

MAKROALĢES

BALTIJAS JŪRAS REĢIONĀ

GRASS projektā iegūtās un analizētās
informācijas apkopojums

Latvija, 2021



Brošūra ir izstrādāta INTERREG Baltijas jūras reģiona programmas 2014.–2020. gadam līdzfinansētā projektā Nr. R097 „Baltijas jūras aļģu ilgtspējīga izmantošana” (GRASS) ar Eiropas Reģionālās attīstības fonda atbalstu.

Tekstu sagatavoja Ieva Bārda, Ligita Kokaine un Zaiga Ozoliņa.

Brošūrā izmantotas fotogrāfijas no Kurzemes plānošanas reģiona un Līgas Kokaines personīgā arhīva.

Maketu sagatavoja SIA „artTECH”.

Pateicamies Daugavpils Universitātes aģentūrai „Latvijas Hidroekoloģijas institūts” (turpmāk – LHEI) par ieguldījumu brošūras tapšanā.

Brošūra atspoguļo autora viedokli, un INTERREG Baltijas jūras reģiona transnacionālās sadarbības programmas vadošā iestāde neatbild par tajā ietvertās informācijas iespējamo izmantošanu.

SATURS

IEVADS	4
MAKROALĢES BALTIJAS JŪRĀ	5
MAKROALĢU AUDZĒŠANA UN IEGUVE	8
Metodes un tehnoloģijas	8
Zaļāļģu <i>Ulva intestinalis</i> ferma	15
Brūnāļģu <i>Fucus spp.</i> ferma	15
KRASTĀ IZSKALOTO MAKROALĢU APSAIMNIEKOŠANA	16
Tehnoloģijas un metodes	16
Vides ieguvumi un riski	17
Līdzšinējā pieredze un mūsdienu tendences makroalģu vākšanā Latvijā	17
Liela daļa jūras mēslu sakrājas pie ostu moliem, jo īpaši Kurzemē	18
MAKROALĢU IZMANTOŠANA	19
Ieguvumi veselībai	19
Uzturvielu daudzums	19
Pārtikas rūpniecība	20
Kosmētikas rūpniecība	20
Farmācija	21
Lauksaimniecība	21
Biodegviela	21
Vides inženierija	21
Citas rūpniecības nozares	21
Smagie metāli un piesārņojums	22
Jods	22
Jaunu aļģu sugu izmantošana uzturā	23
VIDES IETEKME	24
Ieguvumi videi un riski	24
Barības vielu uzņemšana un uzkrāšana	24
Bīstamo vielu uzņemšana un uzkrāšana	26
Gaismas apstākļi	26
Fiziskas vides izmaiņas – mākslīgi radīta makroalģu klātbūtne ūdens masā	27
Fiziskas vides izmaiņas – mākslīga cieta substrāta ieviešana	28
Fiziskas vides izmaiņas – konstrukcijas ūdens kolonnā	28
Slimību, parazītu un svešzemju sugu izplatība	29
Piesārņojums ar troksni	30
TIRGUS PERSPEKTĪVAS ASPEKTI UN NĀKOTNES POLITIKA	31
SOCIĀLEKONOMISKIE IEGUVUMI NO ILGTSPĒJĪGAS MAKROALĢU AUDZĒŠANAS BALTIJAS JŪRĀ	33
NODERĪGI RESURSI	34

IEVADS

„Makroalģes Baltijas jūras reģionā” ir projektā „Baltijas jūras aļģu ilgtspējīga izmantošana” (akronīms – GRASS) iegūtās un analizētās informācijas apkopojums par makroalģēm, to iegūvi un izmantošanu, un šīs jomas attīstības potenciālu Baltijas jūras reģionā.

Brošūra ir izstrādāta INTERREG Baltijas jūras reģiona programmas 2014.–2020. gadam līdzfinansētā projekta Nr. R097 „Baltijas jūras aļģu ilgtspējīga izmantošana” ietvaros. Projekta mērķis ir uzlabot zināšanas un paaugstināt kapacitāti makroalģu audzēšanā un izmantošanā Baltijas jūras reģionā, īpaši sabiedriskajā sektorā.

Brošūras informācija ir veidota, apvienojot svarīgāko informāciju no dažādu projekta partneru izstrādātajiem ziņojumiem projekta laikā un ietverot informāciju par svarīgākajiem secinājumiem par makroalģu izmantošanas iespējām un potenciālu Baltijas jūras reģionā.

Makroalģu biomasa ir bagātīgs bioaktīvo produktu avots. Makroalģes tiek lietotas medikamentos, pārtikā (tiešais patēriņš, pārtikas sastāvdaļas, uztura bagātinātāji un piedevas), barībai un kā barības piedevas, kosmētikā, bioplastmasai, mēslošanas līdzekļiem, lauksaimniecības biostimulatoriem un biodegvielai / biogāzei. Tā kā to sastāvā ir daudz olbaltumvielu, neaizvietojamu aminoskābju, antioksidantu un vitamīnu, makroalģes sniedz daudz ieguvumu cilvēkiem.

Aļģes tiek uzskatītas par ilgtspējīgu pārtikas un barības alternatīvu; tā ir iespēja ilgtspējīgai pārtikas nozares attīstībai nākotnē.

Eiropas Savienībā aļģu nozarei tiks noteikts mērķtiecīgs atbalsts, lai tās kļūtu par alternatīvu olbaltumvielu avotu ilgtspējīgām cilvēku pārtikas un dzīvnieku barības sistēmām.

Jau šobrīd aļģu audzēšana ir viens no zilās bioekonomikas (angļu val. – *blue bioeconomy*) pamanāmākajiem sektoriem. Eiropas komisija 2021. gadā ir uzsākusi visaptverošu, starpsektorālu ES aļģu iniciatīvu. Tās mērķis ir palielināt aļģu ilgtspējīgu ražošanu, nodrošināt drošu patēriņu un veicināt novatorisku aļģu produktu izmantošanu Eiropā.

Vissvarīgākais ir tas, ka makroalģu ražošanai nav vajadzīga zeme un mēslošanas līdzekļi. Makroalģu ražošana var mazināt eutrofikācijas negatīvo ietekmi un uzlabot ūdens kvalitāti, jo aļģes barojas no ūdenī esošajām barības vielām. Aļģu ražošana mazina klimata pārmaiņas, jo aļģu biomasa piesaista CO₂. Saskaņā ar Eiropas Jūras aļģu koalīcijas datiem makroalģu audzētavas 27 300 hektāru platībā spēj saistīt 20 000 tonnas slāpekļa, 2000 tonnas fosfora un 5,4 miljonus tonnu CO₂ ekvivalenta. Kopumā makroalģēm var būt nozīmīga loma dažādu ilgtspējīgas attīstības mērķu sasniegšanā, kas saistīti ar pārtikas nodrošinājumu, cilvēku un planētas veselību, kā arī ilgtspējīgas jūras ekonomiskās izaugsmes iespēju nodrošināšanu.¹

¹ https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_PolicyBrief-1_ENG.pdf

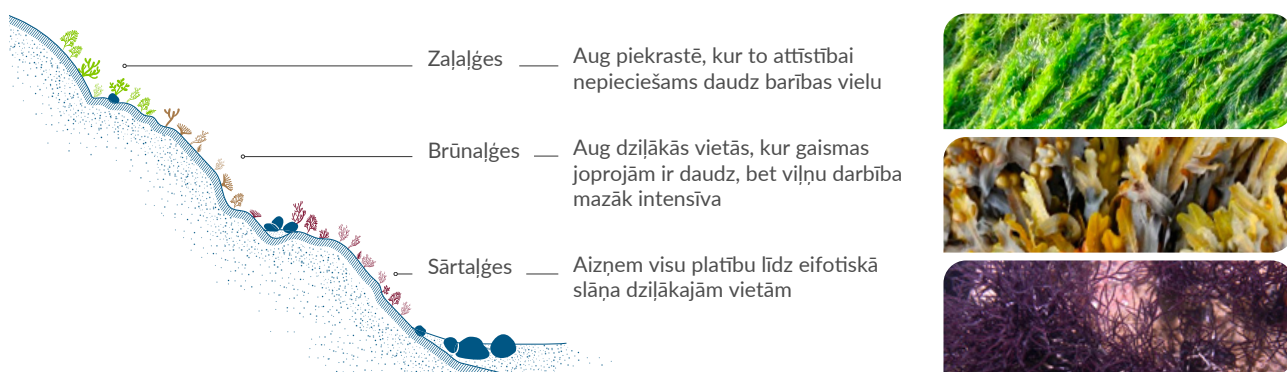
MAKROALĢES BALTIJAS JŪRĀ

Makroalģes veido svarīgas un ekoloģiski vērtīgas dzīvotnes Baltijas jūrā. Makroalģes ir zemākie augi, kas aug apgaismotajā ūdenstilpes daļā, un to izmēri var būt no dažiem centimetriem līdz dažiem desmitiem centimetru. Tām nav augstākajiem augiem raksturīgo orgānu – sakņu, stumbru un lapu. Makroalģes aug, piestiprinoties cietam substrātam ar rizoīdiem; to laponis veic fotosintēzi un uzņem barības vielas no ūdens. Sastopamas gan viengadīgas, gan daudzgadīgas makroalģu sugas.

Makroalģes veic svarīgus ekosistēmas pakalpojumus. Fotosintēzes procesā tās saista ogļskābo gāzi un veido organiskās vielas, ko tālāk var izmantot citi ūdens organismi. Augšanas procesā alģes saista ūdenī esošos slāpekļa un fosfora savienojumus, uzkrāj tos savā biomasā, tādējādi samazinot to daudzumu ūdenī.

Makroalģu audžu veidošanās atkarīga no vairākiem vides faktoriem, piemēram, substrāta, sāļuma, viļņu darbības intensitātes, kā arī pieejamā gaismas daudzuma. Piekrastē veidojas raksturīgas makroalģu joslas: viengadīgo alģu josla, ko galvenokārt veido zaļalģes, dziļākos ūdeņos attīstās brūnalģes, bet tālāk veidojas sārtaļģu josla (Ilustrācija Nr. 1²).

Ilustrācija Nr. 1. Raksturīgās makroalģu joslas



Ilustrācija Nr. 2. Makroalģu sugu izplatība un sāļuma gradients Baltijas jūrā



² Attēls veidots, balstoties uz Antti Takolander, 2018. Assessing the effects of climate change on Baltic Sea macroalgae: implications for the foundation species *Fucus vesiculosus* L.

Baltijas jūrā ir izteikts sāļuma gradients. Vislielākais sāļums ir Baltijas jūras dienvidu daļā, un tas pakāpeniski samazinās uz ziemeļiem. Viszemākais sāļums ir Botnijas līcī. Taču arī Rīgas un Somu līcī sāļums ir zemāks nekā Baltijas jūras centrālajā daļā. Sāļums ierobežo makroalģu sugu daudzveidību un izplatību Baltijas jūrā (Ilustrācija Nr. 2³). Piemēram, brūnalģe *Saccharina lattissima*, kas veido bagātīgas audzes pie Dānijas un Vācijas krastiem, kur sāļums sasniedz 16‰ un kur tā tiek veiksmīgi kultivēta, nevar attīstīties citur Baltijas jūrā, kur sāļums ir ievērojami zemāks. Visaugstākā makroalģu sugu daudzveidība ir sastopama Baltijas jūras dienvidrietumu daļā, un tā samazinās ziemeļu virzienā.

Tikpat svarīgs faktors ir makroalģēm pieejamais substrāts jeb grunts. Zviedrijas un Somijas krastiem raksturīgais klintājs un neskaitāmās saliņas veido ideālu patvēruma vietu daudzām makroalģu sugām, kamēr Latvijas un Lietuvas piekrastē makroalģu dzīvotnes veido vien laukakmeņi un oļi, tāpēc to augšanas apstākļi Baltijas jūras austrumu piekrastē ir sarežģītāki.

Baltijas jūrā nozīmīgākās sugas ir daudzgadīgās makroalģes – brūnalģe pūšļu fuks *Fucus vesiculosus* un sārtaļģe *Furcellaria lumbricalis*. Tās veido svarīgas nārsta vietas Baltijas reņģei *Clupea harengus membras* un ir substrāts dažādiem apaugumus veidojošiem organismiem – pavedienalģēm, sūnenim *Electra crustulenta*, jūraszīlēm *Amphibalanus improvisus*. Makroalģes veido zivju mazuļu un dažādu kustīgu bezmugurkaulnieku (sānpelžu, vienādkājvēžu, daudzstartāru) barošanās un patvēruma vietas, kā arī nozīmīgas barošanās vietas ūdensputniem.

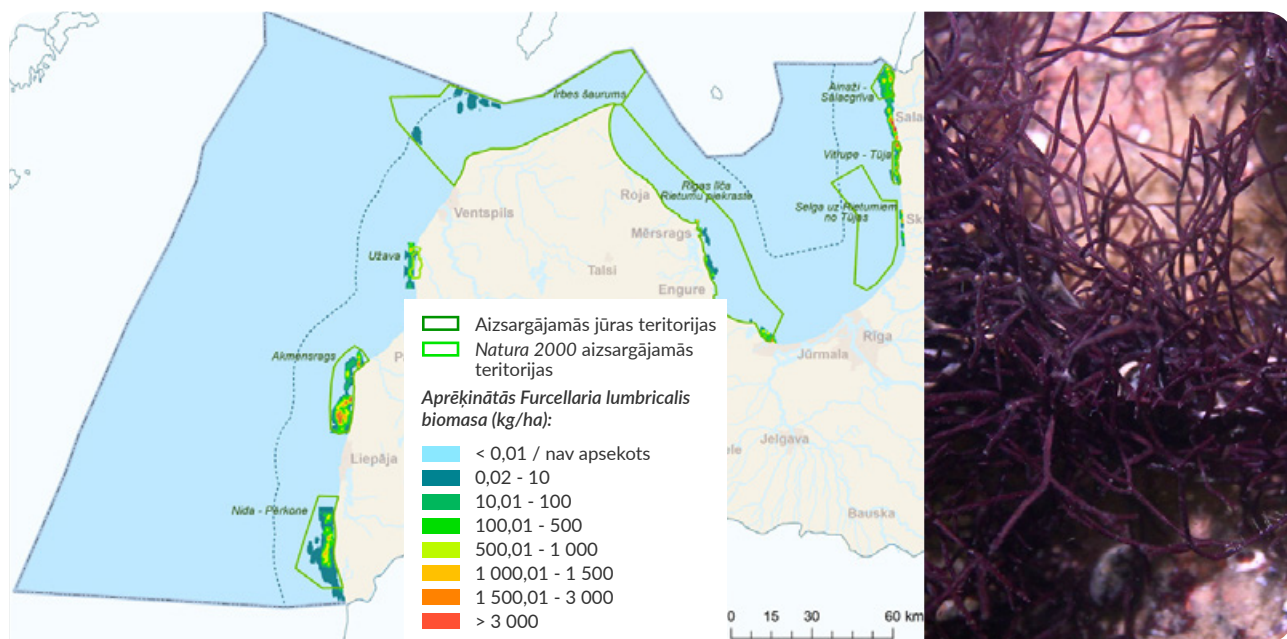
Ilustrācija Nr. 3. *Fucus vesiculosus* biomasas aprēķins uz 2019. g. (*Fucus* fotogrāfijas autors: I.Bārda; LHEI karte)



Brūnalģe pūšļu fuks *F. vesiculosus* Latvijas teritoriālajos ūdeņos ir sastopama tikai Rīgas līcī, kur sugai ir piemērotāki augšanas apstākļi piekrastē, 3–5 m dziļumā. Tā veido blīvas audzes ar izteikti telpisku struktūru līča austrumu un rietumu krastā (Ilustrācija Nr. 3), sasniedzot lielāko biomasu vidēji līdz 4 metru dziļumam. Taču pūšļu fuka attīstība Rīgas līcī ir apdraudēta un tā dziļuma izplatība līcī samazinās. Pūšļu fuks *F. vesiculosus* ir pret dažādu vides apstākļu, t. sk. antropogēnās slodzes radītām izmaiņām jutīga suga. Eitrofikācijas rezultātā daudzgadīgās brūnalģes parasti nomaina ātri augošās viengadīgās alģes, kas izmanto pieejamās barības vielas. Rīgas līcī konstatēts, ka arī pārējo makroalģu augšanas dziļums samazinās, makroalģu joslai spiežoties tuvāk pie krasta. Viens no iemesliem ir ūdens brūnēšana jeb humusvielu izskalošanās no augsnēm, kas ar sauszemes virsmas ūdeņu noteci nonāk Baltijas jūrā un veicina gaismas iespiešanās dziļuma samazinājumu.

