TALLINNA ÜLIKOOL
Loodus- ja terviseteaduste instituut
Ökoloogia keskus

KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS

TLÜ Ökoloogia keskus

Aruanne

Metoodika väljatöötamine laevateedele kuhjuvate rannasetete mahu ja kvaliteedi määramiseks ning kasutamiseks randade taastamisel Pärnu sadama ja seda ümbritsevate randade näitel

Autorid:

Hannes Tõnisson, PhD. TLÜ Ökoloogia keskus, vanemteadur, projekti juht

Rain Männikus, PhD. Lainemudel OÜ, Volitatud ehitusinsener tase 8. Sadamaehitus

Tiit Vaasma, PhD. TLÜ Ökoloogia keskus, teadur

Egert Vandel, PhD. TLÜ Ökoloogia keskus, teadur

Are Kont, PhD. TLÜ Ökoloogia keskus, vanemteadur

Victor Alari, PhD. Tallinna Tehnikaülikool, vanemteadur

Sten Suuroja, PhD. Eesti Geoloogiateenistus

Maris Eelsalu, PhD

Kadri Vilumaa, PhD

Valdeko Palginõmm

Katre Luik

Märts 2023, Tallinn

Sisukord

Sissejuhatus 4

1. **Hetkeolukord** 6

1.1. Valgerand 6

1.2. Pärnu sadama muulide vaheline kuhjeala 9

2. **Arhiiviandmete analüüs ja välitööde tulemused** 12

2.1. Andmeanalüüsi metoodika 12

2.2. Kartograafilise analüüsi tulemused 20

2.3. Rannaprofiilide mõõdistamise tulemused 26

2.4. Terajämeduse mõõtmise tulemused 30

2.5. Settekeha ruumala ning pindala määramine ning juurdekasv. 33

2.6. Settekeha keemiline puhtus ja orgaanika sisaldus. 36

2.7. Geofüüsikaliste uuringute tulemused 38

2.8. Lainetuse mõõtmise tulemused 42

3. **Randade taastamise näiteid teistest riikidest** 44

3.1. Saksamaa näide 45

3.2. Poola näide 48

3.3. Leedu näide 55

4