlust. Kui konkureerivad taotlused vastavad nõuetele, siis korraldab TTJA konkursi enampakkumise alusel.

Lisaks Ehitusseadustikule on oluline **Veeseadus**, kus muuhulgas käsitletakse avalikult kasutatava veekogu kasutamist ning Veeseaduse alusel kehtestatud keskkonnaministri määrust "Vesiviljeluse veekaitse nõuded, sealhulgas vesiviljelusest lähtuva vee saasteainesisalduse piirväärtused ja suublassee juhtimise ning seire nõuded"⁸¹, mis reguleerib muuhulgas ka vetika- ja karbikasvanduste asukohavalikut ning kohustab kalakasvatajaid vajadusel rakendama leevendavaid meetmeid, milleks võib olla karpide ja vetikate kasvatamine.

Üks karbikasvatuse hoonestusloa taotleja tõi aga välja, et karpide paigaldamise osas tuleks hinnata ning kaaluda sellele tegevusele hoonestusloa andmise vajadust üldse. Põhjendus on, et karbifarmi puhul pole tegemist mitte püsirajatise, vaid püügivahendiga, analoogselt näiteks kastmõrraga, mille paigaldamiseks hoonestusluba taotleda pole vaja⁸². Käesoleval ajal puudub täpne regulatsioon karbi- ja vetikakasvatuste rajamiseks - lähtutakse kalakasvatuste ja meretuuleparkide jaoks välja töötatud regulatsioonist. See on tinginud vajaduse regulatsioonide ülevaatamiseks ja ajakohastamiseks, et arvestada paremini karbi- ja vetikakasvanduste vajadustega.

Planeeringud

Vesiviljeluse kavandamine Eesti merealadel toimub kehtestatud mereala planeeringute alusel. Mereala planeering kehtestati 12. mail 2022 Vabariigi Valitsuse korraldusega nr 146. Planeering reguleerib erinevate valdkondade tegevusi, seab mereala kooskasutuse põhimõtted ning avab

⁷⁹ Amin, M., Shah, H.H., Fareed, A.G., Khan, W.U., Chung, E., Zia, A., Farooqi, Z.U.R. and Lee, C., 2022. Hydrogen production through renewable and non-renewable energy processes and their impact on climate change. International journal of hydrogen energy, 47(77), pp.33112-33134.

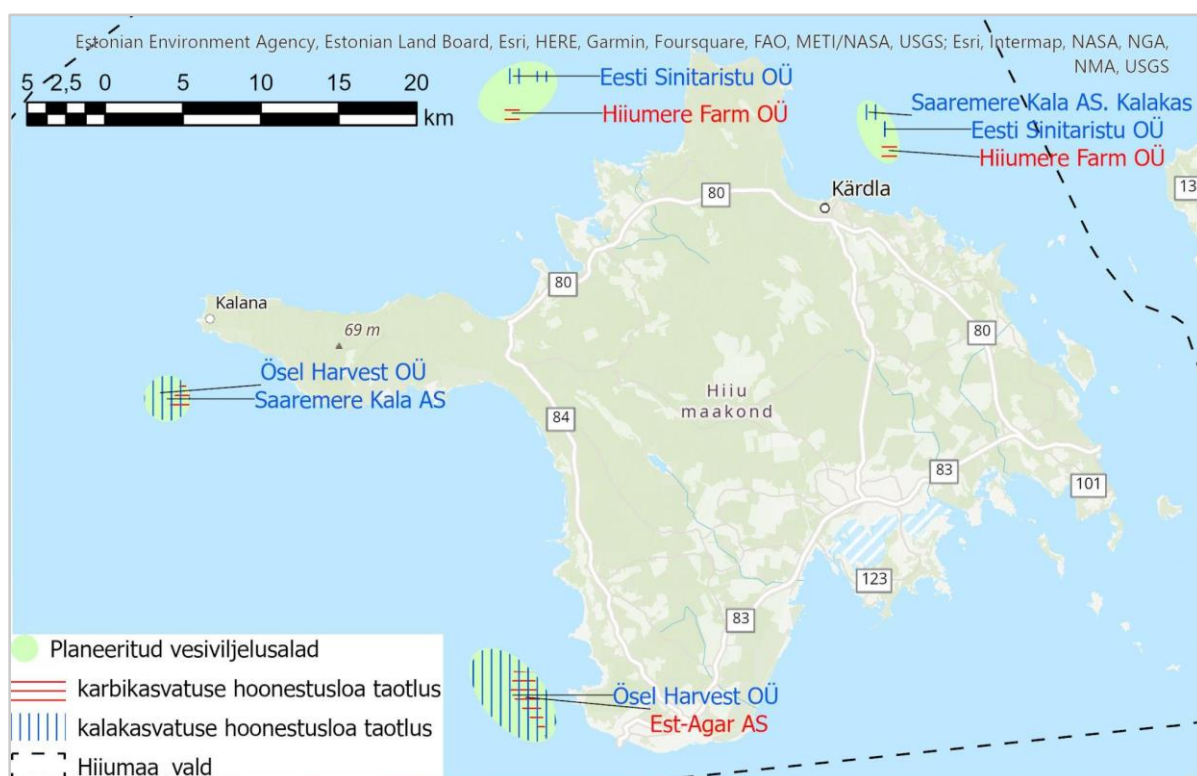
⁸⁰ vt eRT: <https://www.riigiteataja.ee/akt/130062023002?leiaKehtiv>

⁸¹ vt eRT: <https://www.riigiteataja.ee/akt/103042020021>

⁸² Estagar, 2018. Hoonestusloa taotlus avaliku veekogu koormamiseks vetikate kasvatamiseks ning merekarpide püüdmiseks vajalike rajatistega. Tehnilise Järelevalve Amet.

perspektiivid uutele merekasutusviisidele. Merealade planeering vesiviljeluseks sobivaid alasid ei määra, vaid nimetab selleks tegevuseks välistatud alad ja tingimused, millega hoonestusloa andmise üle otsustamisel tuleb arvestada, sh koostöö ja uuringute vajadus.

Lisaks sellele kehtivad Eesti merealal kaks varem kehtestatud maakonnaplaneeringut. Pärnu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneering kehtestati Pärnu maavanema 17.04.2017 korraldusega nr 1-1/17/152. Pärnu maakonnaplaneeringus vesiviljeluseks sobivaid alasid ei määratud, kuid jäeti võimalus konkreetse arendusplaani korral kasutusvaldkonda täpsustada. Hiiu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneering kehtestati Hiiu maavanema 20.06.2016 korraldusega nr 1-1/2016/114. Planeeringuga on määratud vesiviljelusalad (joonis 8).



Joonis 8. Planeeritud vesiviljelusalad Hiiu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneeringus ning vesiviljeluse hoonestuslubade taotlused seisuga 03.10.2023. Karbikasvatuse taotlustega koos on taotletud ka vetikate kasvatamist (Maa-amet, 2023).

Kõikidele Eesti merealal kehtestatud planeeringutele viidi läbi keskkonnamõju hindamine ning kehtestati KSH aruanded. Planeeringute ja mõju hindamise raames viidi läbi erinevad uuringud, mille alusel välistati vesiviljelustegevused teatud aladel ja tingimustel.

Eesti mereala planeering toetab karbi- ja/või vetikakasvatuste arendamist tuuleenergeetika aladel, et saavutada positiivne koosmõju. Tuulikute vundamendid on vetikatele ja karpidele sobiv kasvukeskkond (eelkõige gravitatsioonivundamendid) ja pakuvad soodsaid lahendusi farmiliinide kinnitamiseks⁸³. Ka HELCOM factsheet⁸⁴ soovib avamere vesiviljelust, eriti rannakarpide kasvatamist

⁸³ Kotta, J., Martin, G., Escbaum, R., Aps, R., Lees, L., Kalda, R. 2020. Vesiviljelus Eesti merealal. Alusandmed ja uuringud. TÜ Eesti Mereinstituut.

⁸⁴ Benassai, G., Mariani, P., Stenberg, C., Christoffersen, M. A., 2014. Sustainability Index of potential co-location of offshore wind farms and open water aquaculture. Ocean Coast. Manage. 95, 213-218, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.04.007>.

koos kalakasvatustega avamere tuuleparkides, kus ei ohustata meretransporti ega vaba aja veetmise võimaluste pakkumist.

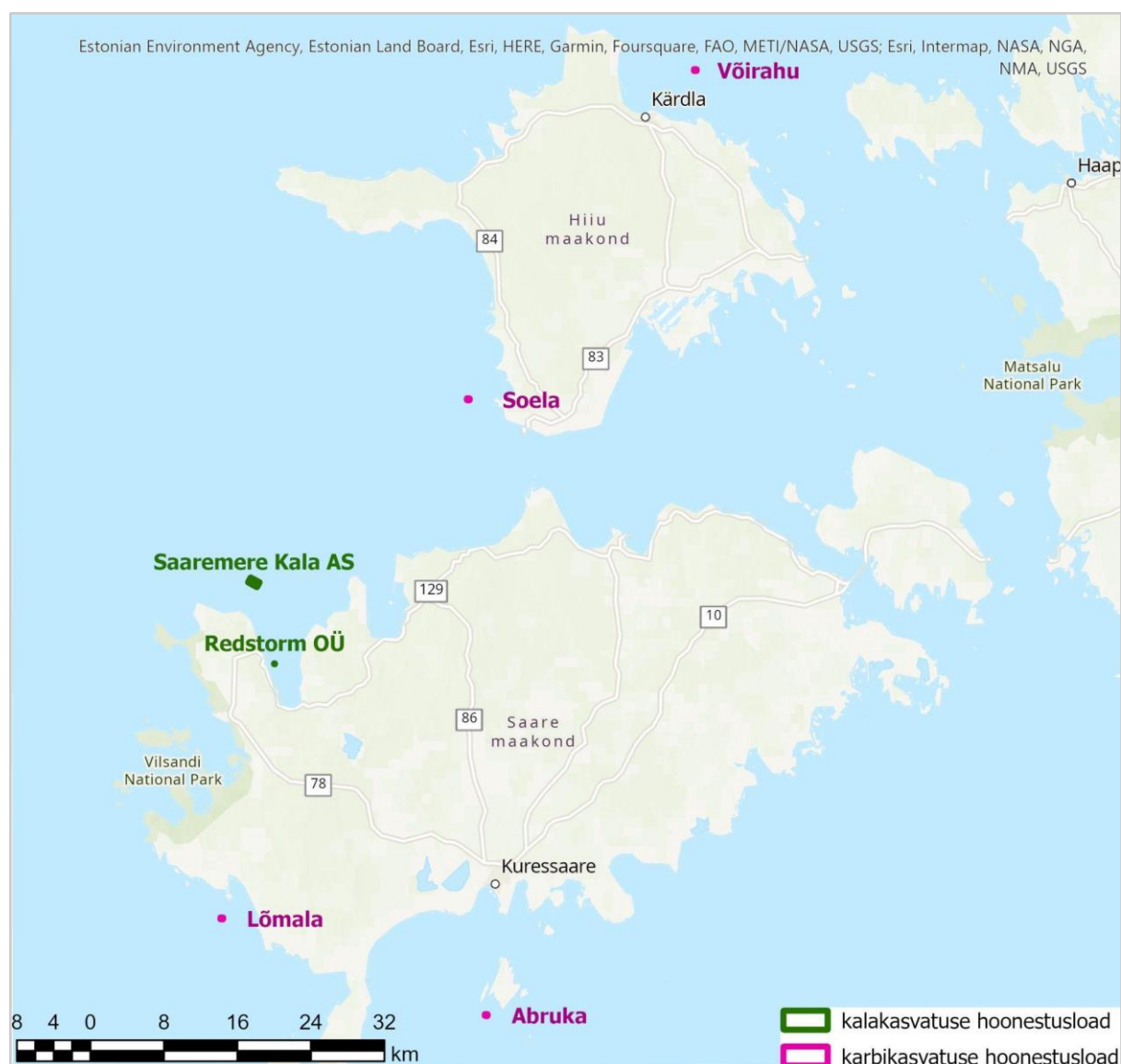
Load ja menetlus

Merevesiviljelusega alustamisel avalikus veekogus tuleb taotleda mitmeid lubasid ning kontakteeruda erinevate asutustega. Allpool on ülevaade peamistest sammudest.

Hoonestusluba

Hoonestuslubasid merre väljastab Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet (TTJA). Hoonestusloa taotluse tingimused on sätestatud Ehitusseadustiku 3. jaos.

Eesti merealal on väljastatud kuus hoonestusluba (joonis 9), kusjuures nendest neli hoonestusluba karbikasvatuste ning kaks kalakasvatuste rajamiseks. Lisaks on menetluses 16 hoonestusloa taotlust (suur osa on kattuvatel aladel; vt lisa 4).



Joonis 9. Kala- ja karbikasvatuste hoonestusload Eesti merealal. Allikas: Maa-amet, 2023.

Hoonestusloa andmise otsustamisel arvestab TTJA mereala planeeringus sätestatud põhimõtteid, suuniseid ja tingimusi. Mereala planeering vesiviljeluseks sobivaid alasid ei määranud, vaid nimetas selleks tegevuseks välistatud alad ja tingimused. Väljaspool "keelatud" alasid hoonestusloa taotlemisel tuleb taotlejal läbi viia erinevaid uuringuid. Ehitusseadustiku § 113³ järgi tuleb juba hoonestusloa taotlemisel esitada esialgne nimekiri kavandatud uuringutest, mida hoonestusloa taotleja kavatseb hoonestusloa andmise otsustamiseks teha.

Lisaks tuleb taotleda või esitada ka:

- Ehitusteatis: kaldaga püsivalt ühendamata ehitise ehitamiseks peab taotleja esitama ehitusteatise (EhS § 106 lg 2).
- Ehitusluba (EhS § 107-109). Vastavalt EhS § 108 lg 2 peab taotleja kaldaga püsivalt ühendamata ehitise ehitusloa taotlusele eelnevalt taotlema hoonestusluba.
- Kasutusteatis ja kasutusluba (EhS § 110-113): kaldaga püsivalt ühendamata ehitise kasutamiseks.

Veeluba või veekeskkonnariskiga tegevuse registreerimine

Väljastab/registreerib Keskkonnaamet.

Veeluba on kohustuslik, kui arendatakse vesiviljelust toodangu juurdekasvuga rohkem kui üks tonn aastas (VeeS § 187 p 15).

Kui vesiviljeluse toodangu juurdekasv jääb alla 1 tonni aastas ning vesiviljelusehitise veesüsteem on pinnaveekoguga ühenduses, siis tuleb Keskkonnaametis registreerida veekeskkonnariskiga tegevus (VeeS § 196).

Keskkonnamõjude hindamine

Keskkonnamõju hindamise vajadus ja kord on kehtestatud **Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadusega** (edaspidi KeHJS). Keskkonnamõju hinnatakse, kui taotletakse tegevusluba tegevusele, mis toob eeldatavalt kaasa olulise keskkonnamõju. Vastavalt KeHJS § 7 on tegevusluba ehitusluba, ehitise kasutusluba, keskkonnakompleksluba, keskkonnaluba ja hoonestusluba. Kui tegevus on nimetatud KeHJS §6 lg 1 loetelus, siis vaatab tegevusloa andja tegevusloa taotluse läbi ning teeb otsuse keskkonnamõju hindamise algatamise või algatamata jätmise kohta. Kui tegevust ei ole nimetatud selles loetelus, siis peab tegevusloa andja (hoonestusloa puhul nt TTJA) andma keskkonnamõju eelhindangu ning otsustama vastavalt keskkonnamõjude algatamise või algatamata jätmise. Tegevusvaldkonnad, mille korral tuleb anda keskkonnamõju hindamise vajalikkuse eelhindang, on täpsustatud Vabariigi Valitsuse 29.08.2005 määrusega nr 224. Mereala vesiviljelusobjektide puhul viiakse keskkonnamõju hindamine või selle teostamise vajaduse üle otsustamine tavapäraselt läbi hoonestusloa taotlemise protsessis.

2.6. Makromajanduslik kontekst

Merevetikad maailmaturul

Maailma ookeanimajanduse toodang oli aastal 2016 hinnanguliselt 1,3 triljonit eurot ja see võib aastaks 2030 enam kui kahekordistuda⁸⁵. Vetikaviljelus on sektor, mida tänapäeval palju uuritakse, seejuures otsitakse pidevalt rakendusi, mil viisil vetikaid suuremas mahus vääristada.

Aasiariigid toodavad enamuse makrovetikate biomassist, kultiveerides seejuures suurimat liigilist mitmekesisust⁸⁶. Kokku kasutatakse ärilisel otstarbel enam kui 200 liiki, kuid viis taimeperekonda moodustavad 98% tootmisest. Peamiselt töödeldakse makrovetikaid toiduaineteks ja hüdrokolloidideks (kasutatakse peamiselt tarretusainena). Praegusel ajal toimub valdkonnas tormiline areng. Seoses farmaatsia, biomeditsiini ja kosmeetika jaoks väärtuslike ainete sisaldusega lisandub turule üha uusi tooteid, kusjuures paljud on praegu alles uurimisfaasis. Aastail 2005 kuni 2015 globaalne makrovetikate toodang kahekordistus.

Aastal 2019 oli globaalne veetaimede toodang ligi 35,8 miljonit tonni⁸⁷. Euroopa osakaal globaalses makrovetikatoodangus oli 0,8%. Aastal 2019 domineeris Euroopa merevetikate püügis Norra (163 080 tonni, 61% Euroopa toodangust; peamiselt pruunvetikad), järgneb Prantsusmaa (51 300 tonni, peamiselt pruunvetikad), Iirimaa (29 500 tonni, pruunvetikad) ja Island (17 533 tonni, enamasti pruunvetikad). Läänemere regioonis oli 2019. aasta olulisim tootja Eesti (60 tonni, punavetikad). Eestis on soovitatav punavetika püügikvoot kuni 2000 t aastas, kuid aastal 2019 püüti vähem kui 70 t (3,5% kvoodist), aastal 2022 püüti 381 t, aastal 2023 püüti 50 tonni⁸⁸.

Euroopa suurim vetikaviljeluse maa on Prantsusmaa, kuid sealgi toodeti aastal 2019 vaid 383 t taimset massi. Läänemeres on peamiselt vaid mõned katsefarmid.

Proгноositakse, et 2030. aastal ulatub Euroopa nõudlus merevetikate järele 3,0–9,3 miljardi euroni, kusjuures suurimateks segmentideks saavad olema loomasööt, inimtoit, biostimulandid ja biopakendid.

Eesti importis aastal 2020 kokku 49 t ja Läänemere regioon kokku 2405 t söödavaid merevetikaid⁸⁹. Nende impordiväärtus oli vastavalt 0,34 M ja 17 M €.

2020. aastal importisid Läänemere piirkonna ELi riigid 3735 tonni algiinhapet, selle sooli ja estreid. Väärtus ulatus 56,0 miljoni euroni. Peamised aginaadi importijad olid 2020. aastal Saksamaa (1913 tonni), Taani (629 tonni) ja Poola (479 tonni). Alginaatide keskmine hind oli 2020. aastal 9800 eurot ühe tonni kohta; hind oli stabiilne perioodil 2017-2020.

⁸⁵ OECD, 2016. The Ocean Economy in 2030, OECD Publishing, Paris.

⁸⁶ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

⁸⁷ Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., Szulecka, O. 2021. Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region. National Marine Fisheries Research Institute. Gdynia.

⁸⁸ Põllumajandus- ja Toiduameti püügistatistika. Vaadatud 12.10.2023

⁸⁹ Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., Szulecka, O. 2021. Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region. National Marine Fisheries Research Institute. Gdynia, 2021

Vetikate tootmiskulud

Esialgsed arvutused näitavad, et makrovetikate tootmine Läänemere kaguosas Poolas, Lätis ja Eestis on üsna kulumahukas⁹⁰. Olenevalt vastuvõetud sisendparameetritest varieerub värske *Ulva* tootmiskulu vahemikus 0,23 kuni 1,0 €/kg, arvestades, et saagikus on vahemikus 9,8 kuni 87 t/ha. Värske põisadru (*Fucus*) tootmise hinnanguline ühikukulu on ca 2,34 €/kg. Merevetikate kasvatamise alustamine Läänemere regioonis oleks turu seisukohalt vastus tarbijate kasvavale nõudlusele uute, tervist toetavate veest pärit toodete järele, mis on kooskõlas ka loomsete saaduste nõudluse vähenemise trendiga.

Euroopa karbitoodangu langus

EL-is toimus vahemikus 1990 kuni 2020 karbiviljeluse langus 600 000-lt 480 000-le tonnile aastas⁹¹. Sama uuringu käigus tehtud SWOT analüüs tõi välja järgmised neli nõrkust: ruumipuudus, madal turuhind, loastamine (regulatsioonid) ja killustumine.

Ruumipuudus. Karbiviljelus on sageli ekstensiivne ehk ruuminõudlik. Samas peab karbifarm paiknema sadama lähistel, kõrge loodusliku tootlikkusega kohas, kus on vähe kisklust⁹². Parimad kohad on üldjuhul juba hõivatud.

Madal turuhind. Karpide esmakokkuostuhind on enamikes EL maades olnud pikalt võrdlemisi madal ja stagneerunud. Selle põhjuse seas on toodud esile sektori killustumine ja globaalne konkurents (eriti import Tšiilist).

Loastamine (regulatsioon). Loa taotlemine võtab palju aega ning samas on taotlusprotsessi tulemus üpris määramatu. Need on tootjate ja investorite jaoks takistavad riskifaktorid, isegi kui sobiv koht karbifarmi jaoks on olemas.

Killustumine. Karbiviljeluse sektori moodustab peamiselt suur hulk väiketootjaid, kes ei ole võimelised toodangu esmakokkuostuhinda üles kauplema.

⁹⁰ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

⁹¹ Avdelas, L., Avdic-Mravljje, E., Borges Marques, A.C., Cano, S., Capelle, J.J., Carvalho, N., Cozzolino, M., Dennis, J., Ellis, T., Fernández Polanco, J.M., Guillen, J., Lasner, T., Le Bihan, V., Llorente, I., Mol, A., Nicheva, S., Nielsen, R., van Oostenbrugge, H., Villasante, S., Visnic, S., Zhelev, K. and Asche, F. 2021. The decline of mussel aquaculture in the European Union: causes, economic impacts and opportunities. *Rev. Aquacult.*, 13: 91-118. <https://doi.org/10.1111/raq.12465>

⁹² Mongrue R., Thébaud, O., 2006. Externalities, institutions and the location choices of shellfish producers: the case of blue mussel farming in the Mont-Saint-Michel bay (France). *Aquaculture Economics & Management* 10(3): 163–181.

3. Äriidee, visioon, missioon

3.1. Karbi- ja vetikakasvatuste arendamise eesmärk

Karbi- ja vetikakasvatuse suurem äriline eesmärk võiks olla **seni kasutamata ressursi ärilisse kasutusse võtmine olukorras, kus nõudlus karbi- ja vetikakasvatuste rajamiseks on tekkinud kas kalakasvatustes leevendavate meetmete rakendamise vajadusest või ühiskonna ootusest kasutada meetmeid merekeskkonna seisundi parandamiseks.**

Selle äri tulemusena võib turule tekkida kas uusi tooteid (karbiproteiinid, fukoerütriini põhised tooted jpm) või olemasolevaid tooteid soodsama hinnaga. Soodsam hind võib tuleneda kas keskkonnakaitselisest nõudlusest (ärile makstakse toetust) või asjaolust, et mingite toodete osas valitseb kas kohalik või globaalne defitsiit.

Karbi- ja vetikakasvatuse sektori lisandumine on üks viis Eesti meremajandust mitmekesistada. Eesti merealalt võiks toota täiendavat lisandväärtust, rajades rannikule või avamerele kas spetsiaalseid karbi- ja vetikafarme või täiendades kalakasvatust, muutes need multitroofseteks. Karbi- ja vetikakasvatusel on ühtlasi merevee puhastamise potentsiaal, sest koos saagiga viiakse merest välja üleliigseid toitaineid. Kalakasvatusega kombineerituna võiks vetika- või karbiviljelus vältida või vähendada kalakasvatuse negatiivset keskkonnamõju.

3.2. Missioon

Karbi- ja vetikaviljeluse missioon on pakkuda kõrge kvaliteediga tooret Läänemere/Euroopa/maailma turul karpide ja vetikate edasiseks väärindamiseks.

Vesiviljeluse kaasneva hüvena eemaldavad karbid ja vetikad veesambast toiteelemente, tõstes nõnda veekvaliteeti. Keskkonna taastamise funktsionaalsus võib sõltuvalt äriplaanist olla aga hoopis primaarne, nii et toodangu müük võiks olla sellisel juhul teisejärguline või hoopis ära jääda. "Turuks" oleksid eelkõige eutrofeerumise tõttu mitteheas seisundis rannikumered, ehk praegusel ajal kogu Eesti mereala, kus on karbi- ja vetikakasvatuste rajamiseks sobilikud tingimused.