3 Weinberger F., Paalme T., Wikström S. A. 2019. Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea. *Botanica Marina*. <https://doi.org/10.1515/bot-2019-0019>

Ilustrācija Nr. 4. *Furcellaria lumbricalis* biomasas aprēķins uz 2019. g. (*Furcellaria* fotogrāfijas autors: J.Aigars; LHEI karte)



Sārtaļģe *Furcellaria lumbricalis*, atšķirībā no pūšļu fuka *F. vesiculosus*, ir izplatīta gan Rīgas līcī, gan Baltijas jūras piekrastē. Tai raksturīga lielāka tolerance pret aktīvu viļņu darbību, tā satur pigmentus, kas ļauj absorbēt zili-zaļo gaismas spektru, tāpēc to izplatības dziļums ir lielāks nekā citām aļģēm.

Tā kā šīs sārtaļģes spēj izmantot mazāku gaismas daudzumu nekā pūšļu fuks *F. vesiculosus*, Rīgas līcī tās aizņem atbrīvotās teritorijas, sasniedzot maksimālo (~40%) pārklājumu 6,0–6,4 m dziļumā un maksimālās biomasas veidojot pie Salacgrīvas (Ilustrācija Nr. 4). Tomēr jāatzīmē, ka vislielākās sārtaļģu audzes sastopamas Baltijas jūras piekrastē, kur to dziļuma izplatība svārstās no 6 līdz 18 metriem.

MAKROAĻĢU AUDZĒŠANA UN IEGUVE

METODES UN TEHNOLOĢIJAS

Pasaulē makroaļģes iegūst vairākos veidos:

- ievāc no dabiskajām audzēm jūrās un okeānos (izskalotas krastā vai ar mehāniskiem līdzekļiem un pielāgotu tehnoloģiju ievāc no augošām vai brīvi peldošām audzēm);
- audzē speciāli veidotās līniju sistēmās (*long-line system*) vai uz ploštiem jūrā, monokultūrā vai integrētās multitrofiskās sistēmās (*integrated multi-trophic aquaculture*);
- audzē mākslīgi veidotos dīķos, tankos (atvērtās sistēmās) vai fotobioreaktoros (slēgtās sistēmās) uz sauszemes.

Ilustrācija Nr. 5. Makroaļģu ieguves veidi



Makroaļģu ievākšana no dabiskajām audzēm jūrās un okeānos

Avots:

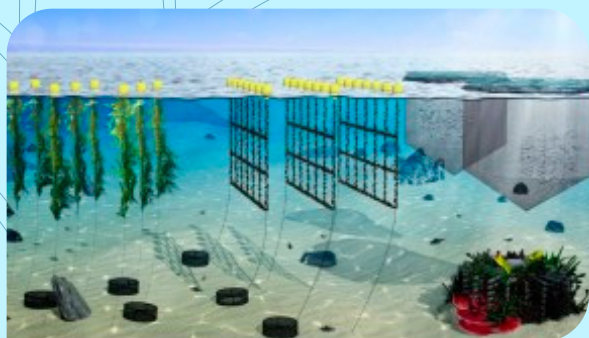
<https://www.msc.org/media-centre/news-opinion/news/2019/01/23/why-we-are-excited-about-seaweed> 🌐



Makroaļģu audzēšana speciāli veidotās līniju sistēmās.

Avots:

<https://www.kth.se/water/research/marine/projects/algae-1.702803> 🌐



Makroaļģu audzēšana integrētās multitrofiskās sistēmās.

Avots:

<https://bellona.org/news/renewable-energy/bioenergy/2017-10-the-great-blue-bellona-solutions-for-sustainable-aquaculture> 🌐

Baltijas jūrā nav esošu komerciālu makroalģu *Fucus vesiculosus* un *Ulva intestinalis* audzētavu, lai gan notiek pētījumi par šo tēmu.

Metodes un tehnoloģijas makroalģu audzēšanai atklātā jūrā ir izstrādātas un tiek īstenotas tikai Baltijas jūras rietumu daļā, kur tiek audzētas *Saccharina latissima* aļģes, izmantojot bojas un eksperimentējot ar platformām.

Ilgtermiņu makroalģu audzēšanu Baltijas jūrā varētu veicināt zināšanu apmaiņa par dažādu aļģu sugu audzēšanai izmantotajām metodēm un tehnoloģijām.⁴

Latvijas teritoriālajos ūdeņos nav ierīkotas mākslīgi veidotas makroalģu audzes, aļģes netiek ievāktas no to dabiskajām audzēm jūrā. Jūras akvakultūras attīstību kopumā Latvijas piekrastē ierobežo dabiskie apstākļi – viļņu un vēja ietekme, svārstīgs temperatūras un skābekļa koncentrācijas režīms, kā arī salīdzinoši zems ūdens sāļums.

Tuvākā vieta Baltijas jūrā, kur makroalģes tiek ievāktas jūrā no dabiskajām audzēm, ir Igaunija.

Pieprasījums pēc izmantojamās telpas un tās resursiem okeānos un jūrās arvien vairāk pieaug, kā rezultātā arī Baltijas jūrā piemērotas telpas trūkums bieži tiek minēts kā izaicinājums makroalģu audzēšanai komerciālā mērogā. Lai risinātu konfliktus starp dažādām aktivitātēm jūrā, nepieciešams vispārējs regulējums un plānošana. Jūras telpiskā plānošana ir instruments, kas ļauj līdzsvaroti un integrēti apsaimniekot jūras telpu, veicinot tās ilgtspējīgu izmantošanu, kā arī jaunu aktivitāšu veidu plānošanu.

Jūras telpiskais plānojums (turpmāk – JTP) Latvijas Republikas iekšējiem jūras ūdeņiem, teritoriālajai jūrai un ekskluzīvās ekonomikas zonas (turpmāk – EEZ) ūdeņiem līdz 2030. gadam tika apstiprināts 2019. gada maijā.

Sākotnēji Latvijas JTP izstrādes 1. redakcijā tika identificētas potenciālās attīstības vietas makroalģu un gliemeņu akvakultūrai, bet gala redakcijā šīs teritorijas no JTP ir izņemtas. Lēmumu pamatoja ar šī brīža aktīvu zivju, makroalģu vai gliemeņu fermu neesamību jūrā un diskusijām par individuālu pieeju fermas vietas izvēlei, kuru ietekmēs izvēlēta tehnoloģija. Turpmāk pieteikumi par potenciālās fermas izveidi jūrā akvakultūras nozarē tiks vērtēti individuāli, tajā skaitā arī vietas izvēle.

Izstrādājot un sagatavojot Latvijas JTP, tika apzinātas un identificētas sinerģijas un konflikti starp dažādām jūras lietotāju nozarēm un to aktivitātēm, ieskaitot makroalģu un gliemeņu akvakultūru, balstoties uz iegūto informāciju ieinteresēto personu sanāksmju laikā.⁵

Saistībā ar makroalģu audzēšanas perspektīvu GRASS projektā apskatīti un izvērtēti pieejamie jūras telpiskie plānojumi un to pavaddokumenti katrai projekta dalībvalstij, t. sk. arī Latvijai. Iegūtie rezultāti par nozares savietojamību ar citiem aktivitāšu veidiem tika klasificēti pēc izmantošanas veida jeb lietotāju grupām: konfliktējošie (sarkana krāsa), sinerģiskie lietošanas veidi (zaļa krāsa), mijiedarbības lietošanas veids vai mijiedarbība ar potenciālu līdzaspastāvēšanu pie noteiktiem nosacījumiem (dzeltena krāsa) (Ilustrācija Nr. 6), tālāk tos attēlojot kartēs (Ilustrācija Nr. 7).

⁴ https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_-_24_factsheet_macroalgae_ENG_final_UT.pdf

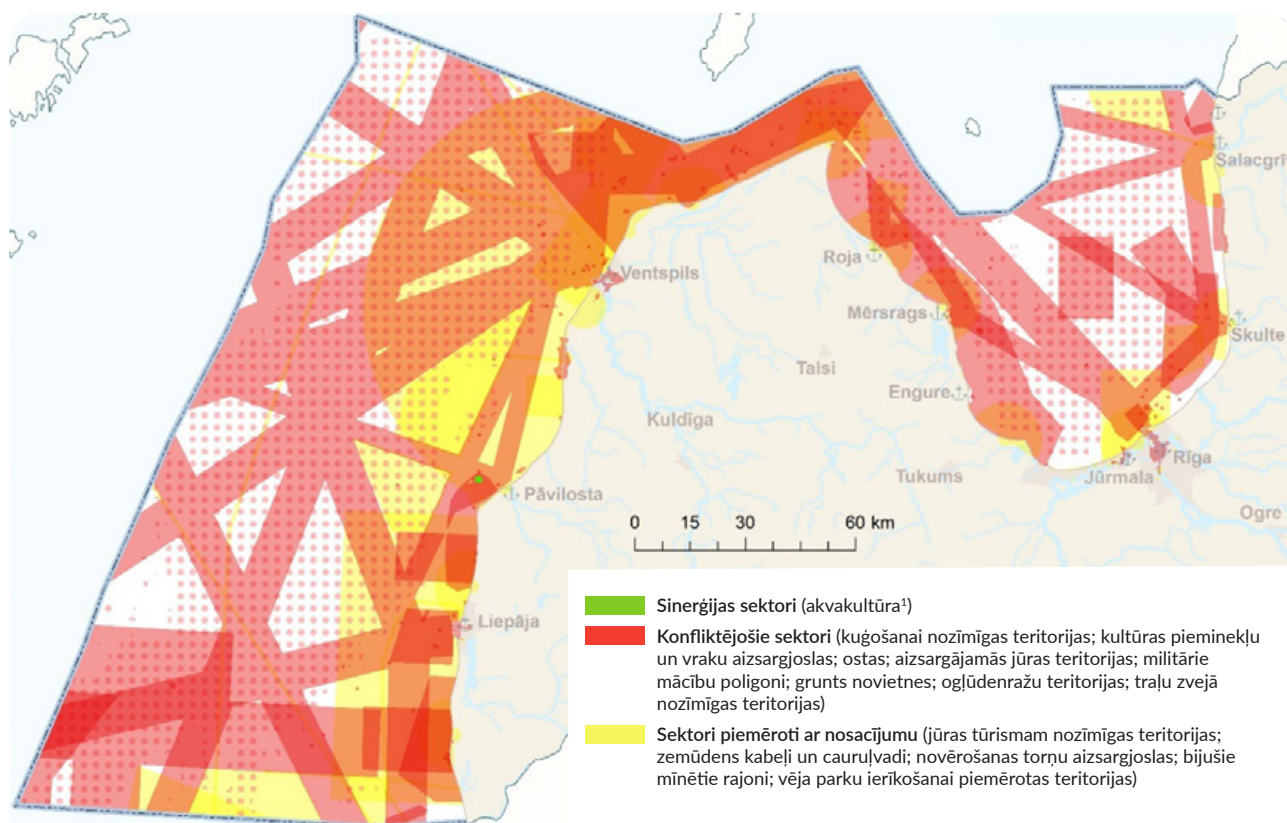
⁵ Veidmane K., Riskule A., Sprukta S. (2017). Development of a Maritime Spatial Plan: The Latvian recipe, pieejams vietnē: http://www.balticscope.eu/content/uploads/2015/07/LV-recipe_EN_web.pdf (skatīts 11.09.2020.)

Ilustrācija Nr. 6. Makroalģu audzēšanas savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem (konfliktējošie (sarkana krāsa), sinerģiskie (zaļa krāsa), un mijiedarbības vai mijiedarbībās ar potenciālu līdzāspastāvēšanu pie noteiktiem nosacījumiem (dzeltena krāsa))

	Jūras transports
	Valsts aizsardzības intereses
	Tūrisms un rekreācija
	Zemūdens kultūrvēsturiskais mantojums
	Bioloģiskā daudzveidība un dabas aizsardzība (aizsargājamās jūras teritorijas)
	Zvejniecība (piekrastes zvejniecība/ zvejniecība ar pelagiskajiem un bentiskajiem zvejas rīkiem)
	Derīgo izrakteņu potenciālās atradnes un ieguve
	Ostu infrastruktūra un ar to saistītās aktivitātes
	Jūras dibenā esošā infrastruktūra (kabeļlīnijas, cauruļvadi)
	Atjaunojamā enerģija (vēja enerģija)
	Atjaunojamā enerģija (viļņu enerģija)
	Zivju akvakultūra (var mazināt zivju akvakultūras izraisīto ietekmi uz vidi)
	Grunts novietnes
	Sakaru infrastruktūra
	Bijušie mīnētie rajoni
	Piekrastes aizsardzība, ainavas

	sinerģiskie lietošanas veidi	konfliktējošie	mijiedarbība ar potenciālu līdzāspastāvēšanu pie noteiktiem nosacījumiem
--	------------------------------	----------------	--

Ilustrācija Nr. 7. Jūras telpiskā plānojuma karte – makroalģu akvakultūras savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem (1projekta Baltic Blue Growth laikā uzstādītā gliemeņu ferma)



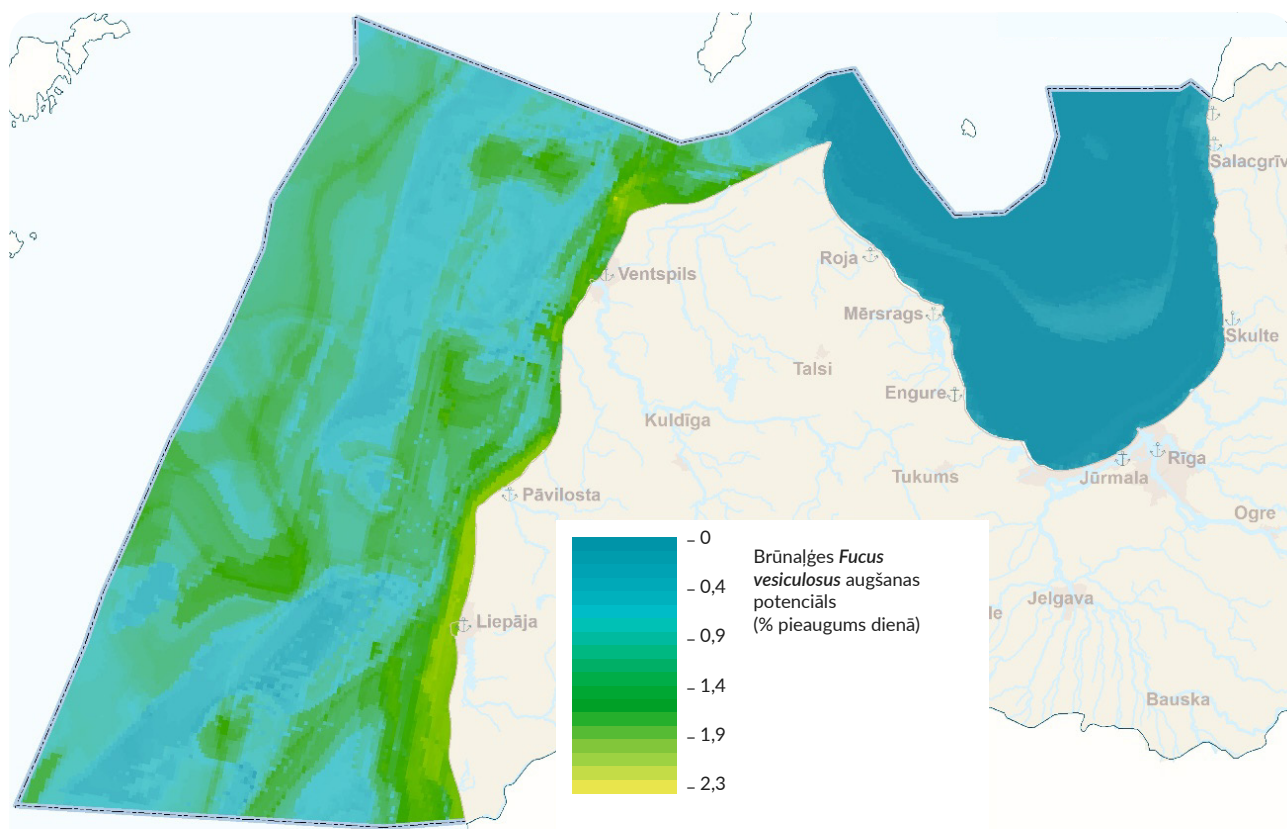
Lai noteiktu potenciāli vispiemērotākās teritorijas makroalģu audzēšanai, GRASS projekta ietvaros tika modelēts brūnaļģes *Fucus vesiculosus* un zaļaļģes *Ulva intestinalis* augšanas potenciāls (procentuālais pieaugums dienā), apkopojot un izvērtējot pieejamos abiotiskos un biotiskos datus, un tālāk modelī ietverot arī datus par gaismas daudzumu, nitrātiem, fosfātiem, ūdens temperatūru, sāļumu, viļņu intensitāti un straumes ātrumu.⁶

Tika konstatēts, ka brūnaļģes *F. vesiculosus* augšanas potenciālu visvairāk ietekmē gaismas daudzums (33%) un pieejamās nitrātu (21%) un fosfātu (19%) koncentrācijas, savukārt temperatūrai (11%) un sāļumam (10%) ir mazāka nozīme pieauguma veidošanā. Savukārt viļņu darbības intensitāte un straumes brūnaļģes augšanas potenciālu ietekmē maz (3%). Fosfora pieaugums ūdenstilpē veicina intensīvāku fitoplanktona attīstību un viengadīgo makroalģu un epifītu palielināšanos, kā rezultātā samazinās pieejamais gaismas daudzums, kas sasniedz pūšļu fuku.

