



LATVIJAS
HIDROEKOLOĢIJAS
INSTITŪTS

Eiropas savienības Eiropas Jūrlietu un zivsaimniecības fonda
Rīcības programmas zivsaimniecības attīstībai 2014.-
2020.gadā prioritātes “Veicināt integrētās jūrlietu politikas
īstenošanu” atbalstāmā pasākuma “Zināšanu uzlabošana
jūras vides stāvokļa jomā” projekta Nr. 17-00-F06803-
000001 ietvaros noslēgtā (iepirkuma identifikācijas Nr.
VARAM 2016/54)
Līguma Nr IL/106/2017
NOSLĒGUMA ZIŅOJUMS

LATVIJAS JŪRAS VIDES GALVENO EKOSISTĒMAS VĒRTĪBU APZINĀŠANA UN KVANTIFICĒŠANA. JŪRAS VIDES DEGRADĀCIJAS NEMONETĀRĀ NOVĒRTĒŠANA

Rīga, 2022

Saturs

1. ESOŠĀS INFORMĀCIJAS PAR LATVIJAS JŪRAS BIOTOPU UN SUGU EKOSISTĒMAS VĒRTĪBĀM UN TO TELPISKĀS IZPLATĪBAS APKOPOJUMS.....	3
1.1. Pelāģiskās ekosistēmas	3
1.2. Bentiskās ekosistēmas.....	4
1.2.1. Dūņu biotopi (HELCOM klasifikācijas AB-H biotopi).....	5
1.2.2. Smilšu biotopi (HELCOM klasifikācijas AB-J un AA-J biotopi).....	6
1.2.3. Akmeņainie biotopi (HELCOM klasifikācijas AA-A un AB-A biotopi).....	6
2. Ekosistēmas vērtību kvantitatīvas novērtēšanas sistēma – bentisko biotopu piemērs	11
3. Galvenie ekosistēmas vērtību degradējošie faktori	12
4. Ekosistēmas vērtību degradācijas līmeņa novērtējums.....	13
5. Priekšlikumi ekosistēmas vērtību degradācijas samazināšanai	17
6. Kumulatīvās ietekmes novērtēšanas metožu apskats un raksturojums, ieteikumi tālākai kumulatīvās ietekmes metožu attīstībai.....	18
6.1. Esošo kumulatīvās ietekmes novērtēšanas rīku raksturojums.....	18
6.2. Esošo kumulatīvās ietekmes novērtēšanas rīku analīze un rekomendācijas to tālākai attīstībai	20
6.2.1. Esošo kumulatīvās ietekmes rīku analīze	20
6.2.2. Rekomendācijas esošo kumulatīvās ietekmes rīku tālākai attīstībai	21
LITERATŪRAS SARAKSTS	25

1. ESOŠĀS INFORMĀCIJAS PAR LATVIJAS JŪRAS BIOTOPU UN SUGU EKOSISTĒMAS VĒRTĪBĀM UN TO TELPISKĀS IZPLATĪBAS APKOPOJUMS

Termins „ekosistēmas vērtība” ir cilvēka izveidots koncepts, kas visbiežāk tiek interpretēts atkarībā no tā lietošanas mērķa. Ekosistēmas vērtība var izpausties gan kā funkcija (darbība), ko kāda suga vai biotops veic, gan kā cilvēka izmantots produkts, kas visbiežāk tiek definēts jau kā “ekosistēmas pakalpojums”. Piemēram, komerciāli izmantojama zivju suga sniedz ekosistēmas pakalpojumu, ja tā tiek nozvejota un izmantota pārtikā. Vienlaicīgi tā pati suga ir nozīmīga ekosistēmas sastāvdaļa, kas nodrošina ekosistēmas līdzsvara (laba stāvokļa) uzturēšanai nepieciešamu funkciju izpildi. Visbiežāk sabiedrībai ir interese tieši par tām ekosistēmas vērtībām, kurām ir tūlītēja izmantošana patēriņā, un nepietiekama uzmanība tiek pievērsta visām tām “vērtībām”, kuras padara iespējamu šo patēriņā izmantojamo vērtību esamību.

1.1. PELĀĢISKĀS EKOSISTĒMAS

Skatoties no pasaules okeāna perspektīvas, pelāģiskās ekosistēmas pirmējiem producentiem (fitoplanktonam) ir izšķiroša nozīme dzīvības uzturēšanā jūrās un okeānos. Skatoties no Baltijas jūras perspektīvas, pirmējie producenti drīzāk asociējas ar negatīviem efektiem nekā ar jēdzienu “vērtība”, jo Baltijas jūra antropogēnās darbības ietekmē ir kļuvusi tik produktīva, ka ir novērojamas nevēlamas vides stāvokļa izmaiņas. Tai pašā laikā arī Baltijas jūrā dzīvie organismi lielākoties (izņēmums ir piekrastes ekosistēmas) balstās tieši uz pelāģisko biotopu pirmējiem producentiem.

Pirmējie producenti, piesaistot atmosfēras CO₂ un slāpekli (tā veidojot šo elementu globālā cikla posmu), dod būtisku pievienoto vērtību siltumnīcas efektu izraisošo gāzu koncentrāciju atmosfērā kontrolē. “Vērtības” kvantitatīvais novērtējums ir iekļauts bentisko biotopu sadaļā, jo paliekošu (ilglaicīgu) efektu uz siltumnīcas efektu izraisošu gāzu koncentrācijām atmosfērā atstāj tikai tā fitoplanktona asimilētā materiāla (oglekļa) daļa, kas tiek apglabāta sedimentos. Pārējais bioloģiskais materiāls iekļaujas elementu apritē vai nu pelāģiskajos vai bentiskajos biotopos, kas arī ir “ekosistēmas vērtība”, jo nodrošina dzīvības procesus pārējiem trofiskajiem līmeņiem. Kā jau minēts, Baltijas jūrā, tai skaitā Latvijas jurisdikcijā esošajos ūdeņos, pirmējo producentu “vērtība” šobrīd ir ar negatīvu zīmi gan tāpēc, ka pavasara populācijas masveida sedimentācijas dēļ ir pārslogota bentisko biotopu kapacitāte nodrošināt bentiskos organismus ar skābekli, gan tāpēc, ka vasaras populācija samazina ūdens caurspīdību tā padarot plašus piekrastes rajonus nepiemērotus daudzgadīgo bentisko makroaļģu attīstībai. Šai gadījumā “ekosistēmas vērtību” kvantitatīvā izteiksmē var aprēķināt kā planktonā iekļautā (asimilētā) oglekļa masu. Masas lielums ir/būs atkarīgs no jūras

apakš-baseina, kuram šāds aprēķins tiek veikts, virsmas laukuma. Optimālā “vērtība” atbilst HELCOM (BSEP 156) noteiktajai ER (eutrophication ratio) vērtībai. Jo, ja tiek pārsniegta ER vērtība, tad novērotie negatīvie efekti nonivelē ieguvumus no lielāka pieejamās pārtikas apjoma. Savukārt, ja ER vērtība netiek sasniegta, tad, lai gan ekosistēma tiek uzskatīta par labā stāvoklī esošu, tās produktivitāte ir zemāka par optimālo, un “ekosistēmas vērtības” maksimālais potenciāls netiek sasniegts.

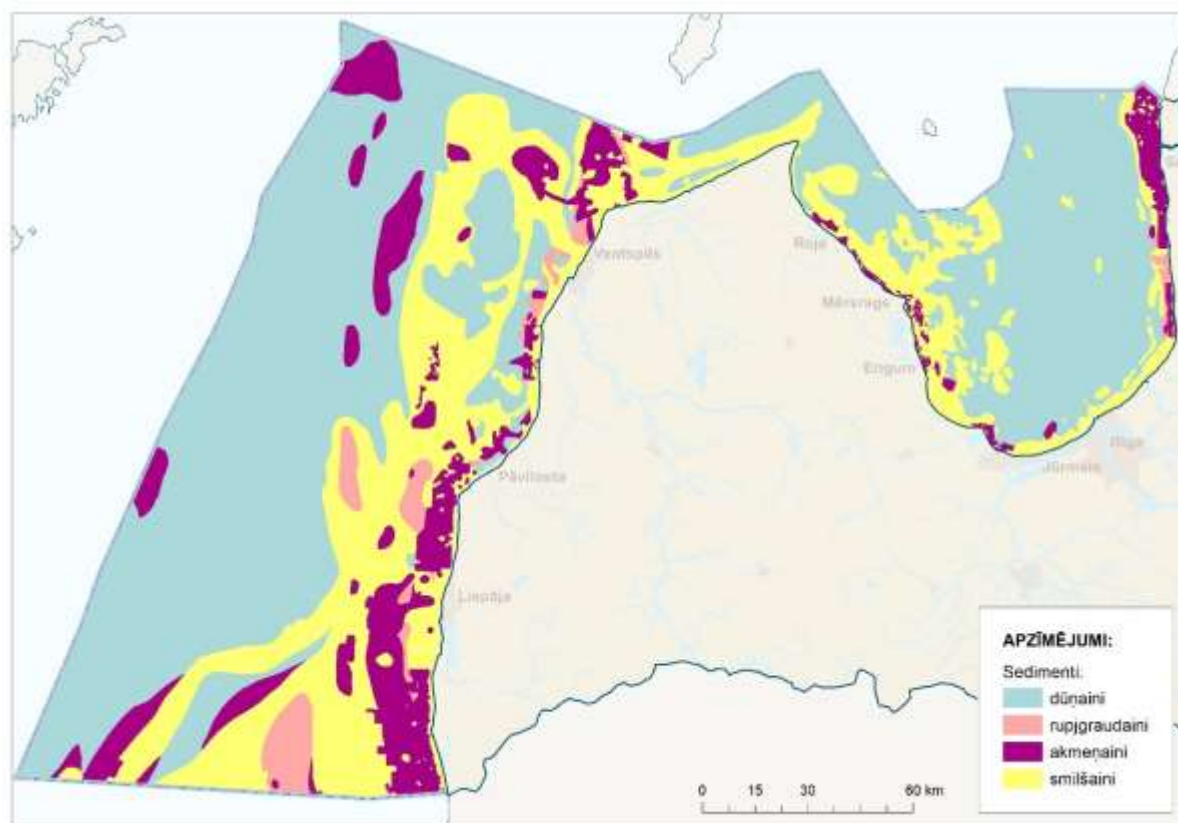
Nākošā trofiskā līmeņa, zooplanktona, galvenā “ekosistēmas vērtība” ir enerģijas pārnese no pirmproducentu trofiskā līmeņa uz augstākiem trofiskajiem līmeņiem. Papildus pievienotā vērtība zooplanktonam ir fitoplanktona biomasas top-down kontrole. Kvantitatīvā izteiksmē zooplanktona vērtība ir aprēķināma katram konkrētam gadījumam kā barības ķēdes stabilitātes indeksa sastāvdaļa (skatīt 6. etapa atskaites 3. nodaļu). Līdzīgi kā fitoplanktona gadījumā, optimālā līdzsvara stāvokļa vērtība ir vislielākā. Notiekot novirzēm no līdzsvara stāvokļa uz vienu vai otru pusi, vērtība samazinās.

