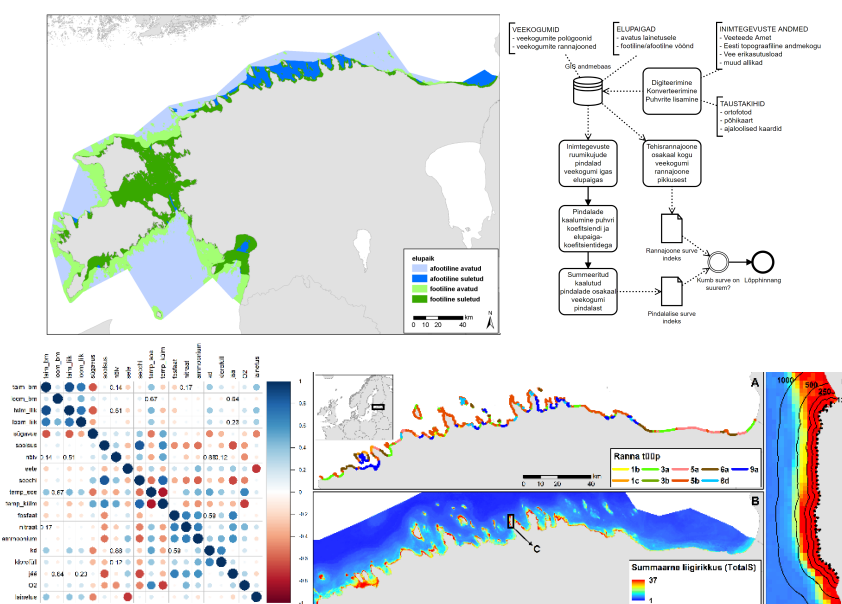


Rannikuvee hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise metoodika ja rannikuveekogumite seisundi hinnang

Keskkonnainvesteeringute Keskuse veemajanduse programmi projekt 12486

Aruande versioon 4, 01.10.2018



Tellija: Keskkonnaministeerium

Riigihanke viitenumber: 183633

Töövõtuleping: 4-1/17/49, 6.04.2017

Vastutav täitja: Georg Martin (Eesti Merebioloogia Ühing)

Aruande versioonide info

Versiooni number	Kuupäev	Info
1	31.08.2018	Tellijale üle antud esimene versioon.
2	27.09.2018	Tiitellehele lisatud logod ja KIK projekti number. Parandatud viited Euroopa standarditele.
3	28.09.2018	Lisatud hüdro-morfoloogilise seisundi hinnangud vastavalt võimalikele veekogumite liitmisele: 1) veekogumite nr 3 Hara lahe rannikuvesi ja nr 4 Kolga lahe rannikuvesi liitmine, 2) veekogumi nr 15 Väike väin tammist põhjapoolse ala liitmine veekogumiga 14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi ja tammist lõunapoolse ala liitmine veekogumiga nr 12 Liivi lahe rannikuvesi.
4	01.10.2018	Parandatud trükiviga lk 74. Lisatud viide Eesti standardile EVS-EN 16503:2014 lk 8.

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS	4
2. HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINDAMIST REGULEERIVAD ÕIGUSAKTID ...	5
2.1. Veepoliitika raamdirektiiv ja sellega seotud juhendmaterjalid.....	5
2.2. Veepoliitika raamdirektiiviga seotud õigusaktid Eestis	6
2.3. Rahvusvahelised standardid.....	8
2.3.1. EN 16503:2014 Water quality - Guidance standard on assessing the hydromorphological features of transitional and coastal waters.....	8
2.3.2. prEN 17123:2017 (eelnoõu) Water quality - Guidance on determining the degree of modification of the hydromorphological features of transitional and coastal waters	12
3. HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINDAMISE PRAKTIKAD TEISTES EL RIIKIDES	17
3.1. Soome.....	17
3.2. Rootsi	19
3.3. Saksamaa	20
3.4. Poola	22
3.5. Suurbritannia ja Iirimaa.....	23
4. HÜDROMORFOLOOGILISTE MUUTUJATE JA MEREPÕHJA ELUSTIKU MUUTUJATE VAHELISED SEOSSED	28
4.1. Sügavus, vee liikumine, põhjasubstraat	28
4.2. Rannajoone tüübi seos merepõhja elustikuga	35
5. EESTI RANNIKUVEE HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINDAMISE METOODIKA ETTEPANEK	38
5.1. Kontseptsioon.....	38
5.2. Üldine töövoog.....	39
5.3. Sisendandmed.....	40
5.3.1. Inimtegevused	40
5.3.2. Elupaigad	51
5.3.3. Veekogumid	55
5.4. Hüdro-morfoloogilise surve indeksid ja koondhinnang	55
5.4.1. Pindalalise surve indeks.....	55
5.4.2. Rannajoone surve indeks	57
5.4.3. Koondhinnang ja seisundi klassid	57
5.4.4. Hüdro-morfoloogilise surve indeksite seos VPRD hüdro-morfoloogiliste elementidega ja merestrateegia raamdirektiivi keskkonnaseisundi indikaatoritega.....	59
5.5. Probleemid ja arendusettepanekud	62
6. EESTI RANNIKUVEEKOGUMITE HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINNANG ..	66
ALLIKAD	84

1. SISSEJUHATUS

EL Veepoliitika raamdirektiivi (Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober 2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik; edaspidi „VPRD“) eesmärgiks on kehtestada maismaa pinnavee, üleminekuvee, rannikuvee ja põhjavee kaitse raamistik. VPRD kehtestab ka reeglid veekogude seisundi seireks, kus rannikuvete puhul tuleb ökoloogilise seisundi hindamiseks kasutada bioloogilisi, keemilis-füüsikalisi ja hüdro-morfoloogilisi näitajaid.

Erinevalt VPRD bioloogilistest kvaliteedielementidest, mille võrdlustingimuste ja seisundi-klasside piiride seadmiseks on loodud väga palju juhendmaterjale ja mille klassipiiride harmoniseerimiseks eri riikide vahel on toimunud üle 10 aasta kestnud interkalibreerimise protsess, on hüdro-morfoloogilised kvaliteedielemendid saanud väga vähe tähelepanu. Selline olukord on ka täiesti arusaadav, sest bioloogilistel elementidel on VPRD-s primaarne tähtsus samas kui ülejäänud valdkondadel, sealhulgas hüdro-morfoloogial on ainult bioloogilisi elemente kaudselt toetav roll. Hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise tähtsust rannikuvete puhul on veel täiendavalt vähendanud asjaolu, et hüdro-morfoloogilist seisundit kasutatakse veekogumi ökoloogilise seisundi hindamisel ainult sel juhul kui bioloogiliste elementide põhjal on veekogum parimas ökoloogilises seisundis („väga hea“; „*high*“). Arvestades Euroopa rannikumere ja eriti Läänemere väga tugevat inimsurvet, siis on „väga hea“ seisund bioloogiliste elementide järgi väga harv nähtus ja seetõttu ei teki ka praktilist vajadust hüdro-morfoloogilist seisundit hinnata. Ilmselt see on ka üks põhjus, miks enamikul Läänemere riikidest siiani rannikuvete hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise meetoodika puudub (Eesti, Läti, Leedu, Taani) või on olemas ainult väga üldsõnaline kontseptsioon (Rootsi).

Käesoleva töö eesmärgiks oli luua Eestile rannikuveekogumite hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise meetoodika ja ühtlasi teostada rannikuveekogumite hüdro-morfoloogilise seisundi hindamine.

Töö teostasid Kristjan Herkül ja Georg Martin. Erinevate riikide hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise meetoodikate materjale, lisainfot ja kommentaare saadi väga paljudelt ekspertidelt Euroopas.

2. HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINDAMIST REGULEERIVAD ÕIGUSAKTID

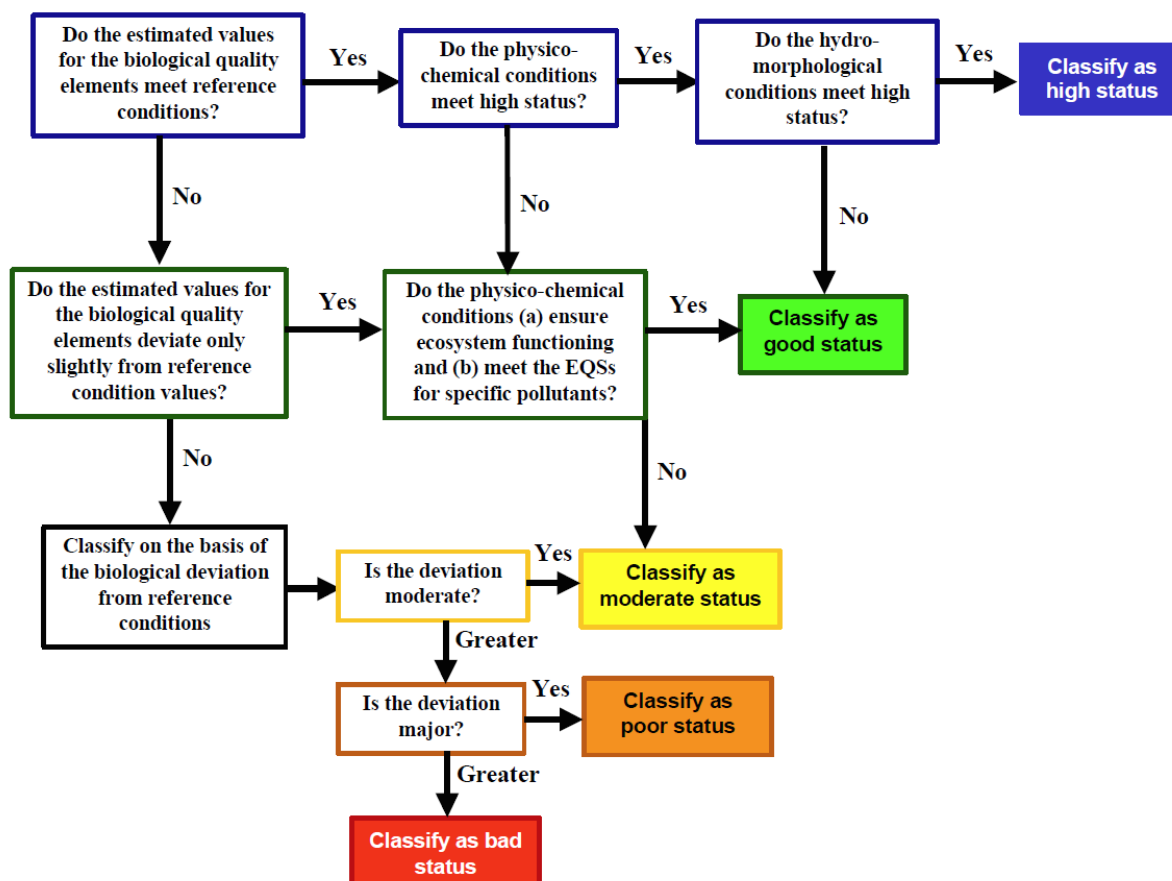
2.1. Veepoliitika raamdirektiiv ja sellega seotud juhend- materjalid

EL Veepoliitika raamdirektiivi (Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober 2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik; edaspidi „VPRD“) kohaselt hinnatakse veekogumite ökoloogilist seisundit 1) bioloogiliste, 2) hüdromorfoloogiliste ja 3) keemiliste ja füüsikalise-keemiliste kvaliteedielementide kaudu. Bioloogilised kvaliteedielemendid on primaarse tähtsusega samas kui hüdromorfoloogilisi ning keemilisi ja füüsikalise-keemilisi kvaliteedielemente loetakse bioloogilisi elemente toetavateks elementideks (VPRD, European Commission 2003). Vastavalt VPRD V lisa punktile 1.1.4 on rannikuvete puhul bioloogilisi elemente toetavateks hüdromorfoloogilisteks elementideks:

- Morfoloogilised tingimused
 - veesügavuse vaheldumine
 - veepõhja struktuur ja aluspõhi
 - eulitoraali struktuur
- Loodete režiim
 - peamiste hoovuste suund
 - avatus lainetusele

VPRD järgi arvestatakse veekogumi seisundi hindamisel hüdromorfoloogiliste kvaliteedielementidega siis, kui bioloogiliste elementide järgi on veekogum klassifitseeritav väga heasse seisundiklassi (joonis 2.1.1; European Commission 2003, European Commission 2005). Juhul kui bioloogiliste elementide järgi on seisund väga hea, siis omistatakse veekogumile väga hea ökoloogilise seisundi klass ainult siis, kui ka hüdromorfoloogilised kvaliteedielemendid näitavad väga head seisundit; kui hüdromorfoloogilised kvaliteedielemendid väga head seisundiklassi ei näita, siis omistatakse veekogumile hea ökoloogilise seisundi klass (joonis 2.1.1). Väga hea hüdromorfoloogilise seisundi korral on VPRD V lisa tabel 1.2.4 kohaselt rannikuvee hüdromorfoloogilised tingimused ja loodete režiim „täielikult või peaaegu täielikult sama, mis häirimata olekus“. Vastuoluliselt on samas VPRD V lisa tabelis 1.2.4 rannikuvete puhul loodete režiimi all väga hea seisundi kirjelduses mainitud ainult mageveevoolu režiimi („Mageveevoolu režiim on täielikult või peaaegu täielikult sama, mis häirimatus olekus.“) samas kui VPRD V lisa punktis 1.1.4 ei ole magevee režiimi rannikuvete hüdromorfoloogiliste

elementide loendis toodud. Ka Euroopa Komisjoni VPRD juhenddokumentides 5 ja 13 (European Commission 2003, European Commission 2005) ei ole rannikuvete hüdro-morfoloogiliste elementide hulgas magevee režiimi. Küll aga on magevee vool toodud hüdro-morfoloogilise elemendina siirdevete korral nii VPRD-s (V lisa punkt 1.1.3) kui ka juhenddokumentides 5 ja 13.



Joonis 2.1.1. Bioloogiliste, füüsikalis-keemiliste ja hüdro-morfoloogiliste elementide roll vee-kogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel (European Commission 2005).

2.2. Veepoliitika raamdirektiiviga seotud õigusaktid Eestis

Eestis reguleerib pinnaveekogumite moodustamist ja seisundi hindamist **keskkonnaministri 28.07.2009 määrus nr 44 „Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning**

seisundiklasside määramise kord“. Selle määruse § 32. Rannikuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel kasutatavad kvaliteedielemendid ja kvaliteedinäitajad lõikes 3 on toodud, et „Hüdromorfoloogilised kvaliteedinäitajad rannikuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramiseks on veesügavuse vaheldumine, veepõhja struktuur ja aluspõhi, eulitoraali struktuur, loodete režiim, peamiste hoovuste suund ja avatus lainetusele. Hüdromorfoloogilisi kvaliteedinäitajaid rannikuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel kvaliteedielementideks ei grupeerita.“ Tuleb märkida, et kuna Läänemeres loodeid (tõusu-mõõna) ei esine, siis ei saa sisuliselt kohaldada kvaliteedinäitajaid eulitoraali struktuur ja loodete režiim.

Nii nagu VPRD-s, on ka määruse nr 44 § 33 lõikes 2 sätestatud, et „hüdromorfoloogiliste kvaliteedielementide ja kvaliteedinäitajate seisundiklasside järgi antavat koondmäärangut võetakse rannikuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi määramisel aluseks üksnes juhul, kui bioloogiliste kvaliteedielementide järgi on rannikuveekogumi seisundiklass väga hea.“

Määruse nr 44 §35 lõike 2 kohaselt määratakse rannikuveekogumi hüdromorfoloogiliste kvaliteedinäitajate seisundiklass eksperdiarvamuse alusel kasutades järgmist astmestikku:

- 1) väga hea – kõik hüdromorfoloogilised kvaliteedinäitajad on ligikaudu samad, mis häirimatus olekus ega takista bioloogiliste ja füüsikalis-keemiliste kvaliteedinäitajate järgi pinnaveekogumi väga hea ökoloogilise seisundiklassi saavutamist;
- 2) hea – veerežiim ja morfoloogilised tingimused erinevad looduslikust seisundist vähe ega takista bioloogiliste ja füüsikalis-keemiliste kvaliteedinäitajate järgi pinnaveekogumi hea ökoloogilise seisundiklassi saavutamist;
- 3) kesine – veerežiim ja morfoloogilised tingimused erinevad looduslikust seisundist oluliselt ega võimalda bioloogiliste ja füüsikalis-keemiliste kvaliteedinäitajate järgi pinnaveekogumi hea ökoloogilise seisundiklassi saavutamist.

Keskkonnaministri 06.04.2011 määrus nr 25 „Nõuded vesikonna veeseireprogrammide kohta“ sätestab veeseireprogrammide sisu ja sageduse. Selle määruse §14 järgi tuleb hüdromorfoloogilisi kvaliteedinäitajaid seirata „1 kord veemajanduskavaga hõlmatud ajavahemiku kestel või harvemini“.

2.3. Rahvusvahelised standardid

2.3.1. EN 16503:2014 Water quality - Guidance standard on assessing the hydromorphological features of transitional and coastal waters

Standard (Eestis kinnitatud vastav standard EVS-EN 16503:2014) annab juhendid ühtsetel alustel ranniku- ja siirdeveekogude hüdro-morfoloogiliste omaduste kirjeldamiseks Euroopas pidades silmas eelkõige VPRD ja merestrateegia raamdirektiiviga aga ka elupaigadirektiiviga seotud kohustusi. Standardi eesmärgiks on parandada hüdro-morfoloogiliste seiremeetodite, andmetöötluse, interpreteerimise ja tulemuste esitamise meetodikate võrreldavust:

- loendada peamised omadused ja protsessid, mida tuleb kirjeldada siirde- ja rannikuvete hüdro-morfoloogiliste uuringute juures ja mida kasutatakse hüdro-morfoloogilise seisundi kindlakstegemisel;
- anda soovitused hüdro-morfoloogiliste andmete kogumise ja esitamise strateegiateks olenevalt saadaolevatest andmeressurssidest ja oodatavast hinnangu kasutamise viisist;
- kirjeldada, kuidas luua sobivaid andmestikke loodusdirektiivist lähtuvate Natura 2000 alade seireks ja aruandluseks.

Standardi skoobis on selgelt välja toodud, et standard ei tegele bioloogiliste aspektidega ega seosta hüdro-morfoloogilisi omadusi ja protsesse bioloogiliste liikide ja kooslustega.

Kuna standard on väga üldsõnaline ja loob ainult väga üldise kontseptsuaalse raamistiku, siis on alljärgnevalt toodud lühike ülevaade antud töö juures kolmest kõige olulisemast teemast:

- siirde- ja rannikuvete hüdro-morfoloogilised omadused, mida tuleks arvestada uuringutes;
- siirde- ja rannikuvete inimtekkelised hüdro-morfoloogilised surved;
- allikad ja meetodid hüdro-morfoloogiliste andmete saamiseks.

Hüdro-morfoloogilised omadused, mida tuleks arvestada uuringutes

Tabelis 2.3.1.1 on standardis toodu hüdro-morfoloogilised omadused, mida tuleks kajastada siirde- ja rannikuvete hüdro-morfoloogia kirjeldamisel.

Tabel 2.3.1.1. Siirde- ja rannikuvee hüdro-morfoloogilised omadused EN 16503:2014 järgi.

Kategooria	Nr	Üldine omadus	Näited hinnatavatest tunnustes
Morfoloogia	1	Füsiograafia/sügavus/kõrgus	Topograafia, merepõhja kuju, suudme laius, litoraali-sublitoraali pindala suhe, tõusu-mõõna vee maht, rannajoon, ranna tüüp, inimtekkelised struktuurid
	2	Seotus	Seotud füüsiliste detailide olemasolu ja veekogu sisene ja veekogude vaheline seotus ning siirdeveekogude ja märgalade vaheline seotud, suudme laius, inimtekkeliste struktuuride olemasolu (nt tammid)
	3	Geoloogia	Substraadi tüüp, merepõhja reljeef
	4	Biogeensed struktuurid	Põhjataimestiku ja biogeensete karide olemasolu
Hüdro-dünaamiline režiim	5	Loodete režiim, veetase ja hoovused	Hoovuse kiirus ja suund, veetaseme muutlikuks, loodete ulatus, tõusu-mõõna vee maht, tõusulaine esinemine
	6	Lainetuse režiim	Avatus lainetusele, tuule kiirus ja suund, laineteekond, lainekõrgus
	7	Magevee sissevool ja väljavool	Viibeaaeg, magevee vooluhulk
	8	Setete dünaamika	Setete maht, erosioon, sedimentatsioon, transporditsüklid
	9	Kihistumise või segunemise ulatus	Soolsus, hägusus, tihedus, temperatuur

Inimtekkelised hüdro-morfoloogilised surved

See, kuidas inimtekkelised hüdro-morfoloogilised surved mõjutavad veekogu füüsilist struktuuri ja funktsioneerimist oleneb mitmetest asjaoludest:

- inimtegevuse tüüp;
- inimtegevuse ruumiline ulatus, kestus ja sagedus
- hüdrodünaamilised tingimused (nt loodete ulatus, hoovuse kiirus);
- ranniku ehitus;
- substraadi tüüp, setete omadused (nt terasuurus), merepõhja struktuur;
- sesoonsed ja meteoroloogilised tingimused (nt avatus lainetusele);
- kumulatiivsed mõjud, mis kombineeruvad muude inimtegevustega.

Tabelis 2.3.1.2 on toodud inimtekkelised hüdro-morfoloogilised surved siirde- ja rannikuvetele.

Tabel 2.3.1.2. Inimtekkelised hüdro-morfoloogilised surved EN 16503:2014 järgi. Potentsiaalselt mõjutatavad veekogu hüdro-morfoloogilised omadused on toodud numbriga, mis viitab tabelis 2.3.1.1 toodud numbrile.

Kategooria	Inimtegevus	Kirjeldus	Hüdro-morfoloogiline tunnus tabelis 2.3.1.2
Ehituse ja kasutusega seotud tegevused	Rannajoone kindlustamine – tugevad materjalid	Tugevatest materjalidest struktuurid (nt rahnupuisted, betoon, müürid, seinad, vaiehitised, kaldatammid jmt) erosiooni ja üleujutuste vastaseks kaitseks.	1, 2, 3, 4, 6, 8
	Rannajoone kindlustamine – pehmed materjalid	Rannajoone stabiliseerimine ja erosioonivastane kaitse kasutades liiva, kruusa. Sisaldab ka liiva liikumist tõkestavaid aedasad, luidete stabiliseerimist (nt taimede istutamisega), süvendamisel saadud muda ladustamist erodeeritud paduratel.	1, 2, 3, 4, 6, 8
	Vee voolu ja setete reguleerimise struktuurid	Erinevad ehitised, mille eesmärgiks on kaitsta sadamaid ja ankurdusalasid: muulid, lainemurdjad, kunstlikud padurad, tammid. Sisaldab ka rannikust eemal olevaid lainemurdjaid.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
	Vaiehitised/ vundamendid	Erinevad ehitised, mis on rajatud merre vaiadele või vundamentidele: vaiadel sillad, sadamasillad, tuulikute sambad, loodete energia rajatised, nafta- ja gaasiplatvormid jmt.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
	Veevõtu ja – laske torud	Väljalasketorud (nt hüdroelektrijaamade ja veepuhastusjaamade lasud) ja veevõtutorud (nt jahutusvee võtmiseks).	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
	Üleujutuste vastsed kaitsevallid	Kunstlik pinnasest või kividest rajatud kaldavall kaitseks üleujutuste vastu.	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9
	Põllumajandus rannikul ja vesiviljelus	Rannakarjamaad, kala- ja karbikasvandused	1, 3, 4, 8
	Selgrootute ja vetikate korjamine	Selgrootute korjamine õngesöödaks, proovivõtt laboratoorseteks uuringuteks, töenduslik vetikate või roo kogumine	3, 4, 8
	Rekreatsioon ja laevandus	Ametliku või mitteametliku rekreatiivse tegevusega seotud surved: jalutamine, ujumine, ratsutamine, mootorrattasõit. Laevalainetest tingitud erosioon	3, 4, 8
	Tõkestused (täielikult isoleerivad)	Barjäärid (nt tammid), mis ulatuvad üle kogu lahe või estuaari suudme või üle väina ja mis oluliselt muudavad või täielikult elimineerivad loodete mõju.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
	Tõkestused (osaliselt isoleerivad)	Barjäärid, mis võimaldavad looduslike protsesside osalist loomulikku kulgemist, nt ehitised tormidega või väga kõrgete tõusulainetega seotud vee voolu vähendamist või mis võimaldavad loodete vee liikumise kasutamist energia tootmiseks	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
	Maismaastamine (<i>land claim</i>)	Mere või mereäärsete märgalade muutmine maismaaks pinnasega täitmise või kuivendamise läbi, et kasutada saadud maad põllumajanduses, sadamate, tööstus- või eluhoonete rajamiseks või prügi	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

		ladustamiseks. Loodete kanalite õgvendamine.	
	Süvendamine (uued objektid)	Süvendamine uute laevateede, sadamat rajamiseks, uute kaablite, torude jm infrastruktuuri loomiseks	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9
	Süvendamine (hooldus)	Olemasolevate laevateede ja sadamate puhastamine setetest	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9
	Kaevandamine	Põhjasubstraadi materjalide (nt liiv, kruus, karbid) kaevandamine ehitusmaterjalide, väetiste tootmiseks, maismaastamiseks, randade täitmiseks	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9
	Kaadamine	Süvendatud materjali ladustamine merre. Sisaldab ka toksiliste setete ladustamist ja nende katmist meres.	1, 3, 4, 5, 8
	Ujuvad ja ankurdatud struktuurid, ankurdusplatsid	Ujuvkaid, bontoonid, ujuvad platvormid (sh vesiviljeluse ehitised), põhja asetatud metallist või betoonist plokkidega ankurdusalad (nt jahisadamates), ankurdatud laineenergia seadmed.	1, 3, 4, 5, 6, 8
	Torud ja kaablid	Torud (nt gaas, nafta) ja kaablid, mis on kinnitatud kas merepõhja pinnale või süvendatud merepõhja sisse.	1, 3, 4, 8
	Kunstlikud karid ja vrakid	Kunstlikult loodud karid (nt eesmärgiga luua elupaiksid ja tõsta bioloogilist mitmekesisust, kalade hulka).	1, 3, 4, 5, 6, 8
	Kalandus	Kalapüük nii mobiilsete (nt põhjatraal) kui paiksete (nt mõrrad) vahenditega.	1, 3, 4, 8, 9
	Militaarkasutus	Militaarharjutusteks loodud ehitised, laskealad, lõhkamised	1, 3, 4, 6, 8
Valgala hüdro-morfoloogia	Valgala hüdroloogilise režiimi muutused	Tegevused valgala, mis mõjutavad magevee voolu merre, nt paisutamine, pinna või põhjavee hoidmine ja kasutus põllumajanduses ja tööstuses.	2, 5, 7, 9
	Valgala maakasutuse muutused	Muutused setete ja vee voolus, mis seotud intensiivse maakasutusega valgala (nt ulatuslikud linnastunud alad, niisutust kasutav põllumajandus, istutatud metsadel põhinev metsandus)	5, 7, 8, 9
Kliima-muutused	Temperatuuri tõus, mere veetaseme tõus	Muutused magevee sissevoolus, mere veetasemes, merejää ulatuses jm hüdrodünaamilistes protsessides, mis põhjustavad rannajoone taganemist, üleujutusi, uute rannakaitserajatiste vajadust tulevikus	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Allikad ja meetodid hüdro-morfoloogiliste andmete saamiseks

Alljärgnev nimekiri on näide võimalikest andmeallikatest ja meetoditest, mis sobivad siirde- ja rannikuvete hüdro-morfoloogiliste tingimuste kirjeldamiseks:

- digitaalsed maapinna kaardid, mis põhinevad topograafilistel andmetel ja digitaalsetel geoandmekogudel (nt LIDAR mõõdistamiste andmed);
- taimestiku- ja elupaigakaardid (nt saadud spektraalpiltidest või aerofotode abil);
- aerofotod, mida kasutatakse geodeetiliseks ja kartograafiliseks kaardistamiseks;

- hüdrograafilised ja magevee andmekogud;
- ajaloolised kaardid (eeldusel, et nad on ortotransformeeritud ja georefereeritud);
- teaduskirjandus;
- estuaaride ja laguunide andmebaasid, mis on seostatavad hüdmorfoloogiliste surveetega valgalal;
- hüdrodünaamilised loodete, lainetuse jm mudelid;
- sonari ja allveerobotiga teostatud välitööd koos proovide laboratoorse analüüsiga (nt terasuuruse analüüs).

2.3.2. prEN 17123:2017 (eelnõu) Water quality - Guidance on determining the degree of modification of the hydromorphological features of transitional and coastal waters

Kui eelnevalt kirjeldatud standard EN 16503:2014 kirjeldas hüdmorfoloogilisi omadusi, mida siirde- ja rannikuvete puhul hinnata, siis prEN 17123:2017 eelnõu eesmärgiks on kirjeldada, kuidas hinnata hüdmorfoloogiliste omaduste muutusi (eelkõige inimtekkeline hälbimine looduslikust olukorrast) siirde- ja rannikuveekogudes. Sarnaselt standardile EN 16503:2014, on ka prEN 17123:2017 eelnõu eelkõige loodud EL VPRD ja merestrategie raamdirektiiviga seotud hinnangute ühtlustamiseks, kuid samas on standardis skoobis selgelt öeldud, et standard ei asenda juba paika pandud kohalikke hindamissüsteeme. Kuna tegemist on veel ametlikult avaldamata eelnõustaadiumis standardiga, siis on alljärgnevalt välja toodud ainult kõige olulisemad kohad sellest standardist, mis võivad olla kasulikud antud töö läbiviimisel:

- hüdmorfoloogilised omadused, mida kasutada rannikuvete puhul muutuste hindamisel;
- muutuste kvantitatiivsed või kvalitatiivsed klassipiirid;
- kvantitatiivsete muutuste arvutamise põhimõtted.