Vislielākais brūnaļģes *F. vesiculosus* augšanas potenciāls konstatēts pie Dānijas, bet vismazākais – Botnijas līcī. Telpiski lielākajā Baltijas jūras daļā vērojams vidējs augšanas potenciāls, dienā vidēji pieaugot par aptuveni 1,5%.

Latvijas ūdeņos, balstoties uz modelētajiem datiem, lielāks augšanas potenciāls konstatēts Baltijas jūras piekrastē, salīdzinot ar Rīgas līci (Ilustrācija Nr. 8). Rīgas līcī, gandrīz lielākajā tā daļā, augšanas potenciāls ir zems: 0–0,1%, nedaudz augstākas vērtības uzrādot nelielā teritorijā pie Ainažiem (0,56%) un starp Mērsragu un Roju (0,45%). Latvijas Baltijas jūras piekrastē minimālais augšanas potenciāls ir 0,38% pretī Papei (50–60 km no krasta, atklātajos ūdeņos), bet maksimālais – 2,32% pie Ovīšiem (6 km attālumā no krasta). Piekrastē, D daļā, modelēti dati lielāko augšanas potenciālu – 1,852% – uzrāda starp Papi un Rīvas ieteku 3–8 km platā piekrastes zonā. Jāatzīmē, ka modelis konkrēto augšanas potenciālu uzrāda, pieņemot, ka makroalģes tiktu kultivētas ūdens virsējā kārtā.

Ilustrācija Nr. 8. *F. vesiculosus* augšanas potenciāls



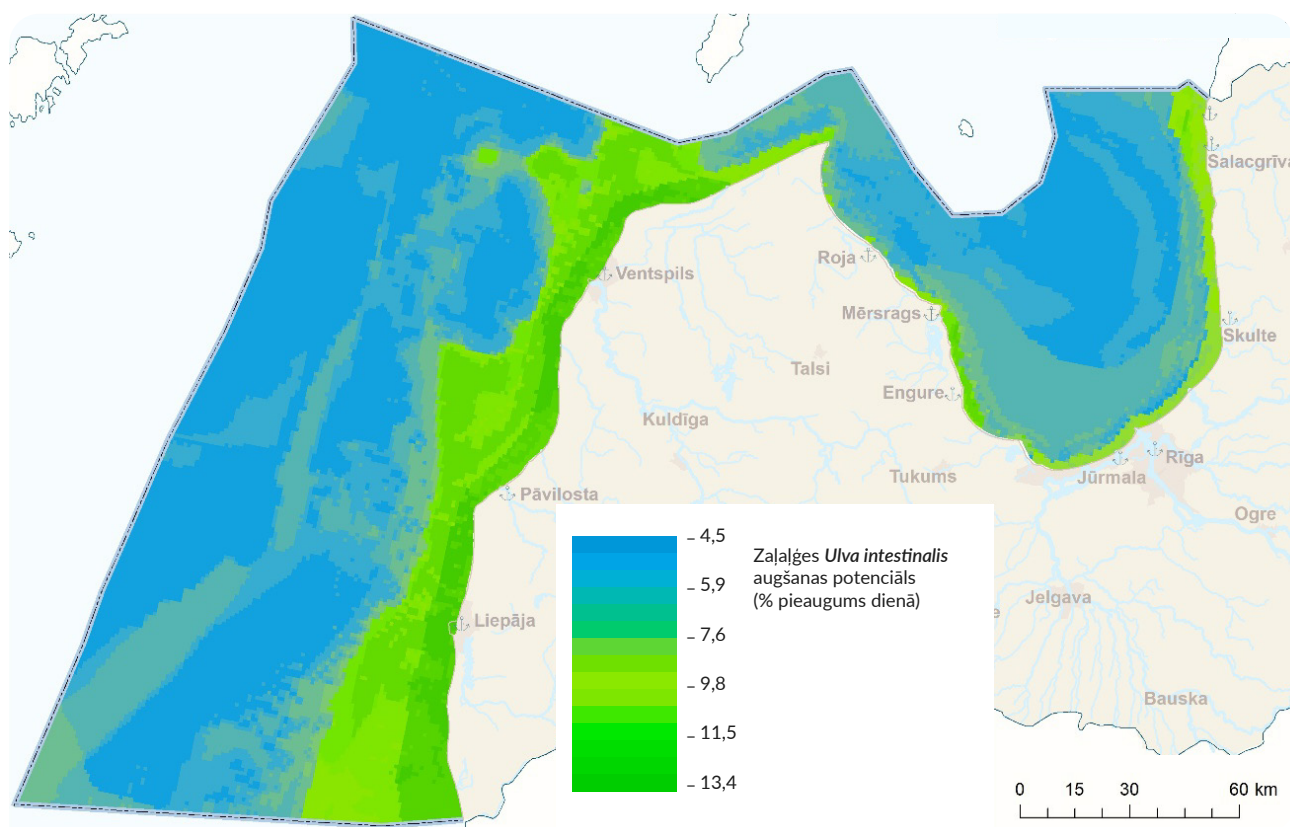
6 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_OA21_pan-Baltic_map_depicting_potential_of_macroalgal_cultivation_and_harvesting.pdf

Līdzīgi kā pūšļu fukam, arī zaļalģei *U. intestinalis* augšanas potenciāla modelis kā svarīgākos faktorus uzrādīja gaismas daudzumu (42%) un pieejamās nitrātu (26%) un fosfātu (25%) koncentrācijas, bet sālumu un straumes ātrumu attiecīgi tikai 5% un 2% no kopējā modeļa. Tas izskaidrojams ar to, ka zaļalģēm patīk augt siltos, ar gaismu un barības vielām, īpaši ar fosfātiem, bagātos piekrastes ūdeņos.

Jāatzīmē, ka zaļāģe *U. intestinalis* ir viengadīga, sasniedzot lielāku augšanas ātrumu dienā, salīdzinot ar pūšļu fuku *F. vesiculosus*. Maksimālo augšanas potenciālu modelis uzrādīja Baltijas jūrā diezgan plašā teritorijā – aptverot visus Dānijas jūras šaurumus, Zviedrijas dienvidus, Vācijas, Polijas, Lietuvas, Latvijas un Igaunijas piekrastes ūdeņus. Daudz zemāks augšanas potenciāls tika konstatēts tikai Baltijas jūras ziemeļu daļā, Botnijas līcī, kur tas uzrādīja aptuveni 1%. Telpiski lielākajā Baltijas jūras daļā vērojams vidējs augšanas potenciāls, dienā vidēji pieaugot par aptuveni 7%.

Balstoties uz modelētajiem datiem, Latvijas ūdeņos augsts zaļalģes *U. intestinalis* augšanas potenciāls konstatēts gan Baltijas jūras piekrastē, gan Rīgas līcī (Ilustrācija Nr. 9). Lielākajā daļā Rīgas līča platības aļģu procentuālais pieaugums būtu 5,3–5,6% dienā. Optimālākie augšanas apstākļi tiek prognozēti 4 km platā piekrastes joslā starp Enguri un Mērsragu (līdz 12,7%) un teritorijā pie Ainažiem (līdz 11,8%). Baltijas jūrā liels augšanas potenciāls konstatēts gan EEZ ūdeņos, gan piekrastes joslā. Par 13% lielāks pieaugums dienā ir gar visu piekrasti: no 8 km platas joslas Z daļā, līdz 15 km platai joslai D daļā, tuvāk Lietuvas robežai.

Ilustrācija Nr. 9. Zaļalģes *U. intestinalis* augšanas potenciāls



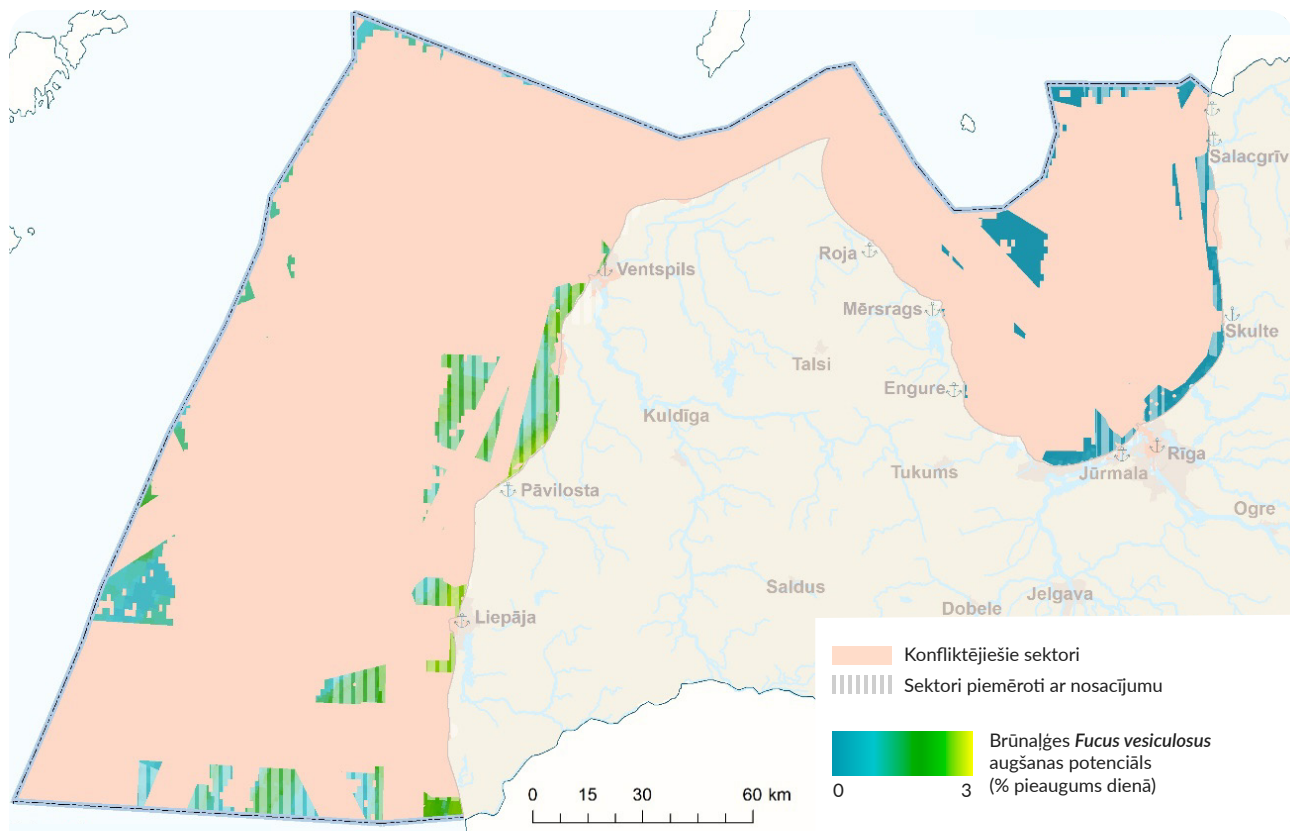
Ilustrācija Nr. 10. Pāvilosta



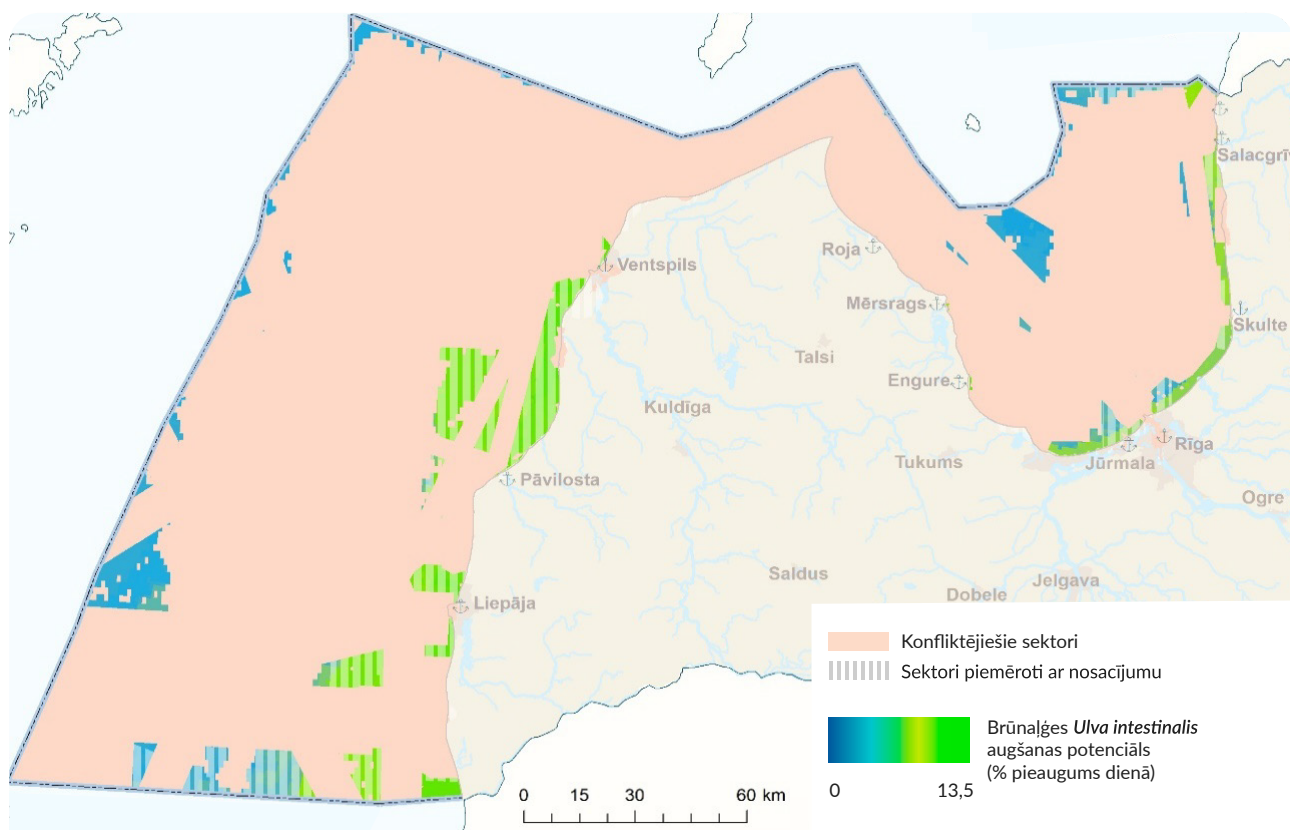
Balstoties uz modelētajiem datiem, Latvijas ūdeņos augsts zaļalģes *U. intestinalis* augšanas potenciāls konstatēts gan Baltijas jūras piekrastē, gan Rīgas līcī.

Lai noteiktu makroalģu audzēšanai piemērotākās vietas Latvijā, tika apvienotas makroalģu augšanas potenciālu kartes un JTP karte, kur izvērtēti makroalģu audzēšanas un citu jūras izmantošanas veidu konflikti un sinerģijas (Ilustrācija Nr. 11, 12).

Ilustrācija Nr. 11. Jūras telpiskā plānojuma karte – makroalģu akvakultūras sektoru savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem un brūnālģes *F. vesiculosus* augšanas potenciāls



Ilustrācija Nr. 12. Jūras telpiskā plānojuma karte – makroalģu akvakultūras sektoru savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem un zaļālģes *U. intestinalis* augšanas potenciāls



Apvienotā karte parāda, ka lielākā jūras teritorijas daļa tiek paredzēta citu nozaru attīstībai. Tomēr jāatzīmē, ka var atrast teritorijas ar iespējamu līdzaspastāvēšanu ar citām nozarēm, kur makroalģu audzēšanas attīstībai ir vērojams potenciāls.

Iegūtie modelēšanas rezultāti tika publiskoti tiešsaistes operatīvo lēmumu atbalsta sistēmā (turpmāk – ODSS), kurā ieinteresētajām personām ir pieejama informācija, lai noteiktu makroalģu ievākšanai piemērotus apgabalus (<http://www.sea.ee/bbg-odss/Map/MapMain>). Te katrs interesents var iezīmēt vietu akvakultūras fermai uz kartes, kā arī noskaidrot alģu augšanas potenciālu šai vietai un alģu augšanas gaitā saistītā slāpekļa un fosfora daudzumu. Piemēram, var izvēlēties *U. intestinalis* makroalģu audzēšanai piemērotu vietu Rīgas līča R krastā, balstoties uz JTP sinerģijas, konfliktu un nosacījumu un *U. intestinalis* augšanas potenciāla karti. Vēlāk to pašu teritoriju izvēloties ODSS platformā, iegūtais rezultāts parāda makroalģu augšanas potenciālu konkrētajā teritorijā, kā arī pozitīvo ietekmi uz vidi (Ilustrācija Nr. 13). Piemēram, Ilustrācijā Nr. 12 izvēlētajā vietā (4,64 km²) zaļalģe *U. intestinalis* sasniedz vidēji 8,92% lielu augšanas ātrumu un izņem no vides 217 t N un 33 t P gadā.