Turpmāko pelāģiskās ekosistēmas trofisko līmeņu “ekosistēmas vērtību” novērtēšana ir salīdzinoši komplicētāka, jo no vienas puses to nosaka funkcijas, ko šajos trofiskajos līmeņos esošo sugu īpatņi veic ekosistēmas līdzsvara nodrošināšanai. Piemēram, reņģes no vienas puses nodrošina enerģijas pārnese no zooplanktona uz plēsējiem. Plēsēji, savukārt, izdarot barošanās spiedienu uz reņģu populāciju, nodrošina to, ka reņģu barošanās spiediens uz zooplanktonu nepārsniedz ekosistēmas tolerances sliekšni. Vienlaicīgi tās pašas sugas ir ar cilvēku definētu komerciālu, kultūrālu, u.t.t. vērtību, kā rezultātā tās tiek vērtētas kā cilvēkam nozīmīgi “ekosistēmas pakalpojumi”. Faktiskā “vērtība” tiek piešķirta atkarībā no situācijas un var variēt plašā amplitūdā. Vērtējot tikai no ekosistēmas līdzsvara (laba vides stāvokļa) nodrošināšanas skatu punkta, vērtība augstāko trofisko līmeņu sugu pārstāvjiem ir rēķināma līdzīgi kā fito- un zooplanktona gadījumā – izmantojot barības ķēdes stabilitātes indeksu (skatīt 6. etapa atskaites 3. nodaļu). Savukārt, aprēķinot konkrēta “ekosistēmas pakalpojuma” vērtību, būtu jāizmanto situācijai attiecīgi piemērotākā metodika.

1.2. BENTISKĀS EKOSISTĒMAS

Atšķirībā no pelāģiskās ekosistēmas, kas pamatoti var tikt uzskatīta par telpiski salīdzinoši homogēnu, bentiskajā ekosistēmā ir novērojama liela telpiskā fragmentācija, ko nosaka nevienmērīgais dibennogulumu tipu telpiskais sadalījums. Nosacīti Latvijas ūdeņos sastopamos bentiskās ekosistēmas dibennogulumu tipus ([1.1. Attēls](#)) var sadalīt 3 pamattipos: akmeņi, jeb rifi (12 % no kopējā), smiltis (28 % no kopējā) un dūņas (58 % no kopējā) un 1 starp-tipā: rupjgraudaini nogulumi (3 % no kopējā). Parasti lielākā vērtība ir retāk sastopamajam. Tomēr šajā gadījumā jāatzīmē, ka rupjgraudainie nogulumi ir izņēmums no likumsakarības, jo tie īsti nav piemērota dzīves vieta ne dūņaino vai smilšaino nogulumu sugām, ne akmeņaino nogulumu sugām. Līdz ar to bioloģiskā sabiedrība šajos nogulmos ir relatīvi nabadzīgāka, kas attiecīgi šim tipam nosaka zemāku vērtību.

Savukārt, ja tiek apskatīti trīs pamattipi, tad apgalvojums, ka mazāk ir vērtīgāk, nav viennozīmīgs. Drīzāk ir jārunā par pakalpojumu unikalitāti, jo katrs biotopa lieltips nodrošina gan līdzīgas (aizvietošanas) funkcijas un “pakalpojumus”, gan tādas funkcijas un “pakalpojumus”, kuras cits lieltips nespēj nodrošināt. Tajā pašā laikā jāatzīmē, ka biotopa degradācijas negatīvie efekti jūtāmāk izpaužas, ja attiecīgais biotops ir relatīvi reti sastopams.



1.1. Attēls. Dibennogulumu lieltipu telpiskais sadalījums Latvijas jurisdikcijā esošajos jūras ūdeņos.

1.2.1. Dūņu biotopi (HELCOM klasifikācijas AB-H biotopi)

Dūņu biotopi nodrošina dzīves vidi specifiskai makro-, meio- un mikroorganismu sabiedrībai. Gan dūņu biotopu abiotiskās, gan biotiskās komponentes veido “ekosistēmas vērtību”, nodrošinot elementu aprites (ciklu) funkciju. Abiotiskā daļa nodrošina elementu apriti ģeoloģiskā laika skalā, apglabājot (akumulējot) gan biogēnus, gan kaitīgās vielas (kā metālus, tā sintētiskos savienojumus). Biotiskā daļa nodrošina tūlītēju elementu apriti un transformāciju.

Literatūras avotos atrodamie Baltijas jūras oglekļa, slāpekļa un fosfora akumulācijas (neatgriezeniska elementu apglabāšana dibennogulumos) ātrumi variē plašā amplitūdā, jo tie ir atkarīgi no attiecīgā baseina produktivitātes (Van Helmond et al, 2020; Asmala et al, 2017; Winogradow, Pempkowiak, 2014; 2020). Šīs atskaites vajadzībām tiks izmantotas vidējās vērtības, kas ir 14.8, 1.6 un 0.2 g m⁻² gadā⁻¹, attiecīgi ogleklim, slāpeklim un fosforam. Pārrēķinot šos ātrumus uz visu Latvijas dūņaino

biotopu platību, tiek iegūta kopējā biotopa ikgadējā akumulācijas kapacitāte: 243 080 t oglekļa, 26 278 t slāpekļa, 3 284 t fosfora. Šeit gan jāatzīmē, ka iegūtie aprēķini atspoguļo dūņaino biotopu elementu akumulācijas kapacitāti pie šī brīža biogēno elementu koncentrācijām ūdenī. Respektīvi, pieaugot vai samazinoties biogēno elementu koncentrācijām ūdenī, pieaugs vai samazināsies arī attiecīgo elementu akumulācijas apjoms. Līdzīgi var aprēķināt arī dūņaino biotopu biotiskās komponentes ieguldījumu ūdenī esošā slāpekļa līmeņa samazināšanai. Respektīvi, ja vidējais denitrifikācijas ātrums ir $2.65 \text{ g m}^{-2} \text{ gad}^{-1}$ (Asmala et al, 2017), tad kopējais Latvijas ūdeņu dūņu biotopa ieguldījums slāpekļa transformācijā no bioloģiski pieejamām formām uz gāzveida N_2 ir 43 524 t gadā. Aprēķinātais apjoms ir sagaidāms, ja visi dūņu biotopi ir labā stāvoklī un nodrošina šīs funkcijas īstenošanu optimālā apjomā. Tā kā šobrīd plaši dūņu biotopa laukumi nav labā stāvoklī, tad reālais denitrificētā slāpekļa apjoms ir mazāks.

1.2.2. *Smilšu biotopi (HELCOM klasifikācijas AB-J un AA-J biotopi)*

Līdzīgi kā dūņu biotopi, arī smilšu biotopi nodrošina dzīves vidi specifiskai makro-, meio- un mikroorganismu sabiedrībai, kā arī vairākām zivju sugām, kas arī ir smilšu biotopa lielākā vērtība. Piemēram, smilšainie biotopi ir kritiski svarīgi plekstu populācijas izdzīvošanai, jo kalpo gan par nārsta, gan barošanās vietu. Smilšainie biotopi nenodrošina elementu apglabāšanu. Tomēr arī smilšaino biotopu biotiskā daļa (līdzīgi kā dūņaino biotopu biotiskā daļa) nodrošina tūlītēju elementu apriti un transformāciju, tomēr procesu intensitāte ir zemāka kā dūņainos biotopos. Respektīvi, denitrifikācijas ātrums $1.15 \text{ g m}^{-2} \text{ g}^{-1}$ ir vairāk kā divas reizes zemāks kā dūņainos biotopos. Tādējādi smilšaino biotopu nozīme/vērtība no elementu aprites skatu punkta ir zemāka, kā dūņainiem biotopiem. Vienlaicīgi, kā jau iepriekš minēts, šo biotopu nozīme bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā, nodrošinot dzīves nišu organismiem, ir lielāka kā dūņainajiem biotopiem. Bez tam ir jāņem vērā, ka telpiski šie biotopi aizņem mazāku platību kā dūņainie biotopi, un tādējādi lokālās negatīvās ietekmes ir ar lielāku potenciālo kaitējumu.

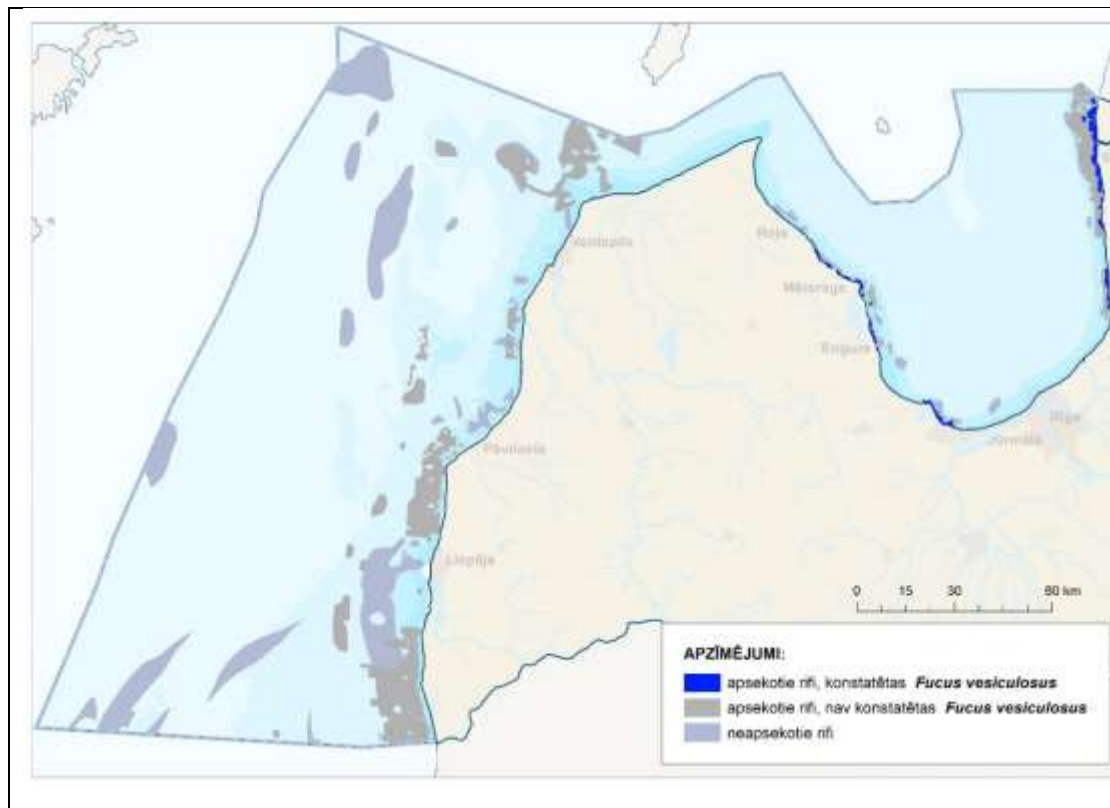
1.2.3. *Akmeņainie biotopi (HELCOM klasifikācijas AA-A un AB-A biotopi)*

Lai gan dūņainie un smilšainie biotopi demonstrē telpiskas dominējošo sugu sastāva atšķirības, šo atšķirību lielums ir nesalīdzināmi mazāks kā akmeņainiem biotopiem. Izdalot trīs galvenās biotopu veidojošās sugas *Fucus vesiculosus* (*Fucus*), *Furcellaria lumbricalis* (*Furcellaria*) un *Mytilus trossulus* (*Mytilus*) var novērtēt attiecīgo biotopu īpatsvaru no visas akmeņaino biotopu platības. Novērtējums gan ir iespējams ar samērā lielu nenoteiktības pakāpi, jo tikai 47 % no akmeņainiem biotopiem ir apsekoti. Nenoteiktības pakāpe ir mazāka *Fucus* un *Furcellaria* gadījumā, jo šīs sugas ir

sastopamas tikai piekrastes zonā, kur teritoriju apsekojuma īpatsvars ir lielāks, kā atklātā jūrā.

Vismazāko platību, 1 % no apsekotajiem biotopiem vai 0.16 % no kopējās akmeņaino biotopu platības, aizņem biotopi, kuros biotopu veidojošā (dominējošā) suga ir *Fucus* (HELCOM biotopa tips AA-A1C1). Biotopi, kur biotopu veidojošā suga ir *Furcellaria*, aizņem 7 % no rifu platības un *Mytilus* biotopi 36 %. Kā jau minēts, tikai 47 % no rifu biotopiem ir apsekoti. Tādējādi pagaidām var droši apgalvot, ka biotopi, kur to veidojošās sugas ir citi organismi, piemēram *Balanus improvisus*, aizņem 3 % no kopējās rifu platības. Sugu sastopamība nav zināma 53 % no akmeņaino biotopu platības. Tuvāko gadu laikā Life programmas projekta (LIFE REEF) ietvaros ir plānots apsekot plašas teritorijas Baltijas jūrā, kas dos iespēju uzlabot esošo informāciju

Kā var redzēt kartē ([1.2. Attēls](#)), *Fucus* biotopi Latvijas ūdeņos ir sastopami tikai atsevišķos Rīgas līča piekrastes posmos, tuvu krastam. Šī brīža izpratnē, *Fucus* biotopu galvenā nozīme ekosistēmā raksturojama kā trīsdimensionālas dzīves vides veidošana, kas nodrošina to ekosistēmas funkciju veikšanu- reņģu nārsta vietas un zivju mazuļu dzīvotnes, piekrastes zivju slēptuves un barošanās vietas. Fukusiem kā biotopus veidojošām sugām raksturīga liela pavadošo sugu daudzveidība (ap 30 citas sugas), kas barojas un slēpjas *Fucus* audzēs. Iespējams, tas izskaidrojams ar *Fucus* lapoņu augsto enerģētisko vērtību un augsto lipīdu saturu šūnās. Bezmugurkaulnieku biežā sastopamība padara *Fucus* audzes pievilcīgas arī augstāko trofisko līmeņu plēsējiem. Šo biotopu izplatību ierobežo intensīvā viļņu darbība no krasta puses un samazinātā ūdens caurspīdība dziļākajos ūdeņos. Daudzgadīgās *Fucus* audzes sasniedz augstu biomasu uz laukuma vienību, taču raksturojamas kā lēnaudzīgas makrofītaļģes. Šobrīd *Fucus* audžu biomasu visā Rīgas līcī sasniedz apmēram 1100 t, kas liecina, ka to ieguldījums regulējošo ekosistēmas pakalpojumu veikšanā (oglekļa, slāpekļa, fosfora piesaistē) ir neliels salīdzinot ar dūņu vai pat gliemeņu biotopiem. Saglabājoties pašreizējam ekoloģiskajam stāvoklim nav prognozējams *Fucus* audžu pieaugums Rīgas līcī.



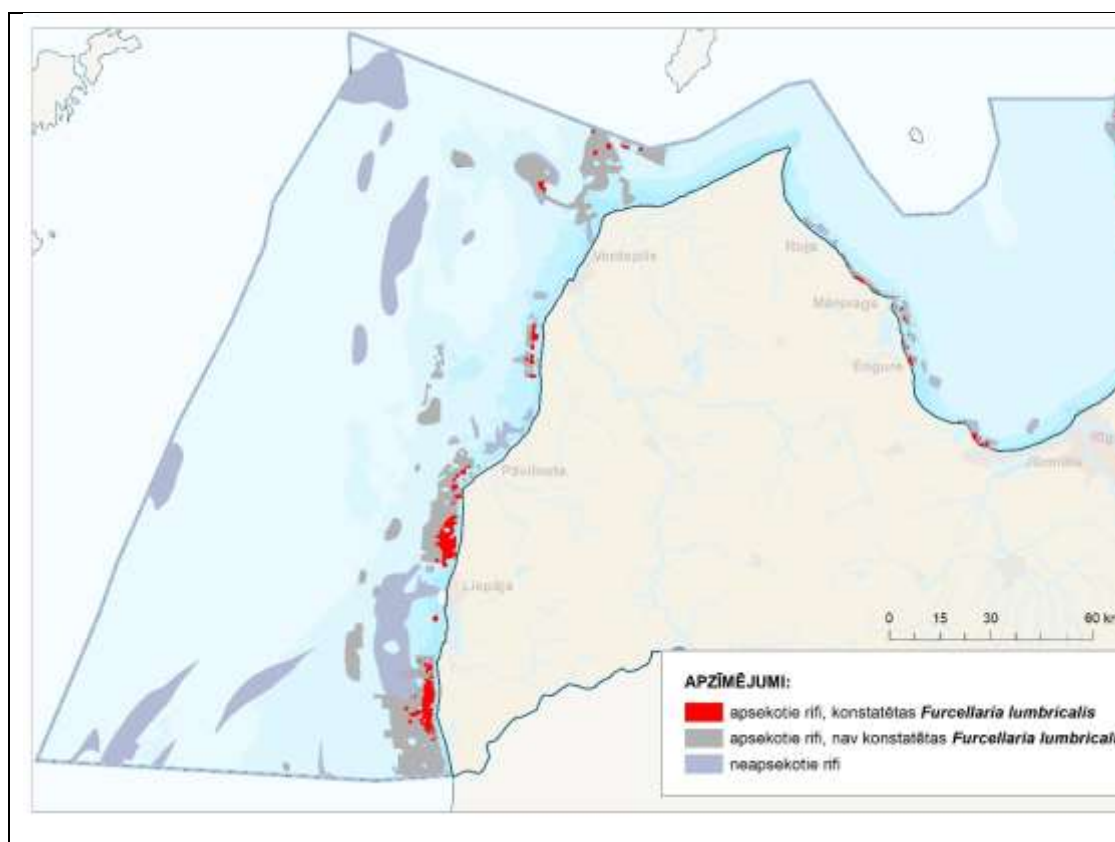
Funkcijas:

- Rīgas līča reņģu populācijas nārsta vieta
- Zivju mazuļu dzīvotnes
- Zivju slēptuves un barošanās vietas
- Bentiskie pirmproducenti
- Biotopu veidojošā suga, kas nodrošina dzīves apstākļus ap 30 pavadošajām sugām

1.2. Attēls. *Fucus vesiculosus* (*Fucus*) audžu telpiskā izplatība un galvenās funkcijas Latvijas jūras ūdeņos.

Furcellaria biotopi (HELCOM biotopa tips AA-A1Q) veic līdzīgas ekoloģiskās funkcijas kā *Fucus* biotopi, taču dziļākos ūdeņos (1.3. Attēls). Tā kā *Furcellaria laponis* ir ievērojami mazāks nekā *Fucus laponis*, *Furcellaria* audzes uztur mazāku sugu daudzveidību, taču to stingrais *laponis* tāpat nodrošina labas nārsta vietas reņģēm. Taču ir būtiski atzīmēt, ka, pasliktinoties gaismas režīmam līcī, *Furcellaria* audzes nevarēs aizstāt *Fucus* audzes. *Furcellaria* ir jutīgākas pret viļņu iedarbību un nevarēs augt tik seklās vietās kā *Fucus* (respektīvi, šīs sugas nav savstarpēji aizvietošanas). Visticamākais, izzūdot *Furcellaria* audzēm, to vietā varētu nākt citas brūnaļģes - *Battersia arctica*, kuras ir mazas un nevarēs aizvietot kuplās *Furcellaria* audzes, līdz ar to daudz mazāk derīgas gan zivju nārstam, gan dzīvotnes nodrošināšanai, t.i., notiks vērtības samazināšanās. *Furcellaria* kopējā biomasa Rīgas līcī ir aptuveni 280t, bet atklātajā Baltijas jūrā aptuveni 325t.

Pēdējos gados novērojams *Furcellaria* audžu pieaugums Baltijas jūrā, aizņemot *Mytilus* atbrīvotās vietas.



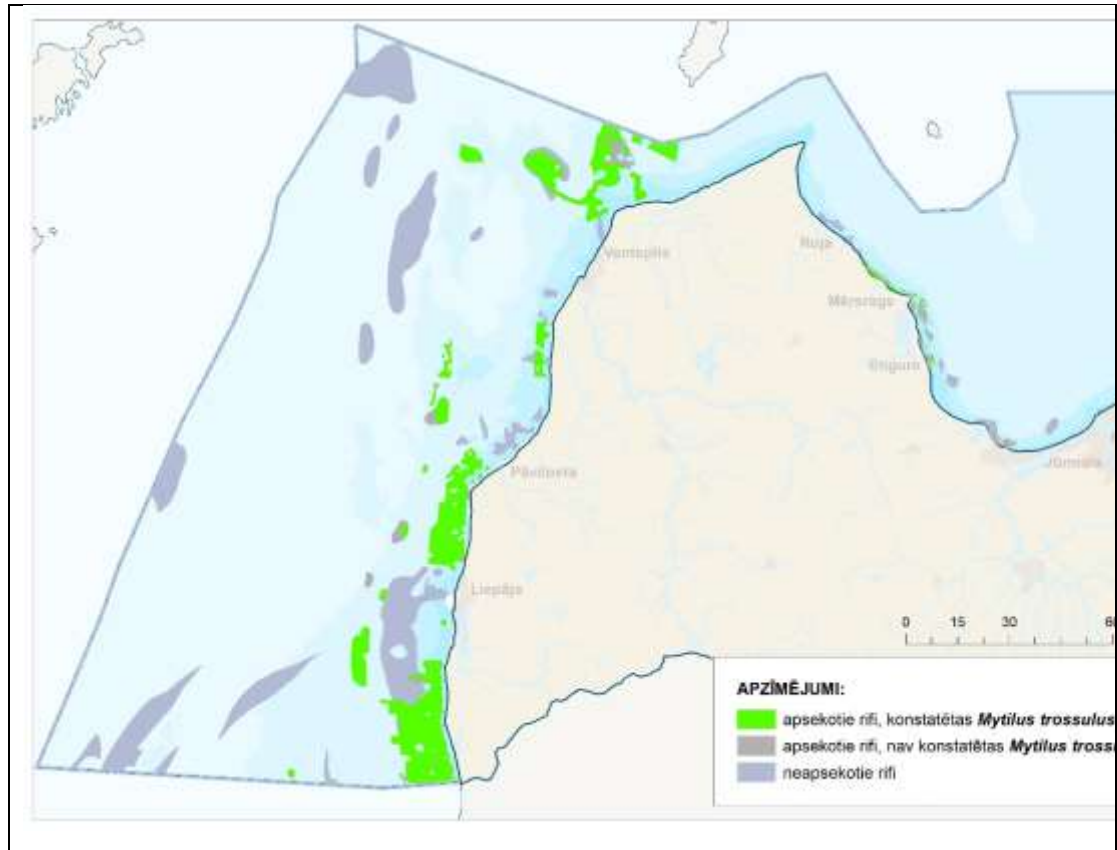
Funkcijas:

- Rīgas līča un Baltijas jūras reņģu populācijas nārsta vieta
- Zivju mazuļu dzīvotnes
- Zivju slēptuves un barošanās vietas
- Bentiskie pirmproducenti
- Biotopu veidojošā suga, kas nodrošina dzīves apstākļus ap 20 pavadošajām sugām

1.3. Attēls. *Furcellaria lumbricalis* (*Furcellaria*) audžu telpiskā izplatība un galvenās funkcijas Latvijas jūras ūdeņos.

Mytilus koloniju (HELCOM biotopa tips AA-A1E un AB-A1E) galvenā ekoloģiskā funkcija ir suspendēto daļiņu aktīva filtrācija, iesaistot tās gliemeņu biomasā un uz laiku izņemot no aprites. Šī funkcija, cita starpā, nodrošina lielāku/intensīvāku barības vielu pārnesi no pelāģiskās ekosistēmas uz bentisko. Otra funkcija, zivju un ūdensputnu barošanās vieta, no vielu aprites viedokļa ir pretēja pirmajai, jo atgriež vidē daļu saistītā oglekļa, slāpekļa un fosfora. Tās sastopamas visos apsekotajos rifos Baltijas jūras piekrastē (1.4. Attēls), gan arī tiek atklātas no jauna apsekotajās teritorijās, tālajos sēkļos. Pie maksimālā gliemeņu pārklājuma, to ieguldījums oglekļa, slāpekļa un fosfora aprītē ir

154 g m⁻² gadā⁻¹, 12 g m⁻² gadā⁻¹ un 1.5 g m⁻² gadā⁻¹. Šai gadījumā gan neiet runa par šo elementu neatgriezenisku izņemšanu no ekosistēmas, bet gan par šo elementu apriti ekosistēmā.



Funkcijas:

- Zivju un ūdensputnu barošanās vietas
- Suspendēto vielu filtrācija

1.4. Attēls. Mytilus trossulus (Mytilus) koloniju telpiskā izplatība un galvenās funkcijas Latvijas jūras ūdeņos.

2. EKOSISTĒMAS VĒRTĪBU KVANTITATĪVAS NOVĒRTĒŠANAS SISTĒMA – BENTISKO BIOTOPU PIEMĒRS

Latvijas jūras ūdeņu bentiskajiem biotopiem ir raksturīga mozaīkveida struktūra. Piemēram, runājot par akmeņainajiem biotopiem, ir jāatceras, ka substrāts nav viendabīgs, t.i., parasti akmeņi konkrētā teritorijā sastāda tikai procentuālu (dominējošu) daļu no laukuma. Pārējo teritorijas daļu sedz dažāda tipa smiltis un/vai pamatiezis, un/vai oļi. Arī tajos gadījumos, kad apskatāmā teritorija ir izvēlēta relatīvi neliela un smilšu ieslēgumi ir nenozīmīgi, ir jāņem vērā akmeņu izmēru dažādība. Iepriekš minētais ir nozīmīgs ekosistēmas vērtību apzināšanā, jo katrs biotopa tips sniedz specifiskus ekosistēmas pakalpojumus. Ņemot vērā biotopu struktūru, veicot ekosistēmas vērtību kvantitatīvu novērtēšanu, ir ieteicams pieturēties pie sekojošiem secīgiem novērtējuma soļiem:

- a. Teritorijas, kurai tiks veikta ekosistēmas vērtību novērtēšana, robežu noteikšana. Ja vērtību noteikšana ir plānota ar telpisku izšķirtspēju, tad papildus ārējo robežu noteikšanai ir jādefinē telpiskās izšķirtspējas detalizācijas pakāpe. Piemēram, var tikt definēta 1 km² telpiskā izšķirtspēja, kas nozīmē to, ka turpmākie soļi ir jāīsteno katrā no šiem 1 km² lielajiem laukumiem.
- b. Detalizētas informācijas iegūšana par novērtējamo ekosistēmu. Metodes informācijas iegūšanai ir jāizvēlas atbilstoši novērtējamās ekosistēmas specifikai un tehniskām iespējām.
 - I. Substrāta (dibennogulumu) projektīvā seguma laukuma informācijas iegūšana. Tiek identificēti visi attiecīgajā laukuma vienībā sastopamie dibennogulumu tipi un noteikts to laukums. Ja attiecīgais dibennogulumu tips aizņem 1 % vai mazāk no novērtējamā laukuma, tad šis tips tālākā analizē netiek ņemts vērā.
 - II. Dominējošo sugu projektīvā seguma laukuma informācijas iegūšana. Katram identificētajam dibennogulumu tipam tiek identificētas dominējošās sugas un noteikts laukums kādu attiecīgās sugas aizņem, lai varētu ņemt vērā to, ka vienu un to pašu substrāta tipu var izmantot vairākas dominējošās sugas. Ja attiecīgā suga aizņem 1 % vai mazāk no novērtējamā laukuma, tad šī suga tālākā analizē netiek ņemta vērā.
 - III. Sugu īpatņu skaita un biomasas informācijas iegūšana. Lai kvantificētu vairākas ekosistēmas vērtības, ir nepieciešama informācija par īpatņu skaitu un biomasu tām sugām, kuras

nodrošina attiecīgās vērtības.

- c. Ekosistēmas vērtību identificēšana. Balstoties uz pieejamo informāciju (publikācijas, atskaites, u.c.) tiek veidota sugu/ekosistēmas vērtību matrica. Šai etapā katrai sugai tiek atzīmētas visas ekosistēmas vērtības, kuras attiecīgā suga nodrošina.
- d. Ekosistēmas vērtību kvantificēšana.
 - I. Vispirms tiek izvērtēts attiecīgo sugu ekosistēmas vērtību nozīmīguma līmenis un tās vērtības, kuras attiecīgās sugas gadījumā ir maznozīmīgas tālāk netiek vērtētas. Piemēram, zivis akumulē savā biomasā slāpekli un fosforu. Tomēr skatoties no ekosistēmas kopējās perspektīvas, akumulētais apjoms ir relatīvi maznozīmīgs un lai gan var tikt sarēķināts neko būtiski kopējā bilncē nemainīs. Tādējādi, atmetot šo ekosistēmas vērtību, kopējos aprēķinos nekas būtiski nemainīsies.
 - II. Tālāk, balstoties uz esošo informāciju (vai ja iespējams veicot nepieciešamos mērījumus) katrai sugai (vai biotopam) tiek kvantificētas svarīgākās ekosistēmas vērtības uz laukuma vienību. Piemēram, ja attiecīgajā laukumā smilšainie biotopi aizņem 100 m^2 un denitrifikācijas ātrums ir $1.15 \text{ g m}^{-2} \text{ g}^{-1}$, tad kopējā ikgadēji iegūstamā vērtība ir 115 g denitrificēta slāpekļa gadā. Ja ekosistēmas vērtības ir ar to pašu mērvienību un ir līdzīgas pēc būtības, piemēram slāpekļa denitrifikācija $\text{g m}^{-2} \text{ g}^{-1}$ un slāpekļa apglabāšana sedimentos $\text{g m}^{-2} \text{ g}^{-1}$, tad iegūtās vērtības tiek summētas. Ja mērvienības vai procesa būtība atšķiras, tad ekosistēmas vērtības netiek summētas un tiek uzskaitītas atsevišķi.

3. GALVENIE EKOSISTĒMAS VĒRTĪBU DEGRADĒJOŠIE FAKTORI

Ekosistēmas vērtību degradācija notiek tad, kad ārējo faktoru ietekmē samazinās ekosistēmas spēja nodrošināt attiecīgo funkciju veikšanu optimālos apstākļos, tai skaitā samazinās ekosistēmas vērtību nodrošinošās sugas biomasu, izplatības laukumu vai sliktākajā gadījumā suga izzūd pavisam. Degradējošie faktori var būt gan dabīgi, gan antropogēni.

No dabīgajiem faktoriem, tai skaitā tiem faktoriem, kas ir dabīgi, bet kurus ir ietekmējusi cilvēka darbības, Baltijas jūrā izplatītākie ir vētru radītās ietekmes piekrastes biotopos

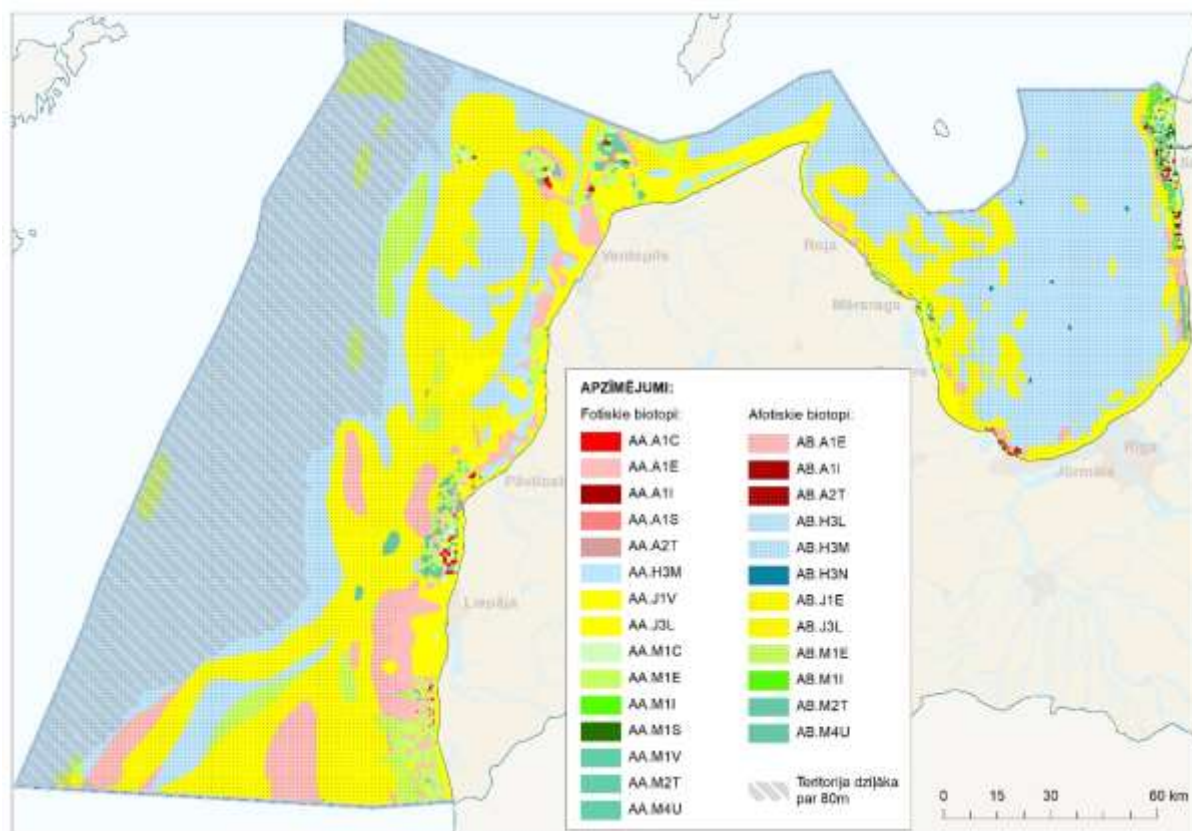
un klimata maiņas radītās izmaiņas Baltijas jūras un Ziemeļjūras ūdens apmaiņas dinamikā, kā arī pasiltināšanās efekti. Vētru ietekme izpaužas gan noraujot un izskalojot krastā daudzgadīgos augus, gan krasta erozijas laikā ieskalojot dziļāk jūrā piekrastes kāpu smiltis, kuras apber krastam tuvāk esošos biotopus. Baltijas jūras un Ziemeļjūras ūdens apmaiņas dinamikas izmaiņu rezultātā no Ziemeļjūras lenākošā sāļākā ūdens apjoms ir samazinājies un vairs nav tik regulārs kā pirms 1990-tajiem. Tā rezultātā dziļākajos Baltijas jūras baseinos piegrunts ūdens slāņa atjaunošanās nenotiek un veidojas bezskābekļa apstākļi, ko vēl pastiprina eitrofikācija. Pasiltināšanās efekti, ar dažiem izņēmumiem, ir grūtāk novērtējami. Pēdējā laikā novērojamās relatīvi siltās ziemas nedod iespēju veidoties piekrastes ledus laukiem, kā arī nesasalst pludmales smiltīs ieslēgtais ūdens. Tas pastiprina piekrastes eroziju, kā rezultātā pastiprinās zemūdens biotopu apbēršana. Bez tam noturīga ledus izveidošanās ir priekšnoteikums sekmīgai roņu reprodukcijai. Klimata izmaiņas ir arī ietekmējušas sezonālo upju ieteci, t.i., lielāka upju ietece jūrā ir novērojama ziemas-agra pavasara mēnešos, kad vēl nav sākusies veģetatīvā sezona, kā rezultātā jūrā visdrīzāk nonāk salīdzinoši lielāks suspendēto daļiņu un izšķīdušā organiskā materiāla apjoms, kas savukārt samazina gaismas iespiešanās dziļumu.

No antropogēnajiem faktoriem būtiskākie ir eitrofikācija, zveja, svešās sugas un piesārņojums ar kaitīgām vielām. Eitrofikācijas ietekmes ir novērojamas gan dziļajos Baltijas jūras baseinos (skābekļa deficīts piegrunts ūdens slāņos, kas ietekmē denitrifikāciju un bentisko organismu izplatību), gan piekrastē (sugu sastāva izmaiņas, sugu telpiskās izplatības izmaiņas, u.c., kas ietekmē zivju nārstu, divvāku gliemeņu ūdens filtrācijas apjomu, zivju mazuļu dzīves vietu telpisko izplatību, u.c.). Zvejas ietekme ir novērojama gan mērksugu populācijas izmaiņās, gan piezvejas efektu veidā. Bez tam grunts traļu zvejai ir potenciāls fiziski degradēt bentisko sabiedrību stāvokli. Svešo sugu ietekme var būt gan nosacīti pozitīva, t.i., svešā suga aizņem brīvo ekoloģisko nišu, tā palielinot bioloģisko daudzveidību, gan izteikti negatīva, ietekmējot dabīgo sugu stāvokli līdz pat biotopa tipa izmaiņām. Piesārņojumam ar kaitīgajām vielām arī ir ļoti daudzveidīgi efekti (akūta toksicitāte, hroniska toksicitāte, uzvedības traucējumi, reproduktīvi traucējumi, u.c.) atkarībā no piesārņojuma smaguma un ietekmes veida.

4. EKOSISTĒMAS VĒRTĪBU DEGRADĀCIJAS LĪMEŅA NOVĒRTĒJUMS

Vērtējot ekosistēmas vērtību degradācijas līmeni, korektākais ir novērtēt katras ekosistēmas vērtības vai to grupas degradāciju atsevišķi, jo ietekmējošie faktori var būt atšķirīgi, kā arī ietekmes smagums var atšķirties no vērtības uz vērtību.

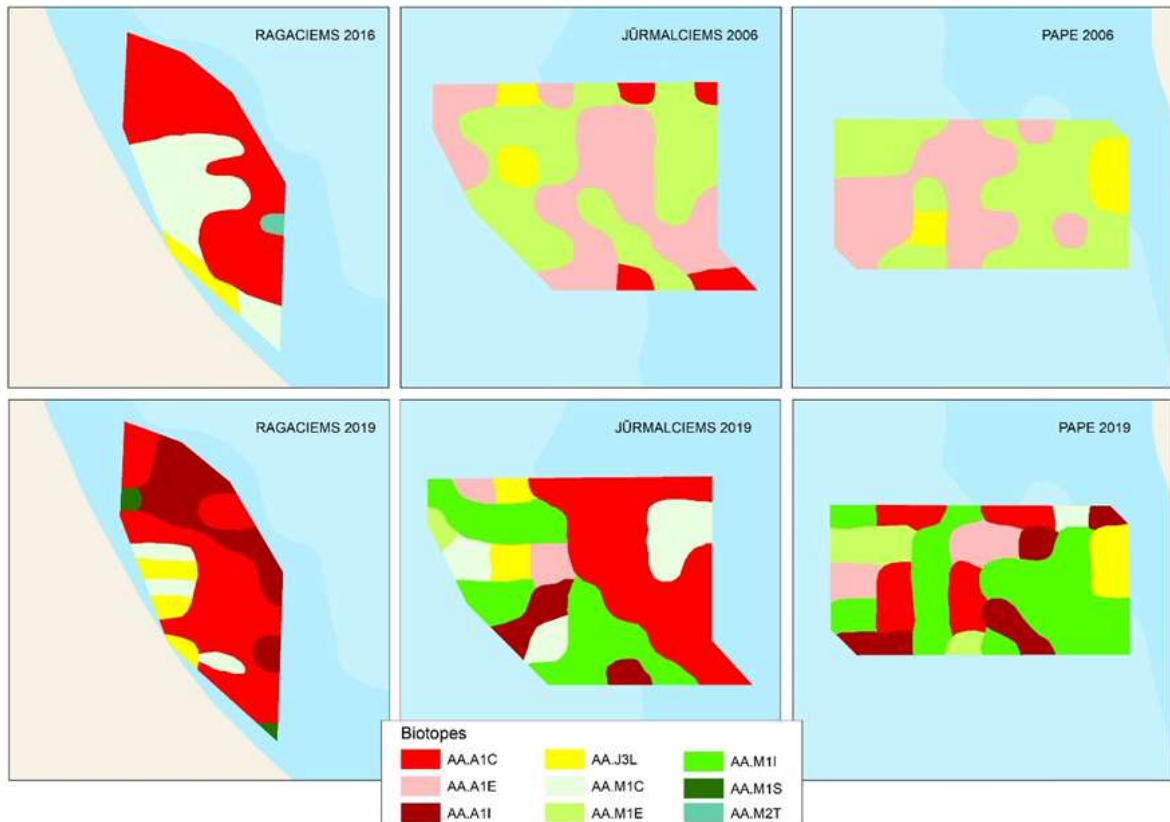
Piemēram eitrofkācijas efekti izpaužas atšķirīgi dažādos biotopos. Tā Baltijas jūras dziļajos baseinos (4.1. Attēls) dūņainie biotopi (HELCOM klasifikācija: AB-H biotopi) ir būtiski degradēti skābekļa deficīta dēļ. Degradētās teritorijas aizņem 49 % no kopējā dūņu biotopu laukuma. Degradācijas rezultātā biotops vairs nespēj nodrošināt slāpekļa denitrifikāciju. Tā rezultātā biotopa Latvijas jūras ūdeņu teritorijā nodrošinātā vides vērtība ir samazinājusies no 43 524 t/gadā uz 22 197 t/gadā.



4.1.Attēls. Baltijas jūras biotopu un teritoriju, kas dziļākas par 80 m (cieš no skābekļa deficīta) telpiskais sadalījums.

Līdzīgi var apskatīt *Mytilus* koloniju (HELCOM biotopa tips AA-A1E un AB-A1E) degradāciju svešo sugu ietekmes gadījumā. Kā jau minēts iepriekš, pie maksimālā gliemeņu pārklājuma to ieguldījums oglekļa, slāpekļa un fosfora apritē ir $154 \text{ g m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$, $12 \text{ g m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$ un $1.5 \text{ g m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$. Tādējādi tās potenciāli nodrošinātu 53 400 t C, 4 450 t N un 533 t P apriti trofiskajā ķēdē katru gadu. Taču pēc apaļo jūrasgrunduļu invāzijas šīs ekosistēmas pakalpojums jūras grunduļu ietekmētajos rajonos samazinās līdz $10 \text{ g m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$ un pavisam necīgām slāpekļa un fosfora piesaistēm. Precīzi aprēķināt šīs vides vērtības zudumu šobrīd gan nav iespējams, jo nav nokartētas atkrastes gliemeņu kolonijas, kur, saskaņā ar pagaidām nepilnīgu informāciju, apaļo jūras grunduļu radītais efekts varētu būt būtiski zemāks kā piekrastes kolonijās.

Sarežģītāk degradācijas līmeni ir novērtēt situācijās, kad ārējās ietekmes rezultātā vienu biotopa tipu nomaina cits biotopa tips (4.2. Attēls), kā tas ir apskatīts Armoskaite et al., (2021).



Biotopi

Cietie substrāti, ko raksturo

- ilggadīgās makroalģes (AA.A1C)
- mīdijas (*Mytilus* spp.) (AA.A1E)
- sprogkāji (*Balanidea*) (AA.A1I)