Ökoloogiline missioon

Liigsed toitained veesambas. Peamiseks ökoloogiliseks probleemiks meie kontekstis on Läänemere, sh Eesti rannikumere **eutrofeerumine**, mille põhjuseks on liigne toiteelementide - lämmastiku ja fosfori - sisaldus veesambas. Karbi- ja vetikakasvatuse abil on võimalik nii lämmastikku kui fosforit veesambast välja viia ja vett seeläbi puhtamaks saada. See lahendus võib olla kulutõhusam kui reoveepuhastite töhustamine, põllumajanduskeskkonnameetmed ja teised konventsionaalsed lahendused toitainete sisalduse vähendamiseks meres.

Muud ökoloogilised aspektid. Lisaks panustavad vetikafarmid süsiniku sidumisse ja vetikapõhised kütused potentsiaalselt fossiilkütuste tarbimise vähendamisse. Seega, vetikafarmidel on perspektiiv kliimamuutustega võitlemisel.

Merevetikate kasutamine kariloomade söödalisandina võib vähendada sojaubade importi, vältides seega metsade raadamist sojat tootvates riikides⁹³.

Ühiskondlik missioon

Eesti rannikualadel võiks potentsiaalselt areneda rannakarbi- ja vetikakasvatuse, luues seeläbi uusi **töökohti** ja suurendades riigieelarve tulusid. Merevetikate ja karpide kohaliku tootmise arendamine on iga-aastase püügivõimaluste vähendamise tulemusena võimalus kasutada inimpotentsiaali, eelkõige Läänemere kalandusest lahkuvate kalurite pädevusi. Olukorras, kus rannakalanduses püügikvoodid vähenevad, võiks vetika- ja karbikasvatuse pakkuda kaluritele täiendavat hõivet ja sissetulekut.

Avalik sektor toetab majanduse ja töökohtade üleminekut anastavalt kalanduselt tootvale ja jätkusuutlikule vesiviljelusele. Praegusel ajal panustab sellesse Euroopa Liidu Merendus-, Kalandus- ja Vesiviljelusfond (EMKVF).

Majanduslik missioon

Makromajanduse jätkusuutlikkus, sh elanikkonna toidu ja energiaga varustamine, on nii Eesti kui EL mastaabis tõsine väljakutse. Ühe lahendusena nähakse sinimajandust, mida meie piirkonnas mõistetakse kui mereressursside jätkusuutlikku ja innovatiivset kasutust. EL ja Eesti poliitilisel tasandil toetavad vetika- ja karbiviljeluse arengut mh just sinimajanduse edendamise kontekstis. Vesiviljelus meres on üks EL sinise majanduskasvu prioriteetseid valdkondi. Euroopa Komisjon on algatanud initsiatiive, et kasutada Euroopas vetikate potentsiaali ning muuta olemasolevad keskkonna- ja kliimaprobleemid ettevõtluseks⁹⁴.

3.3. Peamised takistused äriideede elluviimisel

GRASS uurimisprojekt tuvastas järgmised väljakutsed makrovetikate ja karpide kasvatamisel Läänemeres: rasked keskkonnatingimused, seadusandlikud takistused, oskusteabe puudumise ja kõrged tööjõukulud⁹⁵.

Peamiseks probleemiks praegusel ajal Eestis on teadmatus, andmete, kogemuse ja sissetöötatud lahenduste puudumine. Karbi- ja vetikakasvatuse teemal on tehtud teaduslikke uuringuid, laboratoorseid- ja välikatseid, kuid toimiv ettevõtlus selles valdkonnas tänapäeval peaaegu puudub. Teadmatusest tuleneb risk, et mingil põhjusel karbi- või vetikakasvatuse kui äri kas ei hakka Eestis üldse kasumlikult toimima või kulub toimivate lahenduste sissetöötamisele liiga palju aega. Näiteks karbid on biokeemiliste ja füsioloogiliste analüüside järgi suurepärane lähtematerjal kanasööda jaoks, kuid

⁹³ Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., Szulecka, O. 2021. Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region. National Marine Fisheries Research Institute. Gdynia, 2021

⁹⁴ Euroopa Komisjon, 2022. Komisjon teeb ettepaneku võtta meetmeid, et kasutada Euroopas vetikate potentsiaali täielikult ära tervislikuma toitumise edendamiseks, CO₂-heite vähendamiseks ja veereostuse probleemi lahendamiseks. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/et/ip_22_6899

⁹⁵ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

lahendamata on küsimus, kuidas efektiivselt vältida töödeldava biomassi riknemist⁹⁶ ja konkurentsivõimeliselt merest saadud tooret töödelda.

Vetika- ning karbi avamerekasvatuste rajamist Eestis piiravad ebasoodsad kliimaatilised tingimused ja Läänemere keskkonnaseisund. Töö koostamisel läbiviidud intervjuudes tõid nii hoonestusloa taotlejad kui ka mereteadlased välja aeganõudvat, kallist ja keerulist hoonestuslubade protsessi, kus nõutakse erinevaid uuringuid. Eesti vesiviljelussektor on väike, seetõttu ei ole vesiviljelussektorile spetsialiseerunud veterinaaridele ja konsultantidele piisavat turgu, napib oskustööjõudu, sest sektorit iseloomustab nõudlik füüsiline töö, valmisolek töötada põhiliselt välitingimustes erinevates ilmastikuoludes ning madal palk. Lisaks, töö on hooajaline. Seega, töökeskkond ja palgatase ei ole piisavalt atraktiivsed, et noored sellele valdkonnale spetsialiseeruksid. See omakorda on põhjustanud spetsialistide vähesuses sektoris, mis on takistuseks innovatsiooni siirdele. Sektori väiksuse tõttu on see madala lisandväärtusega. Võrdluseks, taime- ja loomakasvatustes on tööviljakus hõivatu kohta lisandväärtuse alusel 42 000 eurot, kalapüügis ja vesiviljeluses vaid 25 000 eurot⁹⁷. Üheks riiklikuks eesmärgiks on kalandus- ja vesiviljelussektoris lisandväärtuse suurendamine töötaja kohta 33 700 euronist aastal 2030⁹⁸.

Üheks puuduseks on Eesti mere madal soolsus ja jahedus, mistõttu karbid kasvavad aeglaselt ja jäävad väikseks. Madala soolsuse korral on karbil nõrgem büssus, mistõttu ta võib substraadist liiga kergesti eralduda. Väiksuse tõttu on Eestis kasvanud söödav rannakarp väheste kulinaarsete kasutusvõimalustega.

Makrovetikad akumulatsioonid ümbritsevast veest mineraale, millede hulgas võivad kahjuks olla toksiinid, näiteks raskmetallid. Selle probleemiga tuleb kultiveerimisel arvestada. Eesti merevees võib leiduda liigselt saasteaineid, mis karpidesse ja vetikatesse akumulatsioonina on toidu või loomasöödana toksilised. Seni läbi viidud analüüside põhjal niisugust probleemi küll pole, kuid teema võib tulevikus kerkida ja seda äri pärssida.

Vesiviljelust Eesti merealal võib takistada ja ohustada merejää, mis nõuab jääkindlat taristut või ahendab sobilike alade valikut.

Vesiviljelust ohustavad kahjurloomade **rüüsted**. Musholmi (Taani) eksperimentaalse karbifarmi praktiliselt kogu kahe aasta toodang langes hahla (*Somateria mollissima*) saagiks.

Vetikate kõrge joodi sisaldus võib lisaks tugevusele osutada ka puuduseks, eriti pruunvetikate puhul⁹⁹. See võib osutada piiranguks nende kasutamisel toiduna, sest liigne joodi tarbimine võib kahjustada kilpnääret.

Kui kasvatatava makrovetika liiki või selle ekstrakti peetakse EL-i poolt uudeks toiduks, siis tuleb sellel läbida EL turule sisenemiseks toiduohutuse hindamise ja loastamise protseduurid. Vetikatest koosnev

⁹⁶ Raagma, G. 2021. Margus Rebane: karbikasvatus tuleks võrdsustada kalastamisega. Postimees, 12.02.2021

⁹⁷ Krusell, S., Pihl, K. 2022. Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

⁹⁸ Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukava aastani 2030 (PõKa 2030)

⁹⁹ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

toit, mida ei kasutatud EL-is inимtoiduks oluliselt enne 15. maid 1997, kuulutatakse üldjuhul uudseks toiduks. Merevesiviljeluse loastamine võib ettevõtja jaoks osutuda pikaajaliseks, kulukaks ja tüütuks protsessiks, mis võib võtta aega aastaid.

Kuna keskkonnakaitseks on soovitatud alla 1 km² suurusi karbifarme ja mõne ha suurusi vetikafarme, siis võib suuremate investeeringute tegemine olla pärsitud. Mastaabiefekti puudumise tõttu võivad võrdlemisi väikesed farmid olla madala konkurentsivõimega.

Kõige suuremaks ohuks vetikaärile Läänemere regioonis on konkurents maailmaturul merevetikamaterjali tootmisel. Eriti Kagu-Aasia maad varustavad turgu nii tooraine kui lõpptoodetega. Pakutav hind on nii soodne, et Läänemere regioonis pole seda võimalik pakkuda. Seega, maailmaturul, kus hind on otsustavaks parameetrik, ei pruugi Läänemere farmide vetikatoodang konkurentsivõimeline olla.

Praegusel ajal on Läänemere regiooni vetikaturu suurimaid tarbijaid Kaug-Ida köök. On kaheldav, kas see segment võiks eelistada Läänemere päritolu toodangut, eriti kui see on Aasia toodangust kallim.

Nõudlus karbiturul on enamuses Läänemere regioonis piiratud¹⁰⁰. Karpide inимtoiduna kasutamise vastu on huvi väike. Eesti vetes kasvatatud karbid on oluliselt väiksemad Läänemere lõunaosas ja Taani väinades kasvatatud karpidest. See omakorda teeb nende töötlemise keerulisemaks ja kallimaks ja kahandab lõpptoodangu konkurentsivõimet.

Läänemere regioonis on puudus karpide töötlemise taristust. Puuduvad spetsiaalsed tööstustehased ja sobivad kalalaevad. Karpide väiksuse tõttu ei sobi Taanis ja Rootsis kasutusel olevad standardsed karpide koristustehnoloogiad kasutamiseks Läänemerele.

¹⁰⁰ Minnhagen, S. 2017. Farming of blue mussels in the Baltic Sea A review of pilot studies 2007-2016. Kalmar municipality.

4. Kasvatus- ja kasutuspotentsiaali hindamine

4.1. Erinevate karbi- ja vetikataksoneite ärilise sobivuse hindamine

Eesti oludes toimivate ärimudelite leidmise esimeses etapis viidi läbi taksonoomilise potentsiaali hindamine. Potentsiaali hindamisel võeti komplekselt arvesse järgmisi tegureid:

- 1) Juriidilised tingimused, sh planeeringud - kas planeeringutega on vesiviljeluseks sobilikud alad määratud.
- 2) Looduslikud tingimused - kas planeeringutega vesiviljeluseks kavandatud merealad vastavad konkreetse liigi parimatele kasvukohtadele.
- 3) Tehnoloogilised tingimused - kas on olemas tehnoloogia, oskused ning tööjõud vetika- või karbiliigi kasvatamiseks ning kogumiseks merel.
- 4) Ajahorisont - hindamisel on arvestatud ajahorisondiga 5 aastat - see tähendab, et praeguste teadmiste valguses peaks liigipõhine äriidee olema rakendatav 5 aasta perspektiivis.

Hindamisel võeti arvesse uuringuid, mis on Eestis tehtud ja valdkonnas tegutsevate ekspertide käest intervjuudega kogutud informatsiooni. Ülevaade hindamisest on lisas 3.

Hindamise tulemusena selgus, et Eesti merealal on äriliselt kõige mõistlikum esmalt keskenduda **punavetika** ja **söödava rannakarbi** kasvatamisele/kogumisele ja väärimisele ning ökosüsteemiteenuse pakkumisele nende liikide baasil. Teiste liikide puhul vajab kommertsiaalse mahu saavutamine veel täiendavaid uuringuid, tehnoloogia- ja kompetentsi arendamist.

4.2. Vetikate kasutuspotentsiaali hindamine Eestis

Vetikate kasutuspotentsiaali hindamisel analüüsiti järgmisi võimalikke kasutusvaldkondi:

- **Biogaas**

Vetikaid on võimalik biogaasi tootmiseks kasutada, kuid tuleb arvestada, et biogaasi tootjatel ei ole käesoleval ajal tooraine puudust, seega ei ole nad valmis tegema arvestatavaid kulutusi vetikate kasutusele võtmiseks. Biogaasi tootmise võimalikkust on analüüsitud ptk-s 5.3.

- **Väetis**

Vetikad sobivad bioväetiste tootmiseks, kuid sarnaselt biogaasi tootmisele ei ole valdkonnas otseselt tooraine puudust ja tootmised on toorme hinna osas väga tundlikud. Arvestama peab, et kompostväetise toormeks sobib väga erinev orgaaniline materjal (silojäägid, hein, põhk, sõnnik jne) ja vetikad peavad hinnas suutma konkureerida. Lääne-Virumaale kavandatakse kompostväetise tehast, kes on kinnitanud, et vetikaid on võimalik toormena kasutada.

- **Ekstraheerimine**

Ekstraheerimine on füüsikalise-keemiline meetod vedelate või tahkete ainete eraldamiseks segudest või lahustest. Meetodit kasutatakse segavate ainete kõrvaldamiseks, huvipakkuvate ainete kontsentreerimiseks või aine viimiseks sobivasse vormi. Käesoleval ajal ekstraheeritakse Eestis

vetikaid furtsellaraani tootmiseks. Furtsellaraani aastane toodang on viimastel aastatel olnud keskmiselt 50–60 tonni¹⁰¹.

4.3. Karpide kasutuspotentsiaali hindamine Eestis

Karpide kasutuspotentsiaali hindamisel analüüsiti järgmisi võimalikke kasutusvaldkondi:

- **Loomasööt, sh kalasööt ja linnusööt**

Loomasööda tootmisel on käesoleval ajal probleemiks karbitootmise hooajalisus ja väga väikesed kogused. Puudub tootmise käivituskindlus, kuna ei ole teada kas ja millal saavutatakse karbikasvatustes kommertstööstusele vastav tootmismah. Tagalahe näitel on 6x100 m karbiliiniga farmi keskmine toodang 100-120 tonni karpe/aastas. Võrdluseks, Paldiski kalakomponentide tehase käivitati 250-300 tonni kala/päevas tootmismahu juures. Paldiski kalakomponentide tehase hinnangul on tootmisliini käivitamisel minimaalseks toorme koguseks vajalik 5 t/h. Liin töötab ööpäevaringselt ja aastas vähemalt 10 kuud (ülejäänud perioodil on liini hooldustööd ja puhkused). Tagalahe rannakarbi farmi praeguse aastase toodangu suudaks vastav kalajahu liin töödelda ühe ööpäevaga.

Karpide väärindamist loomasöödana takistab praegu nii tehnoloogia puudumine kui ka karpide vähene tootmiskogus. Ettevõtjad on valmis kaaluma investeeringuid karpide tootmisliini avamiseks alles siis, kui on teada kättesaadav karpide mahut ja tootmisperiood. Loomasööda tootmise puhul merest püütud karbid enne edasist töötlust kiirelt külmutada¹⁰², mis on oluline täiendav kulu ja võib lõpptootte konkureerimise analoogsete toodetega muuta keeruliseks.

- **Karpides sisalduvate ainete ja õlide ekstraheerimine**

Karpide kõrge lisandväärtusega toodete tootmine võib olla mõistlik lahendus, kuid valdkond on alles arengujärgus, sh on esimesed katsetused selles suunas alles tehtud¹⁰³. Käesoleval ajal puudub igasugune tööstuslik lahendus Eestis kasvavate karpide töötlemiseks. Olemasolevad uuringud põhinevad laborikatsetel ja analüüsidel. Enne äriplaani välja töötamist on vajalik veel arendada karpide töötlemistehnoloogiaid ning koostada turu-uuring, lähtudes perspektiivis toodetavate ainete spetsiifikast. Arvestada tuleb ka seda, et kui karpe hakatakse tööstuslikus mahus töötlemiseks, siis hakkavad Eesti karbitootjad konkureerima maailmaturul, kus karpide kasvatamistingimused on soodsamad, samuti tuleb konkureerida sarnaste või samade toodetega, mis on valmistatud teistsugusest toormest (näiteks kalast valmistatud õli ja valgu komponendid).

Ekstraheerimise puhul tuleb merest püütud karbid enne edasist töötlust kiirelt külmutada¹⁰⁴, mis on oluline täiendav kulu. Meil kasvavates rannakarpides on orgaanilise kuivaine sisaldus väga madal, mis seab piiri ka lõpptoodangu mahule.

¹⁰¹ Tartu Ülikool Kalanduse teabekeskus, SakiConsult OÜ. 2018. Eesti vetika- ja karbikasvatuse uuringute, katsetuste ja praktiliste väljundite tänane olukord, perspektiivid ja väljakutsed.

¹⁰² Tuvikene, R., Robal, M. 2022. Läänemere tingimustes kultiveeritud rannakarbi väärindamine. Tallinna Ülikool. Kättesaadav: https://fotokonkurss.ee/images/pdf/Rannakarp_aruanne_Tuvikene_2022-1.pdf

¹⁰³ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

¹⁰⁴ Tuvikene, R., Robal, M. 2022. Läänemere tingimustes kultiveeritud rannakarbi väärindamine. Tallinna Ülikool. Kättesaadav: https://fotokonkurss.ee/images/pdf/Rannakarp_aruanne_Tuvikene_2022-1.pdf

- **Biogaas**

Karbid ei sobi biogaasi tootmiseks, kuna karbi koda ei kääri ning orgaanika osakaal on liiga väike, et seda biogaasi tootmiseks kasutada.

- **Väetis**

Karbid sobivad kompostväetiste tootmiseks. Tootmisprotsess on kinnine ja kasutab õhufiltrite süsteemi, mis on lahendus ka karpide lagunemisel tekkivale ebameeldivale lõhnale. Kompostväetiste puhul ei pea karbikodasid massist eraldama, need sobivad väetise komponendina. Arvestama peab, et kompostväetise toormeks sobib väga erinev orgaaniline materjal (silojäägid, hein, põhk, sõnnik jne) ja karbid peavad hinnas suutma konkureerida. Lääne-Virumaale kavandatakse kompostväetise tehist, kes on kinnitanud, et rannakarpe on võimalik toormena kasutada.

5. Eesti oludes rakendatav ärimudel

5.1. Üldine äriskeem

Uuringu raames võrreldi erinevaid võimalusi vetika- ja karbikasvatuses, eesmärgiga valida välja ja täpsustada kõige realistlikum ja konkurentsivõimelisem ärimudel. Nende seas võrreldi erinevaid vetika- ja karbitaksoneid, nende kasvatuse tehniliste lahenduste sobivusi, erinevaid tooteid ja teenuseid. Analüüsi käigus ilmnas, et erinevad takistused piiravad oluliselt sektori arengut, nii et võivad selle isegi seisata. Nende takistuste tõttu on väga keeruline pakkuda Eesti tingimustes turule konkurentsivõimelise hinnaga karbi- ja vetikatooteid. Seetõttu osutub praeguste teadmiste juures kõige perspektiivikamaks tooteks või teenuseks ökosüsteemiteenuse pakkumine mere puhastamise näol liigsetest toitainetest, kuid see eeldab osapoolt, kes selle teenuse eest tasub. Avalikel fondidel puuduvad praegusel ajal niisuguse teenuse jätkusuutliku rahastamise mehhanismid ja põhimõtteline otsus, seda toetada. Võimalik, et lähitulevikus rakendub finantseerimisskeem "saastaja maksab". Vastavalt Keskkonnaministri (2020) määrusele¹⁰⁵ ei tohi kalakasvandus halvendada veekogumi või mereala seisundit. Määrus reguleerib vesiviljeluse saasteainete vähendamisele viivad kompenseerivad meetmed. Nende meetmete sekka sobivad hästi vetika- ja karbisektori edendamine, mida arendajad on hoonestuslubade taotlustes ka välja pakkunud. Võimalik, et just veekaitsenõuded kalakasvatustele on peamine vetika- ja karbisektori arengu liikumapanev jõud Eestis.

Uute teadmiste lisandudes on võimalik, et ka Eestis leitakse viie aasta perspektiivis tasuv rakendus vetikate ja karpide kasutamiseks, eelkõige läbi töötlemise arendamise. Euroopas on karpide ja vetikate töötlemise arendamine fookuses ja tõenäosus innovatsiooni läbimurdeks on suur. Hetkel on võimalik alustada vetikate ja karpide kasvatamisega "saastaja maksab" või ühiskonna poolt tellitavad ökosüsteemi teenuse printsiibist lähtudes. Püsiva toodangu tekkimine võtab aega ja on realistlik, et 5 aasta perspektiivis võib toodangule leiduda juba tasuv kasutusvaldkond tööstuses. Lisaks ökosüsteemiteenusele võib tekkida nii karpidele kui vetikatele täiendav väärtus ning vetika- ja karbikasvatuse kulu ei pea enam kajastuma kala hinnas ega ühiskonna poolt makstavas toetuses.

Käesolev äriplaan on seega kahetasandiline (tabel 1). Esimene, lähiperspektiivi tasand kirjeldab ärimudelit, mida võiks kohe rakendada. **Käesoleva töö raames koostatakse äriplaan ettevõttele, kelle töö sisuks on esimese tasandi äritegevus.**

Samas tuleb nentida, et esimesel tasandil on olulised puudused. Nii karbi- kui vetikakasvatus sõltuvad täielikult merelisest kalakasvatusest või riiklikest otsustest toetuse osas, mis ei pruugi lähiajal siiski rakenduda. Pakutav vee puhastamise teenus kalakasvatajaile tõstab kala omahinda ja pärsib omakorda sektori konkurentsivõimet. Seetõttu võib see mudel toimida vaid siis kui kala turuhind on kõrge. Seetõttu tuleb Tasandil 1 toimides leida võimalused lülitumiseks Tasandile 2, millel toimub vetika- ja karbimassi äriliselt tasuv väärindamine.

¹⁰⁵ Keskkonnaministri 02.04.2020 määrus nr 17 "Vesiviljeluse veekaitsenõuded, sealhulgas vesiviljelusest lähtuva vee saasteainesisalduse piirväärtused ja suublasse juhtimise ning seire nõuded"

Tabel 1. Äriplaani tasandid. Tasand 2 hõlmab Tasandit 1.

	Tasand 1	Tasand 2
Ärimudel	Vee puhastamise teenus. Väljapüütud biomassis müük	Vetika- ja karbitoodete müük
Tegevused	Karbikasvatus Vetikapüük	Vetikaviljelus Karbiviljelus. Väljapüütud karbi- ja vetikamassi väärindamine.
Ajaperspektiiv	< 5 aastat	> 5 aastat
Sihtgrupid	Kalakasvatus Ühiskondlik ökosüsteemiteenus Taimekasvatus Biogaasi tootmine Väetis	Toiduainetööstus Farmaatsiatööstus Loomakasvatus Muud tööstusharud

5.2. Karbinduse ärimudel

Karbinduse ärimudel on toitainete eemaldamine merest söödava rannakarbi kasvanduse abil.

Karbikasvatuse puhul on kaks põhimõtteliselt erinevat lahendust: (a) pakkuda karpidele vaid kasvusubstraati, kuid jätta loomad merre või (b) karbisaak merest välja koristada. Karbikoristus on ressursimahukas töö, milleks pole praegusel ajal Läänemere regioonis hästi välja töötatud tehnilisi lahendusi. Probleemideks on ka turu vähene nõudlus, madal esmakokkuostu hind ja tööstusliku töötlemise puudumine. Niikaua kuni need tegurid pole otsustavalt paranenud, võib kõige mõistlikumaks lahenduseks olla karpide koristamata jätmine. Kui karpide biomass jätta merre, siis jääb veesambast toitainete eemaldamise teenus tagasihoidlikumaks. Siiski, enamus karpide pakutavast teenusest toimib ka ilma, et need veest välja tuuakse. Kuna karbid filtreerivad veesambast välja 2 kuni 3 korda enam lämmastikku ja 3 kuni 7 korda enam fosforit, kui ladestub nende kehades, siis on sellistel karbikasvatusel, millelt saaki ei koristata, peaaegu sama suur positiivne keskkonnamõju kui nendel karbifarmidel, millest saak regulaarselt eemaldatakse.¹⁰⁶ Seega, Eesti tingimustes, praeguste asjaolude juures tasub niisugust lahendust kaaluda. Selle asemel, et kulutada ressursi saagi koristusele ja selle edasisele käitlemisele, võiks kaaluda näiteks hoopis investeerimist ulatuslikumale kinnitumissubstraadile. Siin tuleb aga silmas pidada, et kui saaki pole kavas koristada, võivad ka kinnitumise substraadi optimaalsed tehnilised lahendused olla teistsugused.