Ilustrācija Nr. 13. Modelēšanas rezultāti tiešsaistes operatīvo lēmumu atbalsta sistēmā (ODSS)



Projekta GRASS ietvaros tika izveidots modelis alģēm *F. vesiculosus* un *U. intestinalis*, uz kura pamata izveidotas kultivēšanas kartes, balstoties uz šobrīd pieejamo informāciju par šo makroalģu kultivēšanas iespējām (standarta fermām) un esošajiem pētījumiem Baltijas jūrā, kas ļauj aprēķināt augšanas potenciālu uz virsmas laukumu.

Ilustrācija Nr. 14. Baltijas jūra



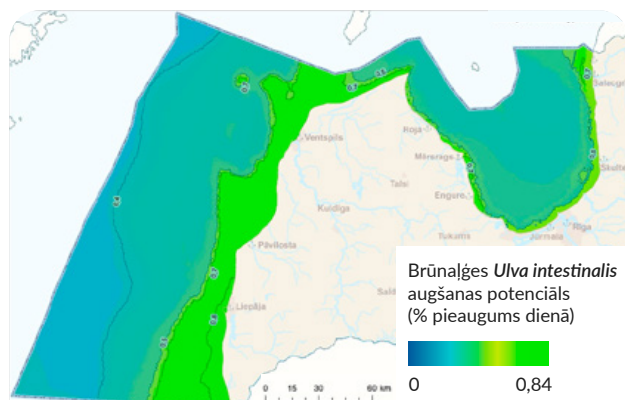
Zaļalģu *Ulva intestinalis* ferma

Šobrīd Eiropā vēl nav izveidotas zaļalģu *U. intestinalis* fermas komerciālai audzēšanai, taču citur pasaulē, galvenokārt Āzijā, to kultivēšanai tiek izmantoti peldoši tīkli. Līdz šim eksperimentālajās fermās Baltijas jūrā to audzēšanai ir izmantotas horizontālās virvju līnijas (*long-lines*) – Hjarnē (*Hjarnø*), Kategatā, tīkli – Gdaņskas līcī, un virves un tīklu sistēmas – Sanktpēterburgas reģionā Somijas līcī.

Modeļa aprēķinā pieņemts, ka ferma aptver 5 ha lielu jūras platību (200 × 250 m). Ferma sastāv no 65 paralēli novietotām horizontālām virvju līnijām, katra 200 m gara, kas novietotas 1 m dziļumā. Vidējais attālums starp virvju līnijām ir 4 m, kas kopumā veido 12 km garas virvju sistēmas, uz kurām audzēt zaļalģes *U. intestinalis*. Zaļalģu audzēšanas periods Baltijas jūras reģionā būtu no maija līdz septembrim. Viens ražas novākšanas cikls ir 1 mēnesis, un alģes var novākt 5 reizes augšanas sezonā (reizi mēnesī). Sākotnējā zaļalģes *U. intestinalis* biomasa fermā – 20 g slapjā svara uz 1 m garu virvju līniju.

Balstoties uz modelētās fermas datiem, Latvijas piekrastē iegūtais zaļalģes augšanas potenciāls un tā apjoms ir 0,5–0,7 kg/m.

Ilustrācija Nr. 15. Zaļalģes *U. intestinalis* augšanas potenciāls uz laukuma vienību



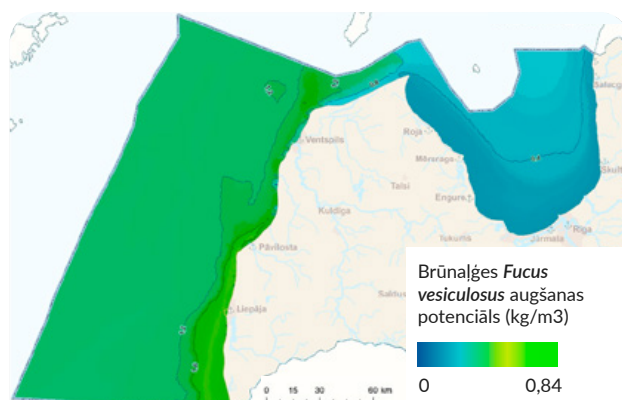
Brūnalģu *Fucus* spp. ferma

Tāpat kā zaļalģēm, arī brūnalģei *Fucus* kultivēšanas tehniskie risinājumi vēl nav skaidri, līdz ar to šobrīd Baltijas jūrā komerciālos apjomos brūnalģes *Fucus* netiek audzētas.

Modeļa aprēķinā pieņemts, ka standarta *F. vesiculosus* kultivēšanas sistēma aptver 5 ha lielu jūras platību (200 × 250 m). Ferma sastāv no 65 līnijām ar 1 m³ lieliem sprostiem 1 m dziļumā, kas izvietoti paralēli viens otram un atdalīti ar 4 m lielu koridoru starp tiem. Tādējādi tiek nodrošināti 13 000 sprosti *F. vesiculosus* augšanai jūrā. Brūnalģes *F. vesiculosus* audzēšanas periods Baltijas jūras reģionā būtu no maija līdz septembrim. Sākotnējā *F. vesiculosus* biomasa fermā – 900 g slapjā svara uz 1 m³ sprosta. Alģu novākšana paredzēta 1 reizi, veģetācijas sezonas beigās septembrī.

Balstoties uz modelētās fermas datiem, Latvijas piekrastē iegūtais brūnalģes augšanas potenciāls un apjoms ir no aptuveni 0,4 kg/m³ Rīgas līcī līdz 1,6 kg/m³ Baltijas jūras piekrastē.

Ilustrācija Nr. 16. Brūnalģes *F. vesiculosus* augšanas potenciāls uz laukuma vienību



KRASTĀ IZSKALOTO MAKROALĢU APSAIMNIEKOŠANA

GRASS projektā ĢIS datu bāzē tika apkopoti un saskaņoti esošie vides dati un ekspertu viedokļi, kas ļāva modelēt makroalģu augšanas potenciālu Baltijas jūras reģionā. Tika izstrādāts telpisks modelis par vides piemērotību makroalģēm un to augšanas potenciālu. Vairāk makroalģu tiek izskalotas piekrastē rudens pēdējos mēnešos un pirmajos ziemas mēnešos, beidzoties to augšanas sezonai un sākoties stiprākām vētrām. Vairāk tās tiek izskalotas piekrastu teritorijās ar šauru fotisko zonu (t. i., attālums līdz 10 m izobātai ir mazāks par 1 km) un piekrastu teritorijās, kurās ir labvēlīgs viļņu virziens (Ilustrācija Nr. 17). Vairāk informācijas projekta ziņojumā: https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_OA21_pan-Baltic_map_depicting_potential_of_macroalgal_cultivation_and_harvesting.pdf.

Ilustrācija Nr. 17. Potenciālais izskaloto makroalģu daudzums Baltijas jūras piekrastē



Tehnoloģijas un metodes

Izskaloto makroalģu biomasu parasti savāc ar lauksaimniecības tehniku: sākotnēji aļģes tiek sastumtas kaudzēs, kur notiek kompostēšanas process, un pēc tam kaudzes tiek aizvāktas. Izmantotās tehnikas veids atšķiras atkarībā no piekļuves izskaloto aļģu vietai, un atsevišķos gadījumos tehnika tiek pielāgota konkrēti aļģu savākšanai, piemēram, izmantojot iekārtas, kas samazina aļģēs esošos smilšu un akmeņu piemaisījumus. Sistemātiski tas tiek darīts Krievijā, Zviedrijā un Latvijā.⁷

⁷ https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_-_24_factsheet_beachcast_ENG_final_UT.pdf

Vides ieguvumi un riski

Daļēji noslēgtajā Baltijas jūrā eitrofikācija ir aktuāla problēma, tādēļ makroalģu savākšana varētu mazināt šo problēmu.

Savācot makroalģes, tiek ne tikai samazināts jūrā esošais barības vielu daudzums, bet arī samazināta slāpekļa un fosfora attiecība, kas ir svarīgi, lai mazinātu eitrofikācijas izpausmes Baltijas jūras reģionā.

Tomēr jāņem vērā, ka katra no alģu savākšanai izmantotajām tehnoloģijām un metodēm atšķirīgi mijiedarbojas ar vidi. Ietekmes nozīme būs atkarīga no izmantotajām tehnoloģijām vai no ievāktā alģu daudzuma, kā arī no vietas, kur alģes tiek savāktas un uzkrātas vienuviet. Alģu uzkrāšanas vieta ir jāizvēlas rūpīgi, jo ar tām barojas un tajās dzīvo daudzi bezmugurkaulnieki un putni – alģu novākšana var negatīvi ietekmēt šīs dzīvotnes un sugas.⁸

Līdzšinējā pieredze un mūsdienu tendences makroalģu vākšanā Latvijā

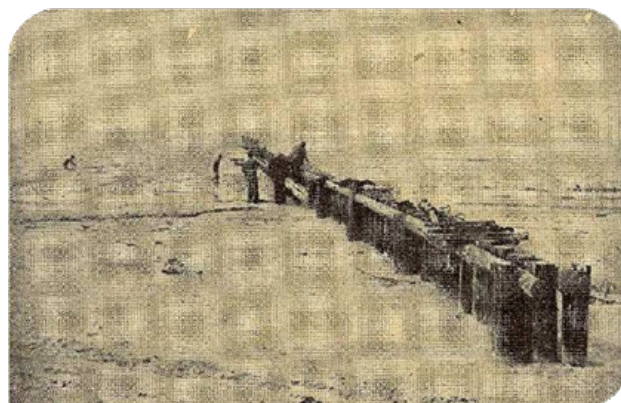
Vēsturiski alģu savākšana ir notikusi visā Latvijas piekrastē un šajā procesā bija iesaistīti piekrastē saimniekojošie zvejnieki un to ģimenes. Latvijas pirmās brīvvalsts laikā liels uzsvars tika likts uz piekrastes iedzīvotāju iesaisti alģu savākšanā un to izmantošanā, kā arī tika sniegta informācija par to izmantošanu un alģu izmantošanas priekšrocībām. Alģes 20. gadsimta 30. gados tika izmantotas gan augsnes ielabošanai, gan vāktas, gan kā resurss finanšu stāvokļa uzlabošanai.

Ik gadu alģu biomasa jeb jūras mēsli tiek izskaloti piekrastēs, pateicoties jūras straumei un viļņiem. Visbiežāk šo parādību var vērot rudenī pēc vētrām. Izskaloto daudzumu ietekmē

ne tikai vētrains laiks, bet arī tas, cik kvalitatīvi tiek savākti jūras mēsli iepriekš, jo lielākoties visi pārpalikumi tiek ieskaloti atpakaļ jūrā, daļa no alģēm iestrēgst smiltīs un laika gaitā sadalās. Vētras laikā sakultais ūdens izrauj alģes, un straume tās pienes tuvāk krastam.

1937. gadā pēc vairāku molu ierīkošanas rudens alģu raža bija vidēji 600 – 800 vezumu jūras alģu katrā vietā. Jūras mēslu vākšanai agrākos laikos vairākās vietās tika ierīkoti moli, kas sniedzās līdz pat 125 metriem jūrā. To būvēšanai izmantoja koka pāļus, kurus iedzina 3 – 4 m dziļumā vienā rindā, savstarpēji savienojot. Vidēji šādai būvniecībai tika izmantoti 435 pāļi. Jau 20. gs. sākumā bija izveidota zvejniecības statistika, kas atspoguļoja jūras mēslu izskaloto daudzumu piekrastē.

Ilustrācija Nr. 18. Molu izveide
(Zvejniecības mēnešraksts Nr. 5, 01.08.1937.)

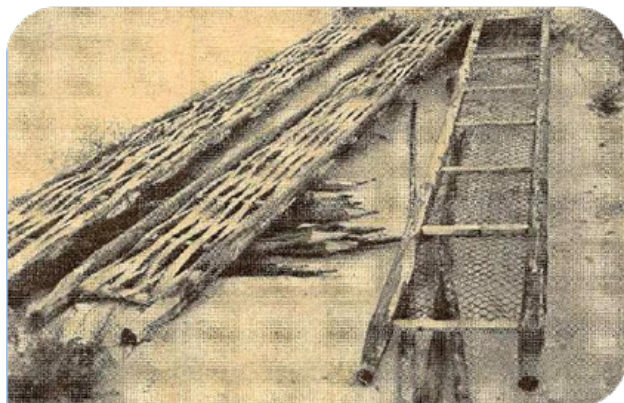


8 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_-_24_factsheet_beachcast_ENG_final_UT.pdf

Liela daļa jūras mēslu sakrājās pie ostu moliem, jo īpaši Kurzemē

Agrākos laikos jūras aļģu vākšanai mazākam daudzumam izmantoja skuju žogus un redelītes. Skuju žogi tika veidoti no mazām eglēm vai priedēm vai to sīkiem zariem. To ierīkošanai izvēlējās vietu, kur agrāk jau bija uzkrājušās aļģes, tad divās rindās iedzina mietus un to starpā ievilka virvi vai stiepli ar skujām. Gan skuju žogi, gan redelītes tika iestiprinātas jūrā viena pie otras sākot no krasta. Redelītēm, savukārt, no abām pusēm iedzina mietņus un tos augšpusē sastiprināja. Žogus var veidot dažādi un no dažādiem materiāliem. Šādas redeles var izpīt no zariem vai izmantot stieplu sietu (vēlams cinkotas ar 2–3 cm acīm). Pareizi izvietoti žogi veicina ūdens virpuli, un šādā veidā krājās ūdens aļģes. Labāku virpuli var izveidot, novietojot vairākus žogus šķērsām jūrā, pie tam vienam žogu posmam jābūt garākam par otru, lai viņu starpā krātos aļģes.

Ilustrācija Nr. 19. Aļģu uztveršanas redeles (Zvejniecības mēnešraksts Nr. 8, 01.11.1937.)



Tāpat jūras mēslus ievāca ar jūras mēslu tīklu, kas tika veidots no linu un kaņepju pakulām vai jebkura cita zivju zvejai nederīga zvejas tīkla. Šāds tīkls lieliski laiž cauri ūdens straumi un tajā pašā laikā aiztur aļģes.

Agrāk jūras mēslu vākšanā piesaistīja arī zirgu, kam aizjūdza lielāku grābekli, ar kura palīdzību sakrājušās jūras aļģes lielos daudzumos izvilka malā. Tā rīkojās, jo lielākoties aļģes tiek pieskalotas malā nevis izskalotas krastā, un tos tad vajadzēja uzvest krastā, lai tās netiktu ieskalotas ar straumi atpakaļ jūrā.

Mūsdienās aļģu savākšanu iniciē pašvaldības, lai sakoptu jūras piekrasti un padarītu to potenciāli pievilcīgāku tūrismam. Atsevišķās vietās aļģu savākšana tiek organizēta regulāri, tomēr pamatā aļģu savākšana tiek organizēta pēc vētrām.

Ja iepriekš piekrastes iedzīvotāji aļģes izmantoja augsnes ielabošanai, šobrīd ir pieejami daudz efektīvāki līdzekļi, tāpēc pieprasījums pēc aļģēm ir mazāks.

Ir vērts atzīmēt, ka 21. gs. aļģu vākšanas process atšķiras ne tikai ar tehnisko izpildījumu, bet arī ar valsts, pašvaldību regulējumiem par to, kur, kas, kad un kā aļģes var ievākt.

Mūsdienās ir jāņem vērā piekrastes aizsardzības prasības, kas nosaka dažāda veida aizliegumus attiecībā pret darbībām gan piekrastes teritorijās, gan ūdenstilpēs.

Nepieciešamības gadījumā visām darbībām ir jābūt saskaņotām attiecīgās iestādēs.