Standard kehtestab üldised põhimõtted, kuidas hüdmorfoloogilisi muutusi hinnata ja klassifitseerida. Klassifitseerimiseks on loodud kaks skaalat:

- Skaala A kvantitatiivsete muutuste klassifitseerimiseks on viieklassiline:
 - 1 – peaaegu looduslik (*near-natural*);
 - 2 – vähe muudetud (*slightly modified*);
 - 3 – mõõdukalt muudetud (*moderately modified*);
 - 4 – ulatuslikult muudetud (*extensively modified*);
 - 5 – tugevalt muudetud (*severely modified*).

- Skaala B kvalitatiivsete muutuste klassifitseerimiseks on kolmeklassiline:
 - 1 – peaaegu looduslik kuni vähe muudetud (*near-natural to slightly modified*);
 - 3 – vähe kuni mõõdukalt muudetud (*slightly to moderately modified*);
 - 5 – ulatuslikult kuni tugevalt muudetud (*extensively to severely modified*).

Standard ütleb, et toodud hüdro-morfoloogilise muutuse klassid ei ole ilmingimata seotud VPRD seisundiklassidega ja et seisundiklasside nimed on sihilikult valitud sellised, et need ei kattuks VPRD-s kasutatavate klasside nimedega.

Standardi prEN 17123:2017 eelnõu kasutab avaldatud standardis EN 16503:2014 toodud hüdro-morfoloogiliste omaduste tabelit (vt tabel 2.3.1.1) alusena kuid täiendab ja täpsustab seda mõningate alajaotustega ja toob välja konkreetsed hinnatavad parameetrid. Tabelis 2.3.2.1 on toodud rannikuvete hüdro-morfoloogiliste muutuste kirjeldamisel kasutatavad parameetrid ja muutuste ulatusele vastavad muutuste klassid.

Tabel 2.3.2.1. Rannikuvete hüdro-morfoloogiliste muutuste hindamisel kasutatavad omadused prEN 17123:2017 eelnõu järgi.

Kategooria	Hinnatav parameeter	Klass skaalal A	Klass skaalal B
1. Füsiograafia	d. inimtekkelised struktuurid rannajoonel	Inimtekkeliste struktuuridega kaetud rannajoonel osakaal kogu veekogu rannajoonest: 1 – 0-5% 2 – >5-15% 3 – >15-35% 4 – >35-75% 5 – >75%	1 – inimtekkelised struktuurid puuduvad või väga vähe 3 – enamikul rannajoonest inimtekkelised struktuurid puuduvad 5 – ulatuslik inimtekkeliste struktuuride esinemine
	f. maismaastamine	Maismaastatud mereala osakaal kogu veekogust või valitud sügavusvahemikus: 1 – 0-5% 2 – >5-15% 3 – >15-35% 4 – >35-50% 5 – >50%	1 – maismaastamine puudub või minimaalne 3 – maismaastamine teatud osal veekogust 5 – maismaastamine suuremal osal veekogust
	g. liivarandade täitmine (liiva lisamine; <i>beach nourishment</i>)	Ei hinnata	1 – puudub või minimaalne 3 – esineb harva ja/või väikesemahuline 5 – sagedane ja/või suuremahuline
2. Seotus	b. seotus maismaaga	Ei hinnata	1 – puuduvad või vähesed struktuurid või maakasutused, mis mõjutavad elustiku migratsiooni ja/või vee ja setete transporti

			3 – esinevad struktuurid või maakasutused, mis mõõdukalt mõjutavad elustiku migratsiooni ja/või vee ja setete transporti 5 – struktuurid või maakasutused mis üldiselt mõjutavad kõiki liike ja vee ja setete transporti
	c. seotus piki randa	Ei hinnata	1 – puuduvad või vähesed struktuurid või muudatused, mis mõjutavad elustiku migratsiooni ja/või vee ja setete transporti 3 – esinevad struktuurid või maakasutused, mis mõõdukalt mõjutavad elustiku migratsiooni ja/või vee ja setete transporti 5 – struktuurid või maakasutused mis üldiselt on barjääriks kõikidele liikidele ja vee ja setete transpordile
3. Geoloogia	a. substraat	Muudetud substraadiga merepõhja osakaal kogu veekogust: 1 – 0-1% 2 – >1-5% 3 – >5-15% 4 – >15-30% 5 – >30%	1 – peaaegu looduslik substraat, substraardi muutused puuduvad või minimaalsed 3 – vähene kuni mõõdukas substraadi muutus 5 – ulatuslik substraadi muutus
	b. merepõhja reljeef	Ei hinnata	1 – merepõhja reljeef peaaegu looduslik 3 – merepõhja reljeefi muudatused teatud osal veekogust 5 – merepõhja reljeefi muudatused suuremal osal veekogust
4. Bioloogia	a. põhjataimestiku häiring	Ei hinnata	1 – põhjataimestiku häiringud puuduvad või minimaalsed 3 – mõõdukas põhjataimestiku häiring 5 - tugev põhjataimestiku häiring
	b. biogeensete karide häiring	Ei hinnata	1 – biogeensete karide häiringud puuduvad 3 – mõõdukas biogeensete karide häiring 5 - tugev biogeensete karide häiring
	c. biogeenseid struktuure loovate võõrliikide sissetoomine	Ei hinnata	1 – biogeenseid struktuure loovate võõrliikide esinemine ja levik puudub või on minimaalne 3 – biogeenseid struktuure loovate võõrliikide esinemine ja levik on vähene või mõõdukas 5 - biogeenseid struktuure loovate võõrliikide esinemine ja levik on ulatuslik
5. Loodete režiim	Kuna Eesti merealal looded puuduvad, siis pole parameetreid välja toodud		
6. Lainetuse režiim	a. avatus lainetusele	Muudetud laineteekonnaga	1 – puuduvad struktuurid, mis muudaksid laineteekonda

		rannajoone osakaal kogu veekogu rannajoonest: 1 – 0-5% 2 – >5-15% 3 – >15-35% 4 – >35-75% 5 – >75%	3 – mõningad tõendid märkimisväärselt laineteeaktsiooni muutusest teatud osal veekogust 5 – otsustavad tõendid märkimisväärselt laineteeaktsiooni muutusest suurel osal veekogust
7. Veebilanss	b. magevee sissevool	Ei hinnata	1 – magevee sissevoolu muutvad inimtegevused puuduvad või on minimaalsed 3 – vähene inimtegevusest tingitud magevee sissevoolu muutus 5 – oluline inimtegevusest tingitud magevee sissevoolu muutus
8. Setete dünaamika	a. setete bilanss	Ei hinnata	1 – setete bilanss loodusliku varieeruvuse piires 3 – setete bilanss võib olla inimtegevusest mõjutatud 5 – setete bilanss märkimisväärselt inimtegevusest mõjutatud
9. Kihistumine, segunemine	a. soolsus	Ei hinnata	1 – soolsus loodusliku varieeruvuse piires 3 – soolsus võib olla inimtegevusest mõjutatud 5 – soolsus märkimisväärselt inimtegevusest mõjutatud
	b. temperatuur	Ei hinnata	1 – temperatuur loodusliku varieeruvuse piires 3 – temperatuur võib olla inimtegevusest mõjutatud 5 – temperatuur märkimisväärselt inimtegevusest mõjutatud
	c. kihistumine	Ei hinnata	1 – kihistumine loodusliku varieeruvuse piires 3 – kihistumine võib olla inimtegevusest mõjutatud 5 – kihistumine märkimisväärselt inimtegevusest mõjutatud

Standardi prEN 17123:2017 eelnõu järgi tuleb kvantitatiivsete muutuste ulatust arvutada rannajoone muutuste puhul järgmise valemiga:

$$\text{muudatuste ulatus (\%)} = \frac{\text{muudetud rannajoone pikkus (m)}}{\text{veekogu rannajoone pikkus (m)}} \times 100$$

Pindalaliste muutuste korral kasutatakse valemit:

$$\text{muudatuste ulatus (\%)} = \frac{\text{muudetud ala pindala (m}^2\text{)}}{\text{veekogu pindala (m}^2\text{)}} \times 100$$

Standardi eelnõus ei ole infot selle kohta, kuidas agregeerida erinevate parameetrite skoorid kogu veekogu hüdro-morfoloogilise muutuse koondhinnanguks. Küll aga ütleb standardi eelnõu, et kuna ei ole piisavalt teaduslikku infot erinevate hüdro-morfoloogiliste parameetrite mõjust ökoloogilistele protsessidele, siis ei tegele standard parameetritele ökoloogilise kaalu andmisega.

3. HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINDAMISE PRAKTIKAD TEISTES EL RIIKIDES

Teiste riikide rannikuvete hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise praktikate kohta saadi infot eelkõige läbi vastava valdkonna spetsialistide otsekontaktide aga ka seire korraldamise eest vastutavate riigiasutuste interneti kodulehekülgedelt. Projekti käigus suheldi kõigi EL Läänemere riikide spetsialistide ja valdkonna ametnikega: Soome, Rootsi, Taani, Läti, Leedu, Poola, Saksamaa. Lisaks Läänemeri-riikidele koguti infot ka Suurbritannia, Iirimaa, Hispaania, Prantsusmaa ja Hollandi meetodikate kohta. Läänemeri-riikidest on terviklik rannikuvete või siirdevete hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise meetodika olemas Soomes, Saksamaal ja Poolas. Väga üldised põhimõtted on olemas Rootsis (detailne meetodika on hetkel arendamisel). Taanis hüdro-morfoloogilise seisundi klasse ei määrata, kuid on olemas kriteeriumid tugevasti mõjutatud veekogumite (*heavily modified*) määramiseks. Lätis ja Leedus meetodikad puuduvad. Väljaspool Läänemere piirkonda asuvatest EL riikidest on väga põhjalik meetodika Suurbritannias ja Iirimaa ning sellest antakse ka käesolevas töös ülevaade.

Kuna VPRD ega sellega seotud Euroopa Komisjoni juhenddokumendid (European Commission 2003, European Commission 2005) ei kirjelda täpsemalt milliseid hüdro-morfoloogilisi parameetreid ja kuidas hinnata, siis on vaadeldud EL riikide meetodikates olulisel kohal inimtekkeliste hüdro-morfoloogiliste muudatuste (sadamad ja muud vesiehitised, rannajoone muudatused, süvendamine, kaadamine jmt) ulatuse otsene kvantifitseerimine.

3.1. Soome

Soome meetodi (Suomen ympäristökeskus 2013) puhul hinnatakse inimtekkeliste hüdro-morfoloogiliste muutuste proportsiooni veekogumi kogu pindala ja rannajoone pikkuse suhtes ja täiendavalt kasutatakse ekspertarvamust. Rannikuvete puhul hinnatakse järgmisi hüdro-morfoloogilisi surveid:

- Muudetud/ehitatud rannajoone osakaal kogu rannajoone pikkusest (kvantitatiivne hinnang, %);
- Muudetud mereala (sadamaalad, süvendamine ja kaadamise alad, laevateed) osakaal kogu mereala pindalast (kvantitatiivne hinnang, %);
- Sildade ja tammide mõjuala (eksperthinnang);
- Ühendus merega/tammitatud lahed (eksperthinnang).

Kvantitatiivsete hinnangute jaoks saadakse sisendandmed GIS andmekihtidest. Laevateede puhul lisatakse pindalale 15% kuna laevade propellerite mõjuala ulatub laevateedest kaugemale. Süvendamise ja kaadamise puhul ei arvestata episoodiliste väikesemahuliste töödega nagu näiteks väikesed eraisikute paadikohad ja juhtudel, kus selliseid väikesemahulisi töid on mõnes piirkonnas palju.

Ülaltoodud survete hinnangud teisendatakse hüdro-morfoloogiliste muutuste klassideks (skooriks) alljärgnevalt (tabel 3.1.1).

Tabel 3.1.1. Hüdro-morfoloogiliste muutuste klassid rannikuvetes Soome metoodika järgi (Suomen ympäristökeskus 2013).

Muutus (skoor)	1. Muudetud/ehitatud rannajoone osakaal kogu rannajoone pikkusest (%)	2. Muudetud mereala (sadamaalad, süvendamise ja kaadamise alad, laevateed) osakaal kogu mereala pindalast (%)	3. Sildade ja tammide mõjuala (eksperthinnang)	4. Ühendus merega/tammitatud lahed (eksperthinnang)
Väga suur (4)	>50	>5	Ala-põhine eksperthinnang	Looduslik ühendus merega katkenud
Suur (3)	>20-50	>2-5	Ala-põhine eksperthinnang	Looduslik ühendus merega märkimisväärselt vähenenud
Keskmine (2)	10-20	1-2	Ala-põhine eksperthinnang	Looduslik ühendus merega vähenenud
Madal (1)	<10	<1	Ala-põhine eksperthinnang	Looduslik ühendus merega mõnevõrra vähenenud
Puudub (0)	<5	0	Ala-põhine eksperthinnang	Looduslik ühendus merega

Toodud nelja hüdro-morfoloogilise muutuse skoorid (tabel 3.1.1) liidetakse ja saadakse veekogu summaarse muutuste skoor. Veekogumipõhise summaarse muutuste skoori alusel omistatakse veekogumile hüdro-morfoloogilise muutuse seisundiklass (tabel 3.1.2). Hetkel on teadmised hüdro-morfoloogilise muutuse skoori ja veekogumi ökoloogilise seisundi vahelise seose kohta vähesed ja seetõttu võib seisundiklassi muuta vastavalt ekspertarvamusele.

Tabel 3.1.2. Hüdromorfoloogilise seisundiklassi piirid vastavalt summaarsele hüdromorfoloogilise surve skoorile Soome metoodika järgi (Suomen ympäristökeskus 2013).

Seisundiklass	Hüdromorfoloogilise seisundi muutuse suurus	Summaarne skoor
0 Suurepärane *	Muutused puuduvad	0-1
1 Hea	Vähene	2-3
2 Rahuldav	Üsna suur	4-5
3 Keskpärane	Suur	6-8
4 Halb	Väga suur	>8

* Suurepärase seisundiklassi puhul ei tohi mitte ühegi surve skoor ületada ühte (1).

3.2. Rootsi

Rootsis puudub detailne metoodika kirjeldus, mille järgi oleks võimalik hüdromorfoloogilist seisundit rannikuveekogumites hinnata. Teadaolevalt on Rootsis vastav metoodika väljatöötamise järgus (Sonja Raberg personaalsed kommentaarid, 26.03.2018). Hüdromorfoloogilise seisundi hindamise väga üldised põhimõtted on kirjeldatud Rootsi mere- ja veeameti pinnaveekogumite klassifikatsiooni ja keskkonna kvaliteedi standardite juhendmaterjalis (Havs- och Vattenmyndigheten 2017), millest alljärgnevalt on toodud kokkuvõte.

Hüdromorfoloogilise seisundi hindamisel ja sellele vastavalt veekogumi klassifikatsioonil kasutatavad parameetrite grupid:

- Morfoloogilised parameetrid: sügavus, rannajoone pikkus, looduslike struktuuride ja pinnavormide esinemine, rannamorfoloogia, inimtekkelised struktuurid, loodete ala ulatus;
- Merepõhja substraat ja setete dünaamika: terasuurus (standard SS-EN ISO 14688-1), erosioonialade ulatus ja paiknemine, kuhjealade ulatus ja paiknemine;
- Merepõhja struktuurid: liivamdalad, karid, biogeensed struktuurid, inimtekkelised struktuurid.

Veekogumi tasandil hinnangu saamiseks keskmistatakse parameetrite grupi põhised hinnangud.

Hüdromorfoloogiline seisund hinnatakse viie erineva seisundiklassiga, millele vastavad pindalalised erinevused võrdlustingimustest on järgnevad:

- Kõrge: hüdromorfoloogilised tingimused erinevad võrdlustingimustest kuni 5% merealast;

- Hea: hüdro-morfoloogilised tingimused erinevad võrdlustingimustest 5% kuni 15% merealast;
- Rahuldav: hüdro-morfoloogilised tingimused erinevad võrdlustingimustest 15% kuni 35% merealast;
- Ebarahuldav: hüdro-morfoloogilised tingimused erinevad võrdlustingimustest 35% kuni 75% merealast;
- Halb: hüdro-morfoloogilised tingimused erinevad võrdlustingimustest üle 75% merealast.

3.3. Saksamaa

Saksamaa metoodikas (Federal Environmental Agency 2018) on rannikuvete hüdro-morfoloogilised kvaliteedielemendid jagatud kaheks suuremaks komponendiks, mille all on kvaliteedi parameetrite grupid (E1...E6) ja nende all omakorda üksikparameetrid:

1. Morfoloogia:

- Sügavus (E1): hinnatakse veekogumi pindala proportsioone (%), mis asuvad vastavates sügavusvööndites; sügavusvööndid võivad olla veekogumi tüübi põhised (nt 0–2,5 m, 2,5–5 m, 5–10 m jne)
- Substraat (E2): hinnatakse veekogumi pindala proportsioone (%), kus levivad erinevad põhjasubstraaditüübid (muda, liiv, segasubstraat, kõva), hinnatakse pehmete setete veesisaldust (madal, keskmine, kõrge) ja substraadi krobelisust (sile, mõõdukalt krobeline, väga krobeline)
- Loodete vöönd (E3): hinnatakse veekogumi pindala proportsioone, mis jäävad erinevate loodete vööndite (eulitoraali, sublitoraali, supralitoraali) tsoonidesse

2. Loodete režiim

- Tõusu-mõõna ulatus (E4): keskmine tõusu-mõõna ulatus (m)
- Lainetus (E5): avatus lainetusele (7 avatuse klassi), lainetuse suund (ilmakaarte vahemik, nt „SW-N“)
- Magevee sissevool (ainult siirdevete puhul) (E6): sissevoolu maht (m³/aastas) või maksimaalne kiirus (m/s)

Inimtegevustega seotud parameetreid kutsutakse surveteguriteks ja neid hinnatakse pindala või pikkuse proportsioonides (%) veekogumi kogu pindalast või rannajoone pikkusest:

- Tammid (P1)
- Kaldakindlustused (P2)

- Vesiviljelus ja kalandus (P3)
- Tuulepargid (P4)
- Setete eemaldamine (P5)
- Setetega täitmine/kaadamine (P6)
- Rannataimestiku eemaldamine (P7)

Hindamine on veekogumitüübi põhine ja seisundiklasse on kolm: väga hea, hea, halb. Kõigile hinnatavatele parameetritele (nii hüdro-morfoloogilised kvaliteedi parameetrid E1...E6 all kui ka inimtekkelised survetegurid P1...P7) on väga heale seisundiklassile määratud tüübispetsiifilised võrdluväärtused. Heale ja halvale seisundiklassile on määratud väga heast seisundiklassist madalamad väärtused. Iga parameetri puhul hinnatakse, millisesse seisundiklassi vastav väärtus kuulub ja seejärel konverteeritakse seisundiklass numbriliseks väärtuseks (väga hea – 1...0,81, hea – 0,8...0,6, halb – 0,6...0,4). Numbriliseks väärtuseks konverteeritud parameetripõhised seisundihinnangud keskmistatakse parameetrigruppide kaupa ja neid saadusi nimetatakse kvaliteedifaktoriteks (QR).

Järgnevalt teostatakse survetegurite (P1...P7) kaalumine, millega hinnatakse nende mõjusid hüdro-morfoloogilise kvaliteedi parameetritele (E1...E6) kolmeastmelisel numbrilisel skaalal (väärtused 1, 2 ja 3, kus 1 on kõige nõrgem ja 3 on kõige tugevam mõju). Lisaks surveteguritele kaalutakse ka hüdro-morfoloogilise kvaliteedi parameetrite (E1...E6) olulisust kolme eluslooduse komponendi (fütoplankton, suurtaimed, suurselgrootud) suhtes kolmeastmelisel numbrilisel skaalal (väärtused 1, 2 ja 3, kus 1 on kõige nõrgem ja 3 on kõige tugevam mõju). Nende kahe kaalumise skoorid keskmistatakse ja tulemust nimetatakse mõjufaktoriks (SI). Kaalumine ei ole veekogumispetsiifiline ehk samad kaalud kehtivad kõigile veekogumitele. Üldhinnang teostatakse eraldi morfoloogilise komponendi (E1...E3) ja loodete režiimi komponendi (E4...E5 rannikuvete puhul ja E4...E6 siirdevete puhul) kaupa järgnevate valemite põhjal:

$$QS_{\text{morfoloogia}} = \frac{QR_{E1-E3} \times SI}{\sum SI}$$

$$QS_{\text{loodete režiim}} = \frac{QR_{E4-E6} \times SI}{\sum SI}$$

kus QS on kvaliteedi staatus, QR on kvaliteedifaktor (parameetrigruppide keskmised seisundihinnangud ja SI on mõjufaktor. QS klassifitseeritakse seisundi hinnangu klassiks: väga hea – 1...0,81, hea – 0,8...0,6, halb – 0,6...0,4.

3.4. Poola

Poola metoodikas (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej 2009) on neli suuremat hüdro-morfoloogia hindamise komponenti:

- Magevee sissevool;
- Inimtekkelised hüdro-morfoloogilised muutused;
- Morfoloogilised ja keemilis-füüsikalised elemendid;
- Meteoroloogilised ja hüdroloogilised elemendid.

Magevee sissevoolu puhul hinnatakse ainult seda, kas see on kõrgeimas („väga hea“) kvaliteediklassis või mitte. Kõrgeim kvaliteediklass on saavutatud kui magevee kasutus ei põhjusta suuremaid muutusi voolu hulgast kui 5% vooluhulkadest, mis jäävad alla Q_{n95} -st¹ või 10% vooluhulkadest, mis jäävad üle Q_{n95} .

Inimtekkelised hüdro-morfoloogilised muutused kvantifitseeritakse pikkuse või pindala proportsioonina vastavalt tabelis 3.4.1 toodud inimtegevuslike hüdro-morfoloogiliste muutuste tüübile. Muutuste tüübid on eksperthinnanguna kaalutud arvestades nende potentsiaalseid mõjusid veekogu ökosüsteemile. Rõhutatud on, et toodud kaalude usaldusväärsus on madal kuna puuduvad sellised teaduslikud andmed, mille alusel oleks võimalik kõrge usaldusväärsusega kaalusid määrata.

Tabel 3.4.1. Poola metoodikas arvestatavad inimtegevused, nende mõõtühikud ja kaalud (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej 2009).

Hüdro-morfoloogilise muutuse tüüp	Mõõtühik	Kaal
Süvendamine ja kaadamine		
Uute laevateede süvendamine – tugev mõju	km ²	0,25
Olemasolevate laevateede süvendamine – nõrk mõju	km ²	0,1
Kaadamine	km ²	0,1
Muud ehitustegevused, mis mõjutavad põhjasubstraati	km ²	0,05
Hüdrotehnilised ehitused		
Vaiehitised sh tuulikud	km	0,1
Vee voolu suuna muutused (püsivad rajatised, mis märkimisväärselt mõjutavad lainetust ja hoovusi – lainemurdjad, muulid)	km	0,1
Kaitsvad ja blokeerivad konstruktsioonid (tammid, lüüsid)	km	0,25
Kaid, laadimisplatvormid, dokid	km	0,25
Rannajoone muutmine		
Rannajoone kindlustamine tugevate materjalidega (betoon, kivi) – tugev mõju	km	0,1
Rannajoone kindlustamine pehmete materjalidega (liiv, geotekstiil)	km	0,05
Kaitsetammid (kunstlikud kaldakõrgendused)	km	0,1

¹ Q_{n95} on looduslik madal vooluhulk, millest aasta lõikes 95% ajast on vooluhulk suurem.

Inimtekkeliste hüdro-morfoloogiliste muutuste koondhinnang saadakse üksikute muutuste (vt muutuste tüübid tabelis 3.4.1) kaalutud pikkuse või pindalaproportsioonide summana vastavalt alltoodud valemile:

$$\text{mõju indeks (\%)} = \sum n \left(\frac{\text{mõju ulatuse pikkus või pindala} \times \text{mõju kaal}}{\text{veekogu rannajoone pikkus või veekogu pindala}} \right) \times 100,$$

kus $\sum n$ tähistab kõigi üksikute muutuste tüüpide summat.

Mõju indeksi väärtustele on seatud rannikuvete hüdro-morfoloogilise kvaliteedi klasside piirid alljärgnevalt:

- Väga hea – 10;
- Hea – 20;
- Kesine – 30.

Morfoloogilised ja keemilis-füüsikalised elemendid kätkevad endas suurt hulka veekogu põhja topograafiat (nt sügavus, nõlvakalle jmt), põhjastete keemiliste ja füüsikaliste omaduste (granulomeetiline koosseis, orgaanilise materjali sisaldus, fosfori, lämmastiku ja sulfiidide sisaldus, pH, klorofüllisisaldus, elektrijuhtivus, raskemetallide sisaldus, toksikantide (PAH, PCB, TBT) sisaldus). Igale parameetrile on toodud parameetrile vastava mõõtühiku väärtused, mille alusel jagatakse mõõdetud parameetrite väärtused nelja kvaliteediklassi. Koondhinnanguks tuleb kõige halvemat kvaliteeti näitava parameetri klass.

Meteoroloogiliste ja hüdroloogiliste elementide puhul hinnatakse ainult seda, kas need näitavad kõrgeimat („väga hea“) kvaliteediklassis või mitte. Hinnatavateks parameetriteks on merevee tase ja tugevate tuulte esinemissagedused kaheksa ilmakaare kaupa. Mõlema parameetri puhul võrreldakse mõõdetud väärtusi eelmise hindamisperioodi pikaajaliste (10 aastat) keskvväärtustega. Kui mõõdetud tulemus jääb pikaajalise keskmise 95% usaldusintervalli sisse, siis see näitab kõrgeimat kvaliteediklassi.

3.5. Suurbritannia ja Iirimaa

Suurbritannias ja Iirimaa on kasutuses TRaC-MImAS (*Transitional and Coastal Waters Morphological Impact Assessment System*; siirde- ja rannikuvete morfoloogiliste mõjude

hindamise süsteem) metoodika (UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive 2012), mille eesmärkideks on:

- Pakkuda otsuste toetamise süsteemi hindamaks kas uute arendusprojektidega seotud hüdro-morfoloogilised muutused võivad ohustada veekogumi ökoloogilist seisundit VRD kontekstis;
- Võimaldada VRD siirde- ja rannikuveekogumite hüdro-morfoloogilise seisundi hindamist.

Nagu ka teiste EL meetodite puhul, kvantifitseerib ka TRaC-MImAS inimtekkelised morfoloogilised surved ja seeläbi võimaldab kaudselt hinnata riske ökoloogilisele seisundile, sest ei ole piisavalt andmeid ja teadmisi inimtekkeliste hüdro-morfoloogiliste survete ja ökoloogiliste tagajärgede vaheliste otseste seoste kvantitatiivseks formaliseerimiseks. Seega metoodika eeldab, et mida suurem on inimtekkeliste hüdro-morfoloogiliste survete ulatus, seda suurem on tõenäosus, et veekogumi morfoloogiline ja ökoloogiline seisund halveneb.

Veekogumite tüpologia

Veekogumite hindamisel on need klassifitseeritud kuueks tüübiks oma füüsiliste parameetrite sarnasuse ja potentsiaalsete sarnaste reaktsioonide põhjal hüdro-morfoloogilistele survetele. Tüpologia loomisel on arvestatud järgmiste peamiste füüsikaliste parameetritega:

- Loodete režiim;
- Põhjasubstraat;
- Avatus lainetusele;
- Soolsus (siirdevete puhul).

Hüdro-morfoloogilised surved

Morfoloogilised muutused on defineeritud kui kõik surved veekeskkonnale, mis võivad mõjutada morfoloogilisi tingimusi. TRaC-MImAS metoodika järgi hindamise läbiviimiseks on vajalik kõigi morfoloogiliste muutuste GIS andmekihtide olemasolu.

Inimtekkelised hüdro-morfoloogilised muutused (surved)

- Maismaastamine (*land claim*);
- Ajalooline (> 50 aasta) loodete vööndi estuaari voolukanali õgvendamine;
- Tänapäevane loodete vööndi estuaari voolukanali õgvendamine;
- Süvendamine;
- Kaablid ja torud;

- Kaadamine;
- Tõkestamine (läbimatud barjäärid või pidevalt looduslikku vee liikumist takistavad objektid nagu tammid, regulaatorid jmt);
- Takistamine (vee episoodiliselt mõjutavad objektid nagu vajadusel suletavad tõusuvee tõkked);
- Veevoolu ja setete liikumise manipuleerimine (muulid, lainemurdjad jmt);
- Rannajoone kindlustamine – tugevad materjalid (müürid, kaid, rahnupuisted jmt erosioonivastaseks kaitseks);
- Rannajoone kindlustamine – pehmed materjalid (liiv, geotekstiil);
- Kaitseehitised üleujutuste vastu;
- Vaiehitised (sillad, kaid, tuulikud jmt);
- Loodete energiat kasutavad elektrigeneraatorid;
- Muud merepõhja kasutused (nt vesiviljelus, põhjatraalimine)

Iga surve puhul on vaja teada selle pikkust (joonobjektid) või pindala (polügoonobjektid).

Öko-geomorfoloogilised elemendid ja hüdro-morfoloogiliste survete kaalumise

Öko-geomorfoloogilised elemendid kujutavad endast erinevaid ökoloogilisi ja geomorfoloogilisi veekogumi omadusi, mille suhtes hinnatakse hüdro-morfoloogiliste survete tugevust. Öko-geomorfoloogilised elemendid ja nende järgi hüdro-morfoloogiliste survete kaalumise kujutab endast täiendavat informatsiooni, millega saab TRaC-MImAS hindamist täpsustada, aga mis ei ole kohustuslikuks osaks. Öko-geomorfoloogilised elemendid jagunevad tsoonideks:

- Hüdrodünaamiline tsoon (nt loodete veetaseme ulatus, hoovused, lained);
- Eulitoraal (nt topograafiline profiil, loodete vööndi prioriteetsed elupaigad, setete liikumine);
- Sublitoraal (nt topograafiline profiil, loodete vööndi prioriteetsed elupaigad, setete liikumine).