Käesolevas töös on arvutustes läbivalt kasutatud parameetreid, mis kaasnevad karbikasvatusega juhul, kui karpide saak merest koristatakse.

¹⁰⁶ Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissov, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

Karbifarm

Karbifarm tähendab tehniliselt eelkõige kinnitumissubstraadi pakkumist karbivastseile. Selleks paigaldatakse merre köied, võrgud vms.

Osad alad on karbikasvatuseks sobimatud kiskluse, karmide ilmastikutingimuste, tugevate hoovuste, halva settimise ja/või toidu halva kättesaadavuse tõttu. Seega on eduka rannakarbi tootmise eelduseks sobiv ala. Konkreetseid substraadid ja võrgusilma suurus ei ole väikeste rannakarpide eduka tootmise võtmetegurid. Küll aga on sellega seotud rannakarbi kasvanduse struktuur (ankurdamine, paindlikkus, poid jne) ja logistika (kasvanduse sagedased kontrollid ja kohandamised, kasvanduse ligipääsetavus, hea ja paindlik transport kasvandusse ja tagasi), väga oluline. Soome laht erinevatel põhjustel karbikasvatuseks hästi ei sobi (vt ka ptk 1.2.2) ja paremini sobib Eesti läänerrannik¹⁰⁷.

Läänemere katselistes karbifarmides¹⁰⁸ testiti kolme erinevat saagikoristustehnikat: (1) saagikoristus õngejadaga kasvandusest, kasutades konveierilinti õngejada ülestõstmiseks saagikoristusplatvormile ja kaabitsat rannakarpide puhastamiseks substraadist; (2) UW-harjadega automaatne harvester, mis puhastab rannakarbid võrgufarmiüksustest ja pumpab need tekile, et pakkida otse suurtesse kottidesse; (3) veepealsed võrgufarmi kombainid, kus kogu võrguüksus on tõstetud üle platvormi ja pestakse rannakarpidelt maha kõrgsurvepesuriga. Kõik katsetatud meetodid vajasisid kahte kuni kolme inimest. Oluline on aga silmas pidada, et Taani vetes kasutatav standardharvester Eesti väikeste karpide jaoks ei sobi¹⁰⁹. Teadaolevalt on praegusel ajal aga välja töötamisel uus saagi koristamise tehnoloogia väikestele karpidele, mille välja töötamisele on kaasatud ka Eesti teadlased.

Meie analüüsi järgi on tänaste teadmiste põhjal tööstuslikus mahus võimalik karbimassist kompostväetise tootmine või karbimassist komponentide (karbijahu ja -õli) tootmine. Karbimassi esmakokkuostuhind kompostväetise tootja poolt on küllaltki madal, sest karbid konkureerivad muu materjaliga, mis on sageli lihtsamini, suuremates kogustes või soodsamalt kättesaadav. Kuna rannakarpe Eestis ükski komponentide töötleva täna kokku ei osta, siis on äriplaanis kasutatud hind saadud arvutuslikult analoogiate meetodil (vt ptk 8.5). Tänaste teadmiste põhjal, võttes aluseks toorme ja toodangu hindasid, ei ole need ärimudelid kasumlikud, kui ei lisandu täiendavat tegevustoetust.

Põllumajandusmulla väärindamine karbimassi abil

Kui karbisaak siiski merest välja tuua ning sellele ei leita ostjat, siis on tänaseid olusid arvestades alternatiivne lahendus kasutada **värsket karbimassi töötlemata kujul põldudel mullaparandajana**. Karbifarmi ja põllumajandustootja vahelise tehingu väärtus (karpide esmakokkuostuhind) on meie hinnangul umbes null ehk toodang antakse ära ja võetakse vastu tasuta. Seda võib käsitleda ringmajanduse ahelana.

¹⁰⁷ Raagma, G. 2021. Margus Rebane: karbikasvatus tuleks võrdsustada kalastamisega. Postimees, 12.02.2021.

¹⁰⁸ Minnhagen, S., Lyngsgaard, M.M., Wallach, T., Staufenberg, T., Emilsson, M., Bailery, J., Bertilius, K., Purina, I., Dolmer, P. 2019. Results from Baltic Blue Growth project's mussel farms and way forward for mussel farming in the Baltic Sea. Interreg Baltic Sea Region Baltic Blue Growth. Kalmar Kommun.

¹⁰⁹ Raagma, G. 2021. Margus Rebane: karbikasvatus tuleks võrdsustada kalastamisega. Postimees, 12.02.2021

Karbimass võib anda mullale kriitilisi toitaineid - eriti fosforit - kuid lisaks võivad karbikestad neutraliseerida liighappeliste muldade pH-d¹¹⁰. Tänu kõrgele kaltsiumisisaldusele võivad karbid asendada lubjakivi, dolokiviga või tuhaga lupjamist. Samal ajal võib liighapestumine olla Eesti põllumajandusmaa degradatsiooni peamine põhjus¹¹¹. Näiteks Hiiumaal on vahemikus 25 kuni 40% põllumuldadest liighappelised ja seda olukorda võiks parandada karbimassi sissekündmise või randaalimise abil. Lisaks tõstab karbimass mulla orgaanilise aine sisaldust¹¹².

5.3. Vetikasektori ärimudel

Vetikasektori ärimudel on toitainete eemaldamine merest vetikamassi püügi abil.

Punavetika püük

Nii intervjuud praktikutega, mujal tehtud uuringud kui ka arutluskäik viitavad, et agariku loodusliku külluse korral on mõistlikum seda lihtsalt merest välja traalida. Vetikakasvatust on agariku puhul mõistlik kaaluda vaid juhul kui looduslikud varud jäävad defitsiiti. Praegusel ajal aga püütakse limiidist välja vaid osa. Aastal 2022 oli väljapüügi limiidiks 1000 t agarikku märgkaalus segus teiste vetikatega. Sellest realiseeriti 380 t ehk 38%. Soovitav limiit on aga 2000 t (ja arvestades sellest soovitusel ligi 100 korda suuremat, 0,2 miljoni t suurust varu Kassari lahes võiks väljapüügi limiit olla veel palju suuremgi)¹¹³. Sellisest soovitatavast 2000 t limiidist püüti välja vaid 19%. Madala püügimäära põhjuseks polnud mitte ressursi defitsiit, vaid peamiselt madal nõudlus turul. Järelikult valitseb praegusel ajal Kassari lahes loodusliku punavetika küllus. Vetikafarmide rajamise asemel on mõistlikum ja odavam, kui turg lubab, lihtsalt **väljapüügi suurendamine kuni kvoodini**. Koplite ja muu taristu rajamist tuleb hoolikalt kaaluda, kas see on otstarbekas praegu (investeeringud, saagi hävimise risk, keskkonnajalajalg täiendava taristu rajamisel merre jms), mil ei ole isegi majanduslikku rakendust kogu agariku püügikvoodiga lubatud mahule.

Agariku püügiga tegelevate ettevõtjate, kes on ka püügikvoodi omanikud, sõnul on nad valmis olemasoleva püügikvoodi maksimaalselt välja püüdma juhul, kui värske agariku hind oleks lossimisel vähemalt 150 eur/t + käibemaks (Tanel Ilmjärv, suuline info). Võttes arvesse agariku kasvatamisega seotud täiendavaid kulusid¹¹⁴, on majanduslikult otstarbekas esmalt realiseerida maksimaalne püügikvoot ning alles seejärel kaaluda kasvanduste rajamist. Vetikate kasvatamise omahind vetikafarmides on Läänemeres varasemate uuringute põhjal¹¹⁵ suurusjärgu võrra kallim, kui loodusliku vetika püük Eestis meres.

¹¹⁰ Boni, T.S., Maltoni, K.L., de Souza, L.F.R., Cassiolato, A.M.R., 2023. Can golden mussel shell be an alternative to limestone in soil correction?.

¹¹¹ Loide, V. 2019. Muldade happesus põllul ületab taimede taluvuspiiri. Põllumehe Teataja.

¹¹² Lee, C.H., Lee, D.K., Ali, M.A., Kim, P. J., 2008. Effects of oyster shell on soil chemical and biological properties and cabbage productivity as a liming materials. Waste Management 28, 2702–2708.

¹¹³ TÜ Mereinstituut, 2019. Kassari lahe töendusliku punavetika uuringud. LEPING nr. 4-1/19/47_10.04.2019. Vahearuanne

¹¹⁴ Võrdluseks, kirjanduse põhjal varieerub värske *Ulva* tootmiskulu vahemikus 0,23 kuni 1,0 €/kg, arvestades, et saagikus on vahemikus 9,8 kuni 87 t/ha. Värske põisadru (*Fucus*) tootmise hinnanguline ühikukulu on ca 2,34 €/kg.

¹¹⁵ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

Kuna turu nõudlus Eesti agariku järele on väiksem kui püügikvoot, siis tuleb enamikule püütavale vetikamassile leida muu rakendus. Meie analüüsi järgi on tänaste teadmiste alusel parimaks tööstuslikus mahus lahenduseks **kompostväetiste tootmine või biogaasi tootmine punavetikamassist**. Vetikamassi esmakokkuostuhind kompostväetise või biogaasi tootja poolt on väga madal, sest vetikad konkureerivad muu taimse materjaliga, mis samuti vastavaks toormeks sobib. Tänaste teadmiste põhjal, võttes aluseks toorme ja toodangu hindasid, ei ole need ärimudelid kasumlikud.

Biogaasi tootmine vetikamassist

Eestis on 18 biogaasijaama, millest viis töötavad põllumajanduslikel sisenditel, viis on prügilate juures, neli on reoveepuhastite juures, kolm on tööstusreovee käitlusjaamad ning üks toodab biometaani liigiti kogutud segaolmejäätmetest¹¹⁶.

Käesoleval ajal ei kasutata Eesti biogaasijaamades vetikaid, kuna vetikaid sellises koguses sisendina ei teki. Vetikate kasvatamist ainult biogaasi tootmiseks ei peeta otstarbekaks, kuna muu tootmiseks sobiv materjal on lihtsamini ja soodsamalt kättesaadav. Tuleb arvestada, et vetikate kättesaadavad kogused on seni olnud liialt väikesed, hooajalised (kogutakse vaid vegetatsiooniperioodil) ning vajavad eelnevat töötlust (liiva sisalduse tõttu võib olla vajadus vetikamassi eelnevalt läbi pesta).

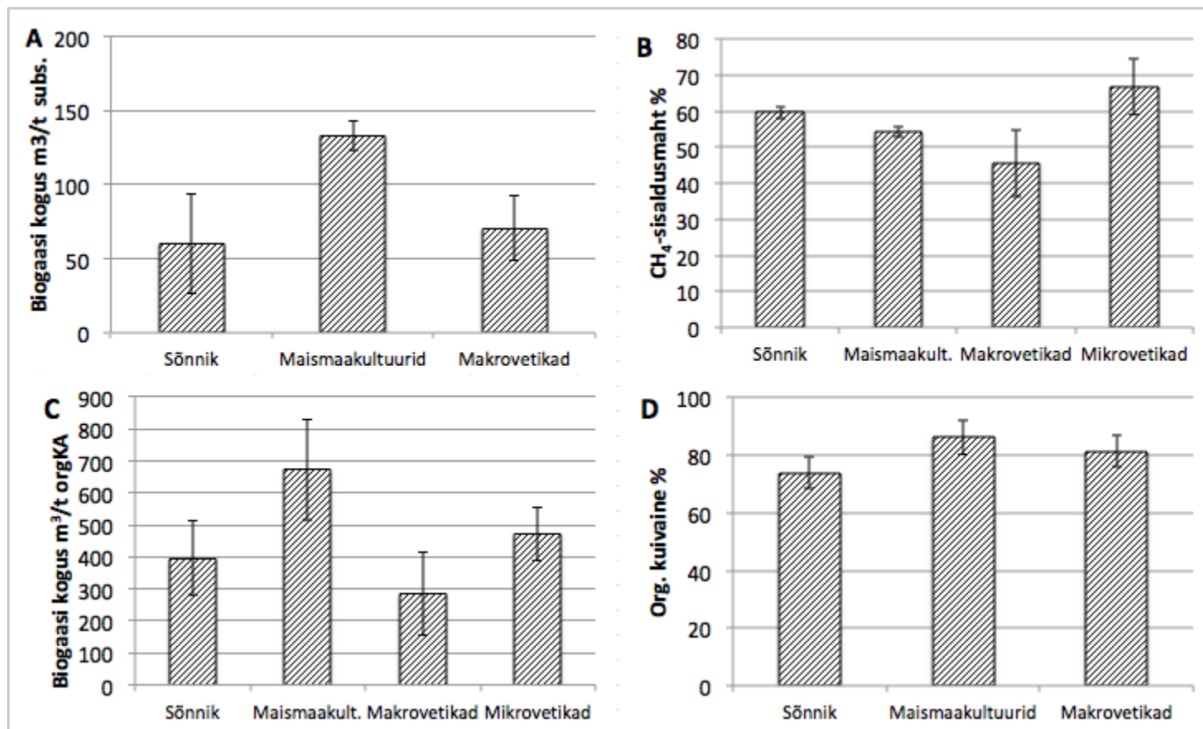
Tulevikus, tehnoloogiate arenedes võiks vetikate kasutamise perspektiiv biogaasijaamades olla eelkõige vetikamassist saadud presskoogi kasutamisel, mis jääb alles pärast väärtuslikumate ainete eraldamist (nt ained toiduainetööstuse jaoks).

Eestis asuvad potentsiaalsed makrovetika kogumise ning kasvatamise alad Saaremaa ja Hiiumaa lähistel. Seal paikneb ka Kassari laht, mis on suhteliselt isoleeritud ning tagab sellega hea keskkonna vetikate kasvamiseks ja kasvatamiseks¹¹⁷. Seda, kas ja milliselt kauguselt tasub vedada vetikamassi biogaasijaama, sõltub materjali energiasisaldusest. Vetikate sobivuse analüüsid on näidanud, et vetikatest saadava biogaasi kogused nii substraadist kui orgaanilisest kuivainest, metaanisisisaldus, kuivaine sisaldus ning orgaanilise kuivaine sisaldus on tasemel, kus makrovetikatest biogaasi tootmise võimekus jääb madalaks (joonis 10). Lisaks, biogaasi tootmisel on oluline arvestada, et makrovetikate näitajad sõltuvad kasvukeskkonnast ning võivad erinevas keskkonnas oluliselt varieeruda¹¹⁸.

¹¹⁶ MTÜ Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni koduleht, 2023. Kättesaadav: <http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/>

¹¹⁷ Kõlvart, M., 2018. Makrovetikatest biogaasi tootmise potentsiaal. Tartu Ülikooli bakalaureusetöö keskkonnatehnoloogias. Kättesaadav: <https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/60123/MairikaK6lvart.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹¹⁸ Kõlvart, M., 2018. Makrovetikatest biogaasi tootmise potentsiaal. Tartu Ülikooli bakalaureusetöö keskkonnatehnoloogias. Kättesaadav: <https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/60123/MairikaK6lvart.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Joonis 10. Biogaasi kogus tonni substraadi (A) ja orgaanilise kuivaine (C) kohta, metaanisaldus (B) ja orgaanilise kuivaine sisaldus (D)¹¹⁹.

Vetikatel on võrreldes teiste biogaasi toormetega kiirem kasvutempo ning suurem biomassi hulk¹²⁰. Samas ei ole käesoleval ajal biogaasi tootjatel tooraine puudust. Kasutamata on oluline osa toiduainetööstuse, loomapidamise jms jääkidest, mis on väärtuslik sisend biogaasi tootmiseks. Kasutusest välja jäänud maadelt niidetud hein on lihtsasti kättesaadav ja suures osas kasutamata ressurss biogaasi tootmiseks. See on võrdlemisi soodne võrreldes merel vetikate kasvatamise, nende kogumise ja transpordiga, heina kogumist toetavad ka maaharijatele makstavad pindalatoetused. Teiseks peab biogaasi tootmisel olema jaama juures pidev gaasi kasutus - kuna biogaasi tootmisprotsess on pidev, siis kõige tulusam ongi tekkinud biogaasi kasutamine tootmise enda protsessis. Võimalik on gaasi hoiustamine mahutites (balloonides), kuid see eeldab gaasi täiendavat puhastamist ning on seotud kuludega. Seega peab biogaasijaam paiknema asukohas, kus on olemas piisav ja pidev tarbijate hulk.

Biogaasijaamadel on valmisolek vetikaid tootmises kasutada vaid juhul, kui on tagatud piisava ja pideva vetikamassi olemasolu ning selle kasutamine on tasuv. Käesoleval ajal on biogaasitootjad valmis vetikat kasutama, kui saavad selle väga madala hinnaga ning lossimiskoht jääb biogaasijaamast vähem kui 50 km kaugusele. Saaremaal on biogaasi tootmiseks vajalikud seadmed Jööri sigala ja Kuressaare reoveepuhasti juures, algatatud on detailplaneering biogaasijaama rajamiseks Upa külas. Kõik nimetatud kohad on Triigi ja Taaliku sadamatele, mida vetikate lossimiseks on tavapäraselt kasutatud, lähemal kui 50 km. Hiiumaal hetkel biogaasijaamasid ei ole.

¹¹⁹ Kõlvart, M., 2018. Makrovetikatest biogaasi tootmise potentsiaal. Tartu Ülikooli bakalaureusetöö keskkonnatehnoloogias. Kättesaadav:

<https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/60123/MairikaKõlvart.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹²⁰ Kõlvart, M., 2018. Makrovetikatest biogaasi tootmise potentsiaal. Tartu Ülikooli bakalaureusetöö keskkonnatehnoloogias. Kättesaadav:

<https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/60123/MairikaKõlvart.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5.4. Kokkuvõtte Eesti oludes rakendatavatest ärimudelitest

Tabel 2. Vetikakasvatuse SWOT

Tugevused	Võimalused
- Seadusandlus võimaldab vetikakasvatuse rajada. - Vetika kasvatamise ressurss on Eestis kasutamata, rannikumeres on sobivaid asukohti. - Eesti teadusasutustes on valdkondlikku kompetentsi, teaduspõhise äri eeldused on olemas. - Pikaajaline kogemus punavetikate püügi ja töötlemise valdkonnas.	- Vetika kasvatamise ressurss on siiani kasutusele võtmata. - Euroopas valitseb soodne hoiak, et vetikaid rohkem majanduslikku kasutusse võtta. - Võimalused kasutada EL rahalisi vahendeid valdkondlikuks arendustegevuseks ja taristu investeeringute tegemiseks. - Koostöö olemasoleva vetika töötlejaga täiendava väärindamise ja toodete arendamiseks. - Võimalus loodusliku punavetika püüdmiseks ja väärindamiseks. - Kõrgema lisandväärtusega tootmisahela puudumisel on võimalus vetikamass suunata bioväetiste või biogaasi tootmisesse.
Nõrkused	Ohud
- Puudub tehnoloogia merevetikatest kallimate ja alternatiivsete toodete tootmiseks. - Punavetikate kasvatamine konkureerib punavetikate püüdmisega. - Majanduslikult on jätkusuutmatu vetikate kasvatamisse investeerida, kui püüdmise ressurss on ammendamata. - Hoonestusloa taotlemine on kallid, keeruline ja aeganõudev.	- Äri perspektiivne rahaline maht on väike, äriprojektid ei pruugi pankadele atraktiivsed olla. - Vetikatest toodetud tooted ei suuda maailmaturul konkureerida analoogsete toodetega, mis on teisest toormest. - Reaalne saagikus suurte mahtude puhul on oluliselt väiksem kui katsefarmides. - Kliimamuutustest suureneb tormide sagedus, kasvab oht saagi hävimiseks ja kallinevad tootmiskulud.

Tabel 3. Karbikasvatuse SWOT

Tugevused	Võimalused
- Seadusandlus võimaldab rannakarbi kasvatuse rajada. - Rannakarbi kasvatamise ressurss on Eestis kasutamata, rannikumeres on sobivaid asukohti. - Eesti teadusasutustes on valdkondlikku kompetentsi, teaduspõhise äri eeldused	- Rannakarbi kasvatamise ressurss on siiani kasutusele võtmata. - Euroopas valitseb soodne hoiak, et rannakarpe rohkem majanduslikku kasutusse võtta. - Võimalused kasutada EL rahalisi vahendeid valdkondliku RD ja taristu

on olemas. • Esimene rannakarbi farm on Eestisse rajatud. On saadud reaalne kogemus Eesti oludesse sobivast tehnoloogiast, tekkinud praktiline kompetents.	investeeringute tegemiseks. • Võimalused ökosüsteemiteenuse osutamiseks läbi karbikasvatuse (lämmastiku ja fosfori kasutamine mereveest). • Võimalused kasutada kalatööstuste väljaarendatud taristut rannakarpide kasvatamiseks ja väärindamiseks (merealused, külmaveokid, külmalaod, tootmisruumid jne). • Koostöö rannakaluritega tööjõu osas. • Kõrgema lisandväärtusega tootmisahela puudumisel on võimalus vetikamass suunata bioväetiste või biogaasi tootmisesse.
Nõrkused	Ohud
• Puudub tööstuslikus mahus meie rannikumeres kasvavate rannakarpide töötlemise tehnoloogia. • Puuduvad tooted, mis muudavad sektori äriliselt tasuvaks. • Rannakarpidel on väike orgaanilise kuivaine sisaldus, mis ei võimalda suures mahus erinevaid tooteid (valgud ja rasva komponendid) toota. • Saagikoristus on sesoonne, vajadus külmutuse kasutamiseks, mis on energiamahukas tõstab toote hinda. • Hoonestusloa taotlemine on kallis, keeruline ja aeganõudev.	• Äri perspektiivne rahaline maht on väike, äriprojektid ei pruugi pankadele atraktiivsed olla. • Rannakarpide toodetud tooted ei suuda maailmaturul konkureerida analoogsete toodetega, mis on teisest toormest. • Reaalne saagikus suurte mahtude puhul on oluliselt väiksem kui katsefarmides. • Kliimamuutustest suureneb tormide sagedus, kasvab oht saagi hävimiseks ja kallinevad tootmiskulud. • Rannakarpide farmide rüüste lindude ja kalade poolt.

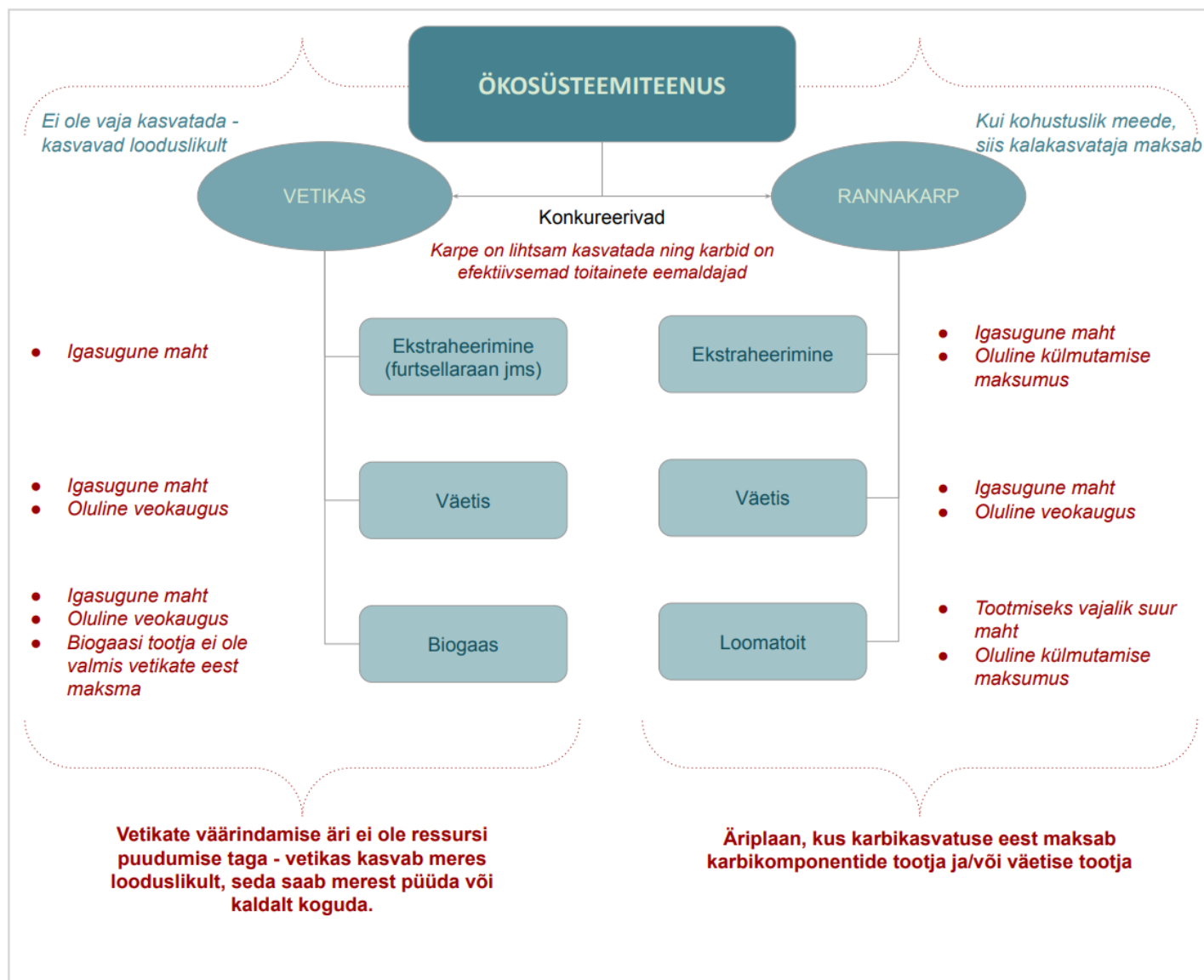
Analüüsinud vetikate ja karpide kasvatamise majanduslikke aspekte, võib välja tuua järgmist (joonis 11):

- Tänapäevaste teadmiste juures on vetikate ja karpide kasvatamises Eesti merealal kõige reaalsemaks tooteks või teenuseks ökosüsteemiteenuse pakkumine.
- Ökosüsteemiteenusena on karbiviljelus ja vetikaviljelus konkurendid, kuna mõlemal juhul on võimalik toitaineid eemaldada. Turul saab eelise teenus, mille omahind on madalam ja/või nõudlus suurem. Kalakasvatajad eelistavad kasvatada karpe, kuna need on toitainete eemaldajana efektiivsemad ning kasvatamise tehnoloogia on lihtsam ja lähedasem kala kasvatamisele.
- Täna puudub tehnoloogia vetikate paljundamiseks ja kasvatamiseks avameres. Vetikakasvatusele lähima viisina on proovitud rajada rannikumerre nn kopleid, mis hoiaksid agariku paigal kindlal alal.
- Agariku püügikvoot on olnud aastaid realiseerimata. Looduslikult kasvavate vetikate traalimine on odavam ja mõistlikum kui nende kasvatamine.