MAKROALĢU IZMANTOŠANA

Lai novērtētu alģu tirgus potenciālu, ir jānorāda, ka 2001. gadā globālā makroalģu tirgus vērtība (produkcijas vērtība) tika lēsta nepilnu 6 miljardu ASV dolāru apmērā, no kuriem cilvēku patēriņam paredzētie pārtikas produkti bija 5 miljardus ASV dolāru vērtībā. Savukārt jau 2018. gadā makroalģu pārdošanas vērtība (no fermas) bija 13,1 miljards ASV dolāru (tostarp brūnaļģes — 6,8 miljardi ASV dolāru, sārtaļģes — 6,3 miljardi ASV dolāru, zaļaļģes — 33 miljoni ASV dolāru).⁹ Tirgus apmēri pieauga vairāk nekā divas reizes nepilnu 20 gadu laikā. Ienākumu pieaugumu vēl vairāk veicinās makroalģu aizvien biežāka izmantošana farmācijas un personīgās higiēnas produktu ražošanā. Sagaidāms, ka 2030. gadā pieprasījums pēc makroalģēm Eiropā sasniegs 3,0–9,3 miljardus eiro vērtību, un pieprasījumu sekmēs lopbarība, pārtika un bioloģiskais iepakojums;¹⁰ bez tam alģes ir izmantojamas kosmētikas ražošanā, lauksaimniecībā, biodegvielas ražošanā, vides bioinženierijā u. c.

Ieguvumi veselībai

Makroalģes ir liels olbaltumvielu, vitamīnu, minerālvielu un taukskābju, eksogēno aminoskābju, kā arī mikroelementu un makroelementu avots. Alģes satur bromu, cinku, jodu, magniju, mangānu, varu un dzelzi.

Makroalģes satur dažādus bioaktīvus savienojumus – šķiedrvielas, fenola savienojumus un pigmentus. Šiem savienojumiem ir pierādīta pozitīva ietekme uz veselību, tostarp antioksidējoša un pretiekaisuma iedarbība. Šie savienojumi arī veicina vielmaiņu un uzlabo zarnu mikrobiotu. Tomēr par atsevišķu savienojumu biopieejamību un aktivitāti vēl ir nepieciešams vairāk pētījumu.¹¹

Uzturvielu daudzums

Jūras alģēs, salīdzinājumā ar sauszemes augiem, ir ārkārtīgi liels būtisko minerālvielu daudzums. Alģes satur bromu, kalciju, kāliju, magniju, cinku, dzelzi, mangānu, varu un jodu, un šie mikroelementi alģēs ir sastopami cilvēka organismam viegli uzņemamā veidā.

Turklāt alģes ir labs gan ūdenī šķīstošo, gan taukos šķīstošo vitamīnu (attiecīgi C un A) avots. Alģes ir arī rets B12 vitamīna avots; parasti šis vitamīns tiek iegūts no dzīvnieku izcelsmes produktiem. Daudzās zaļo un sarkano alģu sugās ir liels olbaltumvielu daudzums, un tās satur visas cilvēku uzturā svarīgās aminoskābes. Alģes ir arī bagātīgs šķīstošo pārtikas šķiedrvielu avots. Tāpēc daudzas uzturā lietojamās alģes satur pietiekami daudz šķiedrvielu vai minerālvielu (piemēram, jods), lai uz produkta iepakojuma liktu tādus saukļus kā „augsts šķiedrvielu saturs” vai „augsts joda saturs”. Prasības uzturvērtības un veselīguma norādēm uz pārtikas produktiem ir noteiktas Regulā (EK) Nr. 1924/2006.¹²

⁹ Jakubowska, M. & Kulikowski, T. (2021). Makroalģu produktu ražošanas tendences pasaulē un Eiropā

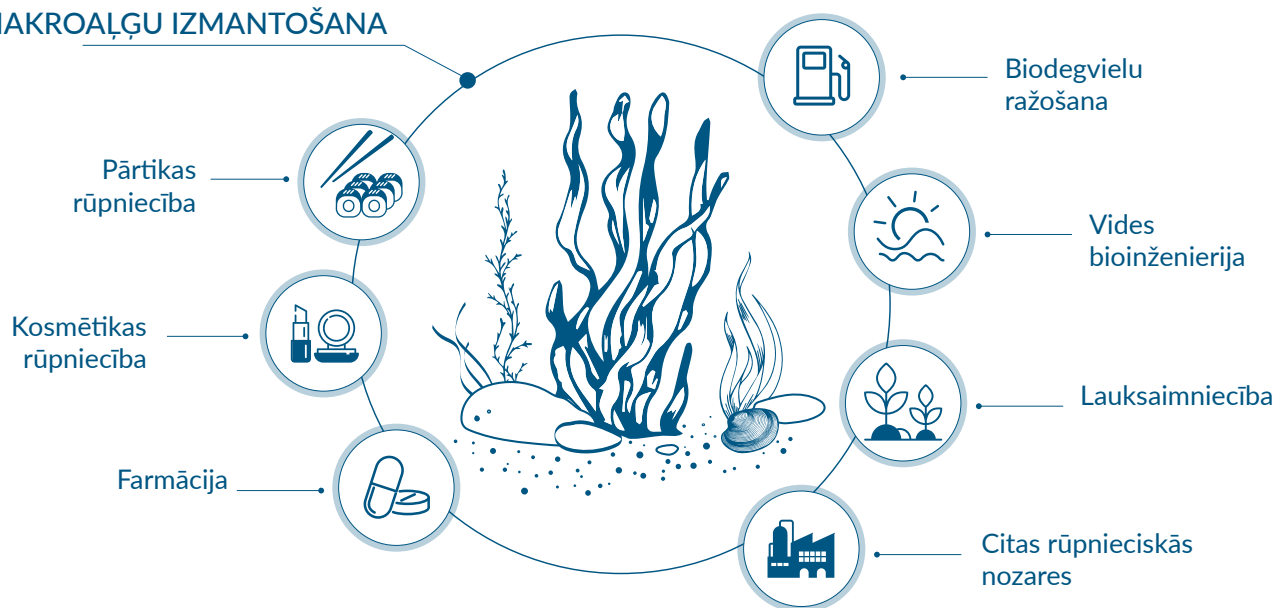
¹⁰ Jakubowska, M. & Kulikowski, T. (2021). Makroalģu produktu ražošanas tendences pasaulē un Eiropā.

¹¹ https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_fact_sheets_benefits_MRahikainen.pdf

¹² https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_fact_sheets_benefits_MRahikainen.pdf

Ilustrācija Nr. 20. Makroalģu izmantošanas nozares

MAKROALĢU IZMANTOŠANA



Pārtikas rūpniecība

Pārtikas rūpniecība ir viena no nozarēm, kur makroalģes tiek izmantotas visvairāk. Turklāt šai nozarei ir iespēja radīt produktus ar augstu pievienoto vērtību. Alģu patēriņu Baltijas jūras reģionā ietekmēja vairākas kulinārijas tendences: reģiona austrumdaļa ietekmējas no krievu virtuves (kurā alģu lietošana pārtikā ir pārņemta 20. gadsimtā no korejiešu virtuves), pieaugoša japāņu virtuves (it īpaši suši gatavošanas) popularitāte pēdējos trīsdesmit gadus, pieaugošais pieprasījums (it īpaši pēdējos divdesmit gadus) pēc īpaši vērtīgiem pārtikas produktiem (tā saucamajiem superproduktiem) un pieaugošais to cilvēku skaits, kas ievēro veģetārus (vegāniskus) uztura principus un alternatīvas meklē jūras velšu un dārzenų pasaulē (galvenokārt reģiona rietumdaļā).¹³

Makroalģes kā sastāvdaļa ir uztura bagātinātājos, diētiskos produktos, piedevās, funkcionālā pārtikā, veģetāros produktos, ēdienos, kā algināti u. c.

Vairumu pārtikā izmantojamo alģu var lietot gan svaigā, gan kaltētā vai pagatavotā veidā.

Patiesībā sarkanās un brūnās alģes ir svarīga izejviela recinātāju un biezinātāju (piemēram, karagināna, agara un algināta) ražošanā. Turklāt alģes varētu būt arī noderīgs izejmateriāls jaunu pārtikas piedevu ražošanā, ja runājam par pigmentiem vai antioksidantiem. Alģu ekstraktus var izmantot kā pārtikas piedevas vai lai bagātinātu pārtikas produktus ar uzturvielām vai bioloģiski aktīvajiem savienojumiem. Un jāatceras arī par alģu iespējamo izmantošanu cilvēku patēriņam paredzēto olbaltumvielu ilgtspējīgai ražošanai.

Kosmētikas rūpniecība

Kosmētikas rūpniecībā patēriņu veicina iedzīvotāju grupas, kas izslēdz dzīvnieku izcelsmes produktus. Alģu ekstrakti pārsvarā tiek izmantoti sejas, matu un ādas kopšanas produktos. Alģes var izmantot arī kosmētiskajās procedūrās, estētiskajā medicīnā un dermatoloģijā, lai mazinātu kairinājumu, uzlabotu asins cirkulāciju, veidotu aizsargslāni utt.; turklāt alģēm ir arī antibakteriālas īpašības.¹⁴

13 Jakubowska M., Krupska J., Kulikowski T., Psuty I., Szulecka O., National Marine Fisheries Research Institute, Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea region, Gdynia, 2021, pieejams vietnē: <https://www.submariner-network.eu/grass>

14 Jakubowska M., Krupska J., Kulikowski T., Psuty I., Szulecka O., National Marine Fisheries Research Institute, Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea region, Gdynia, 2021, pieejams vietnē: <https://www.submariner-network.eu/grass>

Farmācija

Pateicoties pretiekaisuma, antioksidējošai, antibakteriālai, pretvēža un svaru samazinošajai iedarbībai, aļģes var pielietot daudzu slimību ārstēšanā. Nātrija algināts ir tradicionāla tablešu pildviela. Alginātu biomateriāli tiek izmantoti algināta šķiedru ražošanā (šķiedras un nanošķiedras), brūču pārsēju ražošanā, audu inženierijā un kā medikamentu nesējvielas (kontrolētās medikamentu dozēšanas sistēmas). Aļģes stimulē un atjauno bojāto epidermu.

Lauksaimniecība

Aļģu ekstraktus lauksaimniecībā izmanto kā mēslojumu, augu biostimulatorus, augu augšanas bioregulatorus un aizsargvielas, bez tam aļģu sastāvdaļas tiek izmantotas slimību apkarošanai paredzētos produktos.

Aļģes tiek izmantotas arī lopbarībā un zivsaimniecībā.

Biodegviela

Biodegvielas ražošanas pētniecībā ir iesaistījušās vairākas lielas kompānijas, jo naftas resursu apjomi ir ierobežoti un ir mērķis mazināt klimata pārmaiņas. Makroaļģu biomasa satur daudz cukura, ko var izmantot etanola degvielas ražošanā.¹⁵

Vides inženierija

Tā kā makroaļģes uzņem un saista ūdens vidē sastopamās barības vielas, aļģu audzēšanas vietām ir liels potenciāls mazināt ūdenī slāpekli un fosforu, tādējādi mazinot biogēnus eitrofiskajās ūdenstilpēs.¹⁶

Makroaļģes uztver ūdenī esošo oglekļa dioksīdu, un tas ļauj samazināt CO₂ un nodrošina visefektīvāko fotosintēzi, piemēram, *Fucus vesiculosus* aļģes uztver ap 220 kg CO₂/1 tonnu aļģu masas.

Citas rūpniecības nozares

Tekstila rūpniecībā aļģes izmanto viskozitātes un alginātu recēšanas dēļ.

Izmantojot aļģēs esošās vērtīgās sastāvdaļas, tiek ražotās ziepes. Piemēram, Pāvilostā tiek izgatavotas ziepes, kuru sastāvā ir furcelārijas aļģu izvilkums olīvēļļā un furcelārijas hidrolāts. Tās var iegādāties vietējos tirdziņos.

Pasaulē jau ir radīti bioplastikas materiāli no aļģēm, šķiedras, ko izmanto tekstilnozarē, melnā tinte u. c.¹⁷

Ilustrācija Nr. 21. Ziepes, kuru sastāvā ir furcelārijas aļģu izvilkums olīvēļļā un furcelārijas hidrolāts



Ilustrācija Nr. 22. Dažādas makroaļģu produktu stadijas¹⁸
Fucus vesiculosus



Zaļāļģu pārsļas



Uztura bagātinātāji



15 Jakubowska M., Krupska J., Kulikowski T., Psuty I., Szulecka O., National Marine Fisheries Research Institute, Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea region, Gdynia, 2021, pieejams vietnē: <https://www.submariner-network.eu/grass>

16 Jakubowska M., Krupska J., Kulikowski T., Psuty I., Szulecka O., National Marine Fisheries Research Institute, Guide to macroalgae cultivation and use in the Baltic Sea region, Gdynia, 2021, pieejams vietnē: <https://www.submariner-network.eu/grass>

17 Phipps, L. 2020. Algae Is the Plant-Based, Nontoxic Alternative to Plastic. BRINK. <https://www.brinknews.com/algae-is-the-plant-based-nontoxic-alternative-to-plastic-sustainability-environment-climate/>

18 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_fact_sheets_benefits_MRahikainen.pdf

Smagie metāli un piesārņojums

Makroalģes no savai augšanas vietai apkārtesošā ūdens aktīvi uzsūc minerālvielas. Diemžēl tas nozīmē, ka alģes visdrīzāk uzņems arī kaitīgas vielas, piemēram, smagos metālus – svīnu, arsēnu, dzīvsudrabu un kadmiju. Tieši alģu dabīgā spēja akumulēt kaitīgās vielas ir jāņem vērā, vācot vai audzējot alģes potenciāli piesārņotās jūras teritorijās. Pašreiz ES nav noteikts maksimālais pieļaujamais smago metālu piesārņojuma līmenis makroalģu pārtikas produktos. Izņēmums ir kadmiji – tā pieļaujamais maksimālais daudzums pārtikas piedevās, kas sastāv no makroalģēm vai produktiem, kuri iegūti no makroalģēm, ir 3,0 mg/kg (attiecas uz pārdošanā esošajiem produktiem) (Regula (EK) Nr. 1881/2006).¹⁹

Jods

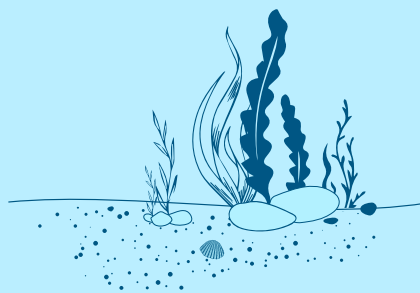
Alģes ir labs joda avots un veselīga alternatīva jodētajam sālim. Tomēr jāievēro, ka brūnaļģu sugām var būt ļoti augsts joda saturs, tāpēc to izmantošana pārtikā būtu jāierobežo. Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestādes (turpmāk – EFSA) ieteiktais dienā uzņemamais joda daudzums pieaugušajiem ir 150 µg¹. Maksimālais pieļaujamais dienā uzņemtais joda daudzums pieaugušajiem ir 600 µg saskaņā ar EFSA, savukārt Pasaules Veselības organizācijas (turpmāk – PVO) ieskatā šis daudzums ir 1100 µg^{1,2}. Lietojot uzturā atsevišķas brūnaļģu sugas, šīs robežvērtības var tikt pārsniegtas jau ar ļoti nelielu porcijas daudzumu. Tā kā liels brūnaļģu patēriņš var kaitēt vairogdziedzera veselībai, joda saturs būtu jānorāda uz produkta etiķetes. Atšķirīgais joda daudzums dažādās alģu sugās un mainīgais joda daudzums pat sugas ietvaros sarežģī pārtikas industrijas darbu un apgrūtina produktu marķēšanu. Produktu apstrādājot, joda saturu tajā var samazināt.²⁰

2020. gadā Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts veica pētījumu par makroalģu sastāvu un izmantošanas vērtību, analizējot Kurzemes piekrastē – Liepājā un Pāvilostā – izskaloto alģu masu. Dominējošā izskaloto makroalģu suga Liepājas un Pāvilostas pludmalē ir furcelārija (*Furcellaria lumbicalis*). Sāļums savāktajās alģēs ir neliels, tomēr alģes var saturēt mikrobioloģisko piesārņojumu.

Ķīmiskā sastāva analīze parādīja, ka furcelāriju biomasa sastāv no ogļhidrātiem (kopējais apjoms ~80%, galvenokārt – furcelarāns), proteīniem (kopējais apjoms 15%, tajā skaitā ievērojams daudzums neaizvietojoamo aminoskābju), neliela daudzuma ekstraktvielu un minerālvielām.

Kaitīgie piemaisījumi – smagie metāli, metaloīdi un policikliskie aromātiskie ogļhidrāti – furcelārijās atrasti pieļaujamos daudzumos, un tie neietekmē furcelāriju izmantošanu.

