

Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

KALANA KALAKASVANDUSE asukoha merepõhja elustiku ja elupaikade inventuur

Aruanne

Aruande versioon 2, 07. märts 2024

Tellija: Lemma OÜ

Leping: Tellimuskiri

Vastutav täitja: Georg Martin, PhD, professor



Tallinn 2024

Aruande versioonide info

Versiooni number	Kuupäev	Info
1	28.02.2024	Esimene tellijale esitatud versioon
2	07.03.2024	Teine tellijale esitatud versioon. Lisatud peatükk veesamba parameetrite kirjeldusega. Täiendatud seire metoodika kirjeldust.

SISUKORD

SISUKORD	3
1. SISSEJUHATUS	4
2. MATERJAL JA METOODIKA	5
2.1. Uuringuala	5
2.2. Välitööd proovipunktides	7
2.3. Kaartide loomise meetodid.....	8
2.4. Merepõhja elupaikade klassifikatsioonisüsteemid	13
2.4.1. Loodusdirektiiv	13
2.4.2. HELCOM HUB	16
2.4.3. MSRD merepõhja elupaikade põhitüübid.....	18
3. VÄLIUURINGUTE TULEMUSED.....	21
3.1. Merepõhja substraat	21
3.2. Põhjaelustik	25
3.3. Põhjaelupaigad	34
3.3.1. Loodusdirektiivi elupaigatüübid.....	34
3.3.2. HELCOM HUB elupaigad	36
3.3.3. MSRD merepõhja elupaiga põhitüübid	43
3.3.4. HELCOM punase raamatu elupaigad	45
3.4. Veesamba parameetrid.....	46
4. UURINGUTULEMUSTE ANALÜÜS JA SOOVITUSED SEoses KAVANDATUD TEGEVUSEGA	48
KIRJANDUS.....	50

1. SISSEJUHATUS

Merepõhja uuringud teostati Lemma OÜ tellimusel Kalana sadamast ca 4,5 km edelas kavandatava kalakasvatuse keskkonnamõju hindamise raames. Uuringu eesmärgiks oli planeeritava kalaksavnduse alal merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamine, et selgitada välja piirkonna merepõhja looduslikud tingimused ja looduskaitsevad väärtused. Uuringute käigus 2023. aastal viidi läbi merepõhja proovide kogumine allveevideo, põhjaammutajate ja sukeldujate abil. Proovide analüüs toimus mereinstituudi EAK poolt akrediteeritud merebioloogia laboris (akrediteerimistunnistus nr L179). Elustiku ja elupaikade levikukaartide loomisel rakendati matemaatilist modelleerimist, mille sisendina kasutati lisaks käesoleva töö raames kogutud proovidele ka tellija poolt üle antud mitmekiirelise sonari andmeid.

Töö viidi läbi Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi töörühma poolt, kuhu kuulusid järgmised eksperdid:

Georg Martin – projekti juhtimine, aruande koostamine;

Kristjan Herkül – andmeanalüüs, aruande koostamine;

Kätlin Jeedas, Kaire Kaljurand, Andres Kalk, Tiia Möller, Liina Pajusalu, Greta Reisalu, Martin Teeveer – välitööd;

Greta Reisalu, Karolin Teeveer – biomassiproovide analüüs;

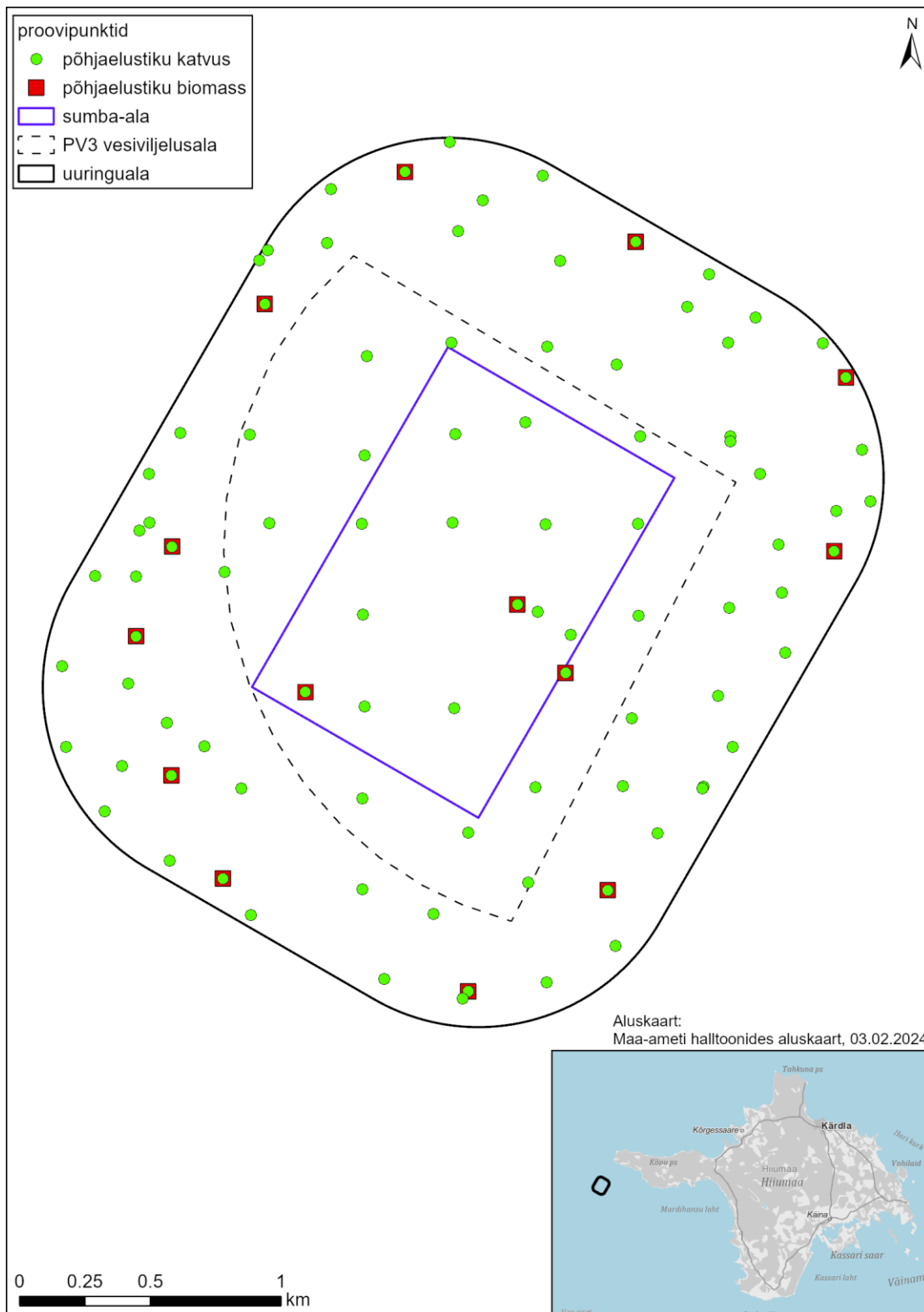
Tiia Möller-Raid – videoproovide analüüs;

Trude Taevere, Greta Reisalu – andmesisestus.

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Uuringuala

Uuringuala paiknes Hiiumaa lähedal, Kõpu poolsaare tipust ligikaudu 5 km kaugusel edelas (joonis 2.1.1). Uuringuala moodustas vesiviljelusala PV3 sees paiknev 1 × 1,5 km mõõtudega sumba-ala nelinurkne polügoon koos seda ümbritseva 800 m raadiusega puhvriga. Uuringuala pindala oli 7,5 km². Transpordiametilt 2023. a. oktoobri seisuga saadud andmete alusel oli uuringuala minimaalne vee sügavus 17,8 m, maksimaalne vee sügavus 31,5 m ja keskmine sügavus 25,4 m.



Joonis 2.1.1. Uuringuala ja proovipunktide paiknemine.

2.2. Välitööd proovipunktides

Merepõhja uuringute välitööd, mille jooksul toimus merepõhja proovide kogumine, toimusid 23. oktoobril 2023. a.

Merepõhja substraaditüüpide ning põhjataimestiku ja –loomastiku katvuse hindamiseks kasutati allveevideosüsteemi (nn *drop*-kaamera), mis koosneb veealusest videokaamerast ning paadis olevast salvestusseadmest ja ekraanist. Igas proovipunktis salvestatud videolõigud analüüsiti hiljem visuaalselt arvutimonitorilt vaadatuna. Videopildilt hinnati põhjataimestiku üldkatvus, põhjataimestiku ja –loomastiku liikide/rühmade katvused ja põhjasubstraadi tüüpide katvused protsentuaalselt. Katvushinnangute puhul tuleb silmas pidada, et tuvastada on võimalik ainult suuremõõtmelisi taimi ja loomi ja seetõttu on võimalik kirjeldada eelkõige koosluse dominantliike.

Biomassiproovid merepõhjalt koguti Van Veen tüüpi põhjaammutajatega (proovivõtu pindala 0,026 m²). Kogutud proovid pesti merel nailonsõeltel, mille võrgusilma diameeter on 0,25 mm, et eemaldada peenliiv ja muda. Välitöödel pakiti proovid kilekottidesse, varustati etikettidega ning säilitati -20°C juures kuni nende laboratoorse analüüsini.

Proovipunkti külastamisel merel märgiti väliprotokollis 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 seadet.

Välitöödel külastati 87 proovipunkti, millest kõigis teostati katvushinnangud ja 14 proovipunktis koguti biomassiproovid (joonis 2.1.1). Merepõhja elustiku ja substraadi kirjeid saadi kokku 92 unikaalsest geograafilisest punktist. Unikaalsete geograafiliste punktide arv oli suurem kui ette planeeritud proovipunktide arv, sest mõningad allveevideoproovid eraldati kaheks eraldi kirjeks merepõhja muutuste alusel video jooksul. Lisaks tekkis täiendavaid kirjeid, kui sama punkti külastati kaks korda erinevat tüüpi proovivõtu vahenditega (nt allveevideo, põhjaammutaja) ja registreeriti erinevad koordinaadid.

Biomassiproovide analüüs toimus Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi merebioloogia osakonna akrediteeritud laboris (Eesti Akrediteerimiskeskuse tunnistus L179¹) vastavalt

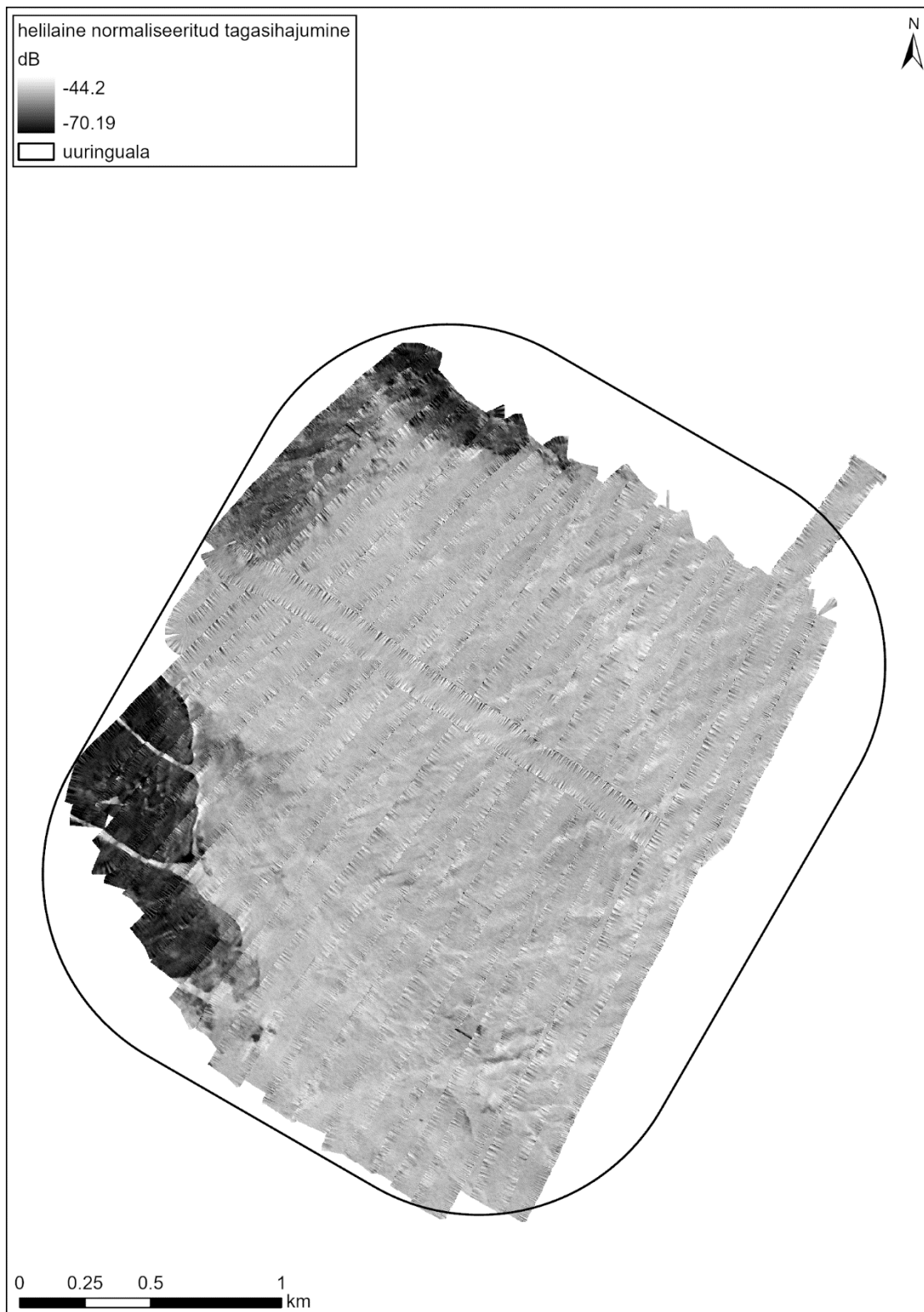
¹ <http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitusala/L179.pdf>

kvaliteedisüsteemi juhenditele. Analüüsi meetodid on kooskõlas HELCOM-i soovitusetega (HELCOM 2017a). Laboris proovid sulatati ja eristati kõik põhjaelustiku organismid liigiti või madalaima võimaliku taksonoomilise tasemeni kasutades vajadusel mikroskoobe ja erinevaid määrajaid. Kirpvähkide *Gammarus* 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 m² kohta. Kõik katvus- ja biomassandmed sisestati Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudi põhjaelustiku andmebaasi.

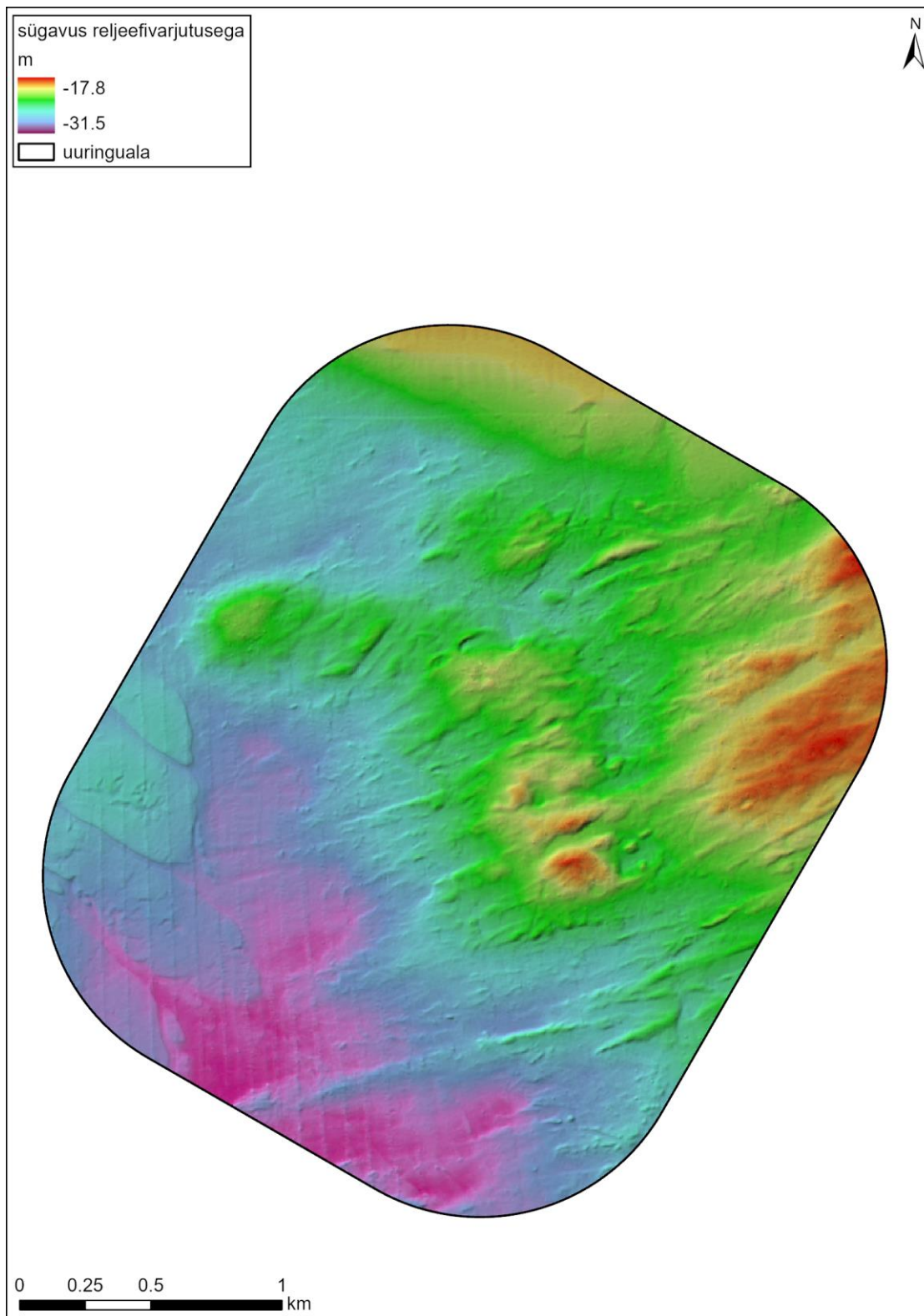
2.3. Kaartide loomise meetodid

Kaartide loomiseks kasutati lisaks merepõhja proovide kogumisele ka mitmekiirelist sonarit ja matemaatilist modelleerimist, sest ainult proovipunktide külastamine ei võimalda luua ruumiliselt katkematuid kaardikihte. Sonari kasutamine võimaldab võrreldes ainult merepõhja punktvaatlustel põhineva kaardistamisega väga palju suuremat täpsust: sonariga kogutud andmed võimaldavad palju täpsemalt modelleerida elustiku ja elupaikade levikut merepõhja punktvaatluste vahelisel alal. Sonariga on võimalik koguda kahte tüüpi andmeid – sügavus ja tagasihajunud akustilise signaali intensiivsus (edaspidi „tagasihajumine“). Sügavus on merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamisel kõige olulisem keskkonnamuutuja kahel põhjusel: 1) kõikide taimeliikide ja paljude loomaliikide levik on seotud sügavusega, 2) sügavusandmetest on võimalik arvutada merepõhja nõlvakaldeid ja konarlikkust, mis peegeldavad merepõhja substraadi omadusi ja läbi selle elustiku ja elupaikade levikut. Tagasihajumine võimaldab hinnata merepõhja omadusi, sest helilaine sumbumine ja peegelduse tugevus sõltub substraadi materjalist ja pinna struktuurist.

