

Makroaļģu ražošanas rokasgrāmata

Ražošana, izaicinājumi un alternatīvas



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

EUROPEAN UNION



Daniel Franzén, Hanna Nathaniel, Sofia Lingegård un Fredrik Gröndahl

Karaliskā Tehnoloģiju institūta (KTH) Ilgtspējīgas attīstības, vides un inženierzinātņu institūts, Stokholma, Zviedrija.

Saturs

	Lapa
Kopsavilkums	3
Ievads	4
Pieeja	
Jūras raksturojums un atrašanās vietas nosacījumi	5
Galvenās sugas ražošanai	
Brūnaļģes	
<i>Chorda filum</i>	
<i>Fucus vesiculosus</i>	
<i>Laminaria digitata</i>	
<i>Saccharina latissima</i>	
Sārtaļģes	
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	
<i>Palmaria palmata</i>	
Zaļāļģes	
<i>Ulva spp. (Ulva lactuca, Ulva intestinalis)</i>	
Projekti un iniciatīvas	11
Makroaļģu audzēšana	
Savvaļas makroaļģu ievākšana	
Jūraszāļu savākšana	
Pašreizējās ražošanas problēmas	15
Iespējamās ilgtspējīgās alternatīvas	18
Izmantotā literatūra	20
I pielikums	

Kopsavilkums

Šī ziņojuma mērķis ir izcelt makroaļģu ražošanas potenciālu Baltijas jūras reģionā. Aptaujājot „GRASS” projekta partnerus un veicot literatūras avotu izpēti, tika pārbaudīti trīs dažādi ražošanas veidi – makroaļģu komerciāla audzēšana, savvaļas makroaļģu ievākšana un piekrastē izskaloto jūraszāļu savākšana.

Ir apzinātas septiņas makroaļģu sugas, ko varētu audzēt Baltijas jūras reģionā. Baltijas jūras rietumu daļā jau notiek makroaļģu audzēšana – Zviedrijas rietumu krastā audzē *Saccharina latissima*, *Laminaria digitata* un *Ulva sp.* Baltijas jūras reģionā ir sauszemes un maza mēroga piekrastes audzētavas, bet tajās saražo maz aļģu zemā ūdens sāļuma dēļ, kas kavē tādu īstu jūras sugu kā *Saccharina latissima* audzēšanu lielos apmēros. *Furcellaria lumbricalis* ir vienīgā makroaļģu suga no savvaļā augošajām makroaļģu sugām šajā reģionā, kas tiek ievākta. Šo savvaļā augošo makroaļģu sugu nelielā daudzumā katru gadu ievāc Igaunijā. “GRASS” projekta ietvaros tika konstatētas četras iniciatīvas, kuros ievāc jūraszāles (Latvijā – 2, un pa vienam Krievijā un Zviedrijā), savukārt mazos apjomos jūraszāles tiek vāktas vairākās reģiona vietās.

Projekta partneru konstatētās ražošanas problēmas ietver prasīgus vides apstākļus, tiesiskā regulējuma šķēršļus, zināšanu trūkumu un augstas darbaspēka izmaksas. Lai pārvarētu šīs problēmas, mēs iesakām vairāk koncentrēties un vairāk nodoties Baltijas jūras ražošanas sistēmu pētniecībai un izstrādei. Piesardzībai ir jābūt vadošajam principam *Furcellaria lumbricalis* ievākšanā, un ir jāņem vērā arī jūraszāļu ievākšanas ilgtspējības aspekti reģionā. Lai pielāgotos ilgtspējīgu makroaļģu ražošanas sistēmu izaugsmei audzēšanai, aļģu ievākšanai un savākšanai, mums ir jānodod zināšanas un jāuzlabo savas spējas, lai sekmētu tehnoloģiju, tiesību aktu un politikas izstrādi šajā jomā.

Ievads

Makroaļģes tiek uzskatītas par daudzsološu biodegvielas, farmaceitisko līdzekļu, kosmētikas un funkcionālās pārtikas izejvielu alternatīvu (Duarte et al. 2017, Hasselström et al. 2020). Nu jau vairākus gadu desmitus pasaulē pieaug makroaļģu ražošana, lai gan Eiropā šobrīd saražo vien 1,4 % no pasaulē saražotās aļģu biomasas. Lielākā daļa Eiropā saražoto aļģu biomasas tiek iegūta, novācot savvaļā augošās aļģes, lai gan pēdējā desmitgadē vairākās vietās ir ierīkotas makroaļģu audzētavas (Camia et al., 2018). Tomēr Baltijas jūras reģionā šī joma joprojām attīstās lēni (Gröndahl un Blidberg, 2012), ko daļēji varētu izskaidrot ar īpašiem Baltijas jūras apstākļiem, kā arī ar citām vēl nenoskaidrotām vai pētāmām problēmām, piemēram, ar ražošanu saistītām sistēmiskām problēmām.

Projekta „Baltijas jūras aļģu ilgtspējīga izmantošana” (akronīms – GRASS) partneri dalās pieredzē un informācijā par makroaļģu ražošanas problēmām, kā arī pēta iespējamās attīstības virzienus ilgtspējīgai makroaļģu ražošanai Baltijas jūras reģionā. „GRASS” ietvaros daļa projekta rezultātu tiek iekļauti šajā rokasgrāmatā. Tās mērķis ir vairot publiskā sektora un citu iesaistīto personu (no visa Baltijas jūras reģiona) zināšanas par makroaļģu ražošanu. Turklāt šajā rokasgrāmatā ir aplūkoti veidi, kā panākt ilgtspējīgu makroaļģu ražošanas sistēmu Baltijas jūras reģionā.

Pieeja

Rokasgrāmata ir balstīta uz empīriskiem datiem no projektiem un iniciatīvām „GRASS” projekta partneru reģionos, kas papildināti ar zinātnisko materiālu datiem. „GRASS” projekta partneru atbildes uz anketas jautājumiem sniedza empīriskus datus, bet literatūras avotu izpēte tika veikta anketā sniegtās informācijas sagatavošanas procesā. Anketā bija iekļauti atvērtā tipa jautājumi (anketu skatīt I pielikumā).

Jūras raksturojums un atrašanās vietas nosacījumi

Lai palielinātu makroaļģu ražošanas apjomus Baltijas jūras reģionā, ir nepieciešams izstrādāt efektīvas ražošanas metodes makroaļģu audzēšanai, ieguvei un savākšanai, bet vispirms būtiski ir apzināt Baltijas jūrai raksturīgās īpašības un apstākļus. To noskaidrošanai tika pētīti pieejamie literatūras avoti, kā arī nesenā publikācija par makroaļģu resursiem un akvakultūras potenciālu Baltijas jūrā (Weingberger et al., 2020), kas tika izmantota par galveno informācijas avotu attiecīgo īpašību un apstākļu noteikšanai. Iekļauta informācija no visiem „GRASS” projektu partneriem par esošo makroaļģu projektu konkrētām vietām raksturīgiem apstākļiem attiecībā uz visām alternatīvām (audzēšana, ievākšana un savākšana), un literatūras avotos atrodamā informācija par attiecīgo tēmu.

Baltijas jūras visraksturīgākā īpašība ir tās zemais ūdens sāļums, un tas ir visu audzētavu vienojošais aspekts. Zemā ūdens sāļuma dēļ jūrā sastopamas nedaudzas aļģu sugas, un šis iemesls arī izskaidro zemo makroaļģu augšanas potenciālu (Schultz-Zehden un Matczak, 2012, Weinberger et al., 2020). Sugu augšanu un izdzīvošanu ietekmē arī vairāki citi faktori, piemēram, ledus veidošanās aukstajās ziemās un antropogēnā eutrofikācija. Iespējams, tas arī izskaidro, kāpēc šajā reģionā tik maz tiek izmantotas jūraszāles, neskatot jūras mēslus, ko vietējie lauksaimnieki izmanto minerālmēsļu vietā (Weinberger et al., 2020).

Makroaļģu sugu skaits Zviedrijas Baltijas jūras austrumu piekrastē (Baltijas jūra) ir četras reizes mazāks, salīdzinot ar makroaļģu sugu skaitu Zviedrijas rietumu piekrastē tajos pašos platuma grādos Kategatā, Ziemeļjūrā (Weinberger et al., 2020). Biomasas ražošanai svarīgākās aļģu sugas Eiropā nav nemaz vai arī ir ļoti maz sastopamas Baltijas jūrā (piemēram, *Ascophyllum nodosum*, *Chondrus crispus*, *Himanthalia elongata*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Palmaria palmata*, *Porphyra umbilicalis* un *Saccharina latissima*). Baltijas jūrā lielākā daudzumā ir sastopamas tikai *Fucus sp.* un *Ulva sp.* (Camia et al., 2018).