- Vetikal (pms agarikul) põhinev tootearendus ei seisa toorme puudumise taga. Agariku ekstraheerimisel põhineva tootearendusega ja tootmisega tegeleb juba aastaid AS Est-Agar ning tootearendusega Vetik OÜ.
- Vetikate kasutamisel taimsete väetiste või biogaasi tootmiseks konkureerivad need maismaalt pärineva sarnase biomassiga, nagu hein, põhk, sõnnik, orgaanilised jäätmed vmt. Biogaasi ja väetiste tootjad on nõus vetikaid küll vastu võtma, kui üldjuhul eeldavad, et veoteekond ei ole pikem kui 50 km ning toorme hind ei ületa 10 eur/t (versus agariku püügihind 150 eur/t). Merel on tootmiskulud suuremad ja määramatust rohkem, tarnekindlus väiksem, kui maismaalt saadava biomassi puhul. Seega tootjad eelistavad maismaalt pärinevat. Sama kehtib karpide kasutamisel väetiste tootmisel.
- Oluline on silmas pidada, et Eesti merealalt saadavad vetikad ja karbid ei konkureeri spetsiifiliselt maailma vetikate ja karpide turul, vaid nendest saadavate toodete turul, mis on oluliselt laiem – nt furtsellaraan hüdrokolloididega, karbiõli kalaõliga jne.
- Karpide ekstraheerimisel põhinevat tootearendust väiketootmise või tööstuslikus mahus ei ole Eestis tehtud.
- Karpide kasutamisel karbijahu komponendina konkureerib see kaladega, nagu kilu, räim ja ümarmudil. Erinevalt karpidest puudub kala puhul vajadus neid külmutada ja kalal on kordades suurem orgaanilise kuivaine sisaldus, mis annab täiendava hinnaeelise. Tööstuslik maht eeldab, et iga päev töödeldakse 120 tonni karpe. Juhul, kui täna olemasolevad hoonestusloa taotlused realiseeruks, toodetaks aastas u 900 tonni karpe, millest jätkuks seitsmeks päevaks. Arvestades erinevaid piiranguid, ei ole Eesti merealal reaalne kasvatada karpe mahus, mis varustaks karbijahu või muud loomasööda tehast. Käesoleva töö raames jõuti sarnasele tõdemusele, nagu Joller-Vahter *et al* (2021), kes analüüsis viie karbikasvatusega tegeleva pilootfarmi või tööstuse majanduslikke näitajaid - karpide kasvatamine ainult sööda tootmist silmas pidades ei ole tasuv.

Kokkuvõtteks – karpide ja vetikate kasutamine toormena võiks Eestis eelistatult põhineda ekstraheerimist kasutaval väiketootmisel juhul, kui leitakse vastav turunišš. See tähendab, et lõpptoodang peab olema piisavalt kallis, et katta kõrgeid kulusid toormele. Sellekohast tootearendust peab jätkama (Tasand 2).

Vetikate püüdmine või karpide kasvatamine ökosüsteemiteenusena saab Eestis põhineda vaid dotatsioonil. Dotatsioon võib tulla avalikust sektorist, põllumajandustootjatelt, kalakasvatajatelt vmt.



Joonis 11. Skeem Eesti oludes rakendatavatest ärimudelitest.

6. Klient, turg ja konkurents

6.1. Kliendi vajadus ja sihtgrupid

Hetkel teadaolevate töötlemis- ja turustamisvõimaluste juures ei ole vetika- ja karbikasvatuse iseseisvalt äriliselt tasuvad. Vajadus vetika- ja karbisektori edendamiseks võib aga tulla kalakasvatuste edenemisest Eestis. 2002. aastal võeti vastu ELi vesiviljelussektori säästva arengu strateegia, kus on sätestatud poliitilised suunised vesiviljeluse kasvu edendamiseks. 2021. aastal võeti vastu ELi vesiviljeluse kestlikkuse ja konkurentsivõime suurendamise strateegilised suunised aastateks 2021–2030, mille üheks eesmärgiks on aidata kaasa EL vesiviljelussektori kasvule. Seehulgas on välja toodud seda, et liikmesriigid, kus vesiviljelus on jätkuvalt vähetähtis sektor, peaksid uurima ja edasi arendama vesiviljeluse potentsiaali seoses kestliku toidu- ja söödavaruga ning alternatiivsete kestlike ettevõtete ja töökohtade loomisega, seda eelkõige äärealadel, kus töövõimalused on piiratud.

Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukavas aastani 2030 on üheks eesmärgiks seatud vesiviljeluse toodangu mahu suurendamine 801 tonnilt (2022. aastal, Statistikaamet) 10 000 tonnile aastas merevesiviljeluse arvelt, mis suuremas osas peaks tulema just merekalakasvatustest.

Keskkonnalubade saamine kala tootmiseks Läänemeres on keeruline ja aeganõudev protsess. Seejuures on põhiprobleemide seas keskkonnavalused piirangud, kuna Läänemeri on mitteheas seisundis ning täiendava fosfori (P) ja lämmastiku (N) lisandumine kalakasvatustest võib halvendada selle seisundit veelgi. Kalakasvatustega lisanduvaid keskkonnamõjusid on vaja kompenseerida, kui keskkonnaloaga lubatud N ja P kvote ületatakse või juhul, kui keskkonnaloale on kantud kompenseerimise nõue.

See, kas toimub lubatud kvootide ületamine, selgub pärast veekasutuse aastaaruande esitamist. Aastaaruandes esitatakse söödainfo (kogus, N ja P sisaldused) ning kalade juurdekasvu info, mille põhjal arvutatakse keskkonda lisanduva N ja P kogused. Neid koguseid võrreldakse keskkonnaloas määratud N ja P kvootidega. Vajadusel saab loa väljastaja rakendada täiendavad kohustuslikud meetmed tootjale.

Teiseks on vajadus keskkonnamõjusid kompenseerida, kui keskkonnaloas on vastav nõue. Kompenseerimise nõue kantakse veeloale sel juhul, kui vesiviljeluse planeerimisel on tuvastatud keskkonnamõjud, mis ületavad keskkonnataluvust. Need mõjud tuvastatakse üldiselt eksperthinnangu või KMH käigus, võttes aluseks, et toitainete heide ei tohi meresumbakasvanduses ületada aastas keskmiselt 7 grammi üldfosforit ja 50 grammi üldlämmastikku ühe kilogrammi toodetud kala kohta¹²¹. Keskkonnataluvust ületav N ja P kogus tuleb kompenseerida või kasvatustehnoloogiat täiendada (veepuhastus, sumpade alla nt settekoonuste paigaldamine vms). Kuna load on tähtajatud siis seire valideerib seda, et keskkonnaloale kantud kvoodid oleks korrektsed ka näiteks muutuva kliima tingimustes. Kui ilmneb, et veekogumis on toimunud muutused, siis võib tekkida vajadus kvootide vähendamiseks, et ära hoida veekogumi seisundi halvenemist. Täiendava koormuse kompenseerimiseks on näiteks võimalik rannakarpide või vetikate kasvatamine,

¹²¹ Paragrahv 4 lg 6 "Vesiviljeluse veekaitsemeetmed, sealhulgas vesiviljelusest lähtuva vee saasteainesisalduse piirväärtused ja suublasde juhtimise ning seire meetmed"

mereheidiste korjamine, kasvanduse mõjupiirkonnas täiendav kala- või võõrliikide püük. Parema efekti saavutamiseks võib ka kombineerida erinevaid lahendusi.

Kompenseerimisvajaduse maht sõltub kalakasvatuse tootmismahust. Näiteks, kui Eestis soovitakse jõuda sumpades kasvatatud kala tootmisel kümne tuhande tonnini, siis selle kompenseerimiseks tuleks kasvatada karpe sellises mahus, mis vastaks umbes kolmesajale 0,5 ha suurusele Tagalahe karbifarmile (arvutuste aluseks on värskeimad hinnangud Tagalahe karbikasvatuse toitainete eemaldamisele ning konventsionaalse söödaga kalakasvatuse heitele^{122, 123}).

Sihtgrupiks on kalakasvatused ja ühiskond laiemalt ning lisaks karpide puhul kompostväetise tootjad ning karbikomponentide tootjad, vetikate puhul kompostväetise tootjad ning biogaasi tootjad. Sihtgruppe on täpsemalt käsitletud ptk-des 5.1-5.3.

6.2. Vetikasektor

6.2.1. Ressursid, koostöö ja konkurents

Olemasolevad ressursid tootmiseks/teenuse osutamiseks

Eestis on olemas pikaajaline kompetents vetikate kogumises, käitlemises ja müügis. Ettevõttel Est-Agar AS on olemas olulised ressursid punavetikast erinevate toodete tootmisel ja müügi pikaajaline kogemus ja võimekus. Est-Agari võimekuse baasil võiks punavetika püügimahte tõsta. Kasutamata ressursiks võiks lugeda punavetika püügikvooti, mida praegusel ajal kasutatakse vaid väikeses osas. Est-Agaril on kasutada püügivõimalus, mis viimastel aastatel on olnud 531-534 t. Reaalselt on viimastel aastatel püütud agarikku 19-60 t/a.

Agariku püügiga tegeleb OÜ Tinurek, kes tegeleb ka agariku esmatöötlemisega (kuivatamisega) ning kes on soetanud inventari punavetika kuivatamiseks ja ladustamiseks. Tinurek on vahemikus 2019-2022 püüdnud agarikku 60-167 t/a.

Koostöövõimalused

Vetikasektoris on lühiajalises, kuni viie aasta perspektiivis võrdlemisi hästi sissetöötatud lahendused. Nende edukus ei sõltu eriti rahvusvahelisest koostööst. Kassari lahe kinnitumata agarikupopulatsioon ja selle pikaajaline kommertsiaalne püügikogemus on Läänemere piirkonnas võrdlemisi unikaalne nähtus, mille juures on vähe rahvusvahelise koostöö perspektiivi. Kui aga minna edasi käesoleva äriplaaniga, siis tuleb alles luua koostöö biogaasi sektoriga.

Pikas perspektiivis, mis ulatub üle viie aasta, tuleb aga edendada eelkõige teaduslikku ja tehnoloogilist koostööd, et liikuda edasi äriliselt otstarbekale vetikaviljelusele. Kui tänapäeval ja lühikeses

¹²² Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I., 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

¹²³ Toonpere, P., 2022. Ösel Offshore OÜ kolme mereala kalakasvanduse kompleksi hoonestusloa taotluse keskkonnamõju hindamine Saaremaa W ala osas. Lemma OÜ.

perspektiivis peaks kommertsiaalne vetikasektor piirduma vaid püügiga, siis tulevikus võiksid neile lisanduda farmid, kus toimub vetikamassi kasvatamine. Tänapäeval toimub niisugune arendustegevus peamiselt rahvusvaheliste koostööprojektide raames, rahvusvahelise rahastuse toel. Niisugune koostöövorm on end seni õigustanud ja järelkult võiks see ka jätkuda. Hoolimata vetikasaagi paljudest erinevatest kasutusvaldkondadest ja võimalikest turgudest (vt pt 2.2.1), pole tegelikult leitud töötavat ja tasuvat lahendust, kuidas vetikamassi müüa või väärindada selliselt, et keegi oleks nõus selle eest maksma. See tähendab, et praegu ei osata hüpata äriplaani Tasandile 2. Niisuguse toimiva lahenduse leidmiseks tuleb teaduskoostööd jätkata.

Toodete ja teenuste konkurentsieelised

Vetikakasvatus, kui ökosüsteemiteenuse pakkuja, konkureerib samas piirkonnas tegutsevate ettevõtetega. Kalakasvatusele keskkonnamõjusid kompenseeriva teenuse osutamine ei ole lubatud teises riigis, vaid leevendavaid meetmeid tuleb rakendada samas riigis, soovituslikult ka samas rannikuvee veekogumis. See välistab vetikate püüdmise või kasvatamise puhul väliskonkurentsi.

Konkurentsieeliseks võib olla soodne proökoloogiline kuvand, sest vetikasektor puhastab merevett, seob süsinikku ning vabastab maismaad ja mullaressurssi biokütuste või loomasööda tootmisest. Kui vetikasektoril on mingeid negatiivseid keskkonnamõjusid, siis on need võrdlemisi väikesed. See sektor on madala emissiooniga ja vastab sinise biomajanduse arendamise soovitudele Euroopas¹²⁴.

Vetikasektori arengule võivad kaasa aidata järgmised eelised:

- tarbijad otsivad ainulaadset kohapeal/piirkondlikult toodetud toitu;
- arenenud kalatöötlemissektor, mis võib olla huvitatud merevetikate töötlemisest ja mis võib saada ELi investeeringutoetust (sh investeeringud merevetikate töötlemisse);
- olemasolev teadus- ja uurimispotentsiaal, mis on valmis toetama tekkivat merevetikaäri seoses: vetikabioloogia, aretustehnikate, toote keemilise analüüsi, uuenduslike töötlemisvõtete rakendamise ja toimeainete hankimisega;
- meretöötajate potentsiaal, sealhulgas kalurid, kellel on merefarmides töötamiseks vajalikud oskused ja kvalifikatsioon.

Ärimudeli Tasandile 2, kus toimub vetikamassi väärindamine, jõudmisele võivad kaasa aidata järgmised potentsiaalsed võimalused, mis võivad pakkuda ka konkurentsieelist:

- tarbijatrendid, mis tekitavad kasvavat nõudlust alternatiivsete veetoodete järele;
- praegu pakutavate merevetikate toiduainete turuosa üsna hea tase;
- tarbijate positiivne arvamus merevetikate (nii toidu kui ka kosmeetika) ja selle tervist edendavate omaduste kohta;

6.2.2. Turu tulevikuprognosis

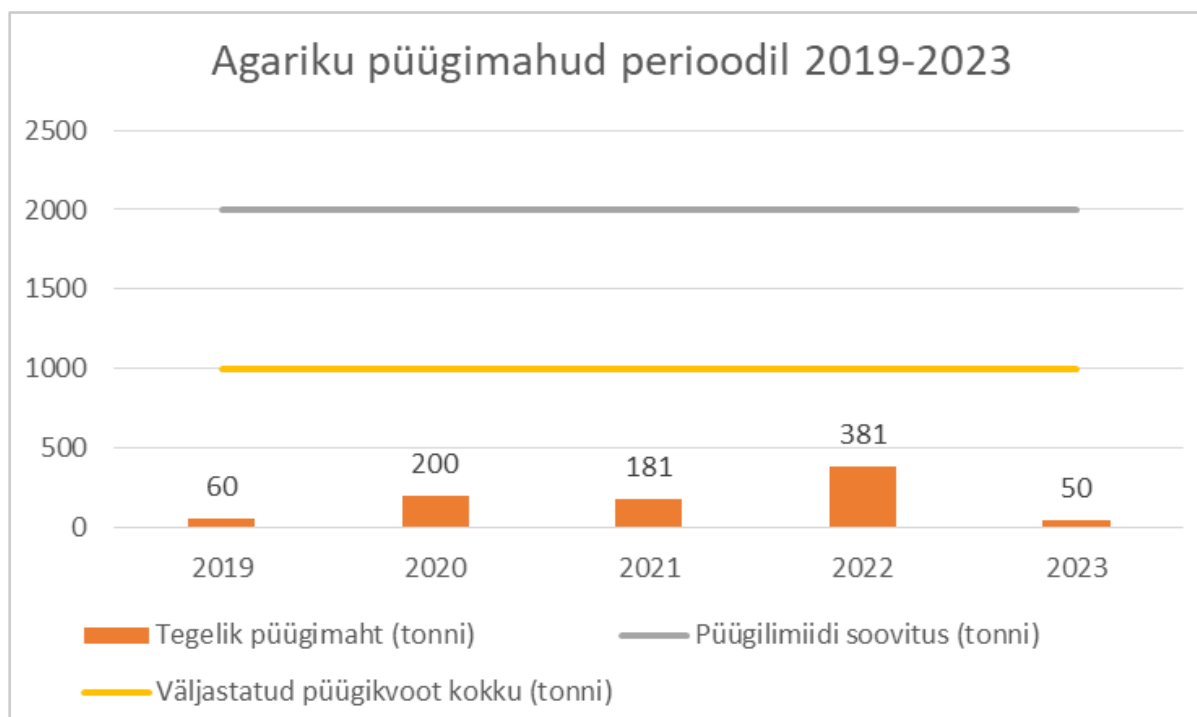
Kuigi agar-agaril on palju asendajaid, on see turul siiski oluline toode. EL Läänemere piirkonna riigid importisid 2020. aastal 829 tonni agar-agarit. Selle impordi väärtus oli 15,0 miljonit eurot. Peamised

¹²⁴ Euroopa Komisjon, 2021. Komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, Nõukogule, Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomiteele ning Regioonide Komiteele uue lähenemisviisi kohta säästva sinise majanduse arendamiseks Euroopa Liidus ELi meremajanduse ümberkujundamine kestliku tuleviku nimel. Brüssel.

importijad olid Saksamaa (474 tonni) ja Poola (234). Agar-agari impordimaht vähenes aastatel 2017-2019 22%.

Agariku puhul on turu mahuproгноos leitud olemasoleva kvoodi maksimaalse väljapüügi ja sellele kasutuse leidmisega. Samas tuleb arvesse võtta, et turg ei ole vaid vetikatest tehtud tooted, vaid ka muud analoogsed (sama funktsiooni kandvad) tooted. Näiteks Est-Agari toodetav furtsellaraan konkureerib muude hüdrokolloididega.

Perioodi 2019-2023 püügi mahud on joonisel 12. Püügi maht on viimastel aastatel jäänud vahemikku 50-381 tonni/ aastas, samal ajal kui püügilimiidi soovitus on olnud 2000 tonni agarikku/aastas¹²⁵ ning väljastatud on püügikvoodid 1000 tonni agariku kogumiseks.



Joonis 12. Agariku tegelik püügi maht¹²⁶, väljastatud püügikvoot¹²⁷ ning püügilimiidi soovitus¹²⁸ perioodil 2019-2023.

Seega hetkel püütakse Eestis agariku püügisoovitusest alla 10% (2023. aastal 2,5%). TÜ Eesti mereinstituudi hinnangul on võimalik ka olemasolevat püügikvooti suurendada kuni 10 000 tonnini/aastas, mis ei kahjusta agariku loodusliku populatsiooni seisundit (Georg Martin, suuline info).

¹²⁵ TÜ Eesti Mereinstituut, 2015/2017/2019/2020. KASSARI LAHE TÖÖNDUSLIKU PUNAVETIKAVARU UURINGUD NING KOMBINEERITUD METOODIKA VÄLIATÖÖTAMINE. Kättesaadav: <https://kliimaministeerium.ee/elurikkus-keskkonnakaitse/kalandus/uuringud-ja-aruanded>

¹²⁶ Põllumajandus- ja Toiduamet, 2023. Püügistatistika. Kättesaadav: <https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/kutseline-kalapuuk/puugistatistika>

¹²⁷ Põllumajandus- ja Toiduamet, 2023. Püügiload ja -võimalused. Kättesaadav: <https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/kutseline-kalapuuk/puugiload-ja-voimalused#item-1>

¹²⁸ TÜ Eesti Mereinstituut, 2015/2017/2019/2020. KASSARI LAHE TÖÖNDUSLIKU PUNAVETIKAVARU UURINGUD NING KOMBINEERITUD METOODIKA VÄLIATÖÖTAMINE. Kättesaadav: <https://kliimaministeerium.ee/elurikkus-keskkonnakaitse/kalandus/uuringud-ja-aruanded>

6.3. Karbindus

6.3.1. Ressursid, koostöö ja konkurents

Olemasolevad ressursid tootmiseks/teenuse osutamiseks

Eestis on olemas võrdlemisi laialdane kalanduse ja kalakasvatuste taristu, püügivahendid ja kogunud asjatundjad, kuid vaid üks merealale rajatud kalakasvatus Tagalahes, Saaremaal (Redstorm OÜ). Olemasoleva kalandussektori baasil võiks proovida karbiviljelust edendada. Samal ajal kui tööhõive kalanduses väheneb, võiks selle arvel hõivet suurendada karbinduses.

Kalakasvatajad näevad ennast tegelemas pigem karbikasvatustega (mitte vetikakasvatustega), kuna karpide kasvatamine on tehnoloogiliselt mõnevõrra sarnasem kalakasvatusega ning karpide toimet keskkonnamõjude kompenseerimises on lihtsam saavutada. Nii karbikasvatusega tegelev ettevõtte kui ka kalajahu ja -õli tootmisega tegelev ettevõtte töid karbikasvatuse plussina välja selle, et karpide kasvatamine ning säilitamine on mõnevõrra sarnane kalatööstusega, see tähendab, et teatud määral on võimalik kasutada olemasolevat tehnikat ja taristut. Karpide säilitamise tingimused on sarnased nagu kaladel - karbid vajavad kiiret jahutamist/külmutamist ning edasist töötlemist, kuna roiskuvad kiiresti.

Kui tehnoloogilised lahendused karpide ja vetikate kasvatamise ning saagi koristamise osas on veel mõnevõrra puudulikud, siis vetika- ja karbifarmide hooldamisel ja saagi koristamisel kasutatakse üldjuhul väikeseid aluseid, mis on olemas (näiteks Rootsi karbifarmides kasutatakse saagi koristamisel parvaluseid, mille süvis ei ületa 1,5 m). Tõenäoliselt ei ole vaja spetsiifilisi tehnilisi lahendusi sadamas karpide või vetikate lossimiseks (piisab sadamas väiksemast vintsist/kraanast). Suur osa väikesadamatest sobib vetika- ja karbifarmide teenindamiseks¹²⁹.

Puuduolevad ressursid tootmiseks/ teenuse osutamiseks

Seega peamiseks probleemiks praegusel ajal Eestis on teadmatus, andmete, kogemuse ja sissetöötatud lahenduste puudumine. Karbi- ja vetikakasvatuse teemal on tehtud teaduslikke uuringuid, laboratoorseid ja välikatseid, kuid toimiv ettevõtlus selles valdkonnas tänapäeval peaaegu puudub. Teadmatusest tuleneb risk, et mingil põhjusel karbi- või vetikakasvatus kui äri kas ei hakka Eestis üldse kasumlikult toimima või kulub toimivate lahenduste sissetöötamisele liiga palju aega.

Kui karpe hakatakse tööstuslikus mahus töötleva, siis hakkavad Eesti karbitootjad ja -töötlejad konkureerima maailmaturul, kus karpide kasvatamise tingimused on soodsamad. Kui Eestis pakutakse maailmaturul sama toodet, kuid selle tootmiskulud on oluliselt suuremad, siis ei ole Eesti karbitootjad konkurentsivõimelised. Samuti peab arvestama, et karpidest valgu ja õlikomponentide ekstraheerimisel hakkavad tooted konkureerima samade ja sarnaste toodetega, mis on toodetud teisest toormest (nt karpide õlid kalaõliga).

