TARTU ÜLIKOOL
Eesti mereinstituut

Merepõhja elustiku ja elupaikade täiendavad uuringud Liivi lahe meretuulepargi elektriühenduse rajamiseks Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumile

Aruande versioon 2, 20.02.2026

Tellija: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

Töövõtja esindaja: Georg Martin, PhD, professor

Rahastanud Euroopa Liit
NextGenerationEU

Eesti
tuleviku heaks

Tallinn 2026

Aruande versioonide info

Versiooni number	Kuupäev	Info
1	29.01.2026	Esimene tellijale esitatud versioon
2	20.02.2026	Uuendatud vastavalt tellija, Enefit Green AS ja Skepast&Puhkim OÜ kommentaaridele

SISUKORD

SISUKORD 3
1. SISSEJUHATUS 4
2. MATERJAL JA METOODIKA 6
2.1. Uuringuala 6
2.2. Välitööd proovipunktides ja proovide analüüs 6
2.3. Sonaritööd ja andmeanalüüs 8
2.4. Kaartide loomise meetodid 10
2.4. Merepõhja elupaikade klassifikatsioonisüsteemid 12
3. TULEMUSED 14
3.1. Merepõhja substraat 14
3.2. Põhjaelustik 16
3.3. Põhjaelupaigad 29
3.3.1. Loodusdirektiivi elupaigatüübid 29
3.3.2. HELCOM HUB elupaigad 30
3.3.3. MSRD merepõhja elupaiga põhitüübid 38
3.3.4. HELCOM punase raamatu elupaigad 39
3.4. Sonariandmed 40
3.4.1. Batümeetria 40
3.4.2. Tagasihajumine 41
3.5. Merepõhja morfoloogia ja põhjasetted 44
3.6. Merepõhja kontaktide tuvastamine 50
4. VÕIMALIKE MÕJUDE LEEVENDUSMEETMED 52
5. SEIREPROGRAMMI ETTEPANEK 53
6. KOKKUVÕTE 55
KIRJANDUS 56
LISA 1. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide ja HELCOM punase raamatu elupaikade levik koos KMH raames kaardistatud tulemustega 58

1. SISSEJUHATUS

Vabariigi Valitsus algatas 4.08.2022 korraldusega nr 203 Liivi lahe meretuulepargi elektriühenduste riigi eriplaneeringu (edaspidi REP) ja keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH). REP eesmärk on kavandada meretuulepargi elektriühendused maismaa põhivõrguga. REP tulemusel koostatakse terviklik ruumilahendus elektriühenduste ja nendega funktsionaalselt koos toimivate ehitiste tarbeks.

REP käigus on koostatud merepõhja elustiku ja elupaikade eksperthinnang, mis tõi esile täiendavate uuringute vajaduse lõpliku asukoha määramiseks projekteerimise käigus, sest elektriühenduste uuendatud paiknemine asub rannajoonepoolses osas väljaspool varem KMH raames teostatud uuringute piirkonda. Käesolev töö katab merepõhja elustiku ja elupaikade uuringuga puuduolevat osa, mis on vajalik meretuulepargi elektriühenduse täpsema asukoha valimiseks.

Merepõhja elustiku ja elupaikade uuringute välitööd proovipunktides viidi läbi septembris 2025. aastal. Kõigis proovipunktides teostati merepõhja videoülesvõtted ja ligikaudu ühes kolmandikus proovipunktidest koguti biomassiproovid põhja-ammutaja või sukelduja abil. Kogutud videomaterjali ja biomassiproovide analüüs viidi läbi Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudi laboris.

Sonariuuringud mitmekiirelise sonariga viidi läbi septembrist novembrini 2025. aastal. Merepõhja elustiku ja elupaikade levikukaartide loomisel rakendati matemaatilist modelleerimist, mille sisenditeks olid proovipunktides mõõdetud elustiku ja merepõhja substraadi andmed koos sonariuuringute käigus kogutud veesügavuse ja helilaine tagasihajumise intensiivsuse andmetega.

Uuringu peamisteks tulemiteks olid loodusdirektiivi elupaigatüüpide levik, põhjataimestiku- ja loomastiku liikide levik, HELCOM HUB elupaikade levik ning HELCOM punase raamatu elupaikade levik.

Uuringud viidi läbi Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudi töötajate poolt:

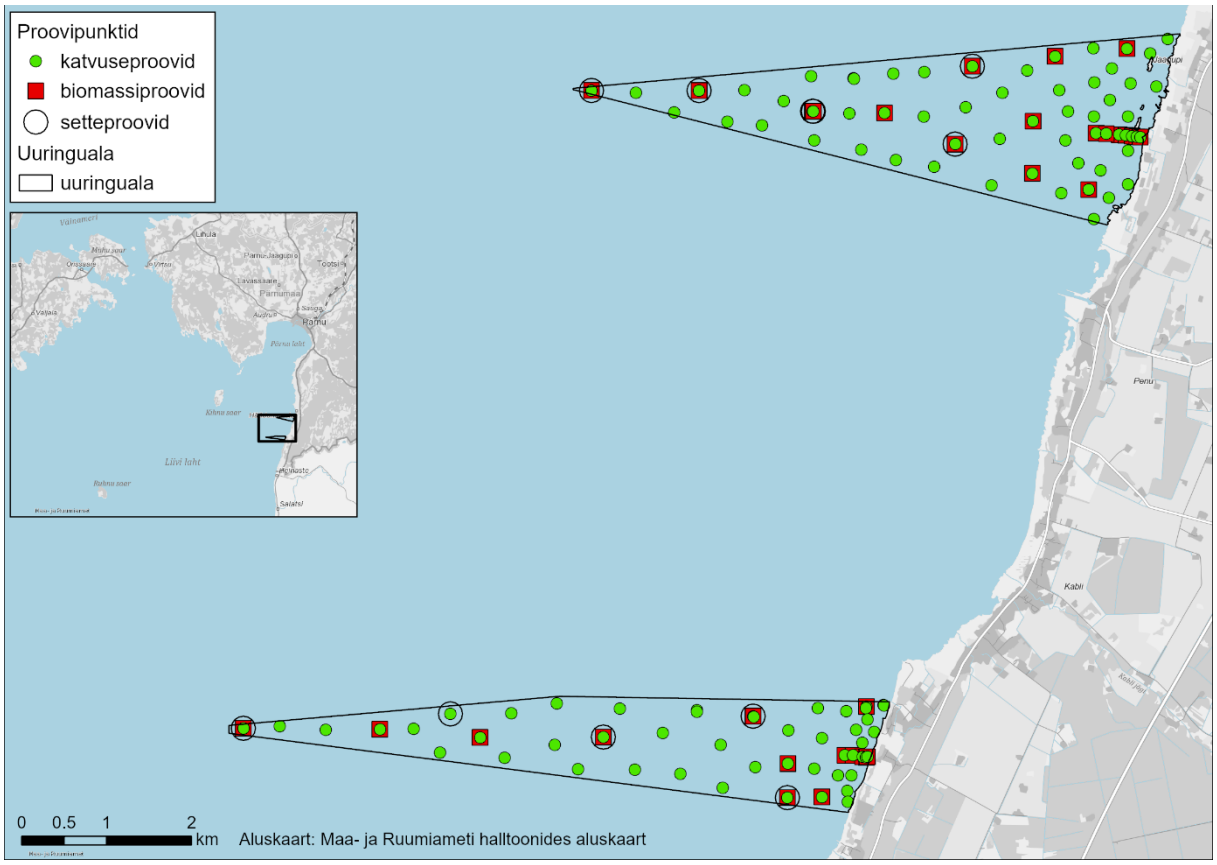
- projekti juhtimine, aruande koostamine – Georg Martin;
- andmetöötlus ja -analüüs, aruande koostamine – Kristjan Herkül;
- sonaritööd – Teemar Püss, Peeter Jürisson;

- merepõhja elustiku ja elupaikade välitööd – Kaire Kaljurand, Andres Kalk, Oskar Rumm, Keili Saava, Martin Teeveer;
- biomassi- ja setteproovide analüüs – Evi Rose Kaasik, Karina Kelareva, Trude Kuur, Elisa Rajas, Keili Saava, Greete Tarkin, Eliise Uueni, Annemari Vessik, Liisi Vidde, Oskar Rumm;
- videoproovide analüüs – Trude Kuur;
- andmesisestus – Greta Reisalu, Trude Kuur.

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Uuringuala

Uuringuala paiknes Liivi lahe idaosa rannikumeres koosnedes kahest eraldi polügoonist (joonis 2.1.1). Polügoonid ulatusid rannajoonest kuni ligikaudu 7 km kaugusele ja olid kuju poolest laienevad rannajoone suunas. Polügoonide summaarne pindala ehk uuringuala pindala oli 14,1 km^2.



Joonis 2.1.1. Uuringuala ja merepõhja proovipunktide paiknemine.

2.2. Välitööd proovipunktides ja proovide analüüs

Merepõhja uuringute välitööd, mille jooksul teostati merepõhja proovide kogumine, toimusid 4. ja 5. septembril 2025. a. Välitöödel külastati 111 proovipunkti. Kõigis proovipunktides teostati katvushinnangud ja 33 proovipunktis koguti biomassiproovid (joonis 2.1.1). 10 proovipunktis koguti setteproovid granulomeetrilise koostise hindamiseks.

Proovipunkti külastamisel merel märgiti väliprotokolli punkti geograafilised koordinaadid. Kuna proovipunktis viibimisel esineb peaaegu alati teatud määral triivi, siis videosalvestuse ajal märgiti üles nii videosalvestuse algus- kui lõpukoordinaadid kasutades *Garmin GPSmap 62s* või sarnast seadet. Täiendav täpsem (viga < 1 m) georefereerimine toimus *Trimble R1 GNSS* seadme abil, millega logiti kõikide videosalvestuste trajektoorid. Täpsemad asukohamäärangud olid vajalikud andmete sidumiseks sonaripõhiste andmetega.

Katvuseproovid

Merepõhja substraaditüüpide ning põhjataimestiku ja –loomastiku katvuse hindamiseks kasutati allveevideosüsteemi (nn *drop*-kaamera), mis koosneb veealusest videokaamerast ning paadis olevast salvestusseadmest ja ekraanist. Väga madala veega proovipunktides, kuhu ei olnud võimalik mootorpaadiga liikuda, teostati katvushinnangud vees jalgsi liikudes eksperdi poolt kohapeal visuaalse vaatlusena. Kui sukelduja kogus biomassiproove, siis ühtlasi teostas visuaalsed hinnangud proovipunktis veel all. Igas proovipunktis salvestatud videolõigud analüüsiti hiljem visuaalselt arvutimonitorilt vaadatuna. Videopildilt hinnati põhjataimestiku üldkatvus, põhjataimestiku ja –loomastiku liikide/rühmade katvused ja põhjasubstraadi tüüpide katvused protsentuaalselt.

Biomassiproovid

Biomassiproovid pehmelt merepõhjalt koguti Van Veen-tüüpi põhjaammutajatega (proovivõtu pindala 0,026 m^2). Kogutud proovid pesti merel nailonsõeltel, mille võrgusilma diameeter on 0,25 mm, et eemaldada peenliiv ja muda. Kõvalt merepõhjalt kogusid biomassiproove sukeldujad kasutades 20 × 20 cm metallraami (proovivõtu pindala 0,04 m^2), mille ühe külje külge on kinnitatud võrgust kott (võrgu silma diameeter < 0,25 mm). Raam asetati põhja pinnale ja kogu raami sisse jääv põhjataimestik ja –loomastik koguti võrgust kotti. Välitöödel pakiti proovid kilekottidesse, varustati etikettidega ning säilitati -20°C juures kuni nende laboratoorse analüüsini.

Proovide analüüs toimus Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudi merebioloogia osakonna akrediteeritud laboris (Eesti Akrediteerimiskeskuse tunnistus L179[1]) vastavalt kvaliteedisüsteemi juhenditele. Biomassiproovide analüüsi meetodid on kooskõlas HELCOM-i soovitustega (HELCOM 2017). Laboris proovid sulatati ja eristati kõik põhjaelustiku

[1] http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L179.pdf

organismid liigiti või madalaima võimaliku taksonoomilise tasemeni kasutades vajadusel mikroskoope ja erinevaid määrajaid. Kirpvähkide (*Gammarus*) ja lehtsarve (*Idotea*) noorjärgud (kehapikkus < 5 mm) määrati perekonna, surusääsklaste vastsed (*Chironomidae*) sugukonna, väheharjasussid (*Oligochaeta*) alamklassi ja karpvähid (*Ostracoda*) klassi tasemeni. Niitjad pruunvetikad *Pylaiella littoralis* ja *Ectocarpus siliculosus* võivad olla määratud grupina „*Pylaiella*/*Ectocarpus*“. Ülejäänud taksonid määrati liigini. Iga loomaliigi biomass kuivkaaluna määrati pärast kuivatamist vähemalt 48 h 60 °C juures ja iga taimeliigi biomass kuivkaaluna pärast vähemalt kahenädalast kuivatamist 60 °C juures. Põhjaelustiku liikide biomass kuivkaalus arvutati ümber 1 m^2 kohta. Kõik katvus- ja biomassiandmed sisestati Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudi põhjaelustiku andmebaasi.

Setteproovid

Lisaks bioloogilistele proovidele koguti merepõhja setteproovid 10 proovipunktis Van-Veen tüüpi põhjaammutajaga. Setteproovid kuivatati kuivatuskapis 7 päeva temperatuuril 60 °C. Seejärel teostati kuivsõelumine, kasutades CISA elektromagnetilist sõelasüsteemi (Electromagnetic Sieve Shaker, mudel BA200N). Sõelumine viidi läbi seadme vibratsiooni amplituudiga 1,3 mm kestusega 2 minutit. Kasutatud sõelade fraktsioonivahemik oli 2 mm-36 µm (2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm, 63 µm, 36 µm). Igas sõelafraktsioonis olev settemass määrati analüütilise kaaluga RADWAG (mudel XA 82/220.5Y). Enne iga uue proovi töötlemist puhastati sõelad põhjalikult pintsliga ja suruõhuga, et vältida proovide vahelist saastumist. Kaalumistulemuste alusel arvutati fraktsioonide suhtelised osakaalud kogu proovi massist. Nende osakaalude alusel määrati setete granulomeetriline koostis ning klassifikatsioon modifitseeritud Folk (1954) 16 klassiga süsteemis, mis on EMODnet ühtlustatud metoodika aluseks (Kaskela et al 2019). Settetüübi nimetuse omistamisel rakendati 1% osakaalu lävendit.

2.3. Sonaritööd ja andmeanalüüs

Sonaritööd mitmekiirelise sonariga toimusid ajavahemikus 9. september 2025 kuni 27. november 2025 (18 välitööpäeva). Kasutati TÜ Eesti mereinstituudi mitmekiirelist sonarit Teledyne Reson SeaBat T-50R, mis on paigaldatud mereinstituudi uurimislaevale AluDevil 33 (VLL-209, joonis 2.3.1). Sonarisüsteemil oli kasutusel inertsiaalne navigatsioonisüsteem Teledyne IMU-30, mis sisaldab kiirendusandureid ja küroskoopilist andurit laeva asendi ja kõikumise mõjudega arvestamiseks ja RTK differentsiaal-positsioneerimissüsteemi kursi ja asukoha arvutamiseks. Geograafilise positsiooni täpsustamiseks kasutati RTK

korrektsiooniteenust Trimble RTX[2]. Positsioneerimise viga oli igas suunas alla 5 cm. Rakendati mitmesageduslikku andmete salvestamist 200 kHz, 300 kHz ja 400 kHz helisagedustega. Sonariga merepõhja skaneerimisel salvestati nii batümeetriline info kui helilaine tagasihajumise intensiivsus (*backscatter*). Sonariandmete kogumine laevas toimus tarkvara Teledyne PDS (Teledyne 2025) abil. Batümeetriliste mõõtmiste täpsustamiseks rakendati mõõtmise ajal perioodiliselt teostatud heli levimise kiiruse vertikaalprofiile, mis mõõdeti seadmega Valeport SWIFT. Sonaritööd teostati kuni sügavuseni ligikaudu 2 m; sellest madalamale ei ole võimalik liikuda arvestades laeva ja sonari pea süvist ning meresõidu ohutust.



Joonis 2.3.1. TÜ Eesti mereinstituudi uurimislaev AluDevil 33 (VLL-209).

Sonariga kogutud sügavusandmete järeltöötlus teostati tarkvara Teledyne PDS abil helisageduste kaupa. Järeltöötlusel rakendati vigaste sügavusmõõtmiste eemaldamiseks PDS tarkvaras vaikimisi sisse lülitatud kiire kvaliteedi filtrit (Beam quality 3 – Good collinearity and Good brightness) ja täiendavalt statistilist filtrit: libisev aken 5 × 5 pikslit, keskmine ranguse aste (Strictness 5 - Medium). Kui statistilise filtriga ei saavutatud soovitud efekti, siis rakendati statistilise pinna (CUBE; Calder & Mayer 2003) põhist filtreerimist, kus sügavuspunkti lubatud maksimaalseks kauguseks statistilisest pinnast määrati kaks standardhälvet. Lisaks nendele filtritele eemaldati punktipilvest vajadusel ka käsitsi punkte, mis olid vigased või seotud veesambas esinevate objektidega.

[2] https://positioningservices.trimble.com/en/rtx

Sonariga kogutud tagasihajumise andmed analüüsiti tarkvara FMGeocoder Toolbox (FMGT; QPS 2025) abil helisageduste kaupa. FMGT võimaldab tagasihajumise radiomeetrilist parandamist (väljundvõimsusest, võimendustegurist, impulsi pikkusest, sügavusest, kiire langemisnurgast jm teguritest tingitud erinevuste kompenseerimine) ehk normaliseerimist ja mosaiikimist.

Mere sügavuse andmed on esitatud meetrites Eesti geoidi EST-GEOID2017[3] mudelpinna suhtes. Geograafilise koordinaatsüsteemina kasutati Eesti riiklikku koordinaatsüsteemi L-EST97 (*Estonian Coordinate System of 1997*, EPSG:3301). Sügavuse ja tagasihajumise rastermosaiigid loodi piksli suurusega 0,5 m, mis vastab välitöödel kogutud andmete tegelikule horisontaalsele resolutsioonile.

2.4. Kaartide loomise meetodid

Kaartide loomiseks kasutati lisaks merepõhja proovide kogumisele ka mitmekiirelise sonariga kogutud andmeid ja matemaatilist modelleerimist, sest ainult proovipunktide külastamine ei võimalda luua ruumiliselt katkematuid kaardikihte.

Detailseid teadmisi merepõhja substraadi ja elustiku kohta on võimalik koguda ainult nendest punktidest, mida on merel külastatud ja kus on teostatud vaatlused ja/või proovide kogumine allveevideo, põhjaammuti või sukelduja abil. Sonari abil on võimalik saada kaudset infot ka selle merepõhja ala kohta, kus ei ole teostatud otseseid kohtvaatluseid. Selleks, et sonariandmetest luua merepõhja substraadi ja elustiku andmeid, kasutatakse matemaatilist modelleerimist. Liikide (või ka substraaditüüpide, elupaikade) leviku ennustav modelleerimine kujutab endast matemaatilist protseduuri, kus leitakse seosed liikide esinemise (või katvuse, biomassi) ja sonaripõhiste muutujate vahel ning nende seoste abil ennustatakse liikide levikut piirkondades, kust puuduvad vaatlused liikide kohta. Detailsema ülevaate sonari kasutamisest merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamisel saab aruandest „Sonarisüsteemi rakendamise metoodika loomine merepõhja elupaikade ja füüsikaliste omaduste kaardistamiseks“ (TÜ Eesti mereinstituut 2014).

[3] https://geoportaal.maaamet.ee/est/ruumiandmed/geodeetilised-andmed/geodeetilised-vorgud/geoid-p287.html

Käesolevas töös kasutati sonaripõhiste muutujatena sügavust, mis oli agregeeritud üle kõigi helisageduste, ning normaliseeritud tagasihajumise intensiivsust igas helisageduses eraldi (200, 300 ja 400 kHz).

Merepõhja elustiku ja substraadi leviku modelleerimine sonariga kaetud uuringuala merepõhja osal teostati juhumetsa (RF, *random forest*) meetodi abil. RF on nn ansamblimeetod, mille puhul luuakse suur hulk otsuste puid kasutades iga puu loomisel tagasipanekuga juhuvalimit (*bootstrap*) tunnustest ja vaatlustest (Remm et al 2012). Seejärel kombineeritakse lõpptulemuseks parima ennustusvõimega otsuste puud. Ennustamisel saadakse lõplik ennustatava muutuja väärtus üksikute puude tulemuste keskmistamisel, kui tegemist on pideva tunnusega või hääletamise teel, kui tegemist on faktortunnusega. Kirjanduse andmeil saavutatakse stabiilseid tulemusi vähemalt 500 puuga (Liaw & Wiener 2002). Käesolevas töös valiti puude arvuks 1000.