No otras puses, augstais barības vielu līmenis Baltijas jūrā stipri var vairot aļģu augšanu. Tomēr pārmērīga barības vielu slodze ir izraisījusi jūras eutrofikāciju, kas ietekmē makroaļģu audzēšanas, novākšanas un savākšanas apstākļus, piemēram, mainot sugu sastāvu. Citi nozīmīgi un izšķirīgi apstākļi, kas jāņem vērā un jālīdzsvaro veiksmīgai makroaļģu audzēšanai un novākšanai, ir audzēšanas veids (atklātās/slēgtās audzētavas), ūdens dziļums (seklumā/dziļumā), jūras gultnes veids un konkurējošās/uz sadarbību vērstās darbības jūrā. Visas iepriekš minētās īpašības un nosacījumi attiecas uz trīs makroaļģu iegūšanas alternatīvām.

Vides apstākļi optimālai aļģu augšanai un ražībai ir būtiski makroaļģu audzēšanai jūrā. Galvenā audzēšanai piemērotā suga Baltijas jūras reģionā šobrīd ir *Saccharina latissima*; lai gan kopumā tā spēj strauji augt, zemā sāls koncentrācija Baltijas jūrā kļūst par ierobežojošu faktoru aļģu audzēšanai. Tādējādi *Saccharina latissima* audzēšanas robeža atrodas Ķīles līcī. Lielākajai daļai makroaļģu sugu optimālai augšanai nepieciešamais sāļuma līmenis ir ap 30 PSV, un pašlaik uzskata, ka aļģu audzēšana nav pamatota vietās, kur gada vidējā jūras virsmas sāļuma vērtība ir mazāka par 16 PSV (Weinberger, 2020), lai gan ir izņēmumi un dažas makroaļģu sugas ir arī plaši izplatītas Baltijas jūras mazaļģajā ūdenī. Meklējot audzēšanas vietas, rūpīgi jāapsver sāls daudzums ūdenī, lai tas atbilstu izvēlētajai aļģu sugai.

Turklāt, izvēloties audzēšanas vietas, ir rūpīgi jāizvērtē, cik atklātā vietā atradīsies audzētava. Salīdzinot ar slēgtā tipa audzētavām, atklātās vietas nozīmē arī lielu viļņu iedarbību, kas nodrošina nepārtrauktu ūdens apmaiņu un tādējādi stabilu barības vielu piegādi audzētavā augošajām sugām. Tomēr, ja aļģes tiek pakļautas mehāniskajam stresam augsto viļņu dēļ, var tikt samazināta produkcijas kvalitāte, noplēšot auga zaļo daļu, ko izmanto biomasai. Un, lai gan apaugšanas risks (t.i., organismi, kas izvietojas uz auga), iespējams, samazinās atklātā tipa audzētavās (salīdzinājumā ar slēgtā tipa audzētavām), uzkrītošākas ir problēmas, kas saistītas ar audzēšanas vietu izveidi (veidojot pietauvošanās sistēmas) un piekļuvi atklātā tipa audzētavām (uzturēšanas un kopšanas nolūkos). Izvēloties vietu, jāņem vērā arī ledus

veidošanās risks ziemas sezonā, jo tas varētu saīsināt augšanas sezonu. Jāņem vērā arī tādi apstākļi kā, piemēram, attālums līdz krastam, ģeogrāfisko apstākļu radītais aizsargs, vidējā ūdens temperatūra un ledus pārklājums, kas varētu norādīt uz audzētavas veida izvēli attiecīgajā vietā. Zviedrijas rietumu krasta pieredze rāda, ka lielākie *Saccharina latissima* sugas īpatņi ir atrodamī daļēji slēgtajās audzētavās, un atklātākās vietās iegūst mazākus īpatņus nekā slēgta tipa audzētavās.

Tāpat arī ūdens dziļums un jūras gultnes veids ir būtiski faktori, jo seklās vietās, kur gultne ir mīksta, uz makroaļģēm var veidoties suspendētie nosēdumi, vienlaikus samazinot gaismas daudzumu, ko saņem aļģes, un tādējādi kavējot to augšanu. Savukārt seklās vietās ar cietu grunti audzēšanas sistēma var noēnot savvaļas makroaļģes, kuru dzīves cikls ir dabisks barības vielu piegādes avots, no kā aļģes ir atkarīgas. Barības vielu trūkums var būt arī problēma ļoti dziļos ūdeņos, jo barības vielas no jūras gultnes (remineralizācija, sadaloties organiskām vielām) sasnies virsmu tikai tādos reģionos, kur barības vielas dabiski ceļas augšup uz ūdens virsmu. Dziļās vietās ar mīkstu grunti ir sarežģīti izveidot stiprinājumu sistēmas aļģu audzēšanai; izmaksas ir augstākas seklos ūdeņos, jo ir sarežģīti noenkuroties mīkstā gruntī. Vadās pēc principa nepārsniegt 2–50 metru dziļumu un izvēlēties cietu grunti (Weinberger, 2020). Vietās, kas šobrīd darbojas Zviedrijas rietumu piekrastē, ūdens dziļums ir aptuveni 12–27 metri un jūras gultni veido galvenokārt smiltis un grants bez dabiski sastopamām brūnaļģēm.

Audzētavu izveide var būt gan konkurējoša, gan uz sadarbību vērsta ar citām darbībām jūrā. Pašlaik tiek pētīti mēģinājumi un idejas, kā potenciāli konkurētspējīgas darbības pārvērst par sadarbību, iekļaujot makroaļģu audzēšanu esošās zivju un gliemeņu audzētavās, izmantojot šo zivju un gliemeņu radītās liekā barības vielu makroaļģu audzēšanai. Norvēģijā ir pārbaudīta zivju, gliemeņu un jūraszāļu audzēšana vienlaicīgi, bet ne Zviedrijas rietumu krastā vai citos Baltijas jūras apgabalos. Tajā pašā laikā dažās teritorijās tiek izstrādātas idejas par dziļjūrā esošo konstrukciju kopīgu izmantošanu ar vēja ģeneratoru parkiem, lai izveidotu makroaļģu audzēšanas piestiprināšanās sistēmas (Buck un Grote, 2019), un tās ir pārbaudītas Dānijas ūdeņos.

Galvenās sugas ražošanai

Sārtaļģēm, brūnaļģēm un zaļāļģēm ir sarežģīti un daudzveidīgi dzīves cikli, bieži vien ieskaitot gan seksuālo, gan aseksuālo vairošanos. Makroaļģu kultūru galveno sugu dzīves ciklu izpratnes nozīmīgumu nevar pārspīlēt. Lielākā daļa audzēšanas tehnoloģiju ietver inkubatora fāzi (nepieciešama infrastruktūra telpās), kur gametas veido sporofītus, ko iesēj substrātā (līnija, virve vai cits materiāls). Savukārt iesētos substrātus iestāda infrastruktūrā atklātā jūrā, kur tie turpina augšanu. Šajā dokumentā mēs neaprstāsim detalizēti visus aprites ciklu veidus un/vai potenciālās audzēšanas metodes. Patiesībā šobrīd Baltijas jūras reģionā ir maz stabila audzēšanas sistēmu, kurās audzē Baltijas jūrā plaši sastopamās aļģu sugas, bet tekstā zemāk ir uzskaitītas interesantākās makroaļģu sugas audzēšanai šajā reģionā.