Kõikide hüdro-morfoloogiliste survete mõjude tugevust hinnatakse eraldi ekspertavamusel iga veekogumi tüübi põhiselt neljaastmelisel skaalal (kaalud 0, 0,25, 0,5, 1) nelja aspekti (asjakohasus, ökoloogiline tundlikkus, vastupanuvõime, üldine mõju) kaupa. Järgnevalt teostatakse öko-geomorfoloogiliste elementide *versus* aspektide maatriksis korrutamise, maksimumide valimise ja maksimumide keskmistamise protseduurid mille tulemusel saadakse iga surve mõju tõenäosuse skoor, mis omakorda korrutatakse iga mõju ulatuse

skooriga (ekspertarvamusel saadud koefitsient, mis kirjeldab mõju ruumilist ulatust) saades lõpliku mõju skoori.

Hinnangu arvutamine ja seisundiklassid

Veekogumile avaldatava summaarse hüdro-morfoloogilise koormuse (kasutatud potentsiaal; *capacity used*) arvutamiseks kasutatakse alljärgnevat valemit:

$$\text{Kasutatud potentsiaal (\%)} = \sum \left(\frac{\text{mõju skoor} \times \text{surve ulatus (pindala või pikkus)}}{\text{veekogumi pindala või pikkus}} \right) \times 100,$$

kus Σ () on kõigi üksikute hüdro-morfoloogiliste survete summa. Kui mõju skoori, mis ei ole kohustuslik komponent, ei kasutata, siis teostatakse arvutus ilma selle komponendita.

Hüdro-morfoloogilisele koormusele (kasutatud potentsiaal) on seatud klassipiirid, mis on samad kõigile veekogumite tüüpidele ja öko-geomorfoloogilistele tsoonidele:

- Väga hea (*high*): 5%
- Hea (*good*): 15%
- Kesine (*moderate*): 30%
- Halb (*poor*): 45%
- Väga halb (*bad*): > 45%

Kuna koormused arvutatakse iga öko-geomorfoloogilise tsooni (hüdrodünaamiline, eulitoraali, sublitoraali tsoon) kaupa, siis veekogumi koondhinnanguks on madalaima seisundi klassi saanud tsooni klass.

Elupaigad

Hüdro-morfoloogilisi surveid hinnatakse seitsme elupaiga suhtes (prioriteetsed elupaigad Ühendkuningriigi bioloogilise mitmekesisuse tegevuskavas¹):

- Liivaluited (loodete ala)
- Padurad (loodete ala)
- Mudased laugmadalikud (loodete ala)
- Karid
- Karbipangad

¹ UK BAP priority habitats, <http://jncc.defra.gov.uk/page-5718>

- Meriheina aasad
- Koralliinsete punavetikate väljad (*maerl beds*)

Hüdromorfoloogiliste survete mõjusid nendele elupaikadele hinnatakse ekspertarvamusena kolmeastmelisel skaalal (madal, keskmine, kõrge).

4. HÜDROMORFOLOOGILISTE MUUTUJATE JA MERE-PÕHJA ELUSTIKU MUUTUJATE VAHELISED SEOSSED

4.1. Sügavus, vee liikumine, põhjasubstraat

Sügavus

Varasemad uuringud Läänemere põhjaosas on näidanud, et mere elustiku levikumustrid, liigiline koosseis ja mitmekesisus, arvukus ja biomass on tugevalt seotud merekeskkonna hüdro-morfoloogiliste tingimustega. Põhjaelustiku koosseisu, mitmekesisust ja levikut mõjutavad enim sügavus, hüdrodünaamiline aktiivsus (lainetus), soolsus ja põhjasubstraat (Kautsky 1988, Laine et al 1997, Martin 2000, Recio et al 2013, Zettler et al 2014, Herkül et al 2016, Peterson & Herkül 2017). Sügavus on eriti oluline faktor põhjataimestiku koosseisu ja leviku mõjutajana, sest mere põhja jõudev valguse hulk on otseses seoses veesamba paksusega. Põhjaloomatiku mõjutajana on sügavus samuti väga oluline, sest suur hulk taimestikulembeseid liike on otseselt seotud taimestiku levikuga ning lisaks sellele määrab sügavus suure hulga muid elustikku oluliselt mõjutavaid füüsikalisi-keemilisi parameetreid nagu hapnikusisaldus, temperatuur ja soolsus. Põhjaelustikuga on tihedalt seotud kalastik, sealhulgas tõenäoliselt tähtsad kalaliigid lest (toitub põhjaloomatikust) ja räim (vajab põhjataimestikku kudesubstraadina ja noorjärede elupaigana). Lisaks kaladele on põhjaelustikuga seotud bentosetoidulised linnuliigid, kelle leviku kirjeldamisel on sügavus üks olulisemaid keskkonnamuutujaid (Luigujõe & Aunins 2016).

Mitmed inimtegevused meres mõjutavad kas otseselt või kaudselt vee sügavust. Kõige olulisemateks inimtegevusteks, mis mere sügavust mõjutavad, on süvendamine ja merepõhja materjali kaevandamine (UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive 2003, EN 16503:2014:2014).

Vee liikumine

Hüdrodünaamiline aktiivsus ehk vee liikumise intensiivsus on samuti oluline abiootiline tegur, mis elustiku levikumustreid kujundab (Isæus 2004, Herkül 2010, Snoeijs-Leijonmalm et al 2017, Torn et al 2017). Hiljutised uuringud näitavad, et tuulest tingitud pinnalainetus ja sellega seotud vee liikumine, mis on arvatud kõrge ruumilahutusega, on suurusjärgudes kõrgema elustiku levikumustreid kirjeldava võimega kui tänapäeval kasutatavad okeanograafilised

hüdrodünaamika mudelid (Sundblad et al 2014, Herkül et al 2016). Vee liikumise intensiivsus mõjutab vee-elustikku mitmes erinevas aspektis:

- Vee liikumisest on otseselt tingitud erosiooni ja sedimentatsiooniprotsessid, mis kujundavad merepõhja substraadi omadusi ja seeläbi põhjaelustiku elupaikasad;
- Vee liikumise otsene mehaaniline mõju: substraadile kinnituva elustiku lahti rebimine ja transport;
- Vee liikumise kiirusest sõltub veevahetuse intensiivsus, mis tähendab ühtlasi toiduressursside uuenemise kiirust taimedele ja filtreerivatele põhjaloomadele vastavalt toitainete ja hõljumi näol;
- Vee liikumine tagab planktiliste organismide ning põhjaelustiku planktiliste vastsete ja spooride ja kalade koorumisjärgse esmase vastsestaadiumi leviku.

Merepõhja substraat

Merepõhja substraat on merepõhja elustiku liigilise koosseisu ja domineerimisstruktuuri mõjutajana väga oluline keskkonnaparameeter (Martin 2000, Orlando-Bonaca et al 2012, Snoeijs-Leijonmalm et al 2017, Chainho et al 2008). Eesti mereala bioloogilise mitmekesisuse mõjutajana on põhjasubstraat sügavuse järel olulisuselt teine keskkonnamuutuja (Peterson & Herkül 2017). Põhjasubstraadi olulisus seisneb selles, et see kujutab endast elustiku kasvupinda, mis loob fundamentaalse aluse elupaiga kujunemisel. Põhjasubstraadist sõltub see, millised põhjaelustiku liigid saavad merepõhja asustada: näiteks suurvetikad ja epibentilised karbid vajavad kinnitumiseks kive aga soontaimed ja kaevuvad loomad vajavad pehmeid setteid. Inimtegevused võivad avaldada otsest mõju merepõhja seisundile. Olulisteks merepõhja häiringuteks tuleb pidada selliseid inimtegevusi, mis on otseses kokkupuutes merepõhjaga ja põhjustavad merepõhja substraadi muutusi: süvendamised, kaadamised, kalapüük põhjatraaliga, maavarade kaevandamine, rajatiste ehitus (muulid, kaid, torujuhtmed, kaablid, tuulikud) merre jmt. Sellised tegevused võivad täielikult muuta looduslikku merepõhja, näiteks substraaditüübi asendumine teisega, loodusliku põhja katmine muude materjalidega, põhja topograafilise struktuuri muutmine, mis omakorda toob kaasa elustiku hävimise või olulised muutused liigilises koosseisus, arvukuses ja biomassis.

Hüdro morfoloogia ja elustiku seoste analüüs

Selleks, et saada tänapäevaste andmete alusel ülevaade hüdro morfoloogiliste muutujate ja elustiku seostest, teostati kanoonilised korrespondentsanalüüsid (CCA). Lisaks hüdro morfoloogilistele muutujatele kaasati analüüsi ka muid keemilisi ja füüsikalisi muutujaid,

et hinnata ka hüdro-morfoloogiliste muutujate olulisust teiste muutujate suhtes. Tabelis 4.1.1 on toodud käesolevas töös kasutatud keskkonnamuutujad.

Põhjaelustiku andmed saadi TÜ Eesti Mereinstituudi põhjaelustiku andmebaasist, mis koondab endas kõigi seni läbiviidud kaardistamistöode, riikliku seire, sadamate seire, teadusprojektid jm käigus kogutud proovide andmeid. Analüüsiks sobilike põhjaelustiku biomassiproovide andmete valikul rakendati järgmisi kriteeriume:

- Proovivõtt alates aastast 2005;
- Kvantitatiivsed proovid;
- Proovides määratud kõik liigid (nii taimed kui loomad);
- Seireprogrammi proovipunktide, taimetransektide ja muude ajas korratavate proovipunktide puhul valiti kõige uuem proovivõtu episood;
- Kui samast punktist oli kogutud nii raamproove kui põhjaammutaja proove, siis valiti raamproovid.

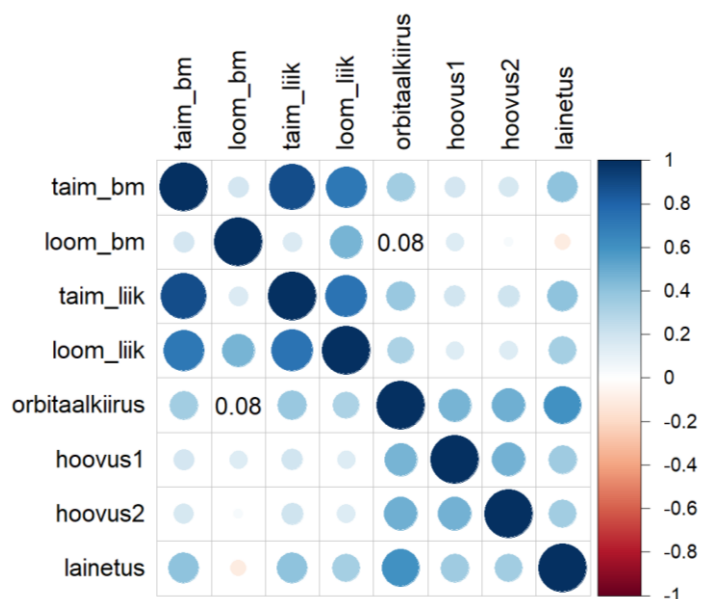
Rakendatud kriteeriumite tulemusel saadi andmed kokku 3881 proovipunkti kohta. Ühe proovivõtuepisoodi ajal kogutud kordusproovide andmed keskmistati. Iga proovipunkti kohta arvutati põhjataimestiku liigirikkus (*taim_liik*) ja põhjaloomastiku liigirikkus (*loom_liik*) ning taimestiku (*taim_bm*) ja loomastiku (*loom_bm*) summaarsed biomassid.

Kuna vee liikumist kirjeldavaid muutujaid on erinevaid tüüpe (tabel 4.1.1), siis teostati esmalt analüüsid, et selgitada välja, milline vee liikumise muutuja korreleerub kõige paremini merepõhja elustikuga. Selleks teostati Spearmani astakorrelatsiooni analüüs (joonis 4.1.1) ja BIOENV analüüs (tabel 4.1.2), mis mõlemad näitasid, et elustikuga korreleerub kõige paremini avatus lainetusele lihtsustatud lainemudeli põhjal (muutuja lühinimi *lainetus*). Seetõttu kasutati järgnevates analüüsides vee liikumise muutujana ainult muutujat *lainetus*. Peamine põhjus, miks lihtsustatud lainemudel (muutuja *lainetus*) oli teistest vee liikumise muutujatest tugevamini elustikuga seotud, on ilmselt selle mudeli väga kõrge ruumiline resolutsioon (25 m), mis kajastab elustiku levikumustrite heterogeensust paremini kui teised testitud tunduvalt madalama ruumilahutusega (2 km või rohkem) mudelid. Lihtsustatud lainemudeli paremat sobivust elustiku kirjeldamisel võrreldes teiste hüdrodünaamika mudelitega on näidatud ka varasemate suuringutes (Sundblad et al 2014, Herkül et al 2016).

Tabel 4.1.1. Põhjaelustiku ja keskkonnamuutujate seoste uurimisel kasutatud keskkonna-muutujad.

Lühinimi	Info	Allikas
sügavus	Mere sügavus	1
sete	Pehme põhjasette osakaal	2
nõlv	Merepõhja nõlva kalle	1
soolsus	Merevee põhjakihi keskmine soolsus; loodud interpoleerimise abil kasutades Üle-Läänemerelelise mudeli andmeid, mida parandati teatud piirkondades TÜ EMI mõõtmistulemuste abil	2,4
klorofüll	Merevee pinnakihi klorofüllisisaldus; arvutatud satelliitmõõtmistest perioodil 2009-2010	2
kd	Vee läbipaistvus; hinnatud kui valguse vähenemise koefitsient, mis arvutatud satelliitmõõtmistest perioodil 2010-2012	2
secchi	Modelleeritud Secchi sügavus	2
jää	Keskmine jääkatte paksus; andmeperiood 2009-2011	6
temp_külm	Modelleeritud vee põhjakihi keskmine temperatuur külmal poolaastal; mudeli periood 1996-2005	3
temp_soe	Modelleeritud vee põhjakihi keskmine temperatuur sooja poolaastal; mudeli periood 1996-2005	3
lainetus*	Avatus lainetusele lihtsustatud lainemudeli põhjal (<i>simplified wave model</i>); arvutatud tuuleandmete ja laine tekkimise teekonna pikkuste (<i>fetch</i>) põhjal ja korrigeeritud sügavusega	5
orbitaalkiirus*	Modelleeritud tuulelainetusest tingitud orbitaalse vee liikumise keskmine kiirus mere põhjas perioodil 1989-2005	7
hoovus1*	Modelleeritud vee põhjakihi keskmine hoovuse kiirus perioodil 1996-2005	3
hoovus2*	Modelleeritud vee põhjakihi keskmine hoovus 2017. aastal	8
O2	Modelleeritud vee põhjakihi keskmine hapnikusisaldus perioodil 2002-2008	4
ammoonium	Ammooniumi keskmine kontsentratsioon talvel (detsember–veebruar) vee põhjakihis perioodil 1995-2005	3
nitraat	Nitraadi keskmine kontsentratsioon talvel (detsember–veebruar) vee põhjakihis perioodil 1995-2005	3
fosfaat	Fosfaadi keskmine kontsentratsioon talvel (detsember–veebruar) vee põhjakihis perioodil 1995-2005	3
Allikad:		
1 – Eesti Veeteede Ameti mere sügavuse andmed		
2 – TÜ Eesti Mereinstituudi andmekogud: füüsikaliste, keemiliste ja bioloogiliste mõõtmiste andmed		
3 – TTÜ Meresüsteemide instituudi mudelarvutus (Maljutenko & Raudsepp 2014)		
4 – Üle-Läänemereleline füüsikalise-keemiliste parameetrite mudelarvutus (Bendtsen 2009)		
5 – avatus tuulest tingitud lainetusele; mudelarvutuse tulemus (Nikolopoulos & Isæus 2008) korrigeeritud sügavusega (Bekkby et al 2008)		
6 – Soome Meteoroloogianstituut		
7 – Victor Alari (TTÜ Meresüsteemide Instituut)		
8 – BALTIC SEA PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST, E.U. Copernicus Marine Service Information, http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=BALTICSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_003_006		

* vee liikumise muutujad, mille hulgast valiti eraldi teostatud analüüside põhjal välja *lainetus*, mida kasutati CCA analüüsides

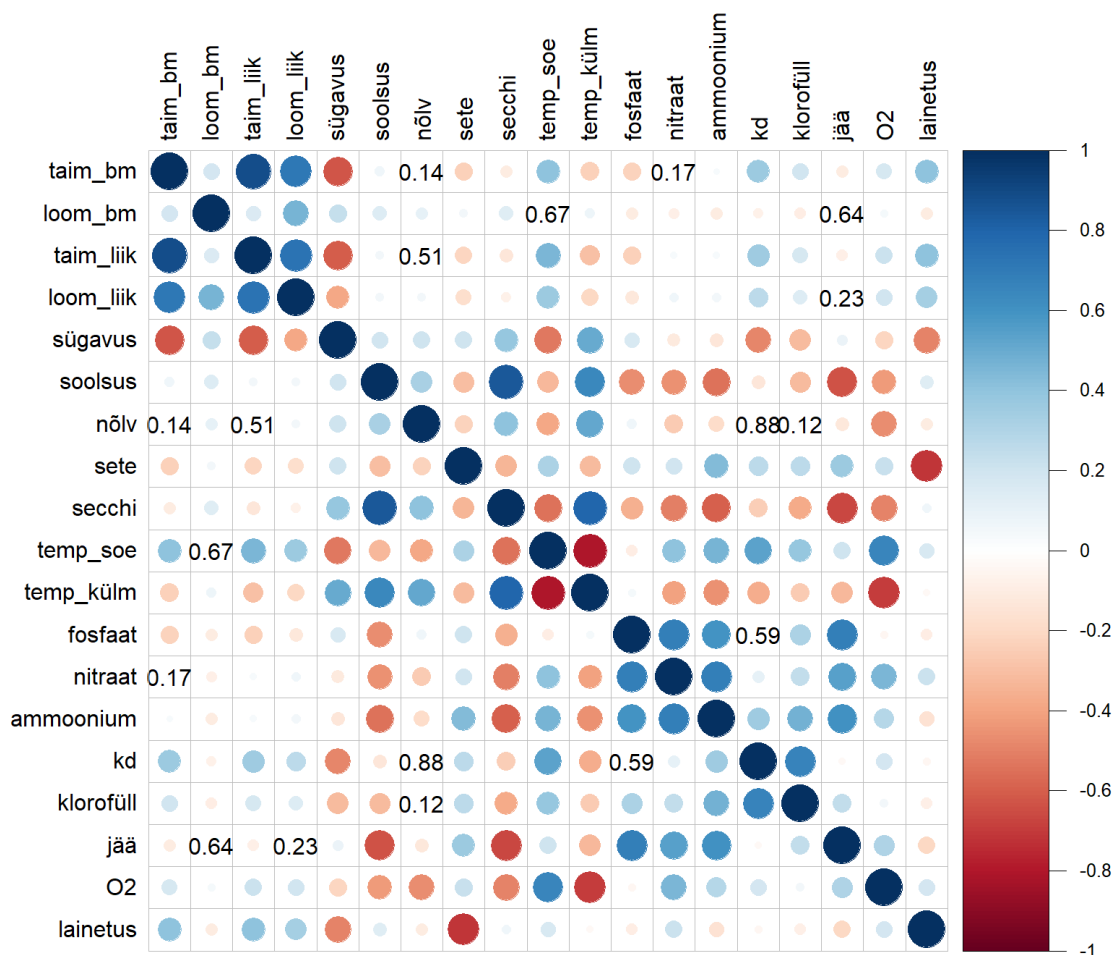


Joonis 4.1.1. Spearman astakkorrelatsioonid taimestiku ja loomastiku summaarse biomassi (vastavalt taim_bm ja loom_bm), taimestiku ja loomastiku liigirikkus (vastavalt taim_liik ja loom_liik) ning vee liikumist iseloomustavate muutujate vahel (vt infot tabelis 4.1.1). Värviskaala ja ringi suurus väljendavad Spearmani korrelatsioonikordaja väärtusi; statistiliselt mitteoluliste ($p > 0.05$) korrelatsioonide korral on toodud numbriga p-väärtus.

Tabel 4.1.2. BIOENV analüüside tulemused selgitamaks põhjaelustiku struktuuri ja vee liikumist iseloomustavate muutujate vahelist seost. Eraldi on analüüsitud taimestiku, loomastiku ning taimede ja loomade ühist koosluse struktuuri (veerg *kooslus*). Numbrilised väärtused näitavad korrelatsiooni vee liikumise muutujate ja põhjaelustiku koosluse struktuuri vahel; suurem positiivne väärtus näitab tugevamat seost. Viimane rida (*keskmine*) näitab keskmist korrelatsiooni üle kõigi koosluse struktuuride ja transformatsioonide.

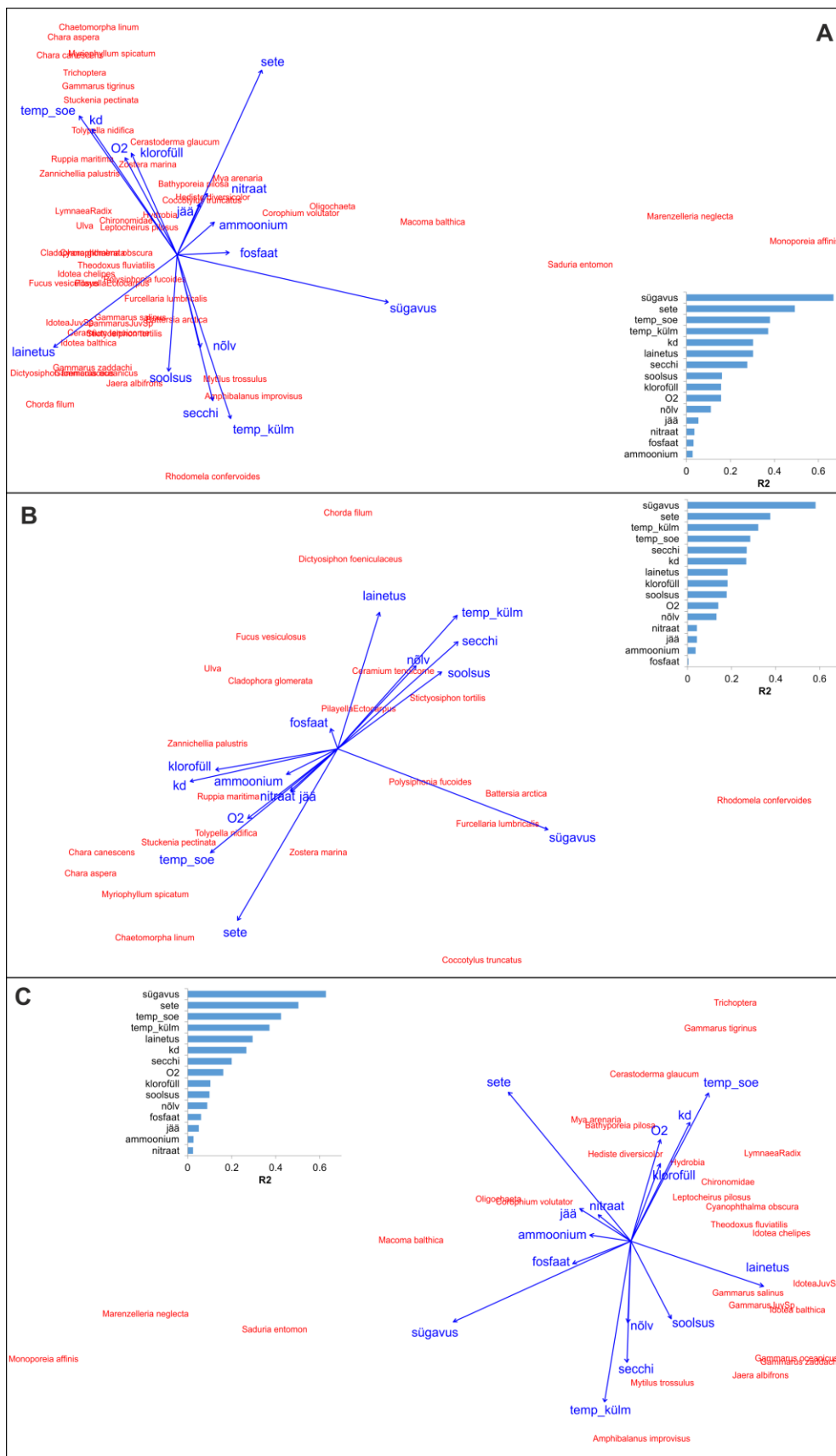
Kooslus	Transformatsioon	Vee liikumise muutuja			
		lainetus	orbitaalkiirus	hoovus1	hoovus2
taimed ja loomad	neljas juur	0.1480	0.0136	-0.0045	-0.0278
taimed ja loomad	esinemine-puudumine	0.1752	-0.0095	-0.0067	-0.0368
taim	neljas juur	0.1272	-0.0180	0.0239	-0.0099
taim	esinemine-puudumine	0.1422	-0.0166	0.0248	0.0029
loom	neljas juur	0.1237	0.0075	0.0026	-0.0280
loom	esinemine-puudumine	0.1454	-0.0073	-0.0031	-0.0332
keskmine		0.1436	-0.0050	0.0062	-0.0221

Spearmani astakkorrelatsiooni analüüs näitas, et keskkonnamuutujatest olid põhjaelustiku muutujatega kõige tugevamas korrelatsioonis sügavus, lainetus, läbipaistvus (kd), temperatuur ja sete (joonis 4.1.2). Nimetatutest sügavuse puhul olid korrelatsioonid kõige tugevamad.



Joonis 4.1.2. Spearman astakkorrelatsioonid taimestiku ja loomastiku summaarse biomassi (vastavalt taim_bm ja loom_bm), taimestiku ja loomastiku liigirikkus (vastavalt taim_liik ja loom_liik) ning keskkonnamuutujate vahel (vt infot tabelis 4.1.1). Värviskaala ja ringi suurus väljendavad Spearmani korrelatsioonikordaja väärtusi; statistiliselt mitteoluliste ($p > 0.05$) korrelatsioonide korral on toodud numbriga p-väärtus.

CCA analüüs, kuhu erinevalt Spearmani analüüsist olid kaasatud kõik põhjaelustiku liigid, mille esinemissagedus oli $\geq 5\%$, näitas selgelt, et kõige olulisemad muutujad olid sügavus, sete ja temperatuur (joonis 4.1.3). Tuleb arvestada, et vee põhjakihi temperatuur on omakorda väga tugevalt sügavusega seotud ja seega kajastab temperatuuri olulisus suuresti sügavuse mõju. Ka lainetuse oli elustikuga keskmisest tugevamini seotud.



Joonis 4.1.3. Keskkonnamuutujate ja põhjaelustiku liikide biomassi (neljas juur transformatsioon) CCA analüüsi tulemused. A – taimed ja loomad koos, B – taimed, C –

loomad. Tulpdiagrammidel on näidatud CCA ordinatsiooni elustiku ja keskkonnamuutujate seose tugevus, mis on saadud permutatsioonitesti abil.

Järeldused

- Kõrge ruumilahutusega lainemudeli andmed korreleeruvad põhjaelustiku andmetega tunduvalt paremini kui madalama ruumilahutusega hoovuste ja orbitaalkiiruste mudelite andmed. Seega on vee liikumist kajastava hüdro-morfoloogilise muutujana eelistatav lainemudeli kasutamine.
- Analüüsid näitasid, et sügavus ja põhjasubstraat olid kõige olulisemad keskkonnamuutujad, mis põhjaelustiku liigilist koosseisu ja domineerimisstruktuuri mõjutavad. Enamlevinud ja ruumiliselt kõige laiaulatuslikumad inimtekkelised hüdro-morfoloogilised muutused meres – süvendamine ja kaadamine –, aga ka mitmed teised inimtegevused ja struktuurid nagu materjalide kaevandamine ja vesiehitised, mõjutavad eelkõige just sügavust ja/või põhjasubstraati ja seega näitavad analüüside tulemused, et inimtekkelistel hüdro-morfoloogilistel muutustel on väga suur elustiku mõjutamise ja seeläbi ka ökoloogilise seisundi mõjutamise potentsiaal.