Kuna uuringuala kõige madalamat (alla 2 m sügavusega) osa ei olnud võimalik sonariga kaardistada, teostati seal modelleerimine kasutades Transpordiameti meresügavuse andmeid ja geograafilisi koordinaate rakendades üldistatud aditiivsete mudelite (GAM, *generalized additive models*) meetodit. GAM on mitteparameetriline meetod, mis võimaldab erineva kujuga seoste mittelineaarset modelleerimist silumisfunktsiooni abil (Wood 2011). Silumisfunktsiooni arvutamine toimus üldistatud ristvalideerimise meetodil (*generalized cross-validation*).

Modelleerimine teostati kogu uuringuala katvas 5 m külje pikkusega ruudustikus. Iga merel külastatud proovipunkti ümbrusest valiti neli lähimat ruutu, mille andmed liideti merepõhja substraadi ja elustiku andmete külge – see andmestik moodustas treeningandmestiku matemaatiliste mudelite loomiseks. Kasutades treeningandmestiku põhjal loodud mudeleid, arvutati iga ennustusandmestiku punkti jaoks substraadi ja elusiku muutujate väärtused, millest omakorda loodi rasterkihid piksli suurusega 5 m.

Andmete ettevalmistamise ja modelleerimisega seotud protseduurid viidi läbi vabavaralises *R* programmeerimiskeele (R Core Team 2025) arenduskeskkonnas *RStudio* (RStudio Team 2025). GAM meetodi jaoks kasutati *R*-i paketti *mgcv* (Wood 2025) ja RF jaoks paketti *ranger* (Wright & Ziegler 2017). Nii GAM kui RF mudelite puhul katsetati erinevate sisendandmete ja GAM puhul ka mudeli vabadusastmetega mudelite versioone. Lõplik valik erinevate mudelitüüpide ja versioonide osas teostati eksperthinnangu alusel, mille käigus hinnati mudelennustuste kokkulangevust proovipunktide andmetega ja üldiste ruumimustrite looduslikku paikapidavust. Mudelennustuste tulemusi üldistati vajadusel liikuva aknaga keskmistamise abil (aken 5 × 5 pikslit) kasutades R paketi *terra* (Hijmans 2025).

Levikumudelite rasterkihte töödeldi vajadusel täiendavalt *ArcGIS Pro* (ESRI 2025) tööriistade *Boundary Clean* või *Pixel Editor* abil, et eemaldada üksikuid eraldiseisvaid piksleid ja täita väikeseid auke suuremate laikude sees. Kaartide vormistamine aruande jaoks toimus tarkvaras *ArcGIS Pro*.

2.4. Merepõhja elupaikade klassifikatsioonisüsteemid

Käesolevas töös rakendati kolme erinevat merepõhja elupaikade klassifikatsioonisüsteemi:

- Euroopa Liidu looduskaitseliselt oluliseks peetavad elupaigatüübid on loendatud looduslike elupaikade ja loodusliku fauna ning floora kaitse direktiivis (edaspidi „loodusdirektiiv“). Süsteemi eesmärk on esile tuua ja defineerida ainult kaitset vajavad elupaigatüübid.
- Euroopa Liidu merestrateegia raamdirektiivi (MSRD) raames on sisse viidud vähese detailsusega üldistav süsteem, mis defineerib nn merepõhja elupaikade põhitüübid. Selle klassifikatsiooni eesmärgiks on mere keskkonnaseisundi hindamisel tagada üldiste suureskaalaliste elupaikadega arvestamine.
- HELCOM-i klassifikatsioonisüsteem HUB on spetsiaalselt Läänemere tingimuste jaoks loodud süsteem, mille abil on võimalik elupaikasid määratleda erineva detailsus-astmega hierarhilistel tasemetel. Erinevalt loodusdirektiivi klassifikatsioonist, on HUB abil võimalik klassifitseerida kogu merepõhi.

Merepõhja elupaikade klassifikatsioonide definitsioonid ja rakendamise tehnilised detailid on kirjeldatud aruandes „Merepõhja elustiku ja elupaikade uuringute meetodid“ (TÜ Eesti mereinstituut 2025).

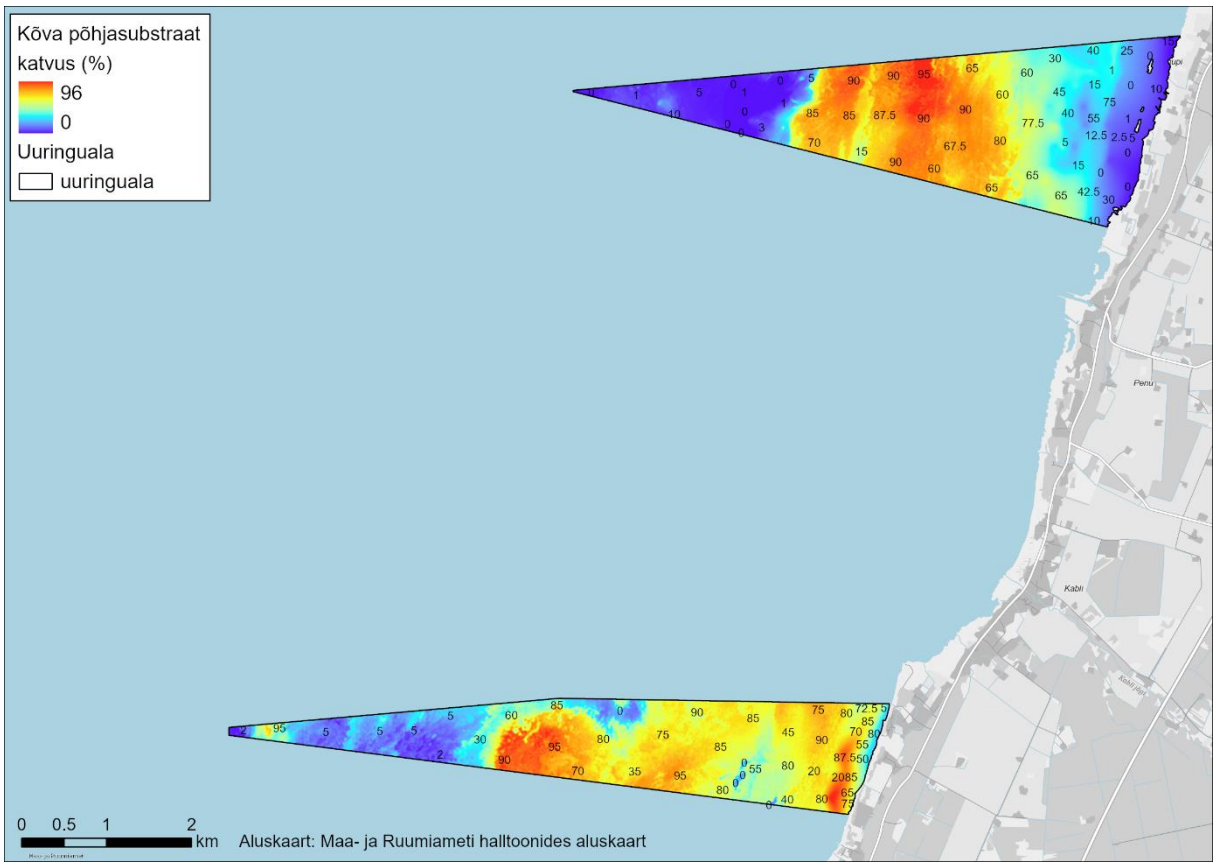
Antud töö on esmakordne Eestis, kus on nõutud HELCOM HUB elupaikade levikukaartide koostamist kuni 6. tasemeni. Varem on kaardistamistööd teostatud ainult kuni 5. tasemeni, mis on kõrgeim tase, milleni on võimalik klassifitseerida kõik punktid. HELCOM HUB süsteemis ei ole võimalik kõiki punkte määrata 6. tasemeni (HELCOM 2013), sest mõningate elupaikade klassifikatsioon lõppeb 5. tasemel või puudub sobiv vaste 6. tasemel ja tuleb piirduda 5. tasemega. Näiteks puudub võimalus liikuda edasi 6. tasemele kui punktis puudub makroskoopiline põhjaelustik. Kaardistamise praktilisest seisukohast ei ole võimalik modelleerida kõikide võimalike dominantliikide ohtruse levikut uuringualal, sest selleks ei jätku mudeli treeningandmeid piiratud proovipunktide arvu tõttu. Nendel põhjustel ei ole Eestis varem HUB 6. tasemel kaardistamisi läbi viidud. Käesoleva töö nõuete täitmiseks teostati

parima võimaliku lahendusena proovipunktipõhine hinnang, kus eeldatavad epibentiliste liikide domineerimisega proovipunktid (kõva substraat, segasubstraat, footiline pehme põhi) klassifitseeriti katvusandmete alusel ja eeldatavad infauna liikide domineerimisega proovipunktid (pehme footiline merepõhi) klassifitseeriti põhja-ammutajaga kogutud proovide andmete alusel. Seetõttu on HUB 6. taseme elupaigad esitatud ainult proovipunktide põhiselt mitte modelleeritud pindadena. Ka proovipunkti põhine hinnang on seotud piirangutega, sest kõikides proovipunktides ei ole kogutud biomassiproove, mis võimaldaks HUB 6. taseme jaoks vajaliku detailsusega koosluse liigilist struktuuri dokumenteerida. Näiteks footilisel liival, kus videoproovi järgi epibentiline elustik puudub, ei ole võimalik ilma põhja-ammutajaga proovide kogumiseta hinnata infauna esinemist ega selle koosluse struktuuri. Igas proovipunktis biomassiproovide kogumine pole aga ajaliste ja rahaliste kulutuste tõttu otstarbekas.

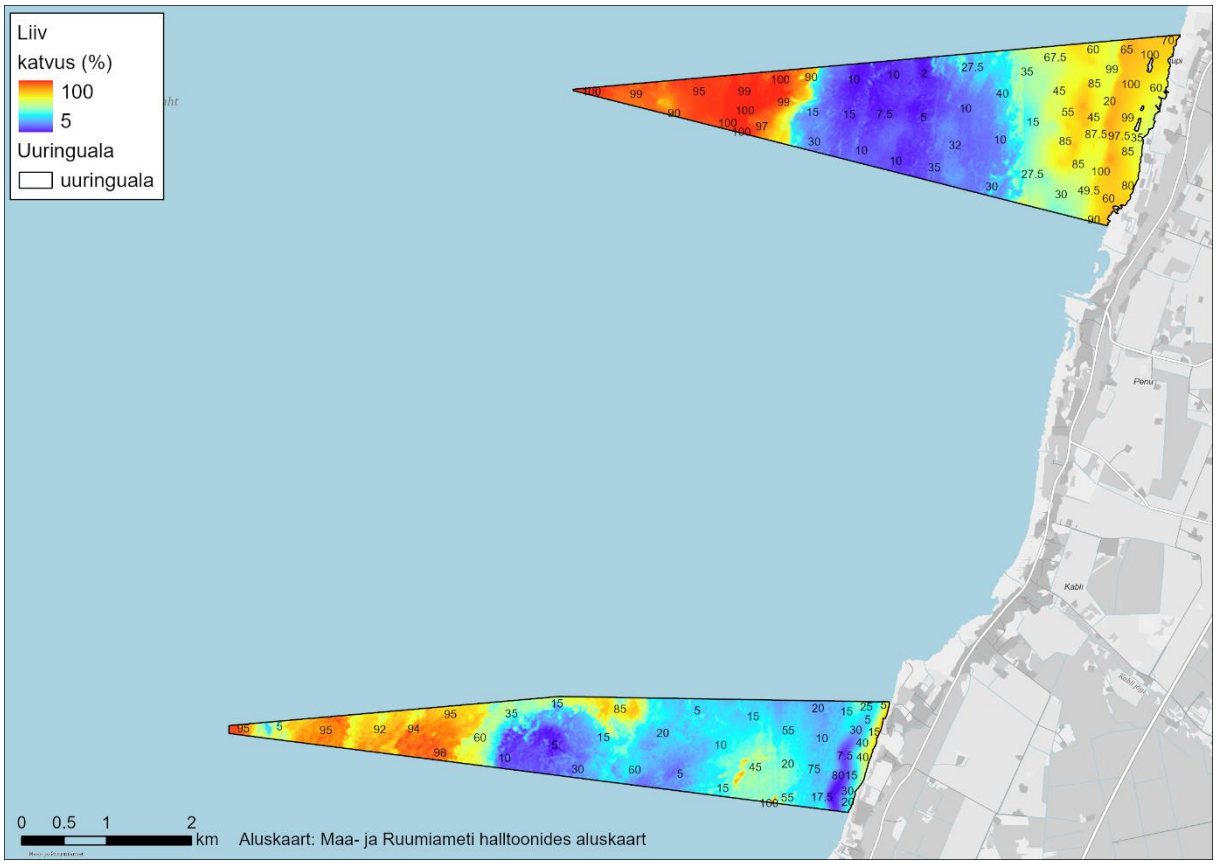
3. TULEMUSED

3.1. Merepõhja substraat

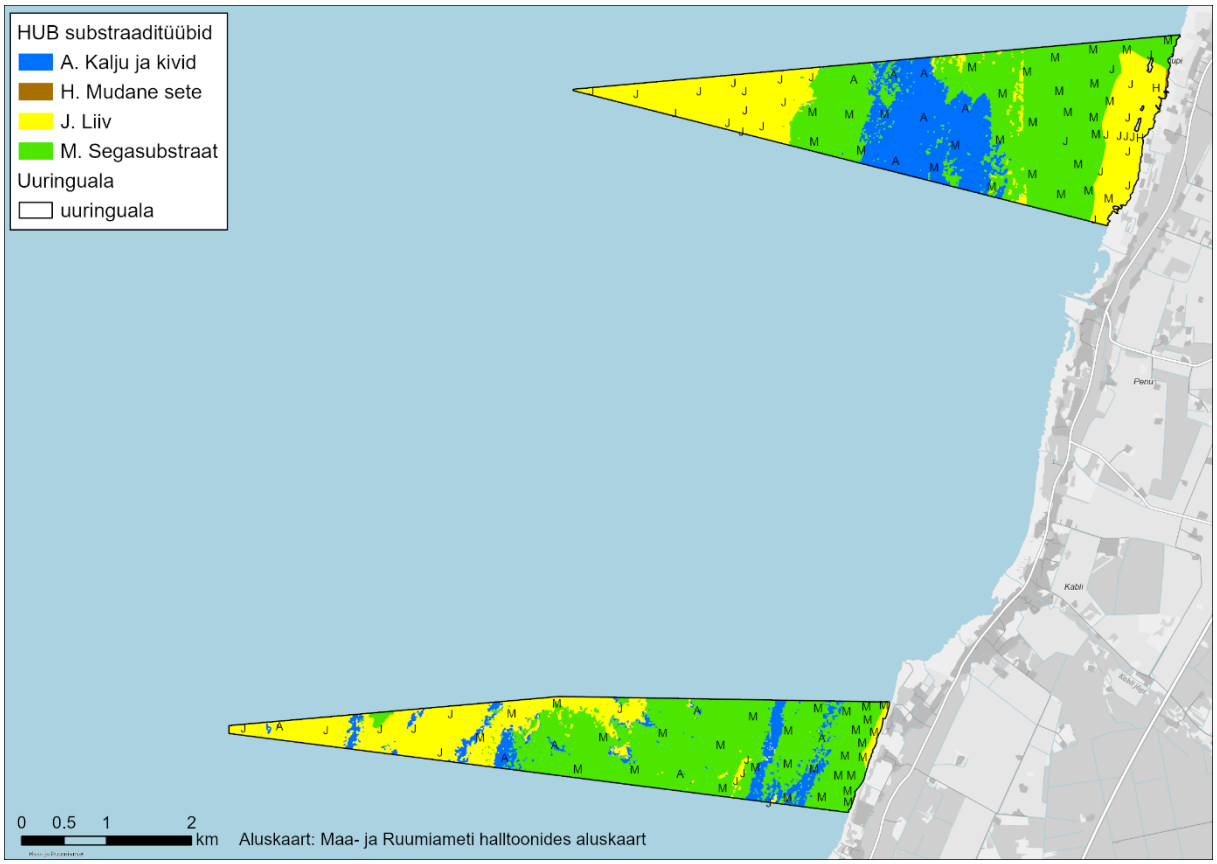
Modelleeriti kõvade substraaditüüpide (kivid, kalju) summaarset katvust (joonis 3.1.1) ja liiva katvust (3.1.2), mis on vajalikud loodusdirektiivi elupaigatüüpide määratlemiseks ning HELCOM HUB 3. taseme elupaikade põhjasubstraaditüüpe (joonis 3.1.3), mis on vajalikud HUB ja MSRD elupaikade klassifikatsiooniks. Tulemustest nähtub, et uuringualal esineb nii pehme kui kõva põhjasubstraadiga piirkondi. Liivane põhi oli peamiselt levinud suurema veesügavusega aladel ning põhjapoolse polügooni rannikulähedasel alal. Kõva põhjasubstraat ja segasubstraat oli levinud põhjapoolse polügooni keskmises osas ja lõunapoolsel polügoonil keskosast kuni rannajooneni.



Joonis 3.1.1. Kõva põhjasubstraadi katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrilised sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



Joonis 3.1.2. Liiva katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrilised sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



Joonis 3.1.3. HELCOM HUB elupaikade klassifikatsiooni 3. taseme elupaikade substraaditüüpide levik uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.

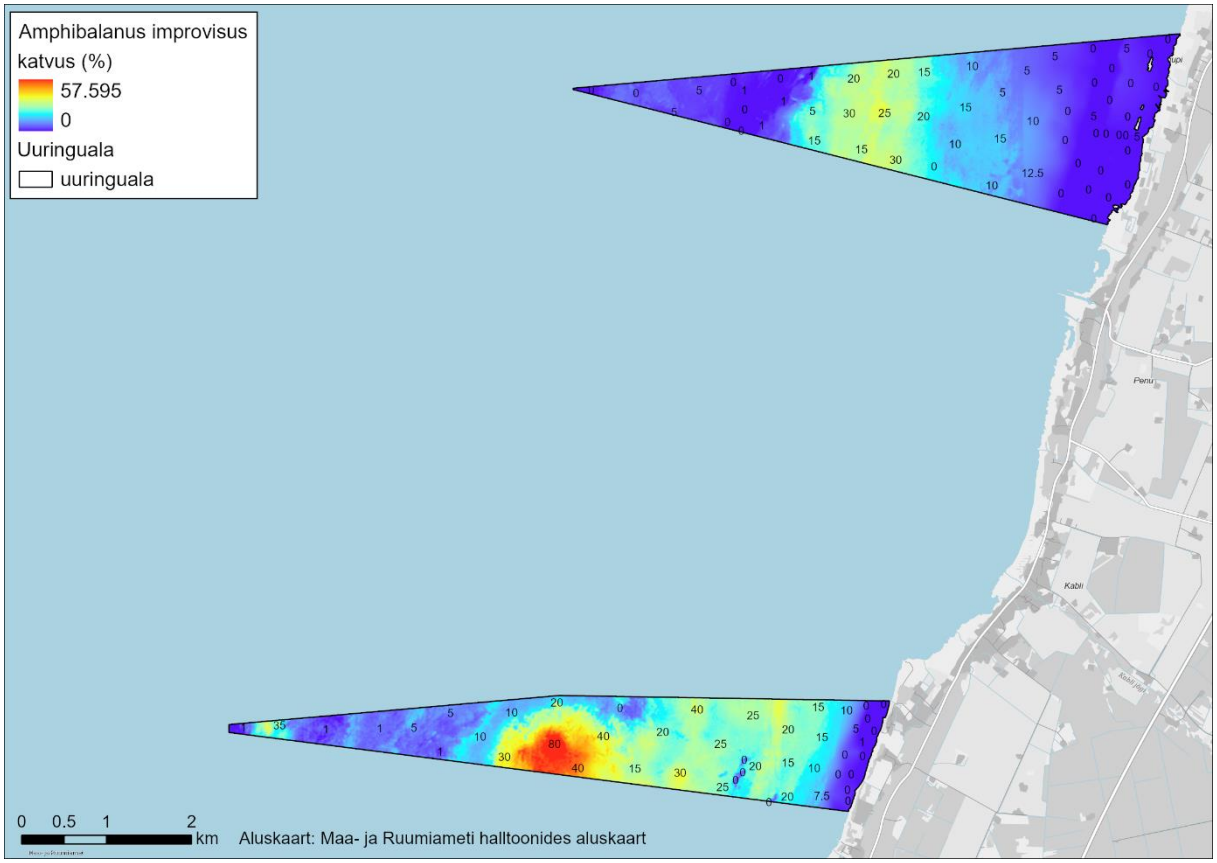
3.2. Põhjaelustik

Katvusproovides tuvastati kokku 20 põhjaelustiku taksonit (arvestamata liigist kõrgemaid üksusi kui liigi tasandil on takson olemas), millest 18 olid taime- ja kaks loomastikutaksonid (tabel 3.2.1). Kõige levinumateks liikideks olid tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*; joonis 3.2.1) ja niitjas punavetikas *Vertebrata fucoides* (joonis 3.2.2).