Brūnaļģes

Chorda filum

Šī suga ir plaši sastopama gan sāļos, gan mazaļos ūdeņos, un Baltijas jūrā tās atrodamas līdz pat Botnijas līča dienviddaļai. No Baltijas jūras reģiona nav saņemti nekādi eksperimentāli pētījumi par *Chorda filum*, bet pētījums no Baltās jūras liecina, ka *Chorda filum* ir potenciāli audzējama suga, jo tā ir strauji augoša viengadīga aļģu suga, ko varētu izmantot pārtikā, medicīnā vai kā alginātu resursu (Shklyarevich un Shoshina, 2012). Suga optimālo augšanu sasniedz vasarā, un tai nepieciešami salīdzinoši slēgti augšanas apstākļi, jo stipra viļņošanās var bojāt audus un nolauzt talomus no substrāta. Ieteicams kombinēti

audzēt *Chorda filum* kopā ar *Mytilus edulis*, *Laminaria digitata* vai *Saccharina latissima* (Shklyarevich un Shoshina, 2012). Vienkāršs un labi aprakstīts reproduktīvais cikls un ātrs augšanas ātrums, kā arī augsta izturība pret zemu sāļumu ir dažas no iezīmēm, kas padara *Chorda filum* par interesantu sugu audzēšanas eksperimentiem Baltijas jūras reģionā.

Fucus vesiculosus

Pūšļu fuks *Fucus vesiculosus* ir viena no Baltijas jūras piekrastes ekosistēmu dominējošajām sugām. Vainagu veidojošās sugas tiek klasificētas kā galvenās sugas, kas ir svarīgas ekosistēmas struktūrai, funkcionēšanai, sugu bagātībai visā Baltijas jūras reģionā (Kautsky, Qvarfordt un Schagerström, 2019). Šī suga ir arī komerciāli interesanta kā organiskās kosmētikas sastāvdaļa un kā uztura bagātinātājs (Meichssner et al., 2020). Ir bijuši mēģinājumi audzēt *Fucus vesiculosus* maza mēroga projektos, piemēram, Zviedrijā (Haglund un Pedersén, 1988), Dānijā (Ferdouse et al., 2018) un Vācijā (Meichssner et al., 2020). Haglund un Pedersén (1988) pētīja makroaļģu sugu audzēšanu uz Furillenas salas netālu no Gotlandes krastiem, izmantojot apsmidzināšanas sistēmu ar cirkulējošu mazzāļu ūdeni. Starp dažādām pētītajām sugām *Fucus vesiculosus* tika klasificēts kā izturīgākā suga, kas piemērota šāda veida audzēšanai mazā daudzumā. Ķīles fjordā, Vācijā, 2015. gadā tika uzsākta pirmā *Fucus vesiculosus* un *Fucus serratus* audzēšana piekrastes ūdeņos komerciālos nolūkos (Meichssner et al., 2020). Abas sugas audzē, izmantojot būru vai tīklu sistēmas ar nepiestiprinātiem laponiem. Pirmo audzēšanas izmēģinājumu lielā mērā ietekmēja bioloģiskā pūšana, un jaunākie eksperimenti cenšas saīsināt biopūšanu ar izkalšanas periodiem, kas ir uzrādījis pozitīvus rezultātus (Meichssner et al., 2020). Šo eksperimentālo pētījumu var uzskatīt par daudzsoļu soli, lai uzsāktu līdzīgas izmēģinājuma audzēšanas sistēmas citās vietās Baltijas jūras teritorijā. Viena no galvenajām problēmām ar pūšļa fuku, neskaitot tā audzēšanas grūtības, ir, ka tas aug salīdzinoši lēni. Baltijas jūrā, piemēram, Sāremā salā ir brīvi peldošas *Fucus vesiculosus* populācijas, kuras var vieglāk kultivēt.

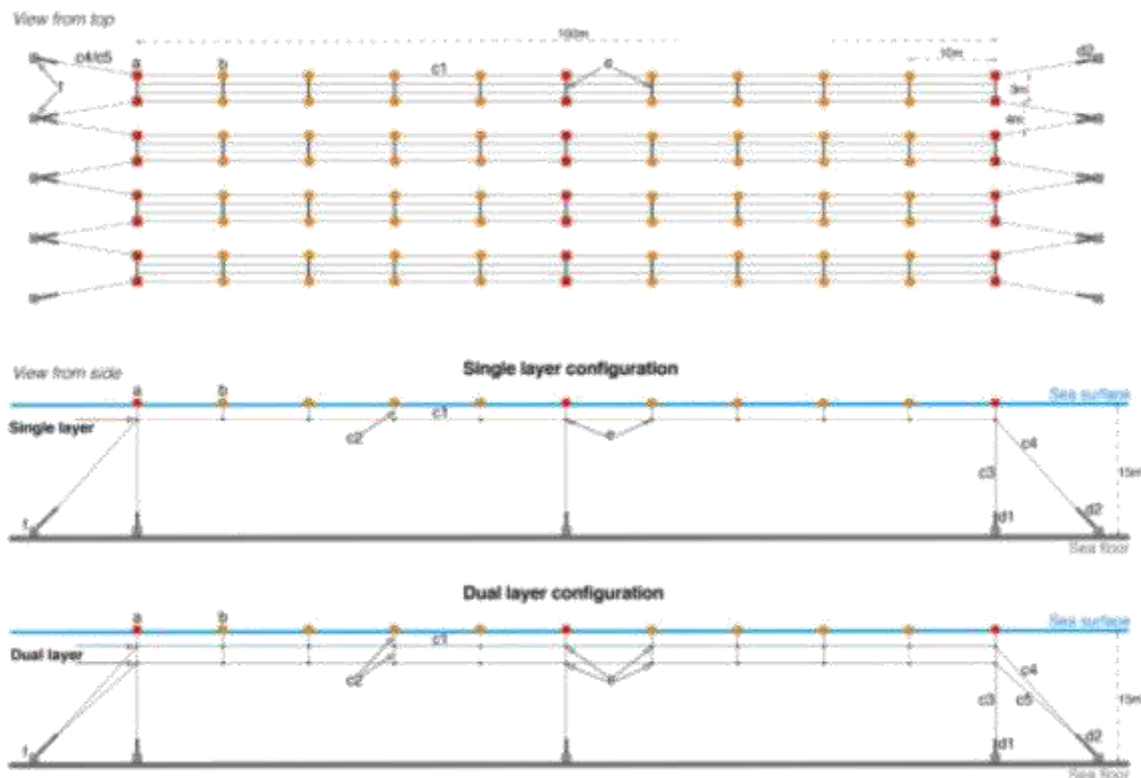
Laminaria digitata

Laminaria digitata ir viena no divām Eiropā audzēto *Lamiales* brūnaļģu sugām (otra ir cukura brūnaļģes *Saccharina latissima*, skatīt zemāk). Eiropā šo aļģu audzēšana joprojām ir sākumstadijā un notiek relatīvi mazā mērogā salīdzinājumā ar saistīto Āzijas sugu *Saccharina japonica* (Kerrison et al. 2017). *Laminaria digitata* uzrāda līdzīgas fizikāli ķīmiskās prasības kā cukura brūnaļģes – tās ir jutīgākas pret augstāku temperatūru, bet labāk pielāgojas ūdens sāļuma līmenim. Abu *Lamiales* brūnaļģu sugu ražošanas metodes ir līdzīgas, sākot ar sporu izsēju uz auklām audzētavā, kas tiek pārstādītas uz virvēm, kas ievietotas atklātā tipa audzētavās (skatīt 1. attēlu). Zināmie biomasas ražošanas apjomi, ko iegūst no uz āķu jedām audzētām aļģēm, ir zemāki *Laminaria digitata* aļģēm ($8,0 \text{ kg mitra materiāla m}^{-1} \text{ y}^{-1}$) salīdzinājumā ar $28,4 \text{ kg m}^{-1} \text{ y}^{-1}$ attiecībā uz *Saccharina latissima* (Kerrison et al., 2015). *Laminaria* ir augstāka tirgus vērtība, kas arī padara to interesantu audzēšanai. Vairāk informācijas par fizikāli ķīmiskajām prasībām, barības vielu daudzuma robežvērtībām, blīvuma iedarbību un citiem aspektiem varētu palielināt potenciālu sekmīgi audzēt *Laminaria digitata*.