Käesoleva uuringu jaoks andis mitmekiirelise sonariga kogutud andmed mereinstituudile üle tellija. Kuna sonariandmed ei katnud täielikult uuringuala, siis kasutati merepõhja substraadi ja elustiku modelleerimiseks ainult tagasihajumise andmeid (joonis 2.3.1). Kogu uuringuala katva sügavusandmestikuna kasutati Transpordiametit 2023. a. oktoobris saadud sügavusandmeid (joonis 2.3.2).



Joonis 2.3.1. Sonariga mõõdistatud helilaine tagasihajumine. Sonariandmed andis mereinstituudile üle tellija.



Joonis 2.3.2. Mere sügavus uuringualal. Sügavusele on peale kantud reljeefivarjutus. Sügavuse andmed pärinevad Transpordiametilt.

Detailsema ülevaate sonari kasutamisest merepõhja elustiku ja elupaikade kaardistamisel saab aruandest „Sonarisüsteemi rakendamise metoodika loomine merepõhja elupaikade ja füüsikaliste omaduste kaardistamiseks“ (TÜ Eesti Mereinstituut 2014a).

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. Põhjaelustiku liikide ja substraaditüüpide leviku ennustav modelleerimine kujutab endast matemaatilist protseduuri, kus leitakse seosed merepõhja muutujate (liigid, substraat) ja sonaripõhiste muutujate vahel ning nende seoste abil ennustatakse merepõhja muutujate levikut piirkondades, kust puuduvad proovipunktid. Sellisel viisil on võimalik katta uuringuala ruumiliselt katkematute merepõhja elustiku- ja elupaikade kaardikihtidega.

Käesolevas töös kasutati matemaatilist modelleerimist kahes etapis:

1. Sonariga skaneerimata merepõhjale (uuringuala äärealad, vt joonis 2.3.1) modelleeriti tagasihajumise väärtused kasutades mudelite treenimiseks sonariga skaneeritud aladelt pärinevaid tagasihajumise andmeid, Transpordiameti sügavusandmeid ja geograafilisi koordinaate. Etapi tulemina saadi ruumiliselt katkematud tagasihajumise andmed. Tuleb silmas pidada, et matemaatiliselt prognoositud andmed sonariga skaneerimata alade täitmiseks on üldistavad ja nende detailsuse aste on tunduvalt madalam kui tegelikel sonariga mõõdistatud andmetel.
2. Kogu uuringualal modelleeriti merepõhja elustiku ja elupaikade väärtused kasutades mudelite treeningandmetena proovipunktidest kogutud merepõhja andmeid, esimeses etapis modelleeritud tagasihajumise andmeid, mere sügavust ja geograafilisi koordinaate. Etapi tulemina saadi kogu uuringuala katvad merepõhja elustiku ja elupaikade levikukaardid.

Modelleerimismeetoditena kasutati järgmist kahte mudelitüüpi.

Üldistatud aditiivsed mudelid (**GAM**, *generalized additive models*) on mitteparameetriline meetod, mis võimaldab erineva kujuga seoste mittelineaarset modelleerimist silumisfunktsiooni abil (Wood 2011). Silumisfunktsiooni arvutamine toimus üldistatud ristvalideerimise meetodil (*generalized cross-validation*). Eraldi mudeliversioonidena teostati modelleerimine koos ja ilma geograafiliste koordinaatideta.

Juhumets (**RF**, *random forest*) on 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.

Esimese etapi modelleerimisel kasutati nii GAM kui RF meetodit, mille puhul tagasihajumise väärtuste leviku prognoosimiseks kasutati sõltumatute muutujatena Transpordiameti vee sügavuse andmeid ja geograafilisi koordinaate Eesti riiklikus koordinaatsüsteemis (L-EST97, EPSG:3301). Treeningandmete loomiseks kasutati 5 m ruuduga võrgustikku sonariga skaneeritud merepõhjal, kus igas ruudus arvutati tagasihajumise ja sügavuse keskmised ja ruudu keskpunkti koordinaadid. 5 m ruuduga ennustusvõrgustik kattis kogu uuringuala. Ruumiliselt ühtlasema ja suurema üldistustasemega tulemuse saavutamiseks teostati tagasihajumise mudelennustused ka sonariga kaetud aladele.

Teise etapi modelleerimisel kasutati kogu uuringuala katvat 5 m sammuga võrgustikku, kus iga ruudu jaoks oli olemas esimeses etapis modelleeritud tagasihajumise väärtus ja mere sügavuse väärtus. 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 ruudu suurusega 5 m.

Andmete ettevalmistamise ja modelleerimisega seotud protseduurid viidi läbi vabavaralises *R* programmeerimiskeele (R Core Team 2023) arenduskeskkonnas *RStudio* (RStudio Team 2023). GAM meetodi jaoks kasutati *R*-i paketti *mgcv* (Wood 2022) ja RF jaoks paketti *randomForest* (Liaw & Wiener 2002). 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. Teise astme mudelite lõplike tulemuste loomiseks valiti piiramata vabadusastmetega GAM meetod, kus sõltumatute muutujatena kasutati lisaks sügavusele ja tagasihajumisele ka geograafilisi koordinaate. Kaartide vormistamine aruande jaoks toimus tarkvaras *ArcGIS Pro* (ESRI 2023).

2.4. Merepõhja elupaikade klassifikatsioonisüsteemid

Käesolevas töös rakendati kolme erinevat merepõhja elupaikade klassifikatsioonisüsteemi:

- Euroopa Liidu looduskaitseks 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.
- HELCOM-i klassifikatsioonisüsteem HUB on spetsiaalselt Läänemere tingimuste jaoks loodud süsteem, mille abil on võimalik elupaikade määramiseks erineva detailsusastmega hierarhilistel tasemetel. Erinevalt loodusdirektiivi klassifikatsioonist, on HUB abil võimalik klassifitseerida kogu merepõhi.
- Euroopa Liidu merestrategia raamdirektiivi 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.

Järgnevatel alampeatükkides on toodud nende klassifikatsioonisüsteemide detailsemad kirjeldused.

2.4.1. Loodusdirektiiv

Euroopa Liidus on looduskaitseks oluliseks peetavad elupaigatüübid loendatud 1992. a. vastu võetud looduslike elupaikade ja loodusliku fauna ning floora kaitse direktiivi (*Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*; edaspidi „loodusdirektiiv“) lisa 1. Loodusdirektiivi lisa 1 koondab endas elupaigatüüpe nii maismaalt, merest kui mageveekogudest. Loodusdirektiivi lisa 1 on kokku kaheksa merega seotud elupaigatüüpi, mis kuuluvad jaotusesse 11 „avamere ja loodete alad“. Vastavalt Paal (2007) Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamatule esineb nendest Eestis kuus elupaigatüüpi (sulgudes loodusdirektiivi lisa 1 kood):

- mereveega üleujutatud liivamadalad (1110, edaspidi „liivamadalad“),

- jõgede lehtersuudmed (1130),
- mõõnaga paljanduvad mudased ja liivased laugmadalikud (1140, edaspidi „laugmadalikud“),
- rannikulõukad (1150),
- laiad madalad abajad ja lahed (1160),
- karid (1170).

Loodusdirektiivi elupaigatüüpide definitsioonid on Euroopa Komisjoni poolt välja antud juhendmaterjalides (European Commission 2013) väga üldist laadi ja vähedetailsed jättes võimalusi erinevatele interpretatsioonidele. Aruandes „Merepõhja elupaikade definitsioonide tõlgendamise juhend“ (TÜ Eesti Mereinstituut 2014b) on toodud praktiliste definitsioonide ettepanekud kuidas loodusdirektiivi elupaigatüüpe eristada merepõhja inventuurides. Toodud definitsioone on kasutatud ka käesolevas töös.

Vastavalt käesoleva projekti väliuuringutel kogutud andmetele, oli võimalik karide ja liivamadalate elupaigatüübi esinemine uuringualal. Seetõttu on alljärgnevalt toodud ainult nende kahe elupaiga Eesti definitsioonid.

Karid

Elupaigatüübi omistamiseks merealale on vajalik põhjasubstraadi ja elustiku kriteeriumite samaaegne täitmine.

Põhjasubstraat

Erinevate kõvade substraaditüüpide summaarne osakaal > 50 %. Kõvade substraaditüüpide hulka kuuluvad väikesed kivid (6,4-20 cm), suured kivid (> 20 cm) ja kalju.

Sügavus

Ei ole piiratud.

Elustik

Ühe tunnusliigi või kõigi tunnusliikide summaarne katvus ≥ 10 %. Taimeliikide puhul ei lähe arvesse lahtised vetikad.

Tunnusliigid/rühmad (rasvases kirjas on karakterliik või –rühm ja tavalises kirjas liigid, mis kuuluvad sellesse rühma):

põisadru (*Fucus vesiculosus*), *Fucus radicans*

agarik (*Furcellaria lumbricalis*)

niitjad vetikad*

Aglaothamnion roseum, *Battersia arctica*, *Capsosiphon fulvescens*, *Ceramium spp*, *Chaetomorpha linum*, *Chorda filum*, *Chrodactylon ornatum*, *Cladophora*

spp, Coccotylus truncatus, Dictyosiphon foeniculaceus, Ectocarpus siliculosus, Eudesme virescens, Halosiphon tomentosus, Leathesia marina, Monostroma balticum, Percursaria percursa, Pilayella littoralis, Polyides rotundus, Polysiphonia spp, Punctaria tenuissima, Rhizoclonium riparium, Rhodomela confervoides, Stictyosiphon tortilis, Ulothrix sp, Ulva spp, Urospora penicilliformis, Vertebrata fucoides
söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*)
tavaline tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*)
rändkarp (*Dreissena polymorpha*)

*Niitjad vetikad on tinglik taimede rühma nimetus, mis sisaldab valdavalt niitjaid vetikaid, kuid vähesel määral ka sifonaalse, lehtja jm ehitustüübiga vetikaid; arvesse ei lähe lahtised vetikad.

Liivamadalad

Elupaigatüübi omistamiseks merealale on vajalik põhjasubstraadi, sügavuse ja elustiku kriteeriumite samaaegne täitmine.

Põhjasubstraat

Erinevate liivafraktsioonide (peenliiv, keskmine liiv, jämeliiv) summaarne osakaal > 50 %.

Sügavus

Miimumsügavus: ei ole piiratud kuid arvestada tuleb loodusliku veetaseme kõikumisega; soovitatav on kasutada 1 m sügavuse piirangut, et tagada elupaiga pideva vee all olemise tingimus ja sellega ühtlasi vältida kattumist laugmadalike (1140) elupaigatüübiga.

Maksimumsügavus: footilise tsooni maksimaalne sügavus. Elupaik võib levida footilisest tsoonist sügavamale, kui ta moodustab ühtse terviku footilises tsoonis oleva elupaigaga ning põhjasubstraadi ja elustiku kriteeriumid on täidetud.

Kaardistamisel tuleb hinnata piirkonnaspetsiifiline footilise tsooni levik.

Elustik

Ühe tunnusliigi või kõigi tunnusliikide summaarne katvus $\geq 10\%$ või infauna karpide biomass $\geq 10\text{ g m}^{-2}$ (kojaga kuivkaal).

Tunnusliigid/rühmad (rasvases kirjas on karakterliik või –rühm ja tavalises kirjas liigid, mis kuuluvad sellesse rühma):

mändvetikad

pk mändvetikad (*Chara spp.*)

pesajas tolüpell (*Tolypella nidifica*)

kõrgemad taimed*

pikk merihein (*Zostera marina*)
kardhein (*Ceratophyllum spp.*)
tähk-vesikuusk (*Myriophyllum spicatum*)
meri-näkirohi (*Najas marina*)
perekond penikeel (*Potamogeton spp.*, *Stuckenia pectinata*)
särjesilm (*Ranunculus spp.*)
perekond heinmuda (*Ruppia spp.*)
harilik hanehein (*Zannichellia palustris*)

infauna karbid (merepõhja sette sees elavad karbid)

balti lamekarp (*Macoma balthica*)
liiva uurik-karp (*Mya arenaria*)
söödav südakarp (*Cerastoderma glaucum*)

agariku lahtine vorm (*Furcellaria lumbricalis f. aegagropila*, ainult Kassari lahes)

* kõrgemate taimede rühma kuuluvad ainult riim- ja merevees leiduvad veesisesed liigid, mis kinnituvad juurtega mere põhja (juurdunud sukeltaimed)

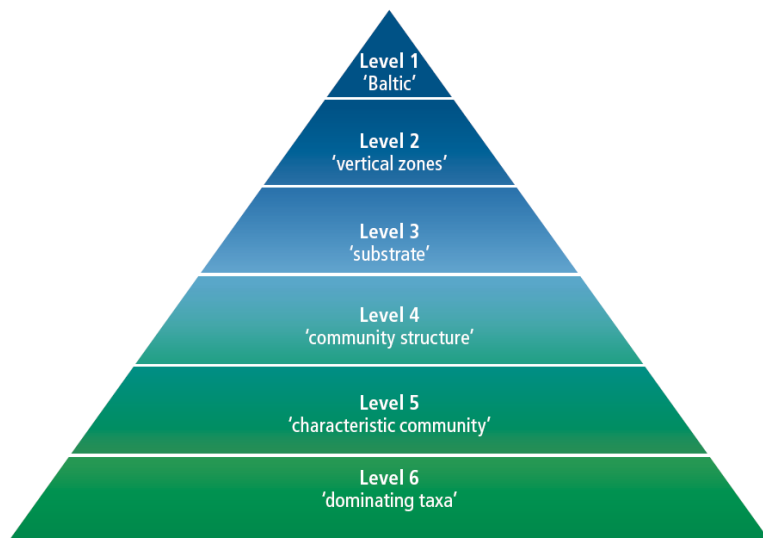
2.4.2. HELCOM HUB

EUNIS klassifikatsiooni merelised elupaigad on välja töötatud eelkõige Briti saarte näitel ja kuna Läänemeres looded puuduvad, siis on EUNIS süsteemi korrektne rakendamine Läänemere puhul võimatu. Selleks, et Läänemere mereelupaikasad EUNIS hierarhiasse sobitada töötati HELCOM-i juhtimisel ja kõigi Läänemere riikide ühise töö tulemusel välja Läänemere EUNIS-e analoog – HELCOM HUB (HELCOM *Underwater Biotopes*) süsteem (HELCOM 2013a). Klassifikatsioon töötati välja kasutades mahukat üle-Läänemerelist andmestikku, kuhu olid kaasatud ka Eesti andmed.

HUB on hierarhiline klassifikatsioonisüsteem, mille abil on võimalik klassifitseerida kõik Läänemere pelaagilised ja bentilised elupaigad. Süsteem on jagatud kuueks tasemeks, kus suurem taseme number näitab detailsemat klassifikatsiooni astet (joonis 2.4.2.1). Alljärgnevalt on toodud kokkuvõtte tasemetest ja nende tähendusest põhjaelupaikade klassifikatsioonis (HELCOM 2013a).

1. Läänemeri: terve Läänemeri kuulub siia tasemesse
2. Vertikaalsed vööndid: bentaal, pelagiaal, talvine jää. Bentaal (merepõhi) ja pelagiaal (veesammas) jaotatakse omakorda footiliseks ja afootiliseks. Footiline on merepõhja osa, kuhu jõuab piisavalt valgust põhjataimestiku kasvuks.

3. Substraat: bentiliste elupaikade substraat ehk materjal, millest koosneb merepõhi. Elupaigad moodustatakse 2. taseme ehk footilise vööndi (footiline, afootiline) ja substraaditüübi kombinatsioonidest (nt kalju ja kivid footilises vööndis, mudane sete afootilises vööndis).
4. Funktsionaalne tüüp (*functional characteristic*) – määratakse üldine põhjakoosluse struktuuri tüüp läbi selle, kas esineb makroepibentos (merepõhja pinnal elavad makroskoopilised taimed ja loomad), makroinfauna (merepõhja setete sees elavad makroskoopilised loomad) või makroskoopiline elustik puudub. Elupaigad moodustatakse kombinatsioonis 2. ja 3. tasemega (nt makroepibentosega kalju ja kivid footilises vööndis, makroinfaunaga mudane sete afootilises vööndis)
5. Iseloomulik kooslus (*characteristic community*): määratakse domineeriva kõrgema taksonoomilise või funktsionaalse rühma järgi (nt mitmeaastased vetikad, üheaastased vetikad, epibentilised karbid, infauna hulkharijasussid jne). Elupaigad klassifitseeritakse arvestades hierarhilist hargnemist 4. tasemel ning kombineeritakse 2. ja 3. tasemega ehk footilisuse ja substraadiga. Olenevalt 5. taseme koosluse määrangust võib klassifikatsioon lõppeda 5. tasemel või minna edasi järgmisele tasemele. Kõik merealad on võimalik klassifitseerida vähemalt 5. tasemeni.
6. Domineeriv liik: liigitase domineeriva liigi järgi



Joonis 2.4.2.1. HELCOM HUB elupaikade klassifikatsiooni tasemed (HELCOM 2013a).

HELCOM HUB põhjaelupaikade klassifikatsioon koos hierarhilise voogdiagrammiga elupaikade määratlemiseks on mahukas dokument, mille täielik reprodutseerimine sellest tööst ei ole otstarbekas. Antud töös lähtuti HELCOM HUB juhendist *HELCOM HUB – Technical*

Report on the HELCOM Underwater Biotope and habitat classification (HELCOM 2013a), mis on internetis saadaval². Lisaks sellele on veebipõhisena olemas ka HUB elupaikade kataloog³. Detailsem eestikeelne kirjeldus HUB süsteemist on esitatud aruandes „HELCOM HUB 5. taseme elupaikade leviku modelleerimine“ (TÜ Eesti Mereinstituut 2021).

2.4.3. MSRD merepõhja elupaikade põhitüübid

Merestrategia raamdirektiivi (MSRD) kohaselt on vajalik mere keskkonnaseisundi hindamisel arvestada üldiste suureskaalaliste elupaikadega. EL Komisjoni otsuse 2017/848 lisa tabelis 2 on toodud välja merepõhja elupaikade põhitüübid ja nendele vastavad Euroopa Liidu loodusteabe süsteemi (EUNIS) elupaikade klassifikatsiooni elupaikade koodid. EUNIS elupaikade klassifikatsioon on üle-Euroopaline süsteem elupaikade määratlemiseks ühistel alustel. Tegemist on hierarhilise süsteemiga, mis katab kõik elupaigatüübid nii maismaal, magevees kui meres. Süsteemi eesmärgiks on luua ühtne süsteem andmete harmoniseerimiseks ja koondamiseks üle-Euroopalisel skaalal (Davies 2004). 2016. aastal korrigeeriti mereliste elupaikade klassifikatsiooni EUNIS-es ja pakuti välja uus tase 2 kodeering (Evans 2016) ning vastav klassifikatsioon on ka aluseks MSRD elupaikade põhitüüpide määratlemisel vastavalt EL Komisjoni otsusele 2017/848.

MSRD merepõhja elupaiga põhitüüpide puhul kombineeruvad substraaditüübid mere üldiste vertikaalsete sügavusvöönditega (nt infralitoraal, tsirkalitoraal, ülemine ja alumine batüaal, abüssaal). Kuna Läänemeri on madal maismaasse lõikunud šelfimeri, kus puuduvad looded, siis ei ole võimalik otse üle võtta MSRD EUNIS-e põhise klassifikatsiooni. Selleks, et Läänemere mereelupaikasad EUNIS hierarhiasse sobitada töötati HELCOM-i juhtimisel ja kõigi Läänemere riikide ühise töö tulemusel välja Läänemere EUNIS-e analoog – HUB süsteem (HELCOM 2013a). HUB süsteemis on loodud praktikas hästi kasutatavad täpsed kriteeriumid elupaikade eristamiseks kuna HUB-i loomisel on silmas peetud just praktilise kaardistustöö vajadusi. HELCOM-i SPICE projekti raames (HELCOM 2017b) on 2017. aastal loodud tabel, mis võimaldab HUB 3. taseme elupaikasad „tõlkida“ MSRD merepõhja elupaikade põhitüüpideks (tabel 2.4.3.1). SPICE aruanne toob välja ainult need MSRD merepõhja elupaikade põhitüübid, mis on Läänemeres esindatud. Loodete puudumise tõttu Läänemeres on loodete vööndi asemel HELCOM SPICE üleminekutabelis kasutatud footilist ja afootilist

² <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP139.pdf>

³ <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/biodiversity/helcom-hub/>

vööndit, mis on ökoloogiliselt väga relevantne piiritlemine. Käesolevas töös on MSRD merepõhja elupaikade põhitüüpide kaardistamisel kasutatud HELCOM SPICE lähenemist (tabel 2.4.3.1), sest see on ainuke regionaalselt tunnustatud ja dokumenteeritud ning praktikas kasutatav lähenemine MSRD elupaikade põhitüüpide kaardistamiseks.

Alates 2023. aastast on Eestis määratletud ka avamerelisi (*offshore*) MSRD merepõhja elupaikade põhitüüpe, mille määratlemise kriteeriumiks on paiknemine allpool pikaajalist keskmist halokliini (TÜ Eesti Mereinstituut 2023). Pikaajalise keskmise halokliini ruumiandmed modelleeriti 2023. a. TalTech Meresüsteemide instituudis (Stella-Theresa Stoicescu ja Urmas Lips) ja vastav metoodika ja tulemus on toodud TÜ Eesti Mereinstituudi (2023) aruande lisas. Käesoleva töö uuringualal püsivat halokliini ei esine ja avamerelised MSRD elupaigad uuringualal puuduvad.

Tabel 2.4.3.1. HUB 3. taseme elupaikade vastavus MSRD merepõhja elupaikade põhitüüpidele vastavalt HELCOM SPICE projekti aruandele (HELCOM 2017). Tabelis on toodud ainult need MSRD merepõhja elupaikade põhitüübid, mis on SPICE aruande järgi Läänemeres esindatud.

MSRD merepõhja elupaiga põhitüübid	HUB 3. taseme elupaigad
Infralittoral rock and biogenic reef (Infralitoraali kivine põhi ja biogeensed karid)	AA.A Baltic photic rock and boulders (kalju ja kivid footilises vööndis) AA.B Baltic photic hard clay AA.C Baltic photic marl (marlstone rock) AA.D Baltic photic maerl beds AA.E Baltic photic shell gravel AA.F Baltic photic ferromanganese concretion bottoms AA.G Baltic photic peat bottoms AA.K Baltic photic hard anthropogenically created substrates
Infralittoral coarse sediment (Jämedateraline infralitoraali sete)	AA.I Baltic photic coarse sediment (jämedateraline sete footilises vööndis)
Infralittoral mixed sediment (Infralitoraali segasete)	AA.M Baltic photic mixed substrate (segasubstraat footilises vööndis)
Infralittoral sand (Infralitoraali liivane põhi)	AA.J Baltic photic sand (liiv footilises vööndis) AA.L Baltic photic soft anthropogenically created substrates
Infralittoral mud (Infralitoraali mudane põhi)	AA.H Baltic photic muddy sediment (muda footilises vööndis) AA.L Baltic photic soft anthropogenically created substrates
Circalittoral rock and biogenic reef (Tsirkalitoraali kivine põhi ja biogeenilised karid)	AB.A Baltic aphotic rock and boulders (kalju ja kivid afootilises vööndis) AB.B Baltic aphotic hard clay AB.C Baltic aphotic marl (marlstone rock) AB.D Baltic aphotic maerl beds AB.E Baltic aphotic shell gravel AB.F Baltic aphotic ferromanganese concretion bottoms AB.G Baltic aphotic peat bottoms AB.K Baltic aphotic hard anthropogenically created substrates

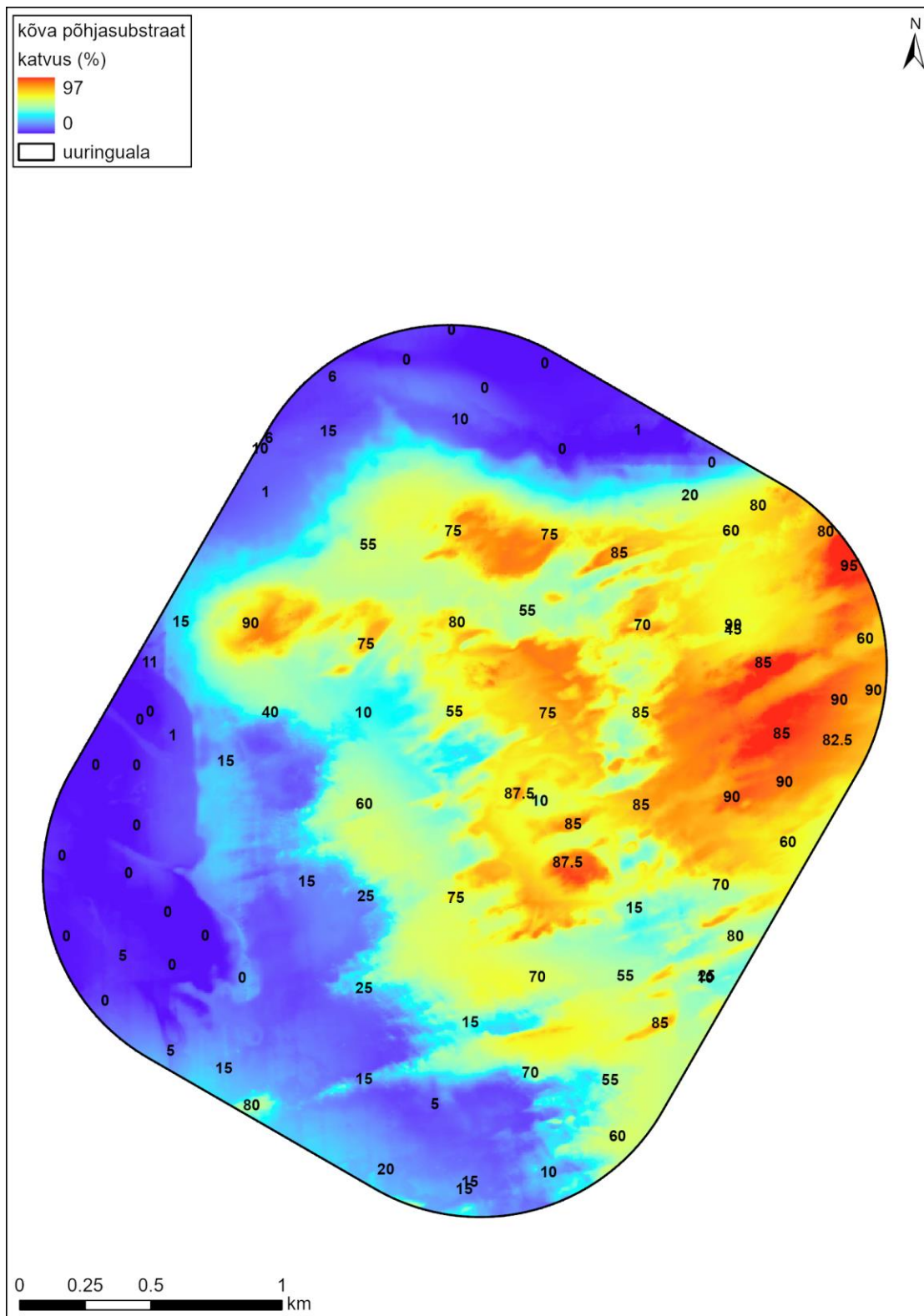
Circalittoral coarse sediment (Jämedateraline tsirkalitoraali sete)	AB.I Baltic aphotic coarse sediment (jämedateraline sete afootilises vööndis)
Circalittoral mixed sediment (Tsirkalitoraali segasete)	AB.M Baltic aphotic mixed substrate (segasubstraat afootilises vööndis)
Circalittoral sand (Tsirkalitoraali liivane põhi)	AB.J Baltic aphotic sand (liiv afootilises vööndis) AB.L Baltic aphotic soft anthropogenically created substrates
Circalittoral mud (Tsirkalitoraali mudane põhi)	AB.H Baltic aphotic muddy sediment (muda afootilises vööndis) AB.L Baltic aphotic soft anthropogenically created substrates
Offshore circalittoral rock and biogenic reef (Avamere tsirkalitoraali kivine põhi ja biogeensed karid)	Otsest vastet pole. Elupaik defineeritud kui HUB elupaik AB.A Baltic aphotic rock and boulders (kalju ja kivid afootilises vööndis) allpool halokliini
Offshore circalittoral coarse sediment (Avamere jämedateraline tsirkalitoraali sete)	Otsest vastet pole. Elupaik defineeritud kui HUB elupaik AB.I Baltic aphotic coarse sediment (jämedateraline sete afootilises vööndis) allpool halokliini
Offshore circalittoral mixed sediment (Avamere tsirkalitoraali segasete)	Otsest vastet pole. Elupaik defineeritud kui HUB elupaik AB.M Baltic aphotic mixed substrate (segasubstraat afootilises vööndis) allpool halokliini
Offshore circalittoral sand (Avamere tsirkalitoraali liivane põhi)	Otsest vastet pole. Elupaik defineeritud kui HUB elupaik AB.J Baltic aphotic sand (liiv afootilises vööndis) allpool halokliini
Offshore circalittoral mud (Avamere tsirkalitoraali mudane põhi)	Otsest vastet pole. Elupaik defineeritud kui HUB elupaik AB.H Baltic aphotic muddy sediment (muda afootilises vööndis) allpool halokliini

3. VÄLIUURINGUTE TULEMUSED

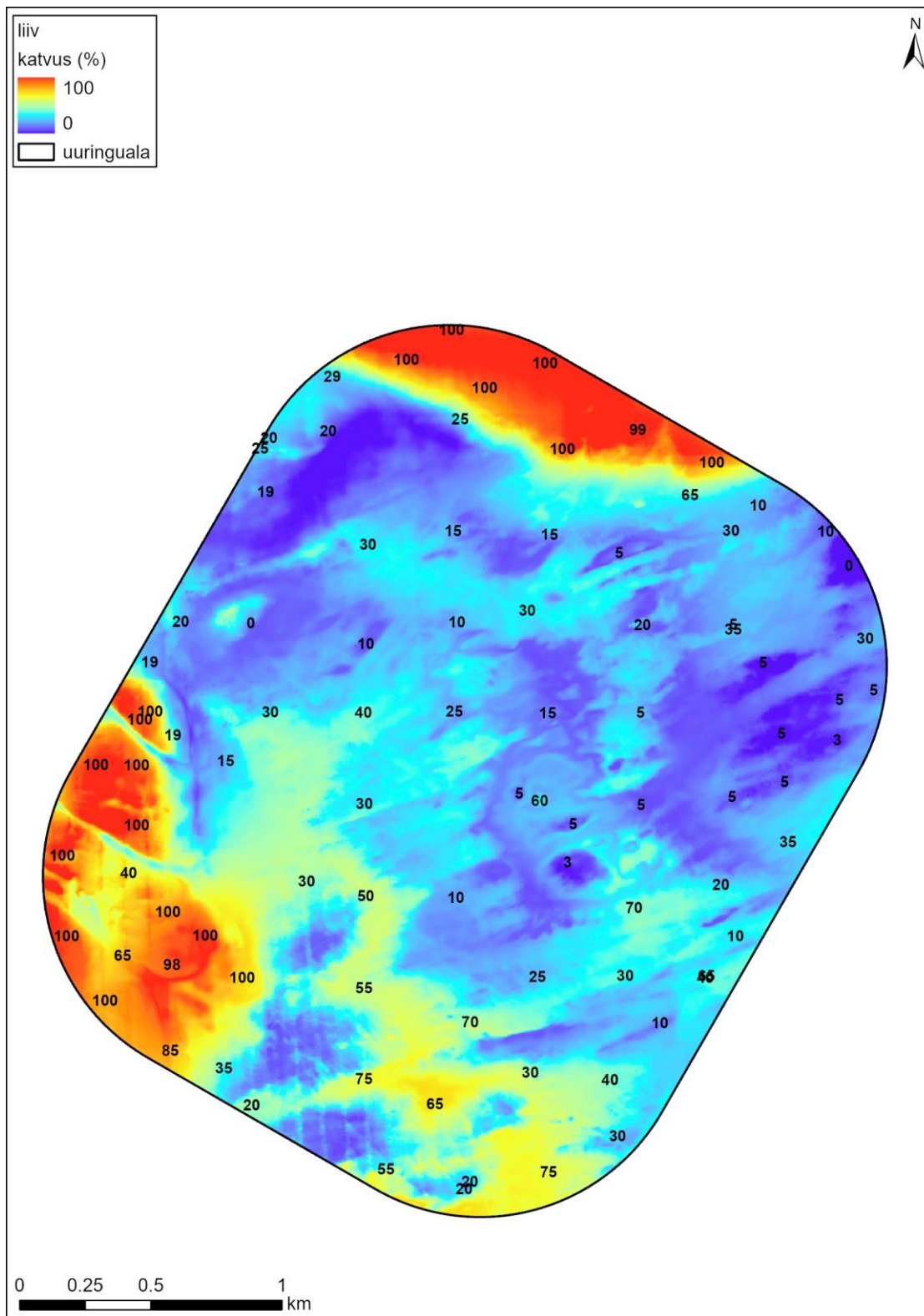
3.1. Merepõhja substraat

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.

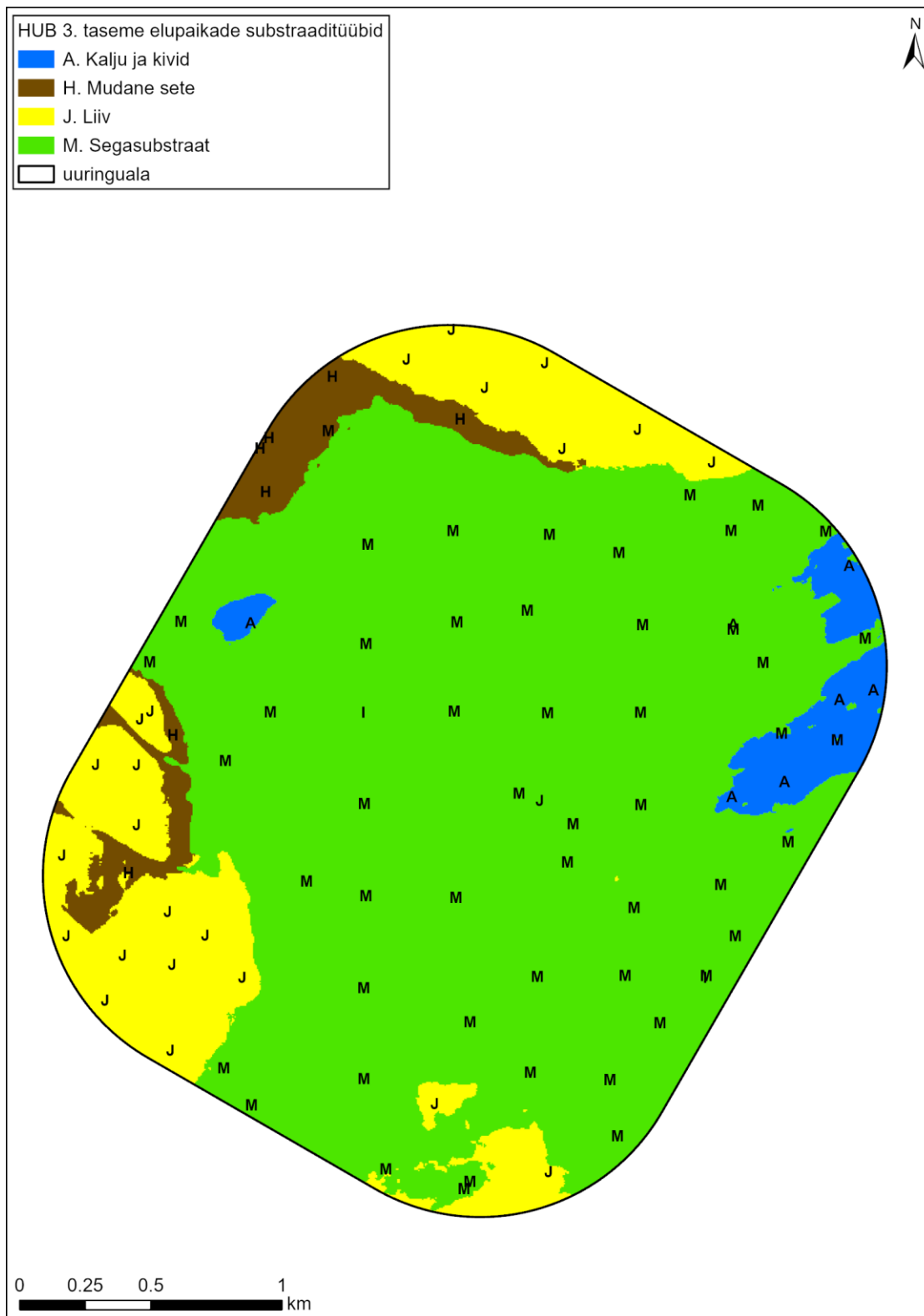
Tulemustest nähtus, et uuringualal domineeris segasubstraat. Kõva merepõhi oli seotud eelkõige uuringuala idaosa madalamate kohtadega. Pehmemad põhjasetted olid levinud eelkõige uuringuala sügavamas lääneosas aga ka põhjapoolses servas (joonised 3.1.1 kuni 3.1.3).



Joonis 3.1.1. Kõva põhjasubstraadi katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrid näitavad väärtusi proovipunktides.



Joonis 3.1.2. Liiva katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrid näitavad väärtusi proovipunktides.



Joonis 3.1.3. HELCOM HUB elupaikade klassifikatsiooni 3. taseme elupaikade substraaditüüpide levik uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Tähed näitavad väärtusi proovipunktides.

3.2. Põhjaelustik

Katvusproovides tuvastati kokku kuus põhjaelustiku taksonit, millest kolm olid taime- ja kolm loomastikutaksonid (tabel 3.2.1). Kõige levinumaks liigiks oli söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*), mida esines üle 70% proovipunktidest (tabel 3.2.1). Söödav rannakarp oli ühtlasi ka kõige kõrgema katvusega liik. Levimuselt järgmised olid hüdraloomade rühm (*Hydrozoa*) ja niitjas pruunvetikas *Battersia arctica*.

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

takson	esinemine (%)	sügavus, miinimum (m)	sügavus, maksimum (m)	katvus, keskmine (%)	katvus, maksimum (%)
taimestik					
<i>Battersia arctica</i>	20.7	18.1	23.3	3.1	10
<i>Rhodochorton purpureum</i>	8.7	18.1	24.6	0.9	1
<i>Vertebrata fucoides</i>	3.3	18.1	19.8	0.7	1
loomastik					
<i>Amphibalanus improvisus</i>	17.4	18.1	31.2	2.8	5
<i>Hydrozoa</i>	40.2	18.1	31.2	3.3	10
<i>Mytilus trossulus</i>	73.9	18.1	31.4	22.4	60

Biomassiproovidest leiti kokku 32 erinevat põhjaelustiku taksonit, millest neli olid taime- ja 28 loomataksoneid (tabel 3.2.2). Kõige sagedamini esinevateks liikideks (sagedus > 70%) olid balti lamekarp (*Macoma balthica*) ja lamekeermene vesitigu (*Peringia ulvae*). Vähemalt pooltes biomassiproovides esinesid veel väheharjasussid (*Oligochaeta*), söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*) ja tavaline harjasliimukas (*Hediste diversicolor*). Kõrgeima keskmise ja maksimaalse biomassidega (> 1 kg m⁻²) oli söödav rannakarp. Taimestiku biomass oli uuringualal väga madal (< 1 g m⁻²), sest tegemist on taimestiku jaoks suure vee sügavusega alaga.

Joonisel 3.2.1 on näidatud kõigi liikide esinemine uuringualal üle katvus- ja biomassiproovide.

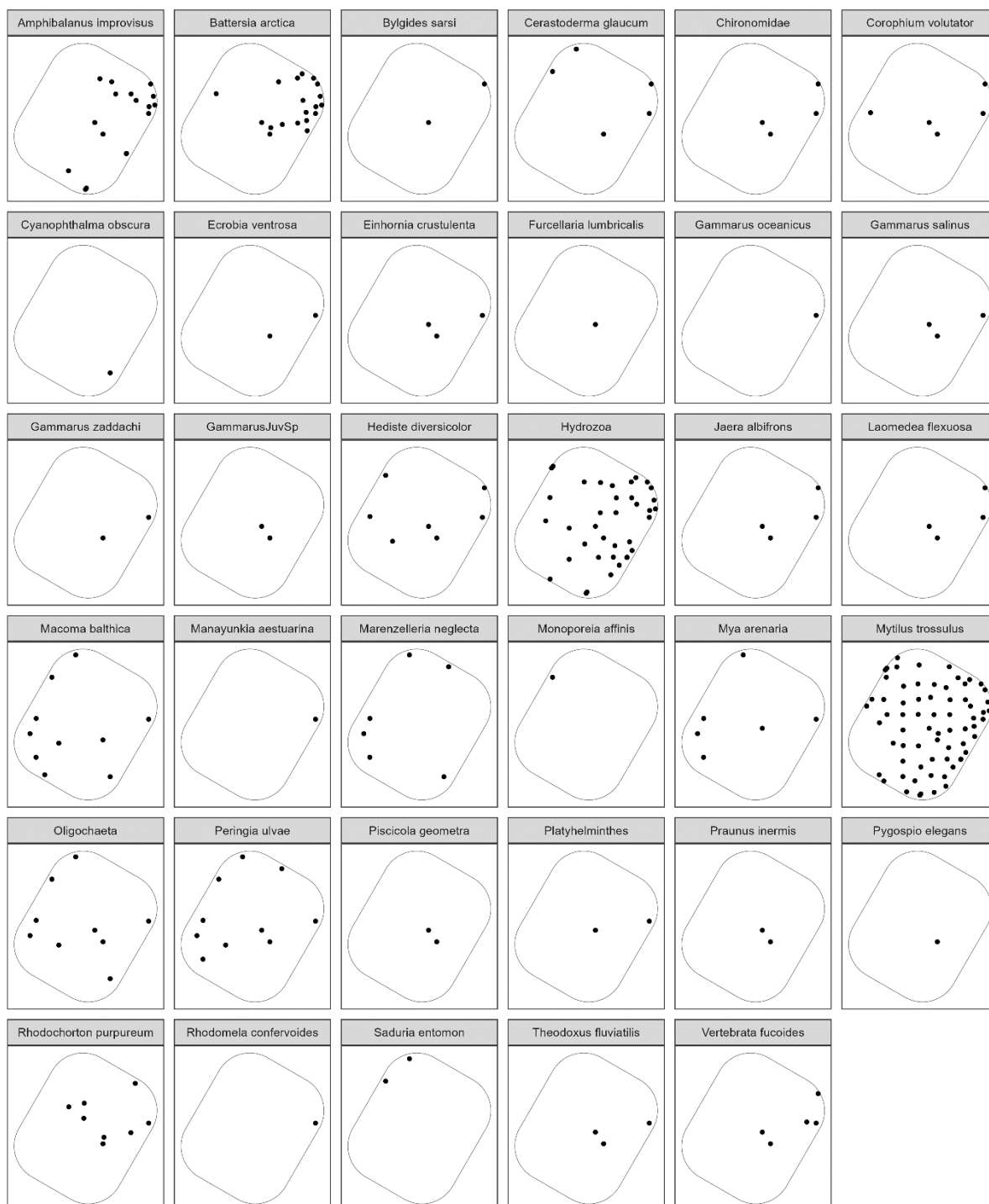
Mitte ükski leitud liikidest ei kuulu HELCOM punase raamatu (*Red List*) põhjaloomastiku⁴ ega põhjataimestiku⁵ ohustatud liikide nimekirja (kategoriad CR, EN, VU, NT).

⁴ <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/biodiversity/red-list-of-baltic-species/red-list-of-benthic-invertebrates/>

⁵ <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/biodiversity/red-list-of-baltic-species/red-list-of-macrophytes/>

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

takson	esinemine (%)	sügavus, miinimum (m)	sügavus, maksimum (m)	biomass, keskmine (g/m ²)	biomass, maksimum (g/m ²)
taimestik					
<i>Battersia arctica</i>	28.6	18.1	19.8	0.031	0.0608
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	7.1	19.8	19.8	0.08	0.08
<i>Rhodomela confervoides</i>	7.1	18.1	18.1	0.005	0.005
<i>Vertebrata fucoides</i>	28.6	18.1	19.8	0.0089	0.0114
loomastik					
<i>Amphibalanus improvisus</i>	28.6	18.1	19.8	13.1646	29.4967
<i>Bylgides sarsi</i>	14.3	19.2	19.8	0.0074	0.0114
<i>Cerastoderma glaucum</i>	35.7	18.1	27.3	0.11	0.4474
<i>Chironomidae</i>	28.6	18.1	19.8	0.0053	0.0152
<i>Cordylophora caspia</i>	7.1	18.1	18.1	0.0125	0.0125
<i>Corophium volutator</i>	35.7	18.1	26.3	0.0637	0.1748
<i>Cyanophthalma obscura</i>	7.1	28	28	0.0038	0.0038
<i>Ecrobia ventrosa</i>	14.3	18.1	18.4	0.0633	0.0658
<i>Gammarus oceanicus</i>	7.1	18.1	18.1	0.0667	0.0667
<i>Gammarus salinus</i>	21.4	18.1	19.8	0.9469	1.31
<i>Gammarus zaddachi</i>	14.3	18.1	18.4	0.0879	0.1067
<i>Gammarus JuvSp</i>	14.3	18.4	19.8	0.0629	0.095
<i>Hediste diversicolor</i>	50	18.1	29.8	0.0725	0.1342
<i>Jaera albifrons</i>	28.6	18.1	19.8	0.0777	0.14
<i>Laomedea flexuosa</i>	28.6	18.1	19.8	0.081	0.1325
<i>Macoma balthica</i>	71.4	18.1	31.4	11.8074	37.7112
<i>Manayunkia aestuarina</i>	7.1	18.1	18.1	0.0008	0.0008
<i>Marenzelleria neglecta</i>	42.9	21.6	29.4	0.0342	0.095
<i>Monoporeia affinis</i>	7.1	27.3	27.3	0.0038	0.0038
<i>Mya arenaria</i>	42.9	18.1	29.4	0.0581	0.2698
<i>Mytilus trossulus</i>	50	18.1	29.8	383.6518	1073.1558
<i>Oligochaeta</i>	64.3	18.1	29.8	0.0343	0.1824
<i>Peringia ulvae</i>	71.4	18.1	29.8	0.2495	0.665
<i>Piscicola geometra</i>	14.3	18.4	19.8	0.0196	0.0292
<i>Platyhelminthes</i>	14.3	18.1	19.8	0.0033	0.0033
<i>Praunus inermis</i>	14.3	18.4	19.8	0.0088	0.0108
<i>Pygospio elegans</i>	7.1	18.4	18.4	0.01	0.01
<i>Saduria entomon</i>	14.3	21.6	27.3	2.4054	4.1534
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	21.4	18.1	19.8	0.3789	0.7767

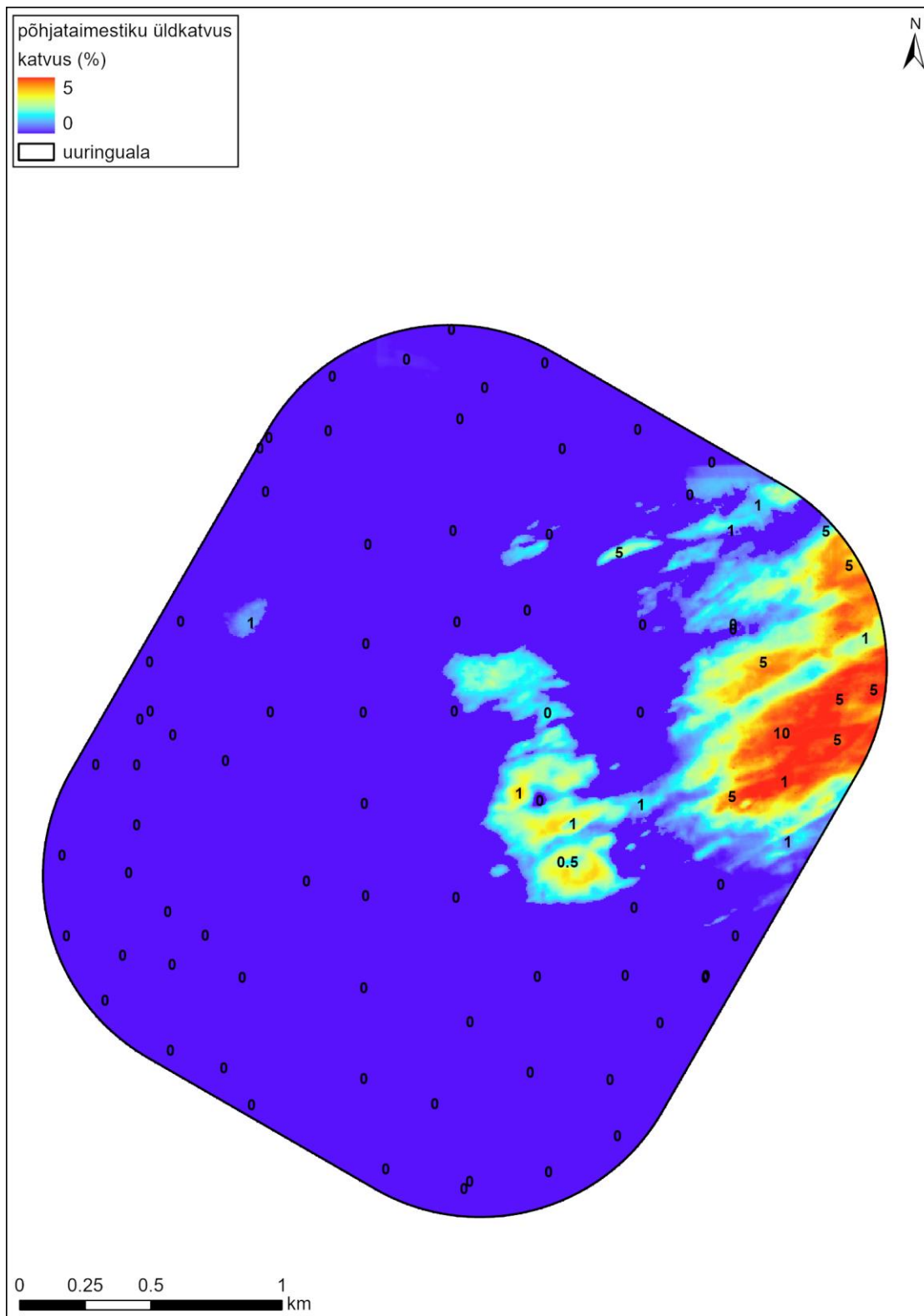


Joonis 3.2.1. Katvusproovides ja biomassiproovides tuvastatud põhjaelustiku taksonite esinemine proovipunktides.

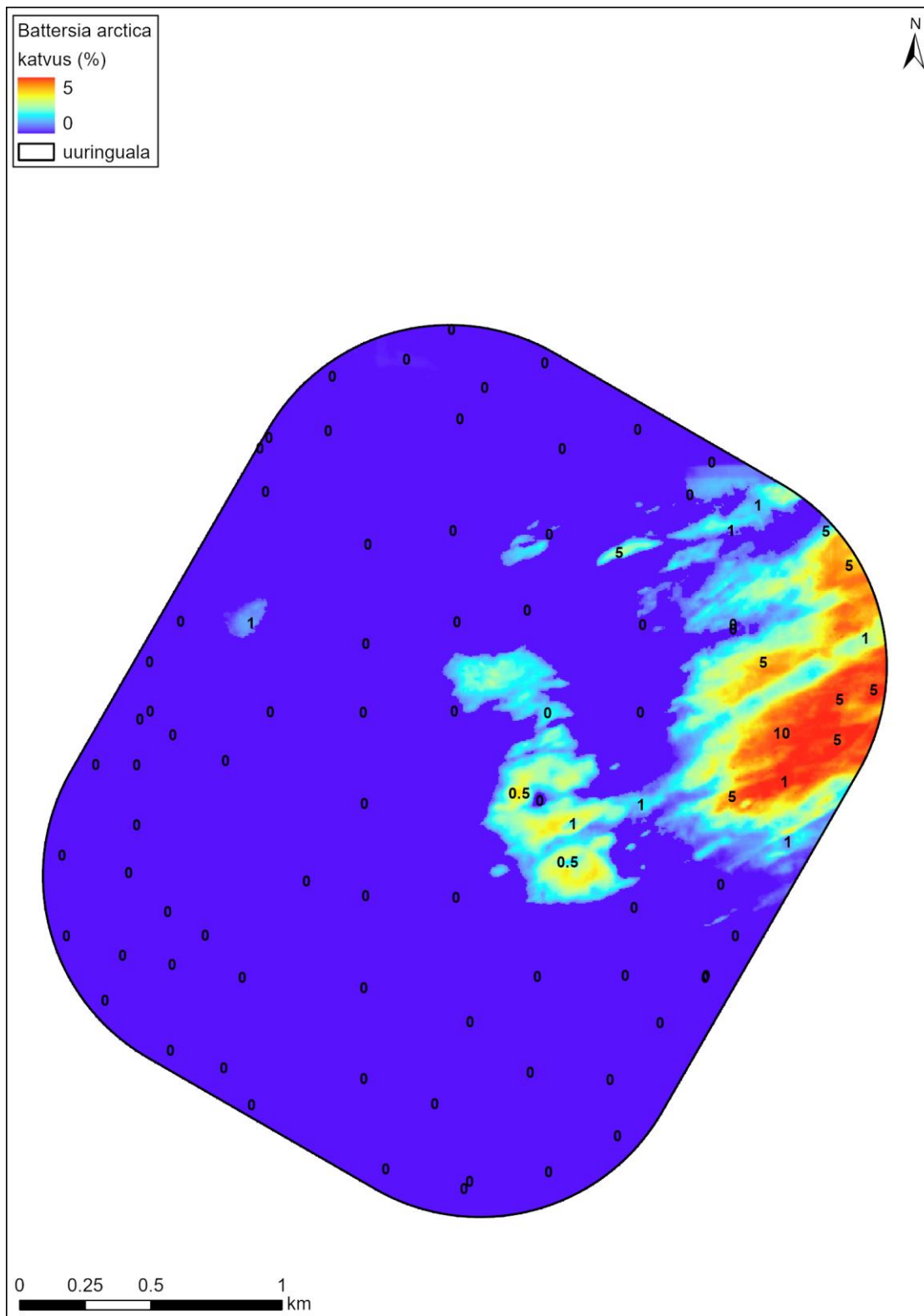
Põhjataimestiku maksimaalse sügavusega leid oli niitjas punavetikas *Rhodochorton purpureum* 24,6 m sügavuselt (Transpordiameti sügavusandmete järgi 24,2 m). Selle sügavuse järgi fikseeriti uuringuala maksimaalne footiline sügavus. Olgugi, et ligikaudu 40% uuringualast oli footilises tsoonis, oli põhjataimestiku levik piiratud ja ohtrus (katvus, biomass)

väga madal, sest suurema osa taimeliikide jaoks on uuringuala liiga sügav. Lisaks sügavusele piirab põhjataimestiku levikut uuringualal ka avatus lainetusele. Põhjataimestik oli madala üldkatvusega ja levik seotud uuringuala idaosaga (joonis 3.2.2), mis on kõige madalam ja kus domineerib taimede kinnitumiseks vajalik kõva põhjasubstraat. Üldkatvuse moodustas peaaegu eranditult uuringuala levinuim taimeliik – niitjas pruunvetikas *Battersia arctica* (joonis 3.2.3)

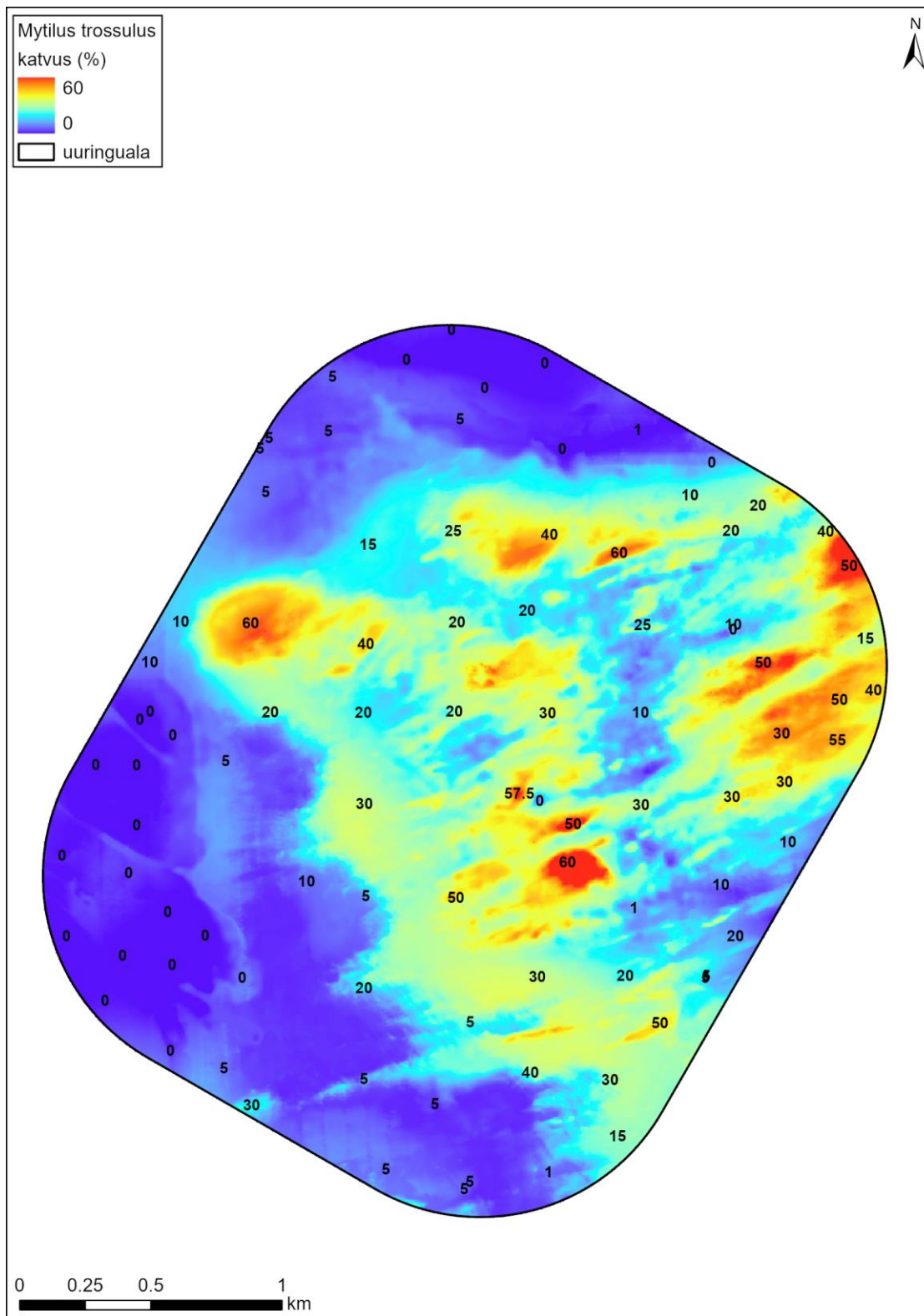
Epibentilistest põhjaloomastiku taksonitest olid uuringualal laialdaselt levinud söödav rannakarp (joonis 3.2.4) ja hüdraloomad (joonis 3.2.5). Infauna dominantliigi – balti lamekarbi – biomassi levik on näidatud joonisel 3.2.6.



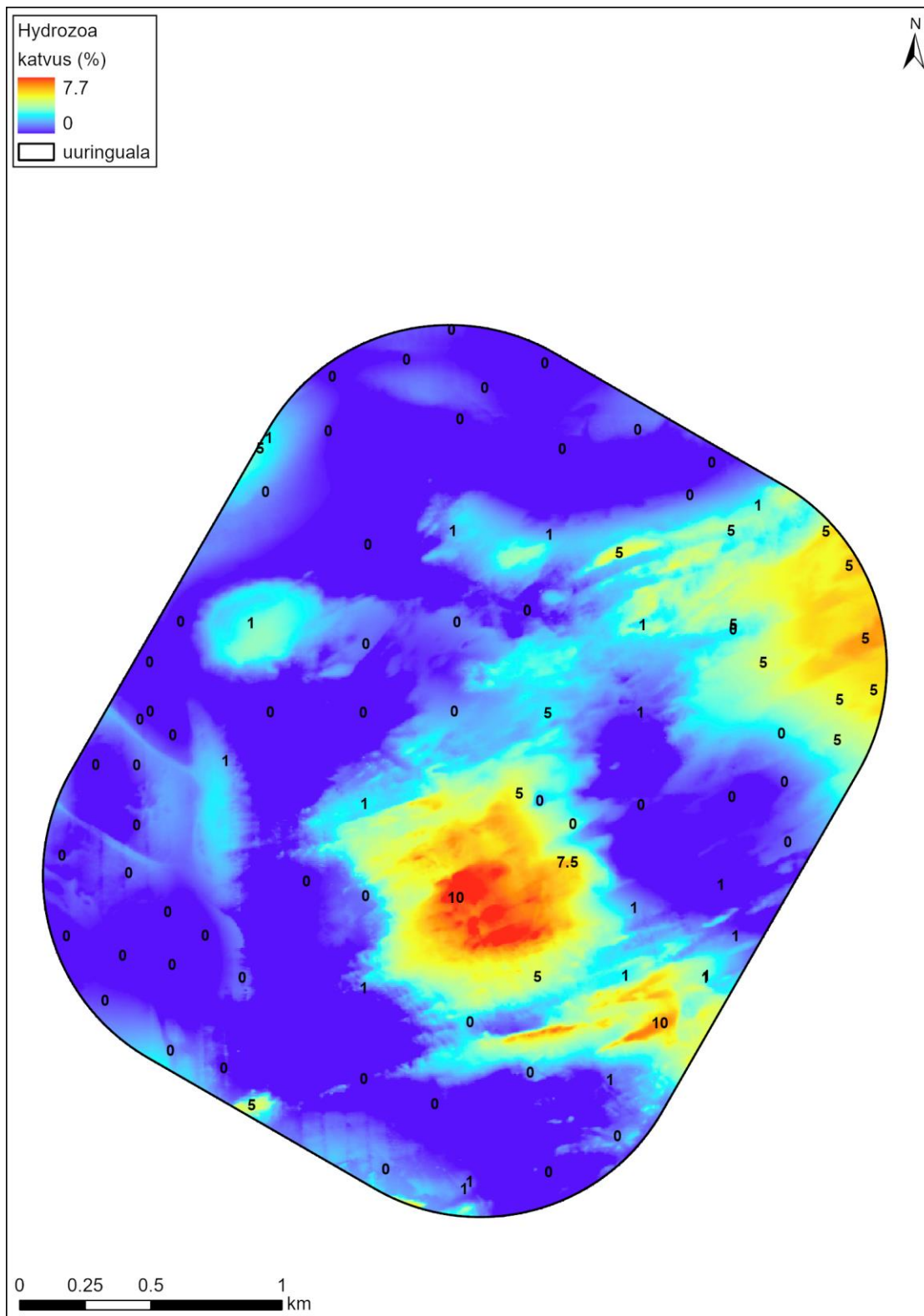
Joonis 3.2.2. Põhjataimestiku üldkatvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrid näitavad väärtusi proovipunktides.



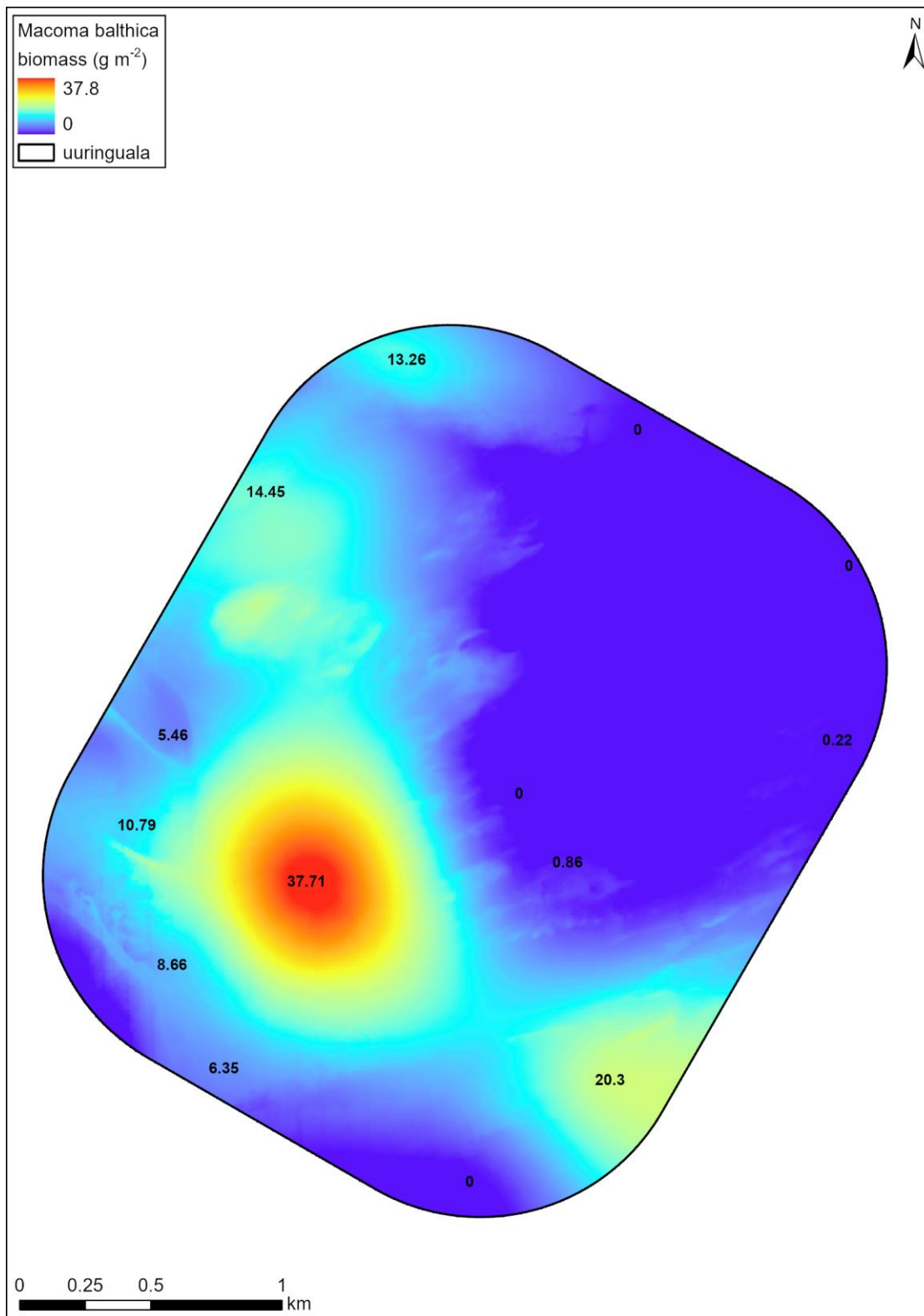
Joonis 3.2.3. Niitja pruunvetika *Battersia arctica* katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrid näitavad väärtusi proovipunktides.



Joonis 3.2.4. Söödava rannakarbi (*Mytilus trossulus*) katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrid näitavad väärtusi proovipunktides.



Joonis 3.2.5. Hüdraloomade (*Hydrozoa*) katvus uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrid näitavad väärtusi proovipunktides.



Joonis 3.2.6. Balti lamekarbi (*Macoma balthica*) biomass uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel. Numbrid näitavad väärtusi proovipunktides.

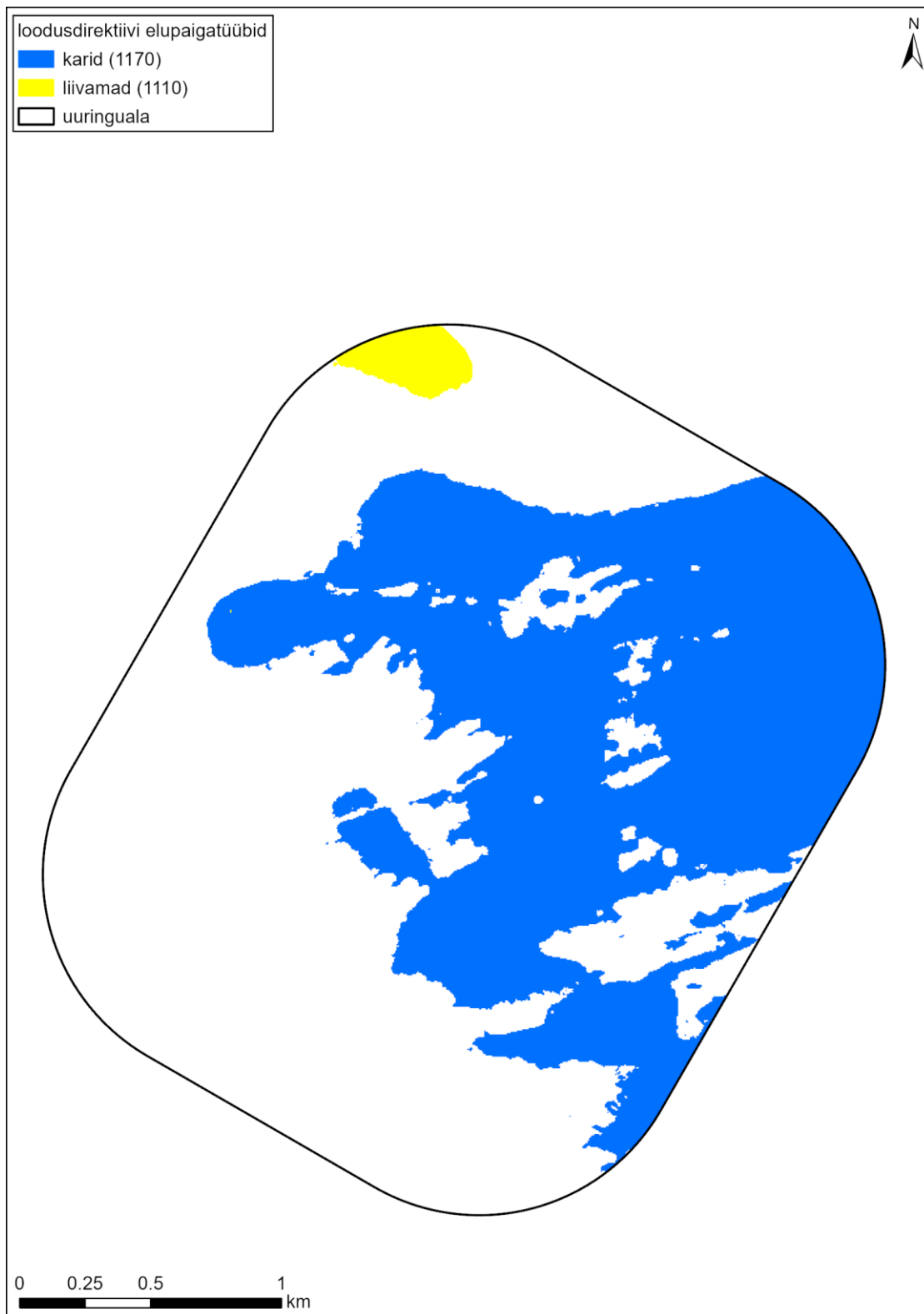
3.3. Põhjaelupaigad

3.3.1. Loodusdirektiivi elupaigatüübid

Uuringualal tuvastati Loodusdirektiivi elupaigatüüpide liivamadalad (1110) ja karid (1170) esinemine (joonis 3.3.1.1). Liivamadalate levik piirdus üsna väikese alaga uuringuala põhjaosas ja see oli seotud footilises vööndis asuva liivase merepõhjaga, mida asustasid infauna karbid (eelkõige balti lamekarp). Karid olid levinud üsna laialdaselt (42% uuringuala pindalast). Karide võtmeliigiks oli söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*). Loodusdirektiivi elupaigatüüpide pindalad ja pindalade osakaalud kogu uuringualast on toodud tabelis 3.3.1.1.

Tabel 3.3.1.1. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide pindalad uuringualal.

kood	nimetus	pindala (km ²)	pindala (%)
1170	karid	3.17	42.3
1110	liivamadalad	0.09	1.2



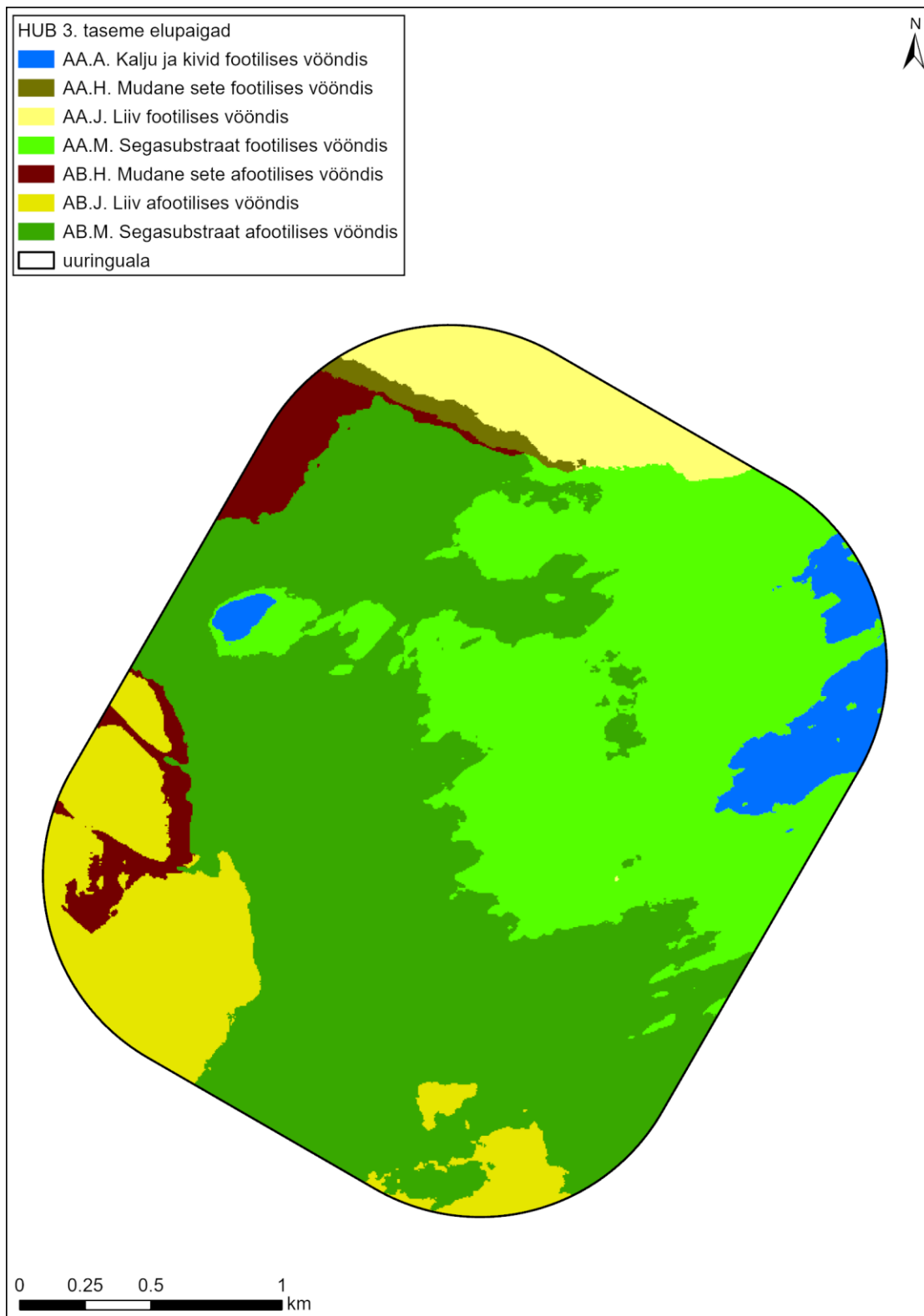
Joonis 3.3.1.1. Loodusdirektiivi elupaigatüüpide levik uuringualal.

3.3.2. HELCOM HUB elupaigad

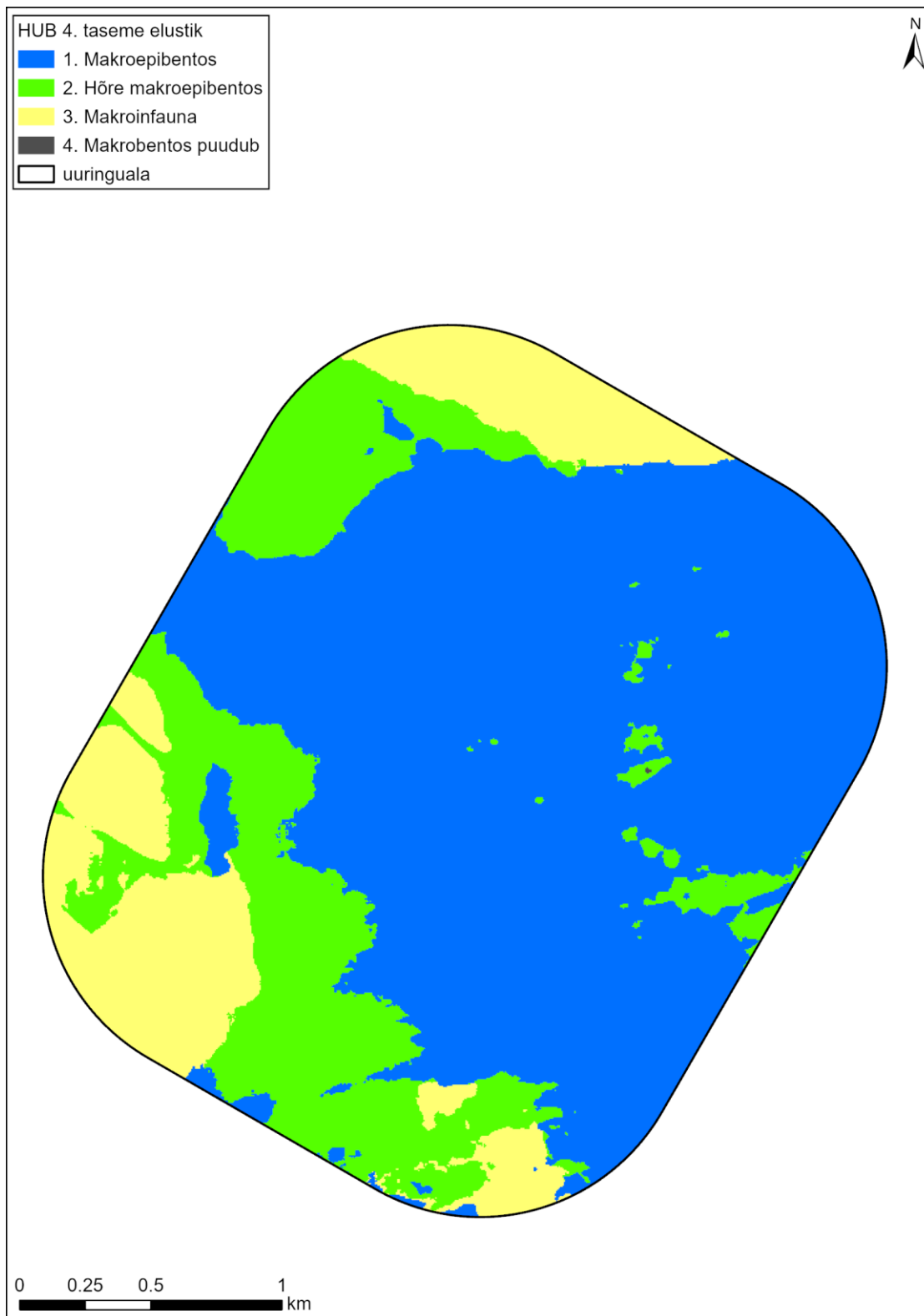
HELCOM HUB klassifikatsiooni järgi modelleeriti tasemete 3 kuni 5 levik uuringualal. Tase 3 substraaditüüpide levik on esitatud peatükis 3.1. HUB 3. taseme elupaigad on toodud joonisel 3.3.2.1 ja nende pindalad tabelis 3.3.2.1. HUB 4. ja 5. tasemete puhul on näidatud joonistel nii elupaigaklass (joonised 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 vastavalt tabelites 3.3.2.2 ja 3.3.2.3.

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

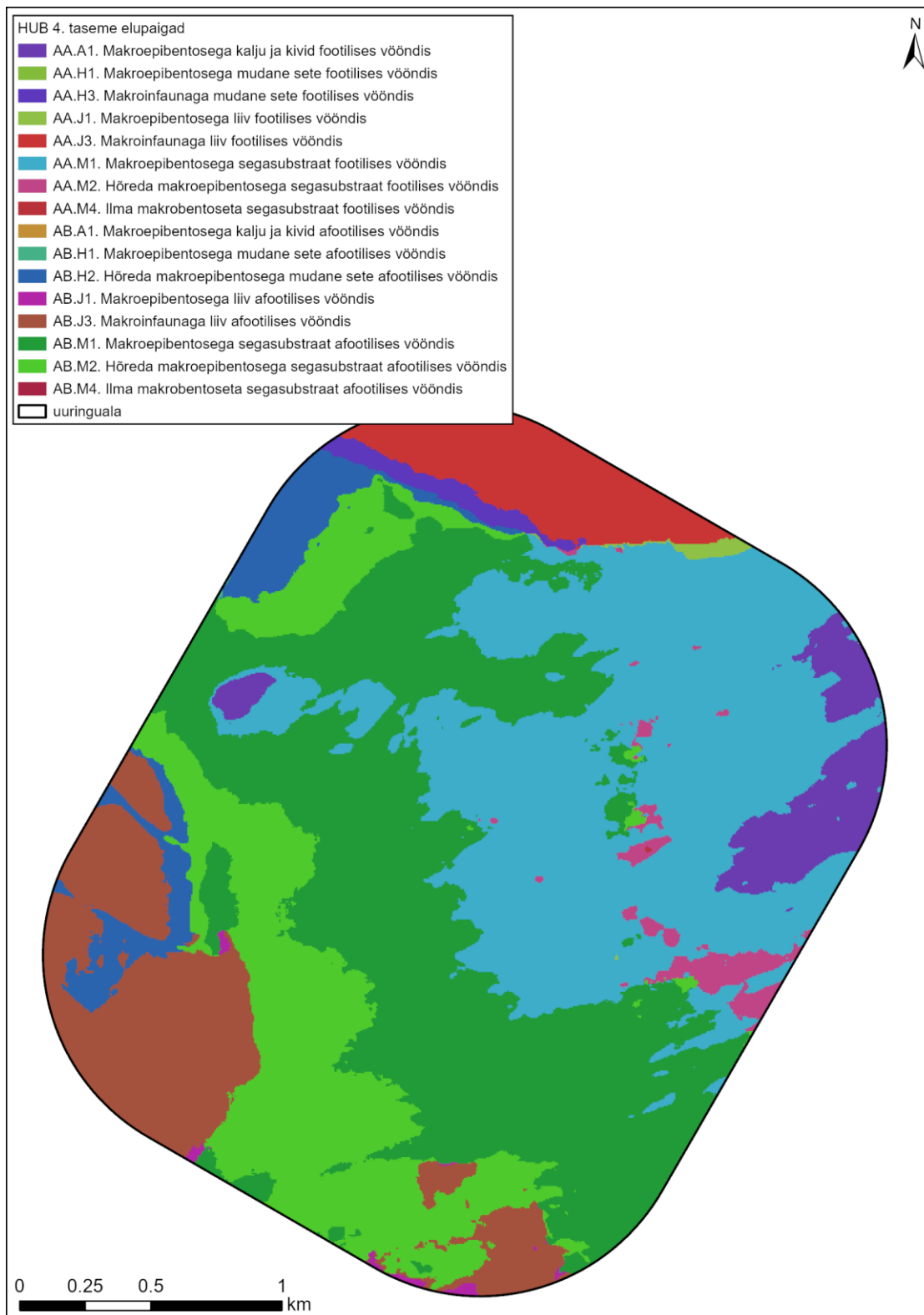
kood	nimetus	pindala (km²)	pindala (%)
AA.A	Kalju ja kivid footilises vööndis	0.29	3.85
AA.H	Mudane sete footilises vööndis	0.07	0.87
AA.J	Liiv footilises vööndis	0.39	5.16
AA.M	Segasubstraat footilises vööndis	2.24	29.77
AB.H	Mudane sete afootilises vööndis	0.28	3.77
AB.J	Liiv afootilises vööndis	0.79	10.56
AB.M	Segasubstraat afootilises vööndis	3.46	46.03



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



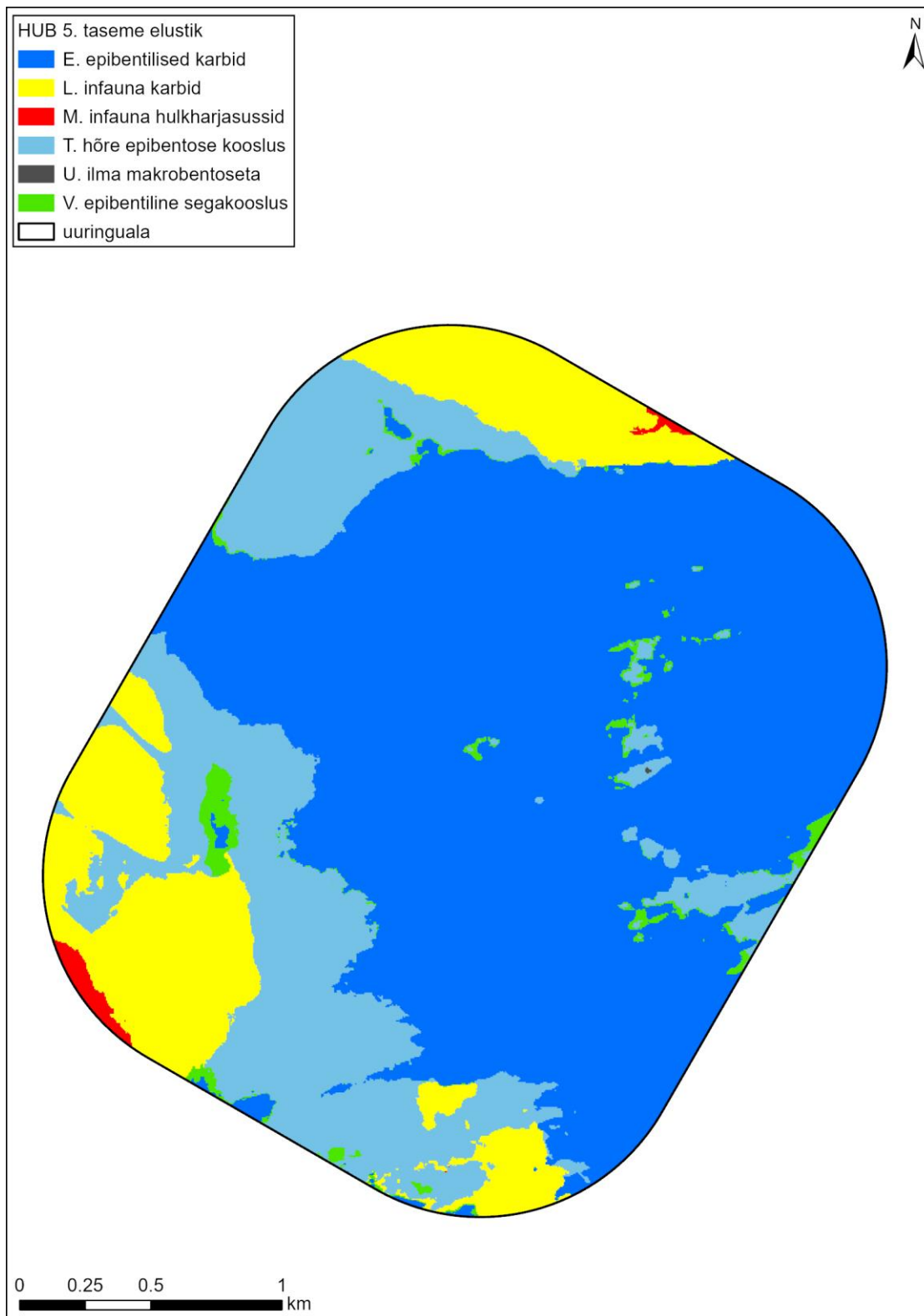
Joonis 3.3.2.2. HELCOM HUB 4. taseme elupaikade elustiku levik uuringualal.



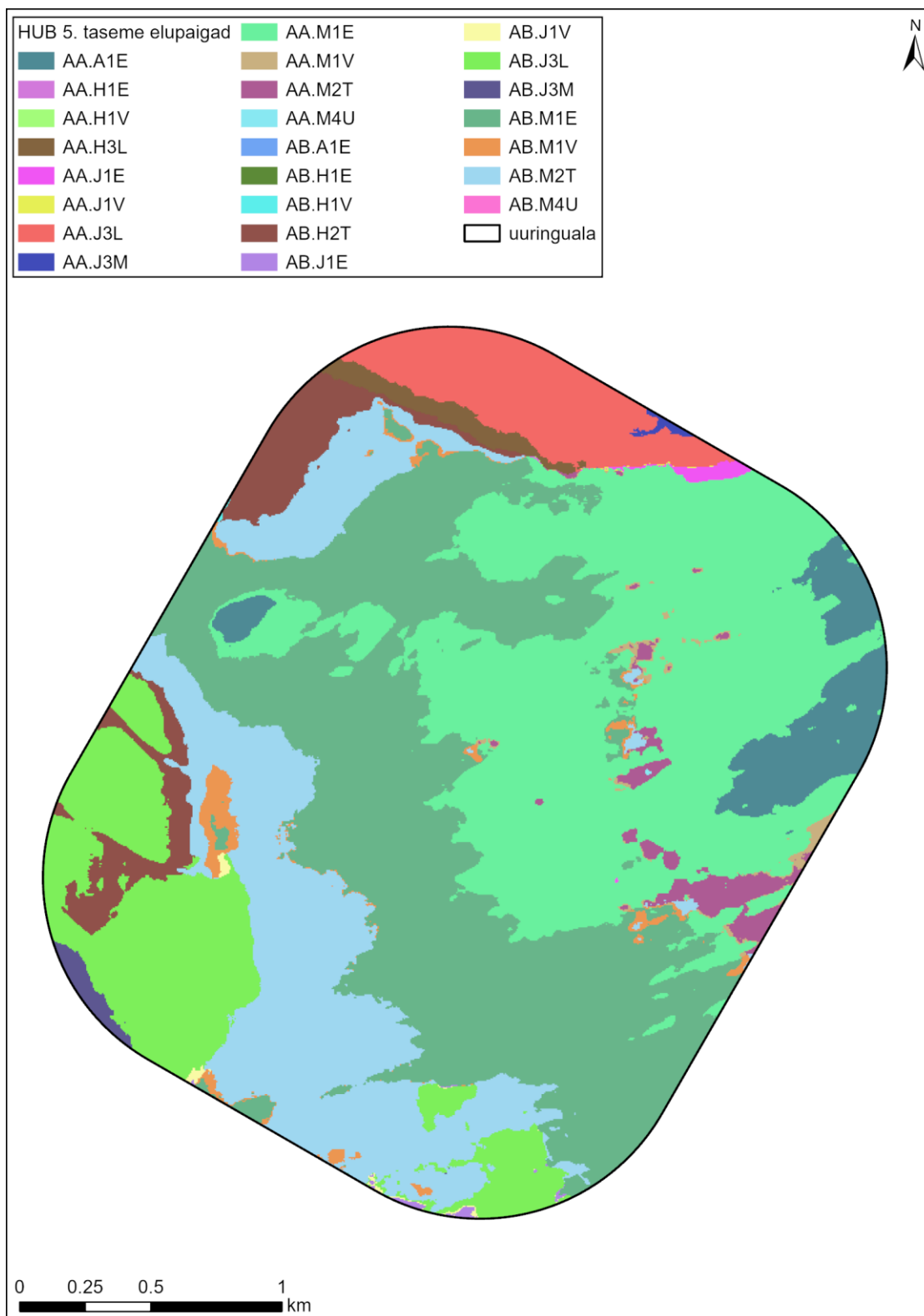
Joonis 3.3.2.3. HELCOM HUB 4. taseme elupaikade levik uuringualal.

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

kood	nimetus	pindala (km²)	pindala (%)
AA.A1	Makroepibentosega kalju ja kivid footilises vööndis	0.29	3.85
AA.H1	Makroepibentosega mudane sete footilises vööndis	0.00	0.00
AA.H3	Makroinfaunaga mudane sete footilises vööndis	0.06	0.86
AA.J1	Makroepibentosega liiv footilises vööndis	0.02	0.24
AA.J3	Makroinfaunaga liiv footilises vööndis	0.37	4.92
AA.M1	Makroepibentosega segasubstraat footilises vööndis	2.13	28.40
AA.M2	Hõreda makroepibentosega segasubstraat footilises vööndis	0.10	1.37
AA.M4	Ilma makrobentoseta segasubstraat footilises vööndis	0.0004	0.01
AB.H1	Makroepibentosega mudane sete afootilises vööndis	0.0009	0.01
AB.H2	Hõreda makroepibentosega mudane sete afootilises vööndis	0.28	3.75
AB.J1	Makroepibentosega liiv afootilises vööndis	0.02	0.22
AB.J3	Makroinfaunaga liiv afootilises vööndis	0.78	10.34
AB.M1	Makroepibentosega segasubstraat afootilises vööndis	2.26	30.10
AB.M2	Hõreda makroepibentosega segasubstraat afootilises vööndis	1.20	15.93



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.

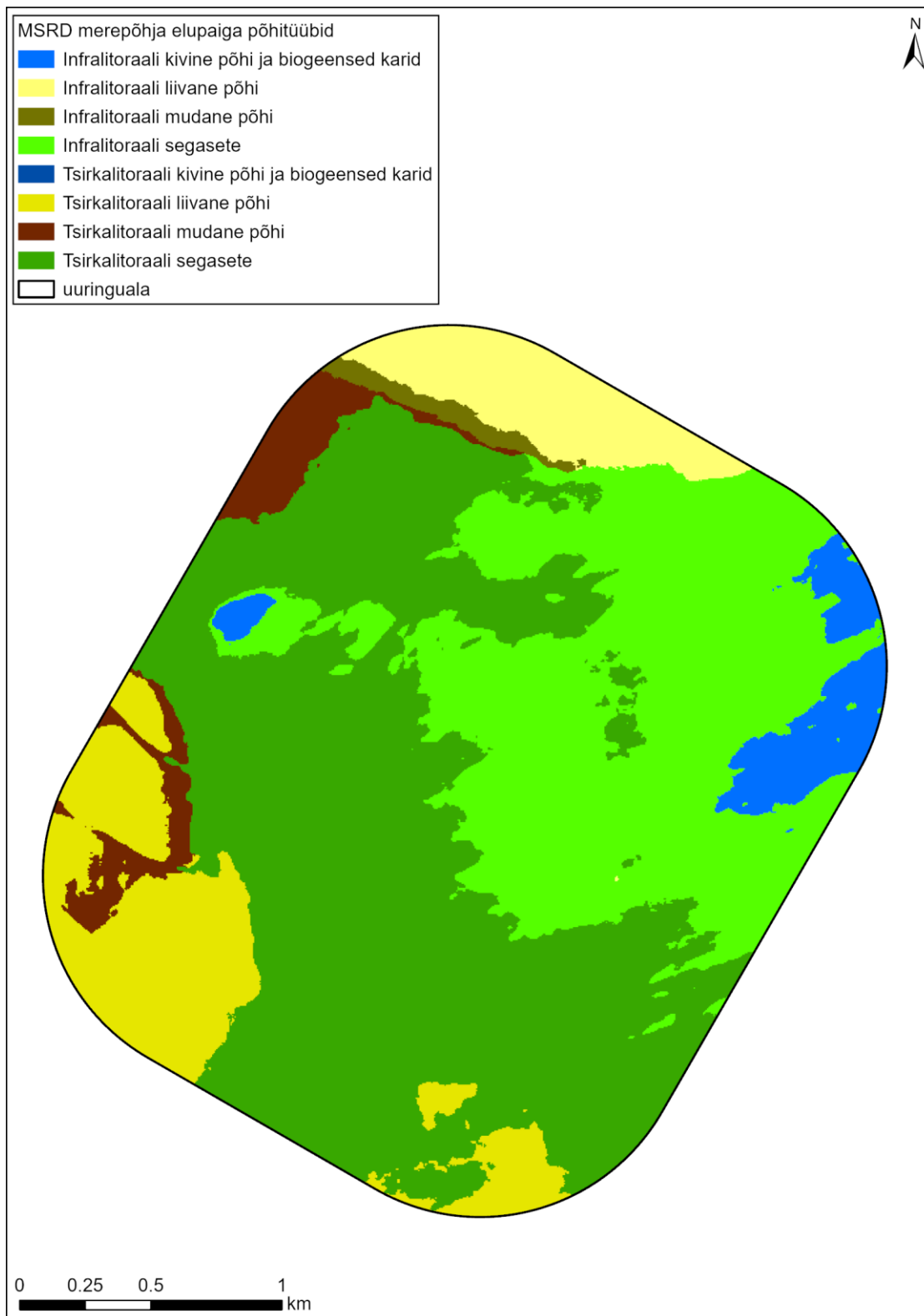
kood	nimetus	pindala (km ²)	pindala (%)
AA.A1E	Epibentiliste karpidega kalju ja kivid footilises vööndis	0.29	3.85
AA.H1E	Epibentiliste karpidega mudane sete footilises vööndis	0.00	0.00
AA.H1V	Epibentilise segakooslusega mudane sete footilises vööndis	0.00	0.00
AA.H3L	Infauna karpidega mudane sete footilises vööndis	0.06	0.86
AA.J1E	Epibentiliste karpidega liiv footilises vööndis	0.02	0.22
AA.J1V	Epibentilise segakooslusega liiv footilises vööndis	0.001	0.01
AA.J3L	Infauna karpidega liiv footilises vööndis	0.36	4.82
AA.J3M	Infauna hulkharjasussidega liiv footilises vööndis	0.01	0.10
AA.M1E	Epibentiliste karpidega segasubstraat footilises vööndis	2.10	27.98
AA.M1V	Epibentilise segakooslusega segasubstraat footilises vööndis	0.03	0.43
AA.M2T	Hõreda epibentosega segasubstraat footilises vööndis	0.10	1.37
AA.M4U	Ilma makrobentosega segasubstraat footilises vööndis	0.0004	0.01
AB.H1V	Epibentilise segakooslusega mudane sete afootilises vööndis	0.0009	0.01
AB.H2T	Hõreda epibentosega mudane sete afootilises vööndis	0.28	3.75
AB.J1E	Epibentiliste karpidega liiv afootilises vööndis	0.01	0.10
AB.J1V	Epibentilise segakooslusega liiv afootilises vööndis	0.01	0.12
AB.J3L	Infauna karpidega liiv afootilises vööndis	0.75	9.97
AB.J3M	Infauna hulkharjasussidega liiv afootilises vööndis	0.03	0.38
AB.M1E	Epibentiliste karpidega segasubstraat afootilises vööndis	2.18	29.03
AB.M1V	Epibentilise segakooslusega segasubstraat afootilises vööndis	0.08	1.07
AB.M2T	Hõreda epibentosega segasubstraat afootilises vööndis	1.20	15.93

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.

Tabel 3.3.3.1. MSRD merepõhja elupaiga põhitüüpide pindalad uuringualal.

nimetus	pindala (km ²)	pindala (%)
Infralitoraali kivine põhi ja biogeensed karid	0.29	3.85
Infralitoraali mudane põhi	0.07	0.87
Infralitoraali liivane põhi	0.39	5.16
Infralitoraali segasete	2.24	29.77
Tsirkalitoraali mudane põhi	0.28	3.77
Tsirkalitoraali liivane põhi	0.79	10.56
Tsirkalitoraali segasete	3.46	46.03



Joonis 3.3.3.1. MSRD merepõhja elupaiga põhitüüpide levik uuringualal. Rasterpind on saadud modelleerimise tulemusel.

3.3.4. HELCOM punase raamatu elupaigad

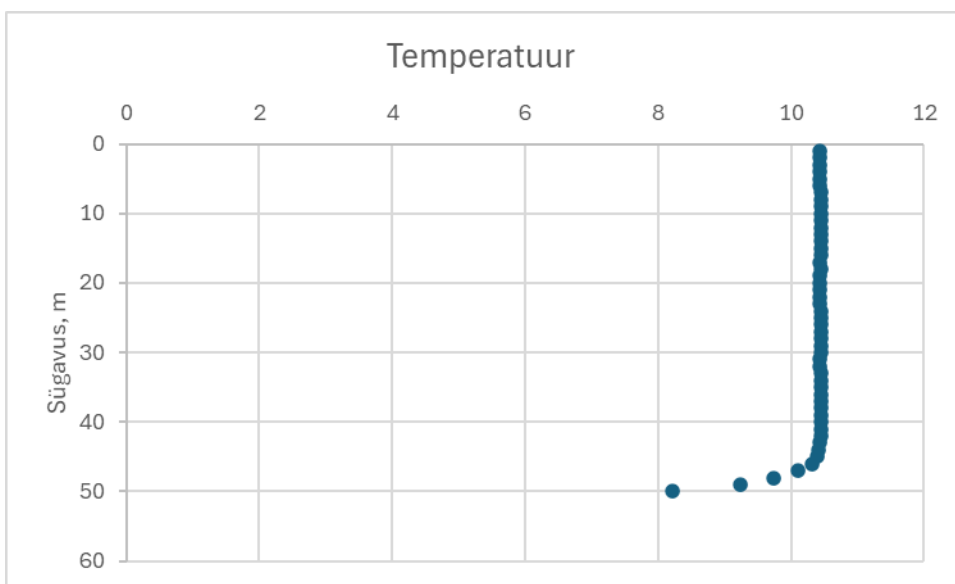
Biotoobikompleksidena on HELCOM-i punasesse raamatusse (HELCOM *Red List*) kantud Läänemeres esinevad loodusdirektiivi (92/43/EMÜ) elupaigatüübid (HELCOM 2013b). Uuringualal tuvastati loodusdirektiivi elupaigatüüpidest liivamadalate (1110) ja karide (1170) esinemine uuringualal (vt peatükk 3.3.1). Täiendavalt hinnati HUB 6. taseme elupaikade olemasolu eesmärgiga selgitada välja, kas alal esineb HELCOM-i punase raamatu elupaiksid⁶. Proovipunktide kogutud andmete alusel uuringualal HELCOM 6. taseme punase raamatu elupaigad puuduvad.

⁶ <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/biodiversity/red-list-of-biotopes-habitats-and-biotope-complexes/biotope-information-sheets/>

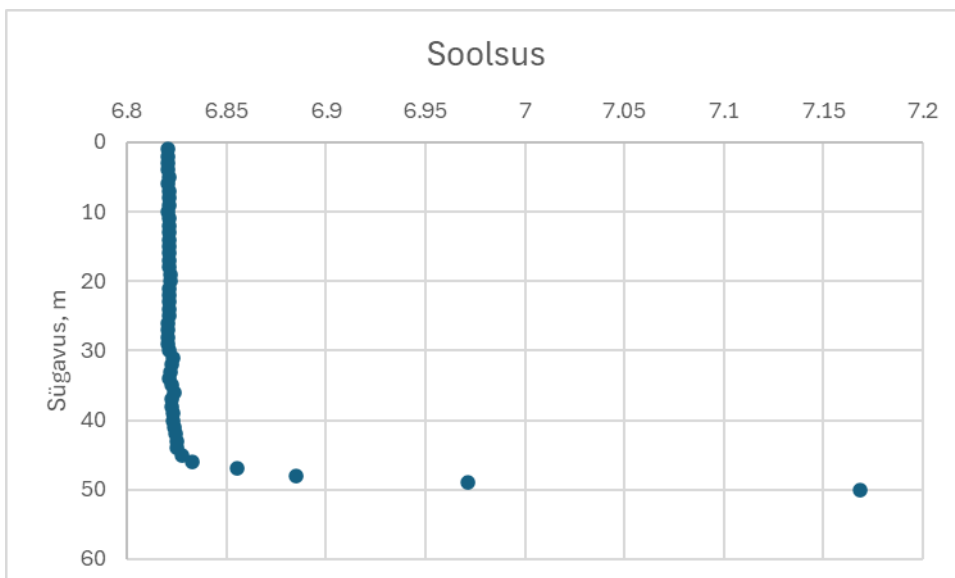
3.4. Veesamba parameetrid

Tellija soovil teostati veesamba vaatlused ühes jaamas uurimispiirkonna läheduses, et iseloomustada veesamba parameetreid kavandatava kalakasvatuse piirkonna läheduses. Veesamba mõõdistused teostati 25.10.2023 jaamas H2 (59.02742; 21.13661).

Kirjeldatud ajahetkel oli kogu veesammas ühtlaselt läbisegunenud. Veesamba temperatuur sügavuseni 46 m oli veidi üle 10 kraadi (Joonis 3.4.1.). Seejärel toimus järsk temperatuuri langus. Samal sügavusel oli ka soolsuse järsk muutus kus madalamal oli soolsus veidi üle 6.8 ja sügavamal ulatus kuni 7.15-ni (Joonis 3.4.2.).

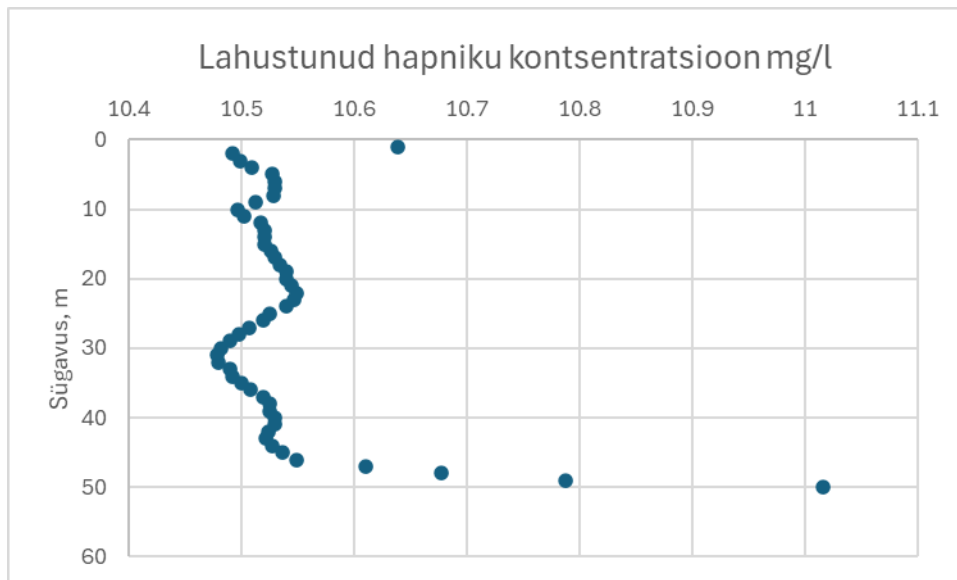


Joonis 3.4.1. Veesamba temperatuuri vertikaalne profiil jaamas H2 25.10.2023.

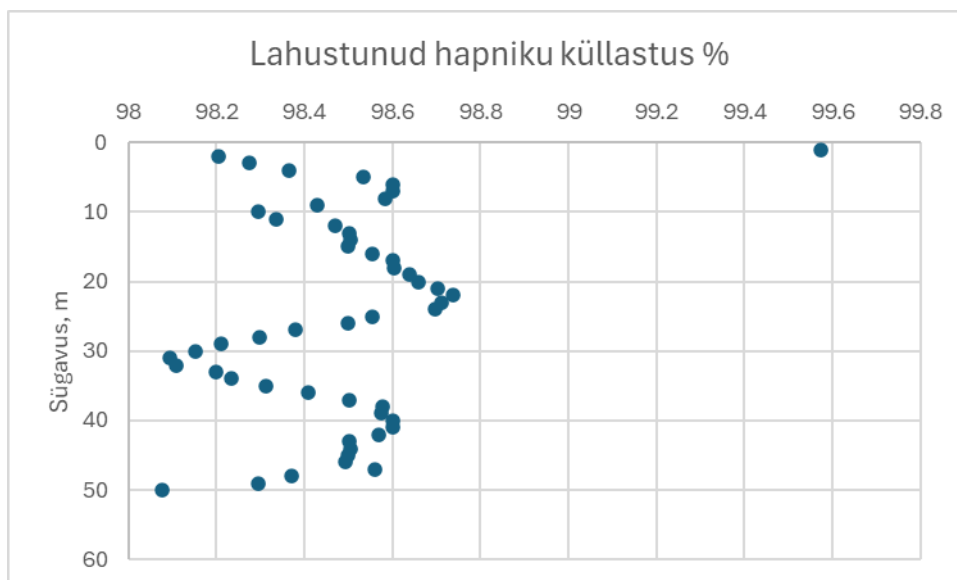


Joonis 3.4.2. Veesamba soolsuse vertikaalne profiil jaamas H2 25.10.2023.

Lahustunud hapniku kontsentratsioon varieerus sügavuseni kuni 46 m 10,47 mg/l ja 10,54 mg/l vahel ja seejärel veidi tõusis. Hapniku küllastusprotsent varieerus kogu veesamba ulatuses 98,07 % ja 98,73 % vahel. Seega olid kogu mõõdetud veesamba ulatuses hapniku tingimused väga head (Joonised 3.4.3. ja 3.4.4.).



Joonis 3.4.3. Veesamba lahustunud hapniku kontsentratsiooni vertikaalne profiil jaamas H2 25.10.2023.



Joonis 3.4.4. Veesamba lahustunud hapniku küllastusprotsendi vertikaalne profiil jaamas H2 25.10.2023.

4. UURINGUTULEMUSTE ANALÜÜS JA SOOVITUSED

SEOSSES KAVANDATUD TEGEVUSEGA

Uuringu tulemused ja lisainfo.

- Uuritud ala merepõhjast moodustas 42% LD Lisa I elupaigatüüp karid (põhiliselt uuringuala idapoolne osa) ja 1% elupaigatüüp liivamadalad (koondunud uuringuala põhjapoolsesse serva). Uuringualal ei esinenud HELCOMi punase raamatu elupaikasad peale eelnimetatud LD Lisa I elupaigatüüpide. Uuringualal ei esinenud looduskaitsealuseid liike.
- Põhjataimestiku katvus uuringualal oli väga madal (tegemist sügava merealaga) olles koondunud uuringuala madalamasse idaossa.
- Elupaigatüübi „karid“ tunnusliigiks alal oli söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*).
- Tegemist on suhteliselt sügava merealaga - minimaalne vee sügavus 17,8 m, maksimaalne vee sügavus 31,5 m ja keskmine sügavus 25,4 m.
- Tegemist on lainetusele avatud asukohaga, kus vee liikumine on väga intensiivne.
- Kavandatud tegevus on kalakasvatus sumpades juurdekasvuga ca 2500 tonni aastas (söödakasutus 2750 tonni). (Lainemudel OÜ, 2024)
- Kalakasvatuse periood on 6-7 kuud aastas mille järel on merepõhja taastumisfaas 5-6 kuud (Lainemudel OÜ, 2024). Mujal Eesti merealal läbi viidud uuringute põhjal võib väita, et merepõhi puhastub täielikult selle vaheperioodi jooksul (Kotta jt., 2022).
- Kalakasvatuses tekkiva sette kogus on u 0,2 m³/sööda tonni kohta ehk kavandatava kalakasvanduse puhul 550 m³ kasvatus-perioodi jooksul (Lainemudel OÜ, 2024).

Kalakasvatuse mõju merepõhja elustikule ja elupaikadele

Kavandatava tegevuse realiseerumisel on oodata teatud mõju merepõhja elustikule ja elupaikadele. Mõju allikaks on sumpadest pärinev sete. Mereala iseärasusi arvestades ei ole oodata selle sette kuhjumist sumpadealusele merepõhjale (kalakasvatuse perioodi vahelise aja jooksul uhutakse lahtine sete piirkonnast ära). On oodata karide elupaigatüübi tunnusliigi *Mytilus trossulus* biomassi tõusu uuringualal ja sumpade ala vahetus läheduses. Mõningane mõju võib avalduda ka uuringuala idaosa põhjataimestiku katvusele (võib oletada vähesel määral vee läbipaistvuse vähenemist, mis omakorda võib mõjutada põhjataimestiku levikut). Samas on need mõjud ajutised ja ei ulatu sumbaaladelt kaugemale välja (lainetusele avatud, intensiivse veevahetusega, sügav mereala).

Soovitused mõjude leevendamiseks ja seireks

Ühe mõjude leevendusmeetmena võib kaaluda sumpade ala nihutamist uuringuala lääne ja lõunaossa. Samuti peaks otsest mõju vähendama kasvatava kala koguse vähendamine või sumpade hajutamine alal.

Kindlasti peab **kalakasvatuse ajal** teostama veekvaliteedi seiret (sagedusega üks kord kuus kala kasvatamise ajal, neljas jaamas – paigutatuna ilmakaarte suunas 500-800 m kaugusele sumpadest, 5 horisonti). Mõõdetavateks parameetriteks on soolsuse, temperatuuri, hapniku, klorofüll, pH vertikaalne profiil ning toitainete kontsentratsioon (N_{tot} , P_{tot} , NH_4 , NO_3 , NO_2 , PO_4) merevees viiel horisondil (0-5m, 5-10m, 10-15, 15-20, 20-põhi). Lisaks tuleks samad mõõtmised teha kontrollalal ühes jaamas, 2-3 km kaugusel.

Merepõhja elupaikade seisundit tuleks seirata karide elupaigatüübi leviku kohtades sumpadest eri suundadesse paigutatud transektidel määramaks mõju ulatuse leviku (kord aastas augustis-septembris). Seire peaks võimaldama hinnata kahjustatud või häiritud merepõhja väärtuslike elupaikade pindala.

KIRJANDUS

- Davies CE, Moss D, Hill MO (2004) EUNIS Habitat Classification Revised 2004. European Topic Centre on Biological Diversity. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification/documentation/eunis-2004-report.pdf>
- ESRI (2023) ArcGIS Pro: version 3.1.3. <http://esri.com>
- European Commission (2013) Interpretation manual of European Union habitats. Interpretation Manual - EUR 28. European Commission, DG Environment.
- Evans (2016) Revising the marine section of the EUNIS Habitat classification. Report of a workshop held at the European Topic Centre on Biological Diversity, 12 & 13 May 2016.
- HELCOM (2013a) HELCOM HUB – Technical Report on the HELCOM Underwater Biotope and habitat classification. Baltic Sea Environment Proceedings No. 139. <https://helcom.fi/media/publications/BSEP139.pdf>
- HELCOM (2013b) Red List of Baltic Sea underwater biotopes, habitats and biotope complexes. Baltic Sea Environmental Proceedings No. 138.
- HELCOM (2017a) Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM. <https://helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/monitoring-guidelines/combine-manual/>
- HELCOM (2017b) A practical guidance how different hierarchical levels of habitats (e.g. broader and more-detailed HELCOM underwater biotopes) can be tackled within the same assessment. SPICE project deliverable of task 4.1.2.
- Lainemudel OÜ, 2024. Kalana kalakasvanduse hüdrodünaamika ekspertarvamus.
- Liaw A, Wiener M (2002) Classification and Regression by randomForest. R News 2(3):18–22.
- Kotta, J., Stechele, B., Kaasik, A., Aps, R., Orav-Kotta, H. 2022. Töõndusliku kalapüügi ja kalakasvatusega seotud toitainete voogude modelleerimine Läänemeres ning saadud mudeli valideerimine Tagalahe kalakasvatuse näitel.
- Paal (2007) Loodusdirektiivi elupaigatüüpide käsiraamat. Auratrükk, Tallinn.
- R Core Team (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- RStudio Team (2023) 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.

- TÜ Eesti Mereinstituut (2014a) Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt rahastatud projekti nr 3125 „Sonarisüsteemi rakendamise meetodika loomine merepõhja elupaikade ja füüsikaliste omaduste kaardistamiseks“ aruanne/juhendmaterjal.
- TÜ Eesti Mereinstituut (2014b) Merepõhja elupaikade definitsioonide tõlgendamise juhend. Teostatud KIK projekti „Eesti merealade planeerimiseks loodus-kaitselise teabe koondamine, sh. territoriaalmere mereelupaikade modelleerimine“ raames.
- TÜ Eesti Mereinstituut (2021) HELCOM HUB 5. taseme elupaikade leviku modelleerimine. <https://kliimaministerium.ee/media/473/download>
- TÜ Eesti Mereinstituut (2023) Kahjuliku mõju ulatus elupaigatüübi seisundile – MSRD kohane seisundihinnang. KIK projekt 18498. <https://mereinstituut.ut.ee/sites/default/files/2023-10/Kahjuliku%20moju%20ulatus%20elupaigat%C3%BC%C3%BCbi%20seisundile%20%E2%80%93%20MSRD%20kohane%20seisundihinnang.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.
- Wood S (2022) mgcv: Mixed GAM Computation Vehicle with automatic smoothness estimation. R package version 1.8-41. <http://cran.r-project.org/web/packages/mgcv>