

**Eksperthinnang kavandatavate
merekaablite võimalikust mõjust merevee
kvaliteedile, sh heljumi võimaliku leviku
kohta**

Teostaja: Smart Sea OÜ, ekspert Taavi Liblik

Tellijä: Skepast&Puhkim OÜ

Versioon: 01.08.2025

Sissejuhatus

Kokkuvõte	3
1. Taust ja metoodika	5
1.1. Kavandatav tegevus.....	5
1.2. Metoodika.....	7
1.3. Potentsiaalse mõjupiirkonna kirjeldus	8
1.3.1. Hüdrodünaamika ja vee omadused	8
1.3.2. Merepõhja setted	14
1.3.3. Ohtlikud ained merepõhja setetes	14
1.3.4. Fosfor	16
2. Alternatiivide mõju	18
2.1. Alternatiivide mõju kirjeldus.....	18
2.2. Alternatiivide võrdlus	36
3. Vajalikud uuringud	40
4. Kasutatud kirjandus	41

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärk oli hinnata Eesti-Läti neljanda elektriühenduse Eestis paikneva osa alternatiivide mõju vee kvaliteedile trasside eelvaliku etapis. Vaatluse all oli 12 alternatiivi, milledest kolme puhul rajatakse kaablitrass mandrilt otse Saaremaale ning üheksa alternatiivi käsitlesid trassi läbi Muhu. Ühtegi alternatiivi ei ole alust olemasoleva teadmise põhjal vee kvaliteeti mõjusid silmas pidades välistada.

Projekti käesolevas, eelvaliku staadiumis ei ole alust väita, et tegevuse alternatiivid pikaajaliselt muudaks rannikumere veekogumite seisundit halvemaks või takistaks hea keskkonnaseisundi saavutamist eutrofeerumise indikaatorite järgi. Kui Väikesesse väina jäävad peale kaablite paigaldamist vallid, mis takistavad veevahetust, siis võivad need suurendada sellel merealal väinatammi poolt põhjustatud niigi suurt mõju hüdrograafilistele tingimustele ning töötada vastu merestrategie meetmekava viimase ajakohastamise käigus välja töötatud meetmele „Väikese väina maanteetammi avade rajamine veevahetuse parandamiseks ja väina avamiseks kalade rändeteena“.

Läbi Muhu kulgevatest alternatiividest võib olemasoleva info valguses lugeda eelistatumaks alternatiive „Veere – Muriste 2“ ja „Veere – Hanila 2“. Väikeses väinas on eelistatud alternatiivid, mis läbivad väina lõunapoolt ning ei läbi Pädaste lõppu. Mandrirannikul on eelistatud Muristest ja Hanilast lähtuvad trassid. Otse Saaremaale kulgevate trasside (Mägi-Kurdla – Paatsalu/Hanila/Muriste) puhul eelistust ei ole.

Ei ole selge, kas eelistada otse mandrilt Saaremaale või läbi Muhu kulgevaid alternatiive. Otse Saaremaale suunduvate alternatiivide suurim miinus on suurem liigutatavate setete maht. Vee kvaliteedi halvenemisega mõjutatud ala on otse Saaremaale suunduvate alternatiivide puhul suurem, kuid mõju hajub seal ruumis enam. Muhut läbivad alternatiivid mõjutavad rohkem rannikumerd, sh. väga madalat Väikest väina. Võib eeldada, et lokaalne mõju on Muhut läbivate alternatiivide puhul tugevam ja kontsentreeritum võrreldes otse Saaremaale minevate alternatiividega. Määramatuse peamiseks põhjusteks on vähesed andmed sette omaduste, ohtlike ainete ja fosfori sisalduse kohta. Muhut läbivate alternatiivide puhul on lahtiseks küsimuseks ka kaablipaigalduse käigus tekkivad vallid ning nende mõju poolsuletud madalate merealade veevahetusele. Määramatuse vähendamiseks projekti järgmises etapis oleme välja

toonud vajalikud uuringud, sh. setteproovide kogumise erinevateks analüüsideks ning modelleerimise vajaduse.

1. Taust ja metoodika

1.1. Kavandatav tegevus

Kaabltrassi alternatiivid läbivad Liivi lahe põhjaosa, sh. Väikest väina, Suurt väina ja väikest merelahte Pädaste lähistel (joonis 1.1.1). Käsitletakse < 12 alternatiivi, millest kolmes trass Muhut ei läbi. Ülejäänud 9 alternatiivi läbivad Suurt väina, Väikest väina ja Muhu saart. Mandriosas on kolm maabumise alternatiivi (Paatsalu, Muriste, Hanila), Väikeses väinas on kaks trassialternatiivi (lõuna- ja põhjapoolne). Väikest väina lõunapoolt läbivatel lahendustel on lisaks variant läbida või mitte läbida madalat rannikulahte Pädaste lähistel. Tabelis 1.1.1 on toodud trassialternatiivide erisused, sh. oleme märgistanud alternatiivid Alt1-Alt12, millist tähistust ka edaspidi aruandes kasutatakse. Kaablikoridori paigaldatakse kolm kaablit.

Tabel 1.1.1. Kaabltrassi alternatiivid.

Alternatiiv	Trass	Maabumiskoht mandril	Otse Saaremaale või läbi Muhu	Väikeses väinas lõuna- või põhjapoolne variant	Läbib Pädaste lähedal merelahte
Alt1	Mägi-Kurdla – Paatsalu	Paatsalu	Otse Saaremaale	-	Ei
Alt2	Mägi-Kurdla – Muriste	Muriste	Otse Saaremaale	-	Ei
Alt3	Mägi-Kurdla – Hanila	Hanila	Otse Saaremaale	-	Ei
Alt4	Veere - Paatsalu 1	Paatsalu	Läbi Muhu	Lõuna	Jah
Alt5	Veere - Paatsalu 2	Paatsalu	Läbi Muhu	Lõuna	Ei
Alt6	Veere - Paatsalu 3	Paatsalu	Läbi Muhu	Põhi	Ei
Alt7	Veere - Muriste 1	Muriste	Läbi Muhu	Lõuna	Jah
Alt8	Veere - Muriste 2	Muriste	Läbi Muhu	Lõuna	Ei
Alt9	Veere - Muriste 3	Muriste	Läbi Muhu	Põhi	Ei
Alt10	Veere - Hanila 1	Hanila	Läbi Muhu	Lõuna	Jah
Alt11	Veere - Hanila 2	Hanila	Läbi Muhu	Lõuna	Ei
Alt12	Veere - Hanila 3	Hanila	Läbi Muhu	Põhi	Ei

Vastavalt arendaja antud infole süvistatakse kaabel kogu trassi ulatuses vähemalt 1,5 m sügavusele ning laevateede piirkonnas 3 m sügavusele. Süvendid on ½ kaldega, see tähendab, et süvendi laius merepõhja pinnal on neljakordne kaeviku sügavus ning ristlõike pindala 3 m sügavusele süvistamise puhul 18 m² ja 1,5 m sügavusele süvistamise puhul 4,5 m². Võttes arvesse, et ühte kaablikoridori paigaldatakse kolm kaablit, saame, et jooksev kilomeetri kohta liigutatakse 3 m ja 1,5 m süvistamise puhul vastavalt 54 000 m³ ja 13 500 m³ setteid. Kõik trassialternatiivid ületavad Suurt väina läbivat laevateed. Eeldame, et trass süvistatakse seal 3 m sügavusele 1 km ulatuses. Võttes arvesse eelkirjeldatud andmeid ja eeldusi, saame, et liigutatava sette maht alternatiivide lõikes varieerub vahemikus 300 000 ja 600 000 m³ (vt. tabel 1.1.2). Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduse järgi on olulise keskkonnamõjuga tegevus süvendamine mahus alates 10 000 m³. Mahud on oluliselt suuremad mandrilt otse Saaremaale suunduvate alternatiivide korral. Kõige väiksemad mahud on Muristest ja Hanilast lähtuvatel trassidel, mis ei läbi madalat mereala Pädaste lähistel. Kui suur osa liigutatavast settest satub veesambasse, sõltub sette omadustest ja kasutatavast tehnoloogiast. Tööde täpne tehnoloogia ei ole eelvaliku staadiumis veel teada, kuid arendaja on kirjeldanud, et madalates piirkondades (veesügavus kuni 6 m) on võimalik süvend kaevata ujuvate parvede pealt ekskavaatoriga. Üldjuhul sellise kaevise rajamisel paigaldatakse pinnas kaevise kõrvale, eraldi äravedu ei toimu. Sügavamatel aladel kasutatakse lahendust, kus süvendusmasin uhub merepõhja “vao“ ja paigaldab süvisesse kaabli.

Tabel 1.1.2. Liigutatava sette maht.

Alternatiiv	Liigutatava sette maht (10 ³ m ³)
Alt1	585
Alt2	564
Alt3	567
Alt4	386
Alt5	362
Alt6	360
Alt7	331
Alt8	306
Alt9	305
Alt10	327
Alt11	302
Alt12	301

alternatiivide klasteri (Alt1-Alt3 ja Alt4-Alt12) siseselt ning seejärel anname hinnangu alternatiividele tervikuna (ptk. 2.2).

1.3. Potentsiaalse mõjupiirkonna kirjeldus

1.3.1. Hüdrodünaamika ja vee omadused

Hüdrodünaamika ja vee omadusi silmas pidades võib kaablitrassi alternatiivide mõjupiirkonna jagada laias laastus neljaks:

- Suur väin;
- Väike väin;
- Liivi lahe avaosa;
- Madalad rannikutsoonid maabumiskohtade lähistel Saaremaal, Muhus ja mandril.

Suur väin

Suur väin on küllaltki tugevate hoovustega mereala, kus sügavus ulatub kohati üle 20 m (Otsmann et al., 1997; Raudsepp et al., 2011). Suure väina sügavamates piirkondades on veesammas kevadel ja suvel tõenäoliselt kihistunud. Suures väinas kohtuvad Liivi lahe ja Väinamere veemassid, millel on erinevad omadused. Kahe veemassi vahel olev front liigub vastavalt piki väina hoovusele (Astok et al., 1999), mille suund ja tugevus sõltuvad peamiselt tuuleoludest ja veetaseme gradientidest (Otsmann et al., 2001). Lõunasektorist puhuvad tuuled soodustavad voolamist Liivi lahest Väinamerre ja põhjakaarte tuuled vastupidist voolamist (Otsmann et al., 2001). Lühemas ajamastaabis (tunnid) hoovus on väinas mõjutatud edasi-tagasi võnkumistest kahes domineerivas perioodis: 24 h ja 13 h (Otsmann et al., 2001), lisaks avalduvad hoovustes intertsiaalvõnkumised perioodiga 14 h (Talpsepp, 2005). Fronni aktiivse liikumise tõttu esineb Suure väina vee omadustes arvestatav ajaline varieeruvus. Kuna väin ja seda ümbritsev mereala on suhteliselt madal, siis on sagedased heljumi resuspensiooni sündmused, mis põhjustavad heljumi sisalduse suurt ajalist muutlikkust (Suursaar et al., 2001). Vee läbipaistvust kirjeldav Secchi sügavus varieerub Väinameres vahemikus 1 kuni 5 m (TTÜ meresüsteemide instituut, 2020). Kuna resuspensioon on tekitatud tuulelainetusega, siis tuule sesoonsuse tõttu esineb ka heljumi sisalduses märkimisväärne aastane käik. Näiteks on

hinnatud, et augusti keskmine heljumi sisaldus Virtsu lähistel on 3,5 mg/l ja oktoobris 12 mg/l (Raag et al., 2014). Resuspensiooni soodustavad piki väina puhuvad põhja- ja lõunakaarte tuuled. Sellised tuuled kiirusega alates 8-9 m/s võivad põhjustada heljumi sisalduse kasvu üle 30 mg/l nagu on näidanud mõõtmised Virtsu lähistel (Liblik and Lips, 2011). Võib arvata, et teatud määral, lokaalselt, kuid igapäevaselt, mõjutab Suures väinas heljumi sisaldust ka Kuivastu-Virtsu laevaliiklus. Näiteks Tallinna sadamas on leitud seos laevaliikluse ja heljumi sisalduse vahel (Sipelgas et al., 2018).

Väike väin

Väike väin on peale Saaremaa-Muhu vahelise tammi ehitust sisuliselt kahest aeglase veevahetusega lahest koosnev mereala. Väike väin on Eestis suurima pindalaga mereala, kus seoses rajatud infrastruktuuriga esinevad pikaajalised muutused hüdrograafilistes tingimustes (TTÜ Meresüsteemide Instituut ja TÜ Eesti Mereinstituut, 2023). Tamm eraldab kahte erinevate vee omadustega veemassi. Väin on väga madal ja kaablitrasside piirkonnas jääb sügavus alla ühe meetri. Tammist kagus on magedam veemass, mis on üldiselt ka toitainerikkam. Tammist loodes on soolasem Väinamere veemass. Tammi rajamisega suleti mereala väina läbivatele hoovustele ja ainevahetusele ning vähendati lainetust, mistõttu on tammi lähedal toimunud setete kuhjumine, sh. orgaanilise sette kogunemine. Tamm on läbi lateraalse transpordi ja segunemise piiramise muutnud veesamba omaduste kujunemisel suhteliselt olulisemaks vertikaalsete protsesside rolli (sh. soojus- ja ainevahetus atmosfääriga ja settega) (Liblik et al., 2024). See põhjustab tõenäoliselt vee kiiremat sesoonset soojenemist ja jahtumist; võimendab vee temperatuuri ja lahustunud hapniku tugevaid ööpäevaseid käike ja küllastusest madalamat hapnikutaset külmal (pimedamal) perioodil. Samuti avaldub mõju suvisel ajal tammi lähedal kõrge soolsusega vee tekkes. Võib arvata, et kõrged üldlämmastiku kontsentratsioonid tammi lähedal nii vees kui ka settes on tingitud tammi olemasolust (Liblik et al., 2024).

Tammil olemasolul on ka mõju veetasemele, lainetusele ja setete resuspensioonile, millel omakorda on mõju heljumi sisaldusele ja vee läbipaistvusele. Tamm blokeerib väina kaguosas loode-, põhja- ja läänekaarte tuultega tekkiva lainetuse. Selliste tuultega veetase väina kaguosas (võrreldes loodeosaga) väheneb ja seal ei teki ka arvestatavat setete resuspensiooni ja heljumi leviku tõusu. Seevastu lõuna-, kagu- ja idatuultega tekitav lainetus põhjustab väina kaguosas setete resuspensiooni, heljumi sisalduse tõusu ja vee läbipaistvuse vähenemist. Vaiksete ilmadega registreeriti kaguosas 2020. tehtud mõõdistuste käigus väinas heljumi sisalduseks 5-8 mg/l (Liblik et al., 2024). Kui mõõdistusele eelnesid lõunatuultega kiirusega 5-10 m/s,

mõõdeti väina kaguosas heljumi sisalduseks 10-42 mg/l (Liblik et al., 2024). Tammi Muhupoelses otsas on ainuke ava, 4 m laiune Tillunire. Kuigi ava on väike, võib soodsatel tingimustel tammi vastaspoolelt pärit vett märgata kuni paari km kaugusel Tillunirest (Liblik et al., 2024).

Tammiga kaasnevad mõjud on suurimad tammi vahetus läheduses (Liblik et al., 2024). Kirjeldatud tammi mõjude tõttu töötati merestrateegia meetmekava viimase ajakohastamise käigus meede „BALEE-M036 Väikese väina maanteetammi avade rajamine veevahetuse parandamiseks ja väina avamiseks kalade rändeteena“ (TTÜ Meresüsteemide Instituut ja TÜ Eesti Mereinstituut, 2023).