Saccharina latissima

Galvenā suga audzēšanai jūrā Baltijas jūras rietumu reģionā ir *Saccharina latissima* (cukura brūnaļģes). Sāļuma līmenis Baltijas jūrā parasti ir pārāk zems, lai audzētu *Saccharina latissima*, bet Vācijā ir izveidota eksperimentāla audzētava sauszemē, kurā tiek nodrošināts viszemākais iespējamais sāļuma līmenis šīs sugas audzēšanai (15 PSV). Tomēr nevar tikt sasniegti optimāli ražošanas apjomi zemās sāls koncentrācijas dēļ, kas ierobežo izaugsmes potenciālu. Baltijas jūras rietumu daļā ir atsevišķas vietas ar optimālu sāļuma līmeni, lai audzētu *Saccharina latissima*, proti, līmeni, kas ir augstāks par 25 PSV. *Saccharina latissima* audzē gan jūrā izvietotajās audzētavās, gan sauszemes audzētavās. Jūrā šīs aļģes audzē galvenokārt uz āķu jedām (skatīt detalizētu aprakstu 1. attēlā). Dažos gadījumos audzēšanas vietās ir izveidota arī infrastruktūra, kas ļauj veikt produktu pārstrādi, piemēram, žāvēšanas iekārtas. Makroaļģu audzēšanas metožu un infrastruktūras attīstība ietver virkni dalībnieku, tostarp universitātes, publiskā sektora iestādes un aģentūras, kā arī privāto sektoru. Lielākā daļa makroaļģu jūras audzētavu ir Zviedrijā.

1. attēls. Audzēšana uz āķu jedām – shematisks atainojums. Pārdrukāts no: „Explorative environmental life cycle assessment for system design of seaweed cultivation and drying”, autori – van Oirschot, R., Thomas, J.-B. E., Gröndahl, F., Fortuin, K. P. J., Brandenburg, W., & Potting, J A. *Algal Research*, 27, 43-54. Elsevier autortiesības (2017).



1. attēlā redzama āķu jēdu infrastruktūra, kas ietver gan vienas, gan dubultās auklas sistēmas. Sistēma ietver marķierbojas, mazākas bojas, āķu jēdu virves, tērauda ķēdes, stiprinājuma lentas un betona enkurus. (Attēls no van Oirschot et al., 2017, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.025>), [Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivatives License \(CC BY NC ND\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)).

Sārtaļģes

Furcellaria lumbricalis

Furcellaria lumbricalis ir vienīgā Baltijas jūras makroaļģu suga, ko ievāc komerciāliem mērķiem Baltijas jūras reģionā. Šo sugu Baltijas jūrā ievāc jau no 20. gs. 40. gadiem. Iegūto biomasu izmanto furcellarāna ieguvei, ko savukārt izmanto pārtikas un kosmētikas nozarē kā stabilizatoru, biezinātāju un recinātāju (Weinberger, Paalme, & Wikström, 2020). Ir divi *Furcellaria lumbricalis* veidi – brīvi peldošās vai piestiprinātās, un tieši brīvi peldošās ir interesantākas ievākšanai. Šis *Furcellaria lumbricalis* veids ir izplatīts tikai Igaunijas piekrastes ūdeņos, kur katru gadu tiek saražotas aptuveni 100000–150000 tonnas aļģu (mitrais svars). Tiek ievāktas apmēram 2000 tonnas un vēl 4000 tonnas tiek savāktas krastā izskalotās *Furcellaria lumbricalis*. Igaunijas pētnieki rūpīgi seko līdzi brīvi peldošo *Furcellaria* populācijas lielumam, lai netiktu novākts pārāk daudz šo aļģu un tādējādi tiktu saglabāta dzīvotspējīga populācija šajā reģionā (Weinberger et al., 2020). Citi vides apdraudējumi, piemēram, eitrofikācija un okeānu paskābināšanās (Kersen, Paalme, Pajusalu un Martin, 2017; Pajusalu et al., 2020) varētu samazināt *Furcellaria lumbricalis* populāciju, kas nozīmē, ka no vides aizsardzības viedokļa nākotnē vajadzētu ierobežot savvaļā augošo aļģu krājumu ieguves apjomus. Tādējādi *Furcellaria lumbricalis* akvakultūras sistēmas izveidei ir augsti prioritāra. Eksperimenti līdz šim ir parādījuši, ka šīs aļģu sugas sporu nosēšanās prasa īpašus substrātus un viļņu apstākļus (Kersen et al., 2017). Izpratne par reprodukcijas bioloģiju un nosēšanos uz dažādiem substrātiem ir svarīgs zināšanu elements, lai attīstītu *Furcellaria lumbricalis* audzētavas Baltijas jūras ūdeņos.

Palmaria palmata

Palmaria palmata (sarkanā aļģe) ir viena no Baltijas jūras rietumu reģionā bagātīgi sastopamajām sārtaļģu sugām, un šī suga jau ir ļoti pieprasīta pasaules pārtikas tirgū kā barība, biodegviela vai bioaktīvo savienojumu veidā (Grote, 2019). Lai apmierinātu pieprasījumu, šī aļģu suga mūsdienās tiek ievākta no savvaļas populācijām vairākos Eiropas apgabalos. Ņemot vērā makroaļģu savvaļas populāciju ražu, vienmēr notiek kompromiss starp biomasas ieguvī un negatīvās ietekmes risku uz ekosistēmas struktūru, funkcionēšanu un daudzveidību. Tas ir iemesls, kāpēc tiek izstrādātas arvien jaunas šīs sugas audzēšanas metodes. *Palmaria palmata* varētu audzēt sauszemes audzētavās, ražojot augstas kvalitātes biomasu, lai gan tas arī nozīmētu augstas izmaksas un daudz nepieciešamā darbaspēka, energoresursu un materiālu. Eiropā pastāv iespēja izveidot lielizmēra sarkano aļģu audzētavas atklātā jūrā, bet pirms ražošanas sistēmas komercializācijas (Grote, 2019) ir nepieciešamas plašākas zināšanas par audzēšanas metodēm, slimību kontroli un celmu atlasī. Dānijā veiktie pētījumi par *Palmaria palmata* audzēšanu parādīja, kā uzlabot inkubatora fāzes efektivitāti (Schmedes un Nielsen, 2020a) un kā izvairīties no biopūšanas, mainot sāls koncentrāciju ūdenī (Schmedes un Nielsen, 2020b). Zviedrijā ir veikti audzēšanas eksperimenti iekštelpu audzētavās, bet rezultāti nav daudzsoļoši. Pašlaik tādas Ziemeļjūras valstis kā Skotija un Īrija varētu nodrošināt tirgu ar savvaļā ievāktajām *Palmaria palmata*.

Zaļāļģes

Ulva spp. (Ulva lactuca, Ulva intestinalis)

Ulva sugas aļģes bieži ir dominējošas sugas noteiktā makroaļģu „ziedēšanas” masā, kad ūdens iekrāsojas zaļā krāsā. Makroaļģu ziedēšana bieži izraisa negatīvu ietekmi uz vietējo vidi un rekreācijas vērtībām apdzīvotās piekrastes teritorijās visā pasaulē. *Ulva spp.* varētu izmantot pārtikā (Li, Kangas un Terlizzi, 2014), bioenerģijai (Bruhn et al., 2011) vai bioremediācijai, lai samazinātu barības vielas ļoti eitrofiskos ūdeņos (Kruk-Dowgiałło un Dubrawski, 1998). Ir bijuši daži mēģinājumi Baltijas jūras reģionā kultivēt gan *Ulva lactuca*, gan *Ulva intestinalis* izmēģinājuma jeb eksperimentālos projektos (Kovaltchouk, 1996; Kruk-Dowgiałło un Dubrawski, 1998; Haglund & Pedersén, 1988; Weinberger et al., 2020).

Ģints gan nav taksonomiski pietiekami labi pamatota, un jaunākie pētījumi, kas balstīti uz molekulārajiem datiem, liecina, ka agrāk veiktā sugu identifikācija, pamatojoties uz morfoloģiju, var nebūt pareiza un ka sugu morfoloģija uzrāda lielas atšķirības sugu robežās atkarībā no vides stāvokļa un ģeogrāfiskās atrašanās vietas (Steinhagen, Karez un Weinberger, 2020). Tas ir svarīgs jautājums, uz ko jārod atbilde, lai saprastu, vai šajā reģionā var veidot *Ulva* sugu audzēšanas sistēmas. Citviet ir izstrādātas metodes intensīvākai *Ulva* sugu audzēšanai. Piemēram, Vidusjūras austrumdaļā, kur ir pārbaudītas aerētās un neaerētās audzēšanas sistēmas, audzējot aļģes krātiņos atklātā jūrā (Chemodanov et al., 2019). Pagājušajā gadā (2020) Zviedrijas jūras aļģu kompānija „Nordic Seafarm” sadarbībā ar Gēteborgas universitātes zinātniekiem izveidoja *Ulva* audzētavas jūrā uz virvēm.

