

Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut

Natura mereelupaikade uuring

Leping: 4-1/22/105

Vastutav täitja: Georg Martin

Versioon: 1/16.01.2023

Tallinn 2023

Sisukord

Sisukord	1
1. Sissejuhatus	2
2. Materjal ja metoodika.....	4
2.1. Loodusalade inventuurid	4
2.2. Ankruvalade mõju	6
2.3. eDNA võõrliikide tuvastamiseks	7
3. Tulemused	10
3.1. Gretagrundi loodusala inventuur	10
3.2. Pakri loodusala inventuur	16
3.3. Ankruvalade inim mõju.....	21
3.4. Liivi lahe rannikuveekogumite põhjakoosluste seirealad.....	24
3.5. eDNA võõrliikide seirel.....	25
4. Kokkuvõte.....	32
Kirjandus	34

1. Sissejuhatus

Riikliku keskkonnaseire programmi raames toimuvat rannikumere seiret tehakse eelkõige veepoliitika raamdirektiivi (VRD) nõuetest lähtuvalt, mille põhjal on kehtestatud ka keskkonnaministri määrused nr 35 „Vesikonna veeseireprogrammi sisu, veeseireprogrammi koostamise põhimõtted, meetodid ja meetoodika ning rakendamise nõuded“ ja seisundi hindamiskriteeriumid määruses nr 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“. Merestrateegia raamdirektiivi (MSRD) alusel tehtavas mereala seires ja seisundi hindamisel tuleb hinnata ka põhjaelupaikade levikut ja seisundit, mida VRD-põhine seire ei võimalda. MSRD ja loodusdirektiivi (LoD) Natura elupaikade seire nõuab teistsuguse, pindalalise looduskaitse seiremetoodika kasutamist, mis arvestab nii elupaigatüübi levilat, pindala, struktuuri ja funktsioone kui tulevikuväljavaateid. Mereelupaikade seiremetoodika töötati välja NEMA projekti raames ning töövõtja arendas seda edasi mereRITA projektiga ja mitmete muude merepõhja inventeerimisprojektidega.

Kuna 2019.a eristati Liivi lahes kolm rannikuveekogumit senise ühe asemel, on meil uutest kogumitest veel suhteliselt vähe infot kogutud. 2022.a on riikliku keskkonnaseire programmi mereseire allprogrammi ülevaateseire tööd esmakordselt toimumas uutel Liivi lahe kirde- ja loodeosa rannikuveekogumitel, kus riikliku seirevõrgu väljakujundamisel on otstarbekas arvestada nii MSRD, VRD kui LoD seire- ja aruandlusvajadustega. Arvestades kehtestatud Eesti mereala planeeringut ning arendussurvet meretuuleparkide rajamiseks Liivi lahte, on otstarbekas saada ülevaade ka Liivi lahe keskosa rannikuveekogumis (EE_19) asuvate Natura elupaikade olukorrast, samuti hinnata sealsete loodusalaade sobivust Helcomi merekaitsala(de)na.

Arvestades mereRITA projekti raames arendatud eDNA-analüüsimetoodikat võõrliikide tuvastamiseks, tuleb katsetada selle kasutatavust ka mereseires. Pilootalaks, kus lisaks tavapärasele Natura-seirele tehtaks ka eDNA võrdlusuuringud võõrliikide esinemise tuvastamiseks, sobib Paldiski-Pakri saarte piirkond, kus toimub aktiivne laevandustegevus (sh kasutatavad ankruaalad) ning on kehtestatud Pakri loodusala (EE0010129; kaitstavad mereelupaigatüübid 1110, 1130, 1150, 1160, 1170).

Projekti eesmärkideks oli:

1) Inventeerida Gretagrundi loodusala (EE0040500; kaitstavad elupaigatüübid 1110, 1170) LoD mereelupaigatüüpide põhjaelustikku ning hinnata Gretagrundi loodusala looduskaitse seisundit. Uuringu käigus kogutud info põhjal anda ka hinnang, kas Gretagrundi loodusala vastab Helcomi merekaitseala kriteeriumitele ning oleks sobiv Helcomi merekaitsealaks nimetamiseks.

2) Tuvastada Paldiski ja Pakri saarte piirkonna ankruaaladel inimõju ulatus põhjakooslustele, hinnata võõrliikide levikut (sh eDNA meetodiga) ankruaaladel ning võrrelda muutusi kõrvalasuva Pakri loodusala põhjakooslustega. Hinnata ankruaaladel asetleidvate inimtegevuste negatiivse mõju võimalikku kandumist loodusale. Sõltuvalt uuringu tulemustest esitada kaitsemeetmete (või tegevuspiirangute) ettepanekud, kuidas vältida negatiivse inimõju levikut ankruaalalt loodusale.

3) Tehtud uuringute põhjal pakkuda Liivi lahe rannikuveekogumitele sobivad (merelupaigatüüpide suhtes esinduslikud) põhjakoosluste seirealad (või –transektid), mis kataks nii LoD, VRD kui MSRD seire- ja hindamisvajadused.

4) Sõltuvalt uuringu tulemustest esitada ettepanekud eDNA edasiseks kasutamiseks võõrliikide seirel (nii tavapärase keskkonnaseires kui sadamaseires) või vajadusel täiendavateks arendusprojektideks.

Projekti täitjad:

Vastutav täitja ja aruandlus Georg Martin (TÜ Eesti Mereinstituut)

Põhjaelustiku andmeanalüüs ja aruandlus Kaire Torn (TÜ Eesti Mereinstituut)

Videomaterjali analüüs Tiia Möller (TÜ Eesti Mereinstituut)

Põhjaelustiku proovide kvantitatiivne analüüs Greta Reialu, Trude Taevere, Karolin Teeveer, Isabel Põldma, Kermo Torn, Carolin Mesikäpp, Katerin Martin, Vanessa-Lotta Mäsaak, Keili Saava, Hanna-Eliisa Luts (TÜ Eesti Mereinstituut)

Põhjaelustiku välitööd Kaire Torn, Remo Torn, Georg Martin, Kaspar Martin, Keili Saava, Jack Royd Hall, Hanna-Eliisa Luts, Greta Reialu, Martin Teeveer (TÜ Eesti Mereinstituut)

eDNA uuringud - protokollide koostamine, proovide ettevalmistus, laboratoorsed tööd Kristel Panksep (TÜ Tehnoloogiainstituut, EMÜ Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool), Madli Saat (EMÜ Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetool). Andmeanalüüs ja aruandlus Kristel Panksep, Veljo Kisand (TÜ Tehnoloogiainstituut).

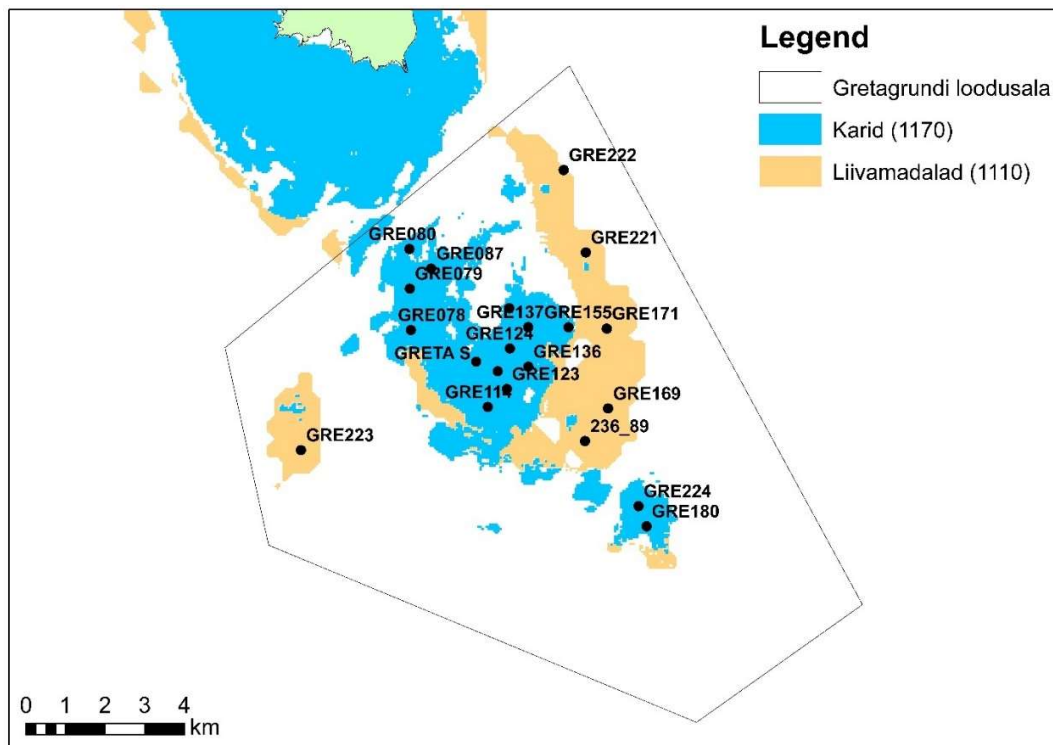
2. Materjal ja metoodika

2.1. Loodusalade inventuurid

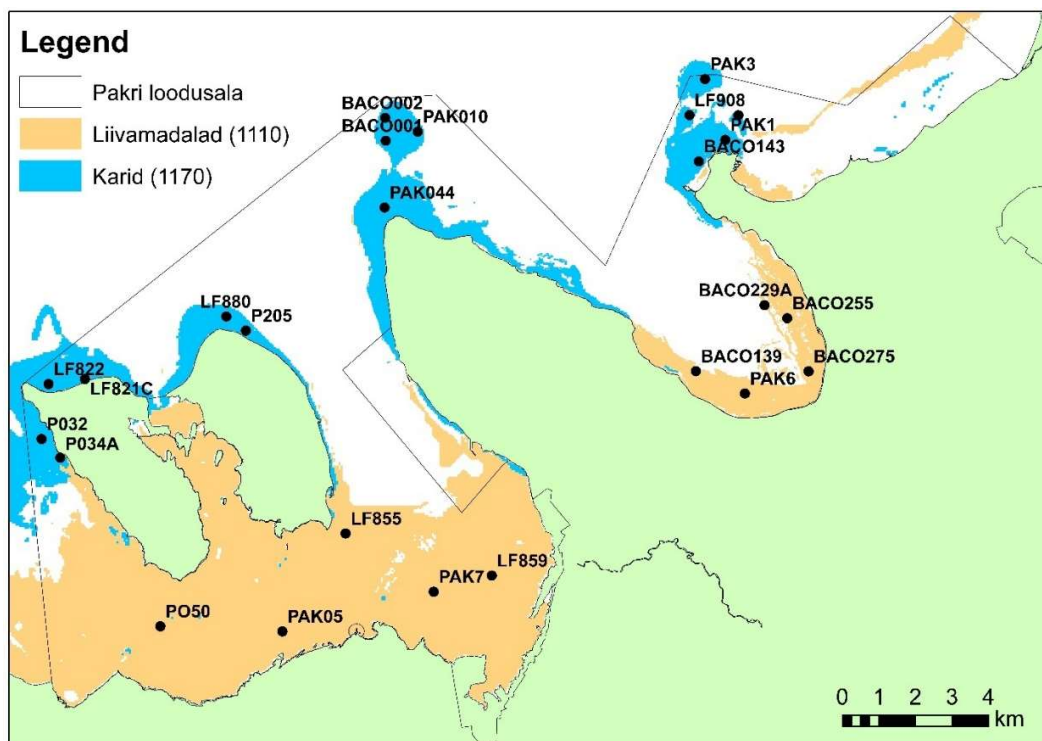
Välitööd Gretagrundi ja Pakri loodusalade elupaigatüüpide struktuuri ja funktsioonide parameetri hindamiseks viidi läbi 2022. aasta juuli või augustikuus. Liivamadalate ja karide elupaigatüüpe seirati vastavalt elupaigatüübi levialale. Gretagrundi loodusalal koguti katvusandmeid 21 jaamast ning kokku 57 kvantitatiivset proovi (joonis 1). Pakri loodusalal koguti katvusandmeid 25 jaamast ning kokku 18 kvantitatiivset proovi (joonis 2).

Väiksemõõtmelise piirkonna elupaigatüüpide andmekogumine erineb mõnevõrra andmekogumisest kogu Eesti mereala ulatuses hindamiseks. Kui kogu eesti ulatuses tuleks seirata vööndeid võrdselt (TÜ Eesti Mereinstituut, 2016a,b), siis piiratud alal soovitame koguda andmeid proportsionaalselt vööndi esinemisulatusega. Vastavalt tunnustatud metoodikale tuleks igal seirealal koguda andmeid viiest jaamast ning viiest jaamast kogutud vaatlusandmete põhjal valitakse visuaalse vaatluse tulemusena elupaigatüübi ökoloogilisele vööndile kõige iseloomulikum jaam (TÜ Eesti Mereinstituut, 2016b). Käesolevas töös koguti andmeid valdavalt eelnevalt (varasematel samades piirkondades teostatud uuringutel) külastatud jaamadest (Gretagrundi loodusalal aastast 2008, Pakri loodusalal aastatest 2007 või 2018), mille elupaigaline kuuluvus oli eelnevalt olemasoleva andmestiku põhjal klassifitseeritud. Seetõttu koguti andmeid käesoleva uuringu käigus igal seirealal ühest jaamast. Igas jaamas salvestati veeluse videokaamera abil substraaditüüp, dominantsed liigid, liikide katvus ja lahtise vetikameti esinemine ja katvus. Vastavalt vööndile ja videos nähtud võtmeliikide ohtrusele koguti vajadusel põhjakoosluse kvantitatiivsed biomassiproovid taimeraamiga (20 × 20 cm) sukelduja poolt (liivamadalate taimestikuvöönd ja karide kõik vööndid) või koguti põhjakoosluse kvantitatiivsed biomassiproovid Ekman või Van Veen tüüpi põhjaammutatjaga ujuvaluselt (liivamadalate settes elavate karpide vöönd). Sukelduja registreeris valitud seirejaamas substraaditüüpide katvuse, kinnitunud taimestiku üldkatvuse ning taimestiku ja sessiilse loomastiku liikide/taksonite katvuse. Sama informatsioon määrati ka salvestatud videomaterjali põhjal. Kvantitatiivsed biomassiproovid koguti kolmes korduses. Kogutud biomassiproovid sügavkülmutati ja transporditi laborisse. Laboris säilitati proove –18 °C juures kuni laboratoorse töötluseni. Proovide analüüsil määrati proovis leiduvad taime- ja loomaliigid, määrati loomaliikide arvukus ning iga liik kuivatati 60 °C juures 48 tundi. Seejärel määrati iga liigi kuivkaal proovis.