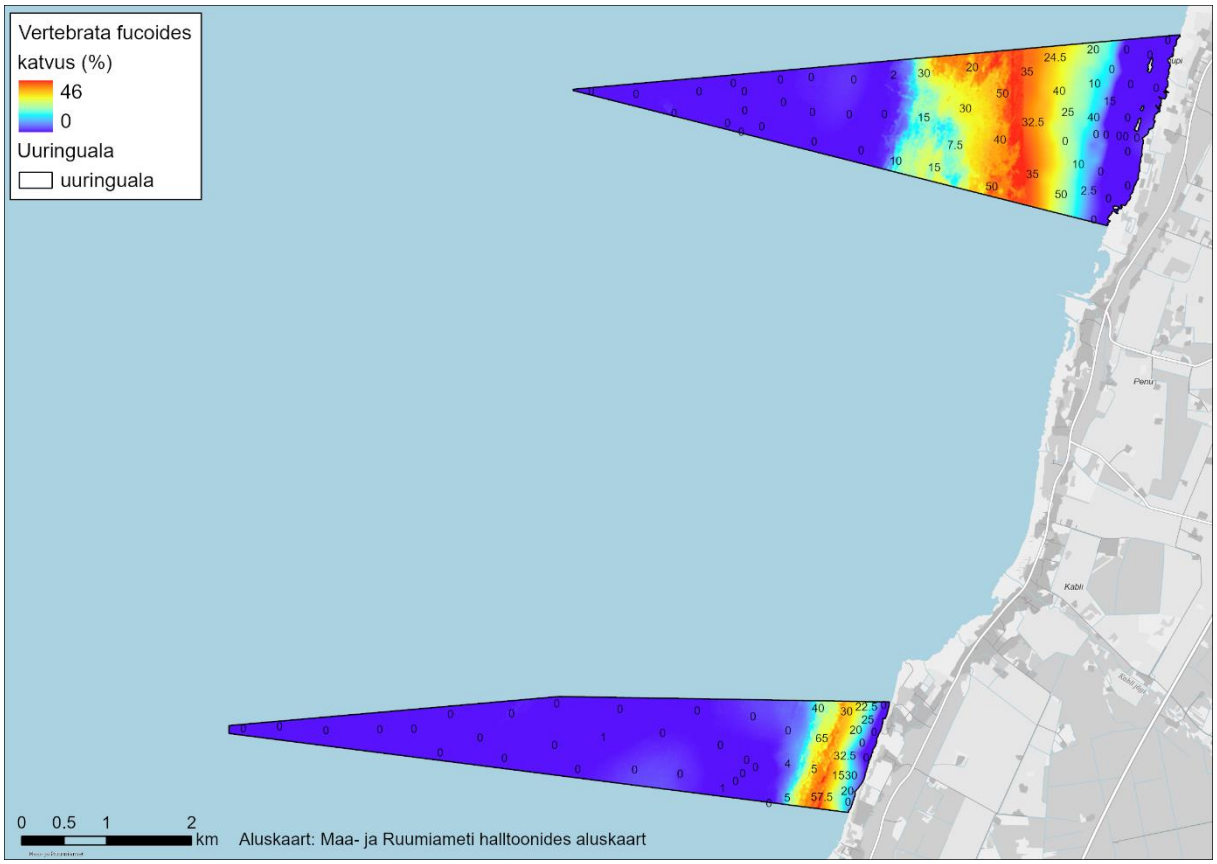
Tabel 3.2.1. Põhjaelustiku taksonite esinemine, sügavuse miinimum ja maksimumväärtused ning katvuse keskmised ja maksimumväärtused katvushinnangute põhjal. Keskmine katvus on arvutatud ainult nende proovipunktide põhjal, milles vastav liik esines.

takson	esinemine (%)	sügavus, miinimum (m)	sügavus, maksimum (m)	katvus, keskmine (%)	katvus, maksimum (%)
taimestik					
Battersia arctica	26.8	1.8	8.9	4.3	15
Ceramium tenuicorne	8.9	0.9	4.3	5.9	10

Chara aspera	0.9	1.5	1.5	3	3
Chara baltica	2.7	0.6	1.4	12.5	15
Chara sp	12.5	0.2	1.7	14.3	50
Chara tomentosa	0.9	0.5	0.5	20	20
Cladophora glomerata	24.1	0.2	3.1	17.7	65
Fucus vesiculosus	10.7	1.5	3	14.8	40
Furcellaria lumbricalis	29.5	0.5	7	6	32.5
Myriophyllum sp	16.1	0.2	2.2	9.1	37.5
Najas marina	7.1	0.3	1.7	22.1	70
Potamogeton perfoliatus	8.9	0.2	2.5	7.2	15
PylaiellaEctocarpus	8	0.2	3	6.4	12.5
Ruppia cirrhosa	1.8	0.4	0.6	10	15
Ruppia maritima	4.5	0.2	0.9	15.7	50
Stuckenia pectinata	24.1	0.2	2.5	29.9	95
Ulva	4.5	0.2	1.9	1.4	5
Vertebrata fucoides	37.5	0.9	8.8	23.5	65
Zannichellia palustris	0.9	0.9	0.9	2.5	2.5
loomastik					
Amphibalanus improvisus	58.9	0.5	13.3	14.7	80
Hydrozoa	7.1	8	12.3	2	5



Joonis 3.2.1. Tavalise tõruvähi (*Amphibalanus improvisus*) katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



Joonis 3.2.2. Punavetika *Vertebrata fucoides* katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.

Biomassiproovidest leiti kokku 72 põhjaelustiku taksonit (arvestamata liigist kõrgemaid üksusi kui liigi tasandil on takson olemas), millest 26 olid taime- ja 46 loomataksonid (tabel 3.2.2). Kõige sagedamini esinevateks liikideks (sagedus > 60%) taimede hulgas olid niitjas punavetikas *Vertebrata fucoides* ja karevetikas (*Cladophora glomerata*), loomastikus tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), surusääskede (*Chironomidae*) vastsed, kirpvähkide (*Gammarus*) noorjärgud ja roosteselg-kirpvähk (*Leptocheirus pilosus*). Kõrgeima maksimaalse biomassiga liigid olid taimestikus põisadru (*Fucus vesiculosus*) ja loomastikus tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*) (tabel 3.2.2).

Tabel 3.2.2. Põhjaelustiku taksonite esinemine, sügavuslevik, biomassi keskmised ja maksimumväärtused biomassiproovide põhjal. Keskmine biomass on arvutatud ainult nende proovipunktide põhjal, milles vastav takson esines.

takson	esinemine (%)	sügavus, miinimum (m)	sügavus, maksimum (m)	biomass, keskmine (g/m²)	biomass, maksimum (g/m²)
taimestik					
Battersia arctica	57.6	0.4	6.3	0.3503	3.5892
Ceramium tenuicorne	51.5	0.4	6.3	0.649	1.955
Ceratophyllum demersum	3	0.5	0.5	1.07	1.07
Chara aspera	18.2	0.4	1.5	3.7247	15.4992
Chara baltica	21.2	0.4	1.6	3.3902	9.1267
Chara canescens	6.1	0.4	0.5	0.2317	0.4092
Chara connivens	6.1	0.4	0.5	1.0029	1.9783
Chara tomentosa	3	0.5	0.5	68.7383	68.7383
Cladophora glomerata	60.6	0.4	3.7	4.765	22.4542
Cladophora rupestris	3	3	3	0.2067	0.2067
Coccotylus truncatus	9.1	0.5	2.8	0.0097	0.0125
Elachista fucicola	3	3	3	0.0575	0.0575
Fucus vesiculosus	18.2	0.4	3	107.3194	322.1425
Furcellaria lumbricalis	39.4	0.4	6.3	11.3537	40.4054
Leptosiphonia fibrillosa	15.2	0.5	3.7	0.1235	0.4333
Myriophyllum sp	12.1	0.4	0.6	3.0583	10.8592
Myriophyllum spicatum	12.1	0.5	1.4	13.5983	33.545
Najas marina	6.1	0.5	0.5	7.9296	13.1233
Potamogeton perfoliatus	15.2	0.5	1.6	4.1668	15.5058
PylaiellaEctocarpus	21.2	0.4	3	0.0551	0.225
Rhizoclonium riparium	3	0.4	0.4	0.35	0.35
Ruppia cirrhosa	3	1.3	1.3	1.0808	1.0808
Ruppia maritima	15.2	0.5	2.8	15.3398	61.42
Stuckenia pectinata	30.3	0.4	1.6	32.4147	77.25
Ulva	27.3	0.4	2.8	0.0123	0.09
Vertebrata fucoides	63.6	0.4	6.3	5.3327	23.9733
Zannichellia palustris	27.3	0.4	1.6	3.9752	10.5417
loomastik					
Amphibalanus improvisus	72.7	0.5	10.9	16.2566	218.9902
Apocorophium lacustre	6.1	6.3	8.8	0.23	0.31
Bathyporeia pilosa	15.2	0.5	5.8	0.1258	0.4636
Cerastoderma glaucum	9.1	0.6	12.1	0.0174	0.0304
Chironomidae	69.7	0.4	8.8	0.1345	1.435
Coleoptera	3	0.4	0.4	0.0017	0.0017
Cordylophora caspia	21.2	0.4	3.7	0.0906	0.3775
Corophium volutator	57.6	0.5	8.9	0.0923	0.6642
Cyanophthalma obscura	6.1	0.5	0.5	0.0232	0.0456
Ecrobia ventrosa	3	2.8	2.8	0.03	0.03
*Einhornia crustulenta**	18.2	1.4	6.3		
Ephemeroptera	3	0.5	0.5	0.0033	0.0033
Gammarus oceanicus	3	1.5	1.5	0.0058	0.0058
Gammarus salinus	36.4	0.9	4.5	0.0328	0.0792
Gammarus tigrinus	33.3	0.4	3.7	0.0629	0.2858
Gammarus zaddachi	27.3	0.9	4.5	0.0372	0.0825
GammarusJuvSp	63.6	0.4	7	0.1619	0.5183
Gonothyraea loveni	3	1.3	1.3	0.0175	0.0175
Halacaridae	15.2	1.8	3.7	0.0025	0.005
Hediste diversicolor	27.3	1.3	13.3	0.0171	0.0722
Hydrozoa	21.2	0.5	8.8	0.0118	0.0458

Idotea chelipes	48.5	0.5	4.5	0.0808	0.3308
IdoteaJuvSp	3	1.8	1.8	0.0283	0.0283
Jaera albifrons	24.2	0.4	4.5	0.03	0.1075
Laomedea flexuosa	6.1	0.4	1.5	0.0008	0.0008
Laonome xeprovala	3	1.3	1.3	0.0317	0.0317
Lepidoptera	15.2	0.4	1.6	0.0037	0.0067
Leptocheirus pilosus	60.6	0.4	8.8	0.0887	0.2508
Limapontia capitata	45.5	0.6	4.5	0.0159	0.0775
Macoma balthica	24.2	0.4	13.3	0.2934	0.8917
Manayunkia aestuarina	21.2	1.8	10.9	0.0113	0.0532
Marenzelleria neglecta	18.2	1.1	13.3	0.0813	0.285
Monoporeia affinis	3	0.5	0.5	0.0083	0.0083
Mya arenaria	48.5	0.5	13.3	0.1585	0.75
Mytilus trossulus	3	6.3	6.3	0.0008	0.0008
Nematoda	15.2	1.3	10.2	0.0127	0.0418
Neomysis integer	6.1	3.1	8.8	0.0008	0.0008
Odonata	6.1	0.5	0.5	0.0013	0.0017
Oligochaeta	57.6	0.5	13.3	0.0709	0.2432
Palaemon elegans	30.3	0.9	4.5	0.1548	0.8433
Peringia ulvae	27.3	0.6	12.1	0.1914	0.7575
Piscicola geometra	3	3.7	3.7	0.0008	0.0008
Polychaeta	9.1	0.9	8.8	0.0036	0.005
Potamopyrgus antipodarum	9.1	2.8	3.1	0.075	0.1292
Pygospio elegans	15.2	1.8	12.1	0.0231	0.0608
Rangia cuneata	36.4	0.4	12.1	0.3676	3.0742
Rhithropanopeus harrisii	45.5	0.9	4.5	0.0168	0.0492
Tenellia adspersa	3	1.5	1.5	0.0033	0.0033
Trichoptera	6.1	0.5	0.5	0.0829	0.14

* biomassi ei määrata

Joonisel 3.2.3 on näidatud kõigi taimeliikide esinemine ja joonisel 3.2.4 loomaliikide esinemine uuringualal üle kõigi katvus- ja biomassiproovide.

Uuringualal külastatud proovipunktidest kõige sügavamast veest pärinev taimestiku leid (*Battersia arctica*) tuvastati 8,9 m sügavuselt. Tuginedes varasematele teadmistele põhjataimestiku maksimaalsest sügavuslevikust Liivi lahes, hinnati potentsiaalseks maksimaalseks footiliseks sügavuseks 10 m.

Põhjataimestiku üldise ohtruse levik, väljendatuna üldkatvusena, järgis valdavalt uuringuala sügavusgradienti (joonis 3.2.5). Loodusdirektiivi liivamadalate (1110) taimestiku tunnusrühm veesisesed juurdunud taimed olid levinud eelkõige põhjapoolse polügooni rannalähedasel alal (joonis 3.2.6). Loodusdirektiivi karide elupaigatüübi (1170) taimestiku tunnusliigid/rühmad – põisadru (*Fucus vesiculosus*), agarik (*Furcellaria lumbricalis*) ja niitjad vetikad (joonised 3.2.7-3.2.9) – olid seotud kõva põhjasubstraadi levikuga footilises vööndis.

Loodusdirektiivi karide (1170) elupaigatüübi loomastiku tunnusrühmaks oleva epibentilise loomastiku (epibentilised karbid, tõruvähk) hulgas tuvastati katvusandmetes ainult tavaline

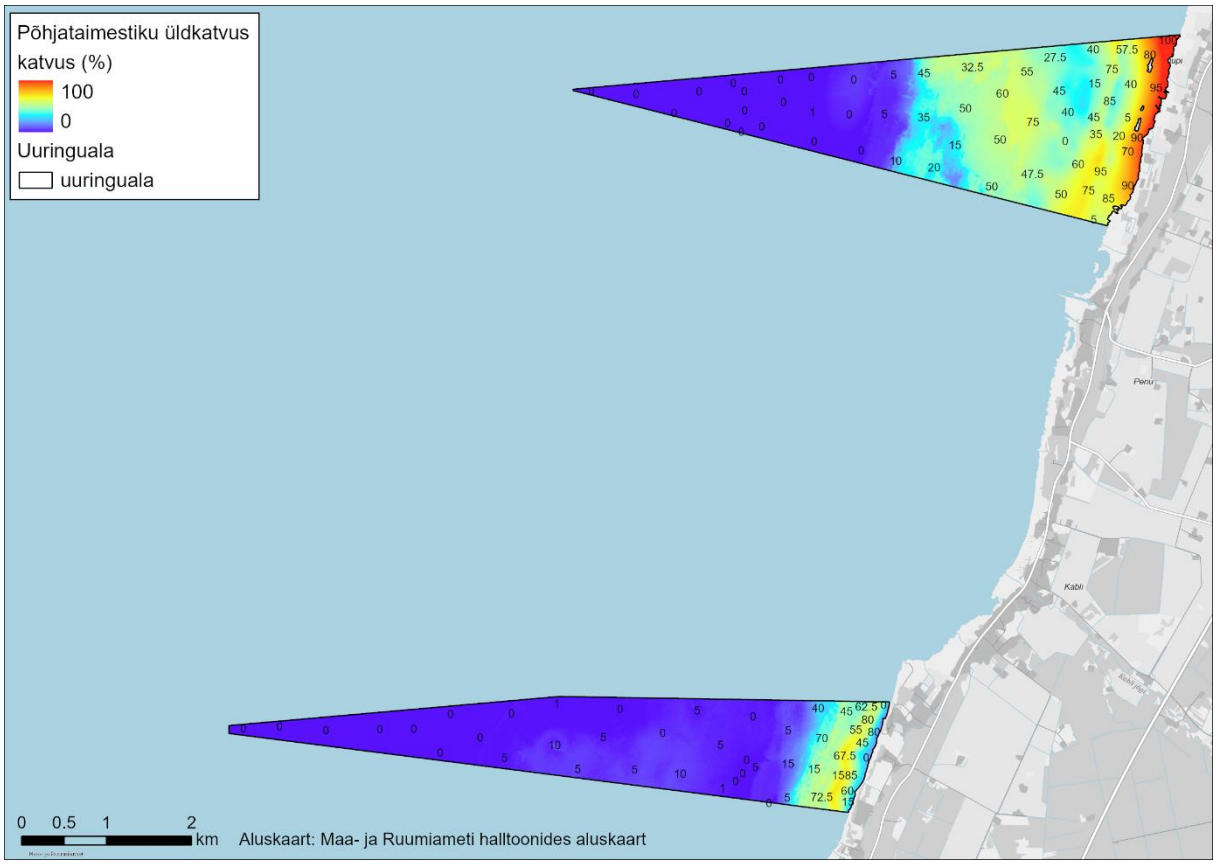
tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), mille levik uuringualal oli laiulatuslik (joonis 3.2.10. Loodusdirektiivi liivamadalate (1110) elupaigatüübi loomastiku tunnusrühma infauna karpide kõrgema biomassiga levikupiirkond asus põhjapoolse polügooni suurema veesügavusega piirkonnas (joonis 3.2.11).



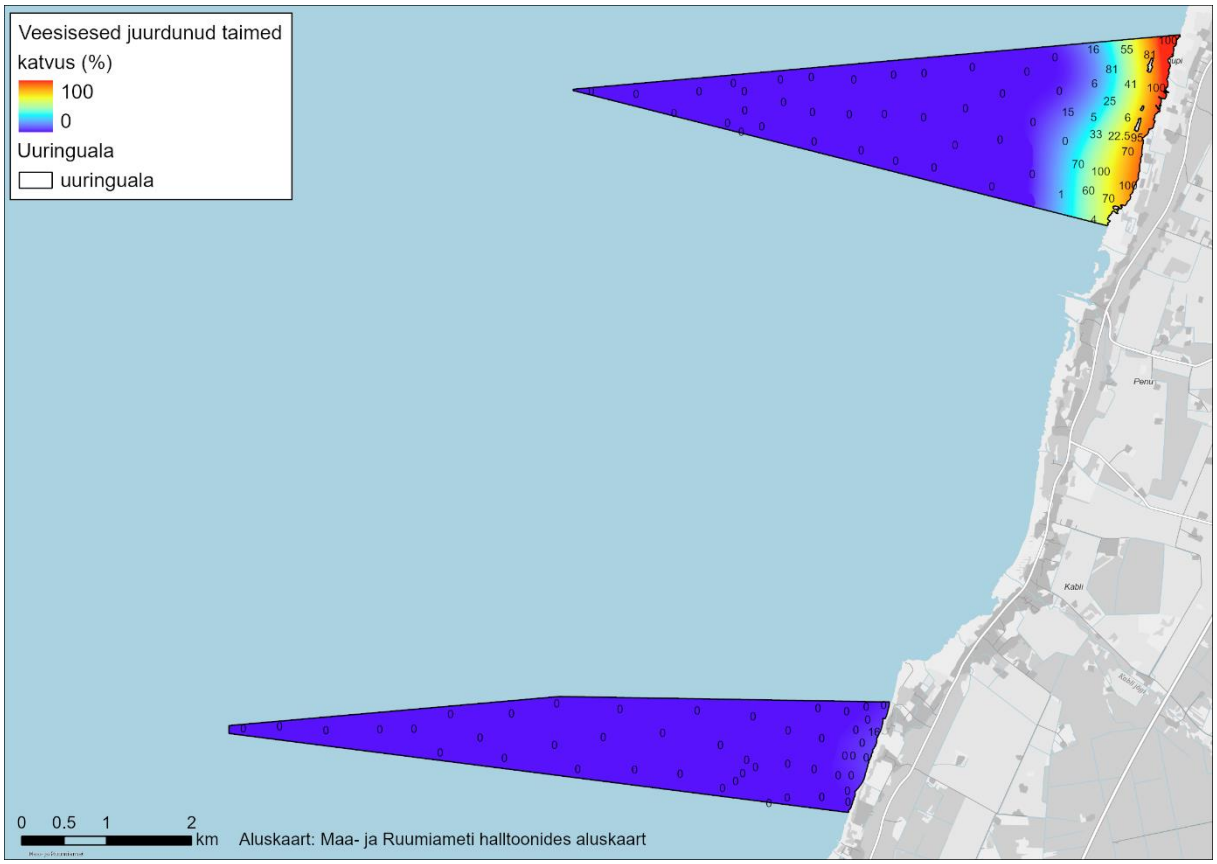
Joonis 3.2.3. Katvusproovides ja biomassiproovides tuvastatud põhjataimestiku taksonite esinemine proovipunktides.