Projekti un iniciatīvas

Makroaļģu audzēšana

„GRASS” projekta partneri ir apzinājuši esošos makroaļģu ražošanas projektus attiecīgajās valstīs. Atklātā jūrā esošo audzētavu rezultāti ir atainoti 1. tabulā, kas liecina, ka *Saccharina latissima* aļģes tiek audzētas trīs vietās gar Zviedrijas rietumu krastu un vienā vietā Ķīles līcī, Vācijā. Zviedrijas jūras aļģu kompānija „Nordic Seafarm” 2020. gada decembrī saņēma atļauju aļģu audzēšanai jūrā aptuveni 30 hektāru platībā, un tādējādi uzņēmums tuvākajos gados kļūs par vienu no lielākajiem jūras aļģu ražotājiem Skandināvijā. Ķīles līča zonā viņi eksperimentē arī ar *Fucus vesiculosus* audzēšanu.

Saskaņā ar „GRASS” projekta partneru sniegto informāciju par audzēšanas vietu un vides apstākļiem, sastopama dažāda veida jūras gultne – no smilšainas līdz cietai gruntij, un audzētavas ir izvietotas gan atklātākās, gan ne tik atklātās vietās. Trīs audzētavās Zviedrijā ūdens sāļuma līmenis ir aptuveni 25 PSV, bet Ķīles līcī ūdens sāļums ir tikai aptuveni 12–15 PSV, kas ir ierobežojošs faktors *Sacharina latissima* ražošanai šajā apgabalā un citur Baltijas jūrā.

1. tabula. Īpaši nosacījumi makroaļģu audzēšanas projektiem un iniciatīvām Baltijas jūras reģionā.

MAKROALĢU AUDZĒŠANAS PROJEKTI							
Reģions/ projekts	Suga	Infrastruktūra, tehnoloģijas	Jūras grunts/ nogulumiežu veids	Audzētavas veids – atklātā vai slēgtā tipa	Sāļums [PSV]	Attālums līdz krastam [m]	Temperatūra [°C]
Vācija, Kieler Meeresfarm GmbH, Kiel- Pries	<i>Saccharina latissima</i> , <i>Fucus vesiculosus</i>	Jūraszāļu audzēšana jūrā – āķu jedas, šaha raksts, 1–2 m dziļi	Smilšaina, staigņa grunts	Slēgtā tipa	12–15	50	2–20
Zviedrija, Kostera arhipelāgs	<i>Saccharina latissima</i>	Āķu jedu ražošanas sistēmas	Jaukti	Slēgtā tipa	> 25	3000	8,5–11,5
Zviedrija, Gummarfjord	<i>Saccharina latissima</i>	Āķu jedu ražošanas sistēmas	Cieta grunts	Daļēji atklāta	> 26	5000	8,5–11,6
„Bohus Sea Culture“	<i>Saccharina latissima</i>	Āķu jedas un eksperimentāli arī velces	Cieta grunts	Atklāta	> 26	3000	8,5–11,6

Savvaļā augošo jūraszāļu ievākšana

Furcellaria lumbricalis ir vienīgā makroalģu suga no savvaļā augošajām, kas tiek ievāktas Baltijas jūrā. *Furcellaria lumbricalis* aug brīvi peldošā vai piestiprinātā veidā, bet piestiprinātā veidā augošās aļģes ir plaši izplatītas uz cieta grunts un tās ir sastopamas ūdeņos, kuru sāļums ir pat tik zems kā 3,6 PSV (Weinberger et al., 2020). Mūsdienās ievāc brīvi peldošās *Furcellaria lumbricalis* aļģes. Šī forma bija izplatīta Kategata ūdeņos, bet 1950.–1970. gados pastiprinājās to ievākšana, un to krājumi ievērojami samazinājās. Labvēlīgu laika apstākļu gadījuma piekrastē izskalo lielu daudzumu *Furcellaria lumbricalis* aļģu, kas atvieglo to manuālu novākšanu. Aļģes var novākt arī ar grunts traliem, un ar šo metodi aļģes ievāc, piemēram, Norvēģijā un Islandē. Diemžēl tai ir nelabvēlīga ietekme uz vidi. Notiek tehniski uzlabojumi un eksperimenti ilgtspējīgāku ražošanas metožu izstrādei, piemēram, audzēšana būros vai uz žogiem, kas novietoti uz jūras grunts, lai noķertu un ievāktu *Furcellaria lumbricalis* aļģes. No biomasas ekstrahē vielas, lai galvenokārt iegūtu divus produktus: recinātāju (furcellarāns) un sarkano krāsvielu (r-fikoeritrīns) (Weinberger et al., 2020).

Tikai viens „GRASS” projekta partneris – no Igaunijas – savā ziņojuma norāda, ka tiek ievāktas savvaļā augošās makroalģu sugas. Igaunijā aļģu ievākšanas vietas atrodas salīdzinoši maz atklātos apgabalos, kur vērojama smilšu vai māla gultne. Sāļuma līmenis svārstās no 6,0 līdz 7,0 PSV, aļģes ievāc līdz 5000 metriem no krasta, un dziļums aļģu ievākšanas vietās ir no 5 līdz 9 metriem. Ūdens temperatūra saglabājas virs nulles, un ledus netraucē *Furcellaria lumbricalis* novākšanu.

2. tabula. Apstākļi savvaļas makroalģu ievākšanas vietās Baltijas jūras reģionā.

SAVVAĻAS AĻĢU IEVĀKŠANAS PROJEKTI							
Reģions/ projekts	Suga	Jūras grunts/ nogulumiežu veids	Audzētavas veids – atklātā vai slēgtā tipa	Sāļums [PSV]	Attālums līdz krastam [m]	Dziļums [m]	Temperatūra [°C]
Igaunija, Kasari līcis	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	Smiltis un māls	Samērā aizklātā tipa	6,0–7,0	5000	5–9	8,5–11,6

Jūraszāļu savākšana

Krastā tiek izskalotas gan makroaļģes, gan jūraszāles, ko parasti izmanto kā mēslošanas līdzekli bez iepriekšējas apstrādes (neskaitot to, ka tās tiek sastumtas kompostēšanas kaudzēs). Pludmalē izskalotās aļģes un jūraszāles savāc ar traktoriem, kas aprīkoti ar arkliem un ekskavatoru kausiem, sastumjot tās kaudzēs, bet pēc kompostēšanas procesa beigām kaudzes aizvāc (Gröndahl un Blidberg, 2012; Nathaniel et al., nepublicēts).

Sistemātiski tas tiek darīts Krievijā, Zviedrijā un Latvijā. Ir vairāki aspekti, kas veicina krastā izskaloto jūraszāļu savākšanu, un iniciatīvas var nākt no dažādiem dalībniekiem, piemēram, atsevišķiem lauksaimniekiem vai zemes īpašniekiem, vietējām NVO un vietējām vai reģionālām iestādēm (Nathaniel et al., nepublicēts). Attiecīgi dažādās vietās var atšķirties izskaloto jūraszāļu savākšanas metodes.

Izskaloto makroaļģu sastāvs atšķiras atkarībā no reģiona, gadalaika un sugām, bet pārmērīgo barības vielu slodzes dēļ Baltijas jūrā noteicošās ir oportunistiskās sugas (Weinberger et al., 2020). Eitrofikācijas efekts ir sekmējis arī parastās jūraszāles izplatību; ir pierādīts, ka suga satur lielāku daudzumu kadmija nekā citas jūraszāļu sugas (Weinberger et al., 2020; Franzén et al., 2019). Ir zināms, ka visas makroaļģu sugas uzsūc smagos metālus, kas korelē ar Baltijas jūras zemo sāļumu un tādējādi padarot sugas bioloģiski pieejamas metālu asimilācijai (Weinberger et al., 2020).

„GRASS” projekta ietvaros tika ziņots par četrām pludmalē izskaloto jūraszāļu savākšanas iniciatīvām divām Latvijā, vienu Zviedrijā un vienu Krievijā. Latvijā savāktajā biomasā dominē *Furcellaria lumbricalis*. Zviedrijas gadījumā savāktajā biomasā pārsvarā ir sastopamas *Furcellaria lumbricalis*, *Fucus vesiculosus*, šķiedrveida sārtāļģes un *Zostera marina*. Krievijā vāc *Cladophora glomerata* aļģu sugu.