Vairāk informācijas:
www.kurzemesregions.lv/wp-content/uploads/2021/01/KKI_petijuma-nosleguma-zinojums.pdf



¹⁹ https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_fact_sheet_food_safety_MRahikainen.pdf

²⁰ https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_fact_sheet_food_safety_MRahikainen.pdf

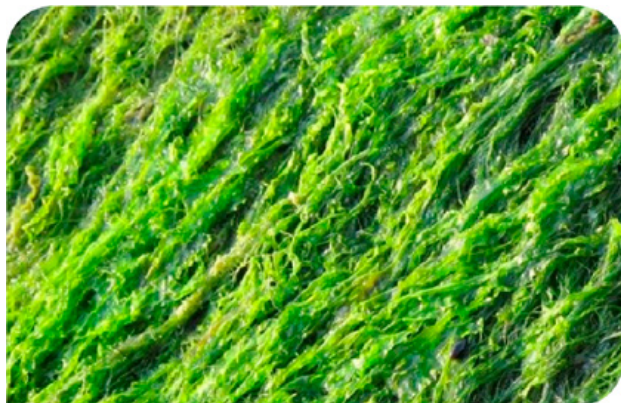
Jaunu aļģu sugu izmantošana uzturā

Jaunu aļģu sugu izmantošanu pārtikā Eiropas Savienībā (turpmāk – ES) regulē Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) 2015/2283 par jauniem pārtikas produktiem. Dažādu aļģu sugu statusu pārtikā lietojamo produktu sarakstā var uzminēt Jauno pārtikas produktu katalogā²¹ vai attiecīgās valsts pārtikas nekaitīguma iestādēs. Regula (ES) 2015/2283 par jauniem pārtikas produktiem nosaka arī jaunu aļģu sugu un makroaļģu ekstraktu izmantošanu par pārtikas piedevām. Lai kāda aļģu suga vai ekstrakts tiktu uzskatīts par jaunpārtikas produktu, tam vispirms ir jāiztur EFSA pārtikas nekaitīguma novērtējums un jāsaņem atļauja iekļaušanai ES tirgū.²²

Ilustrācija Nr. 23. Ēdamās aļģes²³



Pūšļu fuks (*Fucus vesiculosus*)



Ēdamā zaļāļģe

21 https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/catalogue_en

22 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_fact_sheet_food_safety_MRahikainen.pdf

23 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_fact_sheets_benefits_MRahikainen.pdf

VIDES IETEKME

Ieguvumi videi un riski

Jūras aļģes uzņem barības vielas, un aļģu audzēšanā nav nepieciešams izmantot minerālmēslus. Tāpēc jūras aļģu ievākšanu un akvakultūru var uzskatīt par veidu, kā samazināt barības vielu līmeni eitrofiskās piekrastes zonās un mazināt eitrofikācijas negatīvās izpausmes. Dažādas jūras aļģu audzēšanas metodes mijiedarbojas ar vidi dažādos veidos. Ietekmes apjoms ir atkarīgs no audzēšanas metodes, audzētavas virsmas laukuma un vietas, kur atrodas aļģu audzētava. Apgabalos ar augstu eitrofikācijas līmeni ir sagaidāma stipri uzlabota ūdens kvalitāte, jo šādos apgabalos jūras aļģu audzēšanas pozitīvā ietekme ir vislielākā. Tomēr jūras aļģu audzēšana rada arī dažus riskus, kas galvenokārt ir saistīti ar jūras aļģu audzēšanu un ieguvu lielos apmēros. Piemēram, samazinās estētiskā kvalitāte un mainās primārās un sekundārās produktivitātes līmenis.²⁴

Lai gan vides apstākļu dēļ komerciāli ilgtspējīgu makroaļģu kultivēšanu Baltijas jūrā bieži uzskata par izaicinājumu, arvien biežāk tiek veikti pētījumi un izstrādāti un izmantoti dažādi tehniskie risinājumi un metodes vietējo sugu kultivēšanai. Makroaļģu sugām nepieciešami dažādi vides apstākļi to veiksmīgai augšanai. Tas ietekmē audzēšanas vietas un metodes izvēli, kas, savukārt, nosaka atšķirīgu ietekmi uz vidi, ekoloģiskos riskus un ieguvumus.

Šobrīd vienīgās komerciāli kultivētās makroaļģes ir cukura brūnaļģes *Saccharina latissima*, kas tiek audzētas uz virvju līnijām (long-lines) Baltijas jūras rietumdaļā.

Lai gan joprojām makroaļģu audzēšanas tehnoloģijas tiek attīstītas, pētījumi liecina, ka, kultivējot makroaļģes maza un vidēja mēroga fermās – izmantojot 1–50 200 m garas virvju līnijas, radītā ietekme uz vidi ir ļoti maza; turklāt ieguvumi – samazināts oglekļa un barības vielu daudzums apkārtējā vidē,²⁵ palielināta bioloģiskā daudzveidība – atsver riskus. Tomēr iespējama, ka makroaļģu ferma var atstāt ietekmi uz vidi, pieaug līdz ar fermas mērogu un instalāciju apjomu.

Barības vielu uzņemšana un uzkrāšana

Pārmērīga barības vielu (slāpekļa un fosforā) koncentrācija veicina eitrofikācijas procesus Baltijas jūrā. Tā rezultātā palielinās fitoplanktona (mikroaļģu) daudzums, pieaug zilaļģu ziedēšana, samazinās gaismas iespiešanās spējas ūdenī, veidojas skābekļa deficīts jūras gultnē un notiek citas negatīvas izmaiņas ekosistēmā.²⁶ Pētījumi liecina, ka makroaļģes var veiksmīgi izmantot, lai kontrolētu eitrofikāciju un aļģu ziedēšanu to barības vielu asimilācijas iespēju dēļ. Tāpat kā makroaļģēm, arī fitoplanktonam augšanai nepieciešamas barības vielas, ko tās uzņem no apkārtējās vides. Pieaugošs makroaļģu daudzums palielina konkurenci par izšķīdušām barības vielām, samazina barības vielu pieejamību fitoplanktonam, palielinot fitoplanktona

24 Faktu lapa "Production potential of macroalgal growth in the Baltic Sea", pieejama vietnē: https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/GRASS_-_24_factsheet_macroalgae_ENG_final_UT.pdf

25 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

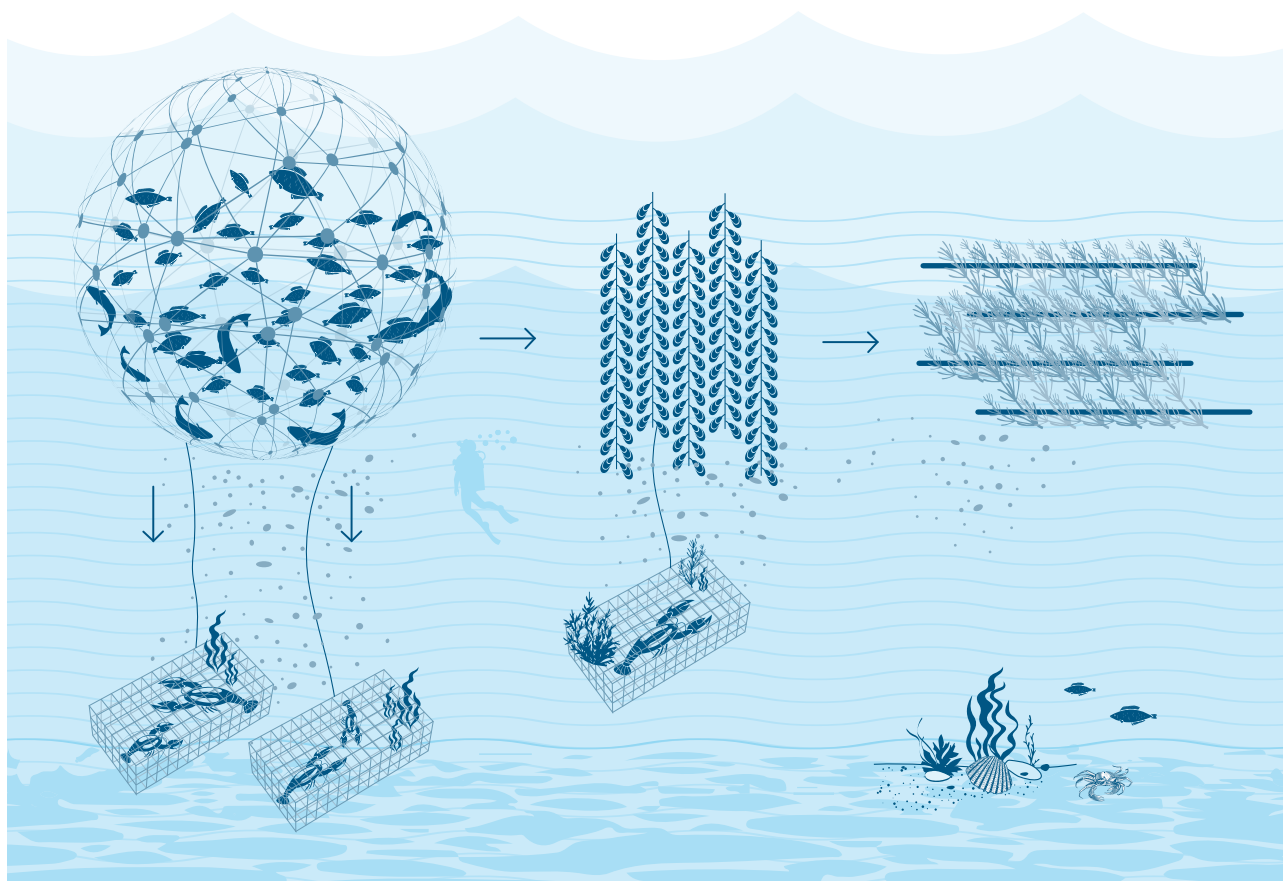
26 HELCOM. 2018. HELCOM Thematic assessment of eutrophication 2011-2016. *Baltic Sea Environment Proceedings* Nr. 156. <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/holistic-assessments/state-of-the-baltic-sea-2018/reports-and-materials/>

daudzveidību un samazinot zilaļģu ziedēšanu.²⁷ Makroalģes var arī kavēt fitoplanktona augšanu: tām sadaloties atbrīvotās ķīmiskās vielas, kā arī noēnojums var veicināt fitoplanktona biomasas samazināšanos, samazinot arī toksisko zilaļģu ziedēšanu. Tomēr tajā pašā laikā jāatzīmē, ka mijiedarbība starp makroalģēm un fitoplanktonu ir sarežģīta un atkarīga no resursu pieejamības un audzēšanas vietas mēroga.²⁸

Rezultāti liecina, ka makroalģu audzēšana samazina barības vielu daudzumu jūras ekosistēmā un laika gaitā lokāli veicina eitrofikācijas ietekmes samazināšanos. Makroalģēm augot, tās šūnās uzkrāj lielu daudzumu barības vielu, tādējādi izņemot tās no apkārtējās vides. Ja alģes tiek novāktas, barības vielas tiek pilnībā izņemtas no jūras vides. Ir aprēķināts, ka 20 t/ha makroalģu sausas masas spēj uzkrāt aptuveni 480 tonnas slāpekļa gadā liela mēroga (20 km²) brūnaļģu fermā.²⁹

Šo īpašību dēļ makroalģu kultivēšanu iesaka izmantot, lai samazinātu zivju akvakultūras negatīvo ietekmi³⁰ un padarītu to ekonomiski un videi ilgtspējīgāku, izmantojot integrētās multitrofiskās akvakultūras sistēmas (IMTA).³¹

Ilustrācija Nr. 24. Integrētā multitrofiskā akvakultūras sistēma (IMTA)



- 27 Jiang, Z., Liu, J., Li, S., Chen, Y., Du, P., Zhu, Y., Liao, Y., Chen, Q., Shou, L., Yan, X., Zeng, J., Chen, J. 2020. Kelp cultivation effectively improves water quality and regulates phytoplankton community in a turbid, highly eutrophic bay. *Science of The Total Environment*. 707. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135561.
- 28 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107
- 29 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107
- 30 Bouwman, A.F., Pawłowski, M., Liu, C., Beusen, A.H.W., Shumway S.E., Glibert, P.M., Overbeek, C.C. 2011. Global Hindcasts and Future Projections of Coastal Nitrogen and Phosphorus Loads Due to Shellfish and Seaweed Aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*. 19:4. doi.org/10.1080/10641262.2011.603849
- 31 Science for Environmental Policy 2015

Bīstamo vielu uzņemšana un uzkrāšana

Makroalģes augot spēj uzņemt un akumulēt savās šūnās ne tikai barības vielas, bet arī virkni dažādu bīstamo vielu, ieskaitot smago metālu jonus, piemēram, cinku, kadmiju, jodu, kā arī pesticīdus.^{32,33,34} Tās, kā zināms, ir smago metālu un citu bīstamu vielu „hiperakumulatori“, līdz ar to tiek izmantotas jūras piesārņojuma novērtēšanā.³⁵

Vielu uzkrāšanās ātrums dažādās sugās ir atšķirīgs un atkarīgs no bīstamās vielas veida, gada laika, augu daļas un atrašanās vietas. Lai gan daži metāla joni ir būtiski mikroelementi, augsts metālu līmenis ūdenī var mazināt aļģu augšanu. Turklāt, ja aļģu audos uzkrājas smagie metāli, aļģes var kļūt toksiskas organismam, kas atrodas augstāk barības ķēdē, ieskaitot cilvēkus. Jaunākie pētījumi liecina, ka brūnāļģes un sārtaļģes savos audos var uzkrāt ļoti augstas smago metālu koncentrācijas, salīdzinot ar apkārtējo vidi. Saskaņā ar šo pašu pētījumu *Fucus vesiculosus* it īpaši absorbē svīnu, kadmiju, hromu, mangānu un niķeli, savukārt zaļāļģēs *Ulva sp.* uzkrājas hroms.^{36, 37}

Svarīgā loma smago metālu uzņemšanā ir ūdens sāļumam. Tā samazināšanās palielina metālu pieejamību.

Piemēram, ir konstatēts, ka Baltijas jūras ziemeļu daļā (ap 7 % sāļums) *Fucus vesiculosus* šūnās kadmija koncentrācija var būt pat 10 reizes lielāka nekā tās pašas sugas makroalģēm Ziemeļjūrā (ap 30 ‰).³⁸

Ievācot makroalģes, smagie metāli, tāpat kā barības vielas, tiek izņemti no jūras vides. Vietās, kur ūdens ir piesārņots ar smagajiem metāliem, aļģu kultivēšana un tās biomasas ievākšana veicina drošāku vidi dzīvajiem organismiem. Turklāt makroalģes tiek rekomendētas izmantot ne tikai jūras vidē, bet arī smago metālu akumulācijai notekūdeņos, lai kontrolētu bīstamo vielu līmeni ūdens vidē.³⁹ Lai gan augstas metālu koncentrācijas vidē var samazināt makroalģu izmantošanas iespējas,⁴⁰ ir pierādīts, ka Baltijas jūrā var ievākt cilvēkiem drošas makroalģes to izmantošanai, piemēram, pārtikā.

Gaismas apstākļi

Gaismas kvalitāte un intensitāte ūdens kolonnā ir atkarīga no daudziem faktoriem, tai skaitā arī esošās veģetācijas. Kultivējot makroalģes, tiek izmantotas virvju līniju sistēmas, kas izvietotas ūdens kolonnas augšdaļā, kur gaismas daudzums ir piemērots, lai tās veiktu fotosintēzi. Pētījumi liecina, ka liela izmēra brūnāļģu fermās makroalģu kultūras var izmainīt apkārtējos gaismas apstākļus, fiziski noēnojot apkārtni.⁴¹ Tās var bloķēt gaismu pārējiem organismiem zem fermas, piemēram, ietekmējot bentiskās makroalģu audzes un veicinot konkurenci par gaismu un barības vielām.

Makroalģu fermas nav ieteicams izvietot produktīvajos seklu ūdeņu bentiskajos biotopos, kuriem raksturīgas makroalģes vai jūras zāles, jo tās ir īpaši jutīgas pret noēnojumu. Baltijas jūrā šādi biotopi ir aizsargājami, tāpēc telpiski

32 Rönnerberg, O., Adjers, K., Ruokolahti, C., Bondestam, M. 1990. *Fucus vesiculosus* as an Indicator of Heavy Metal Availability in a Fish Farm Recipient in the Northern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 21: 8. 388-392. doi.org/10.1016/0025-326X(90)90648-R

33 Greger, M., Malm, T., Kautsky, L. 2007. Heavy metal transfer from composted macroalgae to crops. *European Journal of Agronomy*. 26:3. 257-265. doi.org/10.1016/j.eja.2006.10.003

34 Rubio, C., Napoleone, G., Luis-González, G., Gutiérrez, A.J., González-Weller, D., Hardisson, A., Revert, C. 2017. Metals in edible seaweed. *Chemosphere*. 173. 572-579. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.064.

35 Ishii, T., Hirano, S., Watabe T. 2003. Hyperaccumulation of radioactive isotopes by marine algae. *Proceedings of the international symposium: Transfer of radionuclides in biosphere. Prediction and assessment. (JAERI-Conf--2003-010)*. Amano, Hikaru, & Uchida, Shigeo (Eds.): Japan

36 Ryan, S., McLoughlin P., O'Donovan O. 2012. A comprehensive study of metal distribution in three main classes of seaweed. *Environmental Pollution*. 167. 171-177. doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.006

37 Foster P. 1979. Concentrations and concentration factors of heavy metals in brown algae. *Environmental Pollution*. 10. Applied Science Publishers Ltd: England

38 Greger, M., Malm, T., Kautsky, L. 2007. Heavy metal transfer from composted macroalgae to crops. *European Journal of Agronomy*. 26:3. 257-265. doi.org/10.1016/j.eja.2006.10.003

39 Niazi, N.K., Murtaza, B., Bibi, I., Shahid, M., White, J.C., Nawaz, M.F., Bashir, S., Shakoob, M.B., Choppala, G., Murtaza, G., Wang H. 2016. Removal and Recovery of Metals by Biosorbents and Biochars Derived From Biowastes. *Environmental Materials and Waste*. Academic Press, 149-177. doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.00007-X.

40 Phillips, M.J. 1990. Environmental aspects of seaweed culture. FAO. www.fao.org/3/AB728E/AB728E05.htm

41 Phillips, M.J. 1990. Environmental aspects of seaweed culture. FAO. www.fao.org/3/AB728E/AB728E05.htm

pārklāšanās ar makroalģu kultivēšanu ir ļoti maz ticama. Turklāt ūdeņi, kuros sastopami produktīvi bentosa biotopi, bieži ir pārāk sekli, lai veiksmīgi uzstādītu makroalģu audzēšanas infrastruktūru.

Infrastruktūras ietekme uz pelagiskajiem organismiem, piemēram, fitoplanktonu, ir maz sagaidāma, jo iekārtas konstrukcijas tiek uzstādītas, lai ūdens kustība ūdens kolonnā efektīvi nodrošinātu nepieciešamo barības vielu un gāzu apmaiņu kultivētajām makroalģu sugām. Tomēr jāatzīmē, ka, palielinoties fermas mērogam un pieaugot instalāciju skaitam, pieaug ietekme.⁴²

Fiziskas vides izmaiņas – mākslīgi radīta makroalģu klātbūtne ūdens masā

Makroalģu audzes ir pievilcīgas dažādiem ūdens organismiem, līdz ar to vienus no ekoloģiski vērtīgākajiem biotopu tipiem Baltijas jūrā raksturo tieši makroalģes. Baltijas jūrā šie biotopi lielākoties ir saistīti ar akmeņainu jūras gultni un samērā sekliem ūdeņiem. Dziļākās vietās Baltijas jūras dienvidos izmantotās virvju sistēmas ir izvietotas ūdens kolonnas virskārtā, padarot tās diezgan atšķirīgas no savvaļas makroalģu dzīvotnēm. Līdz ar to tiek mākslīgi veidotas makroalģu audzes ūdens kolonnā, kur tās dabīgi neatrastos.^{43, 44} Tas piesaista peldošus vai dreifējošus organismus un palielina bioloģisko daudzveidību ūdens kolonnā.⁴⁵ Pētījumi par brūnālgu fermām Norvēģijā uzrādīja pieaugošu zivju mazuļu daudzumu akvakultūru tuvumā.⁴⁶ Lai gan nav novērots, ka zivju mazuļi barojoties ietekmētu makroalģu fermas ražu, vasaras sezonās dažādu bentisko un apaugumu ūdens

organismu planktoniskās stadijas makroalģes izvēlas kā dzīves un barības vietu. Tas var izraisīt makroalģu biomasas zudumus un ietekmēt ražas novākšanas laiku.⁴⁷

Lai gan ir novērots, ka makroalģu kultivēšana kopumā dod labumu pelagiskajai ūdens kolonnai, ir konstatēts, ka suspendētās makroalģes rada papildu materiālu nogulsnes jūras dibenā, kuru sadalīšanās var izraisīt skābekļa deficītu un ietekmēt bentiskos organismus.⁴⁸

Novērots, ka makroalģu kultivēšanas vietas ir pievilcīgas Baltijas jūrā dzīvojošajām roņu sugām, kur tie barojas ar vēžveidīgajiem un zivīm. Tā kā atsevišķas roņu sugas Baltijas jūrā tiek aizsargātas, izvēloties audzēšanas vietu, ir pienākums nodrošināt, lai roņiem un citām aizsargājamām sugām netiktu nodarīts kaitējums fermas darbību laikā.⁴⁹



- 42 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107
- 43 Visch, W., Kononets, M., Hall, P.O.J., Nylund, G.M., Pavia, H. 2020. Environmental impact of kelp (*Saccharina latissima*) aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*. 155. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110962
- 44 Stévant, P., Rebours, C. & Chapman, A. 2017. Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives. *Aquacult Int*. 25. 1373–1390. doi.org/10.1007/s10499-017-0120-7
- 45 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107
- 46 Stévant, P., Rebours, C. & Chapman, A. 2017. Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives. *Aquacult Int*. 25. 1373–1390. doi.org/10.1007/s10499-017-0120-7
- 47 Wood, D., Capuzzo, E., Kirby, D., Mooney-McAuley, K., Kerrison, P. 2017. UK macroalgae aquaculture: What are the key environmental and licensing considerations? *Marine Policy*. 83. 29–39. dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.021
- 48 Stévant, P., Rebours, C. & Chapman, A. 2017. Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives. *Aquacult Int*. 25. 1373–1390. doi.org/10.1007/s10499-017-0120-7
- 49 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

Fiziskas vides izmaiņas – mākslīga cieta substrāta ieviešana

Makroalģu kultivēšanas sistēmām ir jābūt noenkurotām – tas jūras gultnē rada mākslīgu substrātu.⁵⁰ Atkarībā no sākotnējā substrāta veida tas var vai nu aizstāt esošos biotopus, vai arī darboties kā paplašinājums. Pētījumi liecina, ka citu tehnisko struktūru, piemēram, jūras vēja parku vietās bentiskās sugas, visticamāk, kolonizēs enkurus.⁵¹

Mākslīga substrāta ieviešana vietās, kur tas iepriekš nav bijis, var veicināt bioloģisko daudzveidību un pozitīvi ietekmēt apkārtējo ekosistēmu. Ķīles fjordā brūnālgu kultivēšana pilotfermā piesaistīja krabjus, gliemežus, jūraszvaigznes, zivis un citus jūras organismus, kas parasti nav sastopami smilšainā jūras gultnē ar maz akmeņiem. Laika gaitā sīkākajiem organismiem sekoja lielāki plēsēji, piemēram, jūras zeltplekste, sviesta zivis un jūrasgrunduļi. Vēlāk uz novāktajām alģu sistēmām piesaistījās arī liels skaits gliemju.⁵²

Fiziskas vides izmaiņas – konstrukcijas ūdens kolonnā

Makroalģu fermas veido trīsdimensiju biotopu ūdens kolonnā, tādā veidā palielinot sugu bagātību,⁵³ tomēr jāatzīmē, ka tas var arī darboties kā šķērslis migrējošām jūras sugām. Novērojumi citur pasaulē liecina, ka akvakultūras iekārtas var traucēt zidītāju vai citu lielu jūras sugu migrācijas ceļus, izraisot „barjeras efektu”, ja fermas vietas netiek izvēlētas, ņemot vērā migrācijas un barošanās paradumus.⁵⁴

Ūdens apmaiņa un pārvietošanās ir būtiska makroalģu augšanai un fermas produktivitātei. Ūdens kustība nodrošina izšķīdušo barības vielu un gāzu apmaiņu, samazina nogulšņu un citu atkritumvielu veidošanos, kā arī var samazināt apaugumu veidojošo un citu ūdens organismu nosēšanos uz alģēm. Tomēr iegremdētās kultivēšanas sistēmas var ietekmēt arī straumju un viļņu plūsmu un nogulumu kustību. Ir konstatēts, ka liela mēroga brūnālgu un gliemeņu fermas var mainīt straumes ātrumu un slāpēt viļņus ap iekārtām, samazinot ūdens plūsmu audzēšanas vietu iekšienē.⁵⁵ Tās arī var veidot straumes zem fermas, kas ietekmē suspendēto, organisko un neorganisko vielu pārvietošanās ātrumu caur ūdens kolonnu, kas rezultātā nogulsņējās sedimentos.⁵⁶ Pētījumi liecina, ka brūnālgu audžu un kultivēšanas vietās ūdens plūsmas izmaiņas ietekmē daļiņu vertikālo un horizontālo transportu. Šo izmaiņu ekoloģiskā nozīme vēl nav ļoti skaidra, taču tām, iespējams, ir lokāla ietekme uz planktona un bentosa sabiedrībām.⁵⁷

Virvju līniju (*long-lines*) kultivēšanas sistēmu ietekme uz ūdens un daļiņu kustību atšķiras atkarībā no izvēlētas vietas. Tāpēc, pirms tiek uzsākta kultivēšana, kā arī tās laikā, ir rekomendēts rūpīgi izpētīt ūdens straumes ātrumu fermas iekšienē un ārpus tās, sedimentu transportēšanas ceļus, sedimentācijas ātrumu fermā un ārpus tās (augšpus un lejpus), kā arī identificēt potenciālo sedimentācijas vietu.⁵⁸

50 Visch, W., Kononets, M., Hall, P.O.J., Nylund, G.M., Pavia, H. 2020. Environmental impact of kelp (*Saccharina latissima*) aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*. 155. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110962

51 Wood, D., Capuzzo, E., Kirby, D., Mooney-McAuley, K., Kerrison, P. 2017. UK macroalgae aquaculture: What are the key environmental and licensing considerations? *Marine Policy*. 83. 29–39. dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.021

52 https://www.dbu.de/123artikel24819_.html

53 Visch, W., Kononets, M., Hall, P.O.J., Nylund, G.M., Pavia, H. 2020. Environmental impact of kelp (*Saccharina latissima*) aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*. 155. doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110962

54 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

55 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

56 Wood, D., Capuzzo, E., Kirby, D., Mooney-McAuley, K., Kerrison, P. 2017. UK macroalgae aquaculture: What are the key environmental and licensing considerations? *Marine Policy*. 83. 29–39. dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.021

57 Eckman, J.E., Duggins, D.O., Sewel A.T. 1989. Ecology of understory kelp environments. I. Effects of kelps on flow and particle transport near the bottom. *Exp. Mar. Biol. Ecology*. 129. 173–187.

58 Wood, D., Capuzzo, E., Kirby, D., Mooney-McAuley, K., Kerrison, P. 2017. UK macroalgae aquaculture: What are the key environmental and licensing considerations? *Marine Policy*. 83. 29–39. dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.021

Slimību, parazītu un svešzemju sugu izplatība

Svešzemju sugas ir organismi, kas cilvēka darbības rezultātā tiek ieviestas ekosistēmās ārpus to dabiskās izplatības zonas. Ne visas svešās sugas kļūst par invazīvām, bet gan tās, kas būtiski ietekmē vietējo ekosistēmu, izraisot bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmas funkcionēšanas samazināšanos un nodarot ekonomisku kaitējumu.⁵⁹ Tajā pašā laikā ir zināmi gadījumi, kur svešzemju sugas nav ietekmējušas ekosistēmas darbību, turklāt dažos gadījumos tās ir pat bagātinājušas bioloģisko daudzveidību.⁶⁰ Tomēr jāatzīmē, ka, reiz tās izplatījušās, ir gandrīz neiespējami pēc tam tās izskaust.⁶¹

Zināms, ka akvakultūra ir bijusi atbildīga par aptuveni 121 no 223 svešo makroalģu sugu ieviešanu visā pasaulē.⁶²

Balstoties uz Aquanis datu bāzi,⁶³ līdz šim Baltijas jūrā ir atrastas 14 svešzemju makroalģu sugas, un visas konstatētas Baltijas jūras rietumos (Vācijā – 7, Dānijā – 11 un Zviedrijā – 2).

Lai novērstu svešzemju sugu ieviešanu un izplatīšanos Eiropas ūdeņos, ir izstrādātas ES stratēģijas un tiesību akti (piemēram, Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) Nr. 1143/2014 (2014. gada 22. oktobris)

par invazīvu svešzemju sugu introdukcijas un izplatīšanās profilaksi un pārvaldību).

Saskaņā ar šo regulējumu komerciāli var kultivēt tikai vietējās sugas, kas sastopamas Baltija jūrā. Turklāt, lai samazinātu svešzemju sugu ieviešanas iespējamo risku, vēlams uzraudzīt un apsaimniekot kuģu balasta ūdeņus, kā arī monitorēt kuģošanas līdzekļu bioapaugumu.⁶⁴

Slimības un parazīti ir galvenais drauds ne tikai lauksaimniecībai, bet arī akvakultūrai. Atšķirībā no sauszemes, lai kontrolētu parazītu vai slimību izplatīšanos ūdens vidē, pesticīdi un mēslošanas līdzekļi nevar tikt izmantoti, tāpēc inficēšanās gadījumā raža dramatiski samazināsies. Turklāt ūdens vidē parazītu un slimību izplatīšanās notiek ārkārtīgi viegli, kas papildus rada draudus savvaļas makroalģu populācijām.^{65, 66} Pētījumi no Norvēģijas sārtalģu un brūnālgu fermām liecina, ka viens no galvenajiem produkcijas samazinātājiem ir slimību un epifītalģu uzliesmojumi.^{67, 68} Daži no galvenajiem slimību uzliesmojumu cēloņiem ir pārāk liels makroalģu blīvums fermā, kas noved pie gaismas, barības vielu trūkuma un ūdens apmaiņas samazināšanās.⁶⁹ Lai novērstu slimību un kaitēkļu ieviešanos un izplatīšanos, ir jāveic pasākumi nacionālā un starptautiskā mērogā, tādā veidā veicinot biodrošības⁷⁰ un piesardzības pasākumus projekta līmenī.

59 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

60 Katsanevakis S., Wallentinus I., Zenetos A., Leppäkoski E., Çinar M. E., Öztürk B., Grabowski M., Golani D., Cardoso A.C. 2014. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review, *Aquatic Invasions*. 9:4, 391–423. 10.3391/ai.2014.9.4.01

61 Ojaveer H., Galil B.S., Lehtiniemi M., Christoffersen M., Clink S., Florin A., Gruszka P., Puntilla R., and Behrens J.W. 2015. Twenty-five years of invasion: management of the round goby *Neogobius melanostomus* in the Baltic Sea, *Management of Biological Invasions*. 6:4, 329–339. 10.3391/mbi.2015.6.4.02

62 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

63 <http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis/>

64 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

65 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

66 Wood, D., Capuzzo, E., Kirby, D., Mooney-McAuley, K., Kerrison, P. 2017. UK macroalgae aquaculture: What are the key environmental and licensing considerations? *Marine Policy*. 83. 29–39. dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.021

67 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

68 Stévant, P., Rebours, C. & Chapman, A. 2017. Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives. *Aquacult Int*. 25. 1373–1390. doi.org/10.1007/s10499-017-0120-7

69 Werner, A., Clarke, D., Kraan, S. 2004. Strategic Review of the Feasibility of Seaweed Aquaculture in Ireland. Marine Institute. www.marine.ie/marinertdi

70 Campbell I., Macleod A., Sahlmann C., Neves L., Funderud J., Øverland M., Hughes AD., Stanley M. 2019. The Environmental Risks Associated with the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps. *Frontiers in Marine Science*. 6:107. doi.org/10.3389/fmars.2019.00107

Piesārņojums ar troksni

Makroalģu audzēšanas un ražas novākšanas laikā, visticamāk, palielināsies kuģu satiksme un tehniskā aprīkojuma klātbūtne, kas tiek raksturots kā potenciāli antropogēnas skaņas avoti – trokšņa piesārņojums. Vietējā trokšņa piesārņojuma ietekme, kas pārsniedz fona līmeni līdz galam vēl nav izpētīta, tomēr ir konstatēts, ka antropogēna skaņa izraisa dažādu ūdens organismu uzvedības reakcijas maiņu un stresu, bet dažos gadījumos veicina arī izmaiņas dzirdes jutībā.⁷¹ Ietekme mainās atkarībā no skaņas veida – tās biežuma un ilguma, kā arī no dzīvnieka tuvuma skaņas avotam.

Pētījumi liecina, ka cūkdelfīni, plankumainie roņi, pogainie roņi un pelēkie roņi ir jutīgi pret skaņu plašā frekvences diapazonā. Zemūdens trokšņa radītā ietekme ir konstatēta uz mencas, reņģes, vēdzeles un brētliņas populācijām, izraisot akustiskos šķēršļus, mainot uzvedību un izraisot izmaiņas migrācijas paradumos nārsta sezonā.⁷²

Ilustrācija Nr. 25. Makroalģu novākšanas tehnika



- 71 Williams R., Wright, A.J., Ashe, E., Blight, L.K., Bruintjes, R., Canessa, R., Clark, C.W., Cullis-Suzuki, S., Dakin, D.T., Erbe, C., Hammond, P.S., Merchant, N.D., O'Hara, P.D., Purser, J., Radford A.N., Simpson, S.D., Thomas, L., Wale, M.A. 2015. Impacts of anthropogenic noise on marine life: Publication patterns, new discoveries, and future directions in research and management. *Ocean & Coastal Management*. 115. 17-24. doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.05.021
- 72 HELCOM 2019. Noise sensitivity of animals in the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings* N° 1. <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP167.pdf>

TIRGUS PERSPEKTĪVAS ASPEKTI UN NĀKOTNES POLITIKA

Saskaņā ar Eiropas Jūras aļģu koalīcijas datiem Eiropas jūras aļģu ražošanas apjomiem būs strauji jāpalielinās, lai no pašreizējām 300 000 tonnu aļģu svaigā svara (2020. gadā) līdz 2030. gadam sasniegtu 8 miljonus tonnu aļģu svaigā svara un varētu nosegt 30% no pieprasījuma pēc Eiropā saražotajām jūras aļģēm. Tiek lēsts, ka šīs nozares tirgus vērtība 2030. gadā būs 9,3 miljardi eiro.⁷³

Saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas (turpmāk – FAO) datiem komerciāla vērtība ir aptuveni 221 makroaļģu sugu. Pasaules makroaļģu tirgus vērtība ir 9 miljardi ASV dolāru gadā, un tā apjoms ir vairāk nekā 30 miljoni tonnu makroaļģu.

Lai gan jūras aļģes tiek ražotas aptuveni 50 pasaules valstīs, lielākie ražotāji atrodami Āzijas valstīs – Ķīnā, Indonēzijā un Korejā.

98% no visā pasaulē saražotajām aļģēm veido *Saccharina*, *Undaria*, *Porphyra/Pyropia*, *Euchema/Kappaphycus* un *Gracilaria* ģints sugas. Vairāk nekā 97% no jūras aļģu gada produkcijas iegūst no audzētavām, un 2017. gadā tikai aptuveni 845 000 tonnu jūras aļģu tika ievākts savvaļas makroaļģu rezervuāros. Lielākie savvaļā ievāktie jūras aļģu ražotāji bija Čīle un Norvēģija. Salīdzinot ar Āziju, makroaļģu izmantošana Eiropā ir bijusi neliela. Eiropā galvenokārt tikušas ievāktas savvaļas makroaļģes piekrastes zonās, un tas tika darīts ar rokām vai ar laivām. Tomēr ievākšana bieži ir sarežģīta, jo dažas makroaļģu sugas ir grūti sasniedzamas, un savvaļas rezervuāru ilgtspējīgas izmantošanas kontekstā var ievākt tikai nelielu daudzumu aļģu. Eiropā ir izveidotas gan piekrastes, gan dziļjūras jūras aļģu audzētavas. Eiropā 2017. gadā tika saražotas aptuveni 238 000 t jūras aļģu. Norvēģija, Francija

un Īrija ir lielākie jūras aļģu ražotāji Eiropā, bet mazākos apmēros jūras aļģes iegūst arī Islandē, Krievijas Federācijā, Portugālē, Spānijā, Itālijā, Igaunijā, Dānijā un Bulgārijā. Lielākā daļa produkcijas sastāv no *Ascophyllum nodosum*, *Chondrus crispus*, *Fucus spp.*, *Himanthalia elongata*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Palmaria palmata*, *Porphyra umbilicalis*, *Saccharina latissima* un *Ulva spp.* sugām. Akvakultūras audzētavas ir izveidotas Norvēģijā, Krievijas Federācijā, Spānijā, Īrijā, Dānijā un Bulgārijā. Izmēģinājuma jūras aļģu audzētavas un eksperimentālās audzēšanas vietas ir izveidotas arī citās Eiropas valstīs, tostarp Zviedrijā, Polijā un Igaunijā. Audzētavās galvenokārt audzē brūnaļģes *Saccharina latissima* un *Alaria esculenta*, kā arī *Ulva spp.* Eksperimentāli tiek audzētas arī citas makroaļģu sugas. Lielākā daļa Eiropas makroaļģu produkcijas tiek izmantota citiem mērķiem, nevis tieši pārtikā vai barībā. Tomēr pašlaik nav ticamu aplēšu par saražotās makroaļģu biomasas materiālu plūsmām un galamērķiem.⁷⁴

Eiropā jūras aļģes tradicionāli tiek izmantotas, lai pārtikai pievienotu minerālvielas un vitamīnus. Jūras aļģu milti tiek izmantoti maizes cepšanai, bet *Fucus spp.* izmanto arī dzīvnieku barībai. No Eiropā sastopamajiem ēdieniem, kuru sastāvā ir jūras aļģes, ir Velsā zināmais aļģu sviestmaižu smēriņš (*Rhodomenia palmata*), ko Īrijā izmanto kā pārtikas produktu sastāvdaļu. Baltijas jūras reģionā jūras aļģes pārtikā tiek izmantotas ļoti maz, lai gan piekrastes teritorijās tās izmanto dzīvnieku barībai. Tomēr interese par jūras aļģēm ir novērojama arī Baltijas jūras reģionā. Pašlaik jūras aļģu pārtikas produktus ražo vairāki mazie uzņēmumi Dānijā, Zviedrijā, Vācijā un Igaunijā. Cita starpā jūras aļģes izmanto, lai ražotu vīnu, alu, kokteiļus, pesto un sviestmaižu smēriņus, miltus, makaronus un uzkodas. Aļģes kā ēdienu sastāvdaļas izmanto arī restorāni, kas savā ēdienkartē ir ne tikai ieviesuši jūras aļģes, bet ēdienu pagatavošanā arī izmanto dažādākas

73 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/EU_regulation_of_seaweed_food_and_feed_MRahikainen_final.pdf

74 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/EU_regulation_of_seaweed_food_and_feed_MRahikainen_final.pdf

jūras aļģu sugas, tostarp vietējās jūras aļģu sugas. Tomēr Baltijas jūras aļģes pārtikā joprojām tiek izmantotas reti. Eiropas makroaļģu resursi galvenokārt tiek izmantoti fikokoloīdu iegūšanai. Makroaļģu hidrocoloīdus – agaru, algīnskābi un karaginānu – izmanto kā biezinātājus, recinātājus un stabilizētājus pārtikas, kosmētikas un farmācijas nozarēs. Agars galvenokārt tiek ražots no *Gelidium* un *Gracilaria spp.*, alginātu iegūst no *Ascophyllum nodosum* un *Laminaria spp.*, bet karaginānu iegūst no *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus* un *Gigartina spp.* 2015. gadā 6% no pasaules fikokoloīdu produkcijas nāca no Eiropas. Lai gan Eiropā, salīdzinot ar pasaulē saražotajiem apjomiem, ražo vien nelielu daudzumu agara un karagināna, tomēr Eiropa ir vadošais reģions algināta ražošanā pārtikas un farmācijas vajadzībām.

Arī Baltijas jūras reģionā jūras aļģes galvenokārt tiek izmantotas kā izejvielas recinātāju ražošanai. No Baltijas jūrā sastopamajām aļģēm *Furcellaria lumbricalis* Igaunijā un Polijā ražo furcellarānu (klasificēts kā karagināns, E407). 60. un 70. gados Polijā jodu un algīnskābi nelielos apjomos ražoja galvenokārt no *Fucus vesiculosus*. Šobrīd Igaunijā furcellarānu joprojām ražo uzņēmums „EstAgar”. Turklāt Dānijā karagināns tiek ražots no importētām jūras aļģēm. Agrāk makroaļģu ievākšanas blakusprodukti tika izmantoti dzīvnieku barībā.⁷⁵

Makroaļģes ir no jauna atzītas par iespējamu pārtikas un barības sastāvdaļu Eiropā un Baltijas jūras valstīs, kur to patēriņš tradicionāli ir bijis mazāks nekā citos reģionos. Pieaugot importēto jūras aļģu produktu patēriņam, sāk palielināties arī interese par vietējām jūras aļģēm. Jaunās pārtikas regulējums joprojām ierobežo daudzu Eiropas makroaļģu sugu izmantošanu pārtikā, lai gan 17 atļauju piešķiršanas procesi jau ir izstrādāti un vienkāršoti. Turklāt pārtikas nekaitīguma regulējums, ar ko ierobežo kaitīgas sastāvdaļas pārtikā, joprojām ir nepilnīgs attiecībā uz jūras aļģu pārtikas produktiem. Nav noteikta maksimāli pieļaujamā arsēna koncentrācija jūras aļģu pārtikas produktos, lai gan dažās makroaļģu sugās esošais augstais neorganiskā arsēna līmenis var izraisīt neorganiskā arsēna uzņemšanu kaitīgos daudzumos pat tad, ja patērē salīdzinoši nelielu daudzumu jūras aļģu. Tomēr jāņem vērā,

ka regulējuma nepilnības ir zināmas un nākotnē, iespējams, tiks novērstas. Jūras aļģu klasificēšana par zvejniecības un akvakultūras produktiem ir ievērojama cienīga, jo tā uzliek par pienākumu lietot detalizētu produktu marķējumu un valsts iestādēm saskaņot atļautās sugas. Ierobežojumi un prasības attiecībā uz barību, kuras sastāvā tiek izmantotas makroaļģes, ir noteikti ES tiesību aktos par dzīvnieku barību, un, atkarībā no regulējuma, aļģu izcelsmes barības sastāvdaļas vai nu uzskata par atsevišķu barības kategoriju ar īpašiem drošības noteikumiem, vai arī uz tām attiecas kopēji principi, kas piemērojami visām dzīvnieku barības izejvielām.⁷⁶

GRASS projektā 2020. gadā ir izstrādāts Latvijā spēkā esošo normatīvo prasību apkopojums attiecībā uz Baltijas jūras makroaļģu izmantošanu pārtikā un dzīvnieku barībā. Apkopojumā ir aplūkoti būtiskākie nosacījumi, kas jāievēro personai, ja tā vēlēties izmantot Baltijas jūrā augošās aļģes pārtikā vai dzīvnieku barībā, tai skaitā, ja šī persona vēlēties jūras aļģes sertificēt kā bioloģisko produktu.

Papildus apjomīgajam normatīvo prasību apkopojumam, ir sagatavotas arī Vadlīnijas Baltijas jūras makroaļģu izmantošanai pārtikā un dzīvnieku barībā – īsāks palīgmateriāls ikvienam interesentam, kas vēlas gūt ieskatu par Latvijas tiesību aktu prasībām aļģu izmantošanai pārtikas vai dzīvnieku barības jomā. Vadlīnijas būs noderīgas tiem, kas plāno saimniecisko darbību saistīt ar makroaļģu izmantošanu pārtikas vai barības ražošanai un vēlas izprast, kā labāk orientēties plašajā un komplicētajā pārtikas un barības aprites regulējumā.

Dokumenti pieejami:  <https://www.kurzemesregions.lv/sagatavoti-materiali-kas-palidzes-orienteties-likumu-un-prasibu-labirintos-juras-makroalgu-izmantosana-partika-vai-bariba/>

75 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/EU_regulation_of_seaweed_food_and_feed_MRahikainen_final.pdf

76 https://www.submariner-network.eu/images/grass/outputs/EU_regulation_of_seaweed_food_and_feed_MRahikainen_final.pdf

SOCIĀLEKONOMISKIE IEGUVUMI NO ILGTSPĒJĪGAS MAKROALĢU AUDZĒŠANAS BALTIJAS JŪRĀ

Sociālie aspekti

Aļģu vākšanai Latvijā ir vēsturiskā nozīme un šīs jomas saglabāšana ļautu saglabāt vēsturiskās zināšanas.

Makroalģu joma ir strauji attīstījusies citās valstīs, zināšanu pārnese ļautu iegūt jaunas zināšanas un pieredzi un to attīstīt atbilstoši Baltijas jūras reģiona vajadzībām.

Piekrastes iedzīvotājiem ir iespēja sadarboties un uzlabot savstarpējo komunikāciju saistībā ar aļģu vākšanu, pārstrādi un izmantošanu.

Ekonomiskie aspekti

Nozarei ir milzīgs potenciāls, kas veicinātu augstas pievienotās vērtības produktu radīšanu un attiecīgi – jaunu darbavietu radīšanu, iedzīvotāji labprāt veido mazos uzņēmumus, lai palielinātu ienākumus.

Jaunas darbavietas un lielāki ienākumi kāpinātu nodokļu maksājumu apmēru valsts budžetā.

Ilustrācija Nr. 26. Krastā izskaldotās makroalģu biomasas vākšana



Noderīgi resursi

- GRASS projekta informācija (t. sk. projekta ziņojumi un rezultāti) latviešu valodā
<https://www.kurzemesregions.lv/projekti/vides-aisardziba/grass/>
- GRASS projekta informācija (t. sk. ziņojumi un rezultāti) angļu valodā
<https://www.submariner-network.eu/grass>
- Submariner Network (par zilo bioekonomiku Baltijas jūras reģionā)
<https://www.submariner-network.eu/>
- CONTRA projekta informācija (par krastā izskaloto makroaļģu apsaimniekošanu)
<https://www.beachwrack-contras.eu/>
- Daugavpils Universitātes aģentūra „Latvijas Hidroekoloģijas institūts”
<https://www.lhei.lv/lv/>
- Eiropas Komisijas mājas lapa par zilo bioekonomiku
https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/bioeconomy/blue-bioeconomy_en
- Eiropas Komisijas mājas lapa par aļģu biomasu
https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/topic/algae-biomass_en

Projekta partneri latvijā:

Kurzemes plānošanas reģions
www.kurzemesregions.lv



Daugavpils Universitātes aģentūra
„Latvijas Hidroekoloģijas institūts”
www.lhei.lv



Ilustrācijas

Nr. 1. Raksturīgās makroalģu joslas	5
Nr. 2. Makroalģu sugu izplatība un sāluma gradients Baltijas jūrā	5
Nr. 3. <i>Fucus vesiculosus</i> biomasas aprēķins uz 2019. g. (<i>Fucus</i> fotogrāfijas autors: I.Bārda; LHEI karte)	6
Nr. 4. <i>Furcellaria lumbricalis</i> biomasas aprēķins uz 2019. g. (<i>Furcellaria</i> fotogrāfijas autors: J.Aigars; LHEI karte)	7
Nr. 5. Makroalģu ieguves veidi	8
Nr. 6. Makroalģu audzēšanas savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem (konfliktējošie (sarkana krāsa), sinerģiskie (zaļa krāsa), un mijiedarbības vai mijiedarbībās ar potenciālu līdzāspastāvēšanu pie noteiktiem nosacījumiem (dzeltena krāsa))	10
Nr. 7. Jūras telpiskā plānojuma karte – makroalģu akvakultūras savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem (1projekta Baltic Blue Growth laikā uzstādītā gliemeņu ferma)	10
Nr. 8. <i>F. vesiculosus</i> augšanas potenciāls	11
Nr. 9. Zaļalģes <i>U. intestinalis</i> augšanas potenciāls	12
Nr. 10. Pāvilosta	12
Nr. 11. Jūras telpiskā plānojuma karte – makroalģu akvakultūras sektoru savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem un brūnālģes <i>F. vesiculosus</i> augšanas potenciāls	13
Nr. 12. Jūras telpiskā plānojuma karte – makroalģu akvakultūras sektoru savietojamība ar citiem jūras izmantošanas veidiem un zaļalģes <i>U. intestinalis</i> augšanas potenciāls	13
Nr. 13. Modelēšanas rezultāti tiešsaistes operatīvo lēmumu atbalsta sistēmā (ODSS)	14
Nr. 14. Baltijas jūra	14
Nr. 15. Zaļalģes <i>U. intestinalis</i> augšanas potenciāls uz laukuma vienību	15
Nr. 16. Brūnālģes <i>F. vesiculosus</i> augšanas potenciāls uz laukuma vienību	15
Nr. 17. Potenciālais izskaloto makroalģu daudzums Baltijas jūras piekrastē	16
Nr. 18. Molu izveide (Zvejniecības mēnešraksts Nr. 5, 01.08.1937.)	17
Nr. 19. Alģu uztveršanas redeles (Zvejniecības mēnešraksts Nr. 8, 01.11.1937.)	18
Nr. 20. Makroalģu izmantošanas nozares	20
Nr. 21. Ziepes, kuru sastāvā ir furcelārijas alģu izvilkums olīveļļā un furcelārijas hidrolāts	21
Nr. 22. Dažādas makroalģu produktu stadijas	21
Nr. 23. Ēdamās alģes	23
Nr. 24. Integrētā multitrofiskā akvakultūras sistēma (IMTA)	25
Nr. 25. Makroalģu novākšanas tehnika	30
Nr. 26. Krastā izskaldotās makroalģu biomasas vākšana	33



Projekta partneri Latvijā:



**LATVIJAS
HIDROEKOLOĢIJAS
INSTITŪTS**



**KURZEMES
PLĀNOŠANAS
REĢIONS**