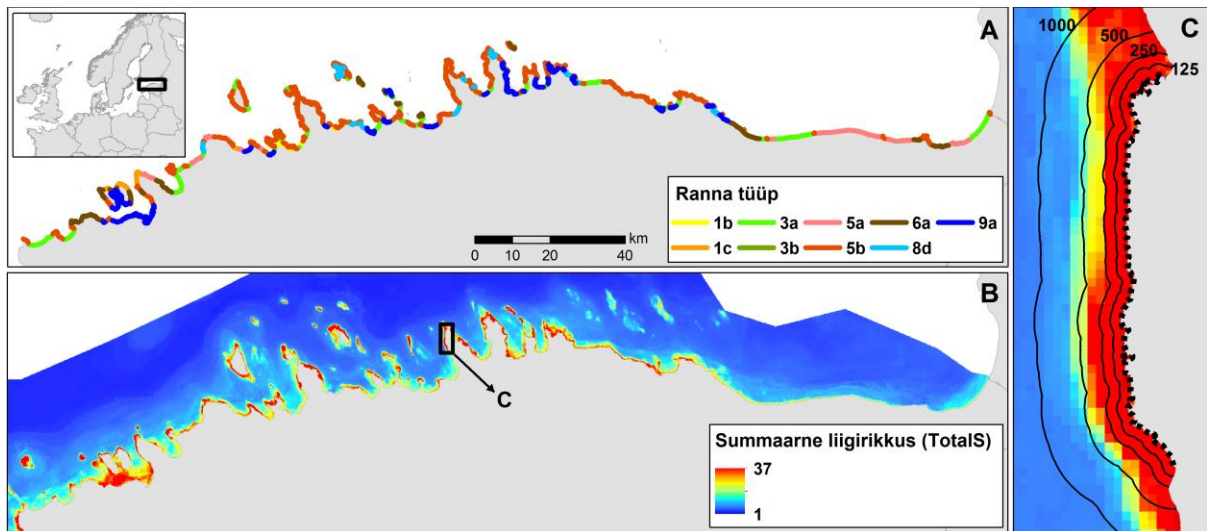
4.2. Rannajoone tüübi seos merepõhja elustikuga

Andmed

Rannajoone tüübi ja mere põhjaelustiku liigirikkuse vaheliste seoste uurimiseks kasutati järgmisi andmestikke:

- **Rannajoone tüüpid**e andmetena kasutati ESI klassifikatsiooni Soome lahe kohta, kus rannatüübid on jagatud üheksasse geomorfoloogilisse klassi. Klasside hulgas on ka kunstliku rannajoone tüüp (nt sadamakonstruktsioonid, kaldakindlustused; vt joonis 4.2.1, tähis 1b). Detailne info klassifikatsiooni kohta on publitseeritud artiklis Aps et al (2016). Rannajoone tüübid on näidatud joonisel 4.2.1.
- **Põhjaelustiku liigirikkus**. TÜ Eesti Mereinstituudi põhjaelustiku andmebaasi proovipunktipõhiste andmete ja suure hulga erinevate georefereeritud füüsikalise-keemiliste pindandmete (rastrid) alusel modelleeritud makroskoopilise põhjaelustiku taimede liigirikkus (*FloraS*), selgrootute loomade liigirikkus (*FaunaS*) ja summaarne liigirikkus (taimed ja loomad koos; *TotalS*). Detailne info põhjaelustiku liigirikkuse

modelleerimise meetodite ja tulemuste kohta on publitseeritud artiklis Peterson & Herkül (2017). Põhjaelustiku summaarse liigirikkuse kiht on toodud joonisel 4.2.1.



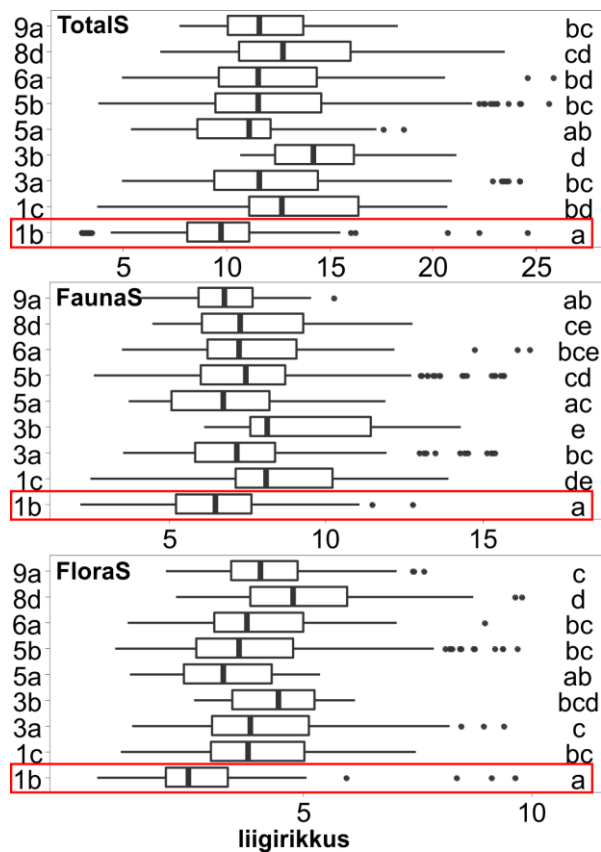
Joonis 4.2.1. Uuringuala ja sisendandmed. A – rannatüüp ESI klassifikatsiooni järgi (1b on kunstlikud rannad). B – summaarne liigirikkus (TotalS). C – näidis ESI rannatüübi segmendist (punktirjoon) ja ruumiskaaladest.

Metoodika

Iga ESI rannatüübi segmendi ümber loodi 125, 250, 500 ja 1000 m ruumipuhvrid (edaspidi „ruumiskaala“). Liigirikkuse muutujate (*FloraS*, *FaunaS* ja *TotalS*) keskmised väärtused arvutati iga segmendi ja ruumiskaala kohta. Saadud andmeid kasutati kahefaktorilises (rannatüüp, ruumiskaala) ANOVA testis, et välja selgitada kas põhjaelustiku liigirikkus erineb seoses rannikutüüpidega ja kas ruumiskaala on eritumisel oluline. Paarikaupa faktorgruppide eristumist testiti täiendavalt Tukey *post-hoc* analüüsiga ja illustreeriti kastdiagrammidel tähekoodidega, kus statistiliselt eristuvad paarid ei jaga ühtegi sama tähte (joonis 4.2.2).

Tulemused

ANOVA näitas, et põhjaelustiku mitmekesisus eristub statistiliselt olulisel määral ($p < 0,05$) nii erinevate rannatüüpide kui ka ruumiskaalade vahel aga rannatüübi ja ruumiskaala interaktsioon ei olnud statistiliselt oluline. Kõige madalamad põhjaelustiku bioloogilise mitmekesisuse väärtused olid selgelt seotud inimtekkeliste rannatüüpidega (joonis 4.2.2).



Joonis 4.2.2. Põhjaelustiku liigirikkus (horisontaalteljel) erinevate rannatüüpide korral (koodid vertikaalteljel; punase raamiga on tähistatud kunstlikud rannad). Tähed paremal serval näitavad paaridevahelisi erinevusi: liigirikkus erinevate rannatüüpide vahel on statistiliselt oluline kui paaril ei ole ühtegi ühist tähte.

Järeldused

- Põhjaelustiku liigirikkus erines erinevate rannatüüpide vahel.
- Kunstlikud inimtekkelised rannad olid seotud kõige madalama liigirikkusega, mis võib näidata potentsiaalset põhjus-tagajärg seost inimtekkeliste rannajoone hüdro-morfoloogiliste muutuste ja mereelustiku vahel.

5. EESTI RANNIKUVEE HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINDAMISE METOODIKA ETTEPANEK

5.1. Kontseptsioon

Väljatöötatud rannikuvee hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise metoodika põhineb järgmistel eeldustel:

- Hüdro-morfoloogilised muutused merekeskkonnas mõjutavad elustikku. Seost hüdro-morfoloogiliste muutujate ja bioloogiliste muutujate vahel on näidatud paljudes varasemates teadustöodes ja ka antud uuringu raames läbiviidud analüüside abil.
- Hüdro-morfoloogiliste muutuste ulatus mõjutab ökoloogiliste mõjude ulatust ehk mida suurem on muudetud ala (nt sadama akvatoorium, süvendusala), seda ulatuslikum on hävinud või häiritud elupaikade pindala ja seda suurem ökoloogiline kahju.
- Hüdro-morfoloogiliste muutuste mõju elustikule ja ökoloogilisele seisundile sõltub looduskeskkonna tundlikkusest ehk sarnase inimtegevuse mõju on erinevates keskkondades erinev.

Metoodika loomisel on arvestatud järgmiste praktiliste aspektidega:

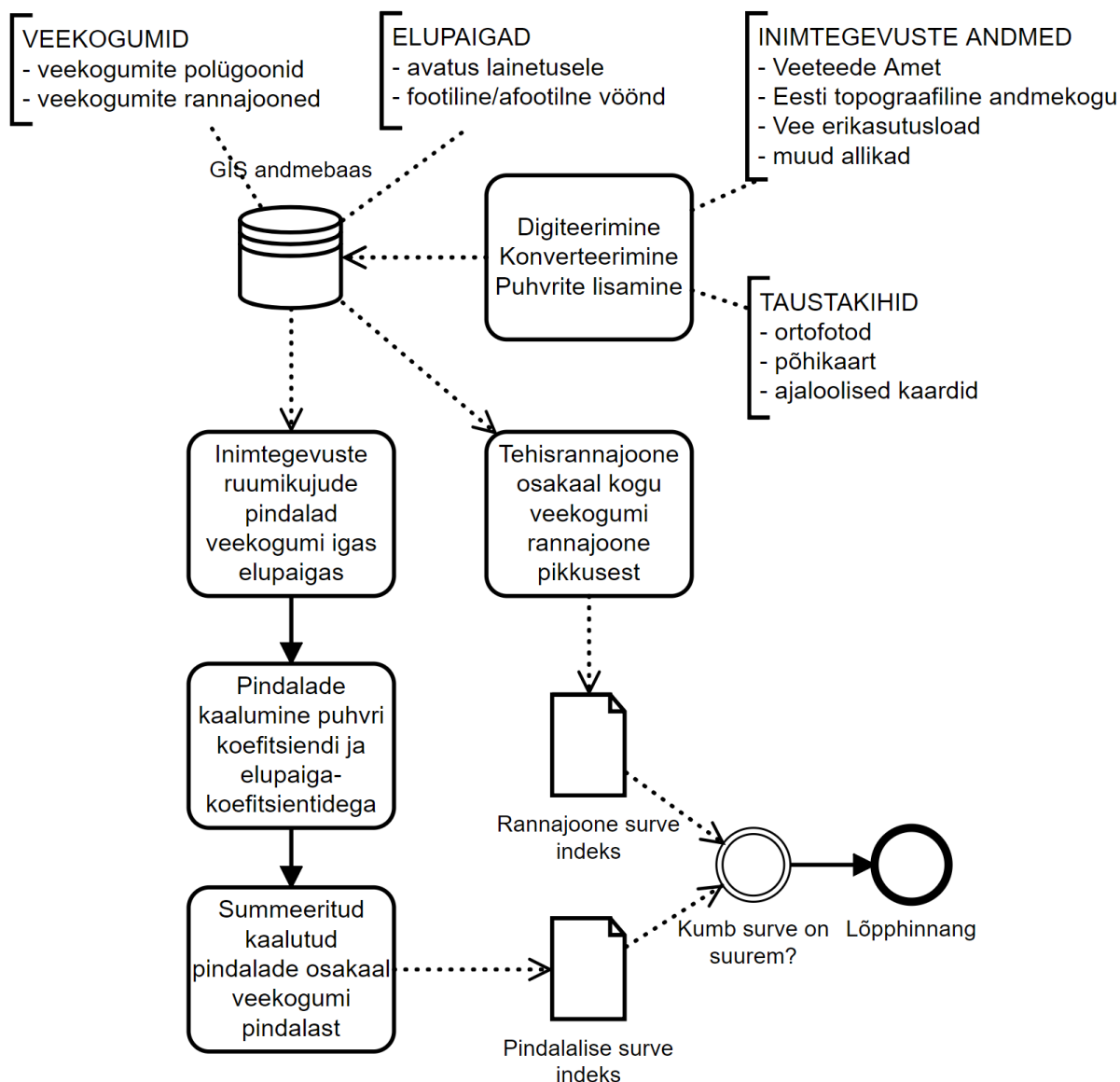
- Võrreldavus teiste riikide metoodikatega: väljatöötatud metoodika arvestab ja võtab üle teiste EL riikide parimaid praktikaid ning arvestab VPRD nõuetega ja rahvusvaheliste standarditega – see tagab metoodika kontseptuaalse sarnasuse ja võrreldavuse teiste riikide metoodikatega.
- Kuluefektiivsus: hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise läbiviimine toimub riiklikes registrites ja andmekogudes olevate andmete põhjal ja seetõttu ei ole vaja täiendavaid välitöid.
- Kergesti rakendatav: hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise läbiviimiseks ei ole vaja ulatuslikult rakendada ekspertteadmist ega keerukaid andmeprotseduure.

Väljatöötatud meetod kvantifitseerib inimtegevuse poolt otseselt hüdro-morfoloogiliselt muudetud mereala ja rannajoone ulatuse ehk tegemist on nn surveindeksiga. Hinnangu andmise üldiseks kvantitatiivseks aluseks on inimtegevuse poolt hüdro-morfoloogiliselt muudetud merepõhja pindala ja rannajoone pikkuse osakaal kogu hinnatava veekogumi pindalast ja rannajoone pikkusest.

5.2. Üldine töövoog

Metoodikas on järgmised peamised hindamise töö sammud (joonis 5.2.1):

1. Meres toimuvate inimtegevuste ja tehisstruktuuride ruumiandmete (sadamad, süvendatud alad, kaadamisalad, kaablid, torud, kaldakindlustused jne) koondamine ja vajadusel joon- ja punktandmetest pindandmetele (polügoonid) üleminek.
2. Inimtegevustele ruumipuhvrite lisamine, sest eeldatav hüdro-morfoloogilise muutuse mõjuala on suurem kui objekti või tegevuse ruumikuju.
3. Inimtegevuse ruumikujude (objekt + puhver) pindalade mõõtmine igas veekogumis üldiste elupaikade kaupa (avatus lainetusele, sügavusvöönd) ja pindalade kaalumise puhvri koefitsiendiga ja elupaigaspetsiifiliste koefitsientidega.
4. Pindalalise surve indeksi arvutamine kaalutud inimtegevuse ruumikujude pindala ja veekogumi pindala suhtena.
5. Rannajoone surve indeksi arvutamine inimtegevuse poolt muudetud rannajoone pikkuse ja veekogumi rannajoone pikkuse suhtena.
6. Veekogumi koondhinnangu andmine valides pindalalise surve indeksi ja rannajoone surve indeksi vahel kõrgemat survet näitava indeksi väärtuse.



Joonis 5.2.1. Rannikuveekogumi hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise üldistatud töövoog.

5.3. Sisendandmed

5.3.1. Inimtegevused

Inimtegevuste all mõistetakse käesolevas metoodikas kõiki selliseid inimtegevusi merel ja rannajoonel, mis toovad kaasa otseseid hüdro-morfoloogilisi muutusi. Antud töö raames on need järgmised:

- Sadamate rajatised sh muulid, lainemurdjad, paadisillad, lautrikohad, sadama akvatooriumid ja sadamatega seotud maismaastamine (*land claim*);

- Süvendatud alad;
- Kaadamisalad;
- Maavarade kaevandamine;
- Kaablid ja torud;
- Maanteetammid;
- Tammitatud merealad;
- Kaldakindlustused;
- Muud klassifitseerimata tehisobjektid meres: suuremõõtmelised püsivad struktuurid, nt Kuressaare lennujaama lennuraja pikendus, sadevete toru suubla rajatis Tallinna lahes.

Kui järgmistel hindamisperioodidel lisandub antud töös käsitlemata inimtegevusi, siis tuleb need hinnangusse kaasata.

Hinnangus kasutatakse kõiki loendatud inimtegevusi ja järgmistel hindamistel potentsiaalselt lisanduvaid inimtegevuse objekte olenemata nende tegevuste toimumise ajast. Inimtegevuse objektid võib hinnangust välja jätta juhul kui:

- Spetsiaalsete uuringute tulemused näitavad, et konkreetse inimtegevuse lakkamise või objekti lagunemise või likvideerimise järel on merepõhja topograafia ja substraat taastunud selliselt, et see ei eristu enam piirkonna looduslikest hüdro-morfoloogilistest tingimustest;
- Ekspertarvamuse põhjal otsustatakse, et konkreetse inimtegevuse lakkamise või objekti lagunemise või likvideerimise järel on merepõhja topograafia ja substraat taastunud selliselt, et see ei eristu enam piirkonna looduslikest hüdro-morfoloogilistest tingimustest.
- Ekspertarvamuse põhjal otsustatakse, et objekti või tegevuse ruumikuju asukoha või suuruse täpsus on väga madal ja/või tegeliku inimtegevuse iseloomu või ulatuse kohta ei ole infot ja/või on alust arvata, et otsese hüdro-morfoloogilise muutuse ulatus on väga väike võrreldes tegevuse ruumikuju suurusega. Nendel põhjustel on antud hinnangust välja jäetud:
 - Kaitseväe harjutusalad. Puudub piisava täpsusega georefereeritud (polügoonid) info kaitseväe harjutustega seotud merepõhja hüdro-morfoloogiliste muutuste olemuse ja ulatuse kohta. Olemasolevad harjutusalade polügoonid on väga suured ja neid tervikuna ei saa seetõttu käsitleda kui alasid, kus kogu ala ulatuses on toimunud hüdro-morfoloogilised muutused.

- Ajaloolised laskemoona uputamise alad. Olemasolevad ruumikujud (polügoonid) on väga suured ja neid tervikuna ei saa seetõttu käsitleda kui alasid, kus kogu ala ulatuses on toimunud hüdromorfoloogilised muutused. Puuduvad ka teadmised kas ja millised hüdromorfoloogilised muutused on nedel aladel tänapäeval täheldatavad.
- Liivarandade täitmine liivaga (*beach nourishment*). Vee erikasutuslubade andmetel on liivaranna täitmist taotletud Tallinnas Pirita rannas, aga loaga seotud ruumiinfo on liiga ebatäpne ("Harjumaa, Tallinn, Pirita rand") ruumikuju loomiseks ja pole ka teada, kas ja mis ulatuses tegevus tegelikult läbi viidi.

Hinnangust on välja jäetud kalapüük ja vetikapüük põhjatraaliga, sest:

- Põhjatraaliga kalapüük on Eesti rannikumeres minimaalne ja ei ole teada kas ja kuidas see muudab merepõhja hüdromorfoloogilisi omadusi (põhjareljeef, substraat);
- Lahtise punavetika traalimine Kassari lahe saviliivasel merepõhjal ei põhjusta teadaolevalt selliseid hüdromorfoloogilisi muutusi (muutused põhjareljeefis, substraaditüübis), et seda inimtegevust oleks vaja hüdromorfoloogia hinnangusse kaasata.

Andmetüübid, konverteerimine, puhvrid

Mõningad inimtegevuste ruumikujud võivad andmete algallikates olla joone või punkti kujul – need on vaja polügoonideks konverteerida, sest punktil ja joonel ei ole pindala. Konverteerimise puhvrid on toodud tabelis 5.3.1.1. Rakendatakse radiaalsed puhvrid ehk puhver rakendub objektist igas suunas ette antud kaugusele. Kui mõni algandmetes punkti või joone kujul olev objekt või tegevus on juba mõnest teisest andmeallikast olemas polügooni kujul ja vastav punkt või joon jääb selle polügooni sisse, siis neid punkte ja jooni edaspidi ei kasutata. Näiteks kui sadama kai joonobjektina jääb sadama polügooni sisse, siis pole joonobjektiga vaja enam arvestada. Polügooniks konverteerimise puhvrite ulatused (tabel 5.3.1.1) saadi järgnevalt:

- Kaablite ja torude puhvrid pärinevad HELCOM HOLAS II metoodikast¹;
- Sadamate (paadisillad, muulid) ja kaldakindlustuste puhul valiti juhuslikult 10% objektidest, aga mitte vähem kui 20 objekti, mõõdeti nende läbimõõdud Maa-ameti ortofotode järgi ja arvutati keskmine väärtus; radiaalse puhvri jaoks jagati keskmine väärtus kahega.

¹ Physical loss (permanent effects on the seabed), <http://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/ea0ef0fa-0517-40a9-866a-ce22b8948c88>

Kuna inimtegevustega kaasnevad hüdro-morfoloogilised mõjud ulatuvad kaugemale kui otseselt tegevuse või objekti alla jääv pindala, siis lisatakse inimtegevustele ruumipuhvrid. Ruumipuhvrite ulatused põhinevad HELCOM HOLAS II (HELCOM 2018) metoodikal ja vajadusel eksperthinnangul. Kuna sadamad ja süvendusalad võivad oma mastaapidelt olla väga erinevad (nt suur kaubasadam nagu Muuga võrrelduna väikese lautrikohaga), siis omistatakse kommertssadamatele ja nendega seotud süvendamistele suurem puhver kui väikesadamatele (tabel 5.3.1.1). Lisaks kommertssadamatega seotud süvendusaladele loeti süvendusalade puhul suuremahulisteks ka süvendused, mille vähemalt üks mõõde ulatus ≥ 1 km. Samaliigiliste inimtegevuste mõjuala ruumipuhvrid tuleb liita (*merge*) ehk likvideerida samaliigiliste puhvrite ülekate. Mõjupuhvrite loomisel tuleb arvestada järgmiste tehniliste nõuetega:

- Rakendatakse radiaalsed puhvrid ehk puhver rakendub objektist igas suunas ette antud kaugusele.
- Algne ruumikuju, millele puhver luuakse, ei muutu puhvri osaks ehk puhver on väljaspool objekti ning objekti ruumikuju ja tema puhver omavahel ei kattu. Puhver ei kattu ka naabruses asuva teise objekti ruumikujuga.
- Puhvrid ei tohi ulatuda maismaale ja selle vältimiseks vajadusel puhvrikihti lõigata rannajoonega.
- Samaliigiliste inimtegevuste mõjuala ruumipuhvrid tuleb liita (*merge*) ehk likvideerida samaliigiliste puhvrite ülekate. Eriliigiliste inimtegevuste puhvrid võivad kattuda.

Selleks, et hinnata rannajoone muutuste ulatust inimtegevuste tagajärjel, tuleb inimtegevuste ruumikujudele (polügoonid) lisada spetsiaalne rannajoone puhver (tabel 5.3.1.1). Rannajoone puhver on vajalik selleks, et tekitada ruumiline kattuvus rannajoone ruumikuju (joonobjekt) ja inimtegevuse ruumikuju (polügoon) vahel arvestades sellega, Maaamet uuendab aegajal rannajoone ruumikuju ja on vajalik leida kattuvus rannajoone tehisobjektide ja rannajoone ruumikuju vahel isegi kui rannajoon on mõnevõrra nihkunud. Erinevalt mõjuala puhvrist sisaldab rannajoone puhver ka objekti ennast, sest see on vajalik rannajoonega kattumise mõõtmiseks.

Tabel 5.3.1.1. Inimtegevused ja nende andmeallikad, lisavad mõjuala puhvrid (*mõjupuhver*), joonte ja punktide polügoonideks konverteerimise puhvrid (*polügoonipuhver*) ning lisainfo. Kõik puhvrid on meetrites ja tegemist on radiaalsete puhvritega ehk puhver rakendub objektist igas suunas antud kaugusele. Olulisemate andmeallikate täpsemad kirjeldused on toodud peatüki tekstis ja täiendavates tabelites.

Inimtegevus	Andmeallikad*	Polügooni-puhver**	Mõju-puhver	Ranna-joone puhver***	Info
Sadamad: kommersi-sadamad	VTA, ETAK, OF, PK, HELCOM Harbours ¹	-	200	10	
Sadamad: paadisillad, muulid	VTA, ETAK, OF, PK	3	25	10	
Süvendatud alad: kommersi-sadamad	sügavus, vee erikasutusload, VTA, OF, HELCOM Harbours ¹	-	200	-	Lisaks kommersi-sadamatega seotud süvendustele ka süvendused, mille vähemalt üks mõõde ≥ 1 km
Süvendatud alad: muu	sügavus, vee erikasutusload, VTA, OF	-	25	-	
Kaadamisalad	VTA, vee erikasutusload	-	500	-	
Maavarade kaevandamine	vee erikasutusload, Maa-ameti maardlate kaardirakendus	-	500	-	
Kaablid	VTA	2	10	-	
Torud	VTA	15	10	-	Sisaldab ehitatavat Balticconnector gaasitoru
Maanteetammid	ETAK, OF, PK	-	10	10	
Tammitatud merealad	Suursaar et al (2000), OF, PK	-	-	-	1) Väike väin: 3 km ulatusega ala mõlemal pool tammi vastavalt Suursaar et al (2000) (joonis 5.3.1.1); 2) Tammidega suletud Harju ja Undu lähed Saaremaa idaosas
Kaldakindlustused	VTA, ETAK, OF, PK	3	10	10	
Muud klassifitseerimata ehitised	VTA, ETAK, OF, PK	-	10	10	

* Andmeallikate lühendid:

VTA – Veeteede Amet

ETAK – Eesti topograafiline andmekogu (Maa-amet)

OF – ortofotod (Maa-amet)

PK – Eesti põhikaart (Maa-amet)

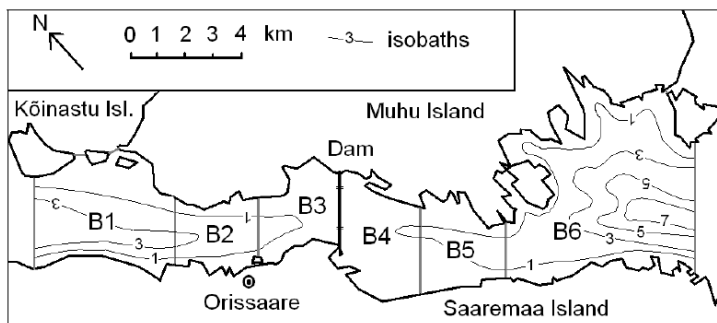
sügavus – mere sügavuse raster ja/või selle alusel loodud varjutatud reljeef; sügavuse algandmed (punktid) Veeteede Ametilt

vee erikasutusload – vee erikasutuslubade väljavõtte keskkonnalubade infosüsteemist

** Kui polügooniks konverteerimise puhver puudub (-), siis see tähendab, et kas algandmed olid kohe polügooni kujul või digiteeriti ruumikujud käsitsi polügoonidena.

*** Kui rannajoone puhver puudub (-), siis see tähendab, et antud inimtegevus rannajoont ei muuda ja seda rannajoone surve indeksi arvutamisel ei kasutata

¹ komertssadamate asukohad: HELCOM HOLAS II Dataset: Harbours (2017), <http://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/e2a3a104-a7aa-49c9-bc2c-47845b3a322f>



Joonis 5.3.1.1. Väikese väina jaotamine alambasseinideks (B1 kuni B6) Suursaar et al (2000) uuringus. Hüdromorfoloogiliselt muudetud alaks määratletud 3 km laiune ala mõlemal pool tammi, sest vastavalt Suursaar et al (2000) modelleerimise tulemusele on veevahetuse vähenemine oluline ($> 40\%$ võrreldes olukorraga kui tammi ei oleks) just tammi lähialas (kastid B3 ja B4).

Veeteede Ameti andmed

Veeteede Amet loob ja haldab veeliiklusega seotud andmeid, mille hulgas on ka andmeid, mis otseselt või kaudselt väljendavad inimtegevusi, millega võivad kaasneda hüdromorfoloogilisi muutused. Käesolevas töös oli võimalik kasutada kogu Veeteede Ameti andmekogu, mille koosseisust valiti sobivad andmekihid, mida kasutati hüdromorfoloogiliste muutuste ruumiandmete koondkihtide loomisel. Veeteede ametist saadi andmed seisuga 02.05.2018.

Andmed saadi Veeteede Ametilt peamiselt S-57¹ formaadis; täiendavalt saadi väiksem hulk andmekihte *ESRI shape* formaadis. S-57 formaadist ArcGIS geoinfosüsteemis kasutatavateks andmeteks konverteerimisel kasutati ArcGIS laienduse *ArcGIS for Maritime: Charting* (eeldab täiendavaid laiendusi *ESRI Production Mapping* ja *ArcGIS Data Reviewer for Desktop*) tööriista *S-57 to Geodatabase*. Tööriista *S-57 to Geodatabase* jooksumiseks loodi täiendav Python² skript, mis võimaldas kõikide S-57 kihtide automaatset konverteerimist geoandmebaasi. Töös kasutatud Veeteede Ameti andmekihtide loendis on toodud kihtide nimed vastavalt *ArcGIS for Maritime: Charting S-57* andmemudeli kihtide nimetustele. Töös kasutatud kihid koos lisainfoga on toodud tabelis 5.3.1.2.

¹ S-57—IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, https://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-57Ed3.1/31Main.pdf

² Python programmeerimiskeel, <https://www.python.org/>

Tabel 5.3.1.2. Töös kasutatud Veeteede Ameti navigatsiooniandmekogu andmed.

Andmete nimetus*	Atribuudi FCSubtype väärtused	Andmete kasutuse eesmärk, lisainfo
CoastlineA, CoastlineL, CoastlineP	SLCONS_ShorelineConstruction	Sadamad ja kaldakindlustused
CulturalFeaturesA, CulturalFeaturesL	DAMCON_Dam	Maanteetammid
DangersA, DangersL, DangersP	OBSTRN_Obstruction	Abimaterjal sadamate ja kaldakindlustuste käsitsi digiteerimisel
OffshoreInstallationsA	CBLARE_CableArea, PIPARE_PipelineArea	Kaablid, torud
OffshoreInstallationsL	CBLSUB_CableSubmarine, PIPSOL_PipelineSubmarineOnLand	Kaablid, torud
PortsAndServicesA, PortsAndServicesL, PortsAndServicesP	Kõik väärtused	Abimaterjal sadamate käsitsi digiteerimisel
TracksAndRoutesA, TracksAndRoutesL	Kõik väärtused	Abimaterjal sadamate ja süvendusalade (laevateed, faarvaatrid) käsitsi digiteerimisel

* Andmekihi nimetus vastavalt *ArcGIS for Maritime: Charting S-57* andmemudelile; andmete nime lõpus olev suurtäht näitab ruumikuju tüüpi: A – polügoon, L – joon, P – punkt.

Maa-ameti andmed

Maa-amet on põhiline ja suurim riiklik ruumiandmete tootja, haldaja ja levitaja. Maa-ameti vastutusalas on Eesti põhiliste ruumiandmekogude, nagu Eesti topograafia andmekogu (ETAK), põhikaardi, kõrgusandmete, maakatastri andmete, ortofotode jne tootmine ja haldamine. Käesolevas töös kasutati mitmeid erinevaid Maa-ameti andmekogusid. Tabelis 5.3.1.3 on kirjeldatud töös kasutatud Maa-ameti andmekogud.

Tabel 5.3.1.3. Töös kasutatud Maa-ameti andmekogud.

Andmete nimetus	Andmete kasutamise tehniline lahendus	Andmete kasutuse eesmärk, lisainfo
Eesti topograafia andmekogu ajakohaseimad ortofotod	WMS teenus	Sadamate, muulide, lautrikohtade, süvendusalade, kaldakindlustuste jm käsitsi digiteerimise aluskiht
Eesti põhikaart 1:10000	WMS teenus	Sadamate, muulide, lautrikohtade, süvendusalade, kaldakindlustuste jm käsitsi digiteerimise aluskiht
Nõukogude Liidu topograafilised kaardid 1963.a. koordinaatsüsteemis 1:10 000 ja 1:25 000	WMS teenus	Ajaloolisi kaarte aastatest 1966-1972 (konkreetne aasta sõltub kaardilehe välja andmise ajast) kasutati sadamatega seotud maismaastamise (<i>land claim</i>) hindamiseks käsitsi digiteerimisel
Eesti topograafi andmekogu	Alla laetud Maa-ameti kodulehelt ESRI geoandmebaasi formaadis	1) Sadamate, muulide, paadisildade, kaldakindlustuste koondkihi loomine, milleks kasutatud järgmisi kihte:

		E_204_kaldajoon_j (atribuudi <i>kalda_veekogu_tyyp</i> väärtus: Merekallas; atribuudi <i>tyyp</i> väärtus: Kindlustatud) E_205_hudrotehniline_rajatis_j (atribuudi <i>tyyp</i> väärtused: Muul, Paadisild) E_403_muu_rajatis_ka (atribuudi <i>tyyp</i> väärtused: Paadisild, Sadamakaj) E_405_piire_j (atribuudi <i>tyyp</i> väärtused: Müür, Tehissein) 2) Rannikuveekogumite polügoonide ja rannajoone uuendamine, milleks kasutati kihti: E_204_kaldajoon_j (atribuudi <i>kalda_veekogu_tyyp</i> väärtused: Merekallas, Mere ja seisuveekogu vaheline kallas, Mere ja vooluveekogu vaheline kallas)
--	--	---

¹ Maa-ameti ortofotode ja põhikaardi WMS teenuse aadress: <https://kaart.maaamet.ee/wms/alus?>

² Maa-ameti ajalooliste kaartide WMS teenuse aadress: <https://kaart.maaamet.ee/wms/ajalooline?>

³ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmete-tellimine/Avaandmed/Eesti-topograafia-andmekogu-ruumiandmed-p607.html>

Vee erikasutuslubade andmed

Teatud tegevusteks meres ja rannikul, nagu näiteks süvendamine, kaadamine, rannajoone muutmine, vesiehitused jmt, on vajalik vee erikasutusloa olemasolu. Vee erikasutuslubade andmed võimaldavad seega koguda täiendavat informatsiooni meres läbiviidavate tööde kohta, millega kaasnevad hüdromorfoloogilised muutused. Käesolevas töös kasutati vee erikasutuslubade andmete väljavõtet seisuga 21.06.2016; väljavõtte teostas Kaspar Anderson keskkonnalubade infosüsteemist. Vee erikasutuslubade info alusel digiteeriti süvendamise ja kaadamise piirkondi. Kuna andmestikuga ei kaasne valmis kujul ruumiandmeid ja andmetes sisalduv ruumiinfo on tekstiväljadel (eelkõige väljad *vee_erikasutuse_piirkond* ja *vee_erikasutuse_iseloomustus*) koos muu tekstiga, siis on vee erikasutuslubadest kaardile kantava info väljafiltreerimine ja selle käsitsi digiteerimine väga aeganõudev töö. Vee erikasutuslubadega seotud probleemid ja soovitusel olukorra parandamiseks on toodud peatükis 5.5.

Käsitsi digiteerimine

Käsitsi digiteerimist rakendatid järgmiste inimtegevuste ruumikujude loomisel:

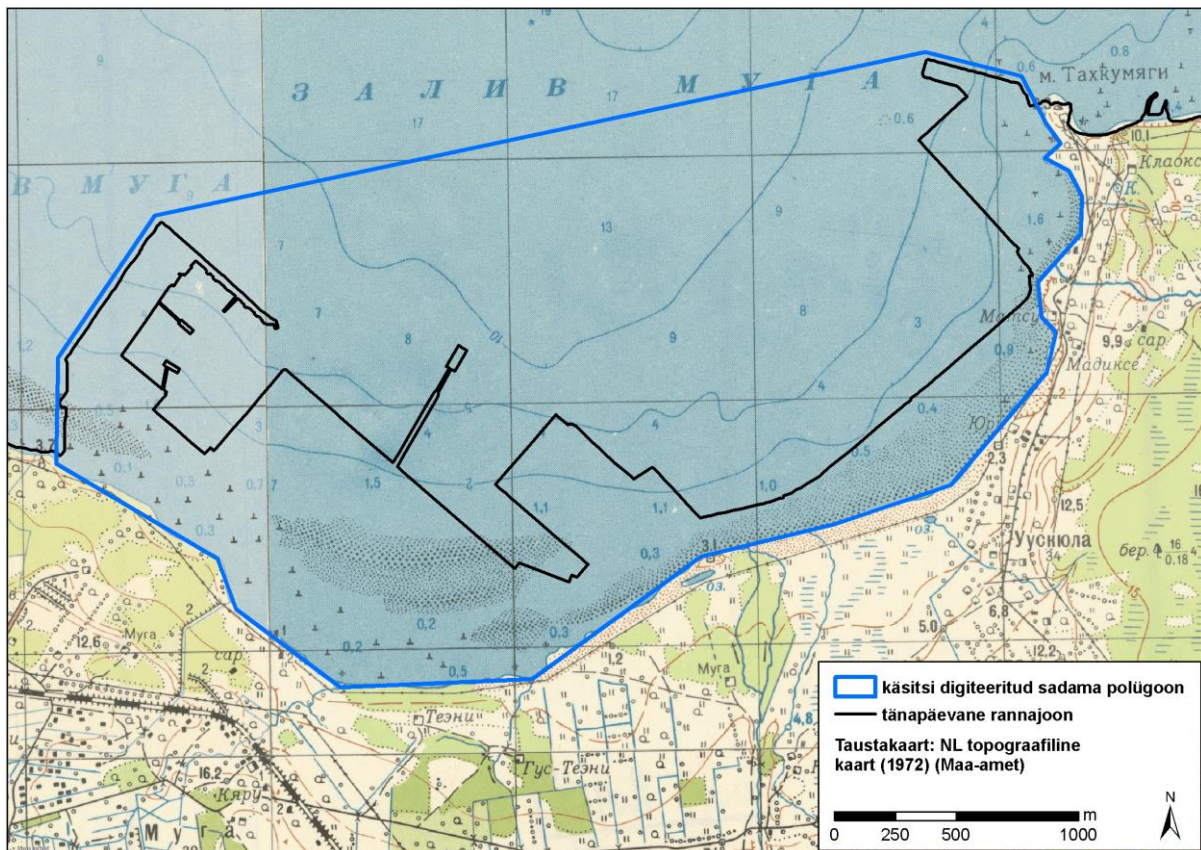
- Kõik sadamate polügoonid. Sadamate polügoonid võivad sisaldada ka maismaastamist (*land claim*) ehk mere muutmist maismaaks.

- Mõningate kaldakindlustuste ruumikujude loomisel või olemasolevatest andmekogudest pärinevate ruumikujude redigeerimisel, et nad paremini peegeldaksid ortofotodelt nähtavat olukorda.
- Mõningate süvendatud alade ruumikujude loomisel.
- Maanteetammide ruumikujude loomisel.
- Muude klassifitseerimata inimtekkeliste objektide ruumikujude loomisel.

Käsitsi digiteerimise põhiliseks aluseks oli Maa-ameti ortofotomosaiik, mille taustale kuvati kõik vajalikud muudest allikatest pärit vektorandmed. Sadamate ruumikujude käsitsi digiteerimine toimus valdavalt infrastruktuuri rajatiste välispunktide ühedamise teel. Suuremate sadamate puhul, kus oli alust arvata, et teostatud on maismaastamist (*land claim*), järgiti maismaa poolel ligikaudu 50 aastat tagasi (1966-1972; konkreetne aasta sõltub kaardilehe välja andmise ajast) loodud Nõukogude Liidu (NL) topograafiliste kaartide rannajoont (tabel 5.3.1.3). 50 aasta vanused kaardid valiti rannajoone võrdlustasandiks, sest:

- 1966-1972 välja antud NL topograafilised kaardid moodustavad ühtse piisava ruumilahutusega (mõõtkava 1:25000) andmestiku, mis on välja antud võrdlemisi lühikese ajaperioodi jooksul.
- Kaardid on loodu enne suurte uute sadamate (sh Muuga) ehitust.
- 50 aastast vanemate kaartide puhul on keerulisem eristada inimtekkelist ja looduslikku (maakerge, setete liikumine) maismaastumist.
- 50 aastast vanemate kaartide täpsus on madalam.

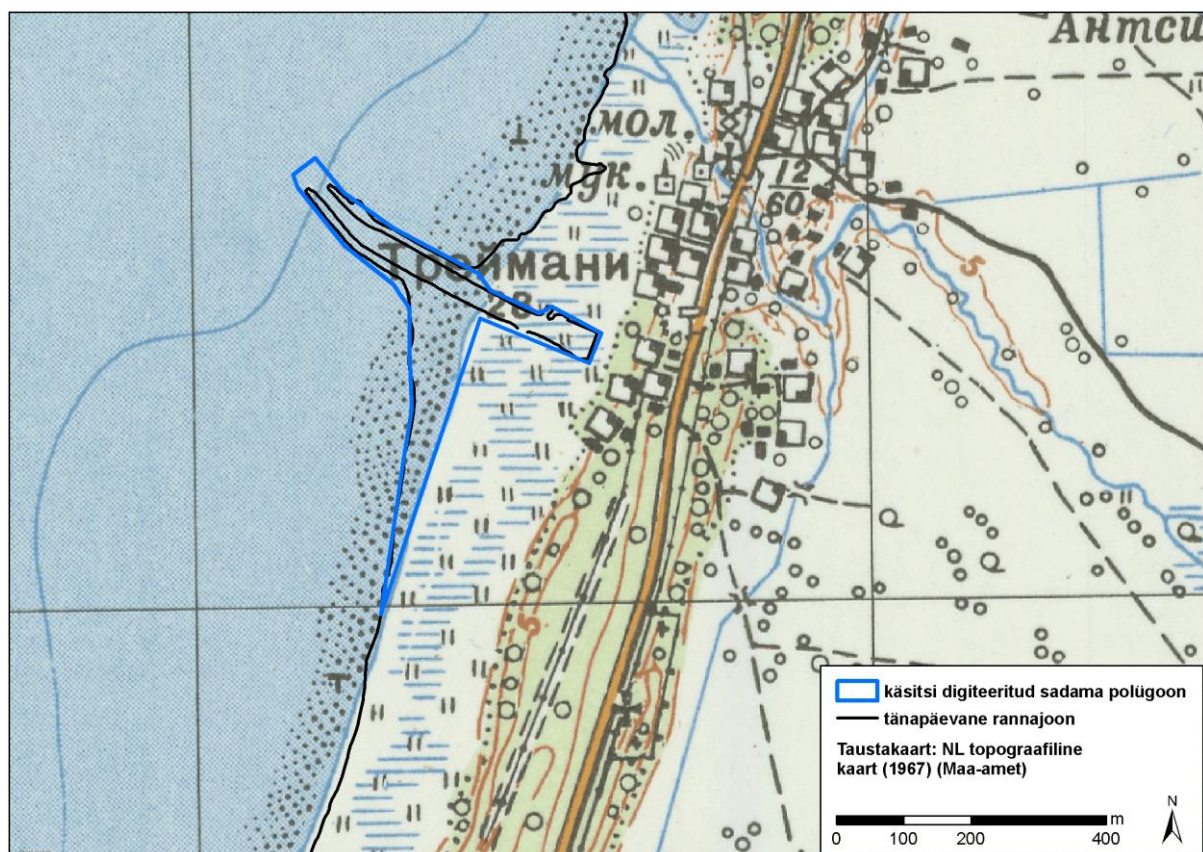
Joonisel 5.3.1.1 on toodud näide Muuga sadama polügooni käsitsi digiteerimisest, kus maismaastamise kajastamisel on kasutatud ajaloolist kaarti.



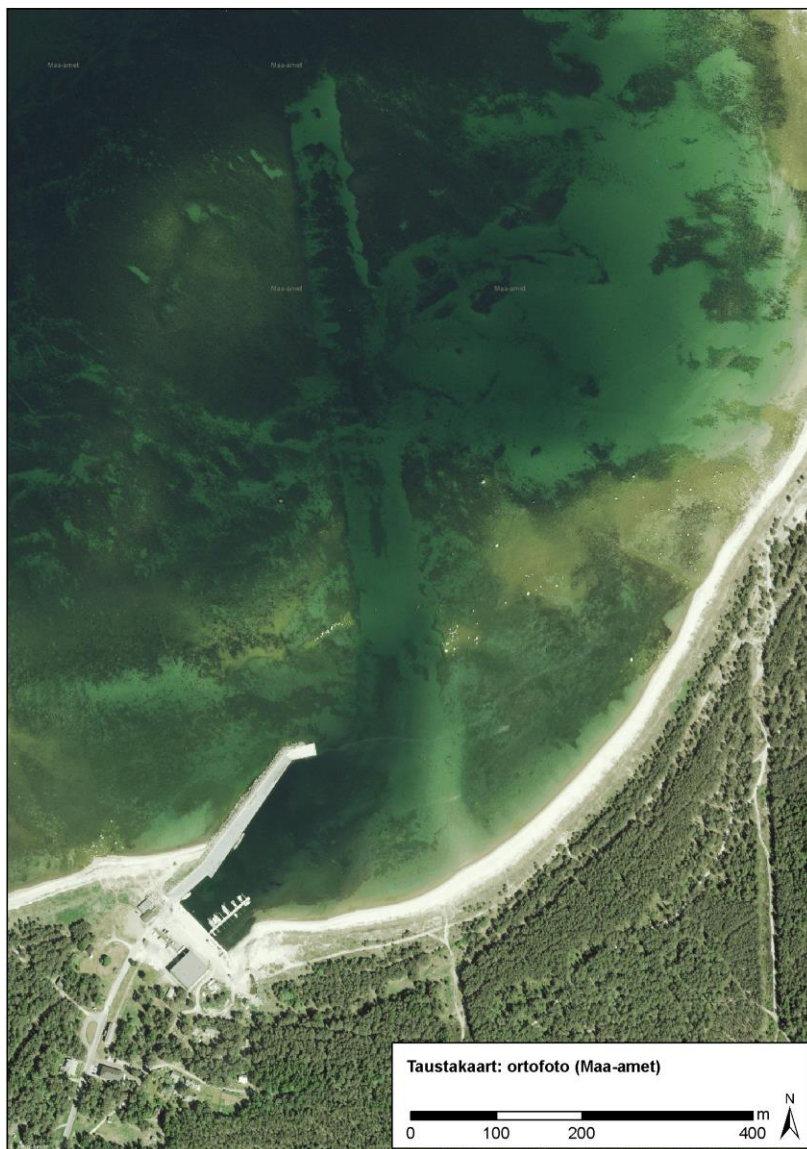
Joonis 5.3.1.1. Näide Muuga sadama polügooni käsitsi digiteerimisest, kus maismaastamise kajastamisel on kasutatud ajaloolist kaarti.

Kui tänapäevaste ortofotode põhjal oli alust arvata, et tahtliku maismaastamise asemel või sellele lisaks on toimunud maismaastumine setete kuhjumise tõttu sadamaehitiste taha, siis arvestati sadamate polügoonide digiteerimisel ka selle nähtusega (joonis 5.3.1.2).

Kui ortofotolt oli näha süvendamise täpset asukohta, siis digiteeriti vastav polügoon ortofoto järgi (joonis 5.3.1.3)



Joonis 5.3.1.2. Näide Treimani sadama polügooni käsitsi digiteerimisest, kus settee kuhjumise tagajärjel toimunud maismaastumise kajastamisel on kasutatud ajaloolist kaarti.



Joonis 5.3.1.3. Näide Dirhami sadamast, kus faarvaatri süvendamise piirid on digiteeritavad ortofoto alusel.

5.3.2. Elupaigad

Rannikuveekogumid jaotati üldisteks elupaikadeks sügavusvööndi (footiline vöönd, afootiline vöönd) ja lainetusele avatuse (avatud, suletud) järgi. Kuna mõlemas jaotuses on kaks klassi, siis nende kombinatsioonidena eristati kokku neli elupaika:

- Footiline avatud;
- Footiline suletud;
- Afootiline avatud;
- Afootiline suletud.

Elupaikadeks jaotamine on vajalik selleks, et anda inimtekkelistele hüdro-morfoloogilistele survetele üldine potentsiaalset ökoloogilist mõju kajastav kaal. Kuna hüdro-morfoloogiline seisund peab VPRD järgi toetama bioloogiliste kvaliteedielementide järgi määratud seisundit, siis on ka VPRD-st lähtuvalt vajalik hinnangus üldist potentsiaalset mõju ökoloogilisele seisundile kajastada. Ökoloogilised kaalud on kasutusel ka teistes põhjalikumates riiklikes meetodites (Saksamaa, Suurbritannia, Iirimaa).

Käesolevas töös omistati elupaikadele kaalud (edaspidi „elupaigakoefitsient“) selliselt, et kõrgema väärtusega ja/või hüdro-morfoloogilise surve suhtes tundlikumatele elupaikadele anti kõrgema väärtusega koefitsient (tabel 5.3.2.1). Elupaigakoefitsiente kasutatakse pindalalise surve indeksi arvutamisel, kus koefitsiendiga korrutatakse läbi vastavasse elupaika langeva inimtegevuse pindala. Nii nagu ka teiste riikide (nt Saksamaa, Suurbritannia, Iirimaa) praktikas, toimus ka antud töös koefitsientide määramine ekspertarvamuse baasil.

Sügavus (footilisus)

Merepõhja jagamine sügavuse järgi footiliseks (merepõhja jõuab piisavalt valgust taimede kasvuks) ja afootiliseks võõndiks (piisava valguse puudumise tõttu taimi ei ole) on põhjendatav järgmiselt:

- Sügavus on kõige olulisem elustiku levikumustreid kujundav muutuja nii varasemate uuringute kui käesolevas töös tehtud analüüside põhjal (vt peatükk 4.1). Tuleb arvestada, et mitte sügavus ise füüsilise parameetrina ei põhjusta otseselt elustiku mustreid vaid, et sügavus väljendab antud kontekstis valguse kättesaadavust.
- Merepõhja jaotamine kaheks võõndiks footilisuse järgi on ökoloogiliselt kõige selgepiirilisem jaotus, mida sügavusele on võimalik seada, sest taimestiku esinemine või puudumine määrab ära bioloogilise mitmekesisuse, koosluse struktuuri ja benthilise primaarproduktiooni.
- Mere sügavus on ajas suhteliselt stabiilne ja võimaldab lihtsat ja kiiret merepõhja klassifitseerimist.

Merepõhja jagamisel sügavuse järgi footiliseks ja afootiliseks võõndiks võeti aluseks VPRD põhjataimestiku maksimaalse sügavusleviku referentsväärtused Eesti rannikuvee tüüpalades. Referentsväärtused (va tüüpala V Väinameri) pärinesid hiljuti läbiviidud tööst „VPRD rannikuvee hindamissüsteemi täiendamine“ (TÜ Eesti Mereinstituut 2017), mille raames töötati välja ettepanek keskkonnaministri 28.07.2009 määruse nr 44 ja määruse lisa 6

põhjataimestiku kvaliteedielemendi informatsiooni muutmiseks. Väinamere tüüpala puhul saadi referentsväärtus TÜ Eesti Mereinstituudi põhjaelustiku andmebaasi andmete ja TÜ Eesti Mereinstituut (2016b) footilise põhja leviku modelleerimise tulemuste abil eksperthinnanguna. Põhjataimestiku maksimaalse sügavusleviku referentsväärtused tüüpalaade kaupa on järgmised:

- Tüüp I Soome lahe kaguosa – 10 m
- Tüüp II Pärnu laht – 6 m
- Tüüp III Soome lahe lääneosa – 15 m
- Tüüp IV Läänesaarte lääneosa – 15 m
- Tüüp V Väinameri – 13 m
- Tüüp VI Liivi laht – 12 m

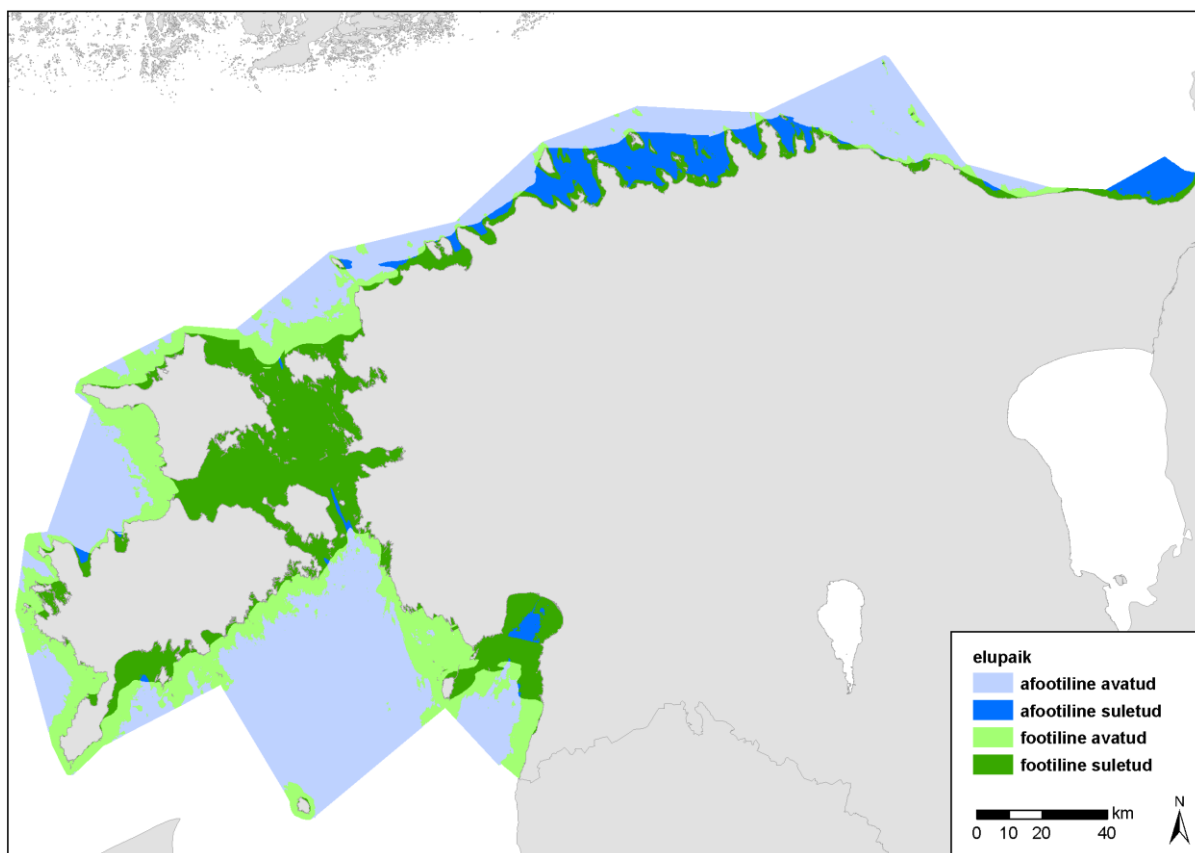
Toodud sügavusi kasutati iga tüüpala kaupa merepõhja jagamiseks footiliseks ja afootiliseks elupaigaks (joonis 5.3.2.1). Kuna footiline vöönd toetab kõrgemat liigirikkus ja bentilist primaarproduktiooni ja kuna footilise vööndi ulatus on tunduvalt väiksem kui afootilise vööndi ulatus, siis omistati footilisele vööndile käesolevas töös kõrge

Avatus lainetusele

Sügavuse kõrval teine ökoloogiliselt relevantne ja praktikas suhteliselt lihtsasti rakendatav abiootiline gradient väga üldiste elupaikade eristamiseks on avatus lainetusele. Käesolevas töös teostatud analüüsid (vt peatükk 4.1) näitasid sügavuse järel olulisuselt järgmiste muutujatena eelkõige põhjasubstraati ja temperatuuri, aga nende kasutamine üldiste elupaikade klassifitseerimisel on ebapraktiline või ebarelevantne järgmistel põhjustel:

- Merevee põhjakihi temperatuur on tugevalt seotud sügavusega.
- Temperatuuri jaoks ei ole head kõrge ruumilahutusega andmekihti, mis võiks olla elupaikade piiritlemisel aluseks.
- Temperatuur on võrdlemisi dünaamiline muutuja, mis ei ole elupaikade klassifitseerimisel kasutust leidnud.
- Merepõhja substraat oleks küll ökoloogiliselt väga relevantne ja see on ka üks peamisi abiootilisi muutujaid, mida kasutavad ka teised klassifikatsioonid (nt EBHAB, EUNIS, HELCOM HUB), aga selle praktilist kasutust limiteerib asjaolu, et kuna suurem osa Eesti merealast on kas väga hõreda punktivõrgustiku abil kaardistatud või kaardistamata, siis ei ole kõrge usaldusväärsusega kogu Eesti mereala katvat andmekihti, mida saaks klassifikatsiooni aluseks võtta.
- Mere sügavuse ja lainetusele avatuse koosmõjul on oluline roll merepõhja pindmise substraadi kujunemisele.

Nii käesolevas töös tehtud analüüsid kui ka varem teostatud teadusuuringud on leidnud, et hetkel elustiku mustreid kõige paremini kirjeldav hüdrodünaamilist aktiivsust kajastav mudel on lihtsustatud lainemudel (*simplified wave model, SWM*; vt peatükk 4.1). Seetõttu võeti see aluseks elupaikade piiritlemisel. Lainetusele avatud ja suletud alade piiritlemisel võeti aluseks loodusdirektiivi elupaigatüüpide seisundi hindamise jaoks väljatöötatud piir SWM-i järgi: $210\,000\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$ (TÜ Eesti Mereinstituut 2016a, Torn et al 2017). See piir eristab üldjoontes väga avatud rannikualasid ja avamerd saarte ja poolsaartega varjatud merealadest (joonis 5.3.2.1). Nimetused „avatud“ ja „suletud“ on tinglikud ja võetud kasutusse, et lihtsustada erinevate vööndite nimetusi.



Joonis 5.3.2.1. Eesti rannikuveekogumite jaotus hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise jaoks elupaikadeks sügavuse (footiline, afootiline) ja lainetusele avatuse (avatud, suletud) järgi.

Tabel 5.3.2.1. Elupaigakoefitsiendid. Kombineeritud koefitsient saadakse lainetusele avatuse ja sügavusvööndi koefitsientide korrutisena.

Avatus lainetusele		Sügavus		Elupaigakoefitsient
Vöönd	Koefitsient	Vöönd	Koefitsient	
avatud	0.5	footiline	2	1
suletud	1	footiline	2	2
avatud	0.5	afootiline	0.5	0.25
suletud	1	afootiline	0.5	0.5

5.3.3. Veekogumid

Käesoleva töö raames loodi uus VPRD veekogumite polügoonide ja rannajoone kiht, mis baseerub Maa-ameti kõige värskemal rannajoonel (ETAK kiht E_204_kaldajoon_j, atribuudi *kalda_veekogu_tyyp* väärtused: Merekallas, Mere ja seisuveekogu vaheline kallas, Mere ja vooluveekogu vaheline kallas). Veekogumite vahelised piirid digiteeriti varasemast veekogumite kihist. Võrreldes varasema rannajoone kihiga, mis oli seni kasutusel ka VPRD veekogumite polügoonis, on uue rannajoone puhul merealast välja jäetud tammitatud Harju ja Undu lähed Saaremaa lääneosas. Kuna varem olid need lähed veekogumi 12 Liivi lahe rannikuvesi osaks, siis lisati need lähed ka uute veekogumite kihtide hulka kasutades selleks eelmise rannajoone ruumikuju lõikuseid.

Maismaastamise arvestamiseks pindalalise surve indeksi arvutamisel loodi veekogumite kihist eraldi versioon, mille puhul merealaga liideti tänapäeva rannajoone tähenduses maismaal asuvad sadamate polügoonide osad.

Rannajoone surve indeksi arvutamiseks loodi veekogumite rannajoone joonobjektidega kiht.

5.4. Hüdromorfoloogilise surve indeksi ja koondhinnang

Hüdromorfoloogilise seisundi indekse abil mõõdetakse inimtegevuse poolt hüdromorfoloogiliselt muudetud merepõhja pindala (pindalalise surve indeks) ja rannajoone (rannajoone surve indeks) pikkuse osakaal kogu hinnatava veekogumi pindalast ja rannajoone pikkusest. Mõlema indeksi üldine kontseptsioon on sama, mida rakendavad ka teiste riikide meetodid (vt peatükk 3) ja mille pakub välja ka standardi NE 17123:2017 eelnõu (vt peatükk 2.3.2).

5.4.1. Pindalalise surve indeks

Pindalalise surve indeks mõõdab inimtegevuste ja inimese loodud objektide tõttu otseselt hüdromorfoloogiliselt muudetud merepõhja pindala osakaalu kogu veekogumi merepõhja pindalast. Inimtegevuse poolt muudetud alade ulatused kaalutakse läbi potentsiaalse ökoloogilise mõju koefitsientidega olenevalt selles, millisesse üldisesse elupaika inimtegevus jääb (vt peatükk 5.3.2). Indeksi miinimumväärtus on 0%, mis tähendab, et hüdromorfoloogilisi omadusi muutvad inimtegevused puuduvad – 0% on indeksi looduslik võrdlusväärtus. Kui pindalalise surve indeksi juures sadamate polügoonide digiteerimisel on alust arvata, et

teostatud on maismaastamist, siis kasutatakse võrdlustasandina ligikaudu 50 aastat tagasi loodud kaartide rannajoont (vt täpsemat infot ja digiteerimise näidist peatükis 5.3.1).

Kuna inimtegevuste pindalad kaalutakse läbi elupaigakoefitsiendiga, siis rangelt võttes ei saa indeksi väärtust võrdsustada inimtegevuse läbi hüdro-morfoloogiliselt muudetud mereala pindalaga, sest matemaatiliselt võib indeksi väärtus tulla üle 100%. Sarnaselt arvutatav indeks TRaC-MImAS metoodikas (vt peatükk 3.5) on seetõttu nimetatud „kasutatud potentsiaaliks“ (*capacity used*), mis on siiski väljendatud protsentides. Pindalalise surve indeksit tuleb seetõttu käsitleda sarnaselt TRaC-MImAS indikaatorile.

Pindalalise surve indeksi arvutamise sisendandmed on:

- Inimtegevuste objektide ja mõjupuhvrite polügoonid (vt tabel 5.3.1.1);
- Elupaikade polügoonid (vt joonis 5.3.2.1);
- Veekogumite polügoonid (vt peatükk 5.3.3).

Veekogumi pindalalise surve indeksi väärtus arvutatakse järgmiselt:

pindalalise surve indeks (%) =

$$\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Inimtegevuse } S_i \times \text{PuhvriKoef}_i \times \text{ElupaigaKoef}_i)}{\text{VeekogumiS}} \times 100 \text{ ,}$$

kus:

Inimtegevuse S_i on ühe konkreetse inimtegevuse pindala, mis paikneb ühe konkreetse elupaiga sees;

PuhvriKoef $_i$ on ühe konkreetse inimtegevuse puhvri koefitsient: kui tegemist on inimtegevuse objekti ruumikujuga, siis on koefitsiendi väärtus 1, kui on tegemist mõjupuhvriga, siis on väärtus 0,5;

ElupaigaKoef $_i$ on elupaigakoefitsient, mille piires konkreetne inimtegevus $_i$ toimub (tabel 5.3.2.1);

VeekogumiS on hinnatava veekogumi pindala;

$\sum_{i=1}^n$ tähistab kõigi veekogumis paiknevate inimtegevuste (n tükki) puhvrikoefitsiendiga ja elupaigakoefitsiendiga läbikorrutatud pindalade summat.

Puhvri koefitsient (0,5) on selleks, et vähendada inimtegevuse mõjuala kaalu võrreldes inimtegevuse otsese ruumikujuga.

5.4.2. Rannajoone surve indeks

Rannajoone surve indeks mõõdab inimtegevuse poolt muudetud rannajoone osakaalu protsentides veekogumi kogu rannajoone pikkusest. Indeksi väärtus varieerub teoreetiliselt 0 ja 100% vahel, kus 0% tähendab, et inimtekkelisi rannajoone muutuseid ei ole – 0% on indeksi looduslik võrdlusväärtus. Indeksid väärtus 100% tähendab, et kogu rannajoon on tehisk. Erinevalt pindalalise surve indeksist ei rakendata rannajoone surve indeksi puhul muudetud alade kaalumist elupaigakoefitsientidega, sest elupaigakoefitsiendid on loodud ainult merepõhja elupaikade kajastamiseks.

Rannajoone surve indeksi arvutamise sisendandmed on:

- Rannajoonega kokkupuutuvate inimtegevuste ruumikujud koos rannajoonepuhvriga (vt tabel 5.3.1.1 inimtegevused, mille juures on toodud rannajoonepuhver);
- Veekogumite rannajooned (vt peatükk 5.3.3).

Rannajoone surve indeksi väärtus arvutatakse järgmiselt:

$$\text{rannajoone surve indeks (\%)} = \frac{\text{muudetud rannajoone pikkus}}{\text{veekogumi rannajoone pikkus}} \times 100 ,$$

kus:

muudetud rannajoone pikkus on inimtegevustega kaetud rannajoone pikkus hinnatavas veekogumis, mis leitakse tabelis 5.3.1.1 toodud rannajoonepuhvriga inimtegevuste kattumisest veekogumi rannajoonega;
veekogumi rannajoone pikkus on hinnatava veekogumi rannajoone pikkus.

5.4.3. Koondhinnang ja seisundi klassid

Veekogumile omistatakse seisundi klass selle surveindeksi järgi, mis näitab suuremat survet (kõrgem indeksi väärtus). Mõlema indeksi looduslikud võrdlustingimused on indeksi väärtus null ehk inimtekkelised hüdro-morfoloogilised muutused puuduvad.

VPRD tähenduses on praktilises veekogu ökoloogilise seisundi hindamise skeemis oluline ainult kõrgeima hüdro-morfoloogilise seisundi klassi piiritlemine, sest ainult seda piiri võetakse

veekogumile ökoloogilise seisundiklassi omistamisel arvesse ja ka seda ainult juhul, kui bioloogiliste elementide järgi on veekogu parimas seisundis (joonis 2.1.1).

Praegusel hetkel ei ole publitseeritud praktikaid, mis empiirilistel andmetel (eksperimentid või loodusest kogutud proovid) põhinevate matemaatiliste analüüside abil võimaldaksid seada ökoloogiliselt relevantseid piire hüdro-morfoloogiliste indikaatorite seisundiklassidele VPRD raamistikus. Kvantitatiivsete piiride seadmise reeglid või soovitusel puuduvad ka VPRD-s ja sellega seotud juhenddokumentides. Teiste riikide metoodikates on klassipiirid seatud ekspertarvamuse põhjal või ei ole üldse kirjeldatud klassipiiride seadmist. Seetõttu oli käesolevas metoodikas klassipiiride seadmine võimalik ainult tuginedes teiste riikide juba seatud piiridele, et tagada piiride sarnasus, standardi prEN 17123:2017 eelnõule ja ekspertarvamusele.

Kõrgeima hüdro-morfoloogilise seisundi klassi („väga hea“) puhul seati indeksi väärtuste vahemikuks 0–5%, sest 5% on enamlevinud piir ka teiste riikide metoodikates ja seda soovitakse suurema osa näitajate osas ka standardi prEN 17123:2017 eelnõu:

- Soome rannajoone muutuste kõrgeim klass: muudetud < 5% rannajoonest (vt peatükk 3.1).
- Rootsi kõrgeim klass: muutused < 5% (vt peatükk 3.2).
- TRaC-MImAS (Suurbritannia, Iirimaa) kõrgeim klass: kasutatud potentsiaal 5% (vt peatükk 3.5)
- prEN 17123:2017 standardi eelnõus rannikuvete rannajoone katmine inimtekkeliste struktuuridega, maismaastamise ulatus, muudetud laineteekonnaga rannajoone osakaal: 0–5% (peaaegu looduslik; *near-natural*).

Ka ülejäänud seisundiklasside puhul võeti kasutusele enamlevinud klassipiirid (tabel 5.4.3.1). Kõigil veekogumitel on samad klassipiirid. Kui hinnang on vaja anda vastavalt keskkonnaministri 28.07.2009 määrusele nr 44, siis §35 lõike 2 kohasel eksperthinnangul lähtuda tabelis 5.4.3.2 toodud klassipiiridest.

Tabel 5.4.3.1. Pindalalise surve ja rannajoone surve indeksi väärtuste vahemike klassipiiride ettepanek ja võrdlus teiste riikide ja meetodikate klassipiiridega. Saksamaa meetodi vahemikke pole toodud, kuna indeksi väärtuste vahemikud ei ole teiste süsteemidega otseselt võrreldavad.

Riik/meetod	Seisundiklass				
	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
Eesti ettepanek	0 ... 5	>5 ... 15	>15 ... 35	>35 ... 50	>50
Soome rannajoon	0 ... <5	5 ... <10	10 ... 20	20 ... 50	>50
Soome muudetud mereala	0	<1	1 ... 2	2 ... 5	>5
Rootsi	0 ... <5	5 ... 15	15 ... 35	35 ... 50	>75
Poola	0 ... 10	10 ... 20	20 ... 30	>30	
TRaC-MImAS	0 ... <5	5 ... 15	15 ... 30	30 ... 45	>45
prEN 17123:2017 rannajoone katmine	0 ... 5	>5 ... 15	>15 ... 35	>35 ... 75	>75
prEN 17123:2017 maismaastamine	0 ... 5	>5 ... 15	>15 ... 35	>35 ... 50	>50
prEN 17123:2017 substraat	0 ... 1	>1 ... 5	>5 ... 15	>15 ... 30	>30
prEN 17123:2017 lainetus	0 ... 5	<5 ... 15	>15 ... 35	>35 ... 75	>75

Tabel 5.4.3.2. Hüdro-morfoloogilise seisundi klassipiirid vastavalt väljatöötatud meetodika-ettepanekule ja soovitus keskkonnaministri 28.07.2009 määruse nr 44 §35 lõike 2 kohase eksperthinnangu andmisel.

Pindalalise surve ja rannajoone surve indeksi väärtuste vahemik	Seisundiklassi ettepanek	Määruse nr 44 seisundiklassi vaste
0 ... 5	Väga hea	Väga hea
>5 ... 15	Hea	Hea
>15 ... 35	Kesine	Kesine
>35 ... 50	Halb	Kesine
>50	Väga halb	Kesine

5.4.4. Hüdro-morfoloogilise surve indeksite seos VPRD hüdro-morfoloogiliste elementidega ja merestrateegia raamdirektiivi keskkonnaseisundi indikaatoritega

Vastavalt VPRD V lisa punktile 1.1.4 on rannikuvete puhul bioloogilisi elemente toetavateks hüdro-morfoloogilisteks elementideks:

- Morfoloogilised tingimused
 - veesügavuse vaheldumine
 - veepõhja struktuur ja aluspõhi
 - eulitoraali struktuur

- Loodete režiim
 - peamiste hoovuste suund
 - avatus lainetusele

Käesoleva töö hankes sooviti järgmiste kvaliteedinäitajate väljatöötamist:

- Kvaliteedielement „Loodete režiim“
 - Kvaliteedinäitaja „Magevee sissevoolu looduslikkus“
 - Kvaliteedinäitaja „Hoovuste looduslikkus“
- Kvaliteedielement „Morfoloogilised tingimused“
 - Kvaliteedinäitaja „Vee sügavuse vaheldumine ja selle looduslikkus“
 - Kvaliteedinäitaja „Põhja looduslikkus erinevates ökoloogilistes vööndites“

Kvaliteedielement „Loodete režiim“ ei ole asjakohane, sest loodeid Läänemeres ei esine. Selle elemendi all olev kvaliteedinäitaja „Magevee sissevoolu looduslikkus“ ei ole kuulu VPRD V lisa punktis 1.1.4 rannikuvete puhul bioloogilisi elemente toetavate hüdro-morfoloogiliste elementide hulka. Magevee sissevoolu ei ole rannikuvete hüdro-morfoloogiliste kvaliteedinäitajate hulgas loendatud ka keskkonnaministri 28.07.2009 määruses nr 44. Magevee sissevoolu indikaatorit ei ole ka teiste Läänemere riikide rannikuvete indikaatorite hulgas. Vastavalt tellijaga peetud arutelule (eposti teel vahemikus 20.04–02.05.2018, Irja Truuma, Eda Andresmaa) otsustati:

- Loodete režiimi kvaliteedielemendina ei käsitleta kuna looded puuduvad.
- Magevee sissevool ei ole rannikuvete puhul VPRD kontekstis relevantne ja indikaatorit ei arendata. Ainus suurem inimtekkeline mõju magevee sissevoolu aastasele bilansile on seotud Narva veehoidla vee pinnalt aurumisega kaasnev vee hulga vähenemine (Maaülikooli hüdroloogia Toomas Tamme kommentaarid). Samas ei avalda see teatav magevee hulga vähenemine negatiivset mõju Narva lahe merekeskkonnale, sest piirkonnas ei ole selliseid spetsiifilisi kooslusi või elupaiksid, mis vajaksid just ligikaudu 0 ja 4 PSU vahelist soolsust ja millele samal ajal sobiks Narva jõe suudmepiirkonna lainetusele avatud ja hüdrodünaamiliselt aktiivne keskkond.
- Kuna loodete režiimi ei käsitleta, siis vee liikumisega seotud kvaliteedinäitaja „Hoovuste looduslikkus“ viia kvaliteedielemendi „Morfoloogilised tingimused“ alla.

Lähtuvalt ülaltoodu argumentatsioonist jäid kvaliteedinäitajate tähenduses arendusse:

- „Hoovuste looduslikkus“
- „Vee sügavuse vaheldumine ja selle looduslikkus“
- „Põhja looduslikkus erinevates ökoloogilistes vööndites“

Kuna toodud elementide otsene hindamine looduses on ebapraktiline, siis on käesolevas metoodika ettepanekus kvantifitseeritud selliseid inimtegevusi, mis hüdro-morfoloogilisi omadusi looduses otseselt mõjutavad. Sellise praktilise suuna on võtnud ka teised peatükis 3 käsitletud metoodikad ning inimtekkeliste hüdro-morfoloogiliste muutuste otsest hindamist soovitab ka Euroopa standardi prEN 17123:2017 eelnõu. Kuna olulised meres toimuvad inimtegevused võivad mõjutada korraga mitut või kõiki toodud näitajaid, siis arvestades hüdro-morfoloogilise seisundi hinnangu metoodika praktilist rakendatavust koondati kõik inimtegevused, mille ulatus on pindalas hinnatav, ühe indeksi alla (pindalalise surve indeks). Täiendavalt loodi rannajoone surve indeks, mida hanke dokumentatsioon küll ei nõudnud, aga mis on levinud teiste riikide praktikates ja välja toodud ka hüdro-morfoloogiliste muutuste hindamise Euroopa standardi prEN 17123:2017 eelnõus. Et järgida siiski hankes nõutud kvaliteedinäitajate kaupa hindamist, on tabelis 5.4.4.1 toodud välja, milliseid inimtegevusi ja mõjupuhvreid kvaliteedinäitajate kaupa hinnangus kasutada. Kvaliteedinäitajate kaupa hinnangu andmisel on arvutamise reeglid ja seisundiklassipiirid samad nagu kirjeldatud pindalalise surve indeksi ja rannajoone surve indeksi juures. Siiski on soovitatav mitte kasutada kvaliteedielementide põhist lähenemist vaid rakendada pindalalise surve indeksit, sest inimtegevused mõjutavad korraga mitut kvaliteedielementi ja kattuvus on seetõttu väga suur. Tabelis 5.4.4.1 on näidatud ka milliste inimtegevuste ruumikujudega tuleks arvestada EL merestrateegia raamdirektiivi (MSRD) hea keskkonnaseisundi tunnuste 6 ja 7 kriteeriumite hindamisel.

Tabel 5.4.4.1. Seosed inimtegevuste, hüdro-morfoloogiliste kvaliteedinäitajate ja MSRD kriteeriumite vahel. Tähekoodid näitavad inimtegevuste ruumikujude kasutamist vastavate kvaliteedinäitajad väärtuste arvutamise juures: O – inimtegevuse objekti ruumikuju, P – puhvri ruumikuju, RP – rannajoonepuhver (vt täpsemalt peatükk 5.3.1).

Inimtegevus	Hankes nõutud kvaliteedinäitajad			Täiendavalt loodud kvaliteedinäitaja	MSRD kriteeriumid*
	Hoovuste looduslikkus	Vee sügavuse vaheldumine	Põhja looduslikkus	Rannajoone looduslikkus	
Sadamad	O+P	O+P	O+P	RP	D6C1, D6C2, D7C1
Süvendamine	O+P	O+P	O+P	-	D6C1, D6C2
Kaadamine	-	O	O+P	-	D6C1, D6C2
Maavarade kaevandamine	O+P	O+P	O+P	-	D6C1, D6C2
Kaablid	-	-	O+P	-	D6C1, D6C2
Torud	-	-	O+P	-	D6C1, D6C2
Maanteetammid	O+P	-	O+P	RP	D6C1, D6C2
Tammitatud mereala	O	-	-	-	D6C2, D7C1
Kaldakindlustused	-	-	O+P	RP	D6C1, D6C2
Muud klassifitseerimata ehitised	O+P	O+P	O+P	RP	D6C1, D6C2

* kriteeriumite koodid vastavalt aruandele „Läviväärtuste väljatöötamine Eesti mereala seisundi hindamiseks“ (TÜ Eesti Mereinstituut 2018).

5.5. Probleemid ja arendusettepanekud

Ettepanekud tulevikuks seoses hüdro-morfoloogiliste muutuste andmetega.

- Riikliku hüdro-morfoloogiliste muutuste GIS-andmekogu loomine nagu on TraC-MImAS meetodikaga kaasnev andmekogu Iirimaal ja Suurbritannias. Käesolevas töös koondatud andmed oleks selle andmekogu aluseks.
- Vee erikasutuslubade andmeaudit, andmestruktuuri ühtlustamine ja standardiseeritud geoinfo lisamine (vt täpsemal probleemide kirjelduse juures), et vee erikasutuslubades sisalduv väga oluline meres teostatavate tööde info oleks praktikas kasutatav ilma ebamõistlikult suure käsitööta.
- Hüdro-morfoloogilise seisundi hindamise tarkvaralise tööriista loomine (nt programmeeritud ArcGIS tööriistakast (*toolbox*)), mis võimaldaks hinnangu teostamise automatiseerimist. Hinnangu läbiviimisega seonduvalt on vaja teostada väga suur hulk erinevaid ruumiandmete töötusi ja analüüse (puhvrite loomine ja lõikamine, objektide kokkusulustamine atribuudiväärtuste järgi, erinevad ülekatteanalüüsid jmt) ning

automatiseerimise töövahend võimaldaks seda tööprotsessi oluliselt lihtsustada ja kiirendada.

Ettepanek keskkonnaministri 28.07.2009 määruse nr 44 muutmiseks.

- Määrusesse sisse viia info, et hüdro-morfoloogilise seisundi hindamisel kasutatakse hüdro-morfoloogilise surve indikaatoreid: pindalalise surve indeks ja rannajoone surve indeks.
- Määruse lisasse 6 lisada rannikuvee pinnaveekogumite seisundiklasside piirid vastavalt tabelile 5.4.3.2.

Keskkonnaministri 06.04.2011 määrusele nr 25 muutmisettepanekuid ei ole, kuna määruses toodud hüdro-morfoloogiliste kvaliteedinäitajate seire sagedust „1 kord veemajanduskavaga hõlmatud ajavahemiku kestel või harvemini“ võib pidada piisavaks. Hinnangut võib teostada harvemini kui 1 kord veemajanduskava kestel, aga sel juhul peab olema sellele põhjendatud alus. Käesoleva metoodika raames on soovitatav teostada hinnang igal perioodil.

Andmetega seotud probleemid:

- Süvendamise info on punktipõhine aga merepõhja morfoloogiliste muutuste ruumilise ulatuse hindamiseks on vaja teada tegelikku süvendamise polügooni. Fikseeritud raadiuse kasutamisel ümber punkti võib ka pindala olla tugevalt ülehinnatud väikesadamate ja väikeste paadi vettelaskmise kohtade juures ja alahinnatud suurte sadamate puhul. Tulevikus on vajalik tegelike täpselt georefereeritud süvendamise alade polügonide kasutamine. Antud töös lahendati see probleem käsitsi digiteerimisega Maa-ameti ortofotode ja Veeteede Ameti sügavusandmetel põhineva varjutatud reljeefi kihi abil.
- Merepõhja substraadi (liiv, kruus, meremuda) kaevandamine ilmselt ei leia aset kogu maardla polügooni ulatuses ja seetõttu võib merepõhja morfoloogilise muutuse ulatus olla ülehinnatud. Tulevikus on vajalik tegelike täpselt georefereeritud kaevandatud alade polügonide kasutamine.
- Puudub georefereeritud (polügoonid) info liiva juurdeveo ja sellega kaasneva merepõhja morfoloogilise muutuse kohta supelrandades.
- Puudub georefereeritud (polügoonid) info kaitseväe harjutustega seotud merepõhja morfoloogiliste muutuste kohta. Olemasolevad harjutusalade polügoonid on suured ja neid tervikuna ei saa seetõttu käsitleda kui alasid, kus on terves ulatuses toimunud morfoloogilised muutused. Vastavate andmete puudumise tõttu ei ole kaitseväe harjutusaladega seotud potentsiaalseid hüdro-morfoloogilisi muutusi arvesse võetud.

- Muda ja liiva kaevandatakse nende akumulatsioonialadelt ja ilmselt hüdro-morfoloogilised tingimused (reljeef, substraaditüüp) taastuvad teatud aja jooksul, aga puudub hinnang selle kohta kui kaua taastumine aega võtab ja kas konkreetsetel aladel on taastumine juba toimunud või mitte.
- Vee erikasutuslubade puhul ei ole teada, kas ja millal (nt vee erikasutusloa kehtivus 10 aastat) tegevus ka reaalselt läbi viidi. Loa omanikel on küll kohustus tegevustest raporteerida, aga need raportid võivad jääda tulemata ja kui ka tulevad, siis ei seostata neid tagantjärele vee erikasutuslubadega.
- Vee erikasutuslubadel on puudulik või ebaühtlane ja raskesti kasutatav ruumiinfo, mis on sisestatud tekstiväljal ja võib olla kirjas
 - lahe nimena (nt „Tallinna laht“),
 - sadama nimena (nt „Viinistu külas asuv vana sadamakoht“),
 - küla täpsusega (nt „Varbla vald, Rannaküla, Pärnumaa“),
 - katastriüksuse nimena,
 - katastriüksuse numbrina,
 - postiaadressina,
 - tänavate vahemikuna (nt „Tšaikovski puiestee ning Promenaadi kalda-kindlustuse ühendamine“),
 - mäeeraldis nimena (nt „Hiiumadala mäeeraldis“),
 - ühe või mitme geograafilise koordinaadina erinevates koordinaatide formaatides, näiteks:
 - „57 46, 28; N, 23 18, 28; E“
 - „580 30´0 N ja 230 28´5 E“
 - „59? 5,6´ N; 23? 1,0´ E“
 - „59° 03,80 N; 22° 45,20 E“, „58°55? 12? 22°01? 01?“
 - „58o 53,2909´N; 23o 20,2599´E“
 - „58o41`28,31`` 22o31`17,96``“
 - „Y=425424.8272 X=6548426.9260“
 - „6454325,87506942,98 6454317,95506920,64“

Väga ebaühtlane ja puudulik ruumiinfo ei võimalda ilma väga suure käsitööta andmeid ruumianalüüsiks kaardile kanda ja isegi kui käsitööna on võimalik ruumiinfo kätte saada ei pruugi selle täpsus (nt küla täpsus, postiaadressi täpsus) olla piisav ruumianalüüside läbiviimiseks.

- Vee erikasutuslubade puhul ei ole alati teada, kuhu toimus kaadamine, sest kirjas näiteks:

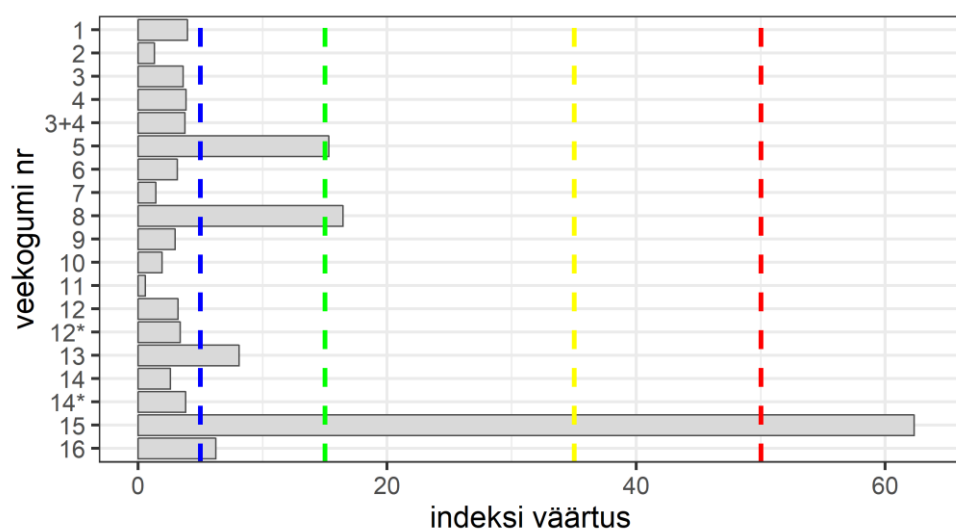
- „Süvendamisel saadav pinnas kasutatakse maksimaalselt ära sadama ala täitetöödel, ülejäänud kaadatakse selleks ettenähtud kohta.“
- „Ammutatav pinnas kaadatakse merre olemasolevasse kaadamiskohta.“
- „Süvendatud pinnas kaadatakse merre.“
- „Süvendatud pinnas kaadatakse Pakri uuele kaadamisalale.“
- „Ammutatav pinnas (põhiliselt muda) kaadatakse ühekopalise süvendus-ekskavaatori kasutamisel merre olemasolevale kaadamisalale, mille keskpunkti koordinaat on 58°30,0' N ja 23°28,5' E ning läbimõõt 0,5 meremiili. Kui kasutatakse ujuvsüvendajat Watermaster, siis süvendamisest saadav pinnas pumbatakse sadama parkla kõrval olevale madalale merealale.“
- Vee erikasutuslubade puhul esineb valesid koordinaate, näiteks kaadamiskoha polügoon, mis koordinaatide järgi asub rannajoone lähedal madalas vees ja ulatub maismale (Lehtma sadama sissesõidu süvendamise kaadamisala 2009. aastal).

6. EESTI RANNIKUVEEKOGUMITE HÜDROMORFOLOOGILISE SEISUNDI HINNANG

Rannikuveekogumite hüdro-morfoloogilise seisundi hinnangud on teostatud vastavalt eelpoolkirjeldatud metoodikale ja seisunikklasside ettepanekule. Tabelis 6.1 on toodud iga veekogumi kohta pindalalise surve indeksi ja rannajoone surve indeksi väärtused ning seisundi klass vastavalt halvemat seisundit näitavale indeksile. Kõikide veekogumite hüdro-morfoloogilise seisundi hinnang on kõrge usaldusväärsusega, sest hinnangud põhinevad dokumenteeritud andmete (inimtekkelised rannajoone muutused, vesiehitused, süvendamised, kaadamised jmt) kvantitatiivsel hindamisel. Joonisel 6.1 on toodud koondhinnang graafiliselt koos kõikide seisundiklasside piiridega. Hüdro-morfoloogiliste survete kaardid veekogumite kaupa on toodud joonistel 6.2 kuni 6.17.

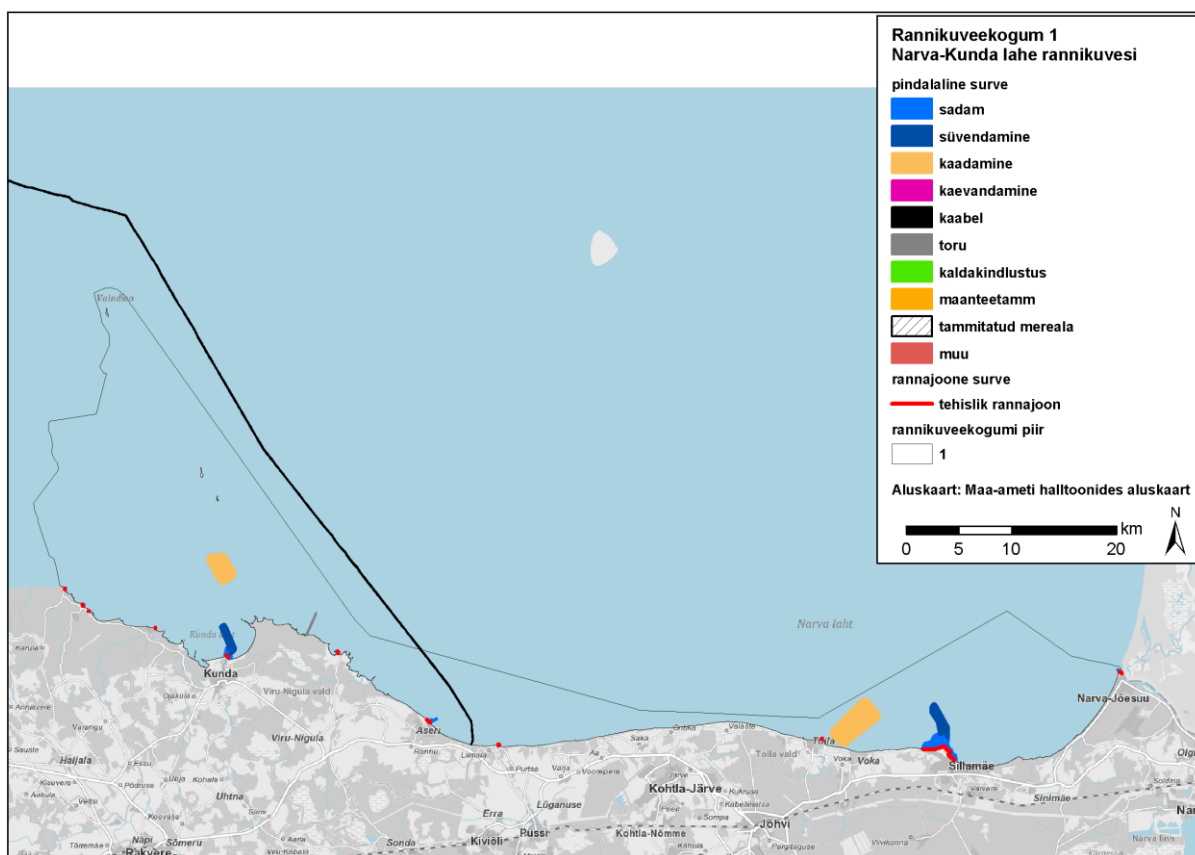
Tabel 6.1. Eesti rannikuveekogumite hüdro-morfoloogilise surve indeksite väärtused ja koondhinnang vastavalt kõrgemat survet näitavale indeksile.

Vee-kogumi nr	Veekogumi nimi	Pindalalise surve indeks	Rannajoone surve indeks	Hüdro-morfoloogiline seisund
1	Narva-Kunda lahe rannikuvesi	1,92	3,96	Väga hea
2	Eru-Käsmu lahe rannikuvesi	0,04	1,32	Väga hea
3	Hara lahe rannikuvesi	0,87	3,60	Väga hea
4	Kolga lahe rannikuvesi	0,05	3,86	Väga hea
3+4	Liidetud veekogumid nr 3 ja 4	0,21	3,76	Väga hea
5	Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	4,48	15,31	Kesine
6	Pakri lahe rannikuvesi	0,98	3,16	Väga hea
7	Hiiu madala rannikuvesi	0,87	1,42	Väga hea
8	Haapsalu lahe rannikuvesi	16,45	3,33	Kesine
9	Matsalu lahe rannikuvesi	0,41	2,97	Väga hea
10	Soela väina rannikuvesi	0,27	1,92	Väga hea
11	Kihelkonna lahe rannikuvesi	0,08	0,58	Väga hea
12	Liivi lahe rannikuvesi	0,67	3,22	Väga hea
12*	Liivi lahe rannikuvesi, liidetud veekogumi nr 15 tammist lõunapoolne ala	1,07	3,39	Väga hea
13	Pärnu lahe rannikuvesi	8,10	4,48	Hea
14	Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi	1,40	2,58	Väga hea
14*	Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi, liidetud veekogumi nr 15 tammist põhjapoolne ala	3,82	3,38	Väga hea
15	Väikese väina rannikuvesi	62,34	8,03	Väga halb
16	Väinamere rannikuvesi	6,25	2,80	Hea



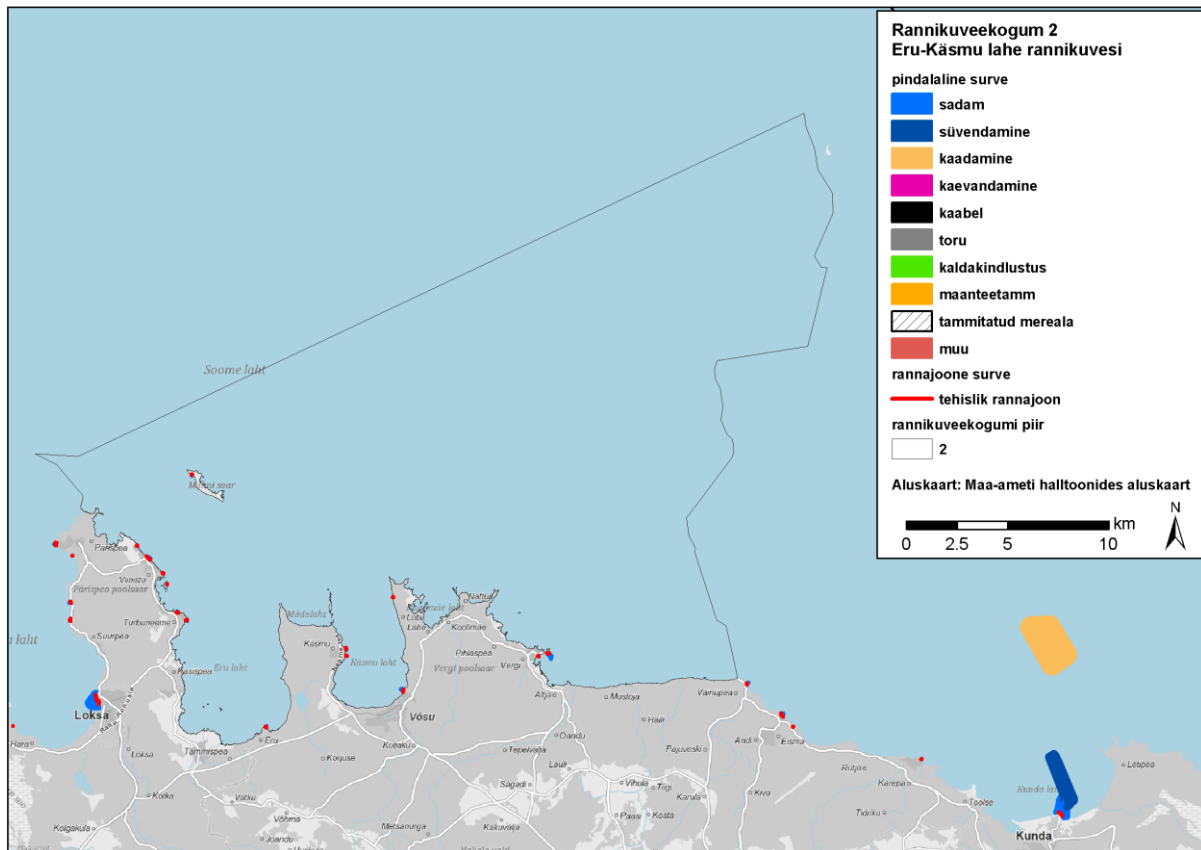
Joonis 6.1. Veekogumite seisundiklasside määramisel kasutatud kõrgemat survet näitavate indeksite väärtused. Verikaaljoonega on tähistatud seisundiklasside piirid: sinine – väga hea/hea, roheline – hea/kesine, kollane – kesine/halb, punane – halb/väga halb. Veekogumite numbritele vastavad nimed on tabelis 6.1.

Rannikuveekogum 1 – Narva-Kunda lahe rannikuvesi



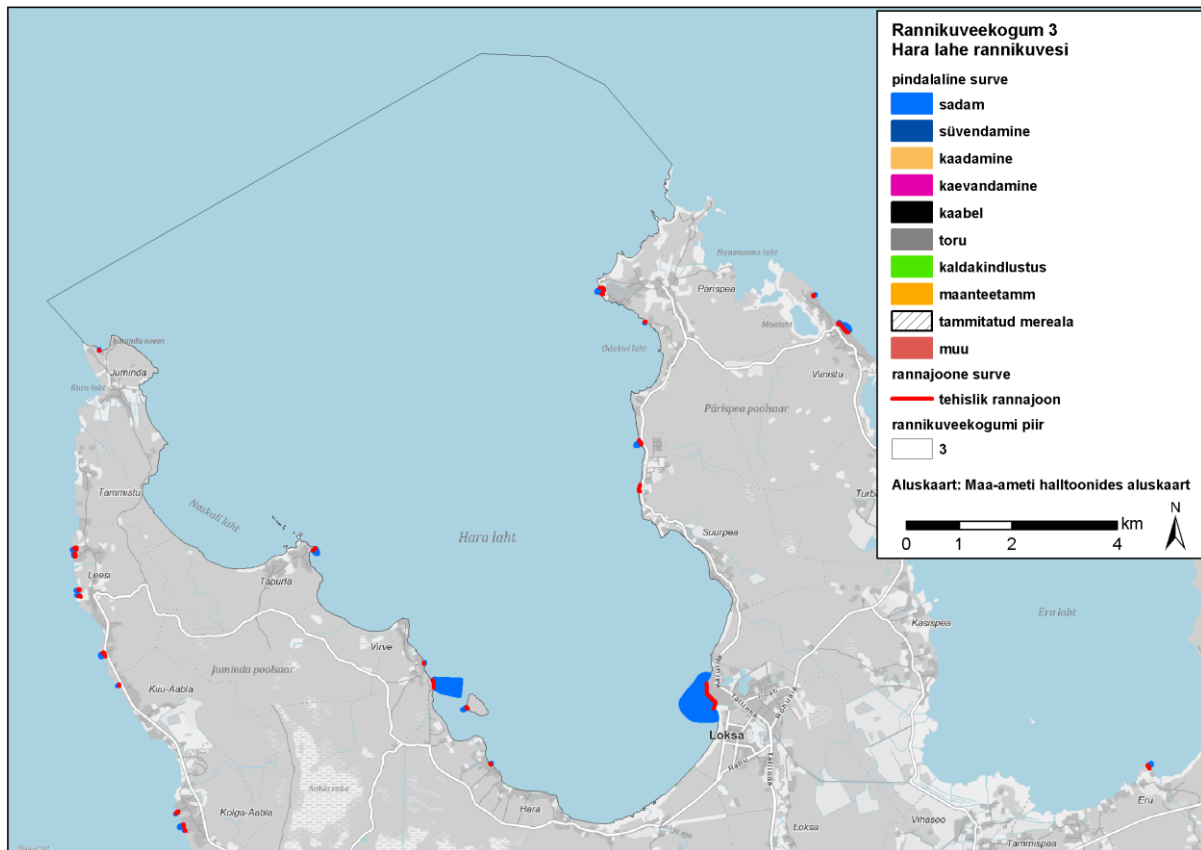
Joonis 6.2. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 1. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 2 – Eru-Käsmu lahe rannikuvesi



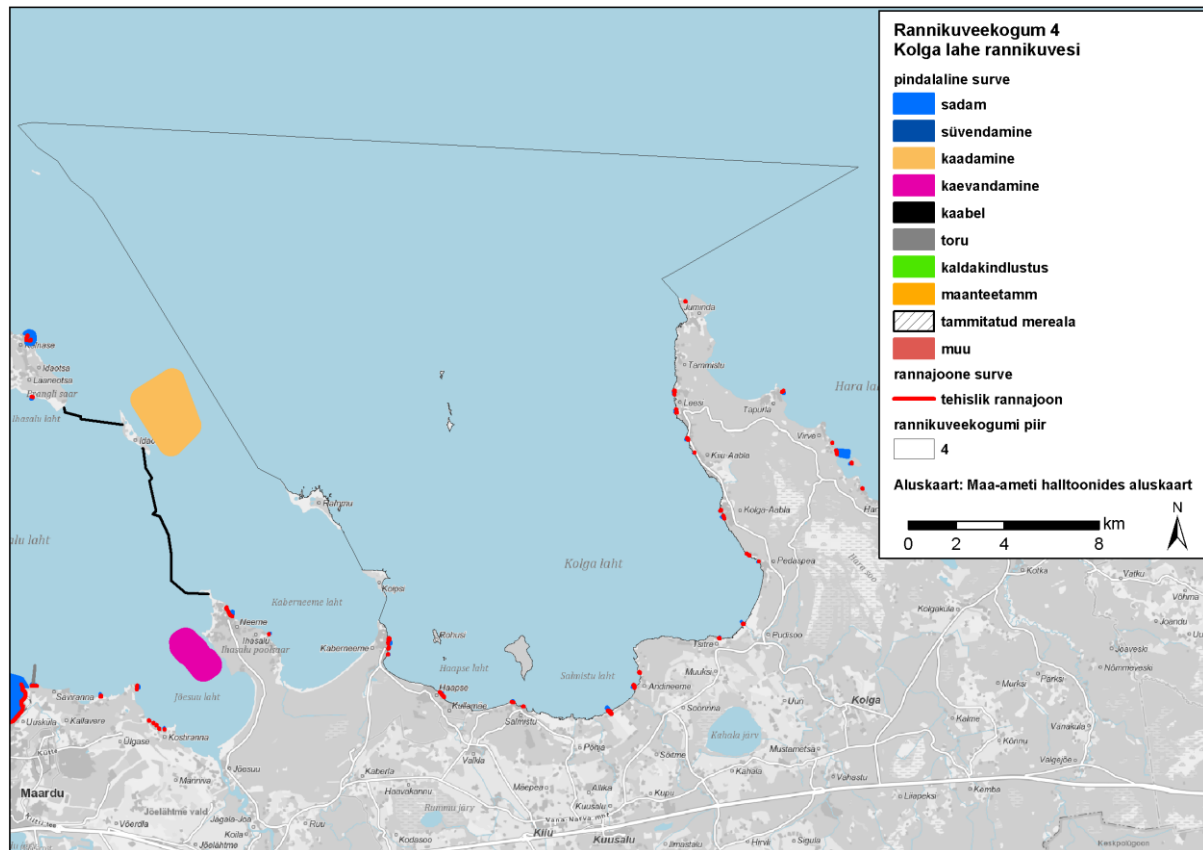
Joonis 6.3. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 2. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 3 – Hara lahe rannikuvesi



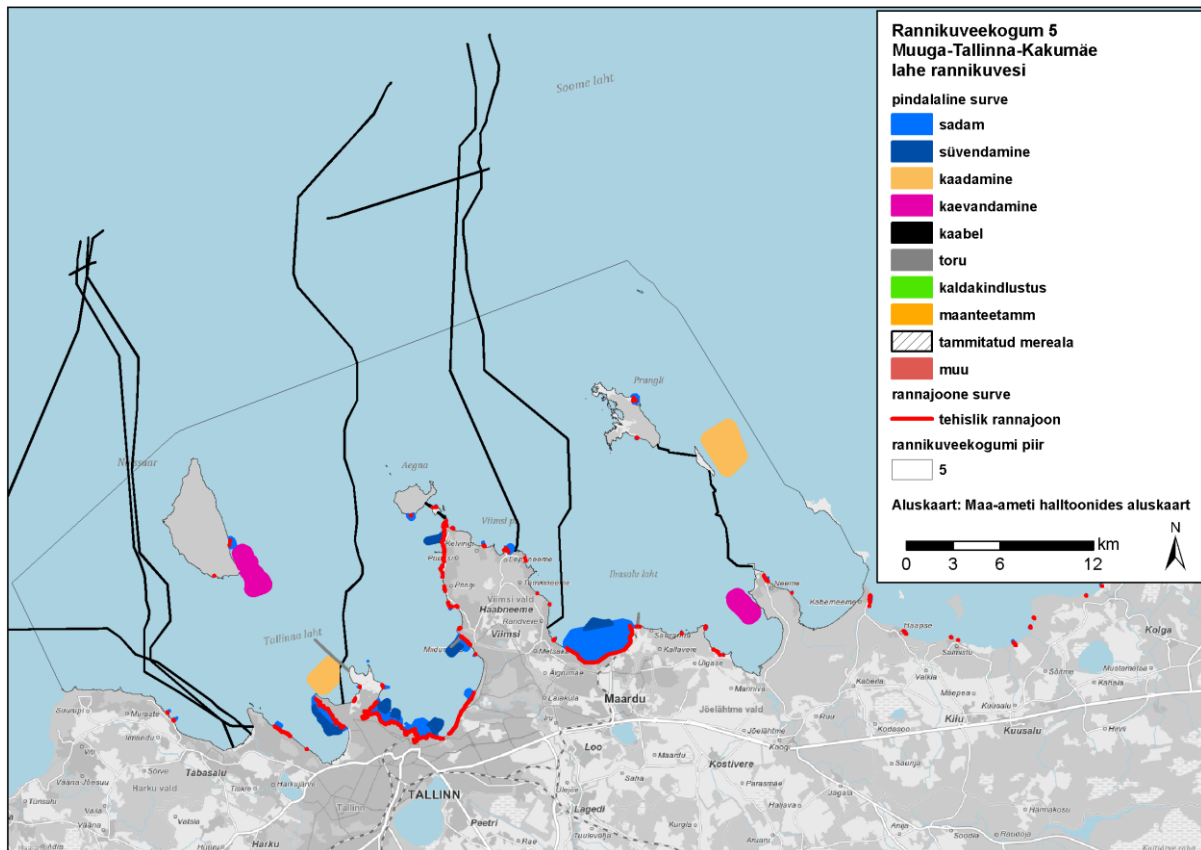
Joonis 6.4. Hüdro-morfoloogilised surveed veekogumis 3. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 4 – Kolga lahe rannikuvesi



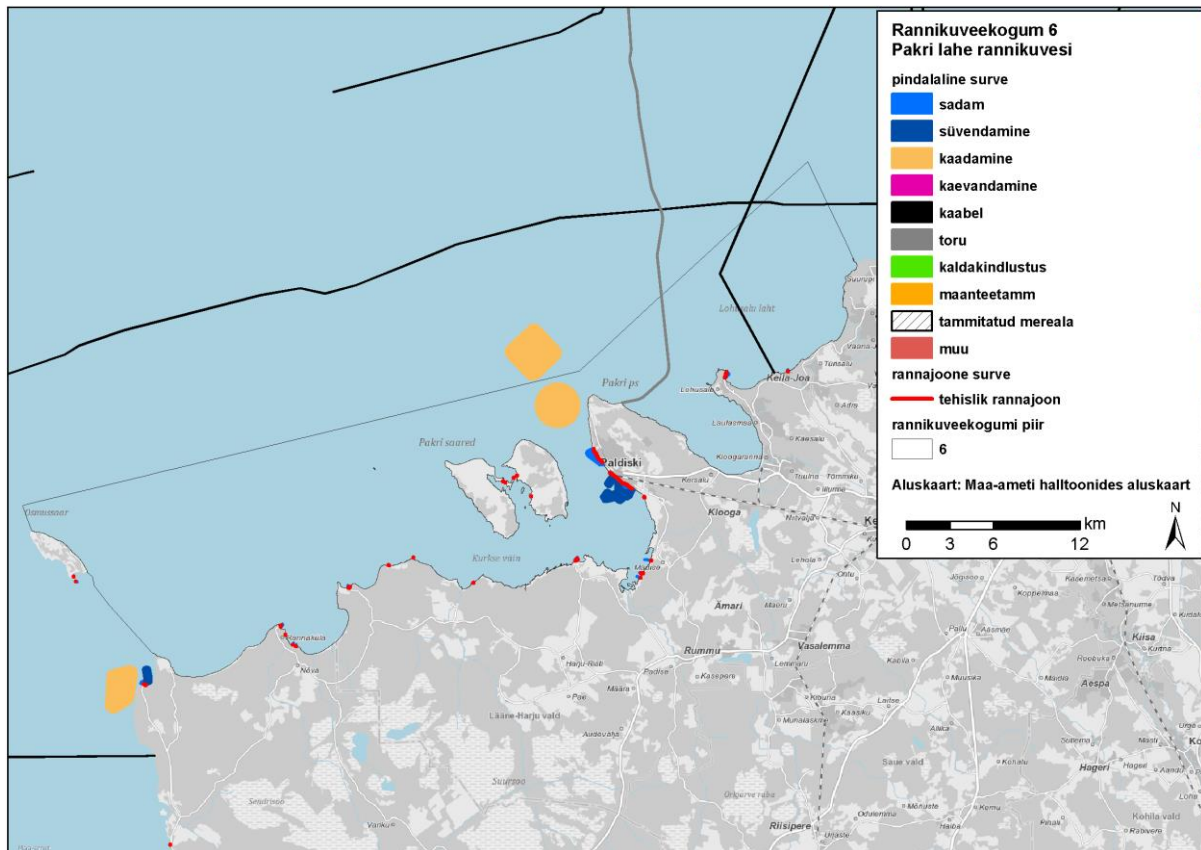
Joonis 6.5. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 4. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 5 – Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi



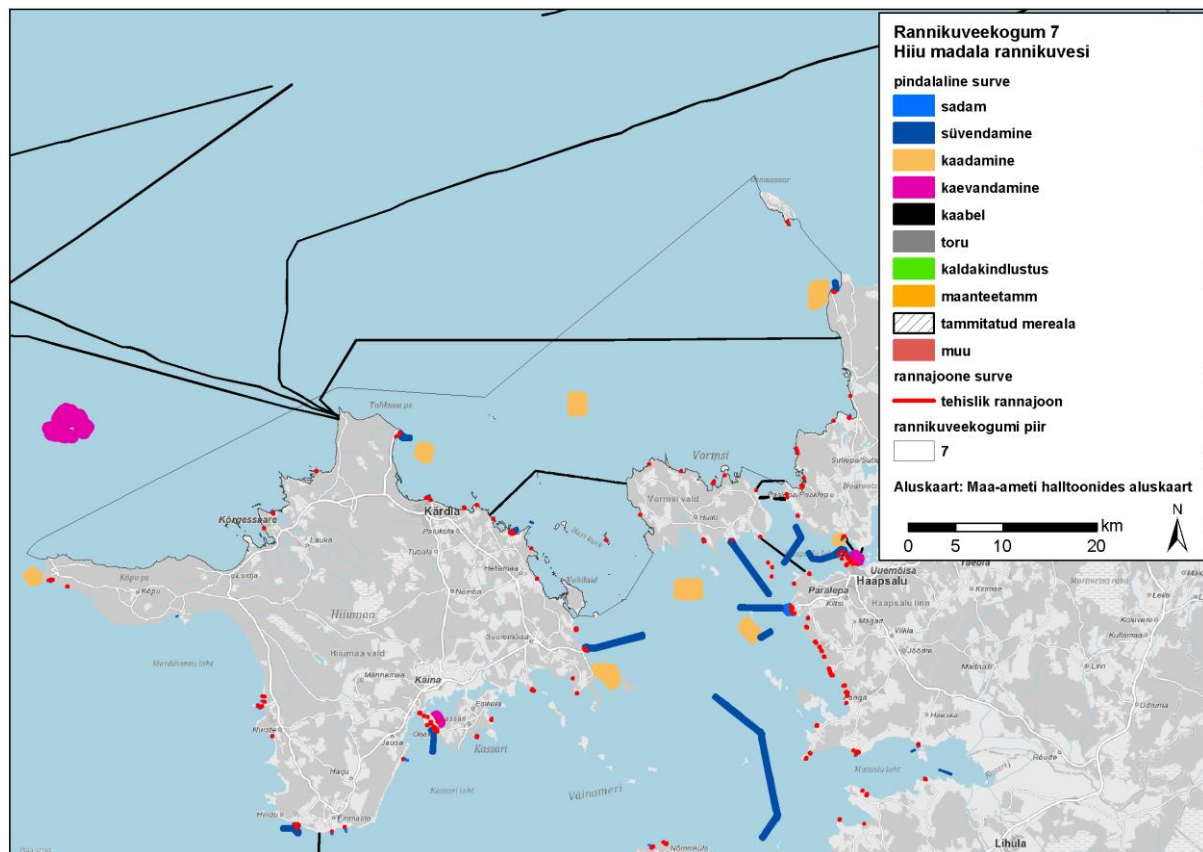
Joonis 6.6. Hüdro-morfoloogilised surveed veekogumis 5. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 6 – Pakri lahe rannikuvesi



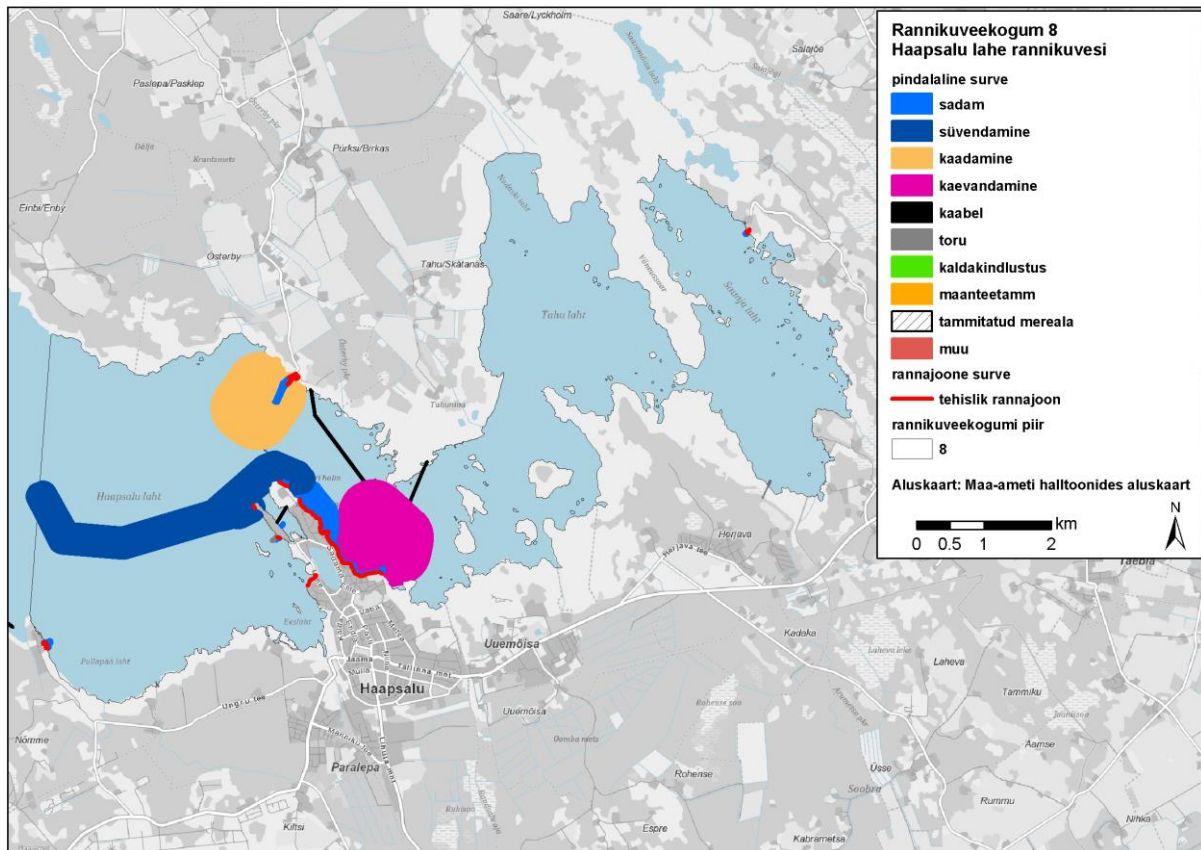
Joonis 6.7. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 6. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 7 – Hiiu madala rannikuvesi



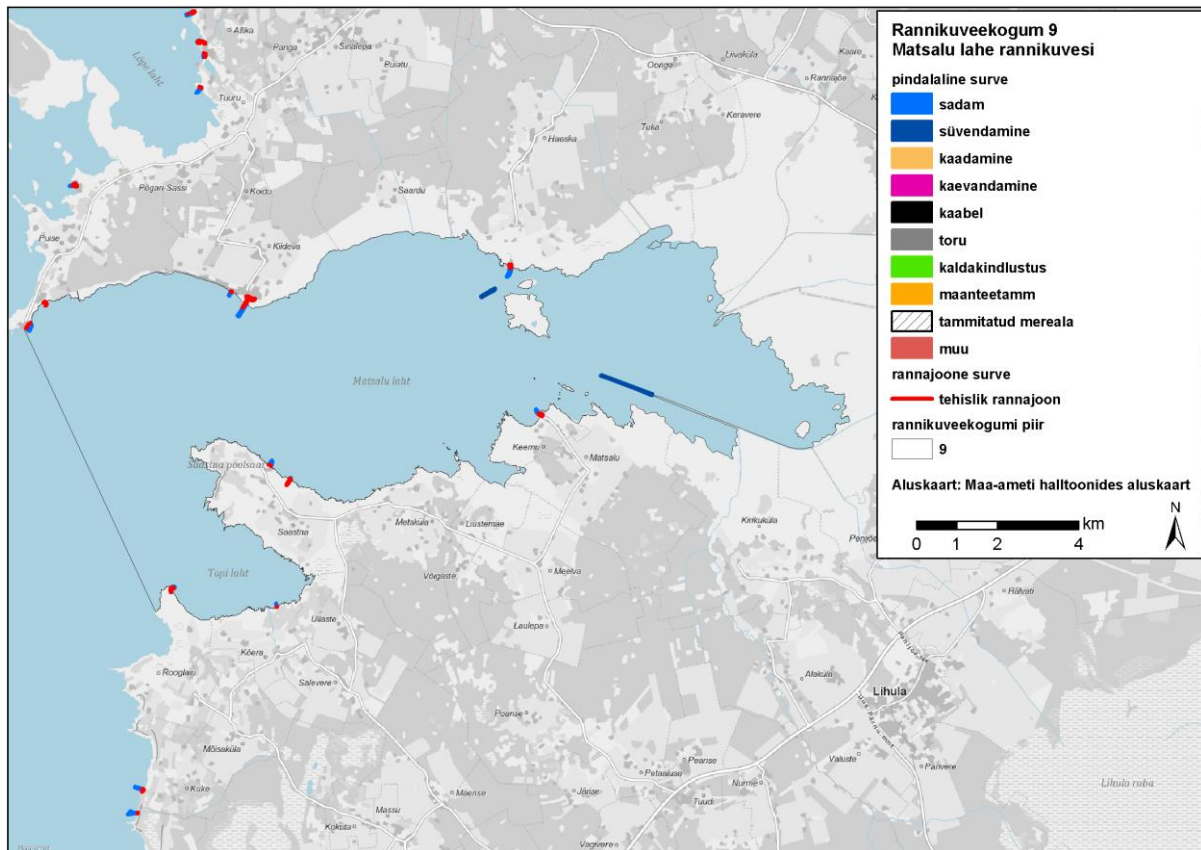
Joonis 6.8. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 7. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 8 – Haapsalu lahe rannikuvesi



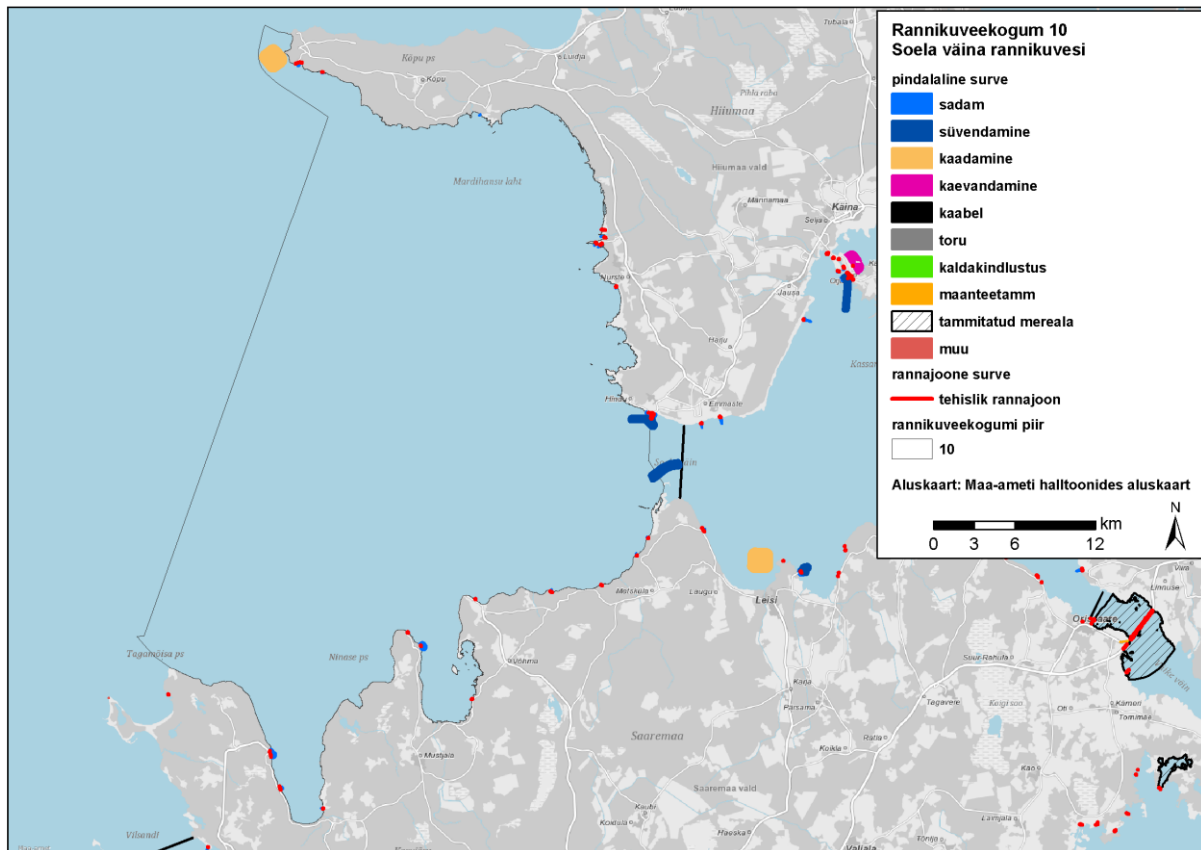
Joonis 6.9. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 8. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 9 – Matsalu lahe rannikuvesi



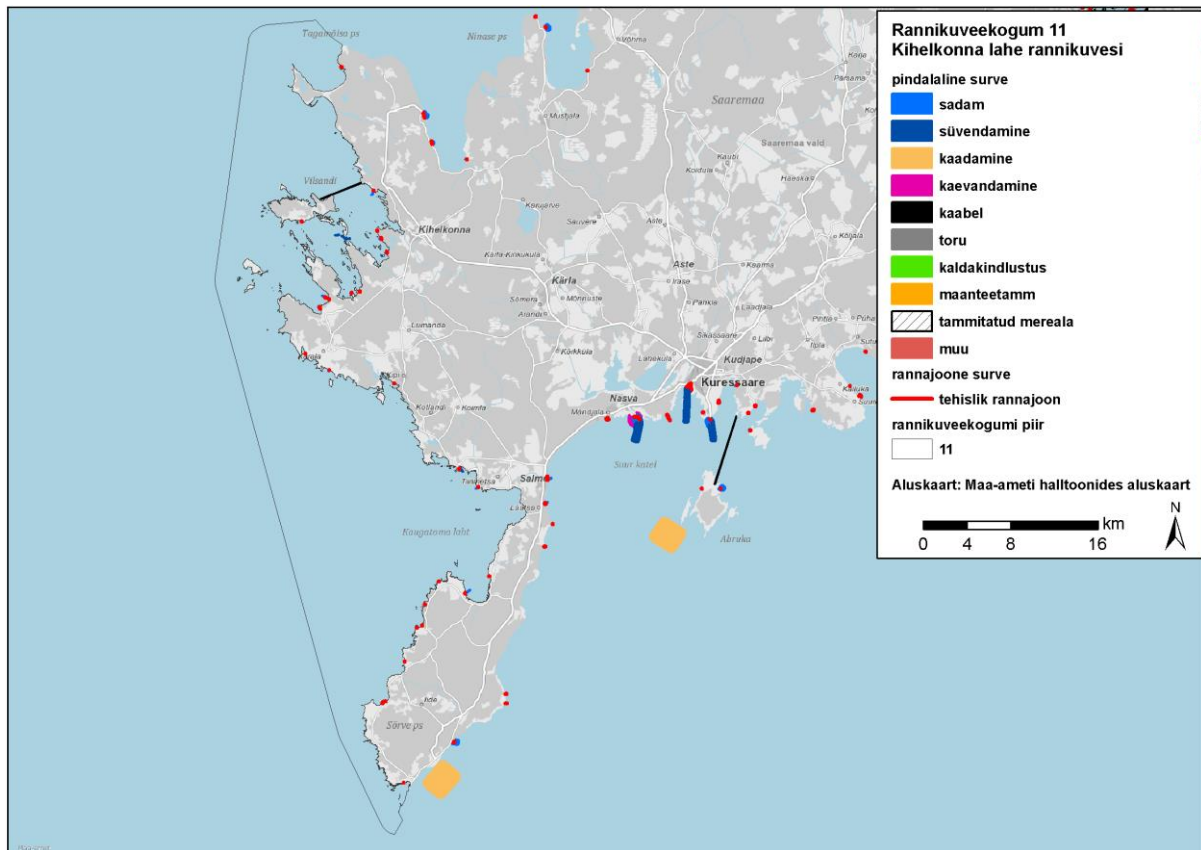
Joonis 6.10. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 9. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 10 – Soela väina rannikuvesi



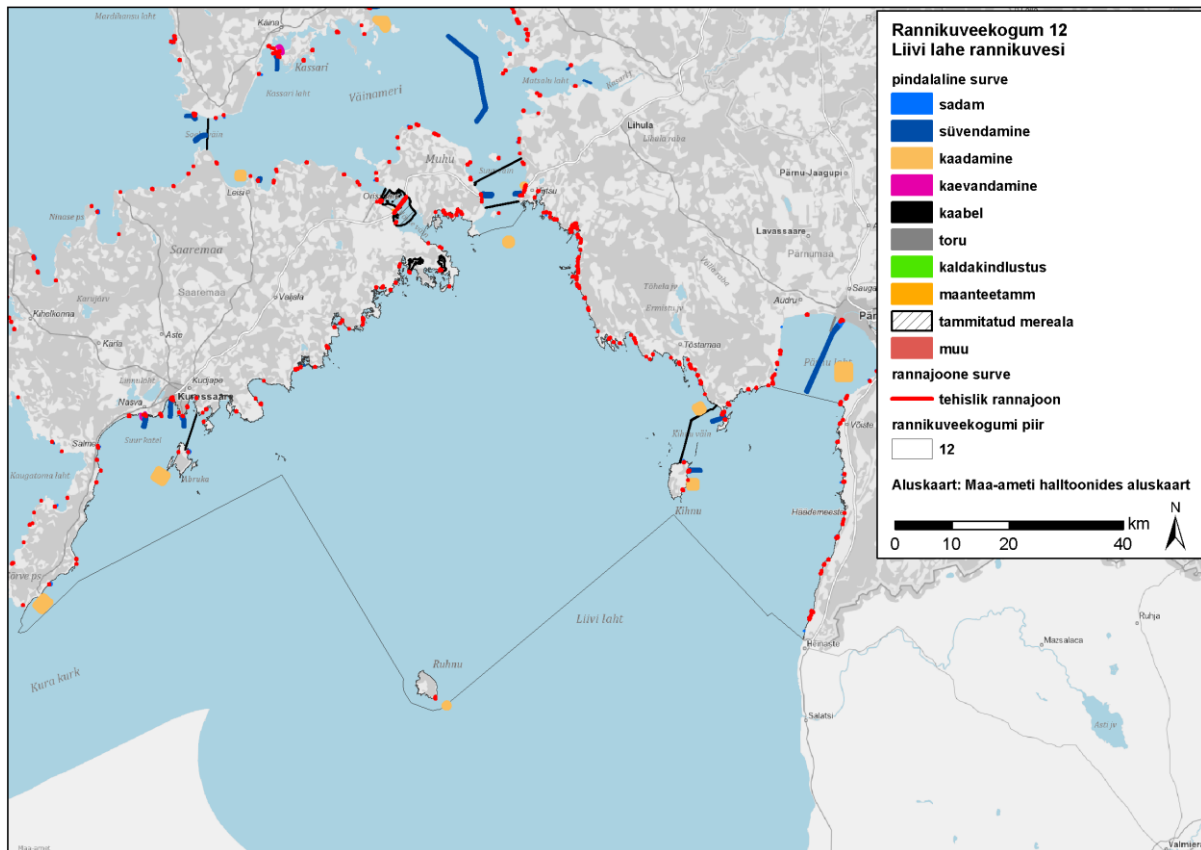
Joonis 6.11. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 10. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 11 – Kihelkonna lahe rannikuvesi



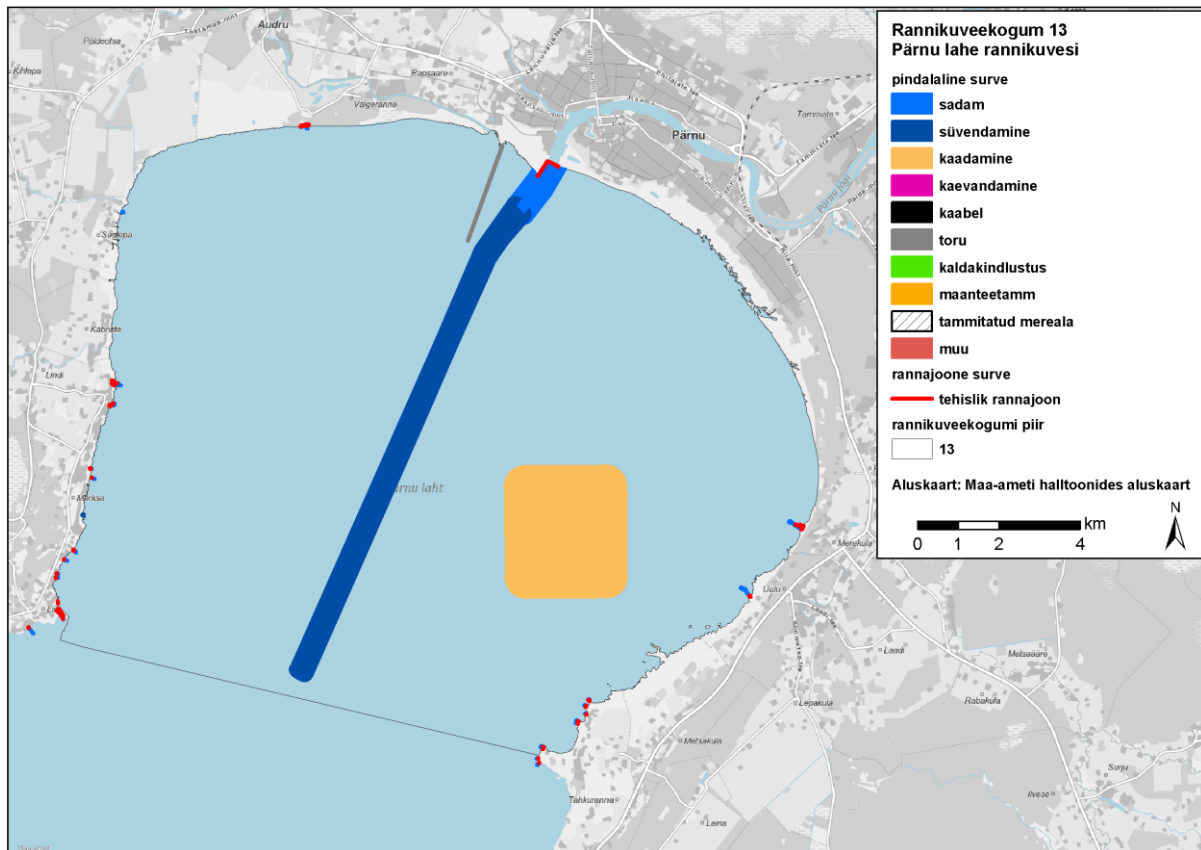
Joonis 6.12. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 11. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 12 – Liivi lahe rannikuvesi



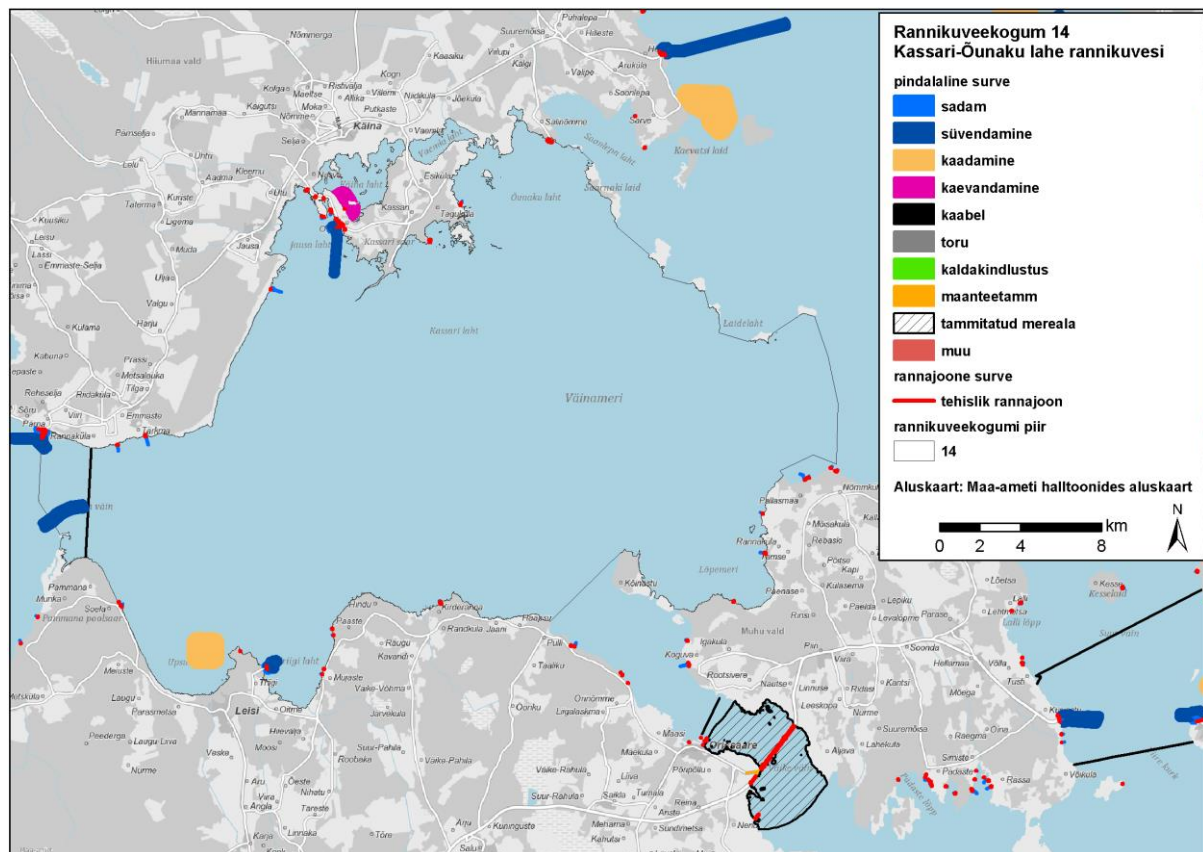
Joonis 6.13. Hüdro-morfoloogilised surve veekogumis 12. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 13 – Pärnu lahe rannikuvesi



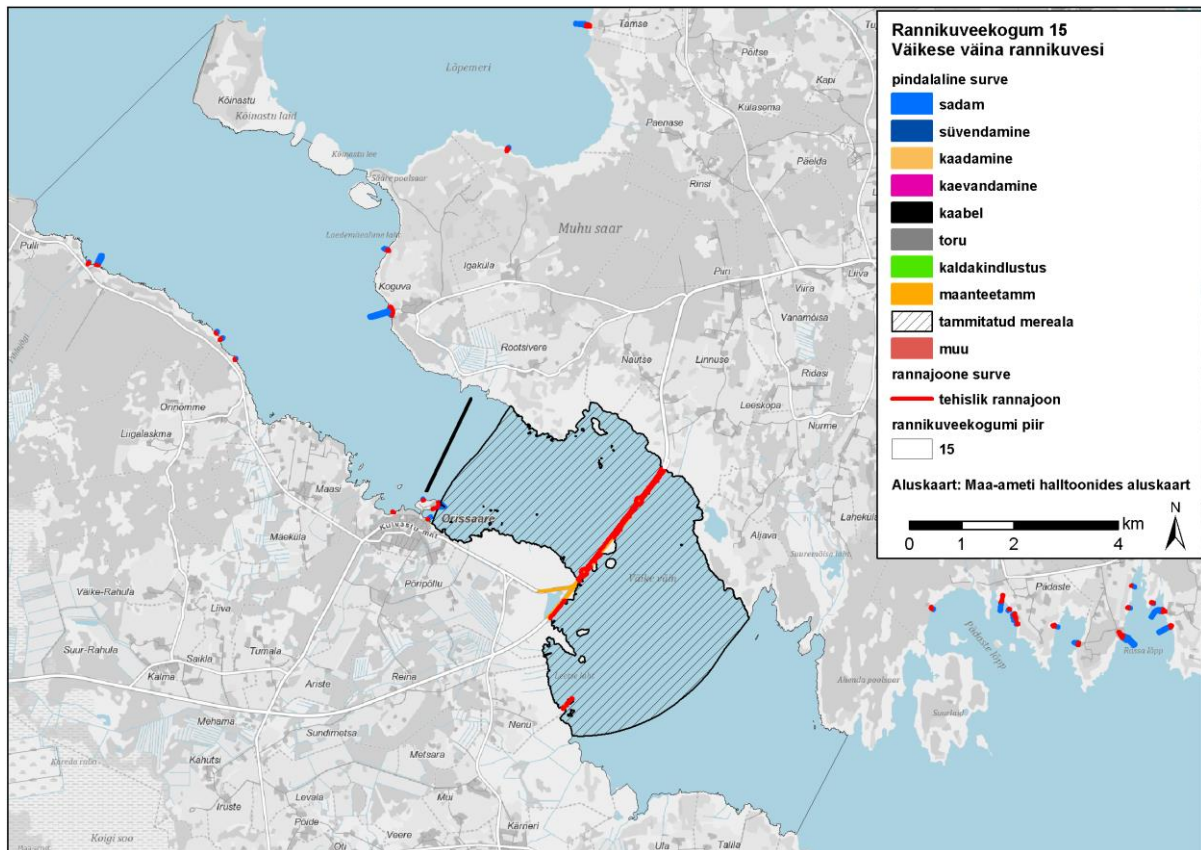
Joonis 6.14. Hüdro-morfoloogilised surved veekogumis 13. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 14 – Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi



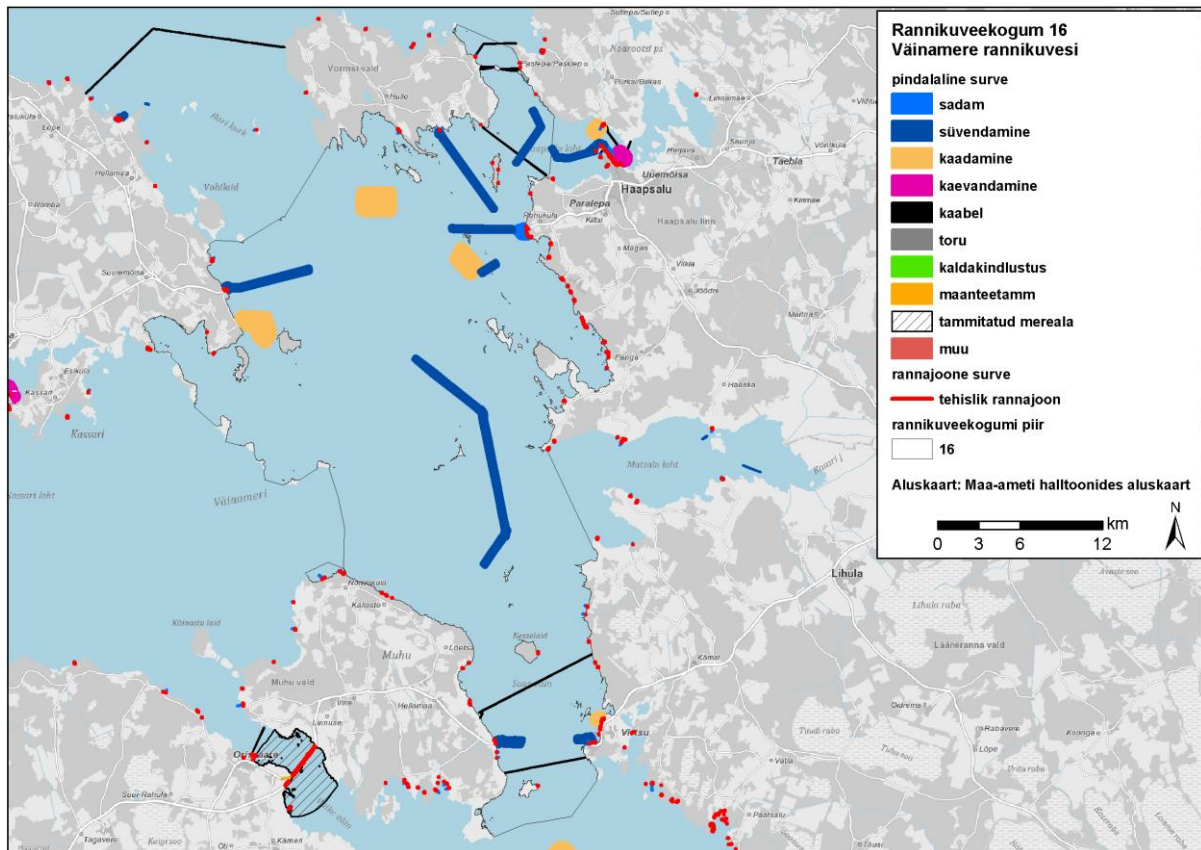
Joonis 6.15. Hüdromorfoloogilised surveed veekogumis 14. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 15 – Väikese väina rannikuvesi



Joonis 6.16. Hüdromorfoloogilised surved veekogumis 15. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

Rannikuveekogum 16 – Väinamere rannikuvesi



Joonis 6.17. Hüdro-morfoloogilised surve veekogumis 16. Survete ruumikujude servajooned on kuvatud kaardi loetavuse huvides jämedama joonega ja ei kajasta objektide tegelikke mõõtmeid. Pindalalise surve objektid on näidatud koos mõjuala puhvritega.

ALLIKAD

- Aps R, Tõnisson H, Suursaar Ü, Orviku K (2016) Regional Environmental Sensitivity Index (RESI) Classification of Estonian Shoreline (Baltic Sea). In: Vila-Concejo, A.; Bruce, E.; Kennedy, D.M., and McCarroll, R.J. (eds.), Proceedings of the 14th International Coastal Symposium (Sydney, Australia). Journal of Coastal Research, Special Issue, No. 75, pp. 972-976
- Bekkby T, Isachsen PE, Isaeus M, Bakkestuen V (2008) GIS modeling of wave exposure at the seabed: a depth-attenuated wave exposure model. Marine Geodesy, 31, 117-127
- Bendtsen J, Gustafsson KE, Söderkvist J, Hansen JLS (2009) Ventilation of bottom water in the North Sea–Baltic Sea transition zone. Journal of Marine Systems, 75, 138-149
- Chainho P, Chaves ML, Costa JL, Costa MJ, Dauer DM (2008) Use of multimetric indices to classify estuaries with different hydromorphological characteristics and different levels of human pressure. Marine Pollution Bulletin, 56, 1128-1137
- European Commission (2003) Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive (2000/60/EC); Guidance Document No 5, Transitional and Coastal Waters Typology, Reference Conditions and Classification Systems.
[https://circabc.europa.eu/sd/a/85912f96-4dca-432e-84d6-a4dded785da5/Guidance%20No%205%20-%20characterisation%20of%20coastal%20waters%20-%20COAST%20\(WG%202.4\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/85912f96-4dca-432e-84d6-a4dded785da5/Guidance%20No%205%20-%20characterisation%20of%20coastal%20waters%20-%20COAST%20(WG%202.4).pdf)
- European Commission (2005) Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive (2000/60/EC); Guidance Document No 13, Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential.
[https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20\(WG%20A\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20(WG%20A).pdf)
- EN 16503:2014:2014. Water quality - Guidance standard on assessing the hydromorphological features of transitional and coastal waters. European Standard
- Federal Environmental Agency (2018) Information portal for the evaluation of surface waters according to the European Water Framework Directive. <http://www.gewaesser-bewertung.de/>
- Havs- och Vattenmyndigheten (2017) Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Havs- och

- vattenmyndighetens författningssamling. HVMFS 2013:19 (viimati uuendatud 01.01.2017)
- HELCOM (2018) State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. Baltic Sea Environment Proceedings, 155
- Herkül K (2010) Effects of physical disturbance and habitat-modifying species on sediment properties and benthic communities in the northern Baltic Sea. Dissertationes Biologicae Universitatis Tartuensis, 181
- Herkül K, Torn K, Suursaar U, Alari V, Peterson A (2016) Variability of benthic communities in relation to hydrodynamic conditions in the North-Eastern Baltic Sea. Journal of Coastal Research, Special Issue 75, 867-871
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (2009) Metodyka do klasyfikacji elementów hydromorfologicznych wód przybrzeżnych wraz z ustaleniem wartości granicznych dla bardzo dobrego stanu ekologicznego dla tych elementów. Sprawozdanie, Część II, Praca zrealizowana w ramach umowy nr 31 z dnia 3 listopada 2008 roku zawartej z Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska w Warszawie, finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
- Isæus M (2004) Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Department of Botany, Stockholm University
- Kautsky H (1988) Factors structuring phytobenthic communities in the Baltic Sea. Akademitryck, Edsbruk, 1-30
- Laine AO, Sandler H, Andersin A-B, Stigzelius J (1997) Long-term changes of macrozoobenthos in the Eastern Gotland Basin and the Gulf of Finland (Baltic Sea) in relation to the hydrographical regime. Journal of Sea Research, 38, 135-159
- Luigujõe L, Auniņš A (2016) Talvituvate lindude rahvusvaheline lennuloendus. Report. http://www.keskkonnaamet.ee/public/LuigujoeAunins_2016_talvituvate_veelindude-rahvusvaheline_lennuloendus_lopparuanne.pdf
- Maljutenko I, Raudsepp U (2014) Validation of GETM model simulated long-term salinity fields in the pathway of saltwater transport in response to the Major Baltic Inflows in the Baltic Sea. In: Baltic International Symposium (BALTIC), 2014 IEEE/OES. IEEE, 1-9
- Martin G (2000) Phytobenthic communities of the Gulf of Riga and the Inner Sea of the West-Estonian Archipelago. (Doktoritöö, Tartu Ülikool; Bioloogia-geograafiateaduskond; Botaanika ja ökoloogia instituut). Tartu: Tartu University Press
- Nikolopoulos A & Isæus M (2008) Wave exposure calculations for the Estonian coast. AquaBiota Water Research.

- Orlando-Bonaca M, Mavrič B, Urbanič G (2012) Development of a new index for the assessment of hydromorphological alterations of the Mediterranean rocky shore. *Ecological Indicators*, 12, 26-36
- Peterson A, Herkül K (2017) Mapping benthic biodiversity using georeferenced environmental data and predictive modeling. *Marine Biodiversity*, 1-16, DOI:10.1007/s12526-017-0765-5
- Recio M, Ondiviela B, Puente A, Galvan C, Gomez AG, Juanes JA (2013) The Influence of Hydromorphological Stressors on Estuarine Vegetation Indicators. *Estuaries and Coasts*, 36, 997-1005
- Snoeijs-Leijonmalm P, Schubert H, Radziejewska T (2017) *Biological Oceanography of the Baltic Sea*. Springer, Netherlands
- Sundblad G, Bekkby T, Isæus M, Nikolopoulos A, Norderhaug KM, Rinde E (2014) Comparing the ecological relevance of four wave exposure models. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 140, 7-13
- Suomen ympäristökeskus (2013) Vesienhoidon suunnittelun ohjeistus 2.kaudelle. Voimakkaasti muutettujen ja keinotekkoisten pintavesien tunnistaminen ja tilan arviointi.
- Suursaar Ü, Kullas T, Otsmann M (2000) The possible effect of re-opening of the Väike Strait (Baltic Sea): results of high-resolution modelling. *Water Resources Management* V, 381-392
- Torn K, Herkül K, Martin G, Oganjan K (2017) Assessment of quality of three marine benthic habitat types in northern Baltic Sea. *Ecological Indicators*, 73, 772-783
- TÜ Eesti Mereinstituut (2016a) Loodusdirektiivi mereliste elupaigatüüpide looduskaitse seisundi hindamise kriteeriumid ja soodsa seisundi võrdlusväärtused. Teostatud projekti „Eesti merealade loodusväärtuste inventeerimine ja seiremetoodika väljatöötamine“ raames.
- TÜ Eesti Mereinstituut (2016b) Loodusdirektiivi mereliste elupaigatüüpide ja EUNIS tase 3 elupaikade leviku modelleerimine eesti majandusvööndis. Teostatud projekti „Eesti merealade loodusväärtuste inventeerimine ja seiremetoodika väljatöötamine“ raames
- TÜ Eesti Mereinstituut (2017) VPRD rannikuvee hindamissüsteemi täiendamine
- TÜ Eesti Mereinstituut (2018) Läviväärtuste väljatöötamine Eesti mereala seisundi hindamiseks
- UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive (2003) *Guidance on Morphological Alterations And the Pressures and Impacts Analyses*
- UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive (2012) *TraC-MImAS Technical report. Development and Review of a TraC Hydromorphology Decision Support Tool for (a) screening proposed new or altered activities / structures for*

compliance with WFD water body status and (b) classifying TraC waters under the WFD

Zettler ML, Karlsson A, Kontula T, Gruszka P, Laine AO, Herkül K, Schiele KS, Maximov A, Haldin J (2014) Biodiversity gradient in the Baltic Sea: a comprehensive inventory of macrozoobenthos data. *Helgoland Marine Research*, 68(1), 49-57