Šīs četras iniciatīvas būtu jāuzskata par piemēriem, kuros notiek sistemātiska krastā izskaloto jūraszāļu savākšana, lai gan reģionā ir arī vairākas maza mēroga iniciatīvas, kuru ietvaros tiek vāktas krastā izskalotās jūraszāles. Vācijā vien ir vairāk nekā 20 neliela mēroga šādu projektu (Weinberger et al., 2020). Kopumā jūraszāles vāc tikai tajās pludmalēs ar mainīgu pamatni, kurām ir ērti piekļūt, turklāt izskalotās jūraszāles un aļģes vāc tikai un vienīgi mēslošanas nolūkiem. Tomēr atšķiras šo iniciatīvu organizatoriskā struktūra un iesaistītās personas. Latvijā izskalotās jūraszāles un aļģes vāc komunālo pakalpojumu sniedzēji – komercsabiedrības, piemēram, „Tranzīts L” un „Ventspils labiekārtošanas kombināts”, savukārt Zviedrijā un Krievijā izskalotās jūraszāles un aļģes uzskata par vides pasākumu, ko atbalsta valsts iestādes, kas regulē šādus jautājumus (piemēram, Zviedrijas jūras un ūdens pārvaldības aģentūra un Sanktpēterburgas kūrorta rajona labiekārtošanas un ekoloģijas departaments), nodrošinot jūraszāļu savākšanu sadarbībā ar ārējiem/privātiem pakalpojumu sniedzējiem. 3. tabulā skatīt jūraszāļu savākšanas iniciatīvu kopsavilkumu.

3. tabula. Pludmalē izskaloto jūraszāļu savākšanas iniciatīvas

IZSKALOTO JŪRAZŠĀĻU UN AĻĢU SAVĀKŠANAS PROJEKTI				
Reģions/ iniciatīva	Suga	Jūras grunts/ nogulumiežu veids	Produkti/ mērķis	Iesaistītās organizācijas/ dalībnieki
Latvija, Liepāja	<i>Furcellaria</i> , dominējošā suga.	Jaukta veida nogulumieži	Mēslojums	SIA „Tranzīts L” – komunālie pakalpojumi; citi uzņēmumi, kas sniedz komunālos pakalpojumus, pamatojoties uz līgumiem
Latvija, Ventspils	<i>Furcellaria</i> , dominējošā suga.	Jaukta veida nogulumieži	Mēslojums	Pašvaldības SIA „Ventspils labiekārtošanas kombināts” – komunālie pakalpojumi
Zviedrija, Gotlande	<i>Furcellaria</i> , <i>Fucus ves.</i> , šķiedrveida sārtāļģes, <i>Zostera</i>	Jaukta veida nogulumieži	Mēslojums	LOVA subsidēšanas sistēma, ko pārvalda Zviedrijas jūras un ūdens pārvaldības aģentūra un Gotlandes pašvaldības administrācija: Vietējās NVO un pašvaldības var pieteikties finansējumam un noslēgt līgumus ar vietējiem uzņēmējiem un lauksaimniekiem

Krievija, Sanktpēterburga	<i>Cladophora glomerata</i>	Jaukta veida nogulumieži	Augsnes uzlabotājs puķu dobēm un koku stādījumiem	Sanktpēterburgas kūrorta rajona labiekārtošanas un ekoloģijas departaments
------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	---	--

Jūras grunts veids ir izšķirīgi nozīmīgs, jo tam jāspēj noturēt izmantotās tehnikas svaru, vienlaikus nekaitējot tehnikai un videi (Weinberger et al, 2020). Ražošanu vēlams attīstīt vietās, kur grunti klāj smilts. Nogulumiežu veids arī ietekmē galaproduktu – mēslošanas līdzekli; akmeņi un pārāk daudz smilšu nav vēlami lauksaimniekiem (Nathaniel et al., npublicēts).

Fakts, ka pludmales tiek izmantotas atpūtas nolūkos, varētu būt gan konkurējoša, gan uz sadarbību vērsta aktivitāte: reizēm gan pludmales nebūtu pieejamas vasarā, kad tiek ievāktas aļģes, tomēr vienlaikus šīs darbības apmierina atpūtnieku vēlmi pēc tīrām pludmalēm. Vēl viena problemātiska situācija rodas attiecībā uz dabas aizsardzību, jo neskartās, pludmalē izskalatās jūraszāles un aļģes kalpo par atsevišķu sugu dzīvotni; tomēr citi pētījumi uzrāda neviennozīmīgus vai pat pretrunīgus rezultātus (Zelinsky et al. 2019).

Pašreizējās ražošanas problēmas

„GRASS“ projekta partneri ir apzinājuši un apkopājuši problēmas, kas saistītas ar makroaļģu ražošanu, iedalot tās trīs kategorijās: *infrastruktūra* (no inkubēšanas fāzes līdz novākšanai), *tiesiskais regulējums* un *organizatoriskā struktūra* (4. tabula).

Visiem reģioniem, kas īsteno audzēšanas projektus, kopīgie **infrastruktūras** problēmjaudājumi ir vajadzība palielināt pret laika apstākļiem izturīgu infrastruktūru jūrā, uzlabot esošo iekārtu efektivitāti un attīstīt jaunas tehnoloģijas, kā arī iekārtu trūkums šādiem eksperimentāliem projektiem. Ir jāizstrādā audzēšanas metodes, kas piemērotas katrā vietā augošo sugu ražošanai – no inkubēšanas fāzes līdz ražošanas infrastruktūrai un vērtību ķēdēm.

Tiesiskā regulējuma problēmas, kas saistītas ar to, ka makroaļģu ražošanai nav piemērotas jurisdikcijas, ir uzsvērtas attiecībā uz visiem makroaļģu iegūšanas veidiem: komerciālu audzēšanu, ievākšanu un savākšanu. Vairāku projektu praktiskā pieredze liecina, ka tas ir ilgstošs un sarežģīts process, lai iegūtu atļaujas makroaļģu ražošanai, kas savukārt kavē makroaļģu nozares izaugsmi. Tādējādi būtu vēlams vienkāršot atļauju iegūšanas procesu, lai izveidotu sekmīgi darbojošos makroaļģu nozari, bet tam ir nepieciešams politisks atbalsts.

Attiecībā uz **organizatoriskajām problēmām** galvenais klupšanas akmens ir zināšanu trūkums. Trūkst pieredzes tehnoloģiju attīstībā makroaļģu audzēšanas jomā. Attiecībā uz aļģu ievākšanu trūkst zināšanu par darbībām citās ražošanas jomās. Šādas zināšanas ir nepieciešamas sadarbības nolūkos, piemēram, lai sadarbotos ar zvejniecību, izveidojot rūpniecisku simbiozi starp tradicionālajām nozarēm un jauno makroaļģu ražošanas nozari. Lielākais izaicinājums attiecībā uz krastā izskaloto jūraszāļu savākšanu ir zināšanu trūkums par ietekmi, ko uz jūras ekosistēmu rada šādu piekrastē izskaloto jūraszāļu un aļģu savākšana, kā arī par ietekmi uz lauksaimniecības ekosistēmām, izmantojot tās kā mēslošanas līdzekli.

4. tabula. Problēmas saistībā ar makroaļģu ražošanu, ko identificējuši „GRASS“ projekta partneri (sadalījumā pa valstīm). Problēmas ir sadalītas trīs jomās: infrastruktūra no inkubēšanas līdz novākšanai, tiesiskais regulējums un organizācija.

MAKROAĻĢU RAŽOŠANAS PROBLĒMAS				
REĢIONS	Projekts	Infrastruktūra No inkubēšanas līdz novākšanai	Tiesiskais regulējums	Organizatoriskā struktūra
Polija	Audzēšana jūrā, nekonkretizētas sugas	Veidojas ledus, kura dēļ nepieciešama iegremdēta infrastruktūra	Nav specifisku tiesību aktu, bet gan garš un sarežģīts atļauju iegūšanas process. Tiek aizsargātas divas sugas, kurām nepieciešamas īpašas atļaujas, lai tās varētu audzēt vietās, kur tās sastopamas savvaļā.	Zināšanu trūkums par audzēšanu un ievākšanu, maz zinātniskas informācijas par potenciāli audzējamo sugu vairošanos un augšanu.
Somija	Plānota audzēšana jūrā, nekonkretizētas sugas	Nepieciešama tehnoloģiju attīstības visos posmos.	Jaunas atļaujas izsniegšanas darbības, nepieciešams veikt izmēģinājumus, lai novērtētu tiesisko regulējumu	Zināšanu un pieredzes trūkums par audzēšanu, augstas darbaspēka izmaksas.
Latvija	Audzēšana jūrā, nekonkretizētas sugas	Nav esošas infrastruktūras. Ekstremāli vēja un viļņu apstākļi, kā arī paredzams, ka ietekmēs ledus	Tiesiskais regulējums ir viena no lielākajām problēmām. Nav īpašas licenču/atļauju sistēmas; licences/atļaujas tiek izsniegtas pēc individuāliem priekšlikumiem. Licences	Vēl nav pieredzes. Tiks izmantota pieredze, kas gūta no ēdamgliemeņu audzēšanas.

			iegūšanas process var ilgt 400 dienas.	
	<i>Furcellaria lumbricalis</i> iegūšana no krastā izskalotajām jūraszālēm un alģēm	Uzlabota tehnika ātrai alģu novākšanai un žāvēšanai lielos apjomos	Nav ziņots par problēmām Piemēro īpašus noteikumus attiecībā uz pludmalē izskalotajām jūraszālēm un alģēm	Nav ziņots par problēmām
Igaunija	<i>Furcellaria lumbricalis</i> iegūšana no krastā izskalotajām jūraszālēm un alģēm un <i>Furcellaria lumbricalis</i> iegūšana ar traļiem	Tiek pētītas sūkņēšanas metodes kā videi draudzīgāka metode	Jūraszāļu, ēdamgliemeņu un zivju audzēšana saskaņā ar likumu ir gandrīz tāda pati darbība kā uzbūvēts vēja parks; normāla plānošana un ieguldījumi uz tā ir gandrīz neiespējami	Nav specifisko zināšanu šajā jomā, nenotiek zināšanu nodošana; grūti izpildīt ieceri iesaistīt vietējos zvejniekus nesezonas laikā
	Brīvi peldošo <i>Furcellaria lumbricalis</i> iegūšana no krastā izskalotajām jūraszālēm un alģēm	Krātiņi un žogi uz jūras gultnes. Nepieciešama viegla, stipra un efektīva konstrukcija	Sarežģīta un ierobežojoša atļauju izsniegšanas kārtība	Zināšanu trūkums. Iespējamā vietējo zvejnieku iesaistīšana nesezonas laikā
Vācija	<i>Saccharina latissima</i> audzēšana tvertnēs sauszemē	Slikti sāļuma apstākļi	Darbības ierobežojumi piekrastē un tālāk no krasta. Ilgs atļauju process (līdz 2 gadiem)	Augstas personāla izmaksas
	<i>Ulva</i> sugas, <i>Gracilaria</i> un <i>Mastocarpus</i> sugas, fotobioreaktors telpās	-	-	Zems ražošanas apjoms, salīdzinot ar nepieciešamo darba apjomu
Zviedrija	<i>Saccharina latissima</i> , ar āķu jedām jūrā	Atklātā jūrā audzēšana atklātā tipa audzētavās ir sarežģīta. Tuvāk krastam izveidotās slēgtā tipa audzētavas ir drošas, produktīvas un rentablas. Galvenais šķērslis alģu ražošanas palielināšanai Zviedrijā ir spēt nodrošināt ātru un sekmīgu biomasas žāvēšanu lielos apjomos	Nav skaidras kārtības, lai iegūtu pareizas atļaujas. Politiskā atbalsta trūkums, lai palīdzētu vienkāršot procesus. Licenču iegūšana ir bijusi problemātiska, pašlaik tiek izstrādāts jauns tiesiskais regulējums.	Nav identificētu problēmu
	Izskaloto jūraszāļu un alģu savākšana	Tehnoloģijas, lai novāktu alģes ar minimāliem smilšu piemaisījumiem	Neskaidri noteikumi un regulējums	Zināšanu trūkums par piekrastē izskaloto jūraszāļu un alģu savākšanas ietekmi uz vidi, proti, par ietekmi uz jūras un sauszemes dzīvotnēm
Krievija	<i>Ulva</i> spp., <i>Cladophora glomerata</i> , <i>Pilayella littoralis</i>	Atbilstošu ēku trūkums	Atļauju iegūšanas process ir problēma, bet veiksmīgi piemēri pastāv	Kvalificēta personāla trūkums

Iespējamās ilgtspējīgās alternatīvas

Iespējamās alternatīvas ilgtspējīgas makroaļģu nozares izveidei Baltijas jūrā prasa risināt un pārvarēt vairākas ar ražošanu saistītas problēmas. Ārkārtīgi svarīga ir starpdisciplināra pieeja, kas apvieno vides, tehnoloģiskos un sociālos/ekonomiskos problēmu aspektus. To var ilustrēt ar piemēru par iespējamu notikumu attīstību, sākot ar zināšanu veidošanu par ietekmi uz vidi, ko rada makroaļģu ražošana (audzēšana, ievākšana un savākšana). Šādas zināšanas varētu kalpot par ilgtspējas vadlīnijām politikas veidotājiem un tādējādi vienkāršot atļauju izsniegšanas procesu makroaļģu ražošanai. Vienkāršāks atļauju piešķiršanas process varētu nodrošināt vai paplašināt ekonomiskās subsīdijas un palielināt ieguldījumus tehnoloģiju attīstībā un citos būtiskos problēmjautājumos. Pamanot saistību starp dažādām ražošanas problēmām, tostarp vides, sociālajiem, ekonomiskajiem un tehniskajiem aspektiem, varētu dot impulsu makroaļģu ražošanas attīstībai Baltijas jūras reģionā.

Ieteicams veikt šādus konkrētus pasākumus:

- Baltijas jūras rietumdaļā mēs iesakām turpināt attīstīt un vienkāršot relatīvi gatavo ražošanas tehnoloģiju *Saccharina latissima*, *Laminaria digitata* un *Ulva sp.* audzēšanai, kas ir vienīgā komerciāli audzētā suga atklātā jūrā mūsdienās.
- Ir steidzami nepieciešams vairāk pētījumu un zināšanu par dzīves ciklu, audzēšanas metodēm un produktu vērtību ķēdēm alternatīvām sugām, kas ir piemērotas audzēšanai atklātā jūrā šajā reģionā, piemēram, *Furcellaria lumbricalis*, *Fucus vesiculosus*, *Ulva sp.*, *Chondra filum u.c.*. Tas ir īpaši svarīgi Baltijas jūrai (Baltijas jūras austrumu daļai), jo Baltijas jūrā nav tādu sugu, kurām ir jau sekmīgi izstrādātas audzēšanas metodes un infrastruktūra, kas atrodas citos reģionos.
Tādēļ pirms ražošanas uzsākšanas reģionā ir jāizstrādā „jaunas” ražošanas sistēmas.
- Jau tagad reģionā ir vairākas strādājošas vai izveides procesā esošas sauszemes audzētavas, kur audzē, piemēram, *Fucus vesiculosus*, *Ulva sp.*, *Saccharina latissima*. Taču, lai šīs sistēmas būtu komerciāli interesantas, ir jāuzlabo infrastruktūra, tehnoloģijas un izmaksu efektivitāte. Sauszemē izveidotās audzētavas ir izdevīgas, jo tām ir mazāk jāpielāgojas reģiona specifikai un tajās ražo augstas kvalitātes makroaļģu biomasu.
- Ievācot savvaļā augošās *Furcellaria lumbricalis*, regulāri jāanalizē ietekme uz vidi, lai nodrošinātu, ka tiek izmantotas ilgtspējīgas metodes. Būtu jāveicina arī pētījumi par *Furcellaria* audzēšanas metodēm.
- Vietējā līmenī ir izveidotas piekrastē izskaloto jūraszāļu un aļģu pārvaldības sistēmas, bet problēmas ir līdzīgas visā Baltijas jūras reģionā. Lai panāktu ilgtspējīgu attīstību, vispirms būtu jānosaka krastā izskaloto un savācamo jūraszāļu un aļģu daudzums, kas ir ilgtspējīgs un nerada lielu ietekmi uz jūras ekosistēmām, ietekmi uz vidi, ko rada izskalošā materiāla aizvākšana (piemēram, uz eroziju), kā arī ietekmi uz vidi, ko rada šādu izskaloto aļģu un jūraszāļu izmantošana par mēslošanas līdzekli, jo tāds ir biežākais to pielietojums.
- Apkopot un dalīties zināšanās, lai uzlabotu tādu tiesību aktu un politikas izstrādi, kas atbilst ilgtspējīgu makroaļģu ražošanas sistēmu izaugsmei – komerciālai audzēšanai, ievākšanai un savākšanai.

Izmantotā literatūra

Bruhn, A., Dahl, J., Nielsen, H. B., Nikolaisen, L., Rasmussen, M. B., Markager, S., . . .

Jensen, P. D. (2011). Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: Biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology*, 102(3), 2595-2604. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.010>

Buck, B. H., & Buchholz, C. M. (2004). The offshore-ring: A new system design for the open ocean aquaculture of macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 16(5). <https://doi.org/10.1023/B:JAPH.0000047947.96231.ea>

Camia, A., Rober, N., Jonsson, R., Pilli, R., Garcia-Condado, S., Lopez-Lozano, R., van der Velde, M., Ronzon, T., Gurria, P., M'Barek, R., Tamosiunas, S., Fiore, G., Araujo, R., Hoepffner, N., Marelli, L., & Giuntoli, J. (2018). Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment. No: ISBN978-92-79-77237-5. <https://doi.org/10.2760/181536>

Chemodanov, A., Robin, A., Jinjikhashvily, G., Yitzhak, D., Liberzon, A., Israel, A., & Golberg, A. (2019). Feasibility study of *Ulva* sp. (Chlorophyta) intensive cultivation in a coastal area of the Eastern Mediterranean Sea. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(4). <https://doi.org/10.1002/bbb.1995>

Duarte, C. M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A., & Krause-Jensen, D. (2017). Can seaweed farming play a role in climate change mitigation and adaptation? *Frontiers in Marine Science*, 4(APR). <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00100>

Franzén, D., Infantes, E., & Gröndahl, F. (2019). Beach-cast as biofertiliser in the Baltic Sea region-potential limitations due to cadmium-content. *Ocean and Coastal Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.11.015>

Grote, B. (2019). Recent developments in aquaculture of *Palmaria palmata* (Linnaeus) (Weber & Mohr 1805): cultivation and uses. No: *Reviews in Aquaculture* (11.sēj., Nr.1). <https://doi.org/10.1111/raq.12224>

Haglund, K., & Pedersén, M. (1988). Spray cultivation of seaweeds in recirculating brackish water. *Aquaculture*, 72(1-2). [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90158-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90158-5)

Hasselström, L., Thomas, J. B., Nordström, J., Cervin, G., Nylund, G. M., Pavia, H., & Gröndahl, F. (2020). Socioeconomic prospects of a seaweed bioeconomy in Sweden. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58389-6>

Kautsky, L., Qvarfordt, S., & Schagerström, E. (2019). *Fucus vesiculosus* adapted to a life in the Baltic Sea: Impacts on recruitment, growth, re-establishment and restoration. *Botanica Marina*, 62(1). <https://doi.org/10.1515/bot-2018-0026>

Kersen, P., Paalme, T., Pajusalu, L., & Martin, G. (2017). Biotechnological applications of the red alga *Furcellaria lumbicalis* and its cultivation potential in the Baltic Sea. No: *Botanica Marina*. <https://doi.org/10.1515/bot-2016-0062>

Kerrison, P. D., Stanley, M. S., Black, K. D., & Hughes, A. D. (2017). Assessing the suitability of twelve polymer substrates for the cultivation of macroalgae

Laminaria digitata and *Saccharina latissima* (Laminariales). *Algal Research*, 22, 127-134. doi:<https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.10.001>

Kerrison, P. D., Stanley, M. S., Edwards, M. D., Black, K. D., & Hughes, A. D. (2015).

The cultivation of European kelp for bioenergy: Site and species selection.

Biomass and Bioenergy, 80, 229-242.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.035>

Kovaltchouk N.A. 1996. Sanitary mariculture of green macroalgae one of the eutrophication methods of domestic sewage flowing in the Gulf of Finland. No: U. Schiewer (ed.) *Sustainable Development in Coastal Regions*. Abstr. Int. Symp. 1996. gada 15.–20. aprīlis. Rostoka, Vācija. Rostock Univ.Press, 54. lpp.

Kruk-Dowgiałło, L., & Dubrawski, R. (1998). A system of protection and restoration of the Gulf of Gdańsk. *Bulletin of the Maritime Institute*, 25(1), 45-67

Li, J., Kangas, P., & Terlizzi, D. E. (2014). A Simple Cultivation Method for Chesapeake Bay *Ulva intestinalis* for Algal Seed Stock. *North American Journal of Aquaculture*, 76(2). <https://doi.org/10.1080/15222055.2013.869287>

Meichssner, R., Stegmann, N., Cosin, A. S., Sachs, D., Bressan, M., Marx, H., Krost, P., & Schulz, R. (2020). Control of fouling in the aquaculture of *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus* by regular desiccation. *Journal of Applied Phycology*, 32(6). <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02274-2>

Pajusalu, L., Albert, G., Fachon, E., Hepburn, C. D., Kotta, J., Liversage, K., Paalme, T., Peterson, A., Pritchard, D. W., Põllumäe, A., Torn, K., & Martin, G. (2020). Ocean acidification may threaten a unique seaweed community and associated industry in the Baltic Sea. *Journal of Applied Phycology*, 32(4). <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01935-1>

Schmedes, P. S., & Nielsen, M. M. (2020a). New hatchery methods for efficient spore use and seedling production of *Palmaria palmata* (dulse). *Journal of Applied Phycology*, 32(4). <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01998-0>

Schmedes, P. S., & Nielsen, M. M. (2020b). Productivity and growth rate in *Palmaria palmata* affected by salinity, irradiance, and nutrient availability—the use of nutrient pulses and interventional cultivation. *Journal of Applied Phycology*, 32(6). <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02248-4>

Schultz-Zenhden, A., & Matczak, M. (2012). *Submariner Compendium: An Assessment of Innovative and Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*.

Shklyarevich, G. A., & Shoshina, E. . (2012). *Chorda filum* (L.) Lamour. (Phaeophyta) as a perspective species for mariculture in the Barents and White Seas, *Vestnik of MSTU*. 2012. V. 15, Nr 4. 845.–850.lpp. 845–850. http://vestnik.mstu.edu.ru/v15_4_n50/845_850_shklyar.pdf (krievu valodā)

Steinhagen, S., Karez, R., & Weinberger, F. (2019). Cryptic, alien and lost species: molecular diversity of *Ulva sensu lato* along the German coasts of the North and

Baltic Seas. *European Journal of Phycology*, 54(3).
<https://doi.org/10.1080/09670262.2019.1597925>

van Oirschot, R., Thomas, J. B. E., Gröndahl, F., Fortuin, K. P. J., Brandenburg, W., & Potting, J. (2017). Explorative environmental life cycle assessment for system design of seaweed cultivation and drying. *Algal Research*, 27.
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.025>

Weinberger, F., Paalme, T., & Wikström, S. A. (2020). Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts. *Botanica Marina*, 63(1), 61–72. <https://doi.org/10.1515/bot-2019-0019>

Zielinski, S., Botero, C. M., & Yanes, A. (2019). To clean or not to clean? A critical review of beach cleaning methods and impacts. *Marine Pollution Bulletin*, 139(janvāris), 390–401. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.027>

I pielikums

Aptaujas anketa, kas tika izmantota datu vākšanai "GRASS" projektā.

Review efficient production methods of macroalgae throughout the Baltic Sea

Country:

1. List experimental algae farms, algae production initiatives and/or wild algae/beach cast harvest in your country; past, current and anticipated. Please use the table below.

Farm name & site	Species & harvest volume	Product(s)	Type of infrastructure (long line/nets/etc.)	Organizations involved

2. Describe the cultivation site/s (e.g. exposed or not, distance from shore, rocky/sandy/muddy floor, yearly temperature ranges, PSU (salinity) and related this to the production potential.
3. What are the production related challenges from your country?
- a. Hatchery challenges
 - b. Infrastructure (lines/nets etc.) challenges
 - c. Legislative challenges
 - d. Organizational (knowledge, work power, gender issues) challenges
4. Based on the experience from your country what are the most suitable farming and harvesting equipment and why?