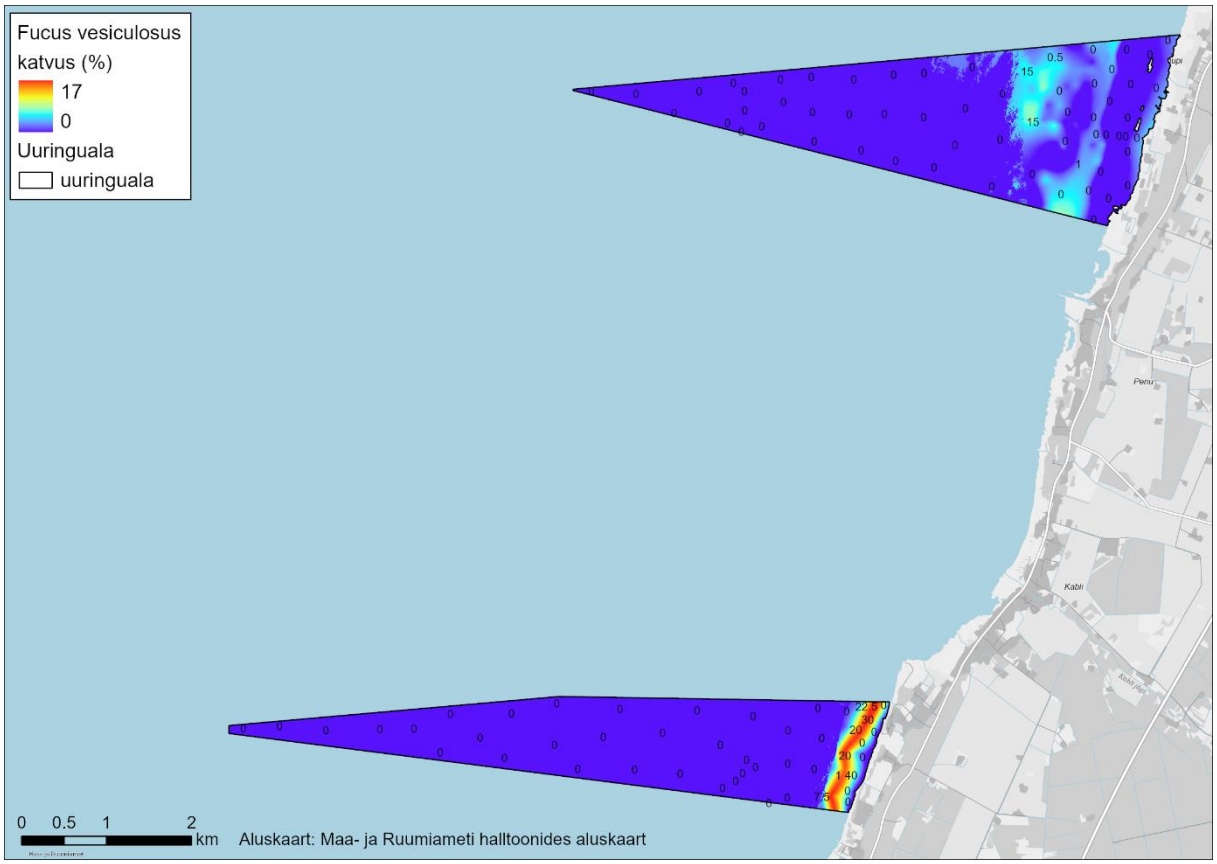
Joonis 3.2.4. Katvusproovides ja biomassiproovides tuvastatud põhjaloomastiku taksonite esinemine proovipunktides.



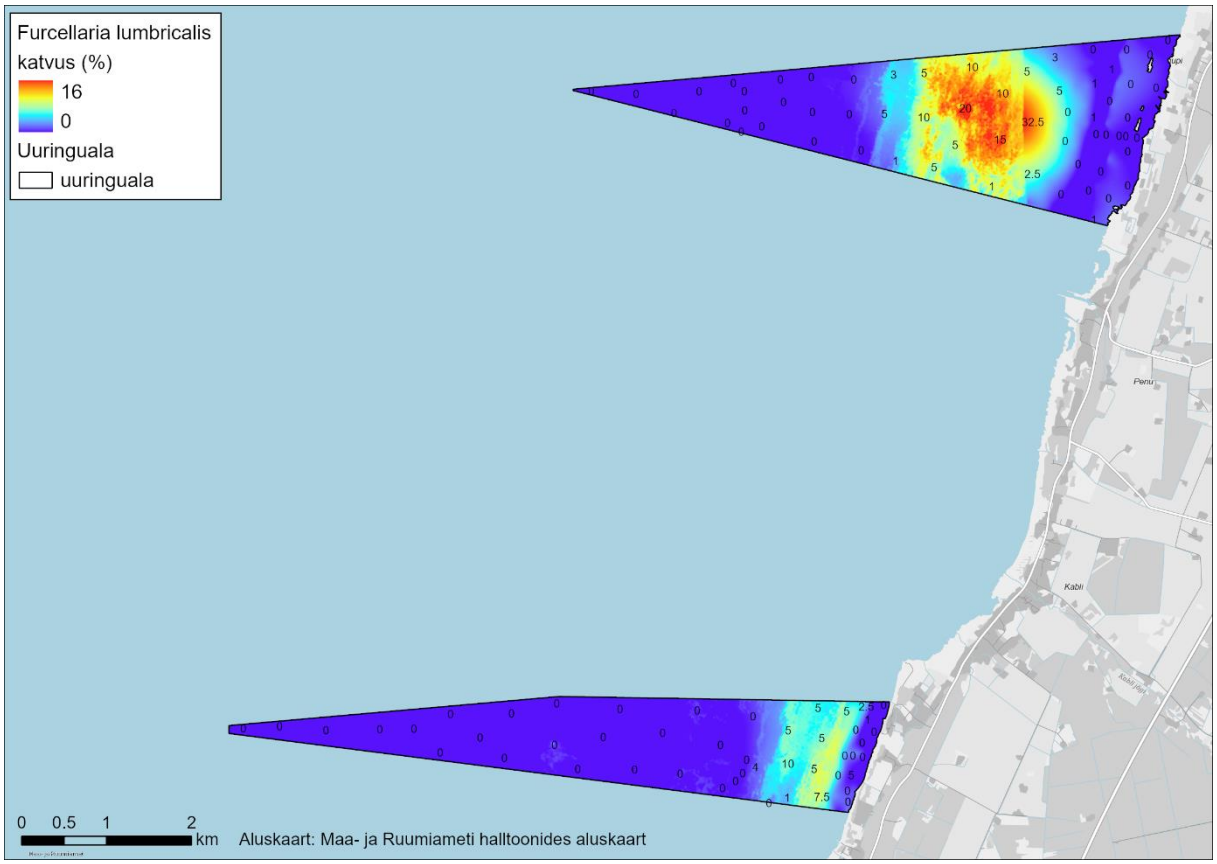
Joonis 3.2.5. Põhjataimestiku üldkatvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



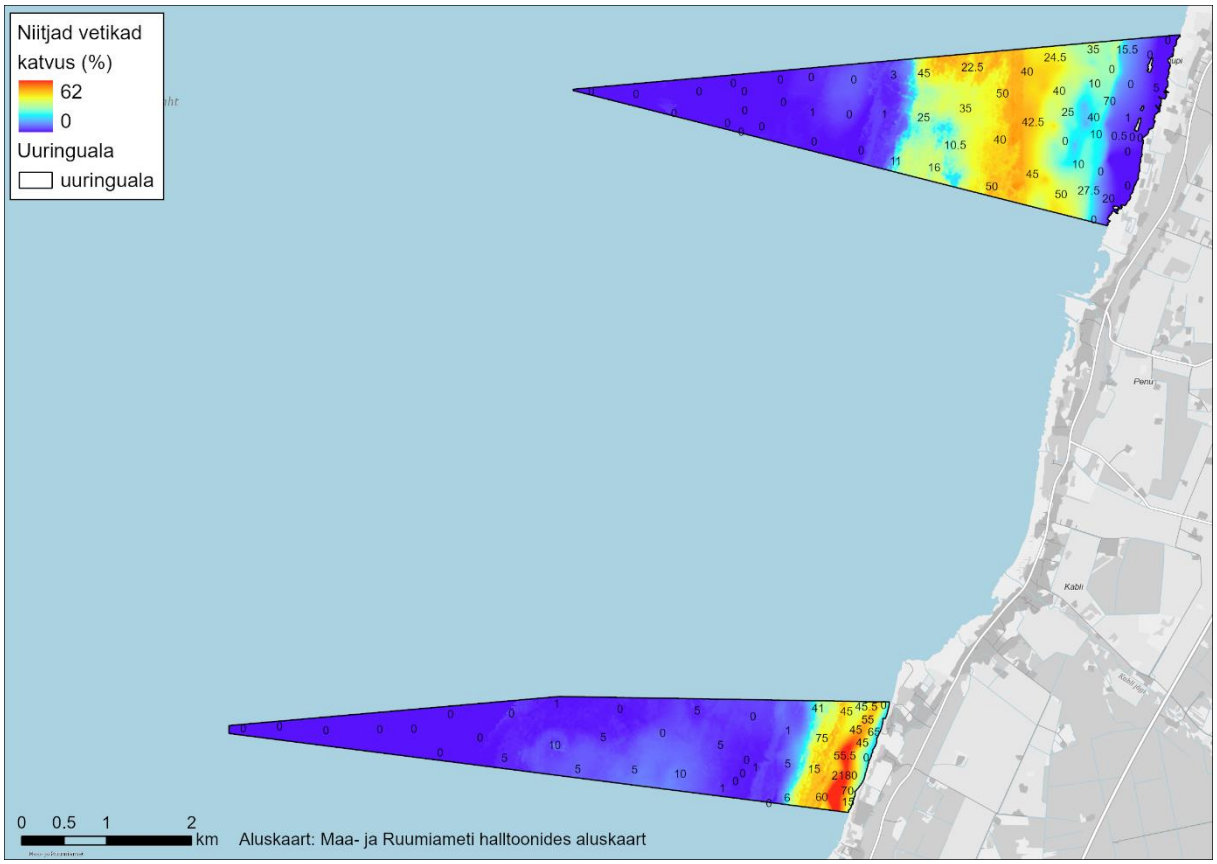
Joonis 3.2.6. Veesiseste juurdunud taimede katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



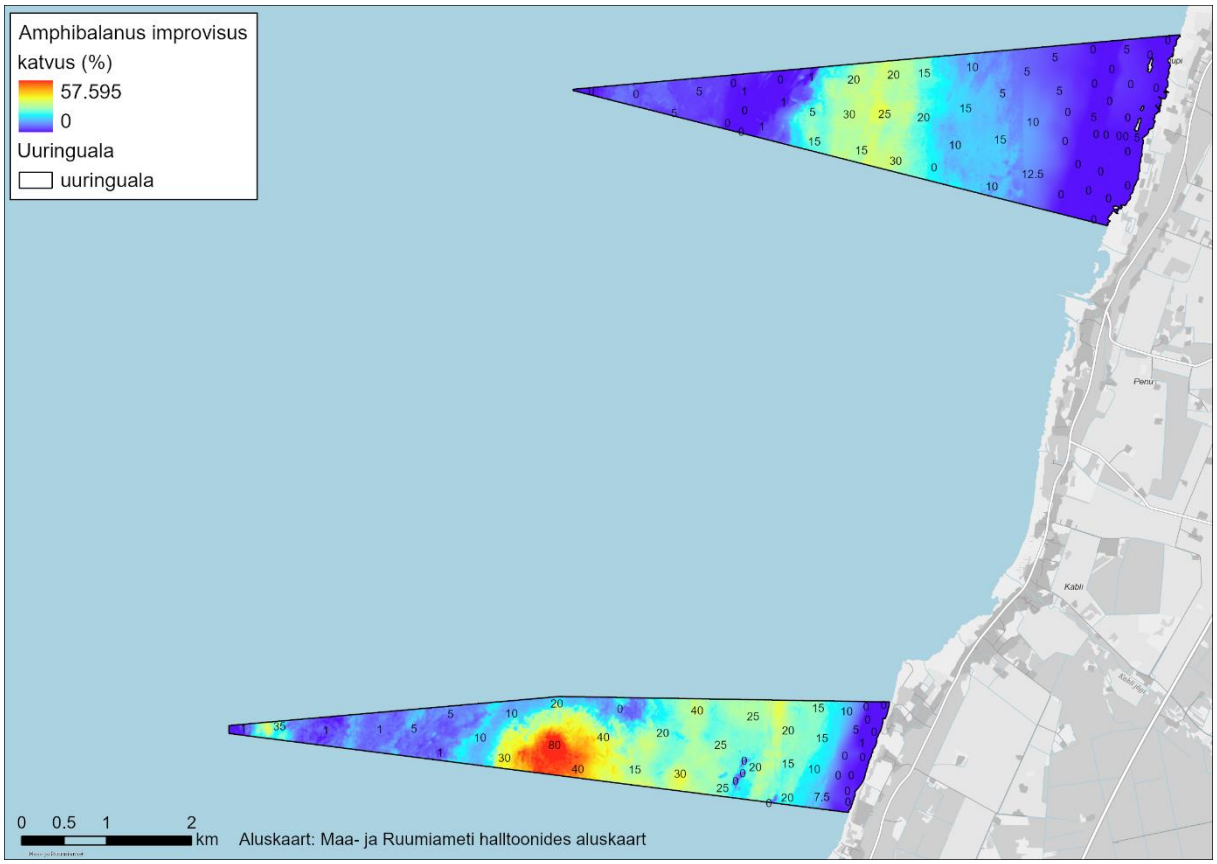
Joonis 3.2.7. Põisadru (*Fucus vesiculosus*) katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



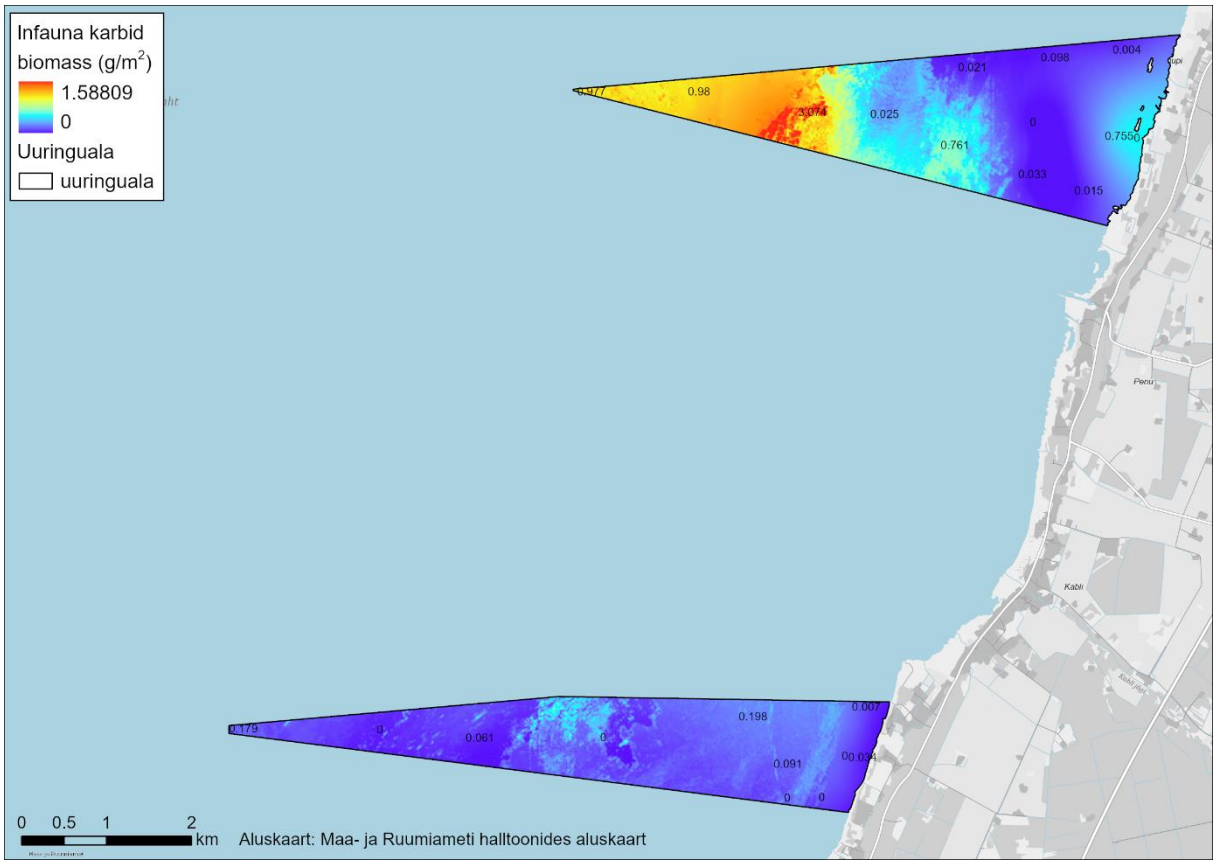
Joonis 3.2.8. Agariku (*Furcellaria lumbricalis*) katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



Joonis 3.2.9. Niitjate vetikate katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



Joonis 3.2.10. Tavalise tõruvähi (*Amphibalanus improvisus*) katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides; kõiki proovipunkte pole näidatud kattuvate siltide tõttu.



Joonis 3.2.11. Infauna karpide biomass uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Sildid näitavad väärtusi proovipunktides.

HELCOM punase raamatu (*Red List*) liigid

HELCOM punase raamatu (*Red List*) põhjaloomastiku ja põhjataimestiku ohustatud liikide nimekirja (kategooriad CR, NE, VU, NT; HELCOM 2025a) kuuluvaid liike uuringualal ei tuvastatud.

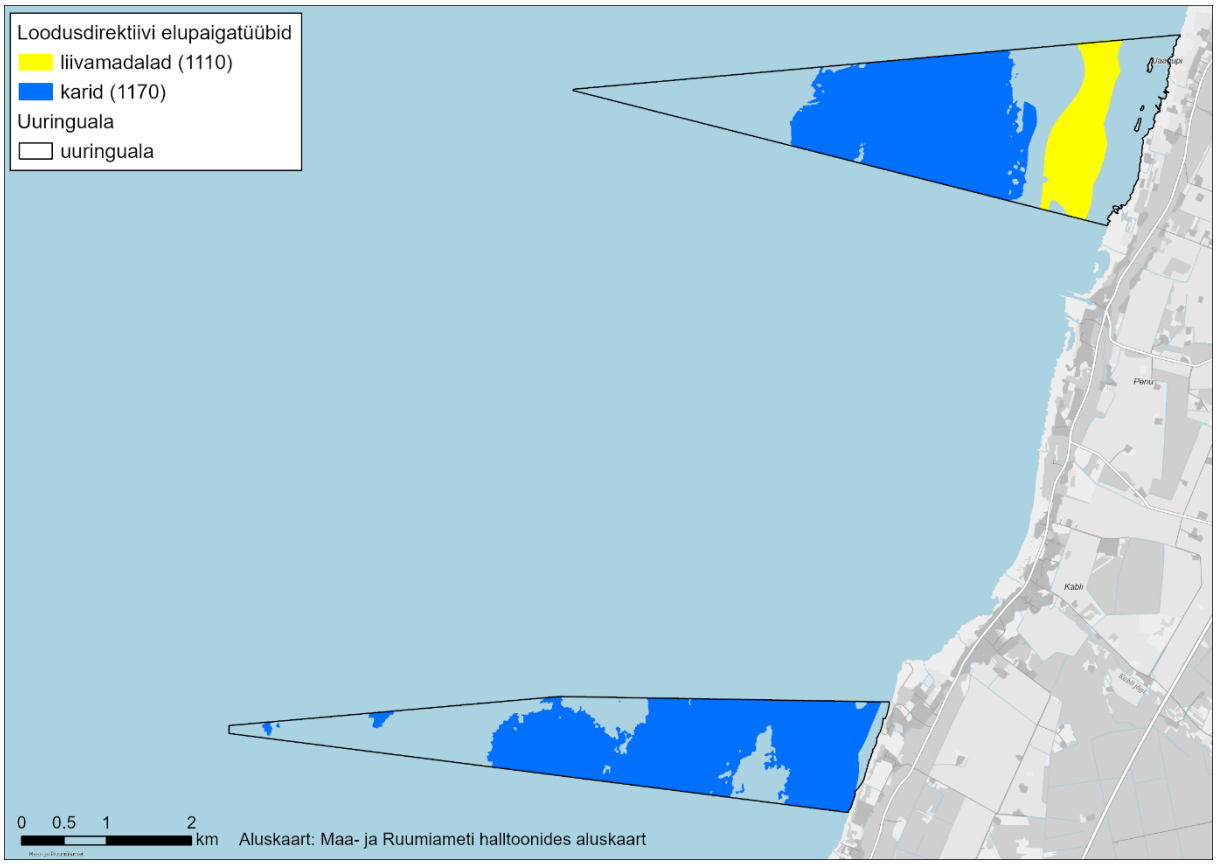
3.3. Põhjaelupaigad

3.3.1. Loodusdirektiivi elupaigatüübid

Uuringualal tuvastati loodusdirektiivi elupaigatüüpide mereveega üleujutatud liivamadalad (1110, „liivamadalad“) ja karid (1170) esinemine (joonis 3.3.1.1). Karidega oli kaetud ligikaudu pool uuringualast, liivamadalate pindalaline osakaal oli alla 10% (tabel 3.3.1.1). Karisid leidus nii põhja- kui lõunapoolsel polügoonil, liivamadalaid ainult põhjapoolsel.