Jaukie substrāti, ko raksturo

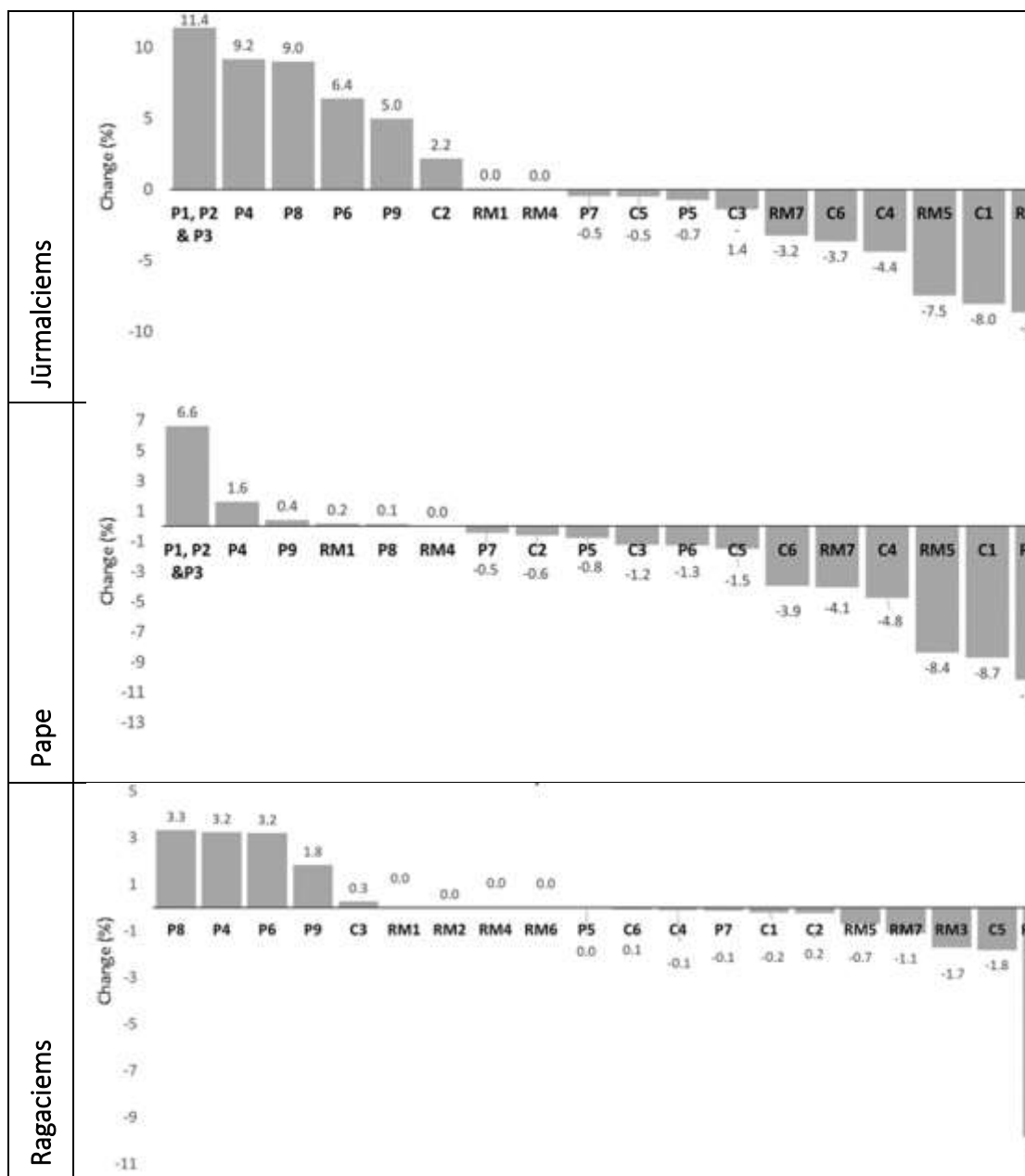
- ilggadīgās makroalģes (AA.A1C)
- viengadīgās makroalģes (AA.A1C)
- mīdijas (*Mytilus* spp.) (AA.A1E)
- sprogkāji (*Balanidea*) (AA.A1I)
- izkliedēta epibentiskā makrosabiedrība (AA.M2T)

Smiļšu substrāti, ko raksturo

- infaunas gliemenes (AA.J3L)

4.2. Attēls. Bentisko biotopu sastāva izmaiņas trīs gadījumu izpētes vietās. Dzīvotnes ir klasificētas saskaņā ar zemūdens biotopu un dzīvotņu HELCOM klasifikācijas sistēmu.

Apskatot piemērā izmantotos rezultātus, var secināt, ka visās izpētes vietās ir notikušas būtiskas izmaiņas sugu telpiskā izplatībā. Vērtējot izmaiņas ekosistēmu vērtību kontekstā, vislabāk konstatētās izmaiņas var nodemonstrēt, izmantojot ekosistēmas pakalpojumu pieeju. Respektīvi, var konstatēt, ka biotopu izplatības izmaiņu rezultātā ir samazinājies sniegto regulējošo un uzturošo, kā arī kultūras pakalpojumu apjoms, bet ir palielinājusies apgādes pakalpojumu sniegšana (4.3. Attēls). Šādās situācijās nemonētārs ekosistēmu vērtību novērtējums dod iespēju tikai apzināt izmaiņas, bet nedod iespēju izvērtēt vai vienas ekosistēmas vērtības nomaiņa ar citu ekosistēmas vērtību absolūtos skaitļos ir ar pozitīvu vai negatīvu zīmi. Attiecīgi, šādos gadījumos būtu nepieciešams veikt arī novērtējumu monetārā izteiksmē.



4.3.Attēls. Ekosistēmu pakalpojumu piegādes izmaiņas vietās, kur ir veikti gadījumu pētījumi (%). Attēla avots: Armoskaite et al., 2021. P1 – aļģes, P2 – augu enerģija, P3 – aļģu materiāls, P4 – reņģe, P5 – brētliņa, P6 – plekste, P7 – menca, P8 – citas bentiskās zivju sugas, P9 – zivju barība, C1 – ūdens vide atpūtai, C2 – ūdens vide zinātnei un izglītībai, C3 – ūdens vide kultūras mantojumam, C4 – ūdens vide garīgai izmantošanai, C5 – biotopu un sugu eksistence, C6 – ūdens vide vizuālam priekam, RM1- denitrifikācija, RM2 – N un P apglabāšana, RM3 – biogēnu iekļaušana biomasā, RM4 – N asimilācija, RM5 – kaitīgo vielu akumulācija un transformācija, RM6 – fizikāli-ķīmiska kaitīgo vielu uzkrāšana, RM7 – oglekļa uzkrāšana.

5. PRIEKŠLIKUMI EKOSISTĒMAS VĒRTĪBU DEGRADĀCIJAS SAMAZINĀŠANAI

Baltijas jūrā viens no būtiskākajiem jūras ekosistēmu degradējošiem faktoriem ir eitrofikācija. Līdz ar to, lai samazinātu eitrofikācijas efektu izraisīto ekosistēmas vērtību degradāciju, ir nepieciešams īstenot pasākumus HELCOM Baltijas Jūras Pasākumu Programmā 2021 iekļauto slāpekļa un fosfora slodžu līmeņa sasniegšanai. Kā viens no šobrīd efektīvākajiem pasākumiem, kas būtu jāīsteno, ir minams Upju baseinu plānos iekļautais papildus pasākums lauksaimniecības sektoram – Ilggadīgo stādījumu ierīkošana aramzemēs. Pasākuma īstenošanas rezultātā ir sagaidāma būtiska fosfora un slāpekļa slodžu samazināšanās, kā arī kā blakus efekts ir sagaidāma samazināta augsnes erozijas materiāla nonākšana ūdens tecēs un attiecīgi arī jūrā.

Latvijai nozīmīgs sektors ar potenciālu negatīvi ietekmēt jūras ekosistēmu vērtības ir mežsaimniecība. Arī mežsaimniecības gadījumā upju baseinu apsaimniekošanas plānos ir iekļauts efektīvs pasākums “sedimentācijas dīķis (baseins)”, kuru būtu nepieciešams īstenot.

No svešajām sugām lielākā konstatētā ietekme ir apaļajam jūras grundulim. Populācijas pieauguma fāzē rekomendācija šīs sugas ietekmes samazināšanai bija veicināt apaļā jūras grunduļa nozveju. Šobrīd (pēdējie 2 gadi) ir indikācijas, ka apaļo jūras grunduļu populācija sāk samazināties. Populācijas krituma iemesli gan nav vēl līdz galam izprasti, t.i., ir liela varbūtība, ka populācijas kritums ir saistāms ar jūras grunduļu radītām izmaiņām piekrastes ekosistēmās, bet tas vēl ir jāpārbauda. Līdz ar to rekomendāciju, kā samazināt apaļā jūras grunduļa izraisīto degradāciju, vēl nevar izstrādāt.

6. KUMULATĪVĀS IETEKMES NOVĒRTĒŠANAS METOŽU APSKATS UN RAKSTUROJUMS, IETEIKUMI TĀLĀKAI KUMULATĪVAS IETEKMES METOŽU ATTĪSTĪBAI

Pasākumu programmā laba jūras vides stāvokļa panākšanai 2016.-2020.gadā ietvertā rekomendācija: Izstrādāt metodiku dažādu jūras telpas izmantošanas veidu telpiskās kumulatīvās ietekmes novērtēšanai un nodrošināt metodikas ievērošanu IVN procesā.

6.1. ESOŠO KUMULATĪVĀS IETEKMES NOVĒRTĒŠANAS RĪKU RAKSTUROJUMS

Cilvēks, izmantojot ekosistēmas sniegtos pakalpojumus, ar savu darbību ietekmē sugas, biotopus un to veiktās funkcijas. Cilvēka darbības un ekosistēmas pakalpojumu mijiedarbība notiek nepārtrauki, kā rezultātā ekosistēmas pakalpojumu nodrošinājums visu laiku mainās un to daudzums katrā konkrētajā vietā svārstās atkarībā no cilvēka darbību ietekmes stipruma. Izstrādājot rīkus, kas atspoguļotu reālo ekosistēmas spēju sniegt pakalpojumus un sniegtu iespēju izprast pieņemto lēmumu ietekmi uz ekosistēmu, tajā skaitā arī uz cilvēku, ir nepieciešams identificēt galvenās cilvēka darbības vai nozares, kas ietekmē ekoloģiskos komponentus, ekosistēmu pakalpojumus starp tiem esošās saiknes. Lai iegūtu visaptverošu pārskatu par sociāli-ekoloģiskās sistēmas antropogēno un dabisko komponentu mijiedarbības ciklisko raksturu un virzītos uz ekosistēmu balstītu pārvaldību, ir nepieciešams izstrādāt novērtējumu un pārvaldības pasākumus (rīcības), kur, izmantojot šos pakalpojumus un labumus (virzošie spēki), ar metodoloģisku pieeju kvantificēti gan spiediena efekti uz ekosistēmas komponentiem (stāvokli), gan ietekmes uz ekosistēmam pakalpojumu nodrošinājumu un cilvēku labklājību.

Vēl joprojām šādi integrēti vai paplašināti ekosistēmu novērtējumi tiek veikti konceptuālā līmenī vai sniedz tikai kvalitatīvu mijiedarbības aprakstu. Tā, piemēram, Apvienotās Karalistes pētnieku izstrādātā saikņu sistēma tiek plaši izmantota, lai attēlotu sociāli-ekoloģiskās sistēmas kompleksumu vizuāli kartējot savstarpējo saistību starp darbībām, spiedienu, ekosistēmu komponentiem un pakalpojumu nodrošinājumu Eiropas reģionālajās jūrās. Tomēr, kā jau minēts, saikņu svarīgums un spiediena ietekme uz komponentiem un pakalpojumu nodrošinājumu ir aprakstīta kvalitatīvi. Lai gan kvalitatīvās saiknes arī norāda uz telpisko pārvaldības iespēju, tās nenodrošina pietiekami pārlicinošus pierādījumus, kas nepieciešami dažādu scenāriju rezultātu salīdzināšanai un būtiski samazinātu vides resursu pārmērīgas izmantošanas draudus.

Baltijas jūrā šobrīd, ja telpiski pārklājas vairākas ietekmes, to kopējās ietekmes novērtēšanai tiek izmantotas vairākas pieejas un rīki. Pieejas galvenokārt ir loģisku darbību secīga īstenošana un netiks apskatītas šai pārskatā. Savukārt, no Baltijas jūras reģionā izmantotajiem vai izstrādē esošajiem rīkiem zināmākie un attīstītākie ir 4, kas arī tiek apskatīti zemāk.

- PlanWise4Blue ir tīmekļa vietnē (<http://www.sea.ee/planwise4blue>) bāzēta aplikācija, kas izstrādāta Igaunijā, strādājot pie Igaunijas nacionālā jūras telpiskā plāna, ar mērķi atbalstīt lēmuma pieņemšanu. Modelim ir ekonomiskā un vides daļa. Vides daļa ietver telpiski pieejamo vides informāciju (GIS) un līdzīgi arī izvēlētu aktivitāšu telpisko sadalījumu. Sasaistei starp vides daļu (šī brīža ekoloģisko stāvokli) un to ietekmējošām aktivitātēm (ietekmēm) tiek izmantoti jūtīguma koeficienti, par pamatu ņemot Halpern et al (2015) piedāvāto pieeju. Aktivitātes un attiecīgi to ietekmes ir tikai tās, kuras fiziski atrodas attiecīgajā telpiskajā punktā, t.i., tādi vidi degradējoši faktori kā eitrofikācija vai piesārņojums ar prioritāriem savienojumiem netiek ņemti vērā. Ekonomiskā daļa ir ar ierobežotu kapacitāti, jo monetāri apskata tikai akvakultūru. Socio-ekonomiskā komponente aprēķina atpūtas vērtību 100 punktu skalā. Šobrīd aptver tikai Igaunijas jurisdikcijā esošos ūdeņus.
- Symphony ir Zviedru (SwAM) rīks, kas ir izstrādāts un tiek lietots telpiskai plānošanai (<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/practices/symphony-tool-ecosystem-based-marine-spatial-planning>). Faktiski rīks dod iespēju telpiski novērtēt aktivitāšu un vides vērtību izplatību. Kumulatīvā ietekme tiek iegūta vienkārši saskaitot aktivitātes attiecīgā telpiskajā punktā (1+1+...).
- HELCOM Baltijas jūras spiediena un ietekmes indices (BSPI/BSII) ir HELCOM izstrādāts ArcGIS rīks (<https://maps.helcom.fi/website/bsii/>). Aprēķina pamatā ir Halpern et al (2015) metode, kur tiek summētas vidi ietekmējošas aktivitātes. Katrai aktivitātei, attiecībā pret konkrēto biotopu, tiek piemērots jūtības koeficients.
- MYTILUS ir Dānijā (Aalborg Universitātē) izstrādāts rīks, kas izmanto ArcGIS slāņus gan vides komponentes, gan spiediena (aktivitāšu) komponentes (<https://portal.helcom.fi/meetings/Scoping%20CIA%201-2020-775/Related%20Information/8%20Mytilus%20tool.pdf>) un balstās Halpern et al (2015) piedāvātajā pieejā. Spiediena vērtības ir normalizētas no 0 līdz 100. MYTILUS ir lietotājdraudzīgs atklātā pirmkoda rīku kopums dažādu darbību jūrā kumulatīvās ietekmes novērtēšanai uz jūras ekosistēmām un saistītajiem pakalpojumiem. Lai analizētu un vizualizētu dažādu jūras telpiskās plānošanas priekšlikumu ietekmi, šobrīd rīks izmanto uz scenārijiem balstītu pieeju kvalitatīvā vidē. Izmantojot MYTILUS rīku ietekmes un spiedienu telpiskā sadalījuma aprēķinus var veikt jebkurā mērogā, izmantojot dažādas ievaddatu kopas. MYTILUS rīku kopums ļauj novērtēt dažādu darbību jūrā kumulatīvo ietekmi uz jūras ekosistēmām un saistītajiem pakalpojumiem. Šī pieeja nodrošina, ka daudzos gadījumos jūras ekosistēmas neietekmē viena cilvēku veikta darbība, bet gan vairāku darbību kopējā ietekme. Rīks izmanto uz scenārijiem balstītu pieeju, nodrošinot vienkāršu un efektīvu iespēju analizēt un vizualizēt dažādu plānošanas alternatīvu ietekmi. Lai atbalstītu lēmumu

pieņemšanu, rīks ļauj noteikt pamatscenāriju, uz kura pamata novērtēt plānoto darbību ietekmi un izmaiņas, ko izraisīs plaša mēroga procesi, piemēram, klimata pārmaiņas vai tehnoloģiju attīstība. Plānotāji var noteikt, kā jaunu darbību pievienošana izmaina kumulatīvo ietekmi uz konkrētām jūras ekosistēmām, un izmantot šo informāciju, lai optimizētu jaunu darbību atrašanās vietas un noteiktu teritorijas, kurās darbības vajadzētu ierobežot.

6.2. ESOŠO KUMULATĪVĀS IETEKMES NOVĒRTĒŠANAS RĪKU ANALĪZE UN REKOMENDĀCIJAS TO TĀLĀKAI ATTĪSTĪBAI

6.2.1. Esošo kumulatīvās ietekmes rīku analīze

Faktiski šobrīd visi pieejamie kumulatīvās ietekmes novērtēšanas rīki ir [Halpern et al \(2015\)](#) piedāvātās pieejas atvasinājumi. Pieejai, skatoties no telpiskās plānošanas perspektīvas, pozitīvi vērtējama ir iespēja strādāt ar telpisko datu slāņiem, gan ar vides vērtību (sugas, biotopi, aizsargājamās teritorijas), gan antropogēno aktivitāšu (kuģu maršruti, zvejas rajoni, u.t.t.). Tomēr sasaiste starp šiem slāņiem ir kvalitatīva vai labākajā gadījumā puskvantitatīva. Galvenie trūkumi, kas neļauj šos rīkus izmantot pilnībā kvantitatīvam novērtējumam, balstās izmantotajā principā, t.i., ietekmes tiek summētas pieņemot, ka tās ir lineāras un ka visas ietekmes ietekmē sugas īpatņus vai biotopus vienādi, kas var neizpildīties. Tā kā dabā reti kura ietekme ir ar lineāru iedarbību uz sugu vai biotopu, tad izmantotais princips teorētiski ļauj saražēt ietekmes pēc to smaguma uz attiecīgo sugu vai biotopu, bet nedod iespēju novērtēt patieso kumulatīvo ietekmi. Teorētiski, jo piemērotais jutīguma koeficients identificē, kādas sugas vai biotopa jutīgumu pret attiecīgo ietekmi konceptuālā līmenī. Jutīguma koeficients neņem vērā ietekmes intensitāti. Respektīvi, suga vai biotops var būt jutīga pret troksni, bet attiecīgajā ģeogrāfiskajā punktā trokšņa līmenis var būt tik zems, ka ietekme nav konstatējama. Tomēr, kumulatīvi saskaitot ietekmes, tas uzrādīsies kā nozīmīgs ietekmējošs faktors. Līdzīgi ir ar ietekmes veidu. Piemēram, piesārņojums ar kādu no prioritārajām vielām var ietekmēt reproduktīvo sistēmu, kā rezultātā pasliktināsies sugas atražošanās potenciāls, t.i., vidējā termiņā samazināsies īpatņu skaits. Savukārt troknis var traucēt barošanos, kas nenoved pie tūlītējas mirstības, bet pasliktina organisma nobarošanās stāvokli, t.i., īpatņu skaits nesamazināsies, bet tie būs ar zemāku tauku saturu un, iespējams, jutīgāki pret slimībām vai parazītiem.

Kā vēl viens trūkums ir minams tas, ka esošie rīki galvenokārt fokusējas uz jūrā notiekošām antropogēnām aktivitātēm. Ņemot vērā to, ka nozīmīgs piesārņojuma apjoms jūrā nonāk no iekšzemes avotiem, sasaiste starp novēroto vides stāvokli un aktivitāšu radītajiem efektiem ir praktiski neiespējama. Šis trūkums, lai gan tikai daļēji, ir relatīvi viegli novēršams. T.i. telpiskie datu slāņi var tikt papildināti ar piesārņojuma izplatības datu slāņiem. Sasaiste ar avotiem šai gadījumā ir jāveic atsevišķi.

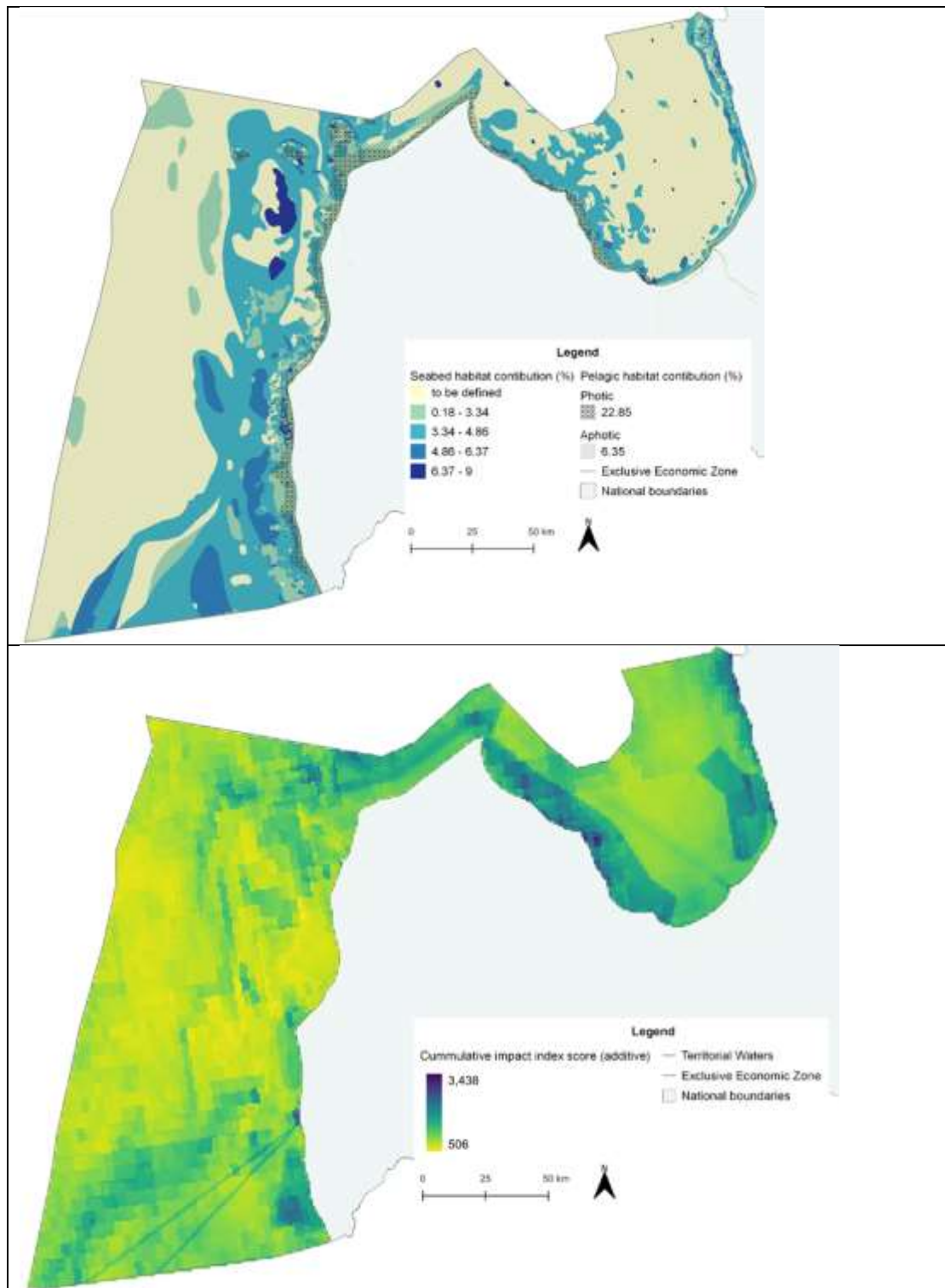
6.2.2. Rekomendācijas esošo kumulatīvās ietekmes rīku tālākai attīstībai

Kā jau minēts iepriekš, kumulatīvās ietekmes novērtēšanas sistēmas (rīkus) vēl nevar izmantot, lai kvantitatīvi sasaistītu ietekmes ar novēroto vides stāvokli, t.i., veicot aprēķinus vai modelējot, ir jāizdara pieņēmumi, kas samazina rezultātu ticamību. Ilgtermiņā, attīstot ekosistēmas modelēšanu 3D modeļu sistēmā, ir iespējams izveidot modeli, kas pietiekami korekti novērtēs katras ietekmes īpatsvaru. Šāds modelis gan būs ar ierobežotu izmantošanas kapacitāti telpiskā plānošanā, jo aprēķiniem nepieciešamais laiks būs pārāk ilgs.