Läänemere regioonis on puudus karpide püügijärgsest töötlemise **taristust**. Puuduvad spetsiaalsed tööstustehased. Taanis kasutusel olevat standardharvesteri ja saagikoristustehnoloogiat ei ole

¹²⁹ Kotta, J., Martin, G., Eschbaum, R., Aps, R., Lees, L., Kalda, R., 2020. Vesiviljelus Eesti merealal - alusandmed ja uuringud. Tartu Ülikool, Eesti Mereinstituut. Kättesaadav: <https://pta.agri.ee/media/2129/download>

võimalik kasutada Eestis kasvatatud karpide kogumisel¹³⁰, kuid väljatöötamisel on meie oludesse sobiv koristustehnoloogia. Seni ei ole Eestis karbifarmist tööstuslikult saaki koristatud - karpe on korjatud vaid käsitsi uuringute läbiviimise eesmärgil.

Kuna karbikasvatuste rajamine Eestis on arengujärgus ning väga uus valdkond, siis ei ole ka olemas tööstussektorit, kus karpe kasutataks või millel oleksid valmis lahendused karpide kasutuselevõtuks.

Koostöövõimalused

Peamised koostöövõimalused on lokaalselt teadmiste ja kogemuse jagamisel. Karbikasvatajatel ning töötajatel on võimalik teha koostööd rannakarpide töötlemisliini avamiseks, mis võtaks vastu karpe kõikidelt kasvatajatelt. Tehas võiks toimida ühistulise printsiibi alusel, kus tootjad on tehase omanikud (analoogsed mudelid on Eestis piimatööstuses ja kalakomponentide tehasel). Koostööpartneritena võiksid olla kõik Eesti rannakarbi kasvatajad, mis annab efekti ühiskulude jagamisel (näiteks ühisomanduses saagikoristusharvester).

Toodete ja teenuste konkurentsieelised

Karbikasvatus sarnaselt vetikakasvatusele on käsitletav ökosüsteemiteenuse pakkujana, mis pakub leevendavad meetmeid kalakasvatuse keskkonnamõjude kompenseerimiseks. Teenuse osutamine ei ole lubatud teises riigis, vaid leevendavaid meetmeid tuleb rakendada samas riigis, soovituslikult ka samas rannikuvee veekogumis. See välistab karpide püüdmise või kasvatamise puhul väliskonkurentsi.

Küll aga võib tekkida turul konkurents erinevate vesiviljelejate vahel, kes soovivad samale kalakasvatusele teenust pakkuda. Kuna sektor on alles algusjärgus, siis see on esimestel aastatel pigem vähetõenäoline. Väga realistlik on lahendus, et kalakasvatus ei telli karbikasvatust teenusena sisse, vaid rajab selle ise. Kalakasvatuse eelis on, et nad saavad seeläbi efektiivsemalt kasutada oma olemasolevaid ressursse, eelkõige tööjõudu, merealuseid ja muid töövahendeid. See annab võimaluse ka töötajatele täiendava hõive pakkumiseks.

Konkurentsieeliseks on soodne proökoloogiline kuvand ja suutlikkus tõestada, et seda tüüpi tegevusel on väike negatiivne mõju keskkonnale, see on madala emissiooniga ja vastab sinise biomajanduse arendamise soovitudele Euroopas.

6.3.2. Turu tulevikuprognosis

Maksimaalne karbifarmi tootmispotentsiaal Eestis 5 aasta perspektiivis on seotud hoonestuslubades taotletud mahtudega. Käesoleval ajal on avalikustatud kaks vetika- ja karbifarmi hoonestusloa taotlust: Est-Agar AS ja Hiiumere Farm OÜ taotlused, mis mõlemad paiknevad Hiiumaa lähistel. Nende farmide karbiliinide alla jääv koondpindala oleks taotluse järgi 37,5 ha. Hoonestuslubade taotluste järgi on kavas kahel farmil kokku paigaldada merre 600 karbiliini, mille igapäevase maksimaalne karbitootlikkus on 3 t, kusjuures see toodang tekib ca 2 aastaga. Nende lähteandmete järgi võiks **Eesti karbitoodang olla viie aasta perspektiivis 900 t/a**. Sellele mahule hakatakse arvatavasti otsima täiendavat kommertsiaalset väljundit.

¹³⁰ Raagma, G., 2021. Margus Rebane: karbikasvatus tuleks võrdsustada kalastamisega. Postimees, 12.02.2021

7. Tööjõud

Vetika- ja karbikasvatus pakub töökohti merevesiviljeluses. Merevesiviljeluses on nõudmised töötajale teistsugused kui siseveekogudel. Töötajal peab olema oskus töötada merealustel, sh õigus vastavat alust juhtida. Merevesiviljeluses töötava isiku kutseoskused on kombinatsioon vesiviljeluse ja rannakaluri kutseoskustest. Töötingimuste ja iseloomu poolest sarnaneb pigem rannakaluri oskustega.

OSKA uuring¹³¹ toob vesiviljeluse valdkonnas välja kaks põhikutseala - vesiviljelusettevõtte juht ning vesiviljeleja. Statistikaameti andmetes kajastuvad nii püük, vesiviljelus kui ka töötlemine, kuid OSKA analüüs eraldi kalatöötlemist ei käsitle. OSKA uuringus kajastatud andmed käsitlevad kogu vesiviljeluse kutseala ning ei käsitle eraldi mere- ja siseveekogude vesiviljelust. Uuringu järgi, merega piirnevates regioonides (Kirde-, Lääne- ja Põhja-Eestis) paikneb kokku 46% vesiviljelejatest. Uuringu läbiviimise perioodil tegutses Eestis vaid üks merel vesiviljelusega tegelev ettevõtte, seega kajastab uuring valdavalt siseveekogude vesiviljelust.

21.09.2023 seisuga on Eestis vesiviljeleja põhikutsealal kalakasvataja tase 4 standardile vastavaid kutsetunnistusi väljastatud 54 tükki. Rannakaluri, tase 4 kutsestandard on väljastatud 3816 inimesele¹³² (täiendavalt on tase 3 kutsestandard veel 14 inimesel¹³³). Neljas tase on nõutav Kalapüügiseaduse alusel kaluri kalapüügiloa väljastamiseks. Kaluri kalapüügiluba annab õiguse kalapüügiks kutselise kalapüügi vahendiga merel kuni 20 meetri samasügavusjooneni.

Vesiviljeluses võiks soovitatav õpi- ja karjääritee sisaldada vesiviljeluse baasharidust, näiteks kutseõpe Järvamaa Kutsehariduskeskuses „Kalakasvataja, tase 4“ õppekaval¹³⁴. Sobivad on ka Maaülikooli kalanduse ja rakendusökoloogia õppekavad (nii BA kui ka MA). Hinnatakse vesiviljelejaid, kellel on head kogemused ning kes suudavad tagada toodangu kõrge kvaliteedi ja kasumlikud turustamisvõimalused. Eesti Rannakalurite Liit annab välja rannakaluri, tase 4 kutsestandardit. Rannakalur tegeleb kalapüügi ja kala käitlemisega.

Vesiviljelejate arendamist vajavate oskuste puhul toodi nii 2017. aastal kui ka 2023. aastal välja teadmisi ökoloogiast ja keskkonnakaitsest (sh veekasutus ja veekaitse). Olulisena nimetati veel söötmistehnoloogiate ning kalade ja veeorganismide haiguste ennetamist ning vajalike toimingute kaudu efektiivsuse ja kvaliteedi tagamist. Vesiviljelejate puhul nähti olulisena veel insener-tehnilisi teadmisi, andmeanalüüsi- ja IKT-oskusi nii süsteemide ülesehitamiseks kui ka käigus hoidmiseks. 2023. aastal täiendati loetelu teadmistega valdkondlikest õigusaktidest ja toonitati valdkondlike digioskuste olulisust. Kasvava tähtsusega on ka tootearendust puudutavad oskused (sh kalade ja veeorganismide töötlemine), et suurendada toodangu väärtust¹³⁵. Kõik need oskused on merevesiviljeluses asjakohased.

¹³¹ Krusell, S., Pihl, K., 2022. Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

¹³² Seisuga 21.09.2023. Varem välja antud rannakaluri II kutsetunnistus on võrdsustatud rannakaluri, tase 4 kutsetunnistusega.

¹³³ Kutsereregister, vaadatud 21.09.2023

¹³⁴ Kalakasvataja (tase 4) on oskustöötaja, kelle töö eesmärgiks on vesiviljelusloomade (eelkõige kalad ja vähid) kasvatamine ja nende turustamises osalemine.

¹³⁵ Krusell, S., Pihl, K., 2022. Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

Vesiviljelusettevõtte juhi haridus eeldab põllumajandusharidust. Põllumajandusega seotud õppekavadel saab õppida Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskoolis ning Järvamaa Kutsehariduskeskuses kutsehariduse õppekavadel ning kõrghariduses Eesti Maaülikoolis. Kutsehariduses on vastuvõetute arv püsitud stabiilsena, olles küll mõnekümne vastuvõetu võrra kasvanud. 2021/2022. õppeaastal võeti õppekavadele vastu pisut üle 400 uue õpilase. Õppimas oli samal aastal 650 kutset omandavat õpilast. Põllumajandus-, kalandus- ja vesiviljelusettevõtte juhi puhul on kasvava tähtsusega ja arendamist vajavad teadmised seotud valdkondliku seadusandlusega, keskkonna ja rohepöördega ning samuti oskustega vastavaid muutusi ellu viia ja eest vedada. Üha olulisemaks muutub juhtide puhul oskus töödelda, müüa ja turustada oma toodangut, samuti teadmised biomajandusest ja -innovatsioonist ning ärimudelite innovatsioonist.

Vesiviljeleja põhikutsealal on vähe hõivatuid ning ka vähe võimalusi seda kutset Eestis omandada. Vesiviljeleja põhikutsealale on haridust võimalik omandada Järvamaa Kutsehariduskeskuse kalakasvataja ning Eesti Maaülikooli kalanduse ja rakendusökoloogia õppekaval. Eesti Maaülikoolis on vesiviljelus ja kalandus üks rakendumisvõimalustest ja õppekava sisestest valikutest. 2020/2021. aastal oli lõpetajaid mõlema õppekava kohta kokku alla 20. Murekohaks on samas olnud õpingute katkestamine, näiteks kutsehariduses on viimastel aastatel oma õpingud katkestanud ligi pooled õppima asunutest.

Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudil puudub Tartu Ülikoolis bakalaureuseõppes eraldi õppekava. Magistriõppes viib TÜ Eesti mereinstituut Tartu Ülikoolis loodus- ja täppiseaduste valdkonnas läbi valitud erialaseid õppeaineid: Läänemere ökoloogia (3 EAP), merebioloogia, veekogude ökosüsteemid (4 EAP) ning Ihtüoloogia praktikum (3 EAP)¹³⁶.

Kutsehariduses oli perioodil 2018-2021 keskmiselt 5 selle eriala lõpetajat aastas, bakalaureuseõppes 3 ning magistriõppes 7 lõpetajat. Vesiviljelusettevõtte juhi kohta põhikutsealana eraldi andmeid ei ole. Ülevaade töötajate hariduslikust jaotusest põllumajanduse põhikutsealadel, on joonisel 13.

EHIS (Eesti Hariduse Infosüsteem) ja TÖR (Maksu- ja Tolliameti töötamise register) andmetel oli vesiviljeluse valdkonnas kõrg- ja kutsehariduse õppekava lõpetajatest vaid 15% rakendus tööle samale erialale (11% rakendus põhikutsealale, võrdselt 2% rakendus valdkonda kõrvaltööna ning 2% rakendus valdkonda muudel põhikutsealadel). Põhitööna oli 2021. aastal Eestis vesiviljelejaid 50 inimest.

Statistikaameti 2023 II kvartali andmete järgi oli keskmine palk süvamereel töötava kalalaeva kaptenil 1441 €, kalakasvatuse ja vesiviljeluse oskustöötajal 2706 €, kalakasvatuse lihttöötajal 1033 € (erineb väga oluliselt maakonniti), mujal liigitamata kalapüügi ja vesiviljeluse lihttöölistel 1091 €, vesiviljeluse tootmisjuhil 1810 €. Samal perioodil oli Eesti keskmine kuupalk 1981 €¹³⁷.

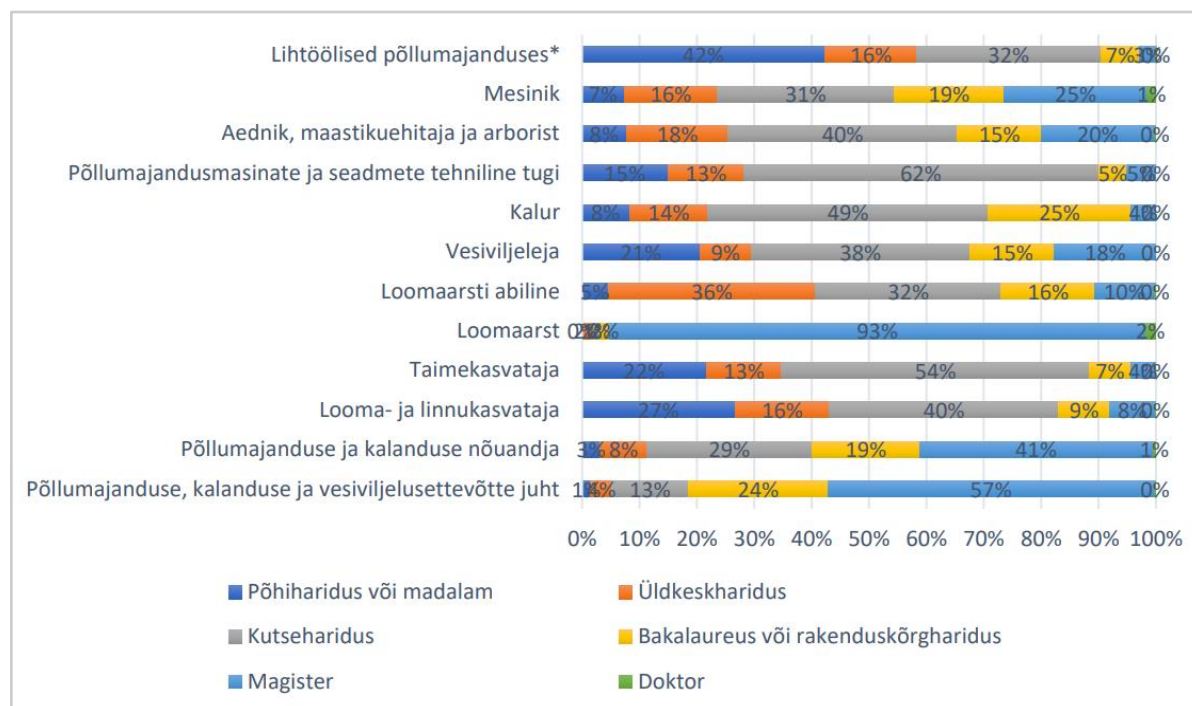
Võrreldes 2020. aastaga, ei töötanud ligikaudu kolmandik vesiviljelejaid enam 2021. aasta samas ametis. Ka vetikate (agariku) kogumisega tegelevad ettevõtjad nendivad, et töötajate leidmine on äärmiselt keeruline, kuna vetikate püüdmine on raske ning märg töö, mis eeldab spetsiifiliste oskustega töölisi. Töö on füüsiliselt nõudlik - 70% vesiviljelejatest on mehed¹³⁸. Vetikate püügimahud on käesoleval ajal niivõrd väikesed, et püük on pigem kõrvaline tegevus, mida tehakse hooajaliselt

¹³⁶ Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi koduleht. Vaadatud 15.09.2023

¹³⁷ Statistikaamet, vaadatud 02.10.2023

¹³⁸ Krusell, S., Pihl, K., 2022. Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

lühikesel perioodil ning pigem hobina. Selleks, et vajalike oskustega töötajaid hoida, tuleb ettevõtjatel leida töötajatele rakendust kogu aasta vältel muudel töödel või siis maksta neile palka, et kindlustada nende valmisolek järgmisel hooajal vetikapüügiga jätkata.



Joonis 13. Põllumajanduse põhikutsealadel töötavate töötajate hariduslik jaotus EHIS, TÖR ja rahvastikuregistri põhjal¹³⁹.

OSKA uuringu järgi on arvuliselt vesiviljelejate tööjõuvajadus küll väiksem koolituspakkumisest, kuid sisulist ülepakkumist pole. Lõpetajaid on vähe ning tööjõuvajadus antud juhul arvuliselt alahinnatud. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt koostatava tööjõuvajaduse prognoosi järgi ei ole aastani 2026 kalapüügi ja vesiviljeluse valdkonnas ette näha olulisi muutusi töötajate arvus. Prognoositakse aastaks 2026 pigem töötajate vähenemist tulenevalt töötajate kõrge keskmise vanusest.

Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukavas aastani 2030 nähakse ette töökohtade ümberjaotus sektori sees, kus püügis väheneb ja vesiviljeluses ja töötlemises veidi suureneb töökohtade arv. **Oluline on kalurite jt merekasutajate kaasamine vesiviljelusrajatiste hooldustöösse, et leevendada merekasutusega seotud hõive sesoonsust.** PõKa 2030 üheks eesmärgiks on ka toota targemaid tooteid ning töökohtade ümberjaotumine arvestab ka merevesiviljeluse arenguga sh eesmärgiga suurendada vesiviljeluse toodangu mahtu praeguselt 1000 tonnilt 10 000 tonnile aastas merevesiviljeluse arvelt ning sealt lähtuva täiendava töötlemise vajadusega.

¹³⁹ Krusell, S., Pihl, K., 2022. Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

8. Finantsplaneerimine

8.1. Vetikasektor

Vetikasektori finantsplaneerimises lähtuti skeemist, et mere kalakasvatuse ettevõtte või läbi riigidotatsiooni finantseeritakse täiendavat punavetika püüki, mis motiveeriks püügimäära suurendama.

Toiteelementide eemaldamise kulu arvutati valemist

$$K_T = K_B \times c_T,$$

milles K_T on toiteelemendi eemaldamise kulu, K_B on punavetika biomassi eemaldamise kulu ja c_T on toiteelemendi massisuhe punavetika biomassis. Punavetika puhul leiti, et $K_B = 150 \text{ €/t}^{140}$, lämmastiku puhul $c_{T(N)} = 0,20\%$ ja fosfori puhul $c_{T(P)} = 0,02\%$. Seega, N eemaldamise kuluks saadi $K_{T(N)} = 75\,000 \text{ €/t}$ ja P eemaldamise kuluks $K_{T(P)} = 750\,000 \text{ €/t}$. Siin tuleb arvestada, et kahe erineva toiteelemendi eemaldamise kulud ei summeeru. Kui teha kulud ühe toiteelemendi eemaldamisele, siis teine tuleb tasuta kaasa.

Kalakasvatusest tuleva toitainete heite täieliku kompenseerimisega kaasnev maksumus arvutati valemist:

$$M_T = H_T \times K_T,$$

kus M_T on toiteelemendi saaste täieliku kompenseerimise maksumus (€/t kala kohta) ning H_T on kalakasvatusest tekkiva toiteelemendi heite massisuhe toodetava kala biomassi. Kotta et al (2022) järgi $H_{T(N)} = 2,8\%$ ja $H_{T(P)} = 0,01\%^{141}$. Nende lähteandmete järgi leiti, et N heite täieliku kompenseerimise kulu on 2130 € ja P heite täieliku kompenseerimise kulu 75 € ühe tonni toodetava kala kohta. See tähendab, et lämmastiku heite täielikuks kompenseerimiseks kuluks 2130€/t ja fosfori heide saab seejuures samuti täielikult kompenseeritud. Arvestades, et see summa lisandub kala esmakokkuostuhinnal, kallineb vikerforell 2,13 €/kg võrra.

Kulud ja investeeringud

Vetikaviljeluse sektoris koostatud detailne äriplaan on esitatud töö lisana eraldi failis.

Toote/teenuse hind

Vetikaviljeluse sektoris koostatud detailne äriplaan on esitatud töö lisana eraldi failis.

¹⁴⁰ Ilmjärv, T. 2023. Kirjalik teade

¹⁴¹ Kotta, J., Stechele, B., Kaasik, A., Aps, R., Orav-Kotta, H. 2022. Tööstusliku kalapüügi ja kalakasvatusega seotud toitainete voogude modelleerimine Läänemeres ning saadud mudeli valideerimine Tagalahe kalakasvatuse näitel. Tartu Ülikool.

8.2. Karbikasvatus

Lähtudes Tagalahe kogemusest ning selle põhjal läbi viidud toitainete ringest eemaldamise ja rahalistest arvutustest¹⁴², karpide tootmiskulu (omahind) võiks olla 132 €/t värske saagi märgkaalu kohta. Aruandes on näidatud, et toitainete veesambast eemaldamisel karbikasvatuse kaudu mängib karbisaagi koristus vaid osalist rolli ja et enamus sellisest ringest kõrvaldamise protsessist toimub karpide ainevahetuse käigus. Seega jõutakse järelduseni, et karbikasvatus eemaldab toitaineid veesambast massisuhtes saagisse 2,4% N ja 0,3% P. Võttes arvesse seksioonis 8.1 näidatud võrrandit

$$K_T = K_B \times c_T,$$

milles K_T on toiteelemendi eemaldamise kulu, K_B on karpide biomassi eemaldamise kulu ja c_T on toiteelemendi massisuhe karpide biomassis, saame, et karbifarmi puhul $K_B = 132 \text{ €/t}$ ¹⁴³, lämmastiku puhul $c_{T(N)} = 2,4\%$ ja fosfori puhul $c_{T(P)} = 0,3\%$. Seega, N eemaldamise kuluks saadi $K_{T(N)} = 11\,944 \text{ €/t}$ ja P eemaldamise kuluks $K_{T(P)} = 95\,556 \text{ €/t}$. Siin tuleb arvestada, et kahe erineva toiteelemendi eemaldamise kulud ei summeeru. Kui teha kulud ühe toiteelemendi eemaldamisele, siis teine tuleb tasuta kaasa.

Kalakasvatusest tuleva toitainete heite täieliku kompenseerimisega kaasnev maksumus arvutati valemist:

$$M_T = H_T \times K_T,$$

kus M_T on toiteelemendi saaste täieliku kompenseerimise maksumus (€/t kala kohta) ning H_T on kalakasvatusest tekkiva toiteelemendi heite massisuhe toodetava kala biomassi. Kotta et al (2022) mudeli järgi $H_{T(N)} = 2,8\%$ ja $H_{T(P)} = 0,01\%$ ¹⁴⁴. Nende lähteandmete järgi leiti, et N heite täieliku kompenseerimise kulu on 339 € ja P heite täieliku kompenseerimise kulu 10 € ühe tonni toodetava kala kohta. See tähendab, et lämmastiku heite täielikuks kompenseerimiseks kuluks 339 €/t ja fosfori heide saab seejuures samuti täielikult kompenseeritud. Arvestades, et see summa lisandub kala esmakokkuostuhinnale, kallineb vikerforell 0,34 €/kg võrra.

Kulud ja investeeringud

Karbikasvatuse sektoris koostatud detailne äriplaan on esitatud töö lisana eraldi failis.

Toote/teenuse hind

Karbikasvatuse sektoris koostatud detailne äriplaan on esitatud töö lisana eraldi failis.

¹⁴² Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissoff, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

¹⁴³ Ilmjärv, T. 2023. Kirjalik teade

¹⁴⁴ Kotta, J., Stechele, B., Kaasik, A., Aps, R., Orav-Kotta, H. 2022. Tööstusliku kalapüügi ja kalakasvatusega seotud toitainete voogude modelleerimine Läänemeres ning saadud mudeli valideerimine Tagalahe kalakasvatuse näitel. Tartu Ülikool.

8.3. Rahastamise allikad

Vetika- ja karbikasvatuses äriplaani rahastamisel lisaks omakapitalile on kolm peamist rahastamisallikat:

- 1) ärialaenud;
- 2) investeeringutoetused;
- 3) sektorile suunatud finantsinstrumendid (laenud, käendused).

Ärialaenud

Investeeringulaenu puhul on üldjuhul tegemist pikaajalise laenuga, mis on mõeldud ettevõtte arendamiseks (näiteks mahukamate projektide elluviimiseks), põhivara soetamiseks, ettevõtte tegevuse laiendamiseks või uute tootmisprotsesside juurutamiseks.

Investeeringulaenude puhul on nõutav tagatis, milleks võib olla näiteks KredEx või MES käendus, kommertsipant põhivarale või muule vallasvarale, deposiit, eraisiku või juriidilise isiku käendus või hüpoteegi seadmine kinnisasjale (nt hoonestatud kinnistu, korteriomand, hoonestusõigus). KredEx'i ja MES'i käenduste kasutamisel tuleb arvestada, et nendega kaasneb täiendab kulu – käendussumma pealt perioodilised intressimaksed.