Tabel 3.3.1.1. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide pindalad uuringualal.

kood	nimetus	pindala (km²)	osakaal uuringualast (%)
1110	liivamadalad	1.1	7.7
1170	karid	7.45	52.94



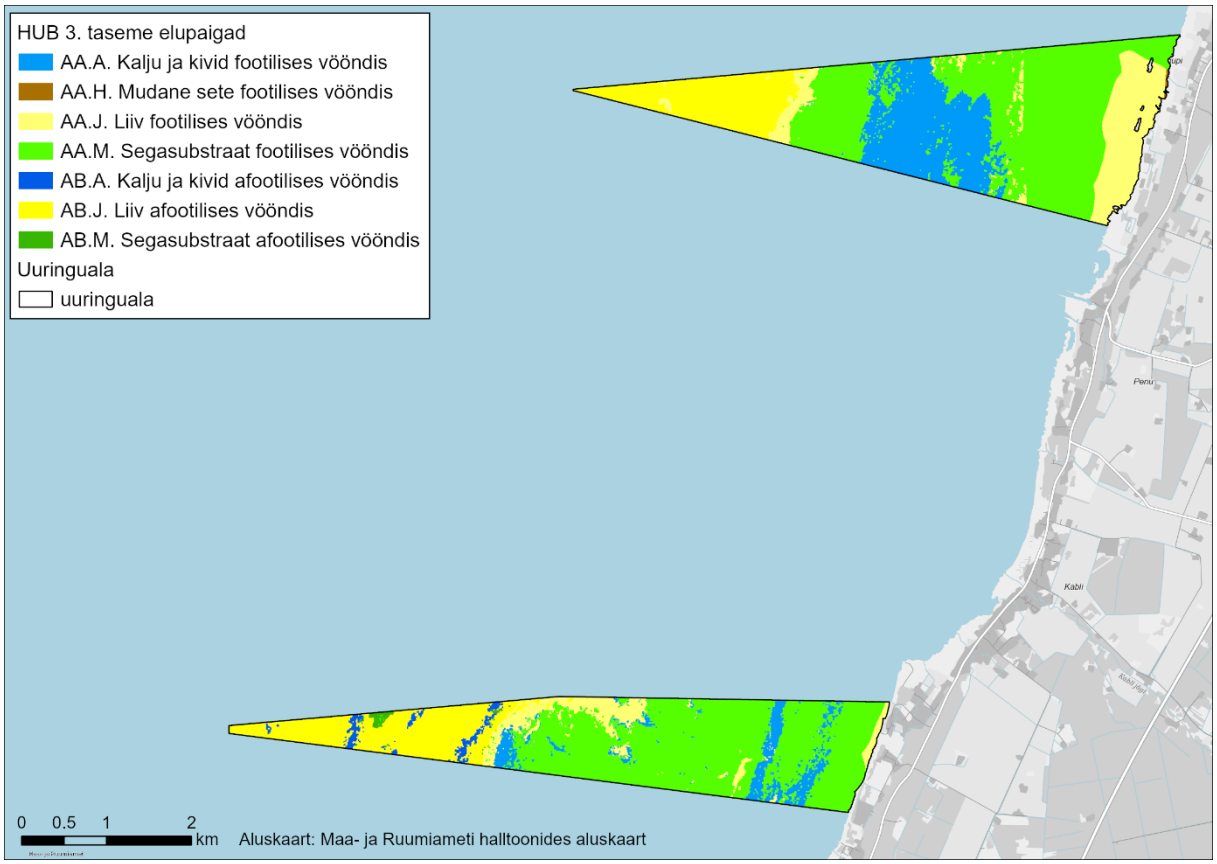
Joonis 3.3.1.1. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide levik uuringualal.

Lisas 1 on näidatud loodusdirektiivi elupaigatüüpide levik koos KMH uuringute raames kaardistatud tulemustega.

3.3.2. HELCOM HUB elupaigad

HELCOM HUB klassifikatsiooni järgi modelleeriti tasemete 3 kuni 5 levik uuringualal, proovipunkti tasandil määratleti ka tase 6. Tase 3 substraaditüüpide levik on esitatud peatükis 3.1. HUB 3. taseme elupaigad on toodud joonisel 3.3.2.1 ja nende pindalad tabelis 3.3.2.1. HUB 4. ja 5. tasemete puhul on näidatud joonistel nii elupaigaklass (joonised 3.3.2.3, 3.3.2.5) kui ka ainult vastavate tasemete elustikuklassid (joonised 3.3.2.2, 3.3.2.4). HUB 4. ja 5. taseme elupaikade pindalad on toodud tabelites 3.3.2.2 ja 3.3.2.3. HUB 6. taseme või kui klassifikatsioonisüsteem ei võimalda 6. taset määrata, siis 5. taseme elupaikade esinemine

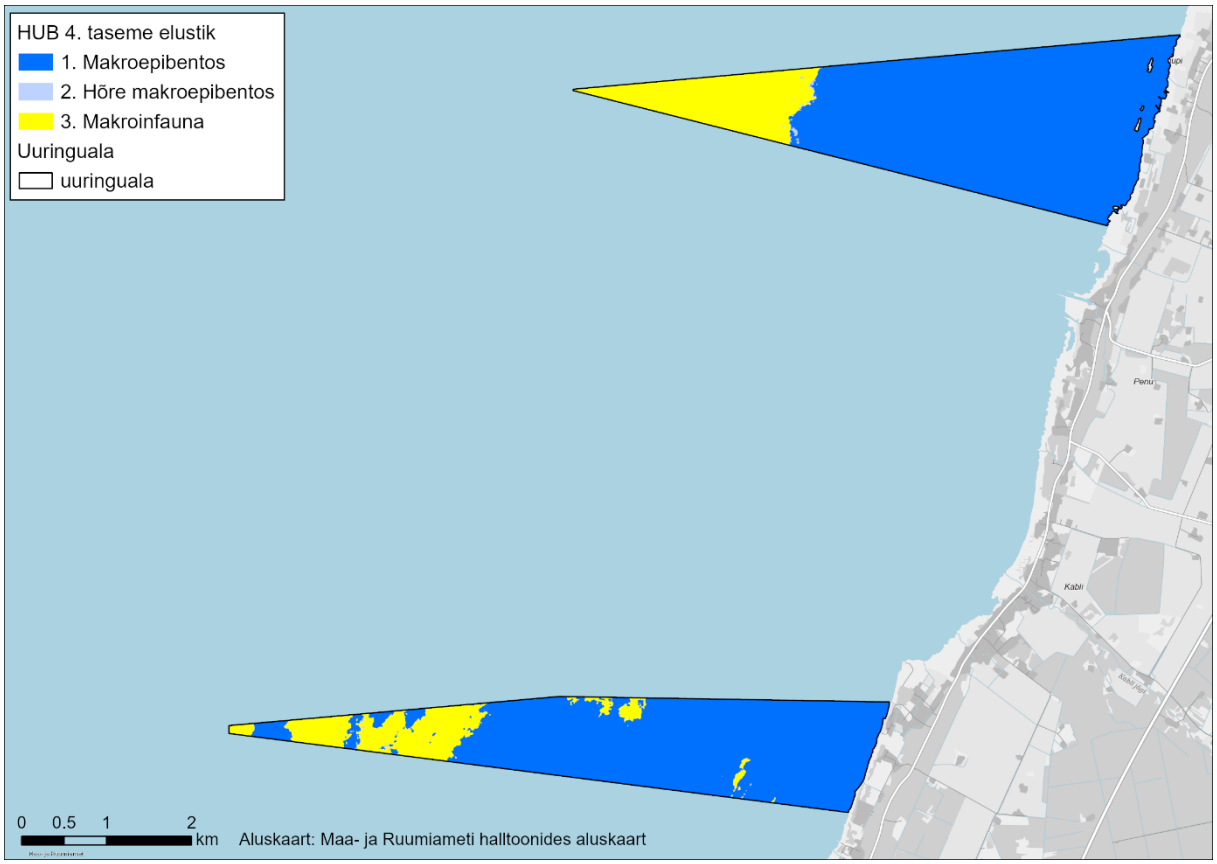
proovipunktides on toodud joonisel 3.3.2.6; tabelis 3.3.2.4 on toodud 5. või 6. taseme elupaikade proovipunktide arv.



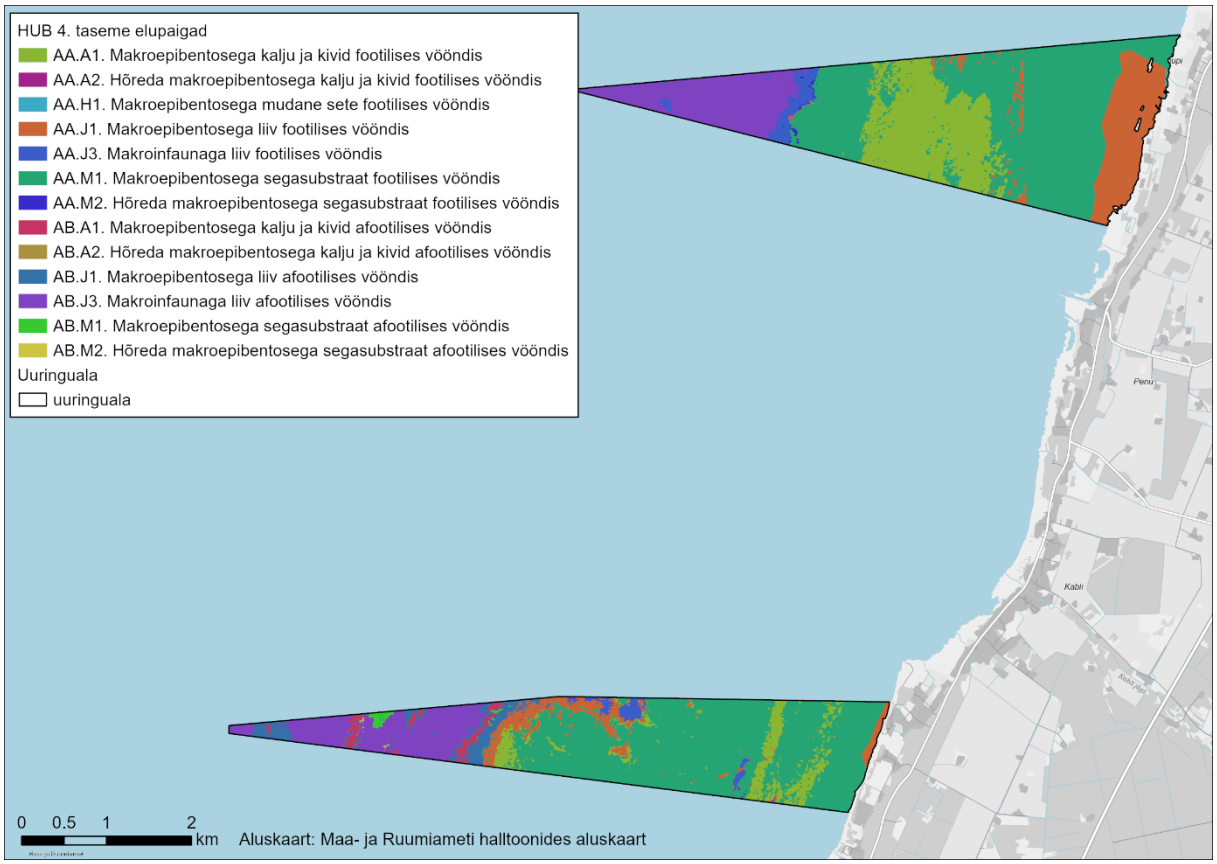
Joonis 3.3.2.1. HELCOM HUB 3. taseme elupaikade levik uuringualal.

Tabel 3.3.2.1. HELCOM HUB 3. taseme elupaikade pindalad uuringualal.

kood	nimetus	pindala (km²)	osakaal uuringualast (%)
AA.A	Kalju ja kivid footilises vööndis	2.188	15.543
AA.H	Mudane sete footilises vööndis	0.009	0.062
AA.J	Liiv footilises vööndis	1.790	12.715
AA.M	Segasubstraat footilises vööndis	7.615	54.096
AB.A	Kalju ja kivid afootilises vööndis	0.132	0.937
AB.J	Liiv afootilises vööndis	2.303	16.361
AB.M	Segasubstraat afootilises vööndis	0.040	0.286



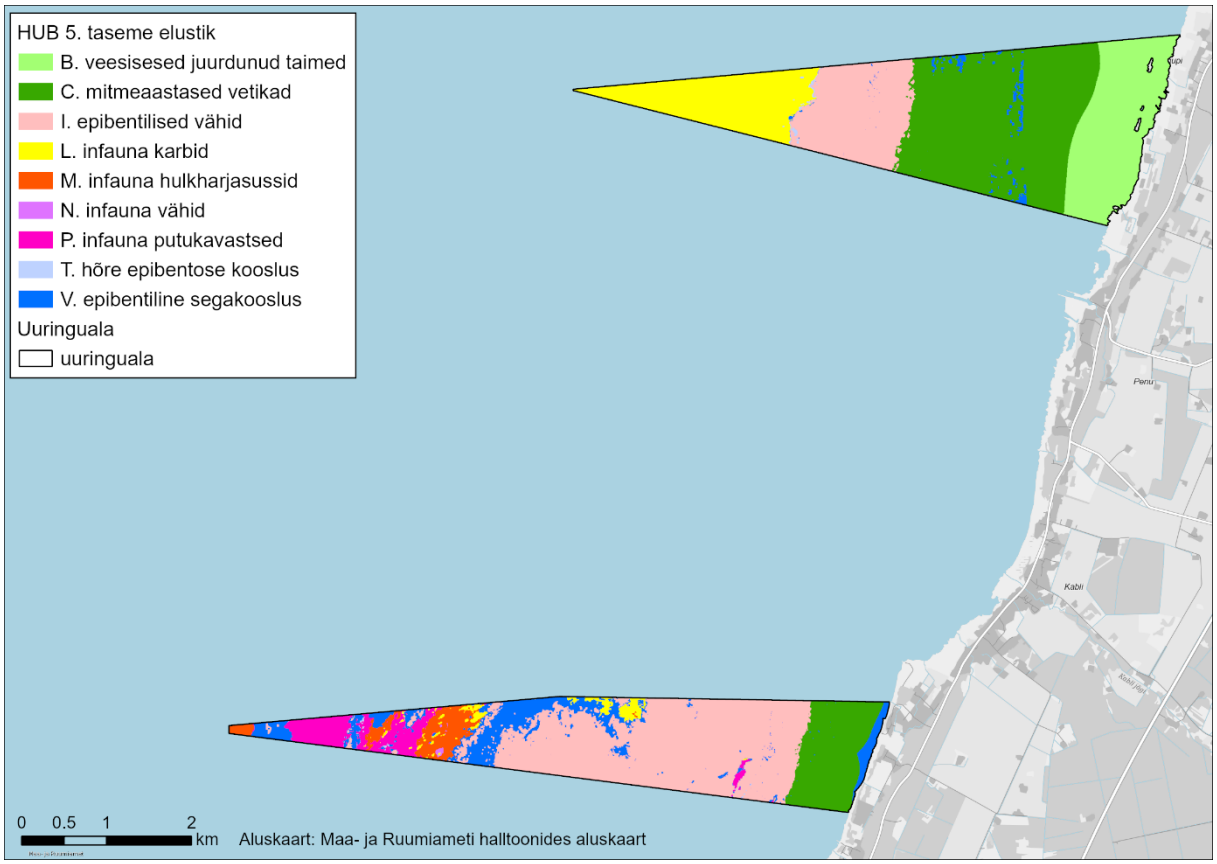
Joonis 3.3.2.2. HELCOM HUB 4. taseme elupaikade elustiku levik uuringualal.



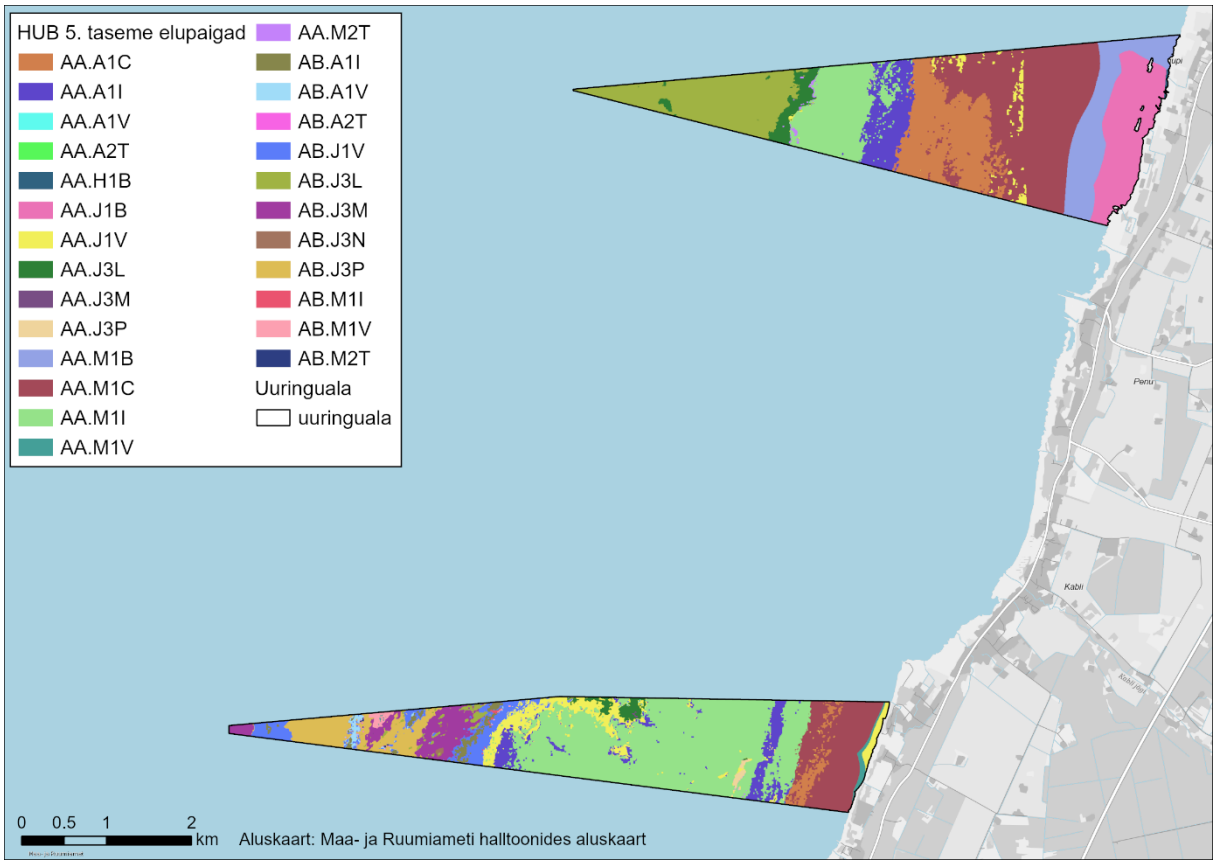
Joonis 3.3.2.3. HELCOM HUB 4. taseme elupaikade levik uuringualal.

Tabel 3.3.2.2. HELCOM HUB 4. taseme elupaikade pindalad uuringualal.

kood	Nimetus	pindala (km²)	osakaal uuringualast (%)
AA.A1	Makroepibentosega kalju ja kivid footilises vööndis	2.187	15.535
AA.A2	Hõreda makroepibentosega kalju ja kivid footilises vööndis	0.001	0.009
AA.H1	Makroepibentosega mudane sete footilises vööndis	0.009	0.062
AA.J1	Makroepibentosega liiv footilises vööndis	1.486	10.553
AA.J3	Makroinfaunaga liiv footilises vööndis	0.304	2.162
AA.M1	Makroepibentosega segasubstraat footilises vööndis	7.596	53.959
AA.M2	Hõreda makroepibentosega segasubstraat footilises vööndis	0.019	0.137
AB.A1	Makroepibentosega kalju ja kivid afootilises vööndis	0.128	0.909
AB.A2	Hõreda makroepibentosega kalju ja kivid afootilises vööndis	0.004	0.028
AB.J1	Makroepibentosega liiv afootilises vööndis	0.318	2.261
AB.J3	Makroinfaunaga liiv afootilises vööndis	1.985	14.100
AB.M1	Makroepibentosega segasubstraat afootilises vööndis	0.038	0.269
AB.M2	Hõreda makroepibentosega segasubstraat afootilises vööndis	0.003	0.018



Joonis 3.3.2.4. HELCOM HUB 5. taseme elupaikade elustiku levik uuringualal.

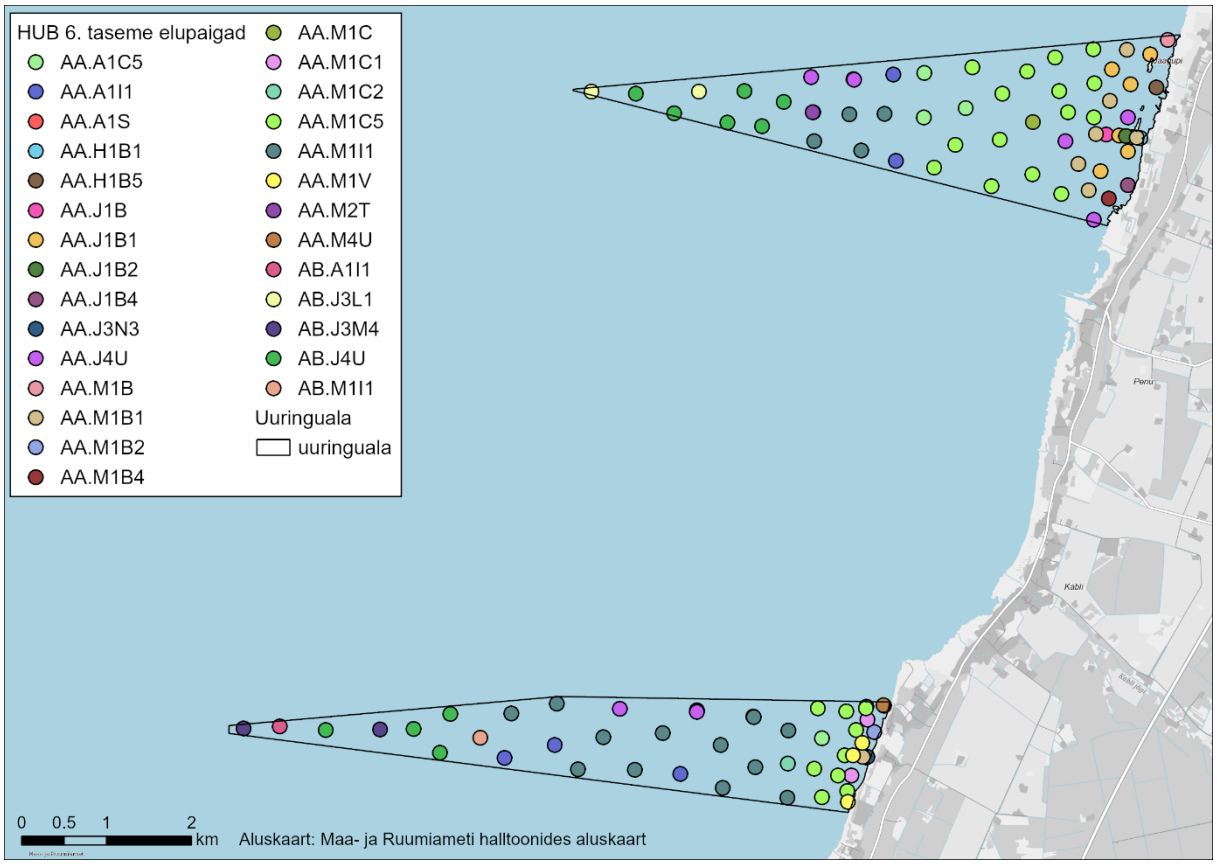


Joonis 3.3.2.5. HELCOM HUB 5. taseme elupaikade levik uuringualal.

Tabel 3.3.2.3. HELCOM HUB 5. taseme elupaikade pindalad uuringualal.

kood	**Nimetus**	**pindala (km²)**	**osakaal uuringualast (%)**
AA.A1C	Mitmeaastaste vetikatega kalju ja kivid footilises vööndis	1.315	9.341
AA.A1I	Epibentiliste vähilistega kalju ja kivid footilises vööndis	0.871	6.185
AA.A1V	Epibentilise segakooslusega kalju ja kivid footilises vööndis	0.001	0.008
AA.A2T	Hõreda epibentosega kalju ja kivid footilises vööndis	0.001	0.009
AA.H1B	Veesiseste juurdunud taimedega mudane sete footilises vööndis	0.009	0.062
AA.J1B	Veesiseste juurdunud taimedega liiv footilises vööndis	0.944	6.704
AA.J1V	Epibentilise segakooslusega liiv footilises vööndis	0.542	3.849
AA.J3L	Infauna karpidega liiv footilises vööndis	0.280	1.986
AA.J3M	Infauna hulkharjasussidega liiv footilises vööndis	0.002	0.012
AA.J3P	Infauna putukavastsetega liiv footilises vööndis	0.023	0.165
AA.M1B	Veesiseste juurdunud taimedega segasubstraat footilises vööndis	0.794	5.643
AA.M1C	Mitmeaastaste vetikatega segasubstraat footilises vööndis	3.039	21.591
AA.M1I	Epibentiliste vähilistega segasubstraat footilises vööndis	3.713	26.378
AA.M1V	Epibentilise segakooslusega segasubstraat footilises vööndis	0.049	0.347
AA.M2T	Hõreda epibentosega segasubstraat footilises vööndis	0.019	0.137
AB.A1I	Epibentiliste vähilistega kalju ja kivid afootilises vööndis	0.093	0.657

AB.A1V	Epibentilise segakooslusega kalju ja kivid afootilises vööndis	0.035	0.252
AB.A2T	Hõreda epibentosega kalju ja kivid afootilises vööndis	0.004	0.028
AB.J1V	Epibentilise segakooslusega liiv afootilises vööndis	0.318	2.261
AB.J3L	Infauna karpidega liiv afootilises vööndis	1.150	8.173
AB.J3M	Infauna hulkharjasussidega liiv afootilises vööndis	0.365	2.594
AB.J3N	Infauna vähilistega liiv afootilises vööndis	0.008	0.057
AB.J3P	Infauna putukavastsetega liiv afootilises vööndis	0.461	3.276
AB.M1I	Epibentiliste vähilistega segasubstraat afootilises vööndis	0.006	0.040
AB.M1V	Epibentilise segakooslusega segasubstraat afootilises vööndis	0.032	0.228
AB.M2T	Hõreda epibentosega segasubstraat afootilises vööndis	0.003	0.018



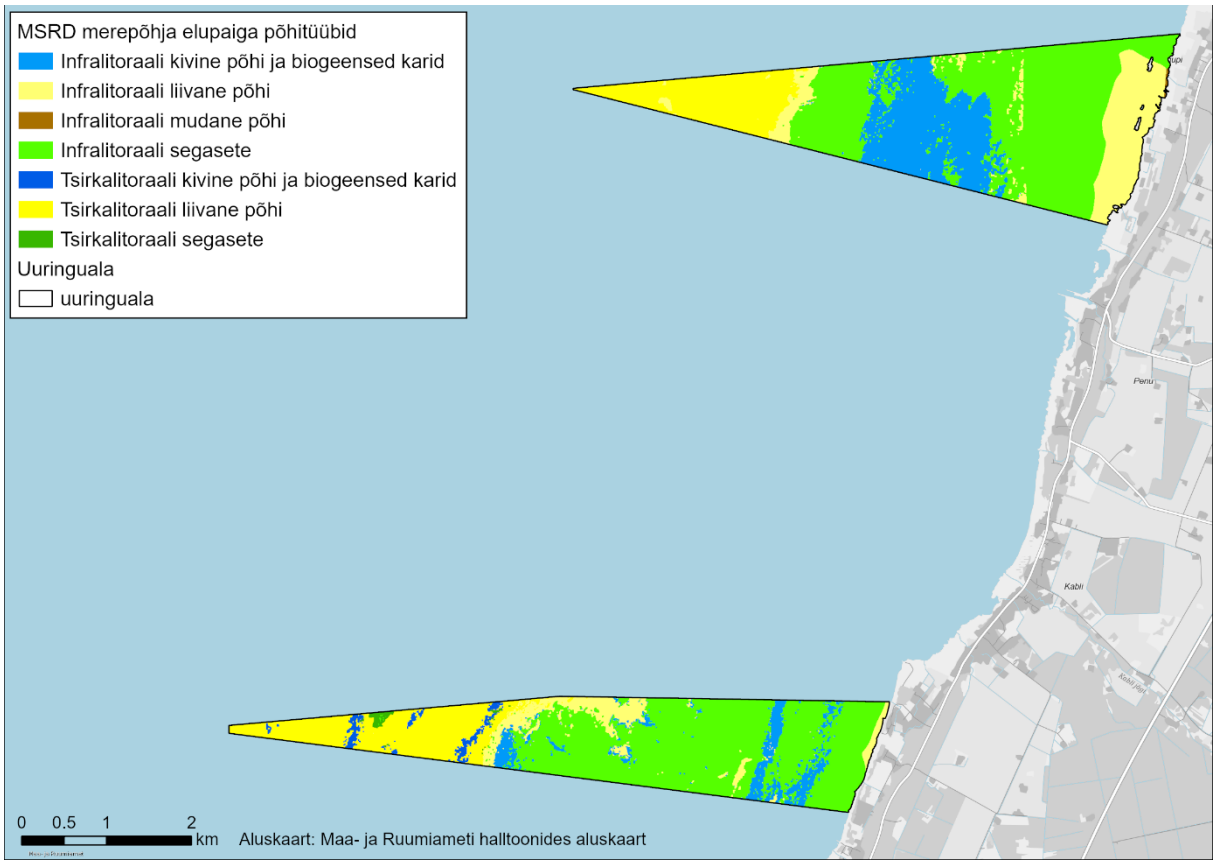
Joonis 3.3.2.6. HELCOM HUB 6. taseme elupaikade levik uuringualal proovipunktides. 6. taseme puudumise korral on toodud 5. tase. Elupaikade koodidele vastavad nimetused on toodud tabelis 3.3.2.4.

Tabel 3.3.2.4. HELCOM HUB 6. taseme elupaikade proovipunktide arv uuringualal. 6. taseme puudumise korral on toodud 5. tase.

kood	HUB tase	nimetus	proovi-punktide arv
AA.A1C5	6	Mitmeaastaste niitjate vetikate domineerimisega kalju ja kivid footilises vööndis	4
AA.A1I1	6	Tõruvähklaste (*Balanidae*) domineerimisega kalju ja kivid footilises vööndis	7
AA.A1S	5	Üheaastaste vetikatega kalju ja kivid footilises vööndis	1
AA.H1B1	6	*Potamogeton perfoliatus* ja/või *Stuckenia pactinata* domineerimisega mudane sete footilises vööndis	1
AA.H1B5	6	*Najas marina* domineerimisega mudane sete footilises vööndis	1
AA.J1B	5	Veesiseste juurdunud taimedega liiv footilises vööndis	1
AA.J1B1	6	*Potamogeton perfoliatus* ja/või *Stuckenia pactinata* domineerimisega liiv footilises vööndis	7
AA.J1B2	6	*Zannichellia spp*. ja/või *Ruppia spp*. ja/või *Zostera noltii* domineerimisega liiv footilises vööndis	1
AA.J1B4	6	Mändvetikate (*Charales*) domineerimisega liiv footilises vööndis	1
AA.J3N3	6	*Bathyporeia pilosa* domineerimisega liiv footilises vööndis	2
AA.J4U	5	Ilma makrobentoseta liiv footilises vööndis	8
AA.M1B	5	Veesiseste juurdunud taimedega segasubstraat footilises vööndis	1
AA.M1B1	6	*Potamogeton perfoliatus* ja/või *Stuckenia pactinata* domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	7
AA.M1B2	6	*Zannichellia spp*. ja/või *Ruppia spp*. ja/või *Zostera noltii* domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	1
AA.M1B4	6	Mändvetikate (*Charales*) domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	1
AA.M1C	5	Mitmeaastaste vetikatega segasubstraat footilises vööndis	1
AA.M1C1	6	*Fucus spp*. domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	2
AA.M1C2	6	Mitmeaastaste mitteniitjate punavetikate domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	1
AA.M1C5	6	Mitmeaastaste niitjate vetikate domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	25
AA.M1I1	6	Tõruvähklaste (*Balanidae*) domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	18
AA.M1V	5	Epibentilise segakooslusega segasubstraat footilises vööndis	3
AA.M2T	5	Hõreda epibentosega segasubstraat footilises vööndis	1
AA.M4U	5	Ilma makrobentoseta segasubstraat footilises vööndis	1
AB.A1I1	6	Tõruvähklaste (*Balanidae*) domineerimisega kalju ja kivid afootilises vööndis	1
AB.J3L1	6	*Macoma balthica* domineerimisega liiv afootilises vööndis	2
AB.J3M4	6	Mitme hulkharjasussi liigi (*Pygospio elegans, Marenzelleria spp., Hediste diversicolor*) domineerimisega liiv afootilises vööndis	2
AB.J4U	5	Ilma makrobentoseta liiv afootilises vööndis	10
AB.M1I1	6	Tõruvähklaste (*Balanidae*) domineerimisega segasubstraat afootilises vööndis	1

3.3.3. MSRD merepõhja elupaiga põhitüübid

MSRD merepõhja elupaiga põhitüüpide levik on toodud joonisel 3.3.3.1 ja vastavad pindalad uuringualal tabelis 3.3.3.1.



Joonis 3.3.3.1. MSRD merepõhja elupaiga põhitüüpide levik uuringualal.

Tabel 3.3.3.1. MSRD merepõhja elupaiga põhitüüpide pindalad uuringualal.

nimetus	**pindala (km²)**	**osakaal uuringualast (%)**
Infralitoraali kivine põhi ja biogeensed karid	7.32	15.57
Infralitoraali mudane põhi	3.71	7.88
Infralitoraali jämedateraline sete	0.09	0.19
Infralitoraali liivane põhi	4.62	9.84
Infralitoraali segasete	11.24	23.91
Tsirkalitoraali kivine põhi ja biogeensed karid	0.96	2.03
Tsirkalitoraali mudane põhi	4.30	9.16
Tsirkalitoraali liivane põhi	7.79	16.56
Tsirkalitoraali segasete	6.99	14.87

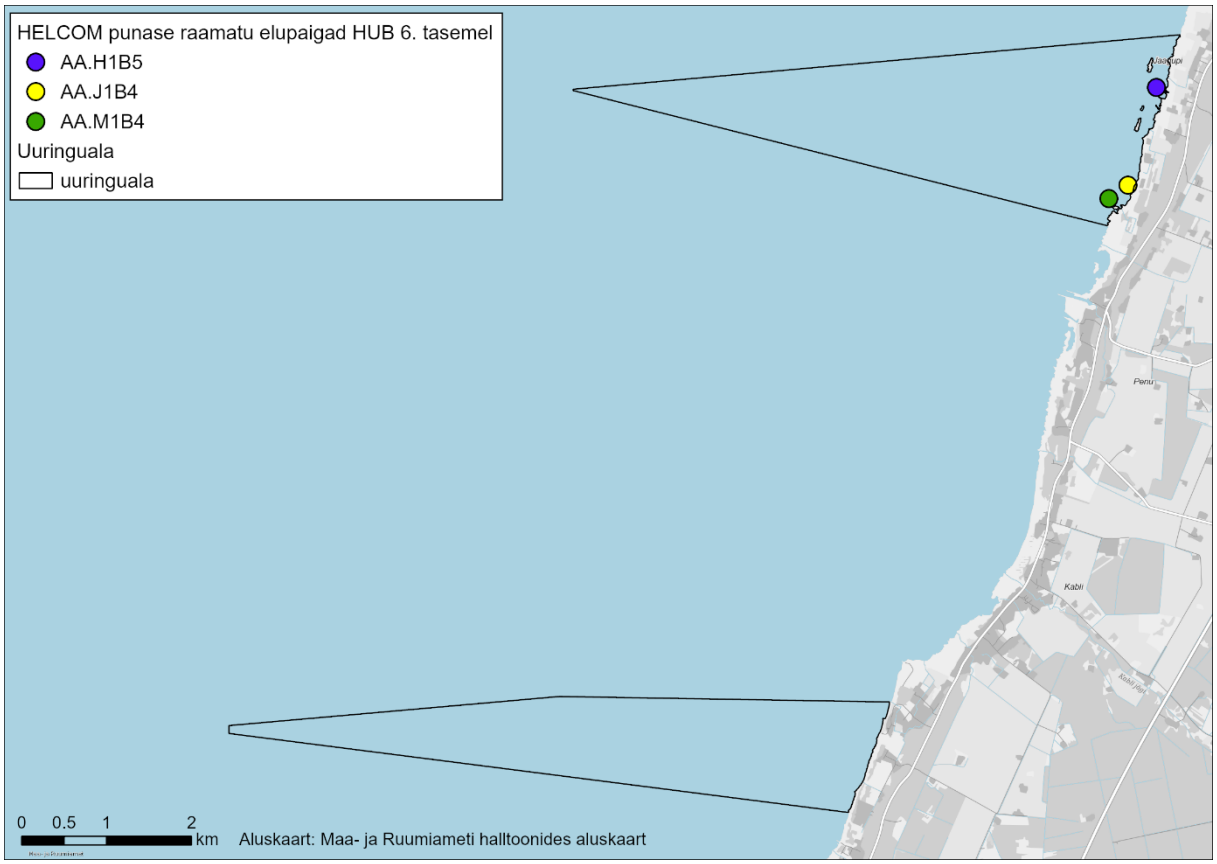
3.3.4. HELCOM punase raamatu elupaigad

Biotoobikompleksidena oli HELCOM-i 2013. a. punasesse raamatusse (HELCOM 2013b) kantud kõik Läänemeres esinevad loodusdirektiivi (92/43/EMÜ) elupaigatüübid. 2025. a. HELCOM punases raamatus (HELCOM 2025b) on võrreldes 2013. a. versiooniga Eestis esinevatest loodusdirektiivi elupaigatüüpidest hindamata jäetud (NE, *not evaluated*) liivamadalad (1110) ja karid (1170). 2025. a. hindamata jäetud elupaikade puhul tuleks lähtuda varasemast 2013. a. hinnangust. Uuringualal tuvastati loodusdirektiivi liivamadalate (1110) ja karide (1170) elupaigatüüpide esinemine (vt peatükk 3.3.1).

Täiendavalt hinnati HUB 6. tasemel defineeritud HELCOM-i punase raamatu elupaikade olemasolu proovipunktide andmete põhjal. Võrreldes 2013. a. HELCOM elupaikade punase raamatu versiooniga (HELCOM 2013c) on 2025. a. hinnangutes (HELCOM 2025b) mitmed elupaigad jäänud hindamata (NE, *not evaluated*) või on puudulike andmetega (DD, *data deficient*) – sellisel juhul tuleks lähtuda varasemast 2013. a. hinnangust. Seetõttu lähtuti põhimõttest, et kui 2025. a. punases raamatus oli elupaik hindamata või puudulike andmetega (NE või DD), siis kasutati 2013. a. hinnangut. Arvestades toodud tingimustega, tuvastati uuringualal kolm HUB 6. taseme HELCOM-i punase raamatu elupaika (joonis 3.3.4.1, tabel 3.3.4.1). Tegemist oli mändvetikate (*Charales*) ja meri-näkirohu (*Najas marina*) domineerimisega elupaikadega, mis kõik olid kategoorias NT (*near threatened*, ohulähedased) ja asusid põhjapoolses polügoonis. Ohuhinnang pärines eelmisest (2013) HELCOM punasest raamatust, sest uues punases raamatus (2025) olid need elupaigad hindamata (NE) või puudulike andmetega (DD).

Tabel 3.3.4.1. Uuringualal tuvastatud HUB 6. taseme HELCOM-i punase raamatu elupaigad. Punase raamatu kategooriad: DD – puudulikud andmed (*data deficient*), NE – hindamata (*not evaluated*), NT – ohulähedased (*near threatened*).

kood	**nimetus**	**HELCOM punane raamat 2025**	**HELCOM punane raamat 2013**	**koond-hinnang**	**esinemise proovi-punktid**
AA.H1B5	*Najas marina* domineerimisega mudane sete footilises vööndis	DD	NT	NT	EGRE058
AA.J1B4	Mändvetikate (*Charales*) domineerimisega liiv footilises vööndis	DD	NT	NT	EGRE049
AA.M1B4	Mändvetikate (*Charales*) domineerimisega segasubstraat footilises vööndis	NE	NT	NT	EGRE044



Joonis 3.3.4.1. HELCOM punase raamatu elupaigad HUB 6. tasemel. Elupaikade koodidele vastavad nimetused on toodud tabelis 3.3.4.1.

Lisas 1 on näidatud HELCOM punase raamatu elupaigad HUB 6. tasemel koos KMH uuringute raames tuvastatud leidudega.

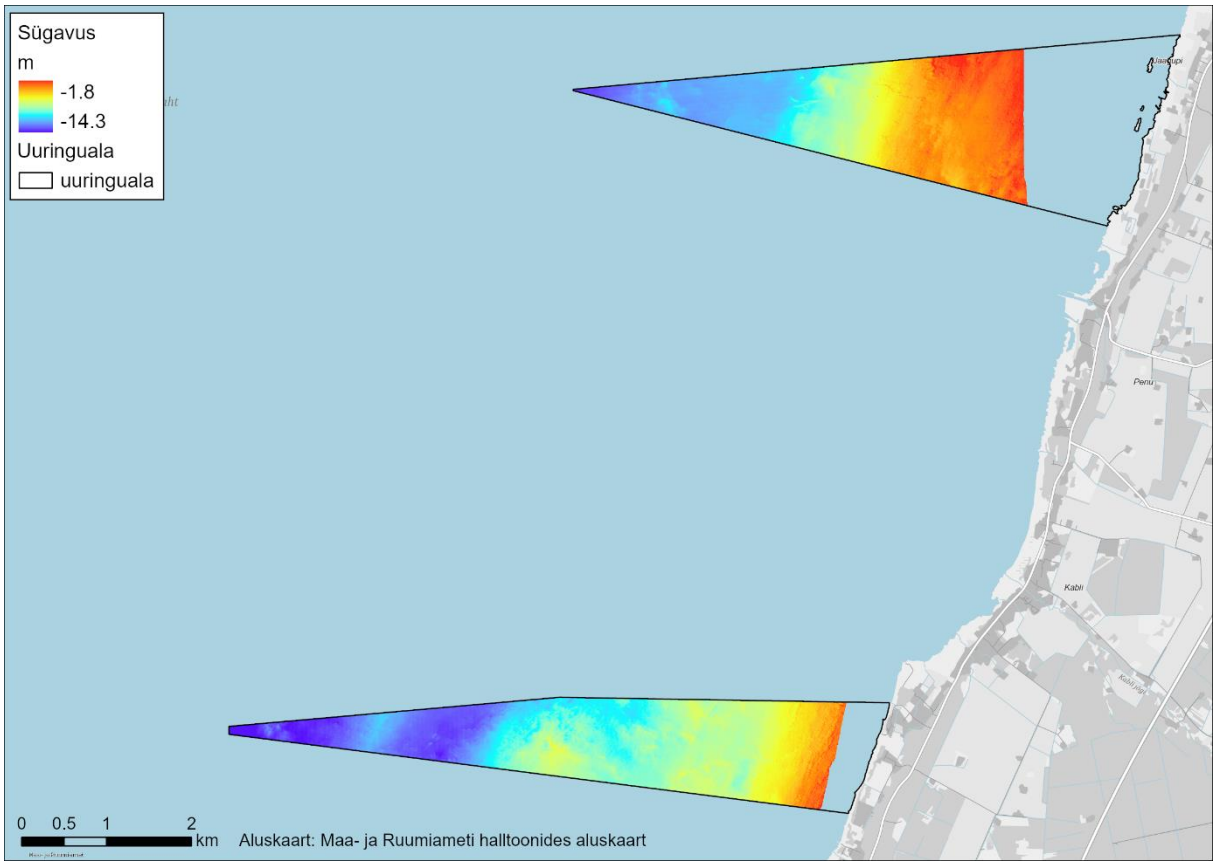
3.4. Sonariandmed

Sügavuse ja tagasihajumise rastermosaiigid on loodud piksli suurusega 0,5 m, mis vastab välitöödel kogutud andmete tegelikule horisontaalsele resolutsioonile. Mere batümeetria (sügavuse) andmed on esitatud meetrites Eesti geoidi EST-GEOID2017 mudelpinna suhtes. Sonariandmed on üle antud tellijale kahel erineval digitaalsel kujul:

- töödeldud andmed rastermosaiikidena geotiff formaadis: sügavus, tagasihajumine (200 kHz, 300 kHz, 400 kHz),
- sonarimõõtmiste toorandmed s7k failiformaadis.

3.4.1. Batümeetria

Joonisel 3.4.1.1 on näidatud mitmekiirelise sonariga kogutud batümeetria ehk sügavusandmed. Sügavusandmeid kasutati koos tagasihajumise andmetega sisendina merepõhja elustiku ja substraadi leviku modelleerimisel. Lisaks sellele teostati sügavusmudeli abil merepõhja morfoloogia hinnang (peatükk 3.5) ja võimalike inimtekkeliste kontaktide hinnang (peatükk 3.6).



Joonis 3.4.1.1. Sonariga kogutud sügavusandmete alusel valmistatud sügavusmudel.

3.4.2. Tagasihajumine

Joonistel 3.4.2.1, 3.4.2.2 ja 3.4.2.3 on näidatud helilaine tagasihajumise (*backscatter*) normaliseeritud intensiivsuse mosaiigid vastavalt 200 kHz, 300 kHz ja 400 kHz helisageduse juures. Tagasihajumise andmeid kasutati sisendina merepõhja elustiku ja substraadi leviku modelleerimisel.



Joonis 3.4.2.1. Sonariga kogutud helilaine tagasihajumise intensiivsus 200 kHz helisageduse korral.



Joonis 3.4.2.2. Sonariga kogutud helilaine tagasihajumise intensiivsus 300 kHz helisageduse korral.

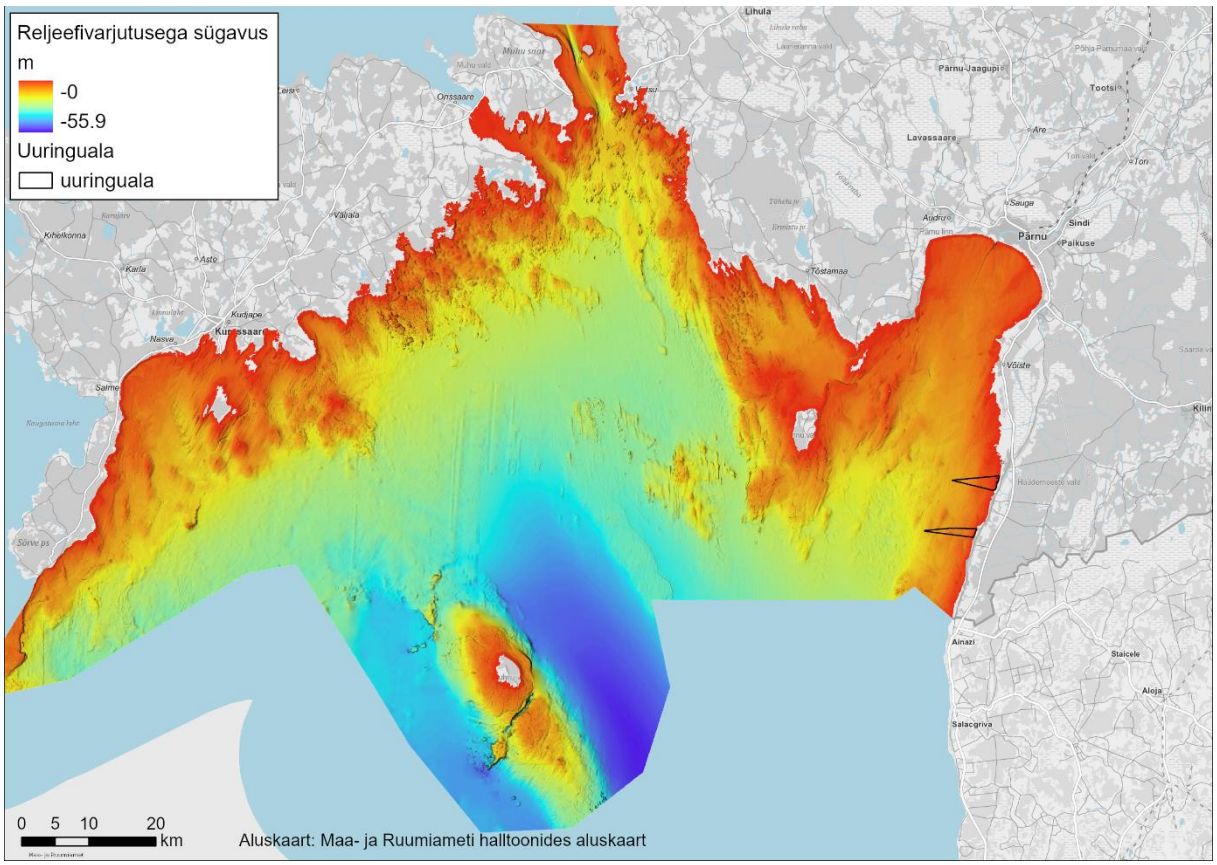


Joonis 3.4.2.3. Sonariga kogutud helilaine tagasihajumise intensiivsus 400 kHz helisageduse korral.

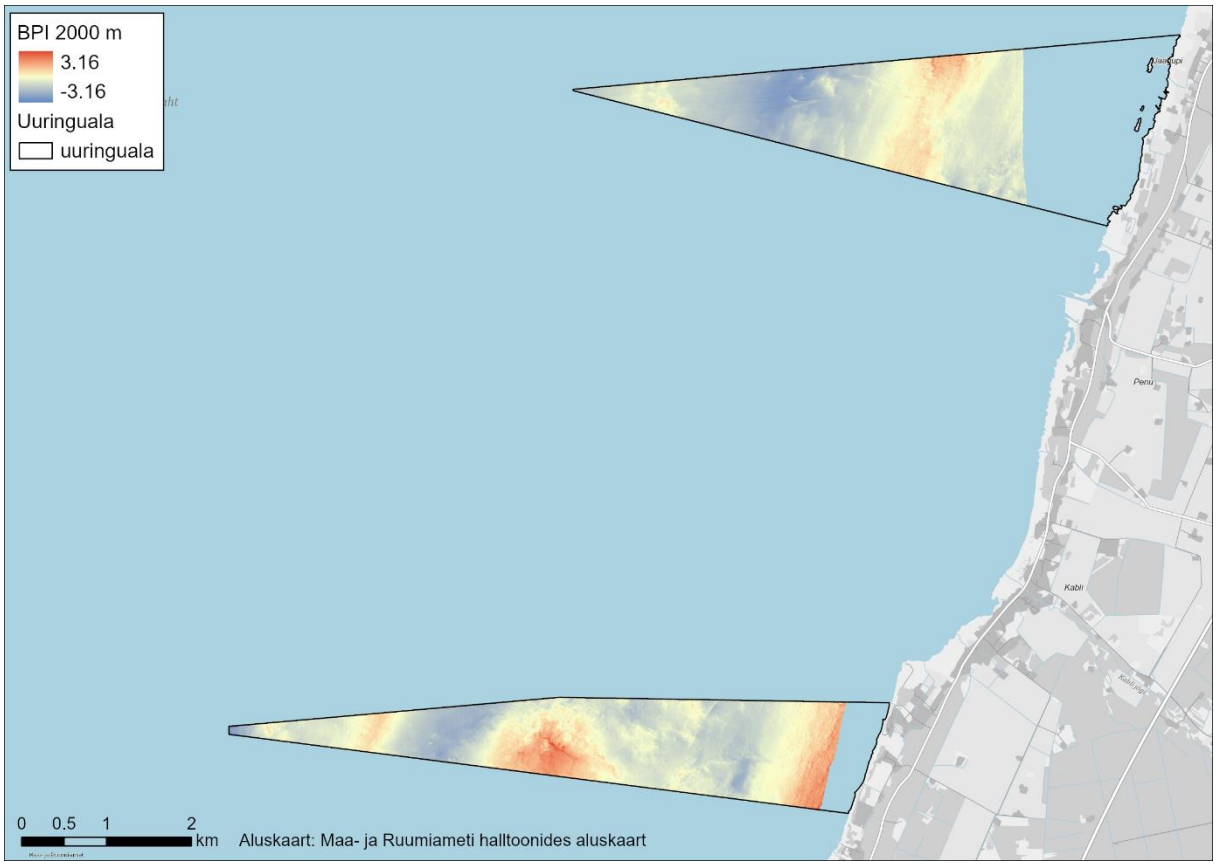
3.5. Merepõhja morfoloogia ja põhjasetted

Uuringuala asub Liivi lahe idaosa rannikunõlval, mida EMODNet klassifikatsioonis (Dove et al 2020) saab klassifitseerida nõlvana (*slope*) (joonis 3.5.1). Väiksemas skaalas on uuringuala piires võimalik eristada nii ümbritsevast kõrgemaid kui ka madalamaid alasid – joonisel 3.5.2 on näidatud batümeetriline positsiooni indeks (BPI; De Reu et al 2013) 2000 m skaalal. Täiendavat informatsiooni uuringuala merepõhja morfoloogia kohta andis sügavuse varjutatud reljeefi kasutamine, mis näitas, et uuringualal esineb nii madalamaid siledapinnalisi alasid kui ka liigestatud pinnaga kõrgendikke ja seljandikke (joonis 3.5.3). Uuringuala merepõhjal leidub hulgaliselt kraapimise ja „kündmise“ jälgi, mis võivad teoreetiliselt olla nii jääajal toimunud jäämägede veealuste osade liikumise kui ka jääajajärgselt rüsijääkuhjatiste veealuse osa liikumise tagajärg. Arvestades uuringuala paiknemise ja väikese veesügavusega, on suurema tõenäosusega tegemist rüsijääkuhjatiste mõjudega (konsulteeritud Vladimir Karpin'iga, vladimir.karpin@transpordiamet.ee; Karpin et al 2021). Rüsijäävallide veealused osad võivad liikumisel enda ees lükata merepõhja setteid ja lükata mere põhjas olevaid rahnusid. Kogu

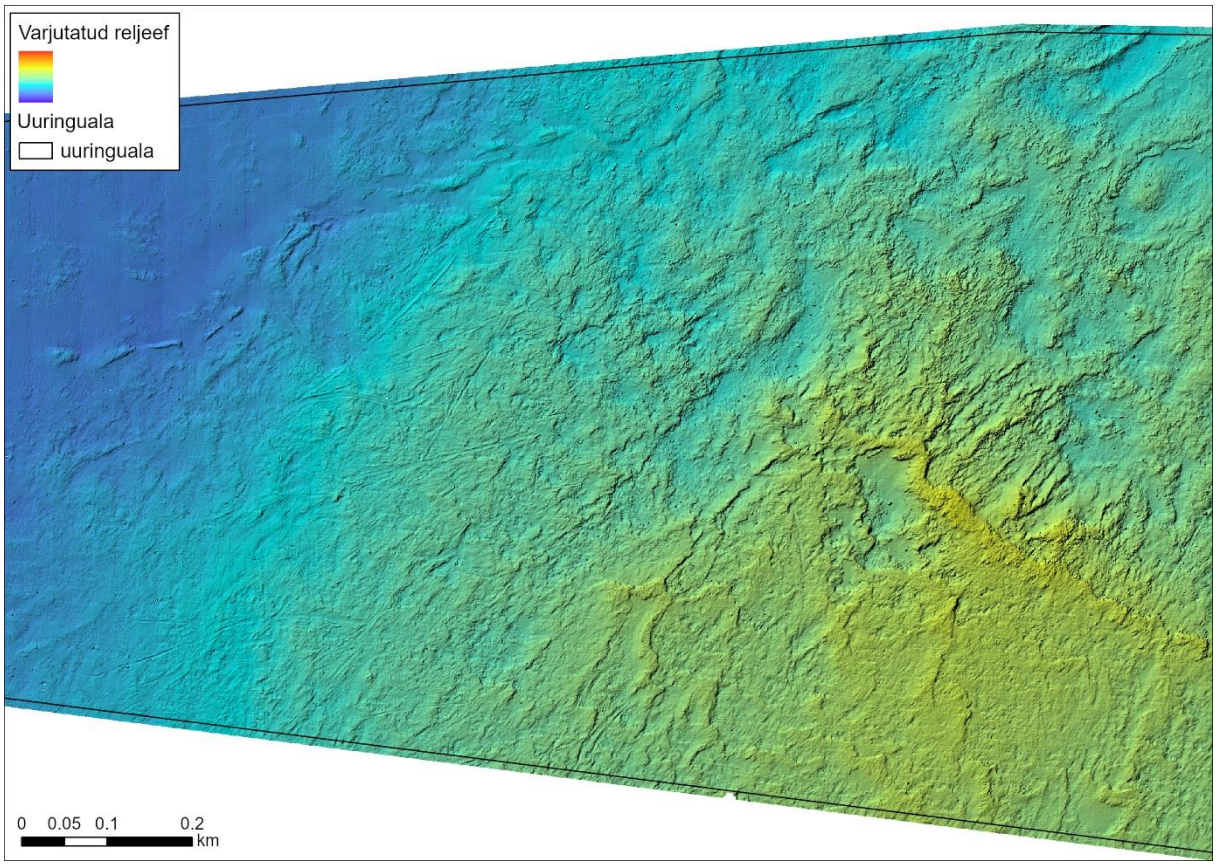
uuringuala ulatuses on näha kraapimise jälgi, mõningates kohtades ka jää lükatud settevalle ja jää poolt lükatud rahnude liikumise teid koos rahnuga, mis seda põhjustas (joonis 3.5.4). Kraapimis- ja sahkamisjälgede laius oli vahemikus ligikaudu 2 kuni 30 m ja pikkus kuni mitusada meetrit. Jälgede sügavamat põhja ääristab sageli ümbritsevast põhjast mõnevõrra kerkiv äär; jälje põhja ja ääre vaheline sügavuse vahe jäi enamasti alla 0,5 m.



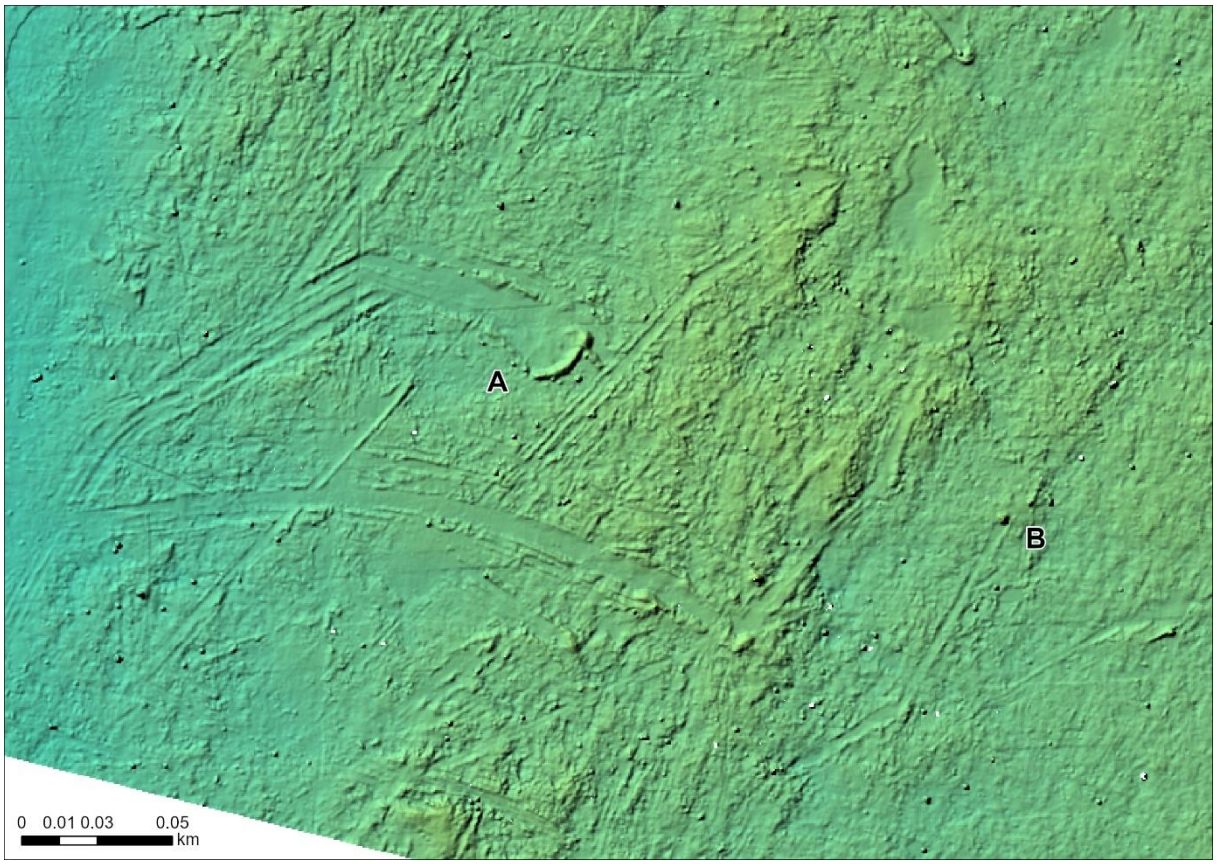
Joonis 3.5.1. Liivi lahe põhja varjutatud reljeef sügavusmudelist (Transpordiameti sügavusandmed 2025) ja uuringuala paiknemine.



Joonis 3.5.2. Batümeetrilise positsiooni indeksi (BPI) väärtused arvutatuna 2000 m skaalas. Punased toonid näitavad ümbritsevast kõrgemaid ja sinised madalamaid alasid. BPI arvutamise sisendiks on sonariga mõõdetud sügavusandmed.



Joonis 3.5.3. Näide varjutatud reljeefist uuringuala lõunapoolse polügooni keskosast. Varjutatud reljeefi sisendiks on sonariga mõõdetud sügavusandmed.