Īsā un vidējā termiņā ir nepieciešams attīstīt esošos rīkus. Tā kā tie visi balstās vienā principā, tad var attīstīt jebkuru no tiem. Tomēr, tā kā MYTULIS ir elastīgs un noder dažādiem lietotājiem, tad tālāk tekstā lielāks uzsvars rekomendācijās ir uz MYTULIS attīstību. Jauniem GIS lietotājiem patiks rīka vienkāršība un tā vizualizācijas kapacitāte, savukārt telpiskās analīzes eksperti varēs izmantot iespēju aizvietot analīzē izmantotos mainīgos un parametrus. Detalizētie aprēķini ļauj izmantot rīku ieinteresēto pušu sanāksmēs, lai ātri parādītu jauna telpiskās plānošanas priekšlikuma ietekmi. Rīks izmanto ekosistēmu sadalījuma un cilvēku darbību radīto spiedienu rastra datus kā ievaddatus. Ir iespējams izmantot datus no vairākiem mērogiem, un testos ar HELCOM datiem Baltijas jūrā un ar detalizētākiem datiem no Zviedrijas JTP procesa ir novērota rīka efektivitāte darbā ar dažādiem mērogiem. Šobrīd rīks ir izvēlēts testēšanai ar Latvijas mēroga datiem.

Pašreizējā šī brīža izstrādes stadijā kumulatīvās ietekmes rīks daļēji jau sniedz telpiski priekšstatu par dažādu ietekmju “karstajiem” un “aukstajiem” punktiem, kurus var vizuāli salīdzināt ar ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājumu kartēm, kuras, savukārt, veidotas kartējot dažādu biotopu izplatību ([6.1. Attēls](#)).

Veicot kvantitatīvu vai daļēji kvantitatīvu novērtējumu, galvenais izaicinājums ir ticamas zināšanas/ dati par sugu, biotopu, aktivitāšu un slodžu telpisko izplatību un ekosistēmu jutību pret spiedieniem. Tā kā kumulatīvās ietekmes rīka mērķis ir parādīt kā esošais ekosistēmas pakalpojumu nodrošinājuma piedāvājums mainās kumulatīvās ietekmes rezultātā telpiski, tad ļoti svarīgi novērtējumā atspoguļot ne tikai sugu vai biotopu relatīvo nozīmi pakalpojumu nodrošināšanā kā parādīts [6.1. attēlā](#), bet izprast to telpisko izplatību saistībā ar biotopa kvalitāti un jutību pret dažādiem spiedieniem.



6.1. Attēls. Latvijai piekrišajās jūras ūdeņos kartēto biotopu relatīvā nozīme visu ekosistēmu sniegto ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā (augšā) saskaņā ar Armoskaite et al., 2020, un kumulatīvā ietekmes novērtējuma rezultāti, kas veikti, izmantojot MYTILUS rīku.

Latvijas jūras ūdeņiem izstrādātais ekosistēmas pakalpojumu nodrošināšanas novērtējuma rīks ESA4MASP (Armoskaite et al., 2020), kas balstīts uz lauka datiem un ekspertu zināšanām, ir izmantojams, lai raksturotu katras ekosistēmas komponentes vērtību pakalpojumu nodrošināšanā. Ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas rīks ESA4MSP kvantificē saiknes starp dažādām jūras dzīvotnēm un to pakalpojumu nodrošinājumu. Saikņu noteikšana atbilst kaskādes sistēmai un izmanto trīs līmeņus: 1) dažādu sugu nozīmīgums jūras dzīvotņu veidu saglabāšanā; 2) dažādu dzīvotņu veidu spēja veikt ekosistēmas funkcijas; 3) funkciju nozīmīgums dažādiem ekosistēmu pakalpojumiem, ietverot nodrošinājumu, kultūras, kā arī regulējuma un uzturēšanas pakalpojumus. Sasaistot Latvijas jūras ūdeņos sastopamos biotopus un sugas kopā ar izstrādāto uz ekspertu zināšanām balstīto HELCOM Baltijas jūras spiediena indeksu, kas raksturo jūras ekosistēmas komponentu slodzes telpisko izplatību un intensitāti, var tikt analizēta spiedienu ietekme uz ekosistēmas stāvokli telpiski izmantojot MYTILUS rīku.

Ekosistēmas pakalpojumu nodrošinājuma izmaiņas var vērtēt sugu un/vai biotopu līmenī – atkarībā no datu pieejamības un plānošanas vajadzībām, bet tā kā HELCOM spiediena indeksa jutīguma matrica ir fokusēta uz sugām, tad sākotnējais novērtējums, kas sasaista spiedienu-ekosistēmas komponentus un to sniegtos pakalpojumus, tiktu veikts sugu līmenī.

Bez tam, kumulatīvās ietekmes novērtēšanas rīki varētu saturēt divus moduljus:

- a. Nelielas teritorijas gadījumā (piemēram IVN procedūra vai ĪAJT) ir iespējams teritoriju nokartēt, iegūstot telpiski ļoti detalizētu informāciju par aktivitātēm un sugām vai biotopiem. Bez tam, ir iespējams piesaistīt ekspertus, kas novērtētu (sasaistītu ietekmes ar vides stāvokli), t.i., dažādu ietekmju smagums tiktu vērtēts konkrētai vietai izejot no attiecīgajā teritorijā notiekošo aktivitāšu intensitātes. Tas joprojām būtu ekspertu vērtējums, kas dotu ietekmju proporcionālu sadalījumu, bet jau ar salīdzinoši lielu ticamību. Atbilstoši ietekmēm ir iespējams novērtēt izmaiņas biotopu vai sugu stāvoklī, iegūstot relatīvu funkciju un ekosistēmas pakalpojumu izmaiņu novērtējumu, kā tas ir nodemonstrēts Armoskaite et al., 2021. Detalizētības pakāpe vides informācijā dod iespēju tālāk veikt arī novērtēšanu monetārā izteiksmē, izmantojot kādu no atzītajām metodēm.
- b. Alternatīvi, lielas teritorijas gadījumā detalizēta informācija parasti nav pieejama. Esošo rīku izstrādātāji/turētāji apgalvo, ka telpiskā izšķirtspēja ir 250x250 m vai 1x1 km, šādu izšķirtspēju panākot ar modelēšanu. Pārbaudot uz vietas bieži izrādās, ka modelētais īsti neatbilst novērotajam. Bez tam, plašām teritorijām ar ļoti limitētu informāciju par vides vērtībām, piemērot ekspertu vērtējuma metodi ir nesalīdzināmi sarežģītāk kā nelielām teritorijām. Lai process būtu vienlaicīgi relatīvi ātrs un ar pietiekamu ticamību, vislabāk būtu to balstīt uz esošo informāciju. Piemēram HELCOM Map Service (<https://maps.helcom.fi/website/mapservice/>) jau šobrīd satur telpisku informāciju par ietekmēm un vairākām vides komponentēm. Bez tam, HELCOM

sistēmā ir pieejama arī ietekmju specifiska informācija par vides stāvokli, piemēram eitrofikācija, piesārņojums. Sasaistot šos slāņus savā starpā ir iespējams veidot ietekmju-vides stāvokļa matricu, kuru tālāk var izmantot lai, līdzīgi kā mazu teritoriju gadījumā, novērtējuma šūnai aprēķinātu relatīvās izmaiņas ekosistēmas pakalpojumos. Šāda pieeja ļautu izmantot HELCOM ekspertu radīto informāciju, t.i., nav nepieciešams veidot savu ekspertu paneli. Šādas pieejas trūkums ir esošās informācijas nepilnības. Piemēram, bioloģiskās daudzveidības stāvokļa novērtējums ir vāji sasaistīts ar šo stāvokli ietekmējošām aktivitātēm. Tāpat informācija par biotopu vai sugu telpisko izplatību bieži ir nepilnīga. Šīs nepilnības ir zināmas un HELCOM dalībvalstis pie to novēršanas strādā. Līdz ar to, nākotnē papildinoties informācijai ir sagaidāms, ka ticamība novērtējuma rezultātiem tikai pieaugs.

LITERATŪRAS SARAKSTS

Armoškaitė, A., Puriņa, I., Aigars, J., Strāķe, S., Pakalniete, K., Frederiksen, P., Schrøder, L., Hansen, H.S. (2020) Establishing the links between marine ecosystem components, functions and services: An ecosystem service assessment tool. *Ocean and Coastal Management*. Vol. 193. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105229>

Armoškaitė, A., Aigars, J., Andersone, I., Hansen, S. H., Schrøder, L., Strāķe, S. (2021) Assessing change in habitat composition, ecosystem functioning and service supply in Latvian protected stony reefs. *Journal of Environmental Management* Vol. 298, 113537. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113537>

Asmala E., Carstensen J., Conley D.J., Slomp C.P., Stadmark J., Voss M., 2017. Efficiency of the coastal filter: Nitrogen and phosphorus removal in the Baltic Sea. *Limnology and Oceanography*, vol.62, S1, S222–S238, doi.org/10.1002/lno.10644

Halpern, B.S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K.S., Koenig, K., Longo, C., Lowndes, J.S., Rockwood, R.C., Selig, E.R., Selkoe, K.A., Walbridge, S. (2015) Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communication*, Vol. 6, Article number: 7615

van Helmond, N. A. G. M., Robertson, E. K., Conley, D. J., Hermans, M., Humborg, C., Kubeneck, L. J., Lenstra, W. K., and Slomp, C. P.: Removal of phosphorus and nitrogen in sediments of the eutrophic Stockholm archipelago, Baltic Sea, *Biogeosciences*, 17, 2745–2766, <https://doi.org/10.5194/bg-17-2745-2020>, 2020.

Winogradow A., Pempkowiak J., 2014. Organic carbon burial rates in the Baltic Sea sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 138, 27-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.12.001>

Winogradow, A., Pempkowiak, J., 2020. Identifying recent sources and fate of sedimentary nitrogen in the Baltic Sea based on organic matter elemental composition and nitrogen and carbon stable isotopes ratios. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111622, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111622>