Loodusdirektiivi väärtuslike elupaikade looduskaitse seisundi hindamise hindamiskeem on välja töötatud terve Eesti mereala loodusliku seisundi hindamiseks. Liivamadalate ja karide elupaigatüüpide struktuuri ja funktsioonide seisundit hinnatakse vööndite kaupa. Hindamise esimeses etapis hinnatakse iga vööndi struktuuri ja funktsioone iga seirejaama andmete põhjal vastavalt hierarhilisele hindamiskeemile. Seejärel leitakse iga vööndi heas seisundis olevate seirejaamade osakaal Eesti merealal. Elupaigatüübi seisundi koondhinnanguks Eesti merealal on heas seisundis olevate seirejaamade keskmine osakaal üle vööndite. (TÜ Eesti Mereinstituut, 2016a-c). Väiksemate piirkondade seisundi hindamisel ei saa kogu Eesti mereala seirejaamade hinnangute agregeerimise skeemi kasutada kuna vööndite ruumiline jaotumine piirkonnas on sageli ebaühtlane. Seirejaamad tuleks hinnata vastavale vööndile ettenähtud hindamiskriteeriumite alusel ning seejärel leida heas seisundis olevate jaamade osakaal kogu elupaigatüübi ulatuses. Tulemuste interpreteerimisel tuleb arvestada, et üksiku seirejaama ebasoodne seisund võib olla põhjustatud looduslikust varieeruvusest või anomaaliast.



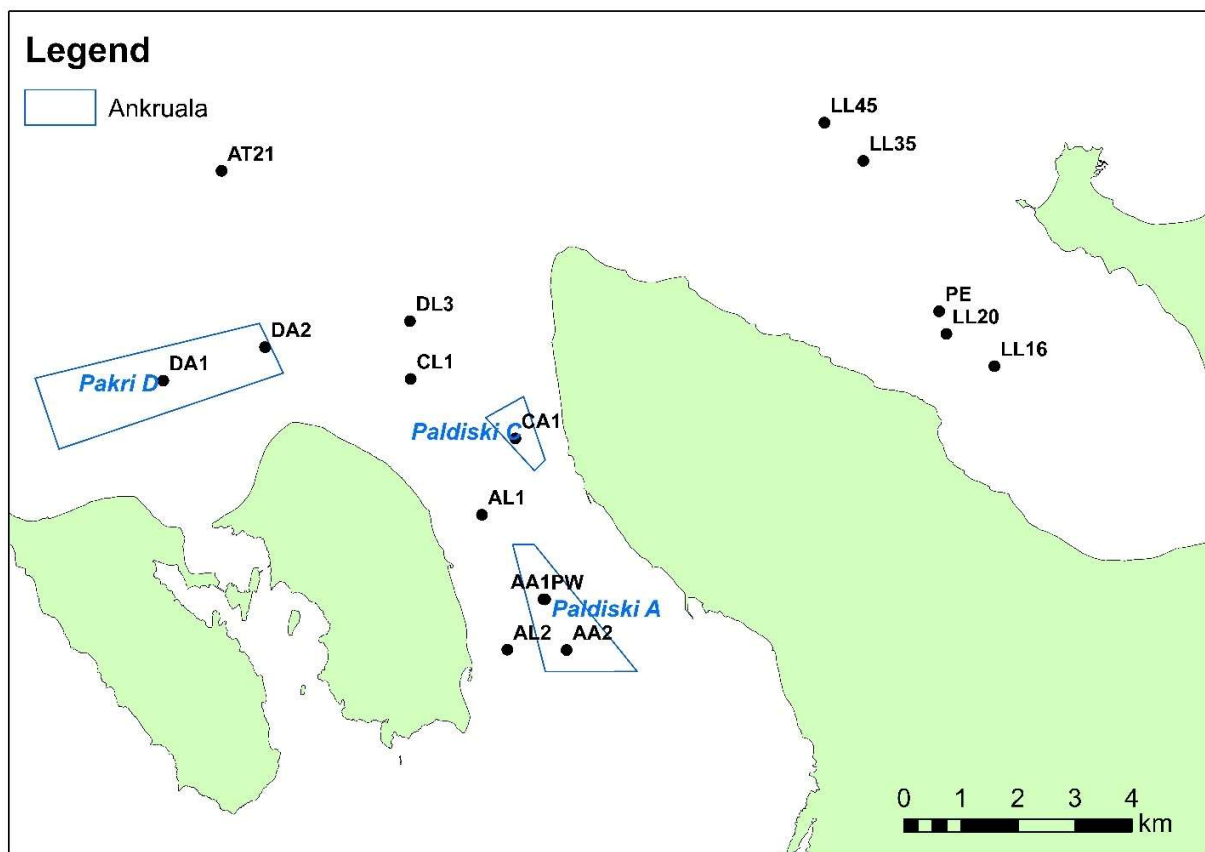
Joonis 1. LoD elupaigatüüpide levik ja uurimisjaamad Gretagrundi looduslal.



Joonis 2. LoD elupaigatüüpide levik ja uurimisjaamad Pakri looduslal.

2.2. Ankruvalade mõju

Ankruvala mõju hindamiseks koguti projekti käigus andmeid ankruvalal paiknevatest jaamadest ning sarnase sügavusega jaamadest väljaspool ankruvala ning kõrvalasuvast Lahepere lahest (joonis 3, tabel 1). Katvusandeid koguti 13 jaamast ning kokku koguti 39 kvantitatiivset proovi. Lisaks kasutati avamere ja rannikmere 2022 aasta seire käigus kogutud andmeid jaamadest AT21, PW ja PE. Igas jaamas koguti Ekman või Van Veen tüüpi põhjaammutajaga ujuvaluselt põhjaloomastiku kvantitatiivsed biomassiproovid kolmes korduses. Kogutud biomassiproovid sügavkülmutati ja transporditi laborisse. Laboris säilitati proove $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures kuni laboratoorse töötluseni. Proovide analüüsil määrati proovis leiduvad taime- ja loomaliigid, määrati loomaliikide arvukus ning iga liik kuivatati $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures 48 tundi. Seejärel määrati iga liigi kuivkaal proovis.



Joonis 3. Uurimisjaamade paiknemine ankruvaladel ja ülejäänud merealal.

Tabel 1. Uurimisjaamade piirkonnad. *Lühim distantis lähima ankruala piirist merd mööda.

Jaam	Sügavus, m	Piirkond	Kaugus ankruala piirist*, km
AA1	21,4	Ankruala Paldiski A	
AA2	17,3	Ankruala Paldiski A	
PW	20	Ankruala Paldiski A	
AL1	21,6	Kontroll, Pakri laht	0,8 Paldiski A
AL2	17,1	Kontroll, Pakri laht	0,6 Paldiski A
CA1	39	Ankruala Paldiski C	
CL1	36,1	Kontroll, Pakri laht	1,5 Paldiski C
DA1	44,1	Ankruala Pakri D	
DA2	44,5	Ankruala Pakri D	
DL3	45,1	Kontroll, Soome laht	2,2 Paldiski C, 2,4 Pakri D
AT21	53	Kontroll, Soome laht	2,8 Pakri D
LL16	16,4	Kontroll, Lahepere laht	10,5 Paldiski C
LL20	20,5	Kontroll, Lahepere laht	9,6 Paldiski C
PE	20	Kontroll, Lahepere laht	9,4 Paldiski C
LL35	35,5	Kontroll, Lahepere laht	8,2 Paldiski C
LL45	45	Kontroll, Lahepere laht	7,8 Paldiski C

Analüüsiks grupeeriti uurimisjaamad kolme gruppi: 1) ankruala jaamad, 2) kontroll jaamad ankruaalade lähistelt, 3) kontrolljaamad Lahepera lahest. Gruppide erinevust analüüsiti ühesuunalise ANOSIM permutatsioonitestiga kasutades programmi PRIMER. Sarnasusmaatriksite koostamisel kasutati Bray-Curtis indekseid. Kooslustevahelisi erinevusi põhjustavate liikide tuvastamiseks teostati SIMPER analüüs.

2.3. eDNA võõrliikide tuvastamiseks

Välitööd keskkonna DNA proovide kogumiseks toimusid 2022. aasta septembris. Nii Pakri kui ka Gretagrundi looduslal koguti veeproove kahekümnest erinevast punktist (joonis 1, 2 ja 3). Integraalsed veeproovid koguti van Dorni batomeetriga erinevatest sügavustest kuni kümne meetri ulatuses. Üks liiter kogutud veeproovi filtreeriti ühekordseid 50 ml süstlaid kasutades 0.2 µm poorisuurusega kinnistele Sterivex kassetfiltritele (Merck Millipore). Filtreeritud DNA materjali säilitamiseks lisati filtreerimise järgselt proovidele 2 ml Longmire puhverlahust (0.1 M Tris-HCL at pH 8.0, 0.1 M EDTA, 0.1 M NaCl, 0.5% w/v SDS) (Longmire et al., 1997). Negatiivse kontrollproovina kasutati pudeldatud joogivett, mis avati esmakordselt vahetult enne filtreerimist. Seejärel toimetati proovid Tartusse Eesti Maaülikooli Hüdrobioloogia ja kalanduse õppetooli eDNA laborisse.

Keskkonna DNA eraldati Sterivex filtritelt kasutades NucleoSpin eDNA Water (Macherey Nagel) eralduskitti vastavalt tootjapoolsetele soovitudele. Antud eralduskitt on väljatöötatud spetsiaalselt keskkonna DNA proovide jaoks ja võimaldab eDNAd eraldada võimalikult minimaalse saastusriskiga. DNA eraldati laminaarse õhuvooluga bio-ohutuskapis vältimaks riski proovide saastumiseks laboris. DNA kontsentratsiooni määramiseks ja kvaliteedi kontrollimiseks kasutati NanoDrop™ UV-Vis spektrofotomeetrit (Thermo Fisher Scientific Inc.). Kuna looduslikes keskkondades esineb erinevaid reaktsiooni-inhibiitoreid, mis mõjutavad meetodi tundlikkust ja edasisi analüüsiprotsesse, puhastati

eraldatud eDNA proovid enne analüüsimist OneStep PCR Inhibitor Removal Kit (Zymo Research, USA) kitiga vastavalt tootja protokollile.

eDNA proovide sekveneerimiseks kasutati universaalseid Metazoa COI (mitokondriaalne tsütokroom-oksüdaas I geen) praimereid (mICOLintF - (Leray et al., 2013) ja jgHCO2198 - (Geller et al., 2013)). Antud geenifragment valiti seetõttu, et piirkond on võrdlemisi varieeruv ja seda kasutatakse loomaliikide eristamiseks kõige enam ning sellele vastav standardiseeritud DNA triipkoodide referentsandmebaas (Barcode of Life - BOLD) on avalikult kättesaadav ja käesoleval hetkel kõige täiuslikum (Hering et al., 2018). Lisaks on antud praimeripaari töökindlust testitud varasemalt ka Eestis mereRITA projekti raames (<https://sisu.ut.ee/mererita>).

DNA sekveneerimisraamatukogu valmistati kahes etapis. Esimeses etapis amplifitseeriti eDNA proovid geenispetsiifiliste praimeritega, millele oli disaini käigus lisatud üleulatuvad adapterjärjestused Illumina indeksitele. 20 µl reaktsioonisegu sisaldas 5 µl DNA-d, 0.1 µl mICOLintF-tag ja 0.1 µl jgHCO2198-tag praimerit (100 µM), 10 µl 2x Qiagen Multiplex PCR Kit ensüümisegu (2X), 4 µl Solution Q (5X) (Qiagen) ja 0.8 µl RNAasi-vaba vett (Qiagen). Kõik eDNA proovid amplifitseeriti esialgu kolmes korduses. Täpne PCR programm on väljatoodud tabelis 2. Amplifikatsiooni, produkti suuruse ja adapterjärjestustega praimerite seondumise kontrollimiseks visualiseeriti PCR produktid geel-elektroforeesi abil. 1.5% agarosgeeli valmistamiseks kasutati Atlas ClearSight Gold Tablets with TAE tablette (BIOATLAS) ja MQ vett. 6 µl PCR produkti segati 6X TriTrack DNA Loading Dye (ThermoFisher Scientific) värviga ja kanti geelile. Suurusmarkerina kasutati GeneRuler Low Range DNA Ladderit (ThermoFisher Scientific).

Tabel 2. DNA sekveneerimisraamatukogu esimese etapi PCR programm

Etapp	Temperatuur	Aeg	Tsüklite arv
Polümeraasi aktivatsioon	95 °C	15 min	1
Denaturatsioon	94 °C	30 sek	
Praimerite seondumine	52 °C	30 sek	35
Elongatsioon	72 °C	1 min	
Lõppsüntees	72 °C	30 min	1
Jahutus	4 °C	∞	

Kuna esimeses etapis selgus, et osades proovides amplifikatsiooni kas üldse ei toimunud või oli see väga nõrk, tehti kordusamplifikatsioonid kuues korduses ning seejärel puhastati ja kontsentreeriti saadud produktid Select-a-Size DNA Clean & Concentrator (ZYMO Research, USA) kitiga.

DNA raamatukogu valmistamise teises etapis lisati igale proovile unikaalsed sisaldavad Illumina indeksid (nn indekseerimine). Indekseerimiseks kasutati esimese etapi PCR ja kontsentreerimise järgselt saadud produkti. 20 µl reaktsioonisegu sisaldas 8 µl kontsentreeritud PCR produkti (lahjendatud proovide puhul 2 µl 10X produkti lahjendust), 2 µl unikaalset F ja R indeksit (10 µM) ja 10 µl Phusion High-Fidelity PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific) ensüümisegu (2X) ja lahjendatud proovide puhul 6 µl PCR grade

vett. Indeks PCR programm on toodud tabelis 3. Indeks PCR amplifikatsiooni, produkti suuruse ja indekse seondumise kontrollimiseks visualiseeriti PCR produktid geel-elektroforeesi abil.

Tabel 3. Indeks PCR programm

Etapp	Temperatuur	Aeg	Tsüklite arv
Ensüümi esmane aktiveerimine	98 °C	2 min	1
DNA denaturatsioon	98 °C	20 sek	
Indeksite seondumine	60 °C	30 sek	12
DNA ahela süntees	72 °C	30 sek	
Lõppsüntees	72 °C	5 min	1

Indekseeritud proovid tõsteti kokku üheks DNA raamatukoguks. Valmisraamatukogu puhastati AMPure kerakestega ning kvaliteeti ja kontsentratsiooni kontrolliti Agilent QC TapeStation (USA) seadmega. Raamatukogu sekveneeriti Illumina MiSeq sekvenaatoril 500 tsüklilise kitiga. Sekveneerimisteenus telliti firmalt Asper Biogene (Tartu, Eesti).

Sekveneerimise tulemusel saadakse suurel hulgal DNA fragmentide järjestusi, mida töödeldakse bioinformaatsiliselt, et leida unikaalsed proovides leiduvatele liikidele taksonitele vastavad järjestused ning nende järjestuste hulk. Saadud DNA järjestusi võrreldi referents-andmebaasidega (Barcode of Life: BOLD (<http://www.boldsystems.org>) ja selle põhjal anti järjestustele nimi ja süstemaatiline kuuluvus. Bioinformaatiliseks analüüsiks kasutati tööriista BARGUE v1.5.2 (Lacoursière-Roussel et al., 2018) (<https://github.com/enormandeau/barque>). Andmeanalüüs teostati R-Statistic (R Core Team 2013) programmiga.

3. Tulemused

3.1. Gretagrundi loodusala inventuur

Gretagrundi loodusalal hõlmab LoD elupaigatüüpidest liivamadalad 18 km² ja karid 19 km². Liivamadala elupaigatüübi levialal taimestik puudus, seega esines vaid settes elavate karpide võõnd. Kogu loodusala on lainetusele avatud (lainetuse mudeli väärtus >210 000 m² s⁻¹) piirkonnas (TÜ Eesti Mereinstituut 2016a). Karide elupaigatüübis domineeris rannakarpide võõnd, ohtramalt (katvus kuni 95%) esinesid tunnusliigid tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*) ja söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*). Kui taimestik esines, siis see oli hõre. Põhjaloostiku liigirikkus oli kõrge (tabel 4, 5). Piirkonnas puudusid Helcomi ohustatud liikide nimekirjas olevad liigid ja elupaigad. Läänemere võõrliikidest esines Gretagrundi loodusalal rändkarp (*Dreissena polymorpha*), liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*), tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), virgiinia korgitsuss (*Marenzelleria neglecta*) ja rändtigu (*Potamopyrgus antipodarum*). Kõik leidnud võõrliigid on Eestis esinenud juba aastakümneid ning esinemine on sage. Gretagrundi loodusala välitööde käigus makroprügi merepõhjas ei tuvastatud.

Tabel 4. Põhjaloostiku taksonite esinemissagedused mereveega üleujutatud liivamadalate elupaigatüübi (1110) settes elavate karpide võõndis Gretagrundi loodusalal 2022. aastal. Elupaigatüübi tunnusliigid rasvases kirjas.

Põhjaloostiku taksonid	Esinemissagedus, %
Macoma balthica	100,0
<i>Marenzelleria neglecta</i>	100,0
<i>Oligochaeta</i>	100,0
<i>Corophium volutator</i>	83,3
<i>Jaera albifrons</i>	83,3
<i>Amphibalanus improvisus</i>	66,7
<i>Gammarus juveniilid</i>	66,7
Mya arenaria	66,7
<i>Mytilus trossulus</i>	66,7
<i>Gammarus salinus</i>	50,0
<i>Gammarus zaddachi</i>	50,0
<i>Hediste diversicolor</i>	50,0
<i>Leptocheirus pilosus</i>	50,0
<i>Peringia ulvae</i>	50,0
Cerastoderma glaucum	33,3
<i>Cordylophora caspia</i>	33,3
<i>Manayunkia aestuarina</i>	33,3
<i>Bathyporeia pilosa</i>	16,7
<i>Dreissena polymorpha</i>	16,7
<i>Gammarus oceanicus</i>	16,7
<i>Laomedea flexuosa</i>	16,7
<i>Pygospio elegans</i>	16,7

Tabel 5. Põhjaelustiku taksonite esinemissagedused karide elupaigatüübis (1170) Gretagrundi looduslalal 2022. aastal. Elupaigatüübi tunnusliigid rasvases kirjas.

Põhjataimestiku taksonid	Esinemissagedus, %	Põhjloomastiku taksonid	Esinemissagedus, %
<i>Battersia arctica</i>	75,0	<i>Amphibalanus improvisus</i>	100,0
<i>Vertebrata fucoides</i>	43,8	<i>Mytilus trossulus</i>	100,0
<i>Cladophora glomerata</i>	31,3	<i>Hydrozoa</i>	81,3
<i>Ceramium tenuicorne</i>	18,8	<i>Macoma balthica</i>	81,3
<i>Pylaiella littoralis</i>	18,8	<i>Gammarus</i> juveniilid	75,0
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	12,5	<i>Leptocheirus pilosus</i>	75,0
<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>	12,5	<i>Manayunkia aestuarina</i>	75,0
<i>Rhodochorton purpureum</i>	12,5	<i>Peringia ulvae</i>	75,0
<i>Cladophora rupestris</i>	6,3	<i>Corophium volutator</i>	68,8
<i>Coccotylus truncatus</i>	6,3	<i>Jaera albifrons</i>	62,5
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	6,3	<i>Cordylophora caspia</i>	56,3
		<i>Gonothyraea loveni</i>	56,3
		<i>Hediste diversicolor</i>	50,0
		<i>Oligochaeta</i>	50,0
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	50,0
		<i>Cyanophthalma obscura</i>	43,8
		<i>Laomedea flexuosa</i>	43,8
		<i>Mya arenaria</i>	43,8
		<i>Cerastoderma glaucum</i>	31,3
		<i>Gammarus salinus</i>	31,3
		<i>Pygospio elegans</i>	25,0
		<i>Chironomidae</i>	18,8
		<i>Marenzelleria neglecta</i>	18,8
		<i>Dreissena polymorpha</i>	12,5
		<i>Einhornia crustulenta</i>	12,5
		<i>Gammarus zaddachi</i>	12,5
		<i>Gammarus oceanicus</i>	6,3
		<i>Theodoxus fluviatilis</i>	6,3

Gretagrundi looduslalal koguti liivamadalate elupaigatüübi hindamiseks (ainult settes esinevate karpide võõnd) andmeid kuuest jaamast. Kõikides uuritud jaamades esinesid settes elavad karbid (0,05-26,9 g/m² kuivkaalus) ning esines 2-6 keskmise või kõrge tundlikkusega põhjloomastiku liiki. Selle põhjal hinnati kõikide jaamade seisund heaks (tabel 6) ning liivamadalate elupaigatüübi struktuuri ja funktsioonide seisund 100% ulatuses soodsaks (joonis 4).

Karidelt koguti andmeid 16st jaamast, neist 6 paiknes punavetikavõõndis ja 10 rannakarpide võõndis. Punavetikavõõndi jaamadest 3 seisund oli hea, 1 seisund halb ja 2 jaama seisundit ei olnud võimalik hinnata biomassiproovide puudumise tõttu (tegemist kõva põhjaga, kasutatud põhjaammutajaga kvantitatiivset proovi polnud võimalik võtta; tabel 7). Jaama GRE125 ebasoodsa hinnangu andis kakandiliste puudumine jaamas. Gretagrundi looduslalal esines kakandilistest vaid valgelaup-kakand (*Jaera albifrons*). Karide rannakarpide võõndis esines kõikides jaamades söödav rannakarp (*Mytilus trossulus*) ja tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*) ning kahes jaamas ka üksikud rändkarbi (*Dreissena*

polymorpha) isendid. Kõikides uuritud jaamades esinesid kõrge tundlikkusega liigid. Kõikides jaamades esines vähemalt kahe rühma (teod, kirpvähilised või kakandilised) esindajad (tabel 8). Karide elupaigatüüpi jaamadest oli 92% seisund hea. Karide elupaigatüübi struktuuri ja funktsioonide looduskaitse seisundi hinnang Gretagrundi hoiualal oli soodne (*favourable*), kuna üle 90% alast oli heas seisundis.

Nii karide kui liivamadalate elupaigatüübi pindalas ja levilas piirkonnas ei täheldatud võrreldes varasemate ning modelleeritud andmetega muutusi. Elupaiga tulevikuväljavaated hinnati ekspertarvamuse põhjal heaks. Karide ja liivamadalate elupaigatüübi looduskaitse seisund Gretagrundi loodusl alal on soodne.

Tabel 6. Mereveega ülejutatud liivamadalate elupaigatüübi settes elavate karpide vööndi kriteeriumite tulemused ja seirejaamade hinnang Gretagrundi loodusl alal 2022.aastal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus.

Jaam	Settes esinevad karbid	Esineb keskmise või kõrge tundlikkusega põhjaloomastikku	Seisund
236_89	jah	jah	hea
GRE169	jah	jah	hea
GRE171	jah	jah	hea
GRE221	jah	jah	hea
GRE222	jah	jah	hea
GRE223	jah	jah	hea

Tabel 7. Karide elupaigatüübi punavetikavööndi kriteeriumite väärtused ja seirejaamade hinnang Gretagrundi loodusl alal 2022. andmete põhjal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus. Määratlemata seirejaamadest ei kogutud biomassiproove ning seetõttu polnud võimalik kõikide kriteeriumite põhjal hinnangut anda.

Jaam	Avatus lainetusele	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 4	Krit. 5	Krit. 6	Seisund
GRE080	avatud	jah	0	100	85	6	jah	hea
GRE087	avatud	jah	0	100	97	5	jah	hea
GRE124	avatud	jah	0	100				määratlemata
GRE125	avatud	jah	0	100	91	2	ei	halb
GRE137	avatud	jah	0	91				määratlemata
GRE224*	avatud	jah	0	100		6	jah	hea

Kriteeriumid:

1 – punavetikate või mitmeaastaste pruunvetikate esinemine

2 – agariku katvus

3 – mitteoportunistlike liikide katvuse osakaal

4 – mitmeaastaste taimeliikide biomassi osakaal

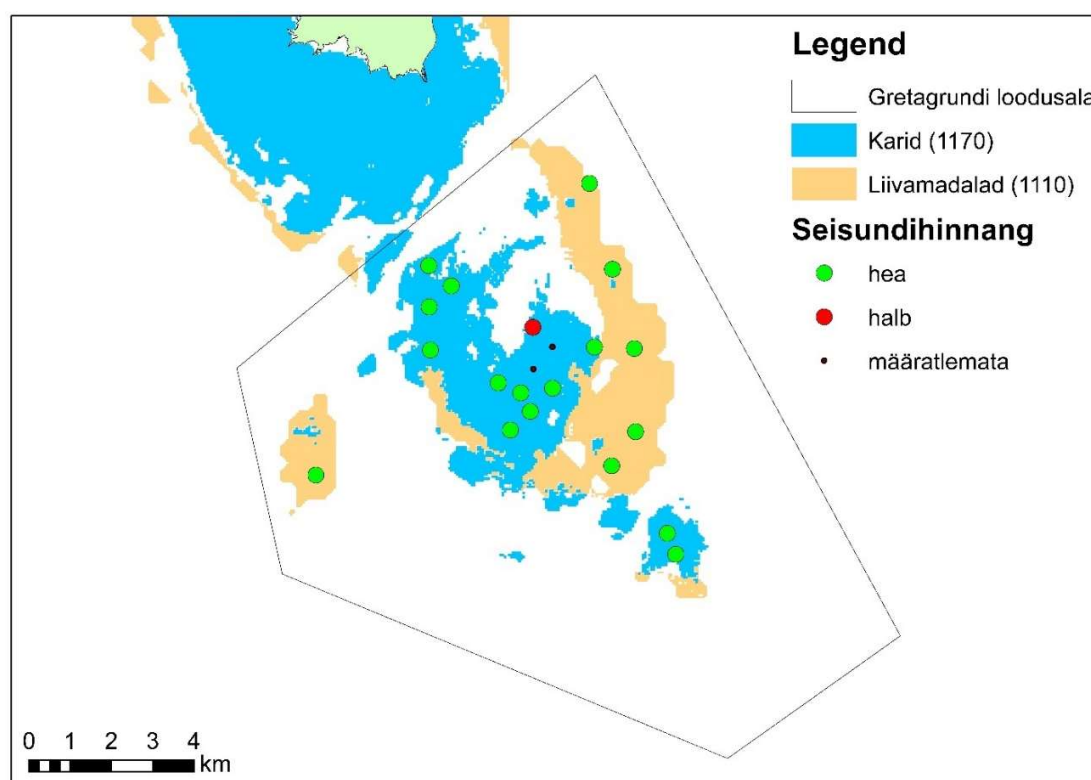
5 – kõrge tundlikkusega taksonite arv loomastikus

6 – loomastikus esindatud teod, kirpvähilised ja kakandilised

*– kriteeriumid 5-6 hinnatud eksperthinnangu põhjal vastavalt seirejaamale GRE180

Tabel 8. Karide elupaigatüübi rannakarbivööndi kriteeriumite väärtused ja seirejaamade hinnang Gretagrundi looduslal 2022. andmete põhjal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus.

Jaam	Esineb rannakarp, rändkarp või tõruvähk	Kõrge tundlikkusega taksonite arv loomastikus	Esinevad teod, kirpvähilised või kakandilised	Seisund
GRE078	jah	5	jah	hea
GRE079	jah	4	jah	hea
GRE114	jah	4	jah	hea
GRE115A	jah	2	jah	hea
GRE123	jah	4	jah	hea
GRE136	jah	5	jah	hea
GRE155	jah	5	jah	hea
GRE180	jah	6	jah	hea
GRETA S	jah	5	jah	hea



Joonis 4. Gretagrundi loodusala jaamapõhine hinnang.

Gretagrundi loodusala sobivus HELCOMi merekaitsealade võrgustikku.

Gretagrundi loodusala eesmärgiks on Nõukogu direktiivi 92/43/EMÜ I lisas nimetatud elupaigatüüpide – veealuste liivamadalate (1110) ja karide (1170) ning Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi

2009/147/EÜ I lisas nimetatud linnuliikide ja I lisas nimetamata rändlinnuliikide elupaikade kaitse. Linnuliigid, kelle elupaiku kaitstakse, on järvekaur (*Gavia arctica*), väikekajakas (*Larus minutus*), punakurkaur (*Gavia stellata*), aul (*Clangula hyemalis*), tõmmuvaeras (*Melanitta fusca*) ja alk (*Alca torda*). Gretagrundi meremadalik on ainulaadne ja puutumatu elupaik, millel on oluline koht Eesti teiste loodusväärtuste seas. Mereala kaitse alla võtmise eesmärk oli säilitada Liivi lahes asuva Gretagrundi madala unikaalsus ja puutumatus eelkõige elupaigana.

HELCOMi merekaitsealade võrgustikku esitamiseks on välja töötatud kriteeriumite loend (State and Conservation Working Group ([Outcome of State and Conservation 3-2015](#))). Selleks, et ala sobiks esitamiseks HELCOMi merekaitsealaks võib olla täidetud üks või mitu kriteeriumit. Ettepaneku ala lülitamiseks HELCOMi merekaitsealade võrgustikku tehakse liikmesriigi poolt. Gretagrundi ala vastab mitmele HELCOMi merekaitseala kriteeriumile:

HELCOMi merekaitsealade valikukriteeriumid	Selgitus
Liikide tähtis toitumisala	Linnuliigid
Tähtis migreerimise ja puheala liikidele	Linnuliigid
Tähtis pesitsus/paljunemisala	Linnuliigid
Ohustatud või kahaneva levikuga elupaikade asukoht	Liivamadalad ja karid
Ohustatud või kahaneva levikuga elupaikade kvaliteet/seisund	Liivamadalad ja karid on soodsas seisundis
Ohustatud või kahaneva levikuga liikide paiknemine	Linnuliigid
Ohustatud või kahaneva levikuga liikide elupaiga kvaliteet	Linnuliigid
Haruldaste liikide või elupaikade paiknemine alal	
Alal asuvate liikide ja elupaikade tundlikkus	Alal asuvate elupaikade tundlikkust inimõju suhtes pole otseselt määratud, samas unikaalse bioloogilise koosluse hävimine oluliselt suurema inimõju puhul on tõenäoline
Alad kus erakordselt kõrge looduslik elurikkus	Ala on võrreldes ümbritseva merealaga (Liivi lahe avaosa) kõrge elurikkusega
Võtmeliikide levik alal	Merepõhja koosluste võtmeliikide levik

Ökoloogiliselt oluliste elupaikade asukoht	Eelkõige merepõhja elupaigad
Representatiivne ala	Väga iseloomulik Liivi lahe keskosale, nii merepõhja kui pelaagilised elupaigad
Geoloogiliste väärtuste asukoht	Puudub
Bioloogiliste väärtuste asukoht	Eelkõige merepõhja elupaigad
Mereliste väärtuste asukoht	Pigem ei kohaldu
Maismaalised loodusväärtused	Ei kohaldu
Loodusdirektiivi lisa I elupaigatüüpide kaitseks	elupaigatüüpide – veealuste liivamadalate (1110) ja karide (1170) paiknemine alal
Loodusdirektiivi lisa II liikide kaitseks	Linnuliigid
EL Linnudirektiivi järgse kaitstava ala kaitseks	Ei kohaldu

3.2. Pakri loodusala inventuur

Pakri looduslalal hõlmab LoD elupaigatüüpidest liivamadalad 69 km² ja karid 17 km². Liivamadalate elupaigatüübis domineeris taimestikuvöönd, taimestikuvabad alad (settes elavata karpide vöönd) esinesid vaid üksikute laikudena. Liivasel substraadil esinesid ohtramalt ja sagedamini merihein (*Zostera marina*) ja kamm-penikeel (*Stuckenia pectinata*), sageli esines ka lahtist niitjat vetikat. Liivamadalate elupaigatüübis esines ka üksikuid kive, mistõttu esinesid vähese ohtrusega ka kõvale substraadile iseloomulikud liigid (tabel 9). Karide elupaigatüübis esines põisadru katvusega kuni 95%. Punavetikavööndis domineeris ohtruselt (katvus 15-80%) niitjas punavetikas *Vertebrata fucoides*, agariku katvus seirejaamades oli 5-20%. Rannakarbivööndis domineeris õhtuselt söödav rannakarp. Põhjaloostastiku liigirikkus piirkonnas oli kõrge (tabel 9, 10).

Tabel 9. Põhjaelustiku taksonite esinemissagedused mereveega üleujutatud liivamadalate elupaigatüübis (1110) Pakri looduslalal 2022. aastal. Elupaigatüübi tunnusliigid rasvases kirjas. Põhjaloostastiku esinemissagedust ei ole esitatud, kuna hindamiseks koguti põhjaloostastiku proovid vaid ühest liivamadalate elupaigatüübi seirejaamast.

Põhjataimestiku taksonid	Esinemissagedus, %	Põhjaloostastiku taksonid
<i>Zostera marina</i>	60	<i>Amphibalanus improvisus</i>
<i>Stuckenia pectinata</i>	50	<i>Ampullaceana balthica</i>
<i>Pylaiella littoralis</i>	20	<i>Cerastoderma glaucum</i>
<i>Zannichellia palustris</i>	20	<i>Chironomidae</i>
<i>Battersia arctica</i>	10	<i>Cyanophthalma obscura</i>
<i>Ceramium tenuicorne</i>	10	<i>Ecrobia ventrosa</i>
<i>Chara aspera</i>	10	<i>Gammarus juveniilid</i>
<i>Chara canescens</i>	10	<i>Gammarus locusta</i>
<i>Chorda filum</i>	10	<i>Gammarus salinus</i>
<i>Cladophora glomerata</i>	10	<i>Halacaridae</i>
<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>	10	<i>Hediste diversicolor</i>
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	10	<i>Idotea balthica</i>
<i>Rhizoclonium riparium</i>	10	<i>Idotea chelipes</i>
<i>Ulothrix sp</i>	10	<i>Idotea juveniilid</i>
<i>Vertebrata fucoides</i>	10	<i>Jaera albifrons</i>
		<i>Leptocheirus pilosus</i>
		<i>Limapontia capitata</i>
		<i>Manayunkia aestuarina</i>
		<i>Marenzelleria neglecta</i>
		<i>Mya arenaria</i>
		<i>Mytilus trossulus</i>
		<i>Nippoleucon hinumensis</i>
		<i>Oligochaeta</i>
		<i>Peringia ulvae</i>
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>
		<i>Praunus inermis</i>
		<i>Sinelobus vanhaareni</i>
		<i>Theodoxus fluviatilis</i>

Tabel 10. Põhjaelustiku taksonite esinemissagedused karide elupaigatüübis (1170) Pakri looduslal 2022. aastal. Elupaigatüübi tunnusliigid rasvases kirjas.

Põhjataimestiku taksonid	Esinemissagedus, %	Põhjaloostastiku taksonid	Esinemissagedus, %
<i>Ceramium tenuicorne</i>	73,3	<i>Amphibalanus improvisus</i>	66,7
<i>Battersia arctica</i>	53,3	<i>Mytilus trossulus</i>	66,7
<i>Cladophora glomerata</i>	53,3	<i>Cerastoderma glaucum</i>	33,3
<i>Pylaiella littoralis</i>	53,3	<i>Cyanophthalma obscura</i>	33,3
<i>Fucus vesiculosus</i>	40,0	<i>Einhornia crustulenta</i>	33,3
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	40,0	<i>Gammarus juveniilid</i>	33,3
<i>Vertebrata fucoides</i>	40,0	<i>Gammarus salinus</i>	33,3
<i>Rhodomela confervoides</i>	26,7	<i>Idotea chelipes</i>	33,3
<i>Rhodochorton purpureum</i>	20,0	<i>Jaera albifrons</i>	33,3
<i>Chorda filum</i>	6,7	<i>Laomedea flexuosa</i>	33,3
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	6,7	<i>Manayunkia aestuarina</i>	33,3
<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>	6,7	<i>Mya arenaria</i>	33,3
<i>Ulva intestinalis</i>	6,7	<i>Peringia ulvae</i>	33,3
<i>Ulva prolifera</i>	6,7	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	33,3
		<i>Theodoxus fluviatilis</i>	33,3
		<i>Chironomidae</i>	26,7
		<i>Gammarus oceanicus</i>	26,7
		<i>Gammarus zaddachi</i>	26,7
		<i>Hediste diversicolor</i>	26,7
		<i>Idotea balthica</i>	26,7
		<i>Macoma balthica</i>	26,7
		<i>Oligochaeta</i>	26,7
		<i>Pygospio elegans</i>	26,7
		<i>Sinelobus vanhaareni</i>	26,7
		<i>Corophium volutator</i>	20,0
		<i>Limapontia capitata</i>	20,0
		<i>Platyhelminthes</i>	20,0
		<i>Halacaridae</i>	13,3
		<i>Leptocheirus pilosus</i>	13,3
		<i>Palaemon elegans</i>	13,3
		<i>Bylgides sarsi</i>	6,7
		<i>Ceratopogonidae</i>	6,7
		<i>Halicryptus spinulosus</i>	6,7
		<i>Idotea juveniilid</i>	6,7
		<i>Praunus inermis</i>	6,7
		<i>Tenellia adspersa</i>	6,7

Piirkonnas puudusid Helcomi ohustatud liikide nimekirjas olevad liigid ja elupaigad. Läänemere vöörlükkidest esines Pakri looduslal liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*), tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), virgiinia korgitsuss (*Marenzelleria neglecta*), rändtigu (*Potamopyrgus antipodarum*), elegantne krevett (*Palaemon elegans*) ja vähiline *Sinelobus vanhaareni*. Viimase kahe liigi esmaleiud Eesti merealal on TÜ Eesti Mereinstituudi andmebaasi järgi registreeritud 10-12 aastat tagasi. Mõlemad liigid on leitud

mitmetest leiukohtadest. Ülejäänud loetletud võõrliigid on Eestis esinenud juba aastakümneid ning nende esinemine on sage. Pakri loodusala välitööde käigus makroprügi merepõhjas ei tuvastatud.

Pakri looduslal koguti liivamadalate elupaigatüübi hindamiseks andmeid kümnest jaamast, neist 8 jaama paiknesid taimestikuvööndis ja 2 jaama settes elavata karpide vööndis. Hinnang oli võimalik anda 8 jaama andmestiku põhjal. Kogu loodusala paikneb kõrge soolsusega ($>4,5$) piirkonnas, seirejaamad paiknesid nii lainetusele avatud (lainetuse mudeli väärtus $>210\,000\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$) kui ka suletud piirkonnas (TÜ Eesti Mereinstituut 2016a).

Liivamadalate taimestikuvööndis moodustasid mändvetikad ja merihein kuues jaamas 67-100% taimestiku katvusest, mis viitas seirejaamade heale seisundile (tabel 11). Seirejaamas LF855 esines merihein 10% katvusega, mis moodustas 29% taimestikust. Piirkonnas esinesid nii teod, karbid ja mitesessiilsed vähid. Taimestikuta alalt koguti biomassiproovid seirejaamast PAK7, mis klassifitseerus seisundisse hea. Jaamas esinesid infauna karpidest liiva-uurikkarp (*Cerastoderma glaucum*) ja (*Mya arenaria*) ning esines 9 kõrge või keskmise tundlikkusega põhjaloomastiku liiki (tabel 10). Kõik liivamadalate elupaigatüübi jaamad klassifitseerusid seisundisse hea. Liivamadalate elupaigatüübi struktuuri ja funktsioonide looduskaitse seisundi hinnang Pakri hoiualal on soodne (*favourable*), kuna seirejaamade hinnangute põhjal on kogu ala heas seisundis (joonis 5).

Karide elupaigatüübi adruvöönd jäi täies ulatuses lainetusele suletud piirkonda. Põisadru esines kõikides jaamades katvusega 50-95 %, mistõttu seirejaamade seisund klassifitseerus heaks (tabel 13). Punavetikavööndi kahes jaamas ületas agariku esinemine hea seisundiklassi lävendi. Mitmeaastaste ja mitteoportunistlike taimeliikide suure osakaalu ning tundlike liikide esinemise põhjal olid ka jaamade PAK044 ja BACO002 seisund hea (tabel 14). Rannakarbivööndi kõikides jaamades esines nii söödav rannakarp kui ka tõruvähk. Jaamadest, kus koguti kvantitatiivsed proovid, esinesid ka kõrge tundlikkusega liigid ning teod, kirpvähilised ja kakandilised (tabel 15). Karide hinnatud 12 seirejaama hinnangute põhjal oli karide elupaigatüübi struktuuri ja funktsioonide looduskaitse seisundi hinnang Pakri hoiualal oli soodne (*favourable*).

Nii karide kui liivamadalate elupaigatüübi pindalas ja levilas piirkonnas ei täheldatud võrreldes varasemate ning modelleeritud andmetega muutusi. Elupaiga tulevikuväljavaated hinnati ekspertarvamuse põhjal heaks. Karide ja liivamadalate elupaigatüübi looduskaitse seisund Pakri looduslal on soodne.

Tabel 11. Mereveega üleujutatud liivamadalate elupaigatüübi taimestikuvööndi kriteeriumite tulemused ja seirejaamade hinnang Pakri looduslal 2022.aastal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus.

Jaam	Kriteerium 1	Kriteerium 2	Kriteerium 3	Kriteerium 4	Seisund
BACO139	ei	ei	100		määratlemata
BACO229A	jah	jah			hea
BACO255	jah	jah			hea
BACO275	jah	jah			hea
LF855	jah	ei	100	jah	hea
LF859	jah	jah			hea
PAK05	jah	jah			hea
PO50	jah	jah			hea

Kriteeriumid:

- 1 – esinevad mändvetikad ja kõrgemad taimed
- 2 – domineerivad mändvetikad või pikk merihein
- 3 – mitteoportunistlike liikide katvuse osakaal
- 4 – loomastikus esindatud teod, karbid ja mittesessiilsed vähid

Tabel 12. Mereveega üleujutatud liivamadalate elupaigatüübi settes elavate karpide vööndi kriteeriumite tulemused ja seirejaamade hinnang Pakri looduslal 2022.aastal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus.

Jaam	Settes esinevad karbid	Esineb keskmise või kõrge tundlikkusega põhjaloomastikku	Seisund
PAK6			määratlemata
PAK7	jah	jah	hea

Tabel 13. Karide elupaigatüübi lainetusele suletud adruvööndi kriteeriumite väärtused ja seirejaamade hinnang Pakri looduslal 2022. andmete põhjal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus.

Jaam	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 4	Krit. 5	Seisund
BACO143	95	92				hea
LF821C	50	85				hea
P032	80	78				hea
P034A	95	87				hea
P205	90	79				hea
PAK1	50	64				hea

Kriteeriumid:

- 1 – adru katvus
- 2 – mitteoportunistlike liikide katvuse osakaal
- 3 – mitmeaastaste taimeliikide biomassi osakaal

4 – kõrge tundlikkusega taksonite arv loomastikus

5 – loomastikus esindatud teod, kirpvähilised ja kakandilised

Tabel 14. Karide elupaigatüübi punavetikavööndi kriteeriumite väärtused ja seirejaamade hinnang Pakri looduslal 2022. andmete põhjal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus. Määratlemata seirejaamadest ei kogutud biomassiproove ning seetõttu polnud võimalik kõikide kriteeriumite põhjal hinnangut anda.

Jaam	Avatus lainetusele	Krit. 1	Krit. 2	Krit. 3	Krit. 4	Krit. 5	Krit. 6	Seisund
BACO197	suletud	jah	5	100				määratlemata
LF822	suletud	jah	20					hea
LF880	avatud	jah	20					hea
PAK044	avatud	jah	0	99	96	10	jah	hea
BACO002	avatud	jah	5	99	92	9	jah	hea

Kriteeriumid:

1 – punavetikate või mitmeaastaste pruunvetikate esinemine

2 – agariku katvus

3 – mitteoportunistlike liikide katvuse osakaal

4 – mitmeaastaste taimeliikide biomassi osakaal

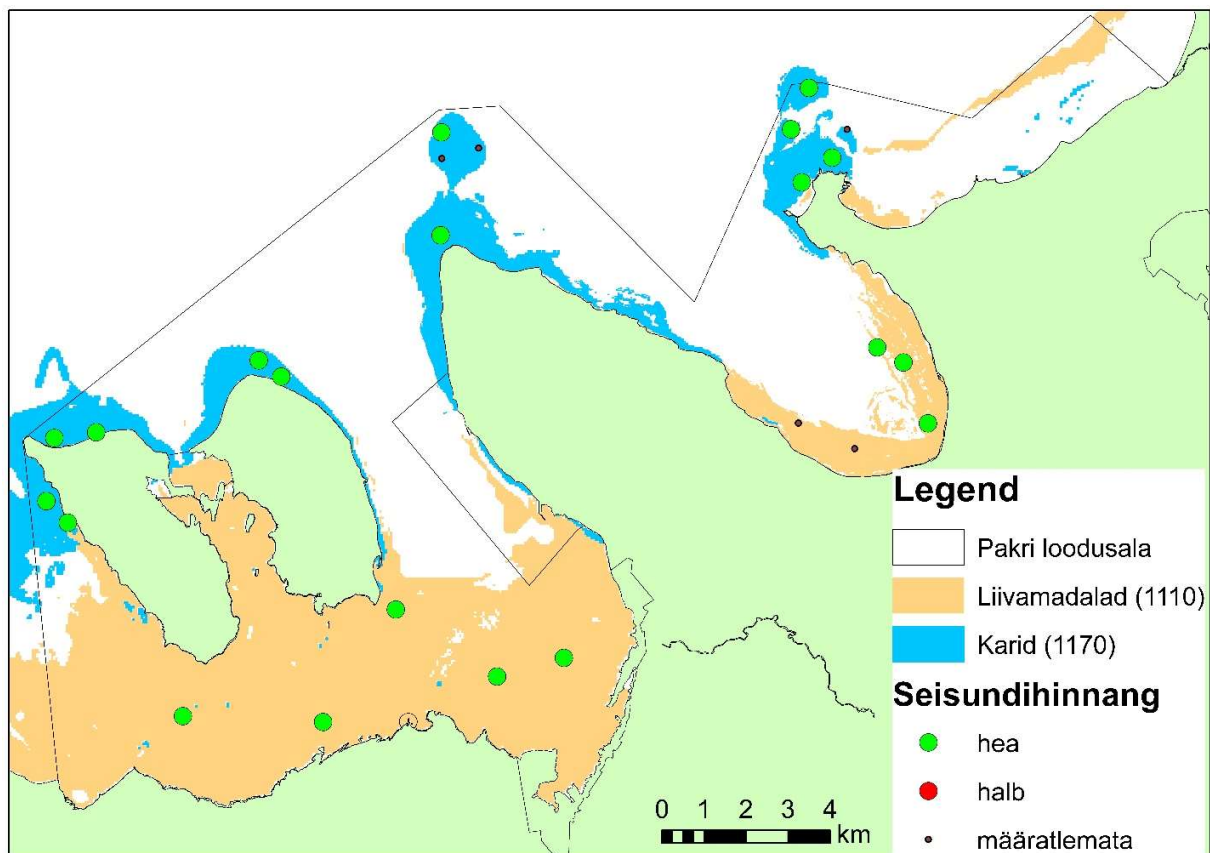
5 – kõrge tundlikkusega taksonite arv loomastikus

7 – loomastikus esindatud teod, kirpvähilised ja kakandilised

* – kriteeriumid 5-6 hinnatud eksperthinnangu põhjal vastavalt seirejaamal GRE180

Tabel 15. Karide elupaigatüübi rannakarbivööndi kriteeriumite väärtused ja seirejaamade hinnang Gretagrundi looduslal 2022. andmete põhjal. Rasvases kirjas seisundiklassi määrava kriteeriumi väärtus.

Jaam	Esineb rannakarp, rändkarp või tõruvähk	Kõrge tundlikkusega taksonite arv loomastikus	Esinevad teod, kirpvähilised või kakandilised	Seisund
BACO001	jah			määramata
LF908	jah	7	jah	hea
PAK010	jah			määramata
PAK3	jah	9	jah	hea



Joonis 5. Pakri loodusala jaamapõhine hinnang.

3.3. Ankrualade inimõju

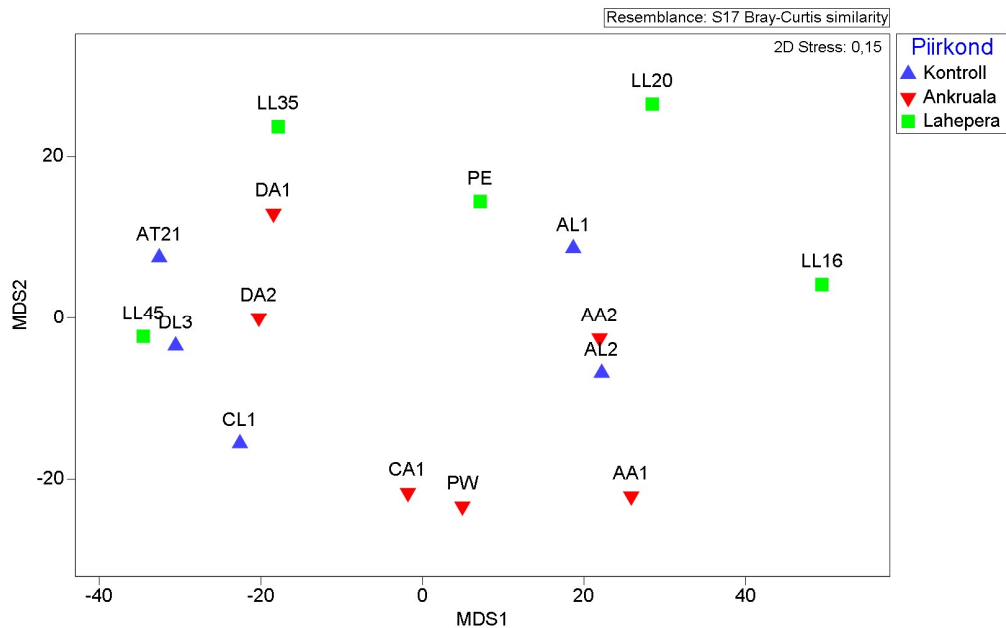
Ankrualade liigiline mitmekesisus oli kõrgem kui kontrolljaamades ankrualade lähistel või Lahepera lahes (tabel 16). Vaid ankrualadel esinesid tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), kärsuss (*Cyanophtharma obscura*), kirpvähid (*Gammarus sp.*) ja lehtsarved (*Idotea sp.*), süstiktigu (*Limapontia capitata*) ja karpvähilised (*Ostracoda*). Kõik nimetatud liigid on tavapärase liigid Eesti rannikumeres. Ankrualal esines ka enim reostustundlikke liike. Tundlikusse rühmad määrati vastavalt VRD hindamiseks kasutatava indikaatori ZKI klassidele.

Liigiline mitmekesisus ei olnud tingitud suuremast võõrliikide arvukusest. Läänemere võõrliikidest esines piirkonnas vaid sellised võõrliigid, mis on Eestis levinud aastakümneid ning sagedase ja laia levikuga: liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*), tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), virgiinia korgitsuss (*Marenzelleria neglecta*) ja rändtigu (*Potamopyrgus antipodarum*). Ainult ankrualal esines nimetatud liikidest vaid vähesemal määral tõruvähk.

Tabel 16. Liikide esinemine ankruaaladel ja väljaspool ankruaalasid. Kontroll – kontrolljaamad ankruaalade lähistelt, ankruala – ankruaalal paiknevad jaamad, Lahepera – kontrolljaamad Lahepera lahest.

Liik	Ankruala	Kontroll	Lahepera
<i>Amphibalanus improvisus</i>	1	0	0
<i>Bylgides sarsi</i>	1	1	1
<i>Cerastoderma glaucum</i>	1	1	1
<i>Chironomidae</i>	1	1	0
<i>Corophium volutator</i>	1	0	1
<i>Cyanophthalma obscura</i>	1	0	0
<i>Ecrobia ventrosa</i>	0	0	1
<i>Gammarus salinus</i>	1	0	0
<i>Halicryptus spinulosus</i>	1	1	1
<i>Hydrozoa</i>	0	1	1
<i>Idotea balthica</i>	1	0	0
<i>Idotea chelipes</i>	1	0	0
<i>Laomedea flexuosa</i>	1	1	0
<i>Limapontia capitata</i>	1	0	0
<i>Macoma balthica</i>	1	1	1
<i>Marenzelleria neglecta</i>	1	1	1
<i>Monoporeia affinis</i>	1	1	1
<i>Mya arenaria</i>	1	1	1
<i>Mytilus trossulus</i>	1	1	1
<i>Oligochaeta</i>	1	1	1
<i>Ostracoda</i>	1	0	0
<i>Peringia ulvae</i>	1	1	1
<i>Pontoporeia femorata</i>	0	0	1
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	1	1	1
<i>Pygospio elegans</i>	1	0	1
<i>Saduria entomon</i>	1	1	1
Liike kokku	23	15	17
Tundlikke liike	9	5	6

Uuritud jaamade põhjaelustiku liigilise koosseisu mitmemõõtmelise skaleerimise tulemusel ei moodustunud selgelt eristuvaid gruppe (joonis 6). ANOSIM analüüs näitas, et ankruala ja kontrollalade liigiline struktuur ei erine üksteisest (tabel 17). Kui R statistik on nulli lähedane, siis gruppide vaheline eristumine puudub. Negatiivne R väärtus viitab, et grupisise varieeruvus on suurem kui gruppide vaheline.



Joonis 6. Mitmemdimensionaalse skaleerimise (MDS) ordinatsioon kirjeldamaks Bray-Kurtise sarnasusindeksi põhist jaotumist uurimisjaamade keskmistatud ($n=3$) liigilise koosseisu põhjal. Kontroll – kontrolljaamad ankruaalade lähistelt, ankruuala – ankruaalal paiknevad jaamad, Lahepera - kontrolljaamad Lahepera lahest.

Tabel 17. ANOSIM analüüsi R statistikud. $R < 0,1$ sarnased; $0,1 < R < 0,25$ sarnased, mõningaste erinevustega; $0,25 < R < 0,5$ erinevad, mõningase kattuvusega; $R > 0,5$ erinevad.

Grupp	R statistik
Ankruuala/kontroll/Lahepera	0,076
Ankruuala/kontroll	0,023
Ankruuala/Lahepera	0,248
Kontroll/Lahepera	-0,008

Läänemere võõrliikidest esines piirkonnas vaid sellised võõrliigid, mis on Eestis levinud aastakümneid ning sagedase ja laia levikuga: liiva-uurikkarp (*Mya arenaria*), tõruvähk (*Amphibalanus improvisus*), virgiinia korgitsuss (*Marenzelleria neglecta*) ja rändtigu (*Potamopyrgus antipodarum*).

Ankruaalade negatiivne mõju

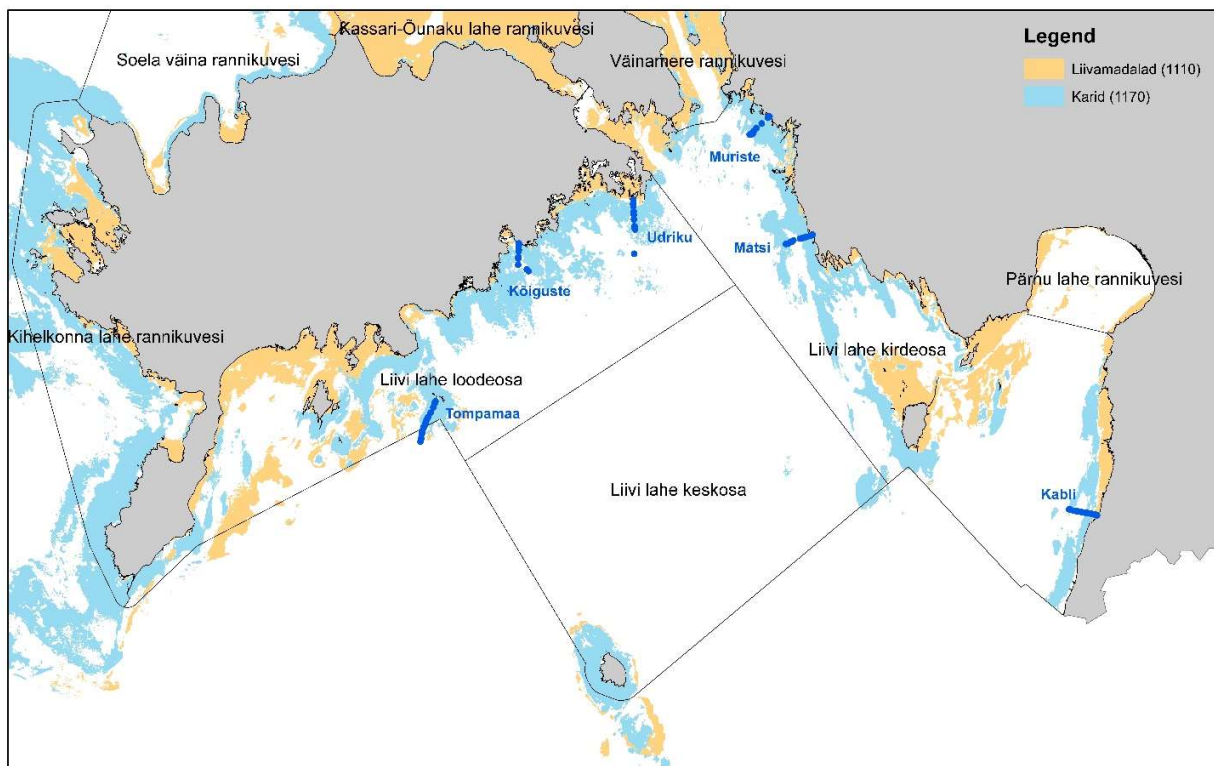
Uuringu käigus ei tuvastatud inimtegevuse negatiivset mõju konkreetse ala merepõhja kooslustele ega ümbritsevale merealale. Merepõhja proovidest ei leitud jälgi näiteks laevade põhja puhastamisest värvifragmentide näol. Samuti ei täheldatud proovides mereprügi või naftasaaduste olemasolu. Negatiivsete leidude puudumine võib olla tingitud vaatluste vähesest arvust või mõju hajumisest hüdrooloogiliselt aktiivsel alal.

Vältimaks tulevikus ankruaalade negatiivset mõju ümbritsevale merealale ja lähedal asuval loodusalale soovitame järgmist:

- Piirata konkreetsetel aladel laevade põhja töötlemist/puhastamist
- Piirata naftasaaduste käitlemist
- Võimalusel vähendada ankruvalade kasutust ohtlike veoste puhul

3.4. Liivi lahe rannikuveekogumite põhjakoosluste seirealad

Liivi lahe rannikuveekogum jagati kolmeks veekogumiks 2019. aastal. Liivi lahe keskosas viidi esmakordselt seire läbi 2021. aastal, Liivi lahe kirde- ja loodeosas 2022. aastal. Nende veekogumite seireprogrammi koostamisel otsustati Liivi lahe keskosas põhjataimestiku mitte seirata, kuna footilise tsooni osa veekogumis on väike. Põhjataimestiku seirealadeks Liivi lahe kirde- ja loodeosas valiti võimalusel piirkonnad, kus kivine substraat ulatus võimalikult sügavale. Samuti arvestati, et seirealad paikneksid veekogumis hajusalt, et iseloomustada veekogumit laialdasemalt. 2022 seirejaamad on esitatud joonisel 7. Valitud VRD kohase ökoloogilise seisundi hindamise seirealad kattuvad osaliselt karide elupaigatüübi levikuga. Elupaigatüüpide välitööde ülesehitus on erinev põhjakoosluste seire välitöödest ning vajab lisatöid (TÜ Eesti Mereinstituut 2016b). Veekogumite VRD kohased ökoloogilise seisundi hinnangud esitatakse rannikumere seire aruandes 1. märts 2023.



Joonis 7. Põhjakoosluse transektide seirejaamade paiknemine Liivi lahe rannikuveekogumites 2022. aastal.

3.5. eDNA võõrliikide seirel

eDNA metoodika testimiseks ja rakendamiseks valitud uuringualadel koguti järgmised proovid: Gretagrund karid (n = 14), Gretagrund liivmadalad (n = 6), Pakri karid (n = 8), Pakri liivmadalad (n = 3), Ankrualad A, C ja D (n = 5) ja ankrualade A, C ja D kontrollalad (n = 4). Lisaks kogutud mereveeproovidele kaasati analüüsi negatiivsed kontrollproovid, et kontrollida erinevate analüüsietappide ja kasutatavate reagentide puhtust: välitööde negatiivsed kontrollid (n = 2), iga eralduskorraga lisati negatiivseid eralduskontrollid, mis uuritavat DNA-d ei sisalda ja DNA kordistamise käigus lisati PCR negatiivsed kontrollid.

Keskkonna DNA proovide mass-sekveneerimise tulemuste alusel leiti, et proovides esines kokku 79 liiki erinevatesse perekondadesse kuuluva looma (Metazoa) DNAd. Nende hulgas hulgas olid arvukaimad lüljalgsete (Arthropoda) esindajad. Teiste hulgas tuvastati proovides kokku 12 kalaliigi DNAd (võõrliikidest ümarmudil *Neogobius melanostomus*).

Gretagrundi loodusala

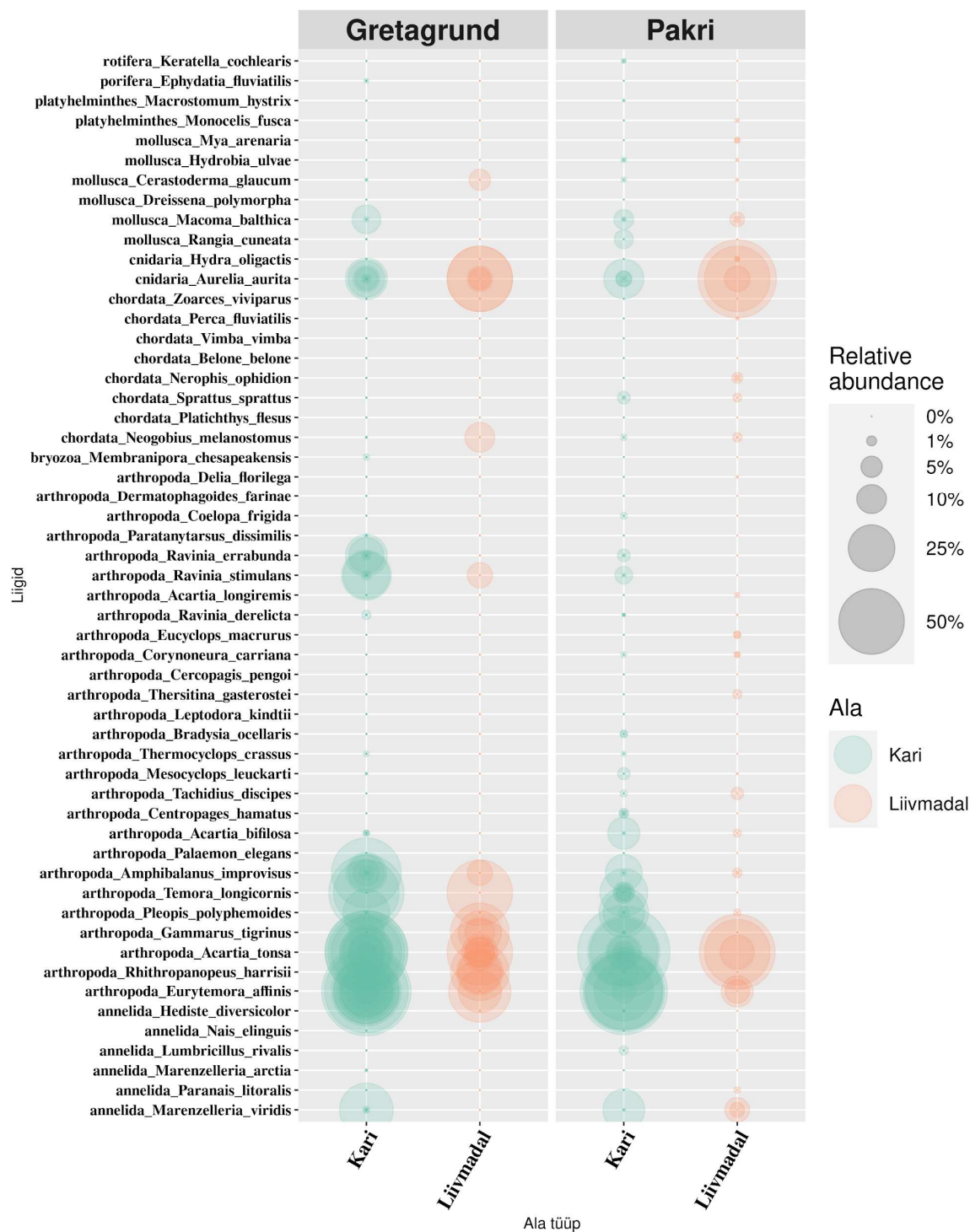
DNA põhine koosluse analüüs näitas et Gretagrundi looduslal esines kokku 36 loomaliigi DNAd. Kõige enam olid esindatud aerjalgsed *Eurytemora affinis* ja *Acartia tonsa* (joonis 8).

Läänemere võõrliikidest leiti Gretagrundi looduslal Mehhiko lahest pärit merikarbi *Rangia cuneata*, hariliku rändkrabi *Rhithropanopeus harrisi*, keeritsussi *Marenzelleria viridis*, ümarmudila *Neogobius melanostomus*, tõruvähi (*Amphibalanus improvisus*) ja võõt-kirpvähi (*Gammarus tigrinus*), tulnuk-tõmbiku (*Acartia tonsa*) DNAd. Liiva-uurikkarbi ja rändkarbi DNAd antud proovides tuvastada ei õnnestunud. Kokku tuvastati metatriipkoodistamise käigus Gretagrundi loodusala piirkonnas 7 võõrliigi esinemine (joonis 9).

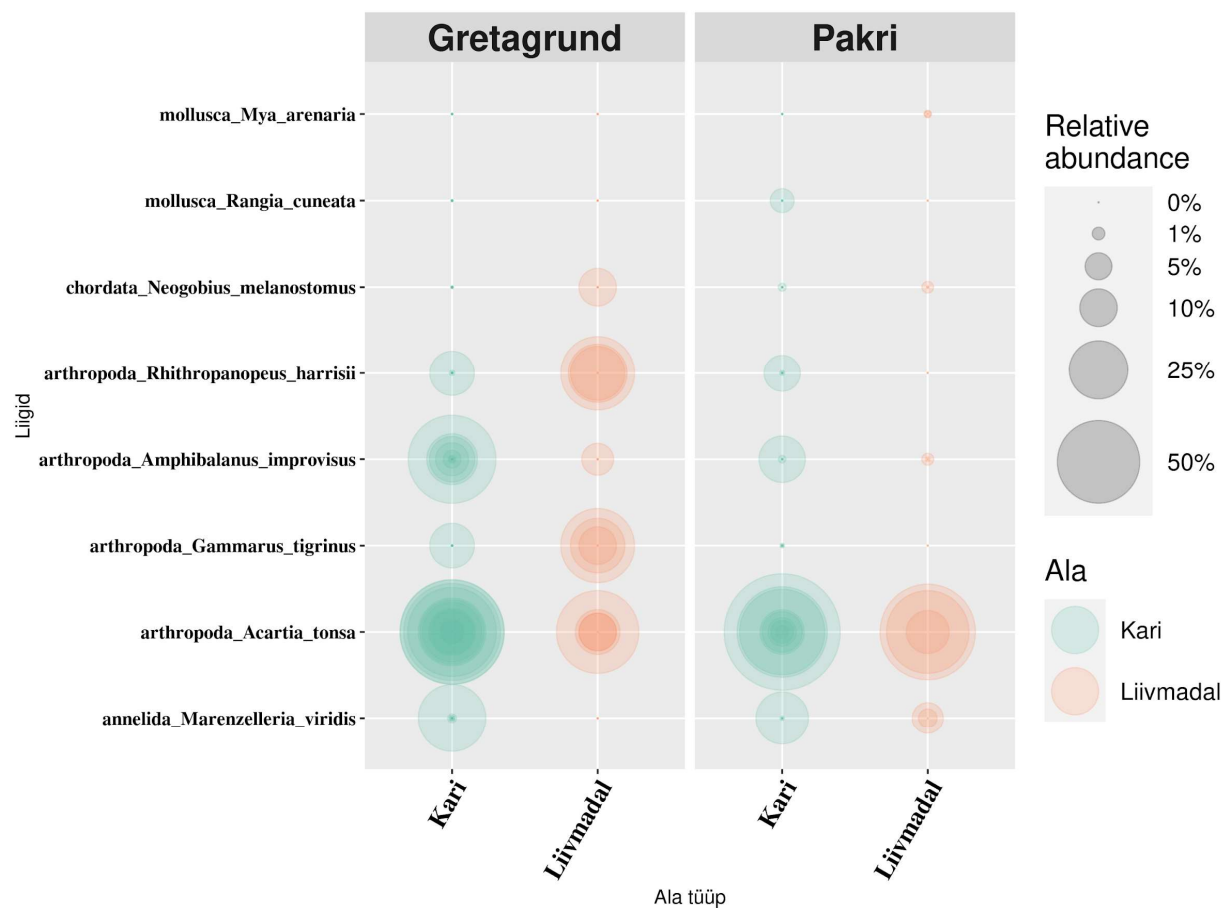
Pakri loodusala

DNA põhine koosluse analüüs näitas, et Pakri looduslal esines kokku 43 loomaliigi DNAd. Arvukamailt olid esindatud aerjalgsete *Eurytemora affinis*, *Acartia tonsa* ja *Temora longicornis*. Kokku tuvastati Pakri looduslal 8 võõrliigi (*Rhithropanopeus harrisi*, *Marenzelleria viridis*, *Neogobius melanostomus*, *Amphibalanus improvisus*, *Gammarus tigrinus*, *Acartia tonsa*, *Mya arenaria* ja *Rangia cuneata*) esinemine (joonis 9).

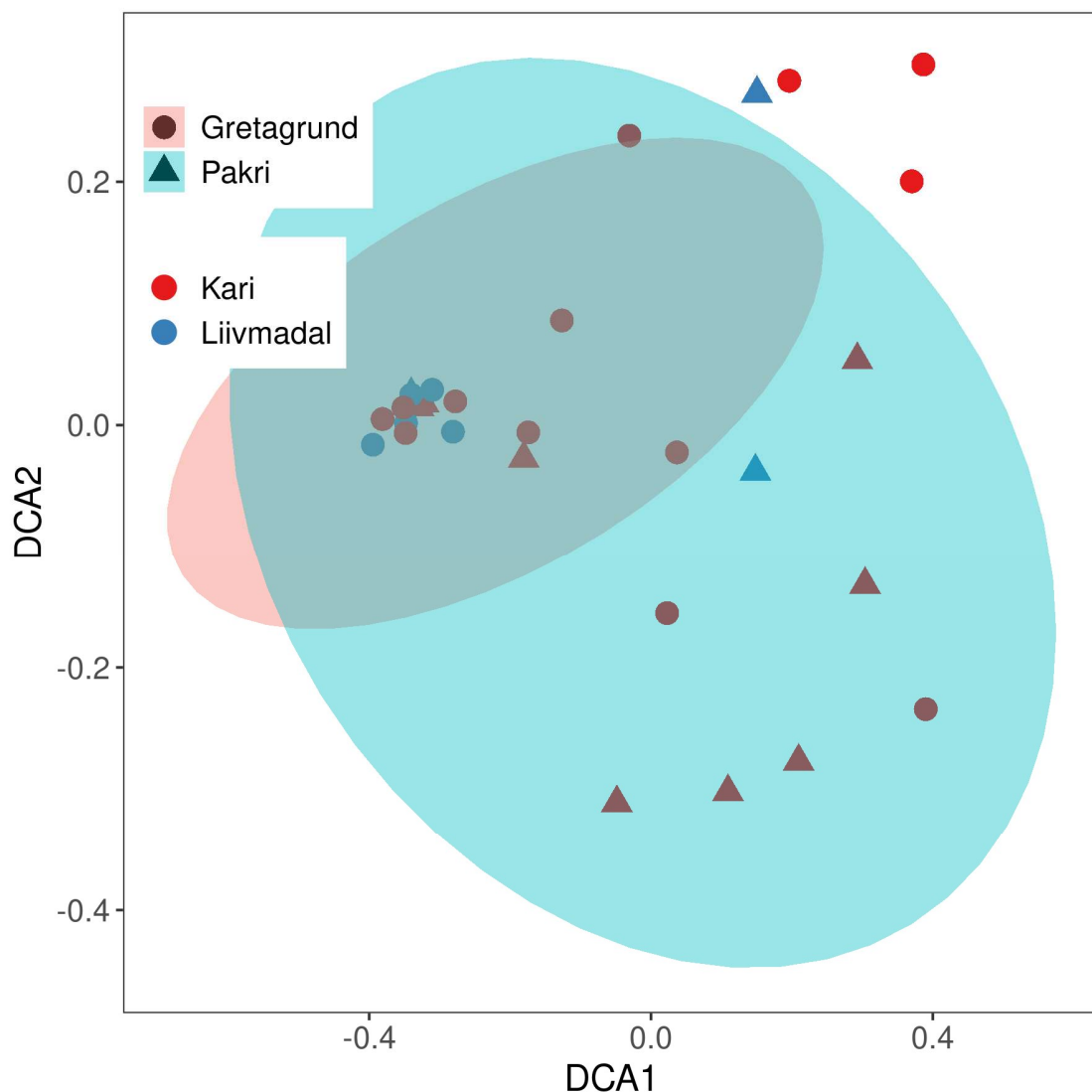
Parki ja Gretagrundi piirkonnast kogutud proovide põhjal olid eDNA leiduvad kooslused neis statistiliselt oluliselt erinevad (Joonis 10, PERMANOVA $F=4,2$, $p=0,02$), kusjuures vees leiduva koosluse mitmekesisusele oli suure mõjuga proovivõtu kohas mere sügavus ($F=3,51$, $p=0,035$). Kuigi liivamadalate ja karide kohalt kogutud veeproovide kooslused üldiselt ei erinenud ($p=0,13$), olid erinevused nende vahel oluliselt koha ja sügavuse spetsiifilised ($F=4,74$, $p<0,01$).



Joonis 8. Uuringualade metatriipkoodistamise tulemused kogutud proovides. Koosluses leiduvate liikide suhteline arvukus määratud MOTUde alusel.



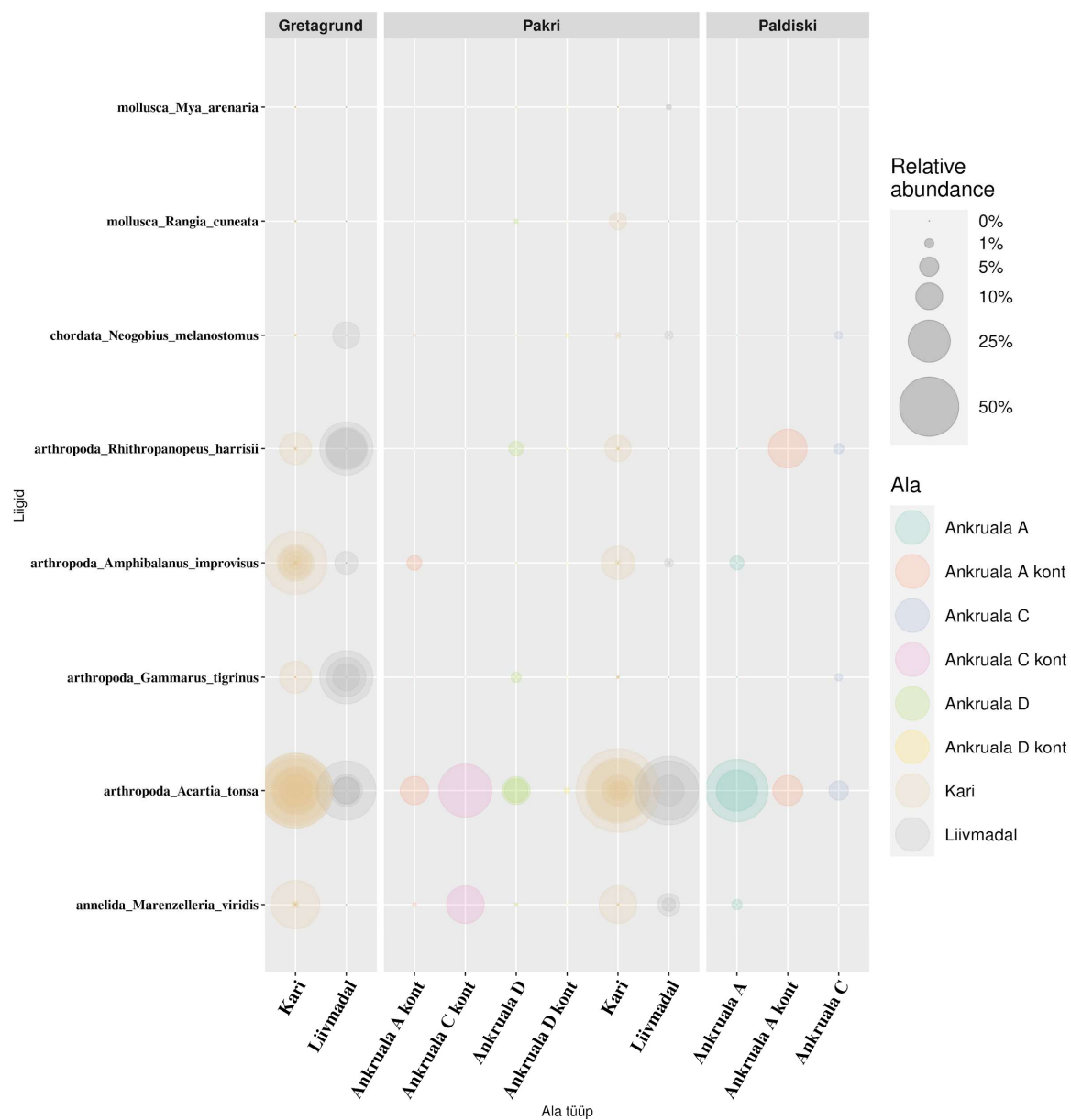
Joonis 9. Võõrliikide esinemine ja suhteline arvukus Gretagrundi ja Pakri loodusala metatriipkoodistamise andmestikus



Joonis 10. Pakri ja Gretagrundi loodusaladelt kogutud proovide rühmitumine koosluse erinevuse-sarnasuse alusel.

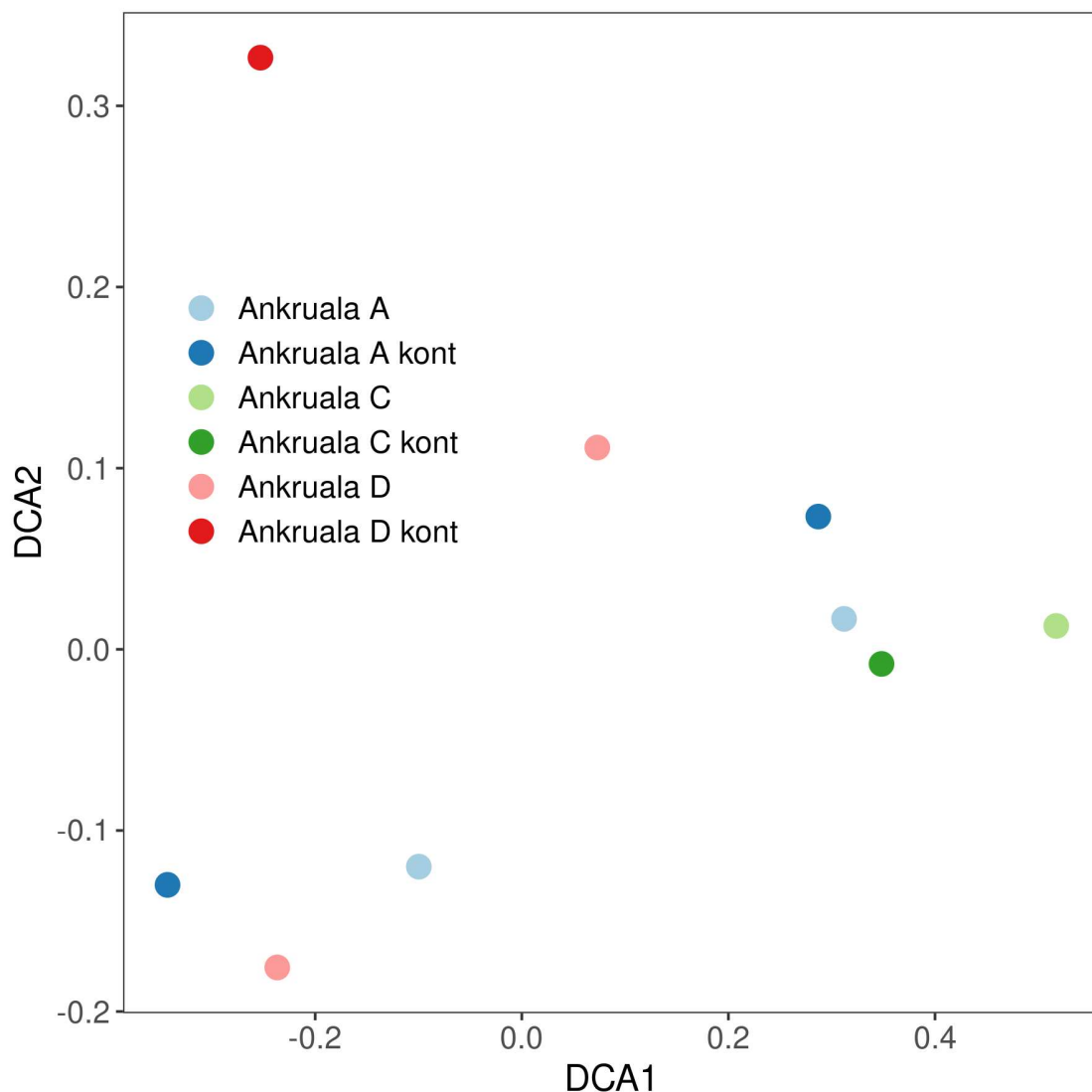
Ankrualad

Ankrualadest oli eDNA alusel kõige liigirikkam D ankruala (tuvastatud liikide arv 23), järgnevalt ankruala A (liikide arv 18) ja ankruala C (liikide arv 13) ning üldine liigiline mitmekesus oli ankrualadel võrreldes kontrollaladega suurem. Võõrliikidest esinesid kõikidel ankrualadel *Marenzelleria viridis* ja *Acartia tonsa*. Kokku tuvastati veel võõrliikide *Rhithropanopeus harrisi*, *Neogobius melanostomus*, *Amphibalanus improvisus*, *Gammarus tigrinus*, *Mya arenaria*, *Neogobius melanostomus*, *Dreissena polymorpha* ja *Rangia cuneata* esinemine (joonis 11).



Joonis 11. Võõrliikide esinemine ja suhteline arvukus Gretagrundi ja Pakri loodusalade ning ankrualade metatriipkoodistamise andmestikus. Koosluses leiduvate liikide suhteline arvukus määratud mOTUde alusel.

Tulemuste analüüsimise käigus leiti, et veeproovidest saadud keskkonna DNA põhjal ankr- ja kontrollalade koosluste vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei ole (joonis 12; PERMANOVA, $F = 0,54$, $p = 0,86$).



Joonis 12: Ankr- ja kontrollalade kooslused statistiliselt oluliselt ei erinenud.

Kontrollproovid

Kontrollproovidesse sattunud DNAd on kõige ilmekamalt võimalik esitada metatriipkoostamise tulemuste abil. Kõik analüüsitud kontrollproovid olid oluliselt erinevad proovialadelt kogutud veeproovidest (PERMANOVA test, $p < 0.05$). Kontrollproovidesse sattunud DNA on juhuslikku päritolu ja mitteamukas. Kuna meetod on ülitundlik, on juhuslike järjestuste tuvastamine kontrollproovides loomulik kõrvalnähtus. Niisamuti nagu kontrollproovidesse, võib ka analüüsitavatesse veeproovidesse sattuda juhuslikku DNAd, mis meetodi kõrge tundlikkuse tõttu tuvastatakse. See on loomulik ja sellised juhuslikku päritolu järjestused saab lihtsasti tuvastada andmete kontrollimise käigus.

Soovitused:

Projekti piiratud eelarve ja ajaliste ressursside tõttu koguti igast proovipunktist vaid üks proov. Selleks, et suurendada vähemarvukate ja haruldaste liikide tuvastamise tõenäosust ning tõsta koosluste analüüsil tuvastatud liigilist mitmekesisust, tuleks igast proovipunktist koguda minimaalselt kolm kordusproovi. Seda peamiselt seetõttu, et eDNA kontsentratsioon mereveeproovides on väga madal (seda kogesime ka antud projekti käigus kogutud proovide puhul). Kordusproovide arvu suurendades suureneb analüüsiks kasutatava filtreeritud vee kogus ja seeläbi tõenäosus tabada vähemarvukaid ja raskesti kättesaadavaid liike kasvab. Võõrliikide varajaseks avastamiseks on see väga oluline.

Põhjakoosluste täpsemaks ja detailsemaks analüüsimiseks eDNA meetodil võiks lisaks veeproovidele koguda, kus võimalik, ka sette pindmise kihi proove ning veeproove põhjalähedasest veekihi (~0.5 m põhjast) Kogu veesambast kogutud veeproovides leidub palju liike, kes ei ole põhjaloomad.

4. Kokkuvõte

- Gretagrundi looduslal hõlmab LoD elupaigatüüpidest liivamadalad 18 km² ja karid 19 km². Liivamadalal elupaigatüübi levialal taimestik puudus, seega esines vaid settes elavate karpide võõnd. Karide elupaigatüübis domineeris rannakarpide võõnd. Kui taimestik esines (punavetikavõõnd), siis see oli hõre. Kõik looduslal leidunud Läänemere võõrliigid (*Dreissena polymorpha*, *Mya arenaria*, *Amphibalanus improvisus*, *Marenzelleria neglecta*, *Potamopyrgus antipodarum*) on Eestis esinenud juba aastakümneid ning nende esinemine on sage. Piirkonnas puudusid Helcomi ohustatud liikide nimekirjas olevad liigid ja elupaigad. Liivamadalate elupaigatüübi struktuuri ja funktsioonide seisund Gretagrundi looduslal oli 100% ulatuses soodne. Karide elupaigatüüpi jaamadest oli 92% seisund hea. Üksiku seirejaama ebasoodne seisund võib olla põhjustatud looduslikust varieeruvusest või anomaaliast. Seetõttu tuleks võimalusel hinnangu andmiseks seirata jaamu piisaval arvul. Karide elupaigatüübi struktuuri ja funktsioonide looduskaitse seisundi hinnang Gretagrundi hoiualal oli soodne, kuna üle 90% alast oli heas seisundis. Nii karide kui liivamadalate elupaigatüübi pindalas ja levilas piirkonnas ei täheldatud võrreldes varasemate ning modelleeritud andmetega muutusi. Elupaiga tulevikuväljavaated hinnati ekspertarvamuse põhjal heaks. Karide ja liivamadalate elupaigatüübi looduskaitse seisund Gretagrundi looduslal oli soodne.
- Gretagrundi loodusala vastab HELCOMi merekaitseala kriteeriumitele. Soovitame esitada ala HELCOMi merekaitsealade võrgustikku.
- Pakri looduslal hõlmab LoD elupaigatüüpidest liivamadalad 69 km² ja karid 17 km². Liivamadalate elupaigatüübis domineeris taimestikuvõõnd, taimestikuvabad alad (settes elavata karpide võõnd) esinesid vaid üksikute laikudena. Karide elupaigatüübis olid esindatud nii adru-, punavetika- kui ka rannakarpide võõnd. Nii liivamadalate kui ka karide elupaigatüübi kõikide võõndide seirejaamade seisund oli hea. Liivamadalate ja karide elupaigatüübi struktuuri ja funktsioonide looduskaitse seisundi hinnang Pakri hoiualal oli soodne. Nii karide kui liivamadalate elupaigatüübi pindalas ja levilas piirkonnas ei täheldatud võrreldes varasemate ning modelleeritud andmetega muutusi. Elupaiga tulevikuväljavaated hinnati ekspertarvamuse põhjal heaks. Karide ja liivamadalate elupaigatüübi looduskaitse seisund Pakri looduslal oli soodne. Piirkonnas puudusid Helcomi ohustatud liikide nimekirjas olevad liigid ja elupaigad. Läänemere võõrliikidest esinesid Pakri looduslal enamasti liigid, mis on Eestis esinenud juba aastakümneid ning nende esinemine on sage. Uuematest võõrliikidest leiti elegantne krevett (*Palaemon elegans*) ja vähiline *Sinelobus vanhaareni*, kelle esmaleiud Eesti merealal on TÜ Eesti Mereinstituudi andmebaasi järgi registreeritud 10-12 aastat tagasi. Mõlemad liigid on Eesti merealal leitud mitmetest leiukohtadest.
- Metoodiline soovitus: Projekti piiratud eelarve tõttu testiti andmekogumist elupaigatüüpide loodusliku seisundi hindamiseks lihtsustatud meetodil. Vastavalt metoodikale tuleks igas seirealal koguda andmeid viiest jaamast ning viiest jaamast kogutud vaatlusandmete põhjal valitakse visuaalse vaatluse tulemusena elupaigatüübi ökoloogilisele võõndile kõige iseloomulikum jaam. Käesolevas töö koguti andmeid igal seirealal ühest jaamast, kuna andmeid koguti valdavalt eelnevalt külastatud jaamadest (andmed aastatest 2007, 2008 või 2018) ja mille elupaigaline kuuluvus oli eelnevalt määratud. Lihtsustatud metoodika ei õigustanud ennast, kuna loodusliku varieeruvuse tõttu esineb elupaigatüübi sees alasid, mille kuuluvus ei vasta täpselt elupaigatüübi või võõndi määratlusele (nt liivased laigud karide võõndis, taimestikuta laigud karide punavetikavõõndis). See tõi kaasa raskusi välitöödel biomassiproovide kogumise vajalikkuse

otsustamisel ja seirejaama võõndilise kuuluvuse ümberhindamise võrreldes varasemate teadmistega. Erinevatel võõnditel rakendatakse hindamiseks erinevaid kriteeriume. Soovitav on tuvastada seirealal domineeriv võõnd (viieist jaamast kogutud andmestik igal seirealal), et hinnangu kriteeriumid ei sõltuks loodusliku varieeruvusest ja hinnang iseloomustaks seirealal domineerivat võõndit mitte juhuslikku mosaiiksust. Seetõttu tuleks edaspidi koguda videoandmeid viieist jaamast, mille järgi valida seireala hindamiseks vajalike andmete/proovide kogumiseks.

- Uuringu käigus kogutud andmete põhjal pole alust muuta olemasolevaid elupaigatüüpide levikukaarte.
- Ankruala ja kontrollalade (ankruala lähistel ja Lahepera lahes) põhjaelustiku andmete analüüs näitas, et ankruala ja kontrollalade liigiline struktuur ei erine üksteisest oluliselt. Ankrualade liigiline mitmekesisus oli kõrgem kui kontrolljaamades ankrualade lähistel või Lahepera lahes ning ankrualal esines ka enim reostustundlikke liike. Läänemere võõrliikidest esines ankrualadel ja kontrollaladel vaid sellised võõrliigid, mis on Eestis levinud aastakümneid ning sagedase ja laia levikuga.
- Ankrualad paiknevad sügavustel, mis ületavad oluliselt footilise tsooni levikut. Kuna tegemist on sügavate aladega, siis neis põhjataimestik puudub. Kontrollaladega võrreldes negatiivne mõju põhjaloomastikule puudus. Ankrualadel on potentsiaalne oht põhjakooslustele toksiliste ainete käitlemisel või laevade remonttöödel (nt värvimine, laeva värvikihi kraapimine).
- VRD kohaseks ökoloogilise seisundi hindamiseks Liivi lahe kirde- ja loodeosas valiti võimalusel piirkonnad, kus kivine substraat ulatus võimalikult sügavale. Samuti arvestati, et seirealad paikneksid veekogumis hajusalt, et iseloomustada veekogumit laialdasemalt. Liivi lahe loodeosa rannikuveekogumis koguti 2022. aastal põhjakoosluste andmed Kõiguste, Tompamaa ja Udriku seirealal. Liivi lahe kirdeosa veekogumis koguti 2022. aastal põhjakoosluste andmed Matsi, Kabli ja Muriste seirealal. Valitud VRD kohase ökoloogilise seisundi hindamise seirealad kattuvad osaliselt karide elupaigatüübi levikuga. Elupaigatüüpide välitööde ülesehitus on erinev põhjakoosluste seire välitöödest ning vajab lisatöid. Veekogumite VRD kohased ökoloogilise seisundi hinnangud esitatakse rannikumere seire aruandes 1. märts 2023.
- Käesoleva projekti raames testiti keskkonna DNA põhinevat analüüsimeetodikat võõrliikide tuvastamiseks Gretagrundi ja Pakri looduslal Läänemeres. Selleks koguti 2022. aasta sügisel veeproove eDNA eraldamiseks ja analüüsimeetodiks kokku 42 proovipunkti. Võõrliikide tuvastamiseks kasutati kooslusepõhist (metatriipkoodistamine) lähenemist.
- Metatriipkoodistamise käigus leiti proovidest vähemalt 79 erineva looma DNAd. Kõige arvukamalt oli proovides lülijalgsete (Arthropoda) esindajaid. eDNA kooslusepõhise analüüsiga tuvastati Gretagrundi ja Pakri loodusaladelt 8 võõrliigi esinemine. Läänemere võõrliikidest esinesid piirkondades vaid Eestis juba varem levinud ja laia levikuga võõrliigid. Eestile uusi võõrliike ei tuvastatud.
- Parki ja Gretagrundi piirkonnast kogutud proovide eDNA kooslused olid erinevad. Bioloogilise mitmekesisuse oluliseks mõjutajaks oli proovikoha sügavus. Karide ja liivmadalate kooslused oluliselt ei erinenud, kuid erinevused nende vahel olid koha ja sügavusspetsiifilised.
- Ankrualade ja kontrollalade eDNA põhjal analüüsitud kooslused statistiliselt oluliselt ei erinenud.
- Põhjaelustiku proove põhjal ei ole Pakri piirkonnas senini veel tuvastatud rändkrabi (*Rhithropanopeus harrisi*) ja karbi *Rangia cuneata* esinemist. Aerjalgse *Acartia tonsa* leviku kohta

Eesti merealal andmed puuduvad, kuna seire proovianalüüside käigus liike ei eristata ning andmed on perekonna tasandil. Eeldatavasti on liik laialt levinud.

Kirjandus

Geller, J., Meyer, C., Parker, M., Hawk, H., 2013. Redesign of PCR Primers for Mitochondrial Cytochrome c Oxidase Subunit I for Marine Invertebrates and Application in All-Taxa Biotic Surveys. *Mol. Ecol. Resour.* 13, 851–61.

Hering, D., Borja, A., Jones, J.I., Pont, D., Boets, P., Bouchez, A., Bruce, K., Drakare, S., Hänfling, B., Kahlert, M., Leese, F., Meissner, K., Mergen, P., Reyjol, Y., Segurado, P., Vogler, A., Kelly, M., 2018. Implementation options for DNA-based identification into ecological status assessment under the European Water Framework Directive. *Water Res.* 138, 192–205. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.003>

Lacoursière-Roussel, A., Howland, K., Normandeau, E., Grey, E.K., Archambault, P., Deiner, K., Lodge, D.M., Hernandez, C., Leduc, N., Bernatchez, L., 2018. eDNA metabarcoding as a new surveillance approach for coastal Arctic biodiversity. *Ecol. Evol.* 8, 7763–7777. <https://doi.org/10.1002/ece3.4213>

Leray, M., Yang, J.Y., Meyer, C.P., Mills, S.C., Agudelo, N., Ranwez, V., Boehm, J.T., Machida, R.J., 2013. A New Versatile Primer Set Targeting a Short Fragment of the Mitochondrial COI Region for Metabarcoding Metazoan Diversity: Application for Characterizing Coral Reef Fish Gut Contents. *Front. Zool.* 10, 34.

R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>

TÜ Eesti Mereinstituut, 2016a. Loodusdirektiivi mereliste elupaigatüüpide looduskaitse seisundi hindamise kriteeriumid ja soodsa seisundi võrdlusväärtused. Projekti "Eesti merealade loodusväärtuste inventeerimine ja seiremetoodika väljatöötamine" aruanne. <http://nema.bef.ee/wp-content/uploads/2015/01/NEMA-seisundi-kriteeriumite-aruanne1.pdf>

TÜ Eesti Mereinstituut, 2016b. Loodusdirektiivi mereliste elupaigatüüpide looduskaitse seisundi seiremetoodika. Projekti "Eesti merealade loodusväärtuste inventeerimine ja seiremetoodika väljatöötamine" aruanne. <http://nema.bef.ee/wp-content/uploads/2015/01/NEMA-seire-metoodika-aruanne-1.pdf>

TÜ Eesti Mereinstituut, 2016c. Loodusdirektiivi mereliste elupaigatüüpide looduskaitse seisundi hinnang. Projekti "Eesti merealade loodusväärtuste inventeerimine ja seiremetoodika väljatöötamine" aruanne. <http://nema.bef.ee/wp-content/uploads/2015/01/NEMA-seisundi-hinnangu-aruanne.pdf>

Eesti Maaülikool, 2021. eDNA meetodi väljaarendamine (krüptiliste) võõrliikide varajaseks tuvastamiseks. Projekti "Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused" aruanne.

https://sisu.ut.ee/sites/default/files/mererita/files/2.4.1_edna_meetodi_valjaarendamine_kruptiliste_voorliikide_varajaseks_tuvastamiseks_aruanne_final.pdf