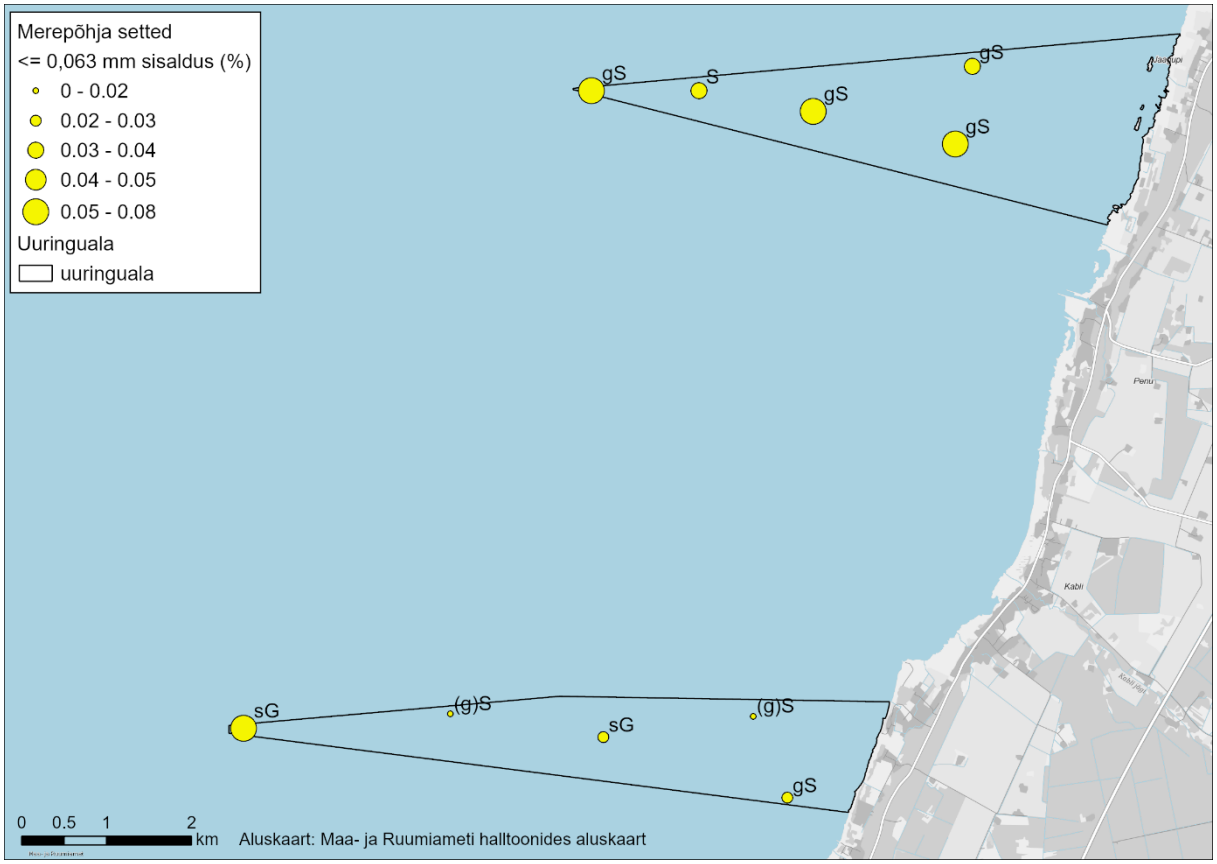


Joonis 3.5.4. Jää kraapimisjäljed merepõhjal varjutatud reljeefis põhjapoolse polügooni keskosas. A – jää lükatud sette vall ja selle ees olevad kraapimisjäljed, B – jää poolt lükatud rahn koos kraapimisjäljega.

Merepõhja setete granulomeetriline uuring näitas, et enamlevinud settetüübiks uuringualal oli kruusane liiv (tabel 3.5.1, joonis 3.5.5). Peenosise sisaldus proovides oli väga madal (alla 0,1%). Arvestades uuringuala paiknemist Liivi lahe idaosa lainetusele avatud rannikunõlval ning väga madalat peenosise sisaldust põhjasetetes, võib järeldada, et uuringualal domineerivad kulutusalad (erosioonialad) ja olulist peensetete akumuleerumist ei toimu.

Tabel 3.5.1. Merepõhja setted. Settetüübid on klassifitseeritud vastavalt EMODnet Geology metoodikale (Kaskela et al 2019).

punkt	settetüüp	settetüübi lühend	liiv (0,063–2 mm) (%)	kruus (>2 mm) (%)	peenosis (≤0,063 mm) (%)
EGRE001	*gravelly sand*	gS	93.4	6.5	0.08
EGRE004	*sand*	S	99.8	0.2	0.031
EGRE010	*gravelly sand*	gS	83.2	16.7	0.08
EGRE021	*gravelly sand*	gS	78.1	21.8	0.059
EGRE023	*gravelly sand*	gS	72.9	27.1	0.035
EGRE060	*sandy gravel*	sG	65.5	34.4	0.074
EGRE066	*slightly gravelly sand*	(g)S	95.9	4.1	0.012
EGRE073	*sandy gravel*	sG	62.9	37.1	0.025
EGRE081A	*slightly gravelly sand*	(g)S	98.4	1.6	0.003
EGRE083	*gravelly sand*	gS	84.8	15.2	0.024



Joonis 3.5.5. Merepõhja setted. Silt näitab settetüüpi vastavalt EMODnet klassifikatsioonile (lühendite seletused tabelis 3.5.1). Sümboli suurus näitab peenosise (≤ 0,063 mm) sisalduse osakaalu proovipunktis.

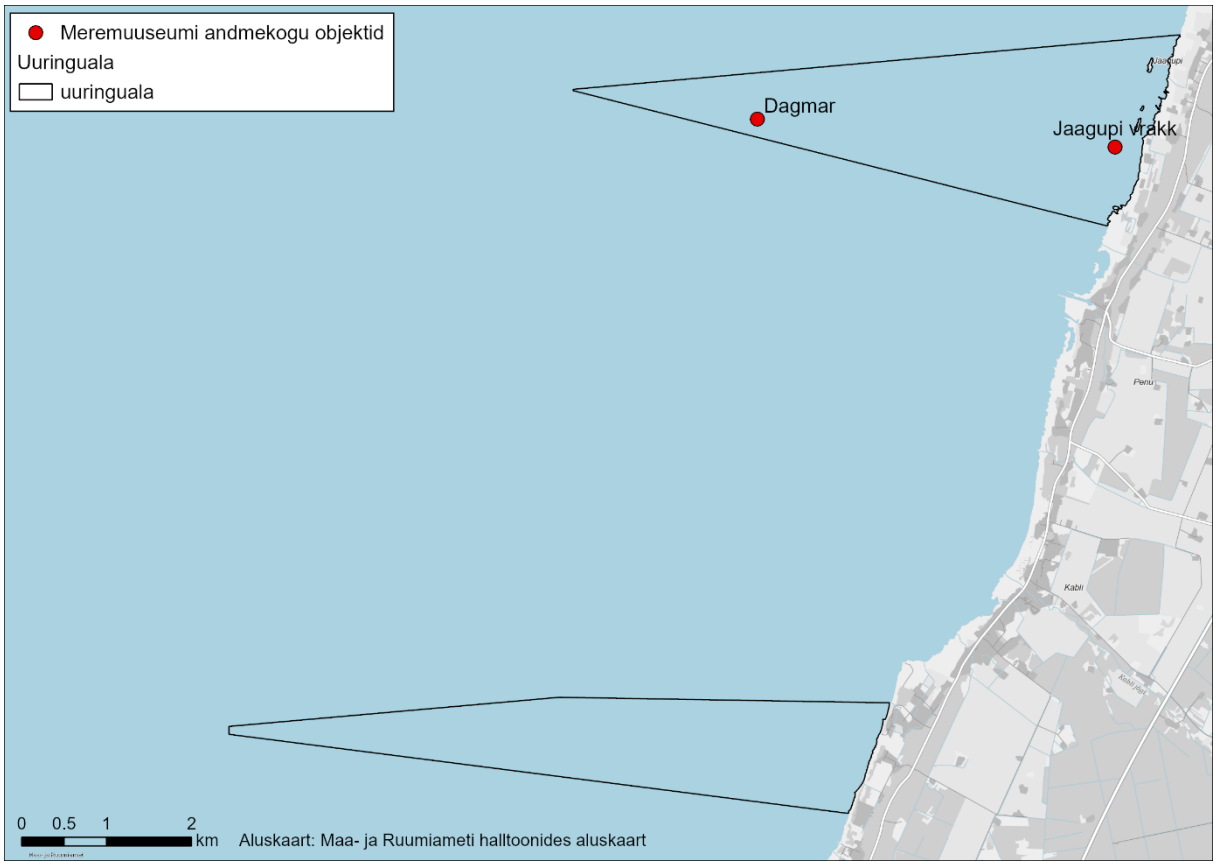
3.6. Merepõhja kontaktide tuvastamine

Võimalike merepõhja kontaktide hindamine toimus 0,5 m resolutsiooniga sügavusmudeli andmete põhjal visuaalselt rakendades sügavusmudelile varjutatud reljeefi. Ühtegi otsese inimtegevuse jälge visuaalselt ei tuvastatud. Tuleb arvestada, et sonariga on katmata madal rannaäärne uuringuala osa.

Meremuuseumi andmebaasi alusel (konsulteeritud Ivar Treffneriga, ivar@nautic.ee) on võimalik kahe objekti esinemine põhjapoolsel polügoonil (joonis 3.6.1):

- vrakk „Dagmar“, N 58,0558°, E 24,3925°, uppumisaeg 1915. a. (Meremuuseumi andmekogu);
- vrakk „Jaagupi vrakk“, N 58,0526°, E 24,4637°, uppumisaeg märkimata (Meremuuseumi andmekogu).

„Jaagupi vrakk“ asus väljaspool käesolevas töös sonariga kaetud ala. „Dagmari“ võimalikus asukohas sonariandmetes inimtegevuse jälgi visuaalselt ei tuvastatud. Nende objektide tegelik esinemine vajab allveearheoloogilist hinnangut kohtvaatlustega.



Joonis 3.6.1. Võimalikud inimtekkelised objektid Meremuuseumi andmekogu alusel.

Uuringuala merepõhjal on rohkesti kraapimise ja sahkamise jälgi kuid need pole inimtegevuse vaid jää liikumise mõju tulemus (vt peatükk 3.5 ja joonis 3.5.4).

4. VÕIMALIKE MÕJUDE LEEVENDUSMEETMED

Tuulepargist väljuvate kaablitrasside puhul on mõlema variandi puhul oodata mõju karide elupaigatüübile ja põhjapoolsema trassivariandi puhul ka mõju liivamadalate elupaigatüübile ja HELCOMi punase raamatu biotoopidele. Liivamadalate elupaigatüübi leevendusmeetmete kasutamisel (kaabli süvise täitmine sama materjaliga ja vajadusel taimestiku taastamine) on võimalik seda mõju praktiliselt 100% leevendada. Taimestiku taastamise vajadust/võimalikkust tuleks kaaluda juhul, kui selgub juurdunud kõrgemate taimede ulatuslik levik kaabli maabumispiirkonna rannikumeres (uuringu käigus tuvastati kolmes asukohas kolme HELCOM Punase nimekirja biotoobi olemasolu).

- Eksportkaablite rajamisel elupaigatüübi karid (1170) alal tuleb kasutada keskkonda kõige vähem kahjustavat tehnoloogiat, mis minimeerivad kadusid ja häiringuid (horisontaalne suundpuurimine või avatud kaevik võimalikult kitsa kaabli kraaviga, mille täitmisel ja katmisel kasutada piirkonna karidele iseloomulikku materjali).

- Põhjapoolse eksportkaabli rannalähedases osas vältida võimalusel eksportkaablite paigaldamist HELCOM-i punase raamatu elupaikadele HUB 6. tasemel või kui see ei ole võimalik, siis näha ette võimalikult kitsas kaeviku kraav, mille süvis täita sama, süvisest välja kaevatud materjaliga.

- Karide elupaigatüübi puhul sõltub leevendusmeetmete tõhusus häiritava elupaigatüübi omadustest (kas tegemist suuremate monoliitsete rahnudega või moreense päritolu kõva substraadiga). Eksportkaablite rajamisel karide elupaigas tuleb kasutada keskkonda kõige vähem kahjustavat tehnoloogiat.

- Tahket pinnasejääki mitte kaadata karide elupaigatüübile.

- Tööde teostamise aja valikul tuleks merepõhja häiringutega seotud tööde teostamine kaablitrassidel ajastada vegetatsiooniperioodi välisele ajale. Merepõhja kooslused on kahjustamisele/häirimisele eriti tundlikud perioodil varakevadest kesksuveni.

5. SEIREPROGRAMMI ETTEPANEK

Jälgimaks projekti realiseerumisest tekkivat keskkonnamõju ja muutusi merepõhja elustikus ja elupaikade kvaliteedis tuleks käivitada järgmine seireprogramm. Seireprogramm peab jälgima BACI (*Before-After-Control-Impact*) põhimõtet, mis tähendab vaatluste teostamist nii mõjutatud piirkonnas kui kontrollalal nii enne kui pärast mõjutust.

Ehitusaegne seire

Ehitusaegse seire käigus tuleks jälgida merepõhja elupaikade seisundit iseloomustavaid parameetreid (merepõhja koosluste struktuur ja abiootilise keskkonna parameetrid, piisava arvu kordustega) mõjutatud alal (näiteks kaablitrassi paigaldamisel häiritavas elupaigas; kuni 500 m kaugusel ehitatavast objektist) ning kontrollalal, mis jääb tegevuse mõjualast välja.

Seiratavad alad peaksid olema kordustes (sõltub seiratavate elupaikade arvust). Minimaalselt peaksid olema seiratud loodusdirektiivi elupaigatüüpide representatiivsed asupaigad vähemalt kolmes korduses, lisaks HELCOMi punase raamatu biotoobid.

Merepõhja kooslusi iseloomustavaid parameetreid tuleks vaadelda kord aastas (soovitavalt perioodil juuni-august).

Ehitusjärgne seire (Käitamisaegne seire)

Kaablitrassi paigaldamise järelseire peaks toimuma vähemalt viie aasta jooksul kord aastas suvisel perioodil (juuni-september). Sõltuvalt substraadist on tehnoloogia veidi erinev:

Pehme sete. Valida tuulepargi või kaablitrassi puhul kolm ala, kus on toimunud kaabli süvistamine/paigaldamine. Igal alal teostatakse merepõhja videovaatlused kas allveesõiduki (ROV/AOV), "drop" kaameraga või sukeldujaga (10 kordust, videoga kaetud merepõhja pindala iga korduse puhul vähemalt 5 m^2). Lisaks kogutakse kaabli vahetus läheduses pehmest settest kvantitatiivsed proovid igal alal vähemalt kolmes korduses. Igale seiratavale alale tuleb valida referentsala (vähemalt 500 m kaugusel, sarnaste merepõhja omadustega). Referentsalal teostatakse vaatlused ja proovivõtt sama skeemi järgi. On oluline, et referentsala oleks kindlasti kaabli paigaldamise mõjualast väljaspool.

Kõva substraat. Valida kaablitrassi puhul viis ala, kus on toimunud kaabli süvistamine/paigaldamine. Alad peavad olema jaotunud ühtlaselt kogu tuulepargi ja kaablitrassi poolt hõivatud sügavusgradiendi suhtes (katmaks nii footilist kui afootilist tsooni). Kõige madalam ala peaks olema vahemikus 2–5 m. Igal alal teostatakse merepõhja videovaatlused kas allveesõiduki, "drop" kaameraga või sukeldujaga (10 kordust, videoga kaetud merepõhja pindala iga korduse puhul vähemalt 5 m^2). Lisaks kogutakse kaabli vahetus läheduses kõva substraadi pealt kvantitatiivsed proovid igal seirataval alal vähemalt kolmes korduses. Igale seirealale tuleb valida referentsala (vähemalt 500 m kaugusel, sarnaste merepõhja omadustega). Referentsalal teostatakse vaatlused ja proovivõtt sama skeemi järgi. On oluline, et referentsala oleks kindlasti kaabli paigaldamise mõjualast väljaspool.

Kui viieaastase perioodi järel ei ole kahjustatud kooslused taastunud (on olemas statistiline erinevus referentsala ja mõjutatud ala vahel), siis tuleks kaaluda elupaiga taastamise vajalikkust ja võimalikkust ja teostada vajadusel taastamistööd ning jätkata seiret veel ühel viieaastasel perioodil veendumaks taastamistööde tulemuslikkuses.

6. KOKKUVÕTE

Uuringus teostati merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamine kasutades merel proovipunktides kogutud andmeid (elustiku ja substraadi katvus, elustiku biomass) ja mitmekiirelise sonariga kogutud andmeid (veesügavus, helilaine tagasihajumise intensiivsus). Loodi loodusdirektiivi elupaigatüüpide, põhjataimestiku- ja loomastiku liikide, HELCOM HUB elupaikade ning MSRD elupaiga põhitüüpide levikukaardid, teostati HELCOM punase raamatu elupaikade leviku hinnang, merepõhja setete ja morfoloogia kirjeldus ning võimalike inimtekkeliste merepõhja kontaktide hinnang. Uuringualal tuvastati loodusdirektiivi liivamadalate ja karide elupaigatüübi ning kolme HELCOM punase raamatu elupaiga esinemine. Karide elupaigatüübiga oli kaetud ligikaudu pool uuringualast, liivamadalate pindalaline osakaal oli alla 10%. Karisid leidus nii põhja- kui lõunapoolsel polügoonil, liivamadalaid ainult põhjapoolsel polügoonil. HELCOM punase raamatu elupaikasid tuvastati ainult põhjapoolsel polügoonil. Mere põhjareljeefis tuvastati hulgaliselt jää kraapimise ja sahkamise jälgi. Inimtekkelisi objekte sonariandmete põhjal ei tuvastatud kuid Meremuuseumi andmekogu andmetel võib põhjapoolsel polügoonil esineda kaks vrakki.

KIRJANDUS

Calder BR, Mayer LA (2003) Automatic processing of high-rate, high-density multibeam echosounder data. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 4 (6), 1-22. https://doi.org/10.1029/2002GC000486

De Reu J, Bourgeois J, Bats M, Zwertvaegher A, Gelorini V et al (2013) Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. Geomorphology, 186, 39-49. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.015

Dove D, Nanson R, Bjarnadóttir LR, Guinan J, Gafeira J, Post A, Dolan MFJ, Stewart H, Arosio R, Scott G (2020) A two-part seabed geomorphology classification scheme (v.2); Part 1: morphology features glossary. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.4075248

ESRI (2025) ArcGIS Pro: version 3.5.2. http://esri.com

Folk RL (1945) The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. J. Geology 62, 344–359. https://doi.org/10.1086/626171

HELCOM (2013a) HELCOM HUB – Technical Report on the HELCOM Underwater Biotope and habitat classifi cation. Baltic Sea Environment Proceedings No. 139. https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP139.pdf

HELCOM (2013b) HELCOM Red List of Baltic Sea species in danger of becoming extinct. Baltic Sea Environmental Proceedings No. 140. https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP140.pdf

HELCOM (2013c) Red List of Baltic Sea underwater biotopes, habitats and biotope complexes. Baltic Sea Environmental Proceedings No. 138. https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/10/BSEP138.pdf

HELCOM (2017) Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM. https://helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/monitoring-guidelines/combine-manual/

HELCOM (2025a) HELCOM Red List II of Baltic Sea species in danger of becoming extinct. Baltic Sea Environment Proceedings No. 205. https://helcom.fi/wp-content/uploads/2025/06/Red-List-II-species-2025.pdf

HELCOM (2025b) HELCOM Red List II of the Baltic Sea underwater biotopes, habitats and biotope complexes at risk of collapse. Baltic Sea Environment Proceedings No. 206. https://helcom.fi/wp-content/uploads/2025/06/Red-List-II-habitats-and-biotopes-2025.pdf

Hijmans R (2025) terra: Spatial Data Analysis. R package version 1.8-70. https://cran.r-project.org/web/packages/terra/

Karpin V, Heinsalu A, Virtasalo JJ (2021) Late Pleistocene iceberg scouring in the north-eastern Baltic Sea, west of Estonia. Marine Geology 438, 106537. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106537

Kaskela AM et al (2019) Picking Up the Pieces—Harmonising and Collating Seabed Substrate Data for European Maritime Areas. Geosciences 9(2), 84. https://doi.org/10.3390/geosciences9020084

Liaw A, Wiener M (2002) Classification and Regression by randomForest. R News 2(3):18–22. https://journal.r-project.org/articles/RN-2002-022/

QPS (2025) FMGeocoder Toolbox: version 7.11.2. https://qps.nl/fledermaus/

R Core Team (2025) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

RStudio Team (2025) RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. http://www.rstudio.com/

Remm K, Remm J, Kaasik A (2012) Ruumiliste loodusandmete statistiline analüüs. Õpik-käsiraamat. Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituut. Tartu. http://hdl.handle.net/10062/26456

Teledyne (2025) Teledyne PDS: version 4.4.22.3. https://www.teledynemarine.com/brands/pds

TÜ Eesti mereinstituut (2014) Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt rahastatud projekti nr 3125 „Sonarisüsteemi rakendamise metoodika loomine merepõhja elupaikade ja füüsikaliste omaduste kaardistamiseks“ aruanne/juhendmaterjal.

TÜ Eesti mereinstituut (2025) Merepõhja elustiku ja elupaikade uuringute meetodid. https://keskkonnaportaal.ee/sites/default/files/2025-12/merep%C3%B5hja%20elustiku%20ja%20elupaikade%20uuringute%20meetodid%20-%20v2.pdf

Wood SN (2011) Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society (B) 73(1):3-36. https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x

Wood SN (2025) mgcv: Mixed GAM Computation Vehicle with automatic smoothness estimation. R package version 1.9-3. https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/

Wright MN, Ziegler A (2017) ranger: A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R. Journal of Statistical Software, 77(1), 1-17. https://doi.org/10.18637/jss.v077.i01

LISA 1. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide ja HELCOM punase raamatu elupaikade levik koos KMH raames kaardistatud tulemustega

KMH uuringutes kasutati HELCOM 2013. a. punast raamatut (HELCOM 2013c), käesolevas uuringus HELCOM 2025. a. punast raamatut (HELCOM 2025b). Siintoodud koondhinnang arvestab 2025. a. versiooni kombinatsioonis varasema versiooniga (vt peatükk 3.3.4). HELCOM HUB 6. taseme koodidele vastavad elupaikade nimetused on toodud tabelis 3.3.4.1.