Ärialaenude panga intresside marginaalid algavad 3%-st, millele lisandub EURIBOR (4.085% 13.11.2023 seisuga). Arvestama peab, et pankade jaoks on tihti vähetuntud valdkonna ärid suurema riskiga. Kõrgema riskiga äride puhul on pangapoolsed intressid kõrgemad. Täna oludes tuleks laenuintressiks arvestada minimaalselt 8% (sh EURIBOR).

Investeeringutoetused ja sektorile suunatud finantsinstrumendid

Eestis on koostatud riiklik rakenduskava, mille eesmärk on rakendada Euroopa Merendus-, Kalandus- ja Vesiviljelusfondi 2021–2027 (EMKVF) raames meetmeid ja tegevusi, mis toetavad Eesti kalandus- ja vesiviljelussektori peamiste eesmärkide saavutamist. EMKVF 2021-2027 alusmääruse (Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EL) 2021/1139¹⁴⁵) kohaselt kuuluvad vesiviljelusega seonduvad meetmed prioriteeti 2, mis soodustavad säästvat vesiviljelustegevust ning kalapüügi- ja vesiviljelustoodete töötlemist ja turustamise edendamist, aidates parandada toiduga kindlustatust Euroopa Liidus.

Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EL) 2021/1139 artikkel 27 sätestab, et seoses vesiviljelustegevuse edendamisega, peab EMKVF-ist antav toetus olema kooskõlas määruse (EL) nr 1380/2013 artikli 34 lõikes 2 osutatud vesiviljeluse arendamist käsitlevate mitmeaastaste riiklike strateegiakavadega. Eesti vesiviljeluse mitmeaastane riiklik tegevuskava 2030¹⁴⁶ kinnitati 12. juulil 2022.

¹⁴⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1139>

¹⁴⁶ Eesti vesiviljeluse mitmeaastane riiklik tegevuskava 2030. Kättesaadav: <https://www.agri.ee/euroopa-merendus-kalandus-ja-vesiviljelusfond-2021-2027>

Vesiviljeluse valdkonnale on EMKVF 2021-2027 rahalisi vahendeid planeeritud kokku üle 14,2 miljoni euro, mida rahastatakse 70% ulatuses EMKVF-ist ning 30% ulatuses Eesti Vabariigi riigieelarvest, mis jagunevad Regionaal- ja Põllumajandusministeeriumilt saadud info alusel¹⁴⁷ järgmiselt:

- Vesiviljelusettevõtte **innovatsioonitoetus** 280 000 eurot (ettevõtjad koostöös teadlastega);
- Vesiviljeluse **uuringutoetused** 1 565 000 eurot (teadusasutused);
- Vesiviljeluse **teadmussiirdetoetus** 1 415 000 eurot (toetuse taotlejaks on teadusasutus ning kasusaajaks on ettevõtjad ja laiem avalikkus);
- Vesiviljeluse **investeeringutoetus** ettevõtjatele kokku 9 000 000 eurot, mille eelarve jaguneb:
 - 1) ettevõtete ressursitõhusus soodustamine 3 400 000 eurot (keskkonnameetmed);
 - 2) ettevõtete uute tootmisvõimsuste arendamine 5 600 000 eurot.
- **Rahastamisvahendid**, mille abil **leevendada** ettevõtjatele finantssektoris olevaid **turutõrkeid** 2 000 000 eurot. **Tegemist on tagastatava abiga.**

Toetuste jagamisel on peamine rakendusasutus Põllumajanduse ja Registrite Amet (PRIA).

8.4. Eelarendatud hoonestusalad

Vastupidiselt levinud arvamusele, mille kohaselt karbi- ja vetikakasvatus on keskkonnahoidlik tegevus, millega alustamiseks ei ole vajalik keskkonnamõju hindamise ja keskkonnauuringute teostamine, on praktikas see oluliseks takistuseks valdkonda sisenemisel. Ka asjaolu, et hetkel on karbi- ja vetikakasvanduste hoonestusloa taotlused tehtud Hiiu maakonna merealade planeeringuga¹⁴⁸ määratud vesiviljeluse aladel, ei anna ettevõtjatele kindlust, et nendes asukohtades tegelikult soovitud tegevus võimalik on. Nii näiteks on käesoleva uuringu ajal menetluses oleva Hiiumere Farm OÜ hoonestusloa (Tahkuna poolsaarest idasuunal asuva vesiviljelusala PV 1) taotluse menetlusse kaasatud riigiametid nimetanud erinevate uuringute (sh kalastik, merepõhja setted, põhjaelustik, allveearheoloogia, veeliiklus, Natura elupaigatüübid, linnustik) läbiviimise vajadust, mille kogumaksumus on arendaja hinnangul vähemalt 150 000 eurot¹⁴⁹. Uuringute läbiviimisel võib ka selguda, et kasvandust rajada ei saagi. Eesti merealade planeeringus¹⁵⁰ vesiviljelusalasid määratud ei ole, on vaid määratud välistavad alad, mis veelgi kasvatab ettevõtja riski sobiva hoonestusala valikul.

Hoonestuslubade saamisega seotud riske maandaks riigi poolt eelarendamise faasis vajalike uuringute ja vajadusel keskkonnamõju hindamise läbiviimine, pannes seejärel alad enampakkumisele. See on ideena välja pakutud ka Eesti vesiviljeluse mitmeaastases riiklikus tegevuskavas 2030. Sellise skeemi näitena võib tuua käesoleva uuringu koostamise ajal käimasoleva Elwindi projekti¹⁵¹, kus riigi rahastuse ja Euroopa kaasfinantseeringu toel on kavas läbi viia kõik meretuulepargi ala eelarendamise faasi uuringud ja keskkonnamõju hindamine. Oksjonile pannakse ala, mille puhul on arendajal kindlus, et meretuuleparki saab sinna rajada.

¹⁴⁷ Uue perioodi meetmelehed on veel kinnitamata, seega võivad mõnevõrra muutuda veel toetuste summad. Toetuste andmise täpsed tingimused ei ole teada.

¹⁴⁸ Hiiu maakonna merealade planeering, Hiiu Maavalitsus, 2016.

<https://maakonnaplaneering.ee/maakonna-planeeringud/hiiumaa/hiiu-mereala-maakonnaplaneering/>

¹⁴⁹ Intervjuu Georg Linkoviga 13.09.2023

¹⁵⁰ Eesti mereala planeering, 2021.

<https://www.agri.ee/regionaalareng-planeeringud/ruumiline-planeerimine/mereala-planeering>

¹⁵¹ <https://elwindoffshore.eu/>

8.5. Kokkuvõte ja järeldused äriplaanist

Äriplaani koostamisel võeti sisenditena arvesse varasemate uuringute tulemustel kogutud andmeid, käesoleva töö raames kogutud andmeid ja sisenditele, mille puhul teadaolevalt turul välja kujunenud hind puudus, leiti väärtused arvutuslikult.

Kulude osas oli võimalik paljuski toetuda varasemale rakendusuuringle¹⁵². Varasemas uuringus kasutatud andmeid korrigeeriti rannakarbi kasvataja informatsiooniga (Redstorm OÜ). Rannakarpide külmutamise kulu maksumuse arvutamisel võeti arvesse turul vastavat teenust pakkuva ettevõtte hinnakiri. Ettevalmistavate kulude (uurimised, mõju hindamised, hoonestusloa taotlused jne) lähtuti valdkonna ettevõtjate informatsioonist, kes on vastavaid pakkumisi võtnud. Andmeid korrigeeriti tüüpfarmi suurusele lähtuvalt.

Toodangu müügitulude prognoosimiseks küsiti indikatiivset informatsiooni biogaasi ja bioväetiste tootjatelt. Kuna biogaasi ja bioväetiste tootmine on toormele madalat lisandväärtust loovad sektorid, siis on toorme puhul väga oluline lühike veokaugus. Arvestasime äriplaanis vastavate tehaste hüpoteetilise kaugusega võimalikest vetikate ja rannakarpide lossimiskohtadest. Tegelikkuses ei pruugi veokaugused nii lühikesed olla.

Eestis täna rannakarpi kokku ei osteta ega tööstuslikult ei töödelda, seega kasvatatud rannakarbil reaalne turuhind puudub. Võimaliku turuhinna määramiseks kasutasime analoogiate meetodit. Rannakarpide toodetavad valgu ja rasva komponendid peavad turul konkureerima analoogsete toodetega, mis on saadud kalast. Seega, kui lähtuda eeldusest, et rannakarbist komponentide tootmine ei ole kallim, kui kalast, siis saab rannakarpides sisalduva kuivaine eest maksta arvutuslikult sama vääringus, kui värske kala kuivaine eest. Tabelis 4 on toodud arvutuskäik värske rannakarbi hinna määramiseks analoogia meetodil. Pigem on selline hinna määramine optimistlik, kuna karpide töötlemine on tehnoloogiliselt keerulisem kui kalal, rannakarbid sisaldavad kümme korda vähem kuivainet ning samuti on eeldatavad mahud väiksemad, mis reeglina tõstavad tootmiskulusid. Seega, kui tööstuslikus mahus peaks Eestis rannakarpide töötlemine käivituma, tuleb lõpptoodetel konkureerida analoogsete kalast põhinevate toodetega. Tänapäevaste teadmiste põhjal rannakarbid tööstuses kalast saadud komponentidega konkureerida ei suuda.

Tabel 4. Värske rannakarbi ostuhinna kujunemine analoogse toorme põhisealt (Adler, 2021 ja Toomas Kevvai, suuline info).

Näitaja	Kala (räim, kilu)	Rannakarbid (sept/okt)
Kuivaine (sh õli) osakaal märgkaalust (%)	25	15
Kuivaine (sh õli) osakaal märgkaalust (%), väljaarvatud kojad	25	2.45
Kokkuostuhind kalakomponentide tehases kuivainele (sh õli) (€/t), arvutuslik	1200	1200
Kokkuostuhind kalakomponentide tehases märgkaalus (€/t)	300	29.4

¹⁵² Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissov, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut.

Vetikate tootmiskulude arvestamisel peab lähtuma sellest, et vetikate kasvatuses saadud toore konkureerib tooraineturul püütud vetikatega. Eestis on viimastel aastatel punavetikate püügikvoot jäänud realiseerimata, kuna turunõudlus ja -hind ei kata püüdjate kulusid. Vetikate püük ei ole tänastes oludes äriselt tasuv. Seega, vetikate äriplaanis on kasvatamise kuludes arvestatud hinnaga, millega kvoodiomanikud oleksid valmis oma kvoodi välja püüdma (150 EUR/t, märgkaalus). Vetikate kasvatamise omahind peab olema samaväärne või madalam, et püütud vetikatega konkureerida. Tänapäevaste teadmiste põhjal¹⁵³ ei ole võimalik vetikaid kasvatada odavamalt, kui neid looduslikult asurkonnast püüda.

Kolm äriplaani, mis käesoleva töö raames koostati on kahjumlikud ja äriselt jätkusuutmatud. Ükski koostatud äriplaanidest ei prognoosi majandustegevusest positiivset rahavoogu. Samuti ei võimalda rahavoog tasuda investeeringuteks võetud laenumakseid. Kusjuures, kõigile püügitaristu investeeringutele on arvestatud 40% toetusega.

Äriselt on suur probleem ka kogu sektori potentsiaalne äiline maht. Lähtudes hüpoteetilistest eeldustest, et tõrkeid ja tagasilööke rannakarbi kasvatuses ei tule, töötlemise omahind on sarnane kalaga, toodangu eest on tarbija valmis maksma 10% hinnaboonust (keskkonna jalajälg väiksem), siis suudab üks rannakarbifarm luua kuni 5000 EUR müügitulu/aastas (Tabel 5). Tänapäevases ärikeskkonnas, et ole see rahaliselt piisav maht, et ettevõtjad uude ja tundmatusse sektorisse üldse siseneda sooviksid. Kui farme rohkem rajada, siis kogu äiline maht küll kasvab, arvestades kogu tootmise ja töötlemise keerukust ja võimalikke riske, on see siiski väga väike. Lisaks on kogu tegevus sügavalt kahjumlik.

Tabel 5. Rannakarbi kasvatamise sektori ärilised mahud (arvutuslik).

Stsenaarium	Rannakarpide toodang (t)	Kuivaine (valgud ja rasv) sisaldus (%)	Rannakarpide kuivaine toodang kokku (t)	Analoogsete toodete lõpphind (€/t)	Toodangu maksimaalne väärtus (€)
Stsenaarium 1: Olemasolev Redstorm farm	100	2.5	2.5	2000	5000
Stsenaarium 2: Hoonestusloa taotlused (600t+300t)	900	2.5	22.5	2000	45000
Stsenaarium 3: 60 karbifarmi (60x100t).	6000	2.5	150	2000	300000
Stsenaarium 4: 600 karbifarmi (600x100t).	61200	2.5	1500	2000	3000000

Seega, võib tänapäevaste teadmiste põhjal väita, et nii rannakarbi kui vetikate kasvatamine on äriselt kahjumlik ja potentsiaalselt väikese mahuline äri. Seda kinnitab ka Rootsi näide, kus vastavat valdkonda on pikalt uuritud ja toetatud, kuid meie laiuskraadil kasvavate rannakarpide töötlemist ei ole tööstuslikus mahus suudetud käivitada.

¹⁵³ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

Äri muutuks kasumlikuks, kui rannakarbi ja vetikakasvatuse tegevusega kaasneks jooksva toetuse/dotatsiooni maksmine toodangu pealt.

9. Riskianalüüs

9.1. Üldine riskianalüüs

Ülevaade peamistest riskidest ja nende olulisusest vetika- ja karbiviljelusärile on tabelis 6.

Tabel 6. Vetika- ja karbiviljelusäri riskianalüüs

Tegevuse etapp	Riski kirjeldus	Tõenäosus	Olulisus	Meetmed
Ettevalmistav tegevus	Tegevuslubade saamise protsess kujuneb liialt pikaks ja kulukaks.	Suur	Mõõdukas	1.Koostada kvaliteetne dokumentatsioon. 2.Kaasata erialaspetsialistid dokumentatsiooni koostamisse. 3.Eelarve planeerimisel kavandada vahendeid etapi tegevusteks.
	Tegevusluba ei väljastata.	Väike	Oluline	Eeluuringute faasis tuleb tegevuseks sobiv ala leida, et loa taotlemisel risk ei realiseeruks.
Tootmistegevus	Saagi hävimine lindude ja kalade rüüste tulemusel.	Keskmine	Mõõdukas	1.Linnupeletite kasutamine. 2.Koostöös kaluritega taristu ümbruses intensiivsem kalapüük. 3.Rüüste regulaarne seire ja kohene reageerimine.
	Saagi kvaliteet ja saagikus on ajas ebaühtlane.	Väike	Vähe-oluline	Külmutusvõimsuse loomisel on võimalik toorme voogusid ühtlustada.
	Saagikus on oodatust väiksem.	Keskmine	Mõõdukas	1.Asukoha valikul lähtuda teadusuuringutest sobivate asukohtade osas. 2.Püügitaristu valikul ja paigaldamisel kasutada parimat võimalikku tehnikat.
	Saagi ja/või taristu hävimine tormide tulemusel.	Suur	Oluline	1.Asukoha valimisel teha eelnevalt hüdrodünaamilised uuringud. 2.Paigaldamisel jälgida valdavate tuulte suunda.

Tegevuse etapp	Riski kirjeldus	Tõenäosus	Olulisus	Meetmed
				3.Taristu kinnitamisel kasutada võimalikult tugevaid lahendusi. 4.Teha taristule pidevat hooldust ja kontrollida kinnituste kvaliteeti.
	Taristu hävimine/kahjustumine merejää tõttu.	Väike	Oluline	Taristu paigaldamine jäätumispinnast sügavamale.
	Ettevõtte ei leia kvalifitseeritud tööjõudu.	Väike	Mõõdukas	Laiema kontaktide võrgustiku loomine potentsiaalse töötajaskonna hulgas (nt rannakalurid).
Turustustegevus	Kavandatud koostööpartnerid loobuvad toodangu ostmisest.	Väike	Oluline	1.Konkurentsivõimeline hind. 2.Tootmismahdade ja stabiilsuse tagamine. 3.Ühistuline tootmine, et minimeerida turustaja riske.

9.2. Kliimamuutuste mõjud vetika- ja karbiviljelusele

Üldine kontekst

Alates tööstusrevolutsioonist on kasvuhoonegaase (CO₂ jt) paiskav inimtegevus kliimat üha enam mõjutanud. Kliimamuutused on hakanud mõjutama keskkonnaparameetreid, kusjuures need tendentsid süvenevad: merevee temperatuuri tõus, veetaseme tõus, hapestumine, sademete ja seega ka soolsuse muutused ning toitainete kontsentratsioon ja kvaliteet^{154, 155}. Merre rajatavad vesiviljeluse farmid ja punavetika püük sõltuvad otseselt kliimamuutusega seotud merekeskkonna muutustest. Osad nendest muutustest ja tendidest on tänaseks üpris ilmsed ja hästi prognoositud. Nende seas on vee temperatuuri tõus, tormide sagenemine ja tugevnemine, sademete hulga kasv, merevee taseme tõus, jääkatte vähenemine, süsihappegaasi sisalduse tõus. Nende esmaste kliimatrendide põhjal on võimalik prognoosida paljusid sekundaarseid muutusi nagu hapniku lahustuvuse vähenemine, sinivetikate probleemi süvenemine, primaarproduktiooni tõus, merevee hapestumine jt. Paljude nende kriteeriumide vastasmõjude tulemusena toimuvad muutused toiduahelates ja aineringetes. Ühed liigid või terved eluvormid satuvad soodsamasse, teised ebasoodsamasse seisusse. Paljud nendest muutustest on tänapäeval üpris prognoosimatud. Näiteks pole teada, millises suunas kliimamuutused mõjutavad söödava rannakarbi kisklust merelindude ja kalade poolt, aga ka parasitismi ja teisi

¹⁵⁴ Philippart CJ, Anadón R, Danovaro R, Dippner JW, Drinkwater KF, Hawkins SJ et al. (2011) Impacts of climate change on European marine ecosystems: observations, expectations and indicators. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 400: 52–69.

¹⁵⁵ HELCOM/Baltic Earth, 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180.

ökoloogilisi seoseid. Alljärgnevalt on diskuteeritud mõningaid kliimamuutusega kaasnevaid asjakohaseid muutusi karbi- ja vetikasektorite jaoks, mida on suudetud teaduslikult näidata.

Mõju karbindusele

Karpide kasvatamisele avaldab negatiivset mõju nii soojem vesi kui ka madalam merevee soolsus. Madalam soolsus piirab rannakarpide kasvu ning sunnib üle minema magevees kohastunud liikide (näiteks rändkarp *Dreissena polymorpha* - see on küll võõrliik ja seetõttu praegusel ajal ebasoovitav) kasvatamisele. Merede hapestumine vähendab Euroopa karbikasvatuse tootlikkust aastaks 2100 hinnanguliselt 1 MRD \$ aastas¹⁵⁶. Sagenevad ohtlikud vetikaõitsengud võivad viia karbikasvatuse saagikoristuse pikematele ja sagedasemate pausidele¹⁵⁷. Tuleb arvestada, et Vahemeres on ohtliku vetikaõitsengu ajal karbimüük keelatud ja sama probleem esineb ka Läänemeres. Üheks kliimamuutuse tagajärjeks võib olla kõrgem karbivastsete suremus.

Kliimamuutustega seoses on oodata tormide sagenemist ja ägenemist. Äärmuslikud ilmastikunähtused võivad tekitada nii saagile kui ka püügivahendeile ja -taristule füüsilisi kahjustusi. Kui torm ajab kasvanduskarbid madalasse vette, võivad need seejärel sattuda kiskluse ohvriks. Torm võib põhjustada äkilist soolsuse langust veesambas, lämbumist põhjustavate anoksiliste setete üleskeerutamist jm^{158 159}. Ebasoodsatele ilmastikuoludele on rohkem eksponeeritud need farmid, mis paiknevad kaugel avamerel.

Kliimamuutusega võib kaasneda mitmeid teisi olulisi ökoloogilisi muutusi, mis praegusel ajal on ebaselged. Näiteks on ilmnenud Läänemeres pikaajalised soolsuse muutuse trendid¹⁶⁰. Eesti vete soolsus on siiski püsinud üpris stabiilsena.

Mõju vetikasektorile

Kliima soojenemine võib farmis peetavate vetikate kasvutingimusi parendada, pikendades nende vegetatsiooniperioodi ja suurendades kasvukiirust. Atmosfääris tõusev CO₂ kontsentratsioon on tasakaalus vees lahustunud süsinikuga, mis parandab taimede süsiniku kättesaadavust ja fotosünteesi, kuid samal ajal toimub veekeskkonna hapestumine¹⁶¹. Agarik *Furcellaria lumbricalis* võib tänu tõusvale CO₂ sisaldusele kiiremini kasvada. Samas, temaga konkureeriv teine punavetikas *Coccotylus truncatus*

¹⁵⁶ Narita, D., Rehdanz, K., 2017. Economic impact of ocean acidification on shellfish production in Europe. *Journal of Environmental Planning and Management* 60: 500–518.

¹⁵⁷ Avdelas, L., Avdic-Mravljic, E., Borges Marques, A.C., Cano, S., Capelle, J.J., Carvalho, N., Cozzolino, M., Dennis, J., Ellis, T., Fernández Polanco, J.M., Guillen, J., Lasner, T., Le Bihan, V., Llorente, I., Mol, A., Nicheva, S., Nielsen, R., van Oostenbrugge, H., Villasante, S., Visnic, S., Zhelev, K. and Asche, F. (2021), The decline of mussel aquaculture in the European Union: causes, economic impacts and opportunities. *Rev. Aquacult.*, 13: 91-118.

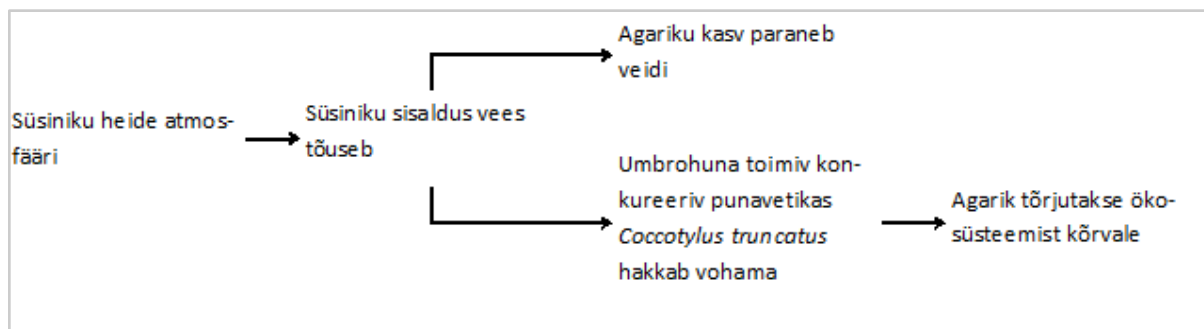
¹⁵⁸ Kotta, J. et al. 2020. Cleaning up seas using blue growth initiatives: Mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea. *Sci. Total Environ.* 709, 136144, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136144>

¹⁵⁹ Visch, W. et al. 2020. Spatial differences in growth rate and nutrient mitigation of two co-cultivated, extractive species: The blue mussel (*Mytilus edulis*) and the kelp (*Saccharina latissima*). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 246, 107019, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107019>.

¹⁶⁰ Lehmann, A., Myrberg, K., Post, P., Chubarenko, I., Dailidienė, I., Hinrichsen, H.-H., Hüseyin, K., Liblik, T., Meier, H. E. M., Lips, U., and Bukanova, T. 2022. Salinity dynamics of the Baltic Sea, *Earth Syst. Dynam.*, 13, 373–392.

¹⁶¹ Albert, G. 2023. Carbon use strategies of macrophyte communities in the northeastern Baltic Sea: implications for a high CO₂ environment. *Dissertationes Biologicae Universitatis Tartuensis*. 423. University of Tartu Press.

sõltub vee CO₂ sisaldusest palju rohkem¹⁶². See tähendab, et nende kahe liigi konkurentsikliimamuutus võib agariku hoopis kõrvale tõrjuda (joonis 14). Agariku saagikus ja saagi kvaliteet võivad kliimamuutuse tagajärjel seega langeda¹⁶³. Seega, kui ei leidu efektiivset umbrohutõrje meetodit, võivad agarikufarmid kliimamuutuste tõttu kiratsema jääda.



Joonis 14. Inimtekkeline süsiniku heide atmosfääri võib tuua kaasa makrovetikate parema kasvu, kuid agarik võidakse looduslikust ökosüsteemist kõrvale tõrjuda.

Väga keeruline on hinnata, kas kliimamuutused lõppkokkuvõttes pärsivad või soodustavad tulevikus agarikumajandust. Teadmised Läänemeres avalduvate kliimamuutuste mõjudest makrovetikate kooslustele on lünklikud ja seega on kliimamuutuste mõju seotud suure määramatusega¹⁶⁴. Praeguste teadmiste juures tuleb kliimamuutustega arvestada ja nendega kohaneda.

¹⁶² Pajusalu, L., Albert, G., Fachon, E. et al. Ocean acidification may threaten a unique seaweed community and associated industry in the Baltic Sea. J Appl Phycol 32, 2469–2478 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01935-1>.

¹⁶³ Pajusalu, L., Albert, G., Fachon, E. et al., 2023. Species-specific responses of macrophyte production to the increasing CO₂ environment with potential ecosystem implications involved in the Baltic Sea. J Appl Phycol. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03047-3>

¹⁶⁴ HELCOM/Baltic Earth, 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180.

10. Keskkonnamõjud

Karbi- ja vetikasektoril on potentsiaal eemaldada merest toitaineid, parendades nõnda veekvaliteeti. Lisaks on makrovetikate kasvatamise tulemuseks süsiniku eemaldamine ringest¹⁶⁵. Vetikatest ja karpidest toodetud väetised ja kütused võiksid vähendada fossiilkütuste kasutamist vastava toormena.

Rannakarpide tekitatud paranenud valgustingimused võivad omakorda soodustada põhjavetikate kasvu ja suurendada rannikualade üldist liigirikkust. Väikse- ja keskmisemastaapsetel karbifarmidel puuduvad samas olulised negatiivsed keskkonnamõjud, kui hoidutakse kaitsealadest ja muudest tundlikest aladest ning kui karbifarmid rajatakse kuni mõne hektar suurused ning paigutatakse merel hajusalt. Soovitus on, et vältitaks väikese veevahetusega merealasid (nt kinniseid lahesoppe) või ka madalaid kaldaäärseid alasid ning vooluveekogude suudmealasid. Sel moel on võimalik vältida negatiivsete mõjude avaldumist merepõhja elupaikadele¹⁶⁶.

Karpide intensiivkasvatusel võib olla ka kohalik negatiivne mõju keskkonnale, kuna veesambas toimub toitainete uuesti lahustumine ja bioloogilise aine (nt väljaheited) settimine¹⁶⁷. Põhjasetete orgaanilise ainega rikastamine võib põhjustada hüpoksilisi tingimusi ja toitainete vabanemist setetest. Üalloodud riskid on esialgu siiski teoreetilised ning katsefarmide vaatlusandmete järgi võiksid need realiseeruda vaid halva planeerimise tulemusena. Oluline on hea asukohavalik ning liigse tootmisintensiivsuse vältimine.

¹⁶⁵ Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

¹⁶⁶ Maaeluministerium (koost.), 2021-2022. Euroopa Merendus-, Kalandus- ja Vesiviljelusfondi 2021–2027 rakenduskava keskkonnamõju strateegiline hindamine.

¹⁶⁷ Ek Henning, H. 2017. Existing data on environmental impacts related to mussel farming in the Baltic Sea. County Administrative Board of Östergötland.

Kokkuvõte

Käesoleva töö raames töötati läbi asjakohased teadusuuringud ning analüüsi vetika- ja karbikasvatuse praktikaid mujal Läänemere tingimustega võrreldavates oludes. Töö käigus viidi läbi intervjuud Eesti vesiviljelusvaldkonnas tegutsevate arendajatega ning peamiste teadus- ja arendusasutuste esindajatega. Eestis rakendatavate ärimudelite välja töötamiseks ning realistlike karbi- ja vetikamassi vääristamisvõimaluste hindamiseks intervjueriti potentsiaalseid ettevõtjaid, kes võiksid karbi- ja vetikamassi oma tootmises rakendada.

Intervjuudest selgusid ka peamised takistused, mis on seni takistanud vetika- või karbikasvatuste arendamisega tegeleda:

- 1) Hoonestusload - praktikud leidsid, et karbi- ja vetikakasvatustarajatised merel ei peaks olema hoonestusloa kohustuslikud, kuna sisuliselt on tegemist meres hõljuvate rajatistega, mis on ankurdatud merepõhja. Probleemiks on hoonestuslubade taotlemise väga aeganõudev ja kulukas protsess - nõutakse erinevaid uuringuid ja analüüse, menetlus kestab kaua. Ettevõtja jaoks on see oluline äririsk ja kulu, kuna hoonestusloa saamine ei ole kindel. Karbi- ja vetikakasvatus on Eestis niivõrd uus valdkond, et sisuliselt arendatakse *StartUp*-e, kus tegevused peavad toimuma kiiresti.
- 2) Karpide väärindamise lahendusi on küll uuritud, kuid ettevõtja seisukohalt ei ole saanud sektor edasi areneda, kuna tööstuslikus mahus kasvatatud karpe seni ei ole (reaalsete kasvandusteni ei ole jõutud, mille üheks põhjuseks on just pikk lubade menetluse protsess).

Potentsiaalsete vetika- ja karbikasvatuse arendajate jaoks võiks hoonestuslubade saamisega seotud riske leevendada riigipoolne eelarendamise faasis vajalike uuringute ja vajadusel keskkonnamõju hindamise läbiviimine (sarnaselt käimasoleva Elwindi projektile¹⁶⁸), mis on välja pakutud ka Eesti vesiviljeluse mitmeaastases riiklikus tegevuskavas 2030. See annaks arendajale kindluse arendamise võimalikkuse osas hoonestusloaga kaetud merealal.

Käesoleva töö raames koostati kolm äriplaani lähiperspektiivis rakendamiseks (töös käsitletud kui I tasand). Meie analüüsi järgi on tänaste teadmiste alusel tööstuslikus mahus võimalik karbimassist kompostväetise tootmine või karbimassist komponentide (karbijahu ja -õli) tootmine. Alternatiiviks on põllumajandusmulla väärindamine karbimassi abil.

Vetkate puhul on tänaste teadmiste alusel parimaks tööstuslikus mahus lahenduseks kompostväetiste tootmine või biogaasi tootmine punavetikamassist. Vetikamassi esmakokkuostuhind kompostväetise või biogaasi tootja poolt on küllaltki madal, sest vetikad konkureerivad muu taimse materjaliga, mis samuti vastavaks toormeks sobib.

Tänaste sisendite hindade ja võimalike tootehindade põhjal koostatud äriplaanid (kaks äriplaani rannakarpidele, üks äriplaan vetikatele) on kahjumlikud. Ükski äriplaan ei prognoosi viie aasta perspektiivis positiivset rahavoogu majandustegevusest, lisaks ei ole võimalik äritegevusest tuleva rahavooga finantseerida investeeringuid (sh investeerimislaenude teenindamist). Positiivseks rahavooks ja kasumlikuks äriks on vajalik jooksev lisasissetulek (nt dotatsioon).

¹⁶⁸ <https://elwindoffshore.eu/>

Karpide ja vetikate kasutamine toormena võiks Eestis eelistatult põhineda ekstraheerimist kasutaval väiketootmisel juhul, kui leitakse vastav turunišš. See tähendab, et lõpptoodang peab olema piisavalt kallis, et katta kõrgeid kulusid toormele. Sellekohast tootearendust peab jätkama (tasand 2).

Kasutatud allikad

ADDVAL-BIOEC, 2021. Lisandväärtuse tõstmine ja toorme tõhusam kasutamine Eesti biomajanduses. ADDVAL-BIOEC uuringu lõppraport, Tallinn & Tartu.

Albert, G. 2023. Carbon use strategies of macrophyte communities in the northeastern Baltic Sea: implications for a high CO₂ environment. Dissertationes Biologicae Universitatis Tartuensis. 423. University of Tartu Press.

Almere Grupp OÜ koduleht. 2023. Hinnakiri.

Adler, I., 2021. Läänemeres kasvatatud söödava rannakarbi (*Mytilus edulis/trossulus* L.) väärindamise võimalused.

An, F., Fang, K., Liu, X., Yang, H. and Qu, G., 2020. Protease and sodium alginate combined treatment of wool fabric for enhancing inkjet printing performance of reactive dyes. International journal of biological macromolecules, 146, pp.959-964.

Azam, F., Ali, H., Ahmad, F., Rasheed, A., Ahmad, S., Ali, M.U. and Nawab, Y., 2023. A fibrous nonwoven hydrogel composite for shoe insole with enhanced mechanical and comfort properties. Journal of Polymers and the Environment, pp.1-12.

Avdelas, L., Avdic-Mravljje, E., Borges Marques, A.C., Cano, S., Capelle, J.J., Carvalho, N., Cozzolino, M., Dennis, J., Ellis, T., Fernández Polanco, J.M., Guillen, J., Lasner, T., Le Bihan, V., Llorente, I., Mol, A., Nicheva, S., Nielsen, R., van Oostenbrugge, H., Villasante, S., Visnic, S., Zhelev, K. and Asche, F. 2021. The decline of mussel aquaculture in the European Union: causes, economic impacts and opportunities. Rev. Aquacult., 13: 91-118. <https://doi.org/10.1111/raq.12465>.

Benassai, G., Mariani, P., Stenberg, C., Christoffersen, M. A., 2014. Sustainability Index of potential co-location of offshore wind farms and open water aquaculture. Ocean Coast. Manage. 95, 213-218, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.04.007>.

Boni, T.S., Maltoni, K.L., de Souza, L.F.R., Cassiolato, A.M.R., 2023. Can golden mussel shell be an alternative to limestone in soil correction?

Chia, W.Y., Tang, D.Y.Y., Khoo, K.S., Lup, A.N.K. and Chew, K.W., 2020. Nature's fight against plastic pollution: Algae for plastic biodegradation and bioplastics production. Environmental Science and Ecotechnology, 4, p.100065.

Eesti mereala planeering, 2021. Hendrikson & Ko. Rahandusministeerium. Kättesaadav: <https://www.agri.ee/regionaalareng-planeeringud/ruumiline-planeerimine/mereala-planeering>

Eesti vesiviljeluse mitmeaastane riiklik tegevuskava 2030. Kättesaadav: <https://www.agri.ee/euroopa-merendus-kalandus-ja-vesiviljelusfond-2021-2027>.

Ehitusseadustik, eRT: <https://www.riigiteataja.ee/akt/130062023002?leiaKehtiv>.

Ek Henning, H. 2017. Existing data on environmental impacts related to mussel farming in the Baltic Sea. County Administrative Board of Östergötland.

Elwind koduleht. 2023. Kättesaadav: <https://elwindoffshore.eu/>.

Estagar, 2018. Hoonestusloa taotlus avaliku veekogu koormamiseks vetikate kasvatamiseks ning merekarpide püüdmiseks vajalike rajatistega. Tehnilise Järeelvalve Amet.

Estonian, Latvian & Lithuanian Environment OÜ, 2023. Tagalahe suudmeala avamere kalakasvatuse rajamise keskkonnamõju hindamise aruanne.

Euroopa Komisjon, 2021. ELi vesiviljeluse kestlikkuse ja konkurentsivõime suurendamise strateegilised suunised aastateks 2021–2030

Euroopa Komisjon, 2022. Komisjon teeb ettepaneku võtta meetmeid, et kasutada Euroopas vetikate potentsiaali täielikult ära tervislikuma toitumise edendamiseks, CO₂-heite vähendamiseks ja veereostuse probleemi lahendamiseks. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/et/ip_22_6899

Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2021/1139. Kättesaadav: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1139>.

Friedland, R., Buer, A.L., Dahlke, S. and Schernewski, G., 2019. Spatial effects of different zebra mussel farming strategies in an eutrophic Baltic Lagoon. *Frontiers in Environmental Science*, 6, p.158.

Goedkoop, W., Choudhury, M.I., Lau, D.C. and Grandin, U., 2021. Inverting nutrient fluxes across the land-water interface—Exploring the potential of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) farming. *Journal of Environmental Management*, 281, p.111889.

HELCOM/Baltic Earth, 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180.

Hiiu maakonna merealade planeering, Hiiu Maavalitsus, 2016. Kättesaadav: <https://maakonnaplaneering.ee/maakonna-planeeringud/hiiumaa/hiiu-mereala-maakonnaplaneering/>.

Ilmjärv, T. 2023. Kirjalik teade.

Tartu Ülikool Kalanduse teabekeskus, SakiConsult OÜ. 2018. Eesti vetika- ja karbikasvatuse uuringute, katsetuste ja praktiliste väljundite tänane olukord, perspektiivid ja väljakutsed.

Karlõševa, A., Lahtvee, V., Nõmmann, T. 2012. Eesti mereala keskkonnaseisundi esialgse hindamise sotsiaal-majanduslik analüüs.

Keskkonnaministeerium, 2019. Eesti mereala keskkonnaseisund 2018. Tallinn.

Keskkonnaministeerium, 2022. Lääne-Eesti, Ida-Eesti ja Koiva vesikondade veemajanduskavade 2022 - 2027 meetmeprogramm 2022 - 2027. Lisa 1. Meetmetabelid.

Kiiker, K., Peetersoo, A., Raidla, M. 2020. Rannaheidiste majandamise sotsiaal-majanduslik analüüs.

Kotta, J. 2019. Mereala valitud ökosüsteemiteenuste alusmaterjalid. Hobikoda. Tallinn.

Kotta, J. 2021. Karpide kasvukiirus ja toitainete eemaldamise potentsiaal Tagalahe karbikasvatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut.

Kotta, J. et al. 2020. Cleaning up seas using blue growth initiatives: Mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea. *Sci. Total Environ.* 709, 136144, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136144>.

Kotta, J., Eschbaum, R. ja Martin, G. 2019. Kalakasvatuste kaudu merre suunatud lämmastiku- ja fosforikoormust kompenseerivate meetmete väljatöötamine. Tartu Ülikool.

Kotta, J., Fetissof, M., Szava-Kovats, R., Aps, R., Martin, G. 2020. Online tool to integrate evidence-based knowledge into cumulative effects assessments: Linking human pressures to multiple nature assets. *Environmental Advances*, 2, 100026.

Kotta, J., Martin, G., Eschbaum, R., Aps, R., Lees, L., Kalda, R. 2020. Vesiviljelus Eesti merealal. Alusandmed ja uuringud. TÜ Eesti Mereinstituut.

Kotta, J., Stechele, B., Barboza, F. R., Kaasik, A., & Lavaud, R. 2023. Towards environmentally friendly finfish farming: A potential for mussel farms to compensate fish farm effluents. *Journal of Applied Ecology*, 60, 1314–1326. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14422>.

Kotta, J., Tuvikene, R., Adler, I., Barboza Gonzalez, F. R., Fetissof, M., Jänes, H., Kotta, M., Kõivupuu, A., Loite, S., Maldre, K., Orav-Kotta, H., Ots, H., Kotta, I. 2022. Karbikasvatuse lahenduste loomine kogu väärtusahela ulatuses. Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut.

Kotta, J., Martin, G., Orav-Kotta, H., Paalme, T., Kotta, E., Kotta, M., Raudsepp, U., Maljutenko, I. 2019. Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks Lõpparuanne. Tartu Ülikool. <https://kliimaministeerium.ee/media/408/download>

Kotta, J., Martin, G., Eschbaum, R., Aps, R., Lees, L., Kalda, R., 2020. Vesiviljelus Eesti merealal - alusandmed ja uuringud. Tartu Ülikool, Eesti Mereinstituut. Kättesaadav: <https://pta.agri.ee/media/2129/download>.

Krusell, S., Pihl, K., 2022. Tulevikuvaade tööjõu- ja oskuste vajadusele: põllumajandus ja toiduainetööstus. Tallinn: SA Kutsekoda.

Kulikowski, T., Jakubowska, M., Krupska, J., Psuty, I., Szulecka, O. 2021. Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea Region. National Marine Fisheries Research Institute. Gdynia.

Kutsereregister. 2023. Kättesaadav: <https://www.kutsereregister.ee/>.

Kõlvart, M., 2018. Makrovetikatest biogaasi tootmise potentsiaal. Tartu Ülikooli bakalaureusetöö keskkonnatehnoloogias. Kättesaadav: <https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/60123/MairikaKõlvart.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Lee, C.H., Lee, D.K., Ali, M.A., Kim, P. J., 2008. Effects of oyster shell on soil chemical and biological properties and cabbage productivity as a liming materials. *Waste Management* 28, 2702–2708.

Loide, V. 2019. Muldade happesus põllul ületab taimede taluvuspiiri. Põllumehe Teataja.

Looduskaitseseadus

Läänemere merekeskkonna kaitse konventsioon, 2013. Ministrite deklaratsioon.

Maa-ameti kaardirakendused, 2023.

Maaeluministeerium (koost.), 2021-2022. Euroopa Merendus-, Kalandus- ja Vesiviljelusfondi 2021–2027 rakenduskava keskkonnamõju strateegiline hindamine.

Maardu Kala OÜ koduleht. 2023. Teenuste hinnakiri.

Martin, G. 2021. Mereveel põhineva kalakasvatuse heitvee puhastamine suurvetikate kultiveerimise kaudu. Euroopa Merendus ja Kalandusfondi rakenduskava 2014-2020 meetme 2.1 “Vesiviljeluse innovatsioonitoetus” projekti lõpparuanne (projekti viitenumber 821017780003). Tartu Ülikool. Eesti mereinstituut.

Meichssner, R., Stegmann, N., Cosin, AS. et al. 2020. Control of fouling in the aquaculture of *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus* by regular desiccation. *J Appl Phycol* 32, 4145–4158.

Minnhagen, S. 2017. Farming of blue mussels in the Baltic Sea A review of pilot studies 2007-2016. Kalmar municipality.

Minnhagen, S., Ozolina, Z., Emilson, M., Bailey, J. 2019. BUSINESS SITUATION ANALYSIS for a mussel farm located in east-coast Sweden. Project “Baltic Blue Growth”.

Mizuta, D.D. and Wikfors, G.H., 2019. Depth selection and in situ validation for offshore mussel aquaculture in northeast United States federal waters. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(9), p.293.

Mohan, K., Rajan, D.K., Muralisankar, T., Ganesan, A.R., Sathishkumar, P. and Revathi, N., 2022. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. *Aquaculture*, 553, p.738095.

Mongruel R., Thébaud, O., 2006. Externalities, institutions and the location choices of shellfish producers: the case of blue mussel farming in the Mont-Saint-Michel bay (France). *Aquaculture Economics & Management* 10(3): 163–181.

MTÜ Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni koduleht, 2023. Kättesaadav: <http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/>.

Musselfeed AB. <https://musselfeed.com/>.

Nagarajan, D., Varjani, S., Lee, D.J. and Chang, J.S., 2021. Sustainable aquaculture and animal feed from microalgae—nutritive value and techno-functional components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, p.111549.

Narita, D., Rehdanz, K., 2017. Economic impact of ocean acidification on shellfish production in Europe. *Journal of Environmental Planning and Management* 60: 500–518.

Normak, K., Vreimann, T., Kupits, K., Metsur, M., (Maves, 2019) Vesikonna pinnavett mõjutava inimtegevuse koormuse ülevaade. Ida-Eesti vesikond, Lääne- Eesti vesikond, Koiva vesikond.

Notpla Limited, 2023. Kättesaadav: <https://www.notpla.com>

OECD, 2016. The Ocean Economy in 2030, OECD Publishing, Paris.

Øverland, M., Mydland, L.T. and Skrede, A., 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), pp.13-24.

Paixao, L.C., Lopes, I.A., Barros Filho, A.K.D. and Santana, A.A., 2019. Alginate biofilms plasticized with hydrophilic and hydrophobic plasticizers for application in food packaging. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(48), p.48263.

Pajusalu, L., Albert, G., Fachon, E. et al., 2020. Ocean acidification may threaten a unique seaweed community and associated industry in the Baltic Sea. *J Appl Phycol* 32, 2469–2478. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01935-1>.

Pajusalu, L., Albert, G., Fachon, E. et al., 2023. Species-specific responses of macrophyte production to the increasing CO₂ environment with potential ecosystem implications involved in the Baltic Sea. *J Appl Phycol*. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03047-3>.

Palm, O., Lalander, C., Vidakovic, A. 2019. Processing and storage of mussels: mussels to feed through fly larvae. RISE. SLU.

Philippart CJ, Anadón R, Danovaro R, Dippner JW, Drinkwater KF, Hawkins SJ et al. (2011) Impacts of climate change on European marine ecosystems: observations, expectations and indicators. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 400: 52–69.

PTA, 2023. Keskmised kala esmakokkuostuhinnad, 2022.

Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukava aastani 2030 (PõKa 2030).

Põllumajandus- ja Toiduamet, 2023. Püügiload ja -võimalused. Kättesaadav: <https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/kutseline-kalapuuk/puugiload-ja-voimalused#item-1>.

Põllumajandus- ja Toiduamet, 2023. Püügistatistika. Kättesaadav: <https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/kutseline-kalapuuk/puugistatistika>.

Raagma, G., 2021. Margus Rebane: karbikasvatus tuleks võrdsustada kalastamisega. *Postimees*, 12.02.2021.

Rasche, C., 2020. Exploring the sustainability potential of an algae-based wood adhesive: Comparative and explorative environmental life cycle assessment of algae-vs. formaldehyde-based adhesives for particleboard production.

Result Report: Algae sources, cultivation and collection. 2020. The EU Interreg Deutschland – Danmark funded project “FucoSan - Health from the Sea” (FucoSan).

Schultz-Zehden, A., Steele, A., Weig, B. 2019. How to turn ecosystem payments to Baltic mussel farms into reality? Submarine Network.

Shahin, A., Nabil-Adam, A., Shreadah, M.A., Elnagar, K. and Osman, H., 2022. Application of Printing and Finishing Cotton Fabrics with Natural Dyes (A Review). *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(11), pp.341-358.

Statistikaamet, 2023.

Submariner Network, 2021. Growing macroalgae in the Baltic Sea. Output 4.3.2. Synthesis report. Benefits, risks and opportunities of macroalgae cultivation, harvesting and use at local, regional, national and transnational level.

Suplicy, F.M., 2020. A review of the multiple benefits of mussel farming. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), pp.204-223.

Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi koduleht.

Tasse, L., 2019. Baltic Blue Growth: Initiating large scale mussel farming in the Baltic Sea. Summary of key findings. https://www.submariner-network.eu/images/BBG_project_summary_web.pdf.

Tasse, L., 2019. Poultry trial feeding result. Kättesaadav: https://interreg-baltic.eu/wp-content/uploads/2021/10/99-BalticBlueGrowth_Factsheet_Poultry_feed.pdf.

Toonpere, P., 2022. Ösel Offshore OÜ kolme mereala kalakasvanduse kompleksi hoonestusloa taotluse keskkonnamõju hindamine Saaremaa W ala osas. Lemma OÜ.

Tuvikene, R., Robal, M. 2022. Läänemere tingimustes kultiveeritud rannakarbi vääristamine. Tallinna Ülikool. Kättesaadav: https://fotokonkurss.ee/images/pdf/Rannakarp_aruanne_Tuvikene_2022-1.pdf.

TÜ Eesti Mereinstituut, 2015/2017/2019/2020. KASSARI LAHE TÖÖNDUSLIKU PUNAVETIKAVARU UURINGUD NING KOMBINEERITUD METOODIKA VÄLJATÖÖTAMINE. Kättesaadav: <https://kliimaministeerium.ee/elurikkus-keskkonnakaitse/kalandus/uuringud-ja-aruanded>.

TÜ Eesti Mereinstituut, 2019. Kassari lahe tööstusliku punavetika uuringud. LEPING nr. 4-1/19/47_10.04.2019. Vahearuanne.

van der Heide, M.E., Stødkilde, L., Værum Nørgaard, J., Studnitz, M., 2021. The potential of locally-sourced european protein sources for organic monogastric production: A review of forage crop extracts, seaweed, starfish, mussel, and insects. *Sustainability*, 13(4), p.2303.

Veepoliitika raamdirektiiv (Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ)

Vesiviljeluse veekaitse nõuded, sealhulgas vesiviljelusest lähtuva vee saasteainesisalduse piirväärtused ja suublasse juhtimise ning seire nõuded, eRT: <https://www.riigiteataja.ee/akt/103042020021>.

Visch, W. et al. 2020. Spatial differences in growth rate and nutrient mitigation of two co-cultivated, extractive species: The blue mussel (*Mytilus edulis*) and the kelp (*Saccharina latissima*). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 246, 107019, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107019>.

Wulandari, V., Latama, G., Zainuddin, E. 2019. Antibacterial Activity of *Sargassum polycystum* and *Ulva reticulata* Methanol Extract Against Marine Fouling Bacteria. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*. 9. p91100. 10.29322/IJSRP.9.07.2019.p91100.

LISAD

Lisa 1. Intervjueeritud isikute nimekiri

Valdkond	Organisatsioon	Isik	Kommentaar
Kasvatamine	Hiiumere Farm OÜ	Georg Linkov	Kavandavad söödava rannakarbi kasvatamist.
	Redstorm OÜ	Margus Rebane	Kasvatavad söödavat rannakarpi Tagalahes.
	Est-Agar OÜ	Urmas Pau	Kavandavad söödava rannakarbi kasvatamist. Püüavad Läänemerest punavetikat.
	Vetik OÜ	Tanel Ilmjärv	Püüavad Läänemerest punavetikat.
	Ruhnu Kultuuriruum	Mihkel Urmet	Kavandavad vetikate kasvatamist Ruhnu lähistel.
Väärindamine	Est-Agar OÜ	Urmas Pau	Käitab tehist, mis töötleb Läänemerest püütud ja kaldalt kogutud punavetikat.
	Eesti Kalatootjate Keskühistu	Toomas Kevvai	Käitab Paldiski kalakomponentide tehist, kus toodetakse kalajahu ja kalaõli.
	Vetik OÜ	Tanel Ilmjärv	Arendab Läänemerest püütud punavetikast uusi tooteid.
	Aru Põllumajanduse OÜ	Karl Lindam	Arendab kompostväetise tehist, mille potentsiaalsed toorained on vetikad ja rannakarbid.
	Eesti Biogaas OÜ	Ahto Oja	Käitab biogaasi tootmise tehaseid, mille potentsiaalne tooraine on vetikas.

Valdkond	Organisatsioon	Isik	Kommentaar
	Korilane Nordic OÜ	Ain Süld	Käitab taimsete ekstraktide tootmise tehast, mille potentsiaalne tooraine on vetikas.
Teadus- ja arendus	Tartu Ülikool, Eesti mereinstituut	Georg Martin	Vetikate kasvatamise valdkonna teoreetiliste ja rakenduslike uuringute juhtimine.
	Tartu Ülikool, Eesti mereinstituut	Jonne Kotta	Söödavate rannakarpide kasvatamise valdkonna teoreetiliste ja rakenduslike uuringute juhtimine.
	Regionaal- ja Põllumajandus-ministeerium	Eve Külmallik	Merevesiviljeluse rahastamise meetmete väljatöötamine riigi poolt.
	Regionaal- ja Põllumajandus-ministeerium	Eduard Koitmaa	Merevesiviljeluse rahastamise meetmete väljatöötamine riigi poolt.

Lisa 2. Ökosüsteemiteenuse arvutus

Merevee puhastamine / toitainete eemaldamine

Toitainete eemaldamise vajadus. Eesti inimtekkeline toitainekoormus Läänemerre oli aastal 2018 hinnanguliselt 16 835 t N ja 346 t P¹⁶⁹. Sellest Lääne-Eesti vesikonda kandus 7790 t N ja 173 t P. Eesti vähendamise eesmärk aastaks 2027 võrreldes aastaga 2014 on 1800 t N ja 320 t P¹⁷⁰ (joonis 15). Nii vetika- kui karbikasvatuste abil on võimalik olulisel määral veesambast toitaineid välja viia. Lisaks toimub eriti karbifarmis toitainete ringlusest välja viimine põhja nende sadestamise teel.

Karbifarmide potentsiaal. Karbifarmi toiteelementide eemaldamise võimekus on Kotta et al (2019) hinnangu järgi söödava rannakarbi kasvatamisel Lääne-Eesti vetes suurusjärgus 0,35 t N ja 0,027 t P hektarilt¹⁷¹. Selle aruande kirjutamise ajaks on avalikustatud kaks vetika- ja karbifarmi hoonestusloa taotlust (ehkki need taotleavad mh, et hoonestusluba polekski tarvis): Est-Agar AS ja Hiiumere Farm OÜ taotlused, mis mõlemad paiknevad Hiiumaa lähistel. Nende farmide karbiliinide alla jääv koondpindala oleks taotluse järgi 37,5 ha. Teoreetiliselt võiksid need karbiliinid ühiselt eemaldada ringlusest 13 t N ja 1 t P aastas, kui karbid võetakse merest välja. See moodustaks ca 0,7% Eesti N ja 0,3% P koormuse vähendamise eesmärgist.

Vetikafarmide potentsiaal. Agarikufarmi toiteelementide eemaldamise võimekus on Kotta et al (2019) hinnangu järgi Lääne-Eesti vetes suurusjärgus 0,043 t N ja 0,022 t P hektarilt¹⁷². Üalmainitud kaks multitroofset farmi kavatsevad taotluse järgi mõlemad kasvatada ka agarikku, veealustes koplites koondpindalaga 300 ha. Nende summaarne toiteelementide eemaldamise võimekus on 13 t N ja 6,6 t P aastas. See moodustaks ca 0,7% Eesti N ja 2,1% P koormuse vähendamise vajadusest.

Ulva farmi toiteelementide eemaldamise võimekus on Kotta et al (2019) hinnangu järgi Lääne-Eesti vetes suurusjärgus 3,18 t N ja 0,49 t P hektarilt aastas¹⁷³. See on võrreldes agarikuga väga palju tulemuslikum. Samas, Eestis on see tehnoloogia alles katsetusjärgus. Tööstuslikud lahendused meres *Ulva* kasvatamiseks esialgu puuduvad.

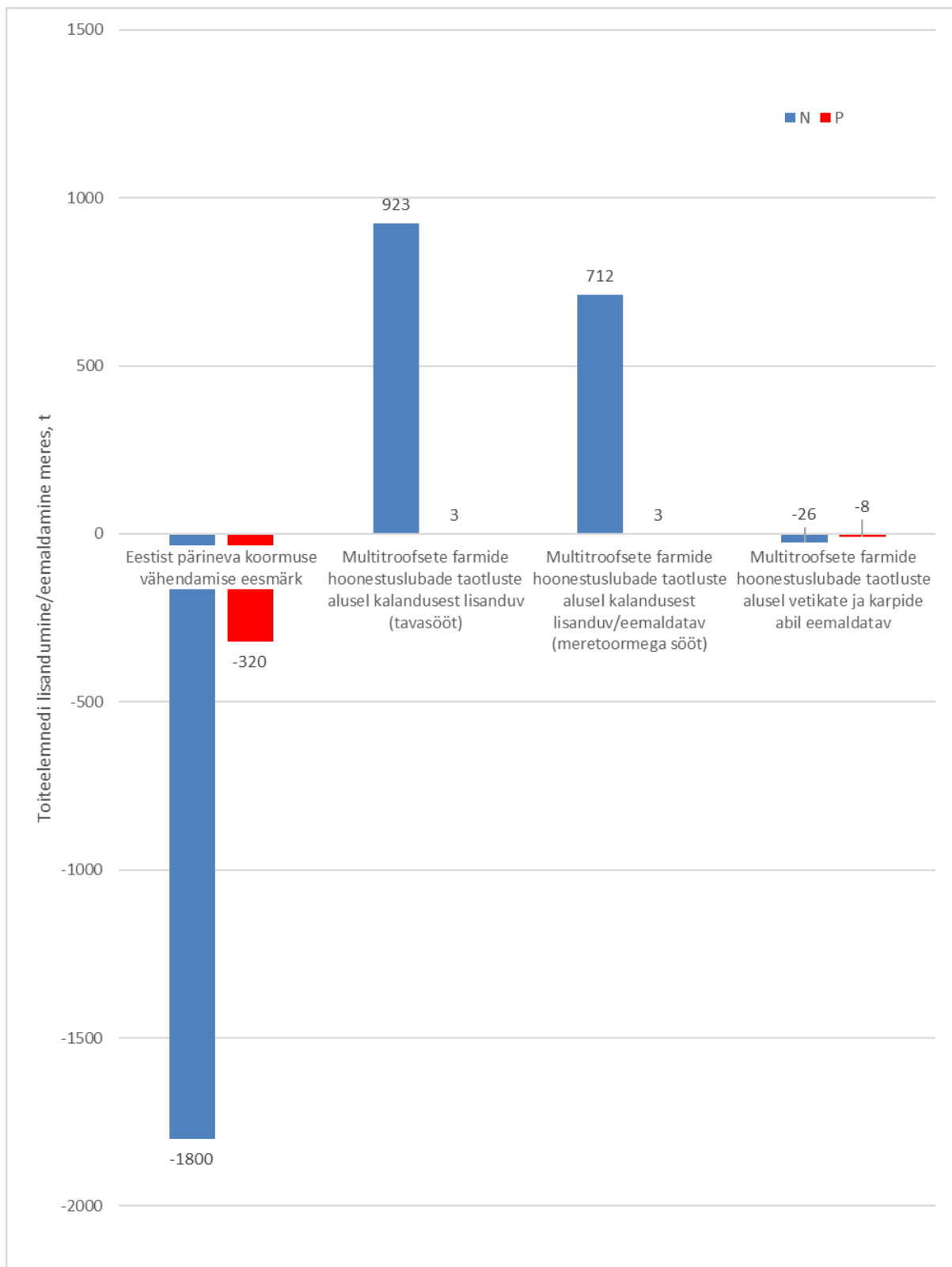
¹⁶⁹ Normak, K., Vreimann, T., Kupits, K., Metsur, M., (Maves, 2019) Vesikonna pinnavett mõjutava inimtegevuse koormuse ülevaade. Ida-Eesti vesikond, Lääne- Eesti vesikond, Koiva vesikond.

¹⁷⁰ Läänemere merekeskkonna kaitse konventsioon, 2013. Ministrite deklaratsioon

¹⁷¹ Kotta, J., Martin, G., Orav-Kotta, H., Paalme, T., Kotta, E., Kotta, M., Raudsepp, U., Maljutenko, I. 2019. Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks Lõpparuanne. Tartu Ülikool.

¹⁷² Kotta, J., Martin, G., Orav-Kotta, H., Paalme, T., Kotta, E., Kotta, M., Raudsepp, U., Maljutenko, I. 2019. Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks Lõpparuanne. Tartu Ülikool.

¹⁷³ Kotta, J., Martin, G., Orav-Kotta, H., Paalme, T., Kotta, E., Kotta, M., Raudsepp, U., Maljutenko, I. 2019. Vesiviljeluse piirkondlike kavade koostamine võimaliku keskkonnasurve ohjamiseks Lõpparuanne. Tartu Ülikool.



Joonis 15. Ösel Offshore OÜ, Est-Agar AS, Eesti Sinistaristu OÜ ja Hiiumere Farm OÜ multitroofsete vesiviljelusfarmide hoonestuslubade taotluste alusel Läänemeres lisanduva või ringlusest eemaldatava toiteelemendikoguse võrdlus Eesti koormuse vähendamise eesmärkidega vahemikus 2014 kuni 2027. Analüüsi aluseks on kahe kalafarmi ning nendega seotud kahe vetika- ja karbifarmi taotlused Lääne-Eesti rannikumeres.

Vetika- ja karbiviljelus kui kalafarmide leevendusmeede. Alljärgnevate arvutuste aluseks on kahe (rohkem neid pole) kalafarmi hoonestuslubade taotlused. Need on Ösel Offshore OÜ ja Eesti Sinitaristu OÜ taotlused. Ösel Offshore OÜ kalatoodanguks on kavandatud 22 500 t/a ning Eesti Sinitaristu OÜ toodanguks 10 000 t. Nendes hoonestuslubade taotlustes on kalafarmide taotlustega kombineeritud vetika- ja karbifarmid. Peamiseks põhjenduseks on vajadus leevendada kalafarmide toitainekoormust. Niisuguste kalafarmide summaarne koormus oleks tavasöödaga toitmise korral hinnanguliselt 923 t N ja 3,25 t P aastas. Kui kalu toita Eesti merest pärinevast toormest valmistatud söödaga, siis oleks nende farmide summaarne N heide 712 t/a, P heide aga endiselt 3,25 t/a.

Seega, nende hoonestuslubade taotlustel tuginevate arvutuste järgi suudaksid vetikad ja karbid vähesel määral kompenseerida kalakasvatuste lämmastiku heidet, kuid täielikult kompenseerida fosfori heidet. Lämmastiku heidet suudaksid need karbi- ja vetikafarmid etteantud dimensioonide alusel kompenseerida ainult võrdlemisi vähesel määral, isegi kui kalasööt oleks kohalikku merelist päritolu. Selleks, et nende multitroofsete farmikomplekside lämmastiku heidet täielikult vältida, oleks vaja vetikate ja karpide osakaalu võrreldes kaladega oluliselt suurendada või täiendavaid leevendavaid meetmeid rakendada.

Lisa 3. Erinevate karbi- ja vetikaliikide sobivuse hindamine

Majandus- haru	Liik	Hinnang, kas liigi kasvatamine Eesti merealal on soodustatud +1 - tingimused on soodsad 0 - tingimused on neutraalsed (ei takista) -1 - tingimused on ebasoodsad (takistavad)				KOKKU	Selgitus
		Juriidilised tingimused (sh planeeringud)	Looduslikud tingimused	Tehnoloogilised tingimused	Pikaajaline perspektiiv		
Karbindus	Söödav rannakarp (<i>Mytilus edulis/trossulus</i>)	Hinne: +1 Katsefarm on Eestisse rajatud. Kahe suurfarmi hoonestusloa taotlused on menetluses. Olulisi juriidilisi takistusi ei paista	Hinne: +1 Kasvab hästi kiire veevahetusega avamere piirkondades.	Hinne: -1 Puudub sobilik taristu ja vahendid karpide koristamiseks ja edasiseks protsessimiseks	Hinne: +1 Tehnoloogilised takistused on võimalik ületada	+2	Lühiajaline perspektiiv on kesine, kuid takistused on võimalik ületada.
	Rändkarp (<i>Dreissena polymorpha</i>)	Hinne: -1 Võõrliigi kultiveerimine looduskeskkonnas on probleemne	Hinne: +1 Kasvab hästi mageveelistes siselahtedes, kus on kõige suurem toitainete reostus ja selle vähendamise vajadus	Hinne: -1 Puudub sobilik taristu ja vahendid karpide koristamiseks ja edasiseks protsessimiseks	Hinne: +1 Tehnoloogilised takistused on võimalik ületada	0	Rändkarbi kui võõrliigi kasvatamine on esialgu probleemne. Pikas perspektiivis võib siiski rändkarbil olla hea perspektiiv.

Vetikasekt or	Põisadru (<i>Fucus vesiculosus</i>)	Hinne: +1 Kuna Eestis looduslik liik, siis õigusruum on pigem toetav	Hinne: +1 Kasvab Eesti vetes hästi	Hinne: 0. Katsefarmides on põisadru kasvatamine hästi õnnestunud. Tööstuslik tootmine on esialgu lahendamata	Hinne: -1 Põisadru biomassi tootmine on võrdlemisi kulukas ja keeruline. Selle väärindamise perspektiivid on hägused.	+1	Peamiseks tugevuseks võib olla eriti suurtes koguses toitainete merest eemaldamine.
	Agarik (<i>Furcellaria lumbricalis</i>)	Hinne: +1 Eestis on juba praegu agariku püük hästi reguleeritud ja selle soovitatav kvoot on välja püüdmata	Hinne: +1 Kassari lahes kasvab hästi	Hinne: +1 Tänapäeval toimub agariku tööstuslik püük ja furtsellaani tootmine agarikust	Hinne: +1 Tootmismahu on võimalik suurendada	+4	Punavetika kasutamisel on Eestis pikk ajalugu, regulatsioonid, sobiv tehnoloogia ja oskusteave. Võimalik kasutada nii ökosüsteemiteenuse pakkumisel ning olemas kompetents ja tehnoloogia agariku väärindamisel. Püügikvoot on realiseerimata.

Punavetikas <i>Ceramium tenuicorne</i>	Hinne: -1 Selle liigi kultiveerimine võib põhjustada mere reostumist toksiliste broomitud aromaatsete ühenditega	Hinne: +1 Kasvab Eesti vetes hästi ning sisaldab suures kontsentratsioonis fukoerütriini	Hinne: -1 Kasvatamise tehnoloogia on alles esimeste katsetuste faasis. Siit eduka ettevõteteni on väga pikk maa	Hinne: -1 Selle liigi toksilisus ja võimetus manipulatsioonide vahendusel biomassi juurdekasvu suurendama tekitab pessimismi	-2	Perspektiiv on pigem seotud tehistingimustes kasvatamisega.
Rohevetikad karevetikas <i>Cladophora glomerata</i> ja söödav rohevetikas <i>Ulva intestinalis</i>	Hinne: +1 Kuna Eestis loomulikud liigid, siis õigusruum on pigem toetav	Hinne: +1 Kasvavad Eesti vetes väga kiiresti, pakkudes seega võimalust efektiivseks reostuse likvideerimiseks ja biokütuste tootmiseks	Hinne: -1 Tööstuslikud lahendused praegu puuduvad. Nn farm vajaks pigem tehislikke tingimusi. Võib sobida näiteks reoveepuhasti komponendiks.	Hinne: +1 Kiirelt arenev valdkond	+2	Mõlemad liigid kasvavad kiiresti. Karevetikas vajab kasvamiseks kinnitumissubstraati, ei kasva vabalt veesambas hõljudes. <i>Ulva</i> võib mahutis kasvada vabalt veesambas hõljudes, meres vajab kinnitumissubstraati (köisi).

Lisa 4. Hoonestusload

Hoonestaja	Asukoht	Hoonestusloa otstarve	Pindala m2
Agro Marine OÜ	Võirahu	Karbikasvatus	60563.15
Agro Marine OÜ	Soela	Karbikasvatus	61126.08
Agro Marine OÜ	Lõmala	Karbikasvatus	62021.18
Agro Marine OÜ	Abruka	Karbikasvatus	62190.22
Redstorm OÜ	Veere	Kalakasvatus	9023

Hoonestusloa taotlused

Hoonestaja	Asukoht	Hoonestusloa otstarve	Pindala m2	Tegevuse kirjeldus
Ösel Offshore OÜ	Saaremaast loodes	Kalakasvatus	43606744.5	
Saaremere Kala AS	Tagalahe suudmeala	Kalakasvatus	2999650.01	KMH aruanne 22.06.2023 Saaremere Kala AS kavandab vikerforelli (<i>Oncorhynchus Mykiss</i>) kasvatamist avamere sumpades (Saaremaa loodeosas, Tagalahe suudmeala lähedal) aastase toodanguga ehk juurdekasvuga hinnanguliselt 2050-2182 tonni. Avamere kalakasvatuse rajamisel paigaldatakse merre, sõltuvalt sumba suurusest, 16-24 kalasumpa. Sump on varustatud plastikust sumbaraamidega (ujuvad pontoonid, mis on ehitatud kahest paralleelsest 400 – 500 mm läbimõõduga HDPE-torust), sumpi katavad linnuvõrgud vajalike toetusraamidega, sumba raamidel on ankurdussüsteemid, kogu kalakasvatust piiritlevad poid ja signaaltuled. Sumpade paigutamisel alale kasutatakse ruutpaigutust. Sumbad paigutatakse 2 x 8 või 3 x 8 ruudustikuna. Kalade söötmine toimub vastava töölaeva või

Hoonestaja	Asukoht	Hoonestusloa otstarve	Pindala m2	Tegevuse kirjeldus
				söödapraamiga. Sumpade vahele jäetakse piisav vahemaa söötmislaeva liikumiseks (100-200 m).
Ösel Harvest OÜ	Hiiumaa, PV4	Kalakasvatus	21646793	
Est-Agar AS	Hiiumaa, PV4	vetika - ja karbikasvandus	4 843 587.5	Haakub Ösel Harvest OÜ taotlusega Kasvatatavaks vetikaks on <i>Furcellaria Lumbricalis</i> ja karp <i>Mytilus Edulis</i>. Kuni 20 vetikakasvatuse rajatist ja 200 karbiliini. Ühe vetikaaia läbimõõt on 20 - 1130 m. Ühe karbiliini (põhiliin) pikkus on 200 m.
Saaremere Kala AS	Hiiumaa, PV4	Kalakasvatus	1614432	Kattub Ösel Harvest OÜ taotlusega, KMH programm 22.12.2022, rajada kalakasvandus suurusega 22 273 000 m2, kuhu on kavas paigutada kas 16 või 24 sumpa, olenevalt sumba suurusest (kas 32 m või 38 m läbimõõduga). Väiksema sumba pindalaks on 804 m2 ning suurema sumba pindalaks on 1135 m2. Sumpade külge kinnitatakse ankruköie poid, millele on lisaks vajalik veel 50 m laiune ohutusala. Kokku on ehitisealune pindala ehk sumpade alla jääva ala pindala sumpade eeldatava koguarvu järgi 18 160 – 19 296 m2, millele lisandub tehniline ankurdusköite ala sumpade ümbruses (38 m läbimõõduga sumpade puhul 78 400 m2 ning 32 m läbimõõduga sumpade puhul 117 600 m2). Koos ankurdusköitega on seega ehitusala suurus 96 560 –

Hoonestaja	Asukoht	Hoonestusloa otstarve	Pindala m2	Tegevuse kirjeldus
				136 896 m2. Koos 50 m ulatusega ohutusala on kalakasvanduse ruumivajadus vastavalt 182 400 m2 või 273 600 m2. Sumpade veealuste osade maht arvestusega, et vee alla ulatuv osa jääb 6 m sügavusele, on väiksemate sumpade puhul kokku umbes 116 000 m3 ja suuremate sumpade puhul umbes 109 000 m3. Igasse sumpasse pannakse kevadel (aprillis-mais) umbes 25 000 – 38 000 kala, kasvatushooaja lõpuks on eluskala mass kuni 155 tonni sumba kohta. Kogu sööda tarbimine kavandatavas kalakasvanduses on umbes 2400 tonni aastas.
Saaremere Kala AS	Hiiumaa, PV3	Kalakasvatus	6184800	
Õsel Harvest OÜ	Hiiumaa, PV3	Kalakasvatus	3799944	Kattub Saaremere Kala AS taotlusega, KMH programm 02.12.2022, Kavas on paigaldada merre avameresumbad koos ankurdussüsteemide ja muu selle juurde kuuluvaga vikerforelli/lõhe kasvatamiseks juurdekasvuga ~2500 tonni aastas (söödakasutus 2750 tonni).
Est-Agar AS	Hiiumaa, PV3	vetika - ja karbikasvandus	1 570 096.5	Kattub Saaremere Kala AS taotlusega
Hiiumere Farm OÜ	PV2	vetika - ja karbikasvandus	1 000 000	10 vetikakasvatuse rajatist (liik teadmata) ja 200 karbiliini (<i>Mytilus edulis</i>) Teeb koostööd Eesti Sinitaristu OÜ-ga
Saaremere Kala AS	PV2	Kalakasvatus	629662.95	
Eesti Sinitaristu OÜ	PV 1 ja PV2	kalakasvatus	1000000 + 1000000	KMH programm 19.12.2022 Alale 1 kavandatakse rajada 10 sumpasse (ümberrõõm 80 m, diameeter 28 m, sügavus

Hoonestaja	Asukoht	Hoonestusloa otstarve	Pindala m2	Tegevuse kirjeldus
				5 m, sumba ruumala 3332 m3) kalatoodanguga 1000 tonni ja eeldatava söödakogusega 1150 tonni. Alale 2 kavandatakse rajada 20 sump (ümbermõõt 140 m, diameeter 44 m ja sügavus 10 m, sumba ruumala 15 585 m3) kalatoodanguga 9000 tonni ja eeldatava söödakogusega 10 350 tonni.
Ösel Offshore OÜ	Hiiumaast põhjas	kalakasvatus	6676562.5	
Saaremere Kala AS	Hiiumaa PV1	kalakasvatus	1006206.94	
Eesti Sinitaristu OÜ	Sinitaristu PV1 katsetootmine	kalakasvatus	45000	
Hiiumere Farm OÜ	Hiiumaa PV1	vetika - ja karbikasvatus	1000000	vetikate kasvatamiseks ning merekarpide püüdmise ja kasvatamise kompleks, milles on kokku 10 vetikakasvatuse rajatist ning 200 karbiliini.
Ösel Offshore OÜ	Osmussaar	kalakasvatus	25508311.5	

Keskkonnaload, Kotkas

Loa omanik	Asukoht	Tüüp	Kirjeldus
Est-Agar AS	Tagalaht	Vee keskkonnariskiga tegevuse registreering	Vetikafarmi läbimõõt on 3 m, tegemist on veepinnal ujuva sumpvõrguga, millel sügavust 1 m. Vetikafarm hoitakse päiksena nelja ankru abil (tahkeaine maht < 1m3).
Ösel Aquafarms OÜ	Kesknõmme kalakasvatus	Keskkonnaluba	1. Kesknõmme kalakasvatuse tegevused viia ellu etapiliselt, s.t pärast väljaehitamist 1-3 aasta jooksul võib kalade juurdekasv olla 50% kavandatust ehk ca 2250 tonni aastas.
REDSTORM	Tagalaht, Veere sadama juures		1. Kasvatada võib vikerforelli kuni kolme sumbakomplektiga, millest igasse sumbakomplekti kuulub kolm sump. Iga sumba diameeter on 20 m ning sügavus 10 m, mis paigaldada 17 m sügavusele merealale. Sumbakomplektiala hõlmab 9030 m2. Kompenseeriva meetmena on nõutav karbikasvatuse rajamine Tagalahte sumpade vahetusse lähedusse. Igal

Loa omanik	Asukoht	Tüüp	Kirjeldus
			aastal mõõta kasvatatud karbiliinide saagikus (t/a). Aastaruandes esitada karpide poolt veesambast eemaldatav toitainete hulk ehk üldfosfori ja üldlämmastiku