Viimati paigaldati Väikesesse väina kaableid 2019. ja 2024. aastal, mil merepõhja süvistati 110 kV, 190 mm läbimõõduga elektrikaablid. Joonisel 1.3.1.1 on toodud 2019., 2020. ja 2023. aastal tehtud ortofotod. Neist esimene on enne 2019. kaabli paigaldust, teine paigalduse järgselt ja kolmas seni (seisuga mai 2025) viimane saadaolev ortofoto. 2019. a. ortofotodelt on kaabli asukoht selgelt eristatav ja kaablipaigaldusega tekkinud vall oli kohapeal 2020. ja 2021. looduses tehtud vaatlustega selgelt tuvastatav. 2020. ja 2021. vaatluste põhjal võib eeldada, et vall võis veelgi pärssida niigi kehva veevahetust tammi lähistel. Valli mõju kvantitatiivselt hinnatud ei ole. Ilmselt on jää, lainetus ja hoovused valli tasandanud ja selle mõju aegamööda väheneb ja lõpuks kaob. Merepõhja morfoloogia muutmine väinades võib muuta veevahetust ja veeomadusi väinadega ühendatud veekogudes (Altunkaynak and Eruçar, 2020; Gray, 2006; Jensen et al., 2018; Lass et al., 2008; Zainal et al., 2012).



1.3.1.1a- 2019



1.3.1.1b- 2020



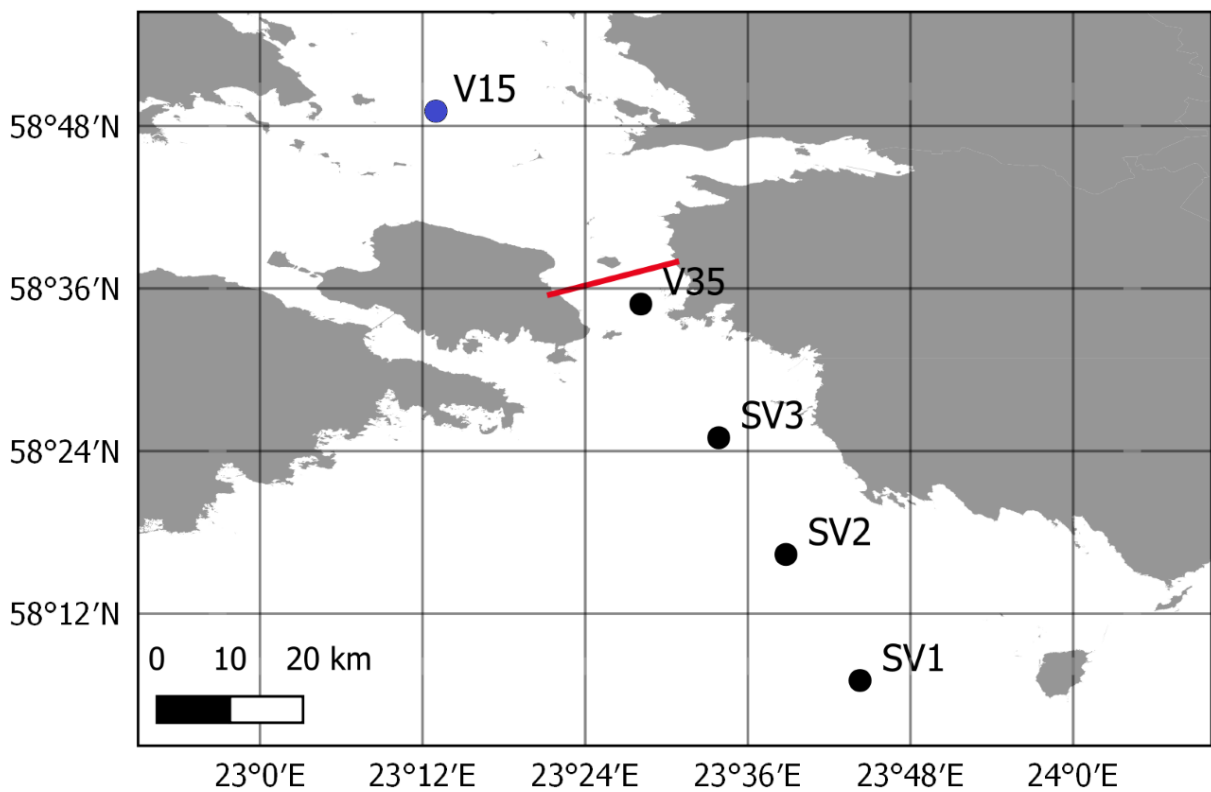
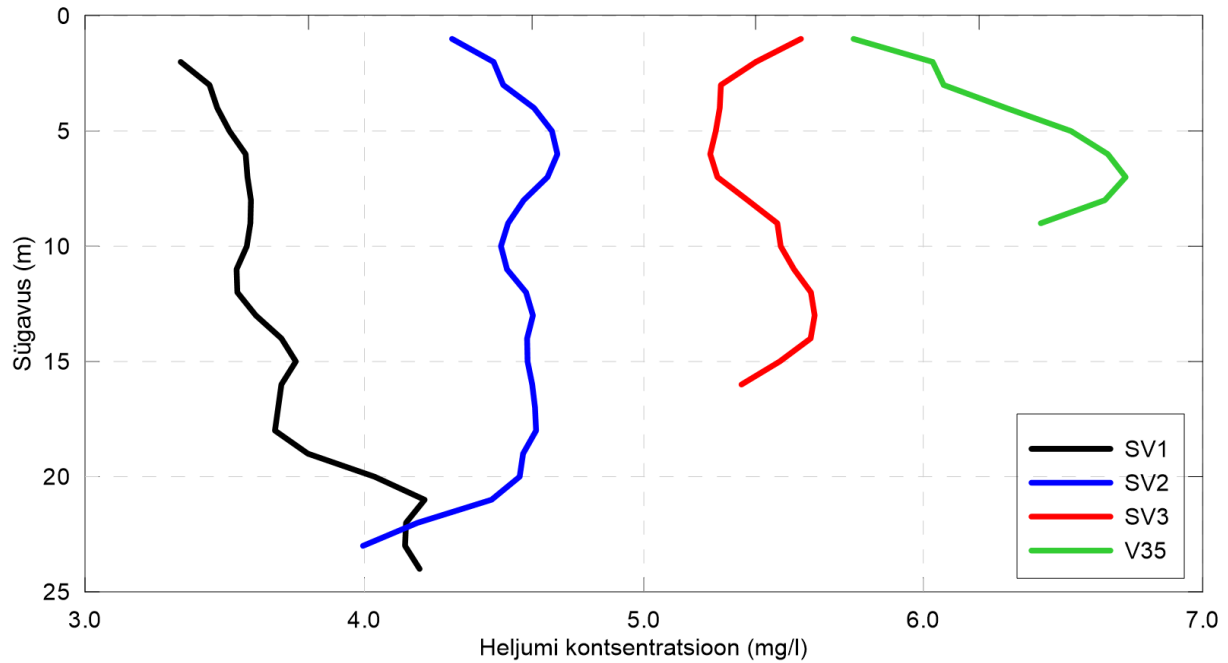
1.3.1.1c- 2023

Joonis 1.3.1.1. 2019, 2020 ja 2023 ortofotod Väikesest väinast.

Rannikust kaugemale jäävad merealad

Osad kaablitrassi alternatiivid asuvad Suurest ja Väiksest väinast lõunas, rannikust eemal. Hoovuskiirused on siin tõenäoliselt võrreldes Suure väinaga tagasihoidlikumad, kuid piirkonna tsirkulatsioon on Suurt väina läbiva veevahetusega seotud. Tõenäoliselt ulatub Suure väina fronti kõikumise mõju ka osaliselt väinast lõunasse ning ka sellel alal on vee omadustes arvestatavad gradiendid (Astok et al., 1999; Liblik et al., 2017), sh. heljumi sisalduse gradiendid. Näiteks 28. veebruaril 2020 mõõdetud heljumi sisalduse profiilid Suurest väinas lõunasse näitasid märkimisväärset gradienti Liivi lahe ja Suure väina vahel (vt. joonis 1.3.1.3)

(TTÜ meresüsteemide instituut, 2020). Suures väinas ulatus heljumi sisaldus ülemises kihis ca 6 mg/l, lõunapoolseimas jaamas oli samal sügavusel sisaldus ca 3,5 mg/l.



Joonis 1.3.1.2. Heljumi sisaldused profiilid ja nende asukohad 28. veebruaril 2020 (TTÜ meresüsteemide instituut, 2020).

Madalad rannikutsoonid maabumiskohtade lähedal

Lisaks väga madalale Väikesele väinale läbivad kõik kaablitrassid maabumiskohtade lähedal madalaid merepiirkondi. Viirelaiust põhja jääval alal maabuvad Alt4-Alt12. Tegemist on tõenäoliselt alaga, kus Suurele väinale omaselt võivad esineda küllaltki tugevad hoovused. Kogu väina läbivast vee- ja aine transpordist moodustab Viirelaiu ja Muhu-vaheline kitsus väikese osa. Hanilasse ja Muristesse suunduvate trassialternatiivide maabumiskohad on üksteisest vähem kui km kaugusel. Paatsalusse suunduva alternatiivide maabumiskoht on ca 5 km kaugusel eelnimetatutest. Tõenäoliselt on siin domineerivad piki rannikut hoovused, mille suund sõltub tuulest ning mis on mõjutatud lokaalsest hästi liigestatud rannajoonest ja varieeruvast batümeetriast. Näiteks Paatsalusse suunduva alternatiivide maabumiskoha lähistel on ca 2,5 km pikkune maasäär, mis jagab Paatsalu lahe suudmeosa kaheks. Liivi lahe idarannikul on piki rannikut domineerivad hoovused mõõdetud arendusalast mõnevõrra lõunas ja edelas, vastavalt Matsiranna ja Kõiguste lähedal (Suursaar et al., 2012). Suursaar et al. (2012) kalibreerisid hoovusmõõtmiste abil edukalt numbrilise 2D mudeli, mille abil hindasid domineerivate tuulte mõju tsirkulatsioonile. Lahe põhjaosa idaküljel domineerib piki rannikut põhjasuunas (st. Suure väina suunas) voolav hoovus ida-, kagu- ja lõunakaarte tuultega ning lõunasuunas voolav hoovus lääne-, loode- ja põhjakaarte tuultega. Saaremaa kagurannikul domineerib voolamine kirdesuunas (st. Suure väina suunas) lõuna- kagu ja läänetuultega ning voolamine edelasuunas põhja-, kirde- ja idatuultega (Suursaar et al., 2012). Kolm alternatiivi läbivad väga madalat merelahte Pädaste lähedal, nn. Pädaste lõppu.

Veekogumid ja nende seisund

Kavandatava tegevuse alternatiivid on planeeritud kolme rannikumere veekogumi alal: Väinamere rannikuvesi, Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi ja Liivi lahe loodeosa rannikuvesi. Neist viimased kaks vastavad rannikuveekogumite veetüübile R6 ja esimene tüübile R5 (Tallinna Tehnikaülikool, 2023). Alt1-Alt3 läbivad Liivi lahe kirdeosa ja loodeosa veekogumeid ning Alt4-Alt12 Liivi lahe kirdeosa ja Väinamere veekogumeid.

Viimase Eesti mereala seisundihinnangu eutrofeerumise indikaatorite koondhinnangu järgi oli kõigis kolmes veekogumis hea keskkonnaseisund saavutamata (Tallinna Tehnikaülikool, 2023). Seejuures koondhinnangu usaldusväärsus Liivi lahe kirdeosa rannikuvee veekogumis oli kõrge, ülejäänud kahel oli hinnangu usaldusväärsus keskmine. Usaldusväärse hinnangu antakse igale indikaatorite nulli ja ühe piires ja arvesse võetakse andmete ajalist, ruumilist, tulemuse täpsuse ja meetodilist usaldusväärstust (Tallinna Tehnikaülikool, 2023). Toitainete ja vee läbipaistvuse indikaatorid eraldivõetuna andsid samuti tulemuseks, et kolmes veekogumis

oli hea keskkonnaseisund saavutamata. Keskkonnaseisund eutrofeerumise indikaatorite järgi ei ole kolmel alal erandlik, vaid pigem peegeldab Eesti rannikumere üldist merekeskkonna seisundit.

1.3.2. Merepõhja setted

Merepõhja pinnakatte kirjeldamisel lähtume peamiselt Eesti Geoloogiateenistuse hinnangust (Eesti Geoloogiateenistus, 2025) ja hiljutisest Väinamere setete kaardistusest (Tuuling et al., 2023). Merepõhja pinnakatte omadustest sõltub kaablipaigaldustöödega tekkiva heljumi leviku potentsiaalne ulatus. Peeneteraline materjal püsib veesambas kauem ja selle levik võib olla laiaulatuslikum. Jämedateralisema materjali levik on tunduvalt tagasihoidlikum. Trassialternatiivide mandripoolses osas on valdavalt tegemist moreeniga, mida katab väga õhuke (<5 cm) Holotseeni põhjasetete kiht. Tegemist on madala alaga, mis on lainetuse ja hoovuse poolt aktiivselt mõjutatud ja kuhu setted ei akumuleeru. Suure väina keskosas Virtsu poolsaare ja Viirelaiu vahelisel sügavamal alal, kus kulgevad Alt4-A112, on pehmete setete (savid, mudad) ala. Settekihi paksus ei ületa seal mõnikümmend cm. Suures väinas, kaablitrassi alternatiividest põhjas, Kesselaiu ja Muhu vahel olevas sügavamas piirkonnas analüüsitud radionukliid ^{137}Cs kontsentratsioonid näitasid maksimaalseid sisaldusi 7 cm sügavusel, mis annab keskmiseks settimiskiiruse hinnanguks 0,21 cm/a ($\pm 0,03$ cm) (Eesti Geoloogiateenistus, 2022).

Alt1-Alt3 paiknemise lõunapoolses (Saaremaapoolses osas) osas on setete uuritus tagasihoidlikum, kuid vastavalt Eesti Geoloogiateenistuse (2025) hinnangule ei ole eeldatavasti peeneteraliseid setted trasside piirkonnas prevaleerivad. Esineb eriteralist liiva, segasetet, liivakat kruusa. Väikese väina pikendusel võib esineda trassidel Alt1-Alt3 aleuriitne piirkond. Väikeses väina kahest trassi alternatiivist esineb aleuriiti rohkem tõenäoliselt tammile lähemal ehk põhjapoolsema trassi puhul (Eesti Geoloogiateenistus, 2025; TTÜ meresüsteemide instituut, 2021a).

1.3.3. Ohtlikud ained merepõhja setetes

Suurest väinast on võetud setteproove ohtlike ainete määramiseks 2019. ja 2021. aastal Virtsu lähistelt (Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2022, 2020). Mõlemal aastal ületasid määramispiiri kaadmiumi; fluoranteeni; plii; elavhõbeda; dioksiinide, ja dioksiini laadsete

ühendite ning ainult 2021. aastal benso(a)püreeni, benso(g,h,i)perüleen, benso(k)fluoranteeni ja indeno(1,2,3-cd)püreeni; kuid ükski kontsentratsioon ei ületanud piirväärtust vastavalt keskkonnaministri määruses „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused“ toodud piirmääradele.

2020. aastal võeti Suurest väinast ja viimasest lõunasse jäävalt alalt setteproove ohtlike ainete määramiseks (TTÜ meresüsteemide instituut, 2021b). Suures väinas võeti proove Virtsu sadamast ja Kuivastu – Virtsu laevatee keskelt, selle sügavamast osast. Veidi kõrgemad raskmetallide sisaldused registreeriti Virtsu sadamas, kuid väärtused jäid alla piirväärtuste. Virtsu sadama akvatooriumis registreeriti kõrgeenenud benso(a)püreen, PAH-d, PCB-d; kuigi kontsentratsioonid jäid alla piirväärtuste. Virtsu sadamas registreeriti ka antud uuringu raames selgelt kõige kõrgem TBT kontsentratsioon: 14 µg/kg, mis on märkimisväärselt üle heale keskkonna seisundile vastavast kontsentratsioonist 1,3 µg/kg (HELCOM, 2023a). TBT reostuse peamiseks allikateks Läänemeres peetaksegi ajaloolise (TBT kasutamine laevakerede täiskasvamisevastase vahendina keelati lõplikult 2008. a.) reostuse lekkimine sadamatest, väikesadamatest, laevatehaste piirkondadest (Egardt et al., 2017; Eklund and Watermann, 2018; Filipkowska et al., 2014; Kuprijanov et al., 2021; Roots and Roose, 2013; Suzdalev et al., 2015). Kuivastu-Virtsu laevatee lähedalt registreeriti kõrgeenenud TBT, PAH-de ja benso(a)püreeni sisaldused, mis jäid siiski alla piirväärtuste. Piirväärtust ületas antratsen (34 µg/kg), mille töö autorid (TTÜ meresüsteemide instituut, 2021b) seostasid pikaajalise laevaliiklusega Muhu ja mandri vahel.

Liivi lahe loodeosa rannikuveekogumist ja Liivi lahe kirdeosa rannikuveekogumist võeti proove ohtlike ainete määramiseks 2022. aastal (Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2023). Kontsentratsioonid settes ületasid enamike ainete puhul määramispiiri, kuid jäid alla piirväärtuste. Alt1-Alt3 kulgemise piirkonnas on võetud setteproov ohtlike ainete määramiseks Suurest väinast lõunas (TTÜ meresüsteemide instituut, 2022). Ühegi aine sisaldus piirnorme ei ületanud. Nii Suures väinas kui ka Liivi lahe kirdeosa- ja loodeosa rannikuveekogumis ületasid piirväärtuse vaid elavhõbeda sisaldused kalades (Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2023, 2022, 2020).

2020. a. Väikesest väinast võetud setteproovide analüüside tulemused (Liblik et al., 2024) näitasid, et tammi lähistel on settes kõrgeenenud ohtlike ainete sisaldused. Väina kagupoolses osas tammist 560 m kaugusel mõõdeti erinevate raskmetallide sisaldused 3-6 korda kõrgemad võrreldes tammist 5 km kaugusel oleva jaamaga. Ka PAH-id, PCB-d, benso(a)püreen, antratseen ja benso(k)fluoranteen olid tammist kagusse jääval küljel veidi kõrgeenenud. Kõrgemaid kontsentratsioone saab tõenäoliselt selgitada autoliiklusega tammil. Raskmetallide sisaldused sihtarve (keskkonnaministri 28.06.2019 määruse nr 26 "Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases" järgi) siiski ei ületanud. Sihtarvu ületas benso(a)püreeni sisaldus (160 µg/kg) ühes proovis. Antratseeni sisaldus ületas ühes proovis (23 µg/kg) piirarvu. Sama uuringu raames tammi vahetust lähedusest võetud setteproovid näitasid tendentsi, et ohtlike ainete sisaldused on kõrgemad tammist kagus. Ei ole võimalik kinnitada, kas tegemist oli lokaalse vaatlusega või selline tendents ongi valdav. Selgitus tendentsile võib olla seotud tuulerežiimiga. Piirkonnas prevaleerivate läänekaarte tuultega (Žukova, 2009) kandub tammilt tulev reostus pigem tammist idasse (väina kagupoolsesse osasse).

Mõõtmistulemused näitavad, et tõenäoliselt on kaablitrasside piirkonnas setted valdavalt heas seisundis. Lokaalseid reostusi täielikult välistada ei saa ning selle määramatuse vähendamiseks tuleks projekti järgmises faasis võtta eelvaliku käigus sõelale jäänud kaablitrassidelt setteproove ohtlike ainete määramiseks ning vajadusel hinnata ka ohtlike ainete kumulatiivset mõju.

1.3.4. Fosfor

2020-2021. aastal Suurest väinast võetud setteprofiilides jäi fosfori sisaldus vahemikku 274-690 mg/kg kuivmassis, millest mobiilne fosfor moodustas 40-60% (Eesti Geoloogiateenistus, 2022). 2020. aastal Virtsust võetud setteproovis oli sisaldus 370 mg/kg ja Kuivastu-Virtsu laevatee lähistel 400 mg/kg (TTÜ meresüsteemide instituut, 2021b). 2024. aastal Suurest väinast võetud proovis oli sisaldus 631 mg/kg, millest mobiilne osa oli 197 mg/kg (Tallinna Tehnikaülikool, 2024). Väikese väina kaguosa pindmises settes saadi 2020. aastal sisalduseks ca 500 mg/kg (Liblik et al., 2024) ning Suurest väinast lõunas 430 mg/kg (TTÜ meresüsteemide instituut, 2021b). Kirjeldatud mõõtmised on sihitud akumulatsioonialadele. Suur osa kaablitrasside koridoridest ei ole akumulatsiooni alad ning nendel aladel eeldatavasti on sette fosfori kontsentratsioonid tunduvalt väiksemad või nullilähedased.

Vastavalt EstModel hinnangutele (<https://estmodel.app/>, 14.06.2025) saabub Väinamere rannikuvee kogumisse suurusjärgus 3-6 t ning Liivi lahe loodeosa ja kirdeosa kogumitesse mõlemasse 10-30 tonni fosforit aastas. Piirkonna suurim koormus maismaalt saabub Matsalu lahe veekogumisse suubuva Kasari jõega, mis toob merre 20-40 t fosforit aastas. Arvestatav osa sellest jõuab ka Väinamere veekogumisse. Tunduvalt suuremad toitainete vood piirkonda leiavad aset horisontaalse transpordi käigus naabermerealadelt (Astok et al., 1999; Tallinna Tehnikaülikool, 2024). See tähendab, et arendusala piirkonna merekeskkonna seisundis mängib suurt rolli Liivi lahe üldseisund. Liivi lahe fosforikoormust on võrreldes 1997-2003 referentsperioodiga 27% vähendatud, kuid lahe seisund eutrofeerumise indikaatorite järgi ei ole endiselt hea (HELCOM, 2023b). Liivi lahte jõuab aastas suurusjärgus 1500-3000 t fosforit, millest suur osa on inimtekkeline ja saabub maismaalt. Maksimaalne aktsepteeritav fosfori koormus Liivi lahte Läänemere tegevuskava järgi on 2020 t (HELCOM, 2021), millest sissekanne viimastel aastatel üle ei ole olnud (HELCOM, n.d.). On näidatud, et setete resuspensiooni sündmuste ajal tõuseb Väinameres üldfosfori sisaldus veesambas 2-3 korda (Suursaar et al., 2001). Sarnast tendentsi kinnitavad ka mõõtmised Väikeses väinas (Liblik et al., 2024). Ei ole selge, kui suur osa resuspensiooniga veesambasse tõmmatud fosforist on primaarproduksiooniks kohe kasutatav.

Olemasolevatest uuringutest võib järeldada, et mõnedel akumulatsioonialadel kaablitrasside alternatiivide piirkonnas võib fosfori sisaldus settes ületada 500 mg/kg kuivmassis, kuid akumulatsioonialad ei ole trassidel valdavad. Trasside vahetus läheduses ei ole suuri jõgesid, mis tooksid piirkonda fosforit. Lähim suurem jõgi on Kasari. Olulist rolli trasside fosfori sisalduses mängib Liivi lahe üldine seisund ning veevahetus naaberaladega. Arvestatav roll võib olla ka setete resuspensioonil. Süvistamise mõju merekeskkonna seisundile täpsemaks hindamiseks tuleks projekti järgmises faasis võtta eelvaliku käigus sõelale jäänud kaablitrassidelt setteproove üldfosfori määramiseks.

2. Alternatiivide mõju

2.1. Alternatiivide mõju kirjeldus

Järgnevalt on kirjeldatud tegevuse potentsiaalne mõju vee kvaliteedile. Vaatleme eraldi kuute piirkonda: mandrirannik, Saaremaa rannik (v.a. Väikese väina piirkond), Liivi lahe avaosa, Suur väin, Väike väin, Pädaste lõpp. Erinevad trasside kombinatsioonid nendes piirkondades annavad kokku 12 alternatiivi. Kirjeldamiseks hoovustingimusi eripiirkondades oleme teinud väljavõtted Copernicuse mereteenuse operatiivsest mudelproduktist, 1-h sammuga neljas asukohas (joonised 2.1.1-2.1.3). Produkt on liiga suure ruumisammuga andmaks detailset infot hästi liigestunud batümeetriaga uurimispiirkonna kohta ning tõenäoliselt veidi alahindab hoovuskiiruseid; kuid projekti alternatiivide eelvaliku faasis pakub piisavat taustainfot hoovuste kohta piirkonnas.

Mandrirannik

Kõik kaablitrasside alternatiivid saavad alguse mandri rannikult. Ülejäänud alternatiividest eristuvad siin Paatsalust lähtuvad ja Muhusse suunduvad trassi alternatiivid (Alt4, Alt5, Alt6), mis asetsevad paralleelselt rannikuga Paatsalu Pivarootsi vahelisel ca 5,7 km lõigul. Ülejäänud trassi alternatiividel on mandri rannikutsoonis lühemad lõigud, need suunduvad otse Saaremaale (Alt1-Alt3) või sisenevad merre põhja poolt (Alt7-Alt12).

Mandri lähistel domineerivad piki rannikut, loode-kagusuunalised hoovused (joonis 2.1.6-2.1.7). Seejuures on loodesuunaline voolamine seal sagedasem, kui kagusuunaline voolamine. Seega, võib eeldada, et heljum levib siin piirkonnas piki rannikut ja tõenäosem on levik Suure väina suunas. Mandri lähistel on valdavalt tegemist moreeniga, mida katab väga õhuke (<5 cm) Holotseeni põhjasetete kiht (Eesti Geoloogiateenistus, 2025). Võttes arvesse piirkonna sügavused, hoovuskiirused ja settimiskiirused Dietrich (1982) järgi, saame, et veesamba pinnakihti jõudev peenliiv leviks algasukohast keskmiselt ca 300 m kaugusele. Suuremate osakeste levimiskaugus on oluliselt väiksem. Aleuriidi leviku kaugus on oluliselt suurem ning siin mängib peale settimise olulist rolli horisontaalne difusioon ja heljumi hajumine. Tegemist

on madala alaga, mis on lainetuse ja hoovuse poolt aktiivselt mõjutatud ja kuhu peenemad setted pikaajaliselt ei akumuleeru (Eesti Geoloogiateenistus, 2025; OÜ Corson, 2008).

Ohtlike ainetega reostumist olemasoleva info põhjal trasside piirkonnas fikseeritud ei ole, kuid selles veendumiseks tuleks võtta proovid ainete määramiseks. Tõenäoselt on potentsiaalselt reostunud setted maabumiskohtade lähedal, kui need peaksid olema inimtegevusega mõjutatud, näiteks (endised) sadamakohad või paadilautrid. Nii Hanilast, kui Paatsalust lähtuva trassikoridori alal või selle lähistel on lautreid. Arvestatavat fosfori eraldumist rannikutsoonist süvendusel tõenäoliselt aset ei leia. Tegemist ei ole akumulatsioonialadega.

Kuigi tegemist ei ole akumulatsioonialadega, siis tehakse Alt4-Alt6 puhul madalas mandriranniku meres setetega töid rohkem ca 77 000 m³ ulatuses võrreldes teiste Muhusse suunduvate alternatiividega Alt7-Alt12. Kuna alternatiivid Alt1-Alt3 suunduvad madalmerest otse risti rannikut sügavamale merre, siis on nende mõju võrreldes Alt4-Alt12 mandri ranniku vee kvaliteedile väiksem.

Viimase tõttu on mõju vee kvaliteedile, eelkõige vee läbipaistvusele kõige pikaajalisem mandri rannikul just alternatiividega Alt4-Alt6. See võib olla oluline linnustiku seisukohalt, sest tegevus toimub Väinamere (Pärnu) hoiualal, mille kaitse-eesmärk on nõukogu direktiivi 79/409/EMÜ I lisas nimetatud linnuliikide ja I lisas nimetatud rändlinnuliikide elupaikade kaitse. Alternatiivid Alt4-Alt12 mõjutavad vee kvaliteeti (eelkõige vee läbipaistvust) rannikutsoonis ka Puhtu Laelatu looduskaitsealal ja Väinamere (Pärnu) hoiualal. Vee läbipaistvuse ajutine muutumine võib olla oluline linnustikule, põhjaelustikule ja nende elupaikadele ka nendel looduskaitsealadel.

Settinud heljum suures mandri rannikule pikaajaliselt pidama ei jää, sest tegemist ei ole akumulatsioonialadega. Töödega tekitatud heljum võib tugevamate laine ja/või hoovussündmuste käigus korduvalt veesambasse jõuda, vee läbipaistvust vähendada ning edasi levida. Käesolevas töös ei ole võimalik anda kvantitatiivset hinnangut alternatiivide mõju erisusele, kuid mandri ranniku piirkonna seisukohalt on kvalitatiivne alternatiivide eelistus:

- 1) Alt1-Alt3;
- 2) Alt7-Alt12;
- 3) Alt4-Alt6.

Saaremaa rannik

Saaremaa rannikule suunduvad trassi alternatiivid Alt1-Alt3. Maabumine toimub Kahtla-Kübassaare hoiuala territooriumil. Trasside Saaremaa rannikulähedases osas domineerivad samuti piki rannikut, edela-kirdesihis hoovused (joonised 2.1.10-2.1.11), mistõttu võib eeldada ka siin heljumi levikut piki rannikut. Kuigi trasside Saaremaapoolses osas on setete uuritus tagasihoidlikum, on ka siin vastavalt Eesti Geoloogiateenistuse (2025) hinnangule peeneteraliste setete osakaal tagasihoidlik ning olemasoleva info valguses ka siin massiivse heljumi pilve tekkimine ei ole tõenäoline. Võttes arvesse piirkonna sügavused, hoovuskiirused ja settimiskiirused Dietrich (1982) järgi, saame, et veesamba pinnakihti jõudev peenliiv leviks algasukohast keskmiselt ca 200 m kaugusele. Kuna rannikutsoon on madal ja avatud lainetusele, siis võib settinud materjal korduvalt veesambasse resuspendeeruda.

Ohtlike ainete reostumist olemasoleva info põhjal trasside piirkonnas fikseeritud ei ole, kuid selles veendumiseks tuleks võtta proovid ainete määramiseks. Arvestatavat fosfori eraldumist rannikutsoonist süvendusel tõenäoliselt aset ei leia. Tegemist ei ole akumulatsioonialadega. Kõik kolm Saaremaale suunduvat trassi maabuvad Saaremaa rannikul täpselt ühtviisi ning mingit erinevust siin alternatiividel Alt1-Alt3 ei ole. Ülejäänud alternatiivid Saaremaa rannikumerd väljaspool Väikest väina ei mõjuta.

Liivi lahe avaosa

Alt3 läbib võrreldes Alt1 ja Alt2 alternatiiviga Liivi lahe avaosa veidi lõunapoolt. Trassi alternatiivide Alt1-Alt3 sügavamas, rannikutest kaugemas piirkonnas esineb eriteralist liiva, segasetet, liivakat kruusa (Eesti Geoloogiateenistus, 2025). Väikese väina pikendusel võib trassidel esineda aleuriitne piirkond (Eesti Geoloogiateenistus, 2025), kust võib tekkida arvestaval hulgal heljumit. Ei ole selge, kui suures ulatuses Alt1-Alt3 pehmete setetega piirkondi puudutavad, kuid kui võtame olemasoleva info valguses negatiivseima stsenaariumi eelduseks, et pehmete setetega ala läbitakse 10 km ulatuses, siis liigutatakse ca 135 000 m³ pehmeid setteid. Sügavamatel aladel kasutatakse lahendust, kus süvendusmasin uhub merepõhja “vao“, mis tähendab, et arvestatav osa materjalist satub potentsiaalselt veesambasse.

Hoovused on rannikust eemal varieeruvama suunaga ning nõrgemad (joonised 2.1.8-2.1.9), mistõttu võib siin heljumi leviku suund olla isotroopsem ja vähem prognoositavam. Võttes arvesse piirkonna sügavused, hoovuskiirused ja settimiskiirused Dietrich (1982) järgi, saame, et veesamba pinnakihti jõudev peenliiv leviks algasukohast keskmiselt ca 400 m kaugusele.

Avamere sügavamates piirkondades on heljumi mitmekordne resuspendeerumine ja edasi levimine võrreldes rannikutsooniga tagasihoidlikum.

Ohtlike ainete ga reostumist olemasoleva info põhjal trasside piirkonnas fikseeritud ei ole, kuid selles veendumiseks tuleks võtta proovid ainete määramiseks. Trassi sügavamates osades võib fosforit veesambasse vabaneda. Andmed fosfori sisalduse kohta settes on puudulikud. Trassidele suhteliselt lähedal olevas jaamas on mõõdetud fosfori sisalduseks settes 430 mg/kg (TTÜ meresüsteemide instituut, 2021b).

Võtame eelduseks, et liigutatakse 135 000 m³ pehmeid setteid ning fosfori sisaldus selles on 430 mg/kg. Samuti eeldame, et 30% liigutatavast settest suspendeerub veesambasse (Swanson et al., 2006). Võttes meresette tiheduseks 1200 kg/m³ ja vee sisalduseks 65% (Ausmeel, 2022; Eesti Geoloogiateenistus, 2022) ja eeldades, et mobiilse fosfori osakaal on ca 40% (Ausmeel, 2022), saame, et veesambasse pääseks ligikaudu 3 tonni mobiilset fosforit. Liivi lahe loodeosa ja kirjeosa rannikumere veekogumitesse jõuab maismaalt kokku 30-60 tonni fosforit aastas (<https://estmodel.app/>, 14.06.2025). Liivi lahte tervikuna jõuab aastas suurusjärgus 1500-3000 t fosforit (HELCOM, n.d.). Kui trasse Alt1-Alt3 käsitletakse ka järgmises etapis, siis hinnangute määramatuse täpsustamiseks oleks vaja võtta setteproovid fosfori määramiseks.

Olemasoleva info põhjal on Alt1-Alt3 Liivi lahe avaosas sarnase mõjuga.

Suur väin

Trassi alternatiivid Alt4-Alt12 asuvad Suures väinas ja maabuvad Kuivastust lõunas. Trass läbib Väinamere hoiuala Saare ja Läänemaa piirkonda. Suure väina keskosas, Virtsu poolsaare ja Viirelaiu vahelisel sügavamal alal on pehmete (savid, mudad) setete ala. Settekihi paksus ei ületa seal mõnikümmend cm. Siin, piki väina kulgeva laevatee piirkonnas on plaanis süvistamine 3 m sügavusele. Eeldame negatiivseima stsenaariumi puhul, et pehmete setetega ala läbitakse 4 km ulatuses, millest 1 km (laevatee piirkonnas) süvistatakse 3 m sügavuseni ning eeldame, et pehmete setetega kihi paksus on pool meetrit. Liigutatava pehme sette maht tuleb selliseid eeldusi tehes 39 000 m³ ning liigutatava sette kogumaht (kui käsitleda ka pehmest settest allapoole jäävat osa) 95 000 m³.

Suur väin on küllaltki tugevate hoovustega mereala (joonised 2.1.4-2.1.5). Hoovuse suund ja tugevus sõltuvad peamiselt tuuleoludest ja veetaseme gradientidest (Otsmann et al., 2001). Lõunasektorist puhuvad tuuled soodustavad voolamist Liivi lahest Väinamerre ja põhjakaarte tuuled vastupidist voolamist (Otsmann et al., 2001). Tugevate hoovuste tõttu on Suures väinas tekkiv heljum arendusala piirkondadest potentsiaalselt ulatuslikuma levikuga. Suurde väina

paigaldatud Rõuste-Tusti 100kV kaablitööde käigus tekkiva heljumi leviku kohta on antud eksperthinnang (TTÜ meresüsteemide instituut, 2020), mida allpool tsiteerime. Heljumi leviku suund Suures väinas sõltub parasjagu valdavast hoovuse suunast. Hoovused väinas avalduvad kui edasi-tagasi võnkumised. Enam esineb põhjasuunalist voolamist. Põhja- ja lõunasuunalise voolamise esinemise suhe on 2010-2019 statistika põhjal juulist septembrini 54 – 46 %, oktoobrist detsembrini 65 – 35 % ja jaanuarist märtsini 58 – 42 % (TTÜ meresüsteemide instituut, 2020). Sesoonsed erinevused on selgitatavad tuule sesoonsusega ja jääkate esinemisega. Sügis- ja talvekuudel on tugevate edelatuulte esinemine sagedasem (Soomere and Keevallik, 2001), kuid talvekuudel piirab tuule mõju jääkate. Seega kui heljumi tekitavad tööd viiakse läbi suvel, siis on heljumi kandumine lõunapoolsetele aladele tõenäosem, kui sügisel ja talvel. Samas on suvisel ajal keskmine tuule kiirus ja veetaseme kõikumine ja hoovuse kiirused madalamad. See tähendab, et heljumi leviku ulatus on tõenäoliselt väiksem, kui töid tehakse suvel. Võttes arvesse piirkonna sügavused, hoovuskiirused ja settimiskiirused Dietrich (1982) järgi, saame, et veesamba pinnakihti jõudev peenliiv leviks algasukohast keskmiselt ca 1 km kaugusele. Peen aleuriit võib veesambas teoreetiliselt hõljuda päevi ja levida tunduvalt kaugemale. Ilmselt hoovuse edasi-tagasi võnkumine ja horisontaalne segunemine hajutavad heljumi pilve. Virtsu sadama 2008. tehtud süvendustööde seire käigus massiivset heljumi levikut algasukohast kilomeetrite kaugusele ei tuvastatud (TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2009a), kuid tuleb mainida, et tehti ka vaid üksikuid kaardistusi. Heltermaa sadama süvenduse ajal registreeriti heljum sisalduse tõus 4-8 mg/l üle loodusliku fooni ligikaudu 1,6 km kaugusel süvendajast (Liblik and Lips, 2011).

Kuivastu-Virtsu laevatee lähedal registreeriti kõrgenenud TBT, PAH-de ja benzo(a)püreeni sisaldused, mis jäid siiski alla piirväärtuste. Piirväärtust ületas antratseen (34 µg/kg), mille töö autorid (TTÜ meresüsteemide instituut, 2021b) seostasid pikaajalise laevaliiklusega Muhu ja mandri vahel. Ei ole selge, kas selline reostus ulatub ka kaablitrassi koridori piirkonda. Viimase välja selgitamiseks tuleks trassilt võtta setteproovid.

2024. aastal Suurest väinast võetud setteproovis oli fosfori sisaldus 631 mg/kg, millest mobiilne osa oli 197 mg/kg (Tallinna Tehnikaülikool, 2024). Võttes eelduseks liigutatava pehme sette mahu 39 000 m³, mobiilse kontsentratsiooni 197 mg/kg ning rakendades samu eeldusi, mis Liivi lahe avaosa kohta tehtud arvutuse puhul, saame, et veesambasse satuks ligikaudu 1 tonn mobiilset fosforit. Väinamerre saabuvast suurimast, Kasari jõest, saabub merre 20-40 t fosforit aastas. Suurusjärg suuremad fosfori kogused saabuvad piirkonda Liivi lahest.

Kui kaablite süvistamisega jäetakse merepõhja vallid, siis võib see potentsiaalselt mõjutada veevahetust Väinamere ja Liivi lahe vahel. Lihtsustatud 2D mudeli abil tehtud uuringu põhjal on väidetud, et väina ristlõike muutmine (silla rajamisel) ei muuda oluliselt transporti kahe mereala vahel (TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2009b).

Kuna Alt4-Alt12 läbivad väina ühtviisi, siis ei ole Suures väinas tekitatava mõju vaates nende alternatiivide vahel eelistust.

Väike väin

Samad alternatiivid Alt4-Alt12, mis ületavad Suure väina, läbivad ka Väikest väina, kus on Väikese väina hoiuala. Alternatiivid Alt4, Alt5, Alt7, Alt8, Alt10 ja Alt11 läbivad väina väinatammist kaugemalt, lõunas. Alternatiivid Alt6, Alt9 ja Alt12 läbivad väina tammile lähedamalt, põhjapoolt. Mõlemal juhul on väina läbiva trassi pikkus ca 5,1 km ning liigutatava sette maht 70 000 m³.

Väikeses väina kahest trassi alternatiivist esineb aleuriiti rohkem tõenäoliselt tammile lähemal ehk põhjapoolsema trassi puhul (Eesti Geoloogiateenistus, 2025; TTÜ meresüsteemide instituut, 2021a). Seetõttu võib eeldada, et vee läbipaistvuse vähenemine on Alt6, Alt9 ja Alt12 puhul ulatuslikum ja pikaajalisem. Kuna väin on piiratud veevahetusega ja madal, siis võib arvata, et peale esialgset settimist tõstetakse lainetuse poolt sete uuesti veesambasse. Selline protsess leiab väina kagupoolses osas mõõdukate lõunakaarte tuultega aset ka praegu, mistõttu võib töödega tekitatud heljumi edasine saatus jääda ebaselgeks, kuna resuspensioon ja settimine leiab tugevama lainetusega aset nagunii. Väina kohta tehtud hoovuste modelleerimise (Liblik et al., 2024) põhjal võib eeldada, et süvistamise mõju piirdub suuresti üksnes Väikese väinaga ning väinast välja heljum arvestatavas koguses ei levi. Kuna väin on sedavõrd madal ja piiratud veevahetusega, siis on siin tugev lahustunud hapniku ööpäevane käik (Liblik et al., 2024). Orgaanikarohke materjali veesambasse tõmbamine võib hapniku tarbimist hoogustada ja süvendada öiseid miinimume.

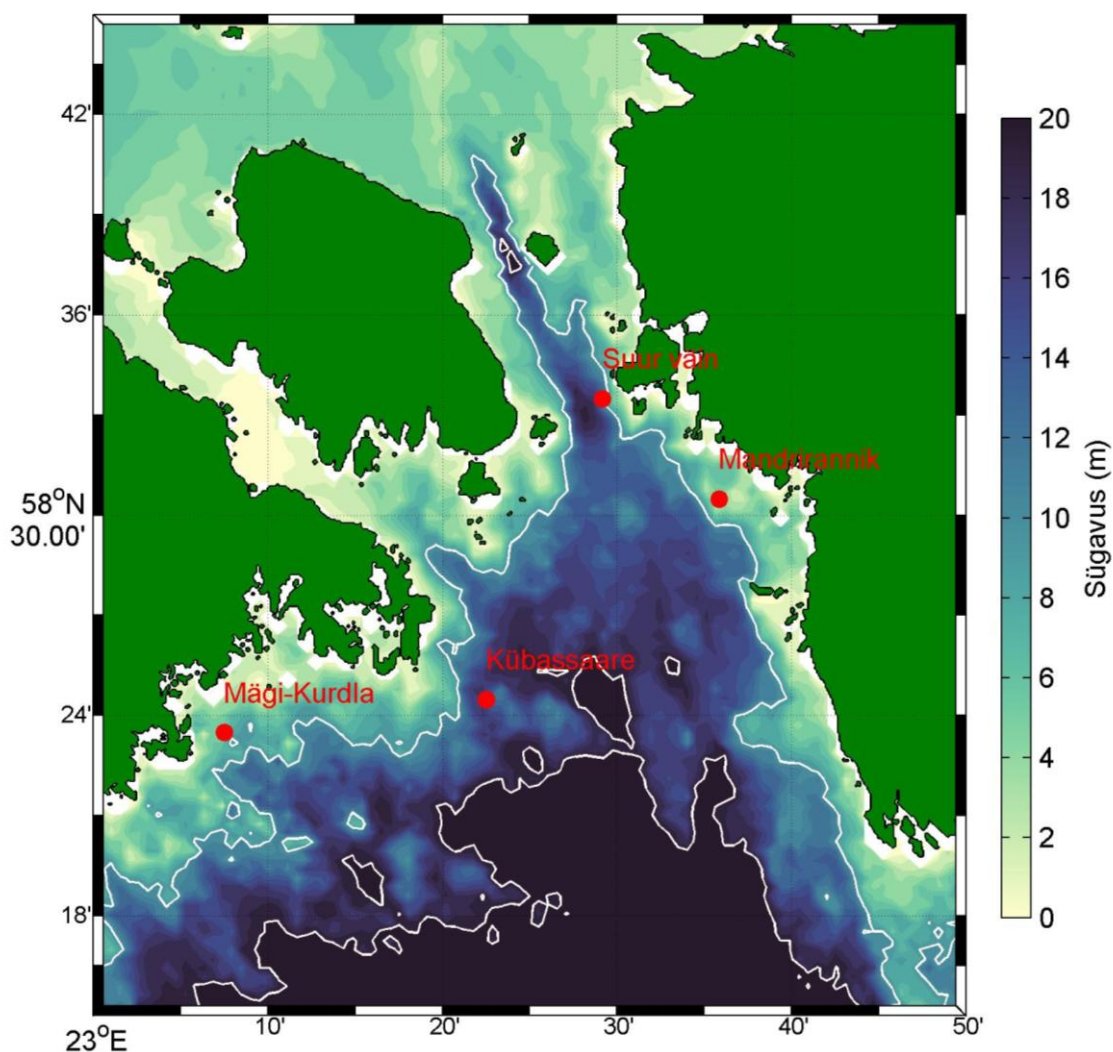
Tammi lähemal oleva trassi settes esinevad kõrgemad ohtlike ainete kontsentratsioonid. Tammi lähedal on mitmete ainete kontsentratsiooni kuni viis korda kõrgemad kui tammist ligikaudu 5 km kaugusel (Liblik et al., 2024). Ka PAH-id, PCB-d, benso(a)püreen, antratseen ja benso(k)fluoranteen olid tammist kagusse jääval küljel veidi kõrgeenenud, tammist eemal jäid nende ainete sisaldused alla määramispiiri (Liblik et al., 2024).

Fosfori sisaldused settes olid tammi lähedal 530-650 mg/kg ja tammist eemal 500 mg/kg (Liblik et al., 2024). Võttes esimesel juhul keskmiseks sisalduseks 600 mg/kg ja teisel juhul 500 mg/kg ning mõlemad juhul liigutatava sette mahuks 70 000 m³, saame, et veesambasse jõuab vastavalt 1,8 ja 1,5 tonni fosforit. Kuna veevahetus väina siseosa ja Liivi lahe vahel on suhteliselt nõrk, siis võib arvata, et enamus fosforist jääb väina ning see võib hoogustada primaarproduktiooni, millest tekkiv detriit omakorda võib intensiivistada hapniku tarbimist. Seoses viimase kahe muutusega võivad hapniku ööpäevased maksimumid ja öised miinimumid veelgi süveneda. Olemasoleva info põhjal ei ole võimalik öelda, kui tugevalt säärased muutused aset võivad leida.

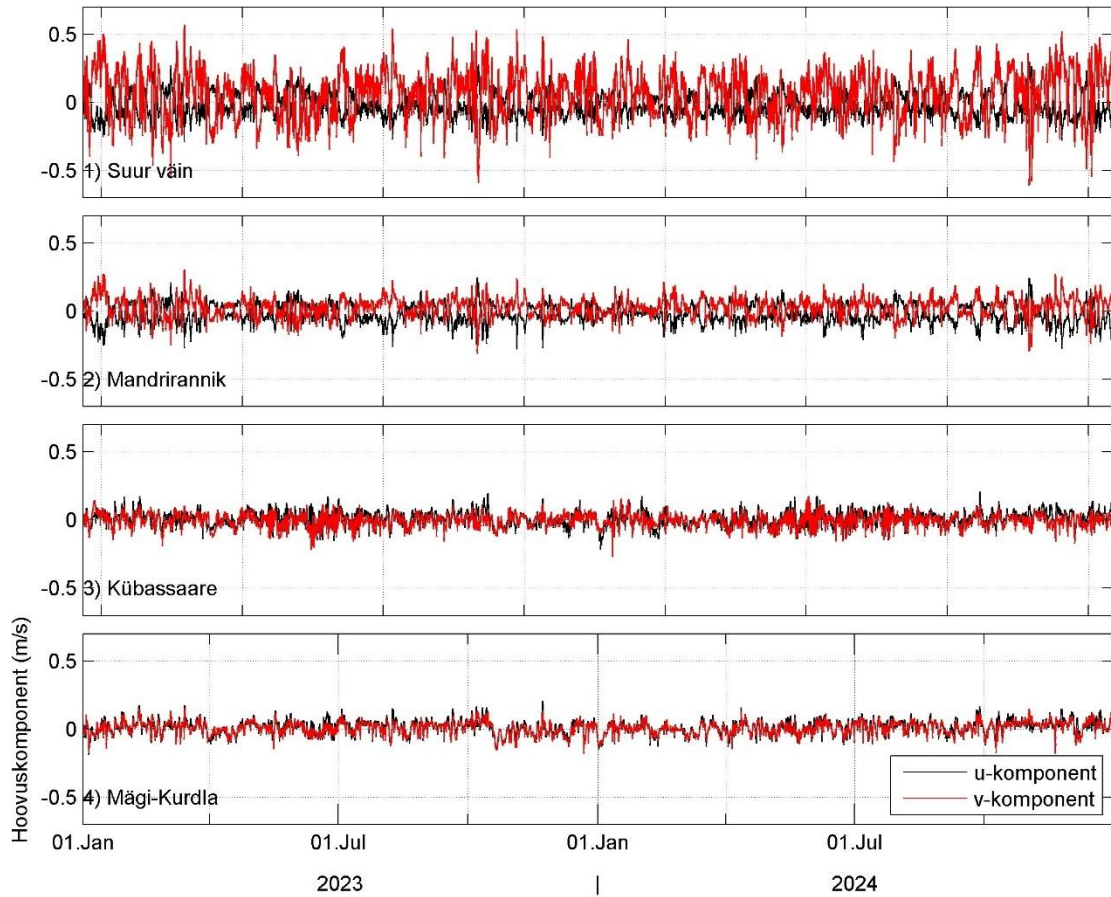
Kaablipaigaldustest alles jääv vall võib veelgi pärssida niigi kehva veevahetust tammi lähistel. 2020. ja 2021. vaatluste põhjal võis 2019. paigalduse järel tekkinud valli looduses selgelt eristada. Valli mõju kvantitatiivselt hinnatud ei ole. Ilmselt on jää, lainetus ja hoovused valli tasandanud ja selle mõju aegamööda väheneb ja lõpuks kaob. Kaablipaigalduse piirkonnas on sügavus alla ühe meetri ja põhjapoolse trassi juures on sügavused veelgi väiksemad. Nii väikeste sügavuste juures mõjutavad veevahetust ka suhteliselt tagasihoidlike mõõtmetega vallid. Muuhulgas tammilähedase veevahetuse parandamiseks töötati merestrategia meetmekava viimase ajakohastamise käigus välja meede „BALEE-M036 Väikese väina maanteetammi avade rajamine veevahetuse parandamiseks ja väina avamiseks kalade rändeteena“ (TTÜ Meresüsteemide Instituut ja TÜ Eesti Mereinstituut, 2023), mille käigus on plaanis rajada tammi 28 m laiune ava. Kui kaablitrassi rajamise käigus tekitatakse väina veevahetust piiravad vallid, siis töötavad need merekeskkonnaseisundi parendamiseks suunatud meetme vastu. Kui Väikesesse väina trassi(e) käsitletakse reaalse alternatiivina ka projekti järgmises faasis, siis tuleks olemasolevate vallide kohta teha kohapealne vaatlus, et hinnata, kui kiiresti merelised protsessid on neid tasandanud. Samuti tuleks tööde käigus valli tekkimist minimiseerida või vältida. Kui vallide tekitamist ei ole võimalik vältida, siis tuleks vallide mõju veevahetusele modelleerida.

Väikese väina vee kvaliteedi seisukohalt on eelistatud alternatiivid Alt4, Alt5, Alt7, Alt8, Alt10 ja Alt11, mis läbivad väina väinatammist kaugemalt, lõunas. Alternatiivid Alt6, Alt9 ja Alt12, mis läbivad väina tammile lähedamalt, põhjapoolt, on tõenäoliselt suurema negatiivse mõjuga. Alternatiivid Alt1-Alt3 Väikese väina vee kvaliteeti ei mõjuta.

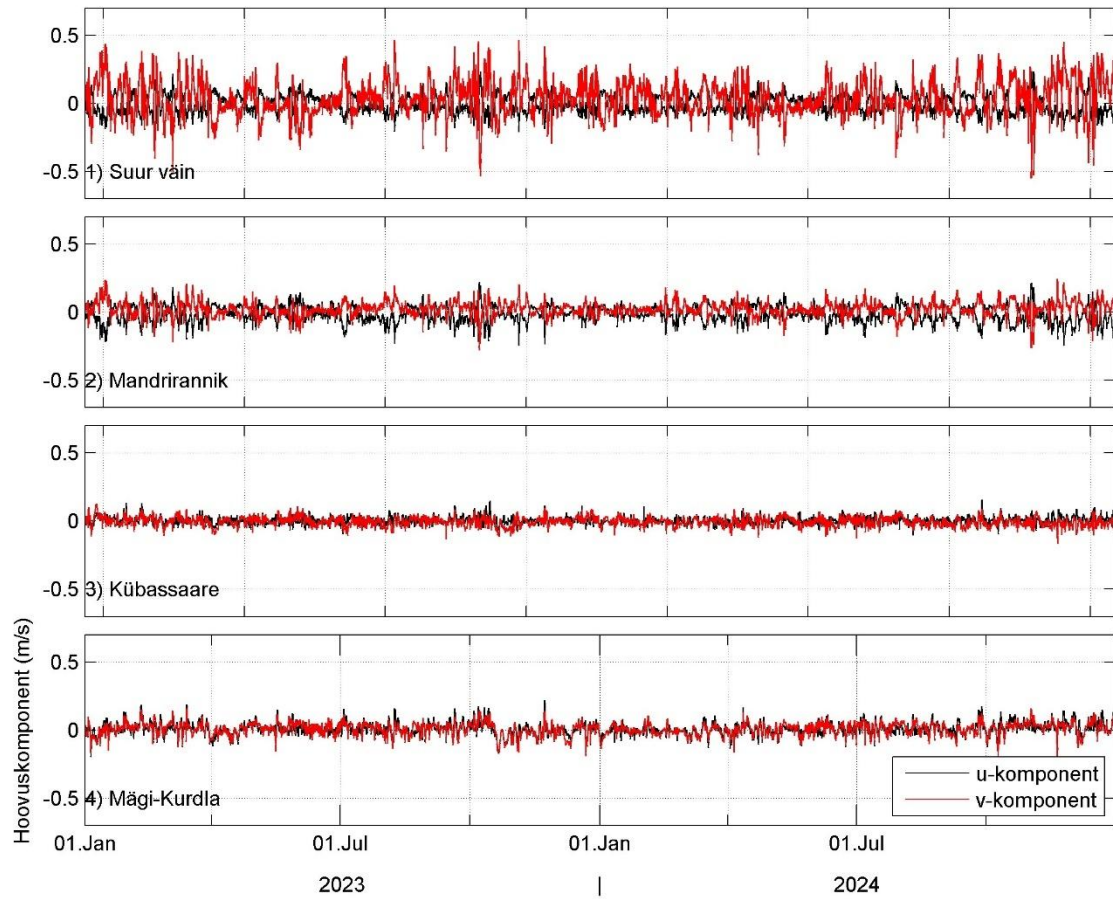
Pädaste lõpust, madalaveelisest lahest lähevad läbi Alt4, Alt7 ja Alt10 1,7 km pikkuse lõiguna, mis annab liigutatava sette mahuks 23 000 m³, mis on nii väikese ja madala poolsuletud lahe kohta igati arvestatav kogus. Laht asub Väikese väina hoiualal. Sette omaduste ja ohtlike ainete sisalduse kohta info puudub. Lahes on mõned väiksemad lautrid. Kui lahte läbivaid trasse käsitletakse reaalse alternatiivina ka projekti järgmises faasis, siis tuleks lahest võtta setteproovid nii lõimise kui ka ohtlike ainete ja fosfori määramiseks. Lahes tekitatav heljum mõjutaks vee kvaliteeti ja vee läbipaistvust lokaalselt, lahe sees. Kaablipaigaldustöödega tekitatud heljum võib tugevamate laine ja/või hoovussündmuste käigus korduvalt veesambasse jõuda ja lokaalselt lahe vee läbipaistvust vähendada.



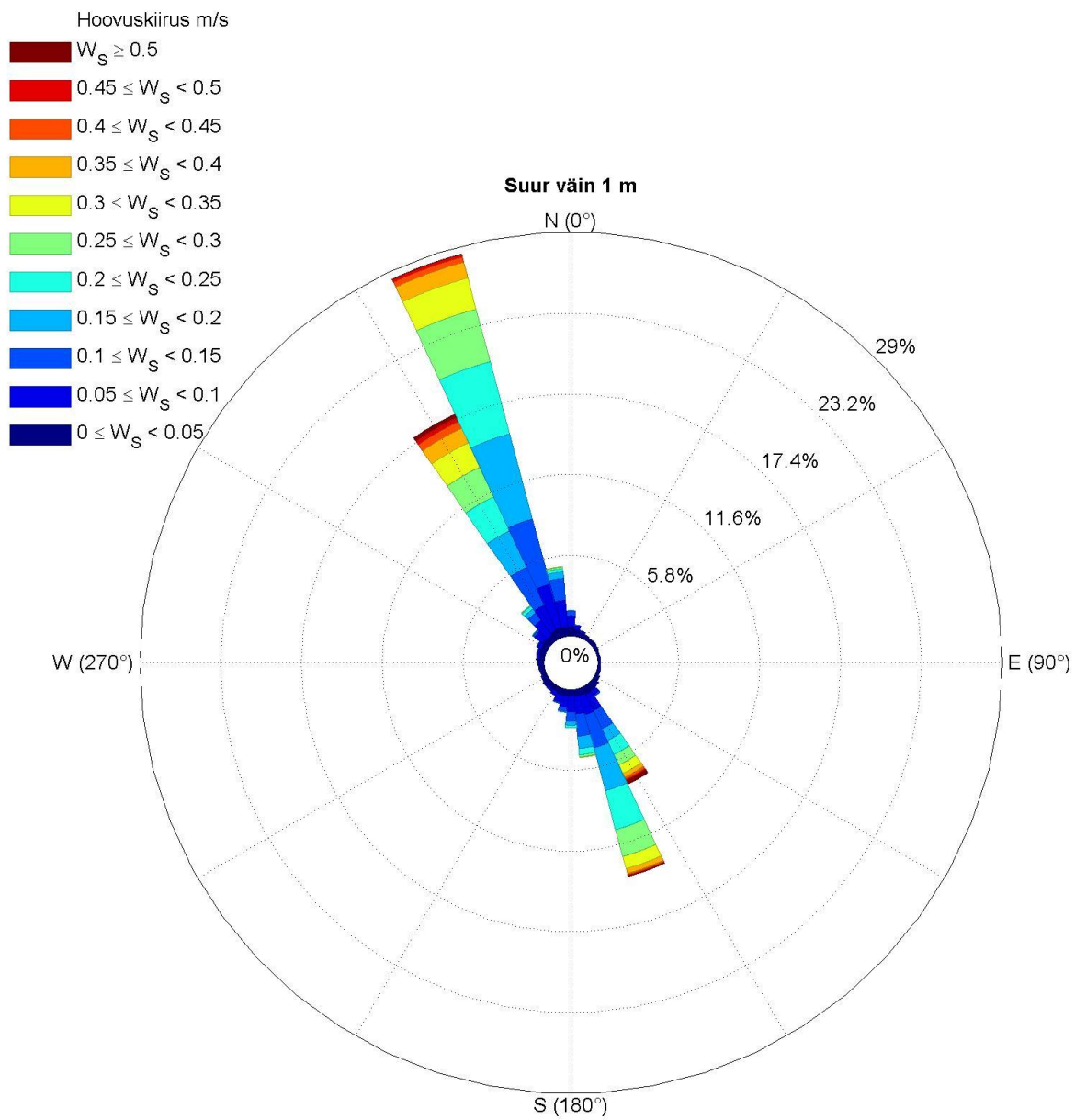
Joonis 2.1.1. Hoovusandmete väljavõtete asukohad.



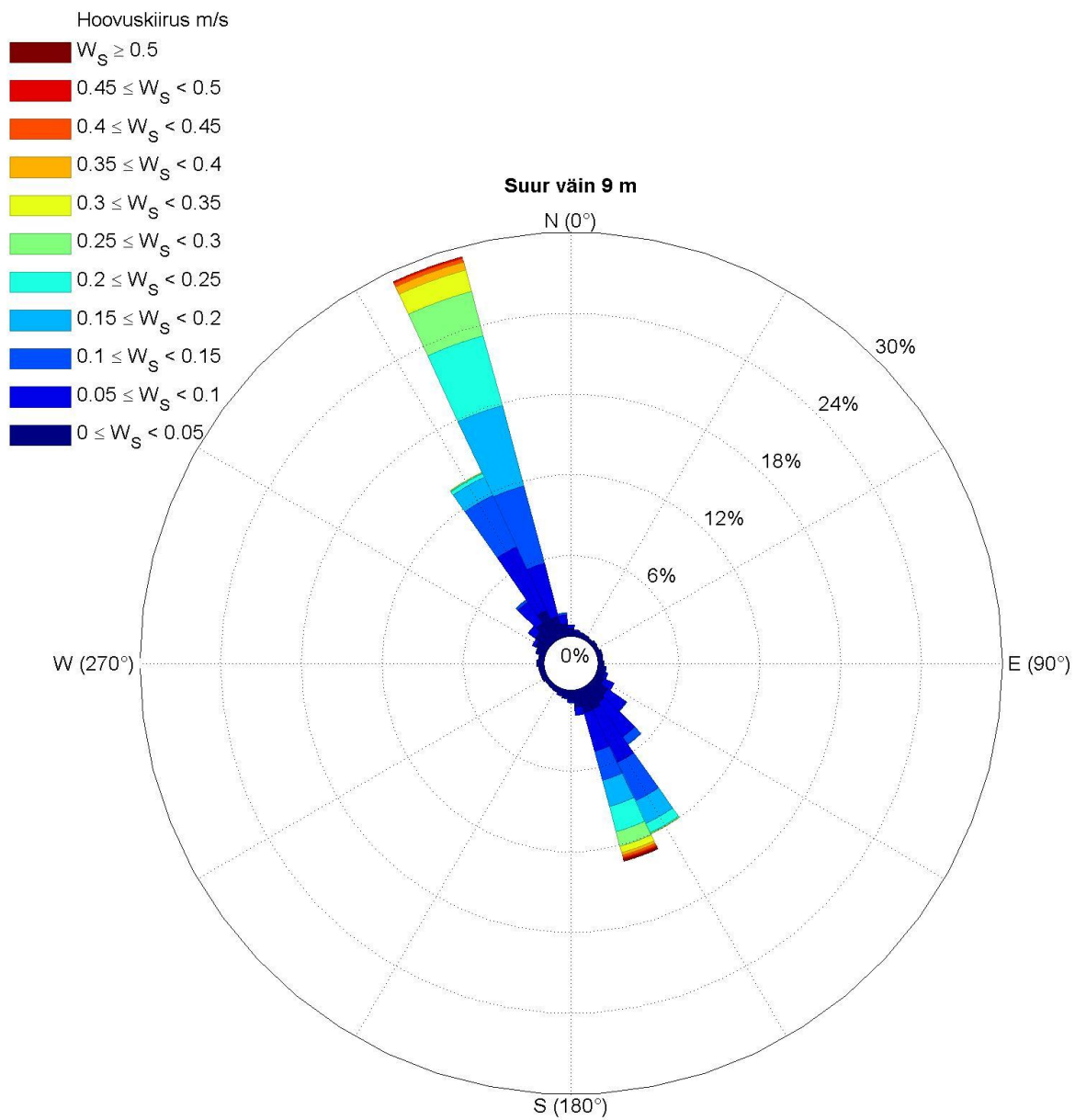
Joonis 2.1.2. Pinnakihi hoovuskomponendid neljas asukohas 2023-2024.



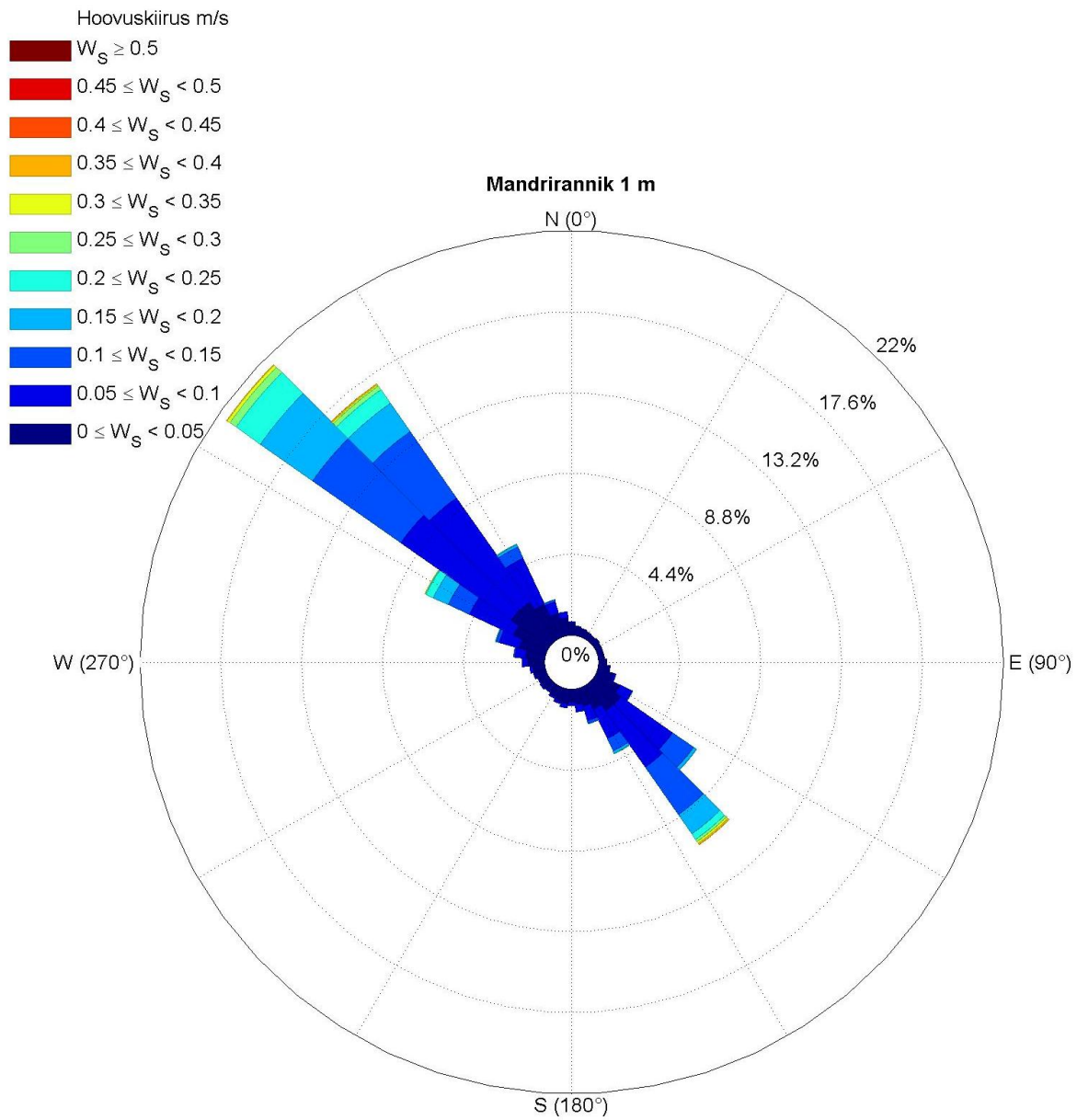
Joonis 2.1.3. Põhjalähdase kihi hoovusekomponendid neljas asukohas.



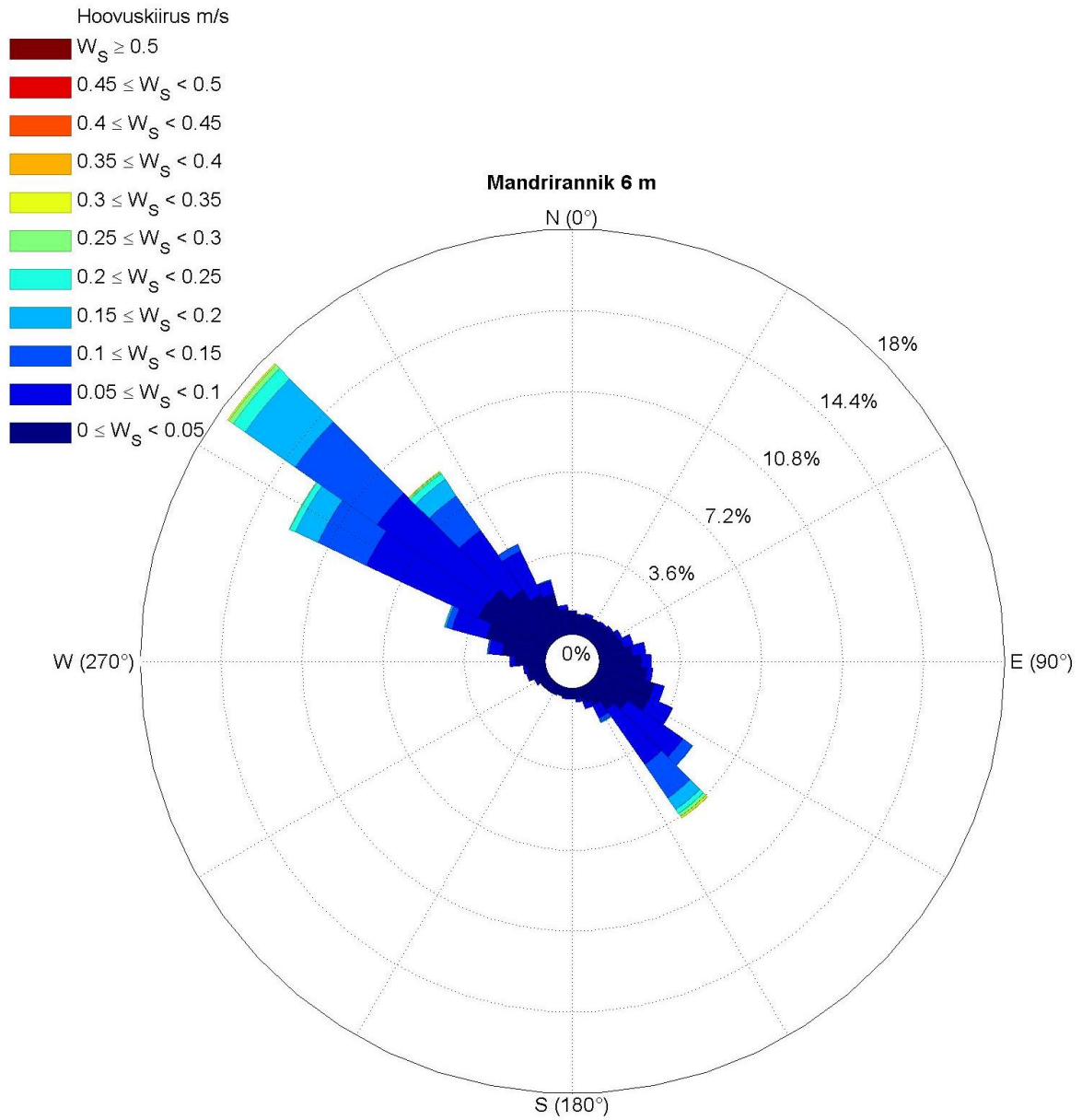
Joonis 2.1.4. Pinnahoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus Suures väinas.



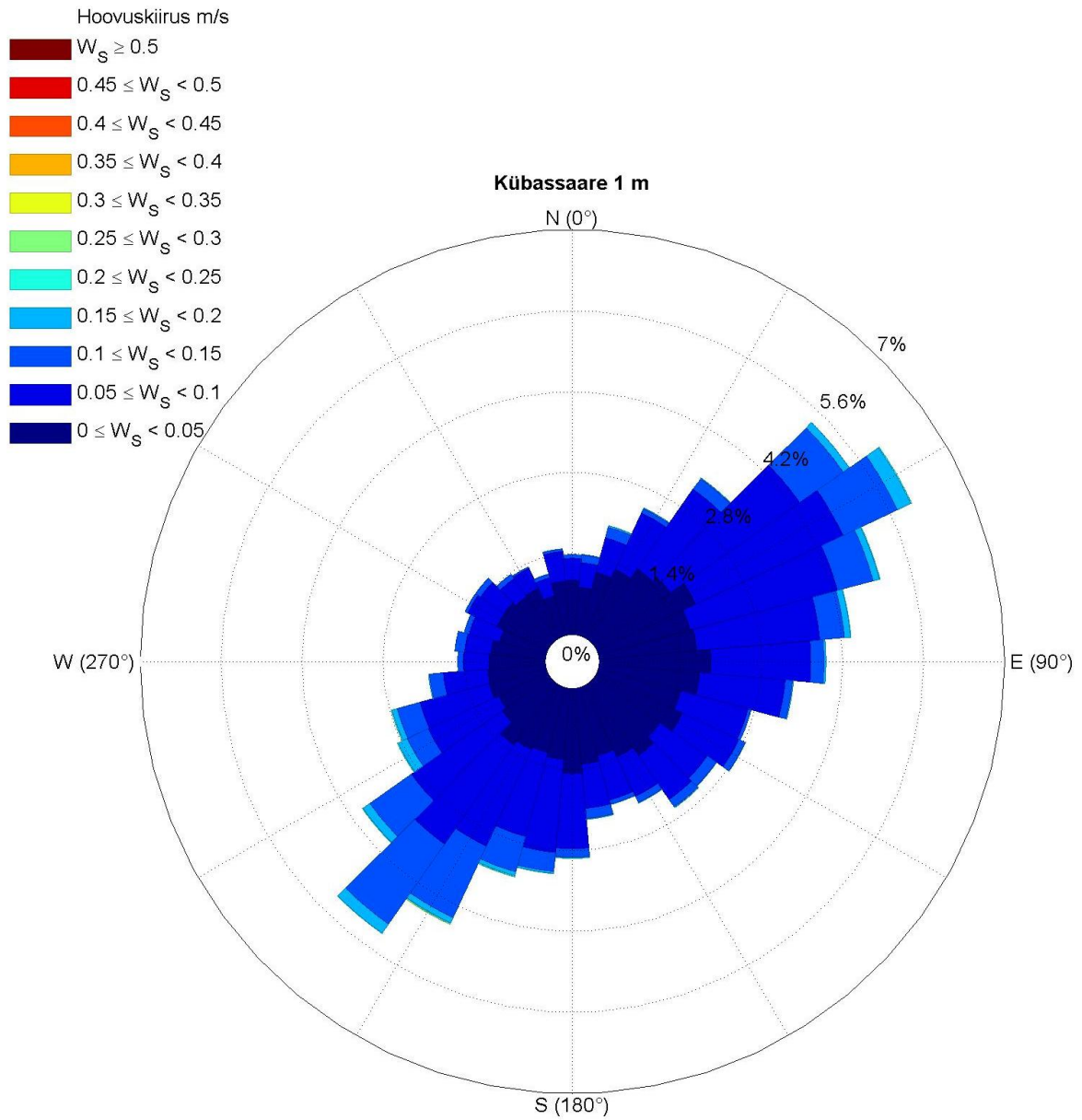
Joonis 2.1.5. Hoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus Suures väinas 9 m sügavusel.



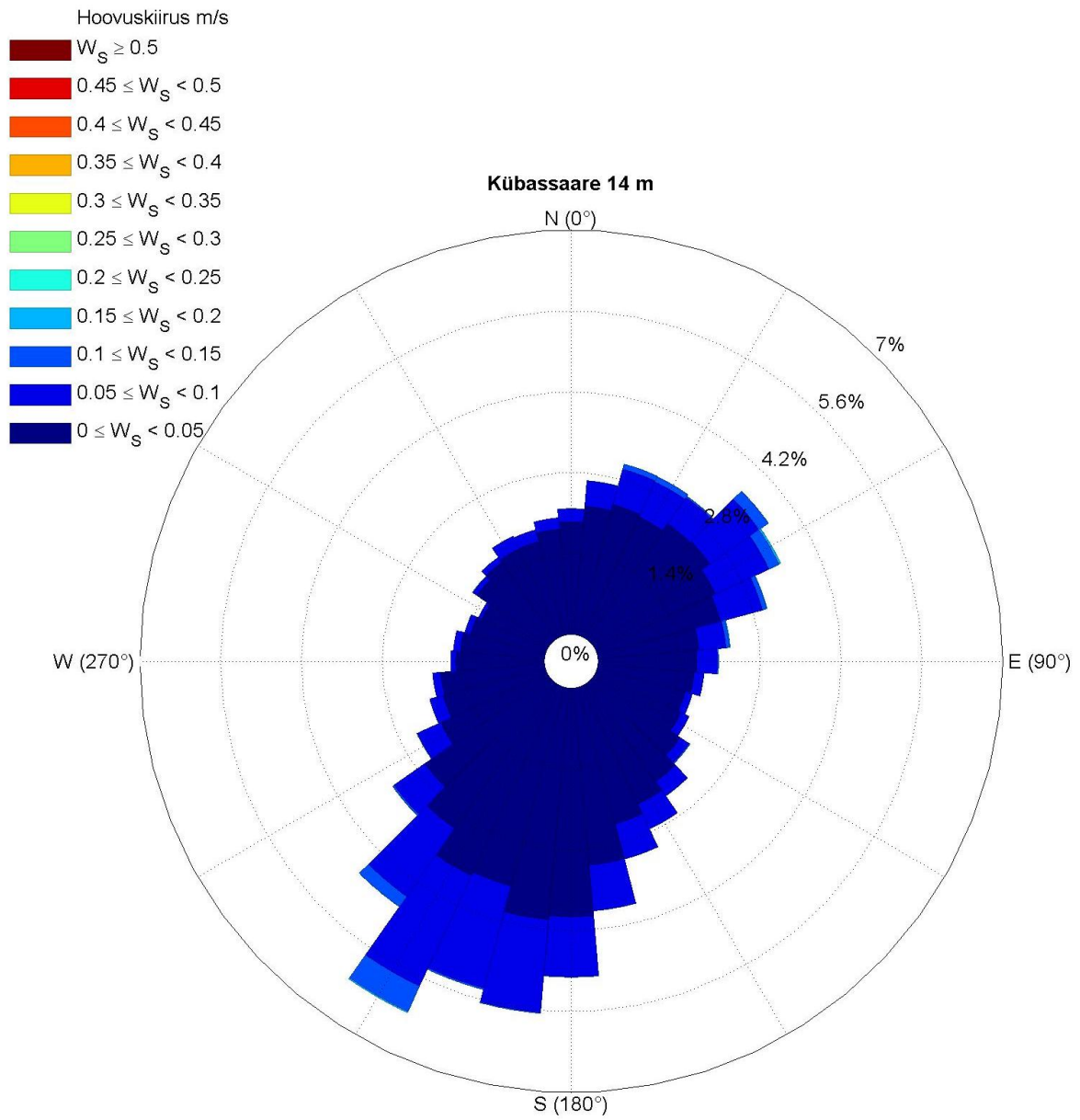
Joonis 2.1.6. Pinnahoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus mandrirannikul.



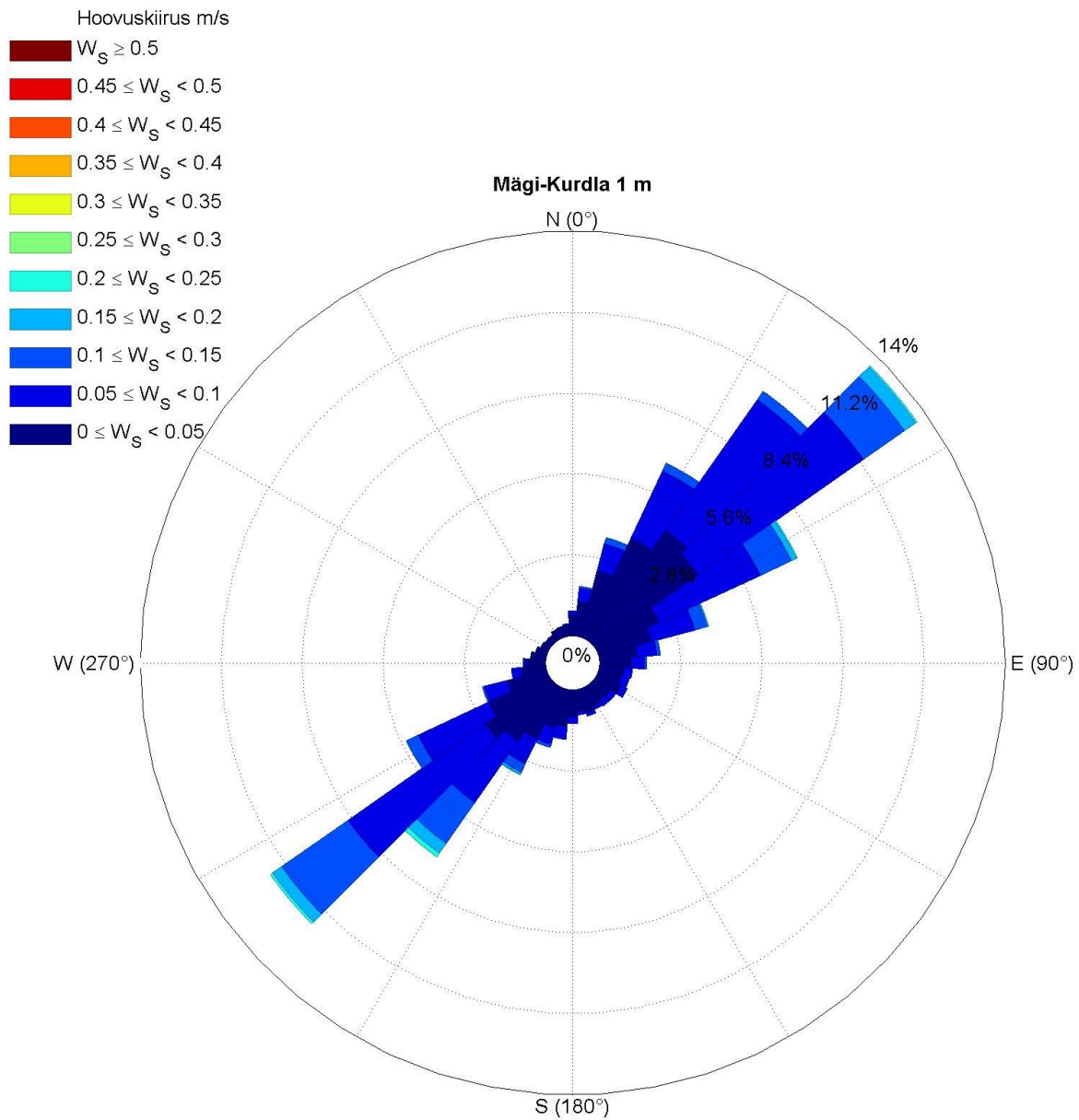
Joonis 2.1.7. Hoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus mandrirannikul 6 m sügavusel.



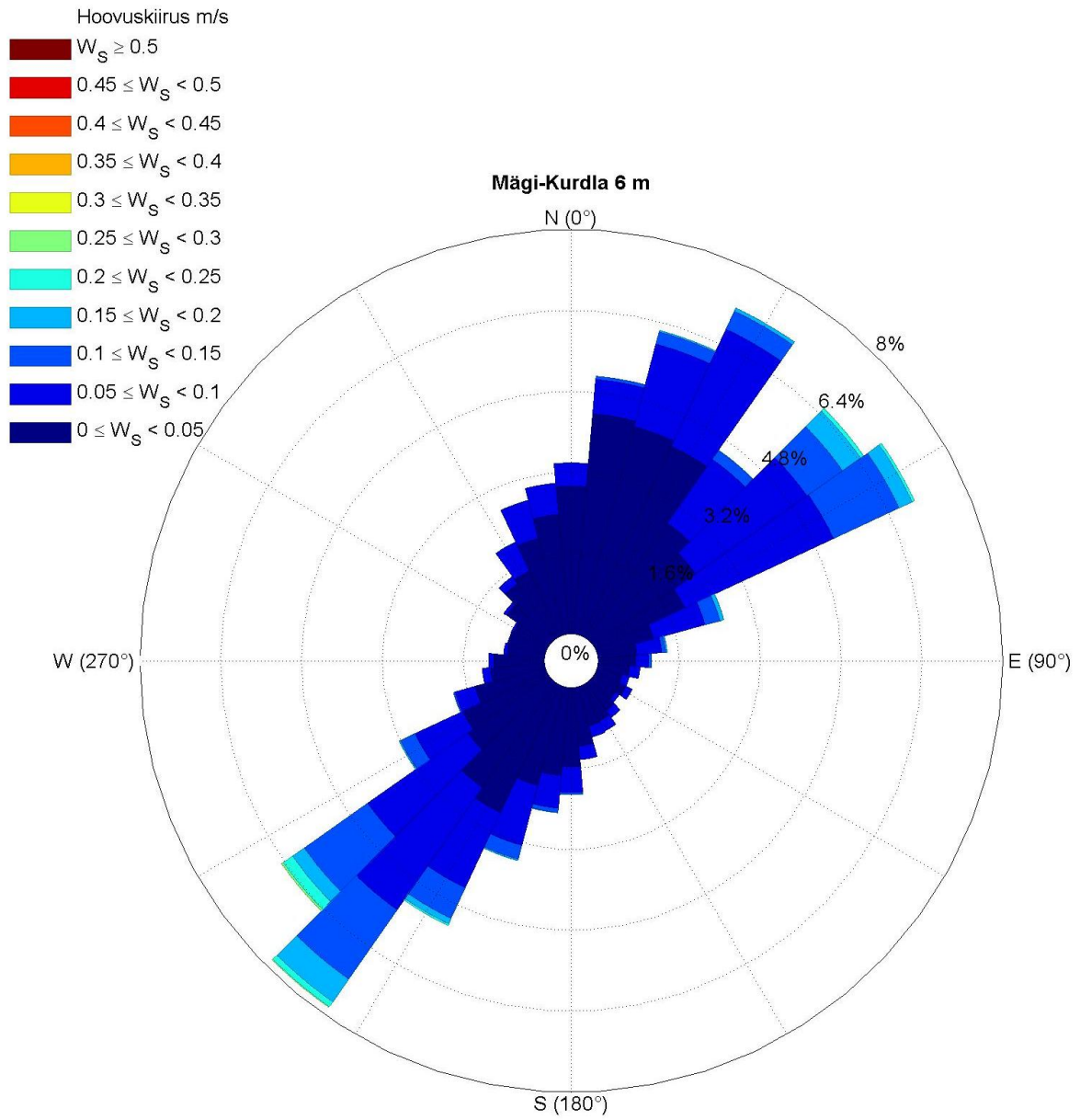
Joonis 2.1.8. Pinnahoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus Kübassaare poolsaare lähistel.



Joonis 2.1.9. Hoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus Kübassaare poolsaare lähistel 14 m sügavusel.



Joonis 2.1.10. Pinnahoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus Mägi-Kurdla lähistel.



Joonis 2.1.11. Hoovuse suuna ja kiiruse esinemissagedus Mägi-Kurdla lähistel 6 m sügavusel.

2.2. Alternatiivide võrdlus

Kaablipaigalduse alternatiivid moodustavad kaks klastrit: Alt1-Alt3 ja Alt4-Alt12. Esimesel juhul veetakse kaablid mandrilt otse Saaremaale, teisel juhul läbi Muhu.

Projekti käesolevas, eelvaliku staadiumis ei ole alust väita, et tegevuse alternatiivid eutrofeerumise indikaatorite järgi pikaajaliselt muudaks rannikumere veekogumite seisundit halvemaks või takistaks hea keskkonnaseisundi saavutamist. Kui Väikesesse väina jäävad peale kaablite paigaldamist vallid, mis takistavad veevahetust, siis võivad need suurendada sellel merealal tammi poolt põhjustatud niigi suurt mõju hüdrograafilistele tingimustele (Liblik et al., 2024; Tallinna Tehnikaülikool, 2023; TTÜ meresüsteemide instituut, 2021a) ning töötada vastu merestrategie meetmekava viimase ajakohastamise käigus välja töötatud meetmele „Väikese väina maanteetammi avade rajamine veevahetuse parandamiseks ja väina avamiseks kalade rändeteena“. Vallide küsimus on vaja lahendada tööde järgmises etapis, kui mõjusid hinnatakse detailselt.

Olemasoleva info põhjal ei saa väita, et Alt1-Alt3 oleks vee kvaliteedi seisukohalt üksteisest oluliselt erinevad. Alt4-Alt12 puhul on mitmeid erisusi, mis võimaldab neid järjestada (tabel 2.1.1). Mandriranniku piirkonna vee kvaliteedi seisukohalt on vähem eelistatud Paatsalust lähtuvad alternatiivid Alt4-Alt6, mis mõjutavad rohkem rannikumerd võrreldes ülejäänud alternatiividega. Väikese väina puhul on vähem eelistatud põhjapoolne trass, st. alternatiivid Alt6, Alt9 ja Alt12. Pädaste lõppu läbivad Alt4, Alt7 ja Alt10; ülejäänud alternatiivid seal merekeskkonda ei mõjuta. Eelnevast lähtub, et kõige ebasoodsamad alternatiivid vee kvaliteedile on trassid, mis algavad Paatsalust ning kulgevad Väikeses väinas põhjapool või läbi Pädaste lõpu, st. Alt6 ja Alt4. Kõige sobivamaks võib aga pidada alternatiive, mis ei alga Paatsalust ning ei läbi Pädaste lõppu ega ka Väikest väina põhjapoolt, st. Alt8, Alt11. Paremusest järgmine alternatiiv oleks Alt5, mis küll algab Paatsalus ja mõjutab mõnevõrra enam mandrirannikut, kuid ei läbi ei Pädaste lõppu ega Väikest väina põhjapoolt. Ülejäänud alternatiivid (Alt7, Alt9, Alt10, Alt12) ei alga Paatsalust, kuid läbivad Pädaste lõppu või Väikest väina põhjapoolt.

Tabel 2.1.1. Alternatiivide Alt4-Alt12 paremusjärjestus.

Suhteline mõju suurus	Alternatiivid
Väikseim negatiivne mõju	Alt8, Alt11
	Alt5
	Alt7, Alt9, Alt10, Alt12.
Suurim negatiivne mõju	Alt6, Alt4

Kui võrrelda otse Saaremaale suunduvaid alternatiive Alt1-Alt3 ja Muhut läbivatest alternatiividest eelistatuid Alt8 ja Alt12 alternatiive, siis üheselt selget eelistust välja ei joonistu. Otse Saaremaale suunduvate alternatiivide suurim miinus on suurem liigutatavate setete maht ning vee kvaliteedi vähenemisega seotud ala suurus. Samas, Muhut läbivad alternatiivid mõjutavad rohkem rannikumerd, sh. väga madalat Väikest väina. Võib eeldada, et lokaalne mõju on Muhut läbivate alternatiivide puhul tugevam. Otse Saaremaale suunduvate alternatiivide puhul hajub mõju ruumis enam. Ei ole selge, kumma variandi puhul on mõjutatud peeneteraliste, kaua veesambas püsiva sette maht suurem. Samuti ei ole teada, kumma lahenduse puhul on suuremad negatiivsed mõjud veesambasse sattaval fosforil. Võib eeldada, et Saaremaale otse suunduvate trassi alternatiivide puhul on ohtlike ainete arvestatavas koguses leidumine väga ebatõenäoline. Suures väinas ja Väikeses väinas on kõrgenenud kontsentratsioone mõõdetud, kuid ei ole selge, kas ohtlike ainete sisaldus on suurem ka väinadest läbi minevatel trassidel, välja arvatud Väikese väina tammilähedane piirkond, kus kõrgenenud ohtlike ainete sisaldused on tõenäosel. Seega, ka ohtlike ainete vaates selge eelistus puudub. Nimetatud asjaolude tõttu ei saa olemasoleva info põhjal välistada, et alternatiivide Alt1-Alt3 puhul osutub mõju sama suureks või väiksemaks võrreldes alternatiividega Alt8 ja Alt11. Seetõttu oleme projekti antud, eelhindangu faasis hinnanud neid alternatiive samaväärselt alternatiividega Alt8 ja Alt11 (tabel 2.1.2). Olemasoleva teadmise põhjal on vee kvaliteedi vaates kõige ebasoodsamateks alternatiivid Alt6 ja Alt4. Olemasoleva info põhjal ei ole alust ühegi alternatiivi rakendamist täielikult välistada.

Tabel 2.1.2. Alternatiivide mõju hinnangu **esialgsed** punktid eelvaliku faasis.

Alternatiiv	Trass	Hinnang
Alt1	Mägi-Kurdla - Paatsalu	1
Alt2	Mägi-Kurdla - Muriste	1
Alt3	Mägi-Kurdla - Hanila	1
Alt4	Veere - Paatsalu 1	-1
Alt5	Veere - Paatsalu 2	0
Alt6	Veere - Paatsalu 3	-1
Alt7	Veere - Muriste 1	0
Alt8	Veere - Muriste 2	1
Alt9	Veere - Muriste 3	0
Alt10	Veere - Hanila 1	0
Alt11	Veere - Hanila 2	1
Alt12	Veere - Hanila 3	0

Mõju hindamise juhtpartneri poolt valiti lõplik hindamiskaala selline, kus alternatiivide erisuse korral 0-punkti ei olnud võimalik anda. Võimalikud hinnangupunktid olid -100, -2, -1, +1 ja +2. See tähendab, et hinnanguskaala keskel (-1 ja +1 vahel) olevate alternatiivide vahel tekib ebaproportsionaalselt suurem erinevus võrreldes näiteks alternatiividega, mis saavad hinded -1 ja -2. Hindamiskaala seab käesoleva töö autorile järgnevad valikud: 1) eirata mõnede alternatiivide erisusi, st. anda neile sama hinnang; 2) tekitada mõnede alternatiivide vahel ebaproportsionaalselt suur kvantitatiivse hinnangu erinevus. Lähtusime siin asjaolust, et merekeskkonnale kaasneb tegevusel negatiivne mõju, mistõttu otsustasime hinnangud lõplikus skaalas viia miinuspoolele (tabel 2.1.3). Kõik esialgses hinnangus +1 saanud alternatiivid on lõplikus hinnangus hindegaga -1 ning ülejäänud alternatiivid hindegaga -2.

Tabel 2.1.3. Alternatiivide mõju hinnangu **lõplikud** punktid eelvaliku faasis.

Alternatiiv	Trass	Hinnang
Alt1	Mägi-Kurdla-Paatsalu	-1
Alt2	Mägi-Kurdla-Muriste	-1
Alt3	Mägi-Kurdla-Hanila	-1
Alt4	Veere-Paatsalu 1	-2
Alt5	Veere-Paatsalu 2	-2
Alt6	Veere-Paatsalu 3	-2
Alt7	Veere-Muriste 1	-2
Alt8	Veere-Muriste 2	-1

Alt9	Veere-Muriste 3	-2
Alt10	Veere-Hanila 1	-2
Alt11	Veere-Hanila 2	-1
Alt12	Veere-Hanila 3	-2

3. Vajalikud uuringud

Peale asukoha eelvaliku tegemist on sõelast läbi läinud alternatiividele vaja teostada täpsema hinnangu andmiseks ning leevendavate meetmete välja töötamiseks järgmised tegevused/uuringud:

- Võtta trassi alternatiivide asukohtadest täiendavad setteproovid lõimise, ohtlike ainete ja fosfori sisalduse määramiseks vastavalt HELCOM juhendile (HELCOM, 2024);
- Teostada heljumi leviku modelleerimine;
- Saadud materjali põhjal anda hinnang vee kvaliteedile täpsemas detailsusastmes.

Kui detailse mõju hindamise faasis käsitletakse alternatiivi, kus kaableid süvistatakse Väiksesse väina ja/või Pädaste lõppu ning kaablite süvistamisel ei saa vältida vallide teket, siis on vajalik:

- Teostada Väikseses väinas visuaalsed vaatlused 2019. ja 2024. paigaldatud kaablite asukohtades ning hinnata, kas ja kui palju need veel täna väina ristlõiget muudavad.
- Teostada Väikseses väinas ja/või Pädaste lõpus veevahetuse modelleerimine vallide mõju hindamiseks.

4. Kasutatud kirjandus

- Altunkaynak, A., Eruçar, S., 2020. Physical experimental investigation of the horizontal water flow patterns in the Golden Horn under different scenarios with the presence of various structures. *Ocean Eng.* 215, 107837.
<https://doi.org/10.1016/J.OCEANENG.2020.107837>
- Astok, V., Otsmann, M., Suursaar, Ü., 1999. Water exchange as the main physical process in semi-enclosed marine systems: the Gulf of Riga case. *Hydrobiologia* 393.
- Astok, Villu, Otsmann, M., Suursaar, Ü., 1999. Water exchange as the main physical process in semi-enclosed marine systems: the Gulf of Riga case, *Hydrobiologia*.
- Ausmeel, M., 2022. Fosfori esinemisvormid Läänemere põhjasetetes. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Dietrich, W.E., 1982. Settling velocity of natural particles. *Water Resour. Res.* 18, 1615–1626. <https://doi.org/10.1029/WR018i006p01615>
- Eesti Geoloogiateenistus, 2025. EE-LV Suure väina/Liivi lahe elektriühenduse REP eelvaliku kriteeriumite hinnang tuginedes seni olemasolevale merepõhja geoloogilisele andmestikule.
- Eesti Geoloogiateenistus, 2022. Projekt 17065 „Merepõhja setete keskkonnaseisundi hindamise meetodika arendamine ja rakendamine“. Lõpparuanne.
- Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2023. Ohtlike ainete seire rannikumeres 2022. Riikliku keskkonnaseire programmi mereseire allprogrammi seiretöö.
- Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2022. Ohtlike ainete seire rannikumeres 2021. Riikliku keskkonnaseire programmi mereseire allprogrammi seiretöö.
- Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2020. Ohtlike ainete seire rannikumeres 2019. Riikliku keskkonnaseire programmi mereseire allprogrammi seiretöö.
- Egardt, J., Nilsson, P., Dahllöf, I., 2017. Sediments indicate the continued use of banned antifouling compounds. *Mar. Pollut. Bull.* 125.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.035>
- Eklund, B., Watermann, B., 2018. Persistence of TBT and copper in excess on leisure boat hulls around the Baltic Sea. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25.
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-1614-1>
- Filipkowska, A., Kowalewska, G., Pavoni, B., 2014. Organotin compounds in surface sediments of the Southern Baltic coastal zone: A study on the main factors for their accumulation and degradation. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21.
<https://doi.org/10.1007/s11356-013-2115-x>
- Gray, J.S., 2006. Minimizing environmental impacts of a major construction: the Øresund link. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 2. [https://doi.org/10.1897/1551-3793\(2006\)2\[196:MEIOAM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1897/1551-3793(2006)2[196:MEIOAM]2.0.CO;2)
- HELCOM, 2024. HELCOM Guidelines for Management of Dredged Material at Sea.
- HELCOM, 2023a. Hazardous Substances, Marine litter, Underwater noise, Non-indigenous

- species. Thematic assessment. Third HELCOM holistic assessment of the Baltic Sea 2016-2021. *Balt. Sea Environ. Proc.* 190, 192.
- HELCOM, 2023b. Eutrophication. Thematic assessment 2016-2021. Third HELCOM holistic assessment of the Baltic Sea. *Balt. Sea Environ. Proc.* 192.
- HELCOM, 2021. Baltic Sea Action Plan. 2021 update.
- HELCOM, n.d. Inputs of nutrients to the sub-basins 1995-2021 [WWW Document]. URL <https://indicators.helcom.fi/indicator/inputs-of-nutrients/>
- Jensen, B., Carstensen, S., Christensen, E.D., 2018. Mixing of Stratified Flow around Bridge Piers in Steady Current. *J. Hydraul. Eng.* 144, 04018041. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)hy.1943-7900.0001481](https://doi.org/10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001481)
- Kuprijanov, I., Väli, G., Sharov, A., Berezina, N., Liblik, T., Lips, U., Kolesova, N., Maanio, J., Junttila, V., Lips, I., 2021. Hazardous substances in the sediments and their pathways from potential sources in the eastern Gulf of Finland. *Mar. Pollut. Bull.* 170, 112642. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2021.112642>
- Lass, H.U., Mohrholz, V., Knoll, M., Prandke, H., 2008. Enhanced mixing downstream of a pile in an estuarine flow. *J. Mar. Syst.* 74, 505–527. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.04.003>
- Liblik, T., Buschmann, F., Siht, E., Kuprijanov, I., Väli, G., Lipp, M., Erm, A., Laanemets, J., Eschbaum, R., Verliin, A., Saks, L., Zekker, I., 2024. Environmental impact of water exchange blocking in a strait – a multidisciplinary study in the Baltic Sea. *Oceanologia* 66. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2023.06.002>
- Liblik, T., Lips, U., 2011. Spreading of suspended matter in a shallow sea area influenced by dredging activities and variable atmospheric forcing: results of in-situ measurements. *J. Coast. Res.* 561–566.
- Liblik, T., Skudra, M., Lips, U., 2017. On the buoyant sub-surface salinity maxima in the Gulf of Riga. *Oceanologia* 59, 113–128. <https://doi.org/10.1016/J.OCEANO.2016.10.001>
- Otsmann, M., Astok, V., Suursaar, Ü., 1997. A model for water exchange between the Baltic Sea and the Gulf of Riga. *Nord. Hydrol.* 28, 351–364. <https://doi.org/10.2166/nh.1998.31>
- Otsmann, M., Suursaar, Ü., Kullas, T., 2001. The oscillatory nature of the flows in the system of straits and small semienclosed basins of the Baltic Sea. *Cont. Shelf Res.* 21, 1577–1603. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0278-4343\(01\)00002-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0278-4343(01)00002-4)
- OÜ Corson, 2008. Läänemaa Hanila valla Pivarootsi küla Uus-Kutsari maaüksuse lautrikohta viiva paaditee rajamise keskkonnamõju hindamise aruanne.
- Raag, L., Sipelgas, L., Uiboupin, R., 2014. Analysis of natural background and dredging-induced changes in TSM concentration from MERIS images near commercial harbours in the Estonian coastal sea. *Int. J. Remote Sens.* 35, 6764–6780. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.963898>
- Raudsepp, U., Laanemets, J., Haran, G., Alari, V., Pavelson, J., Kõuts, T., 2011. Flow, waves and water exchange in the Suur strait, Gulf of Riga, in 2008. *Oceanologia* 53, 35–56. <https://doi.org/10.5697/oc.53-1.035>
- Roots, O., Roose, A., 2013. Hazardous substances in the aquatic environment of Estonia. *Chemosphere* 93. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.05.036>

- Sipelgas, L., Uiboupin, R., Arikas, A., Siitam, L., 2018. Water quality near Estonian harbours in the Baltic Sea as observed from entire MERIS full resolution archive. *Mar. Pollut. Bull.* 126. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.058>
- Soomere, T., Keevallik, S., 2001. Anisotropy of moderate and strong winds in the Baltic Proper, *Proc. Estonian Acad. Sci. Eng.*
- Suursaar, Ü., Kullas, T., Aps, R., 2012. Currents and waves in the northern Gulf of Riga: Measurement and long-term Hindcast. *Oceanologia* 54, 421–447. <https://doi.org/10.5697/oc.54-3.421>
- Suursaar, Ü., Kullas, T., Otsmann, M., 2001. The influence of currents and waves on ecological conditions of the Väinameri. *Proc. Est. Acad. Sci. Biol. Ecol.*, 50, 231–247.
- Suzdalev, S., Gulbinskas, S., Blažauskas, N., 2015. Distribution of tributyltin in surface sediments from transitional marine-lagoon system of the south-eastern Baltic Sea, Lithuania. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3521-4>
- Swanson, G., Galagan, C., Isaji, T., 2006. Transport and Fate of Sediment Suspended from Jetting Operations for Undersea Cable Burial. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2006.306948>
- Tallinna Tehnikaülikool, 2024. Sekundaarne reostumine mere põhjasetetest ja mere sisekoormuse osakaalu hindamine toitainete kogukoormuses ning rannikuveekogumite maksimaalsete lubatud reostuskoormuste määratlemine Vahearuanne nr 3, 2024.
- Tallinna Tehnikaülikool, 2023. EL merestrateegia raamdirektiivi (2008/56/EÜ) kohane merekeskkonna seisundihinnang: tunnus D5 (eutrofeerumine).
- Talpsepp, L., 2005. Coherent current oscillations and water exchange in the straits of the Gulf of Riga. *Oceanologia* 47, 115–127.
- TTÜ meresüsteemide instituut, 2022. Bioindikaatorite rakendamine Väinameres ja Liivi lahes.
- TTÜ meresüsteemide instituut, 2021a. Väikese väina silla alternatiivide mõju uuring.
- TTÜ meresüsteemide instituut, 2021b. Prioriteetsete ainete ja toitainete vertikaalsest jaotusest Väinameres ja Liivi lahes.
- TTÜ meresüsteemide instituut, 2020. Ekspert hinnang Rõuste-Tusti 100kV kaablitööde käigus tekkiva heljumi leviku kohta.
- TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2009a. Virtsu sadama kai nr 8 ehituse süvendus- ja kaadamistööde seire 2008.
- TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2009b. Suure väina veevahetuse uuring. Sõitjate ja veoste üle Suure väina veo perspektiivse korraldamise kava koostamine ja keskkonnamõjude strateegiline hindamine.
- TTÜ Meresüsteemide Instituut, TÜ Eesti Mereinstituut, 2023. Eesti merestrateegia meetmekava ajakohastamine. Uute meetmete kirjeldused, nende teostatavuse ja piisavuse analüüs Hüdrograafilised muutused (D7) .
- Tuuling, I., Suuroja, S., Veski, A., Liira, M., Ausmeel, M., 2023. Väinamere geoloogiline kaardistamine. Aruanne. Eesti Geoloogiateenistus.

Zainal, K., Al-Madany, I., Al-Sayed, H., Khamis, A., Al Shuhaby, S., Al Hisaby, A., Elhoussiny, W., Khalaf, E., 2012. The cumulative impacts of reclamation and dredging on the marine ecology and land-use in the Kingdom of Bahrain. *Mar. Pollut. Bull.* 64, 1452–1458. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2012.04.004>

Žukova, V., 2009. Eesti rannikujaamade võimalused meretuule hindamisel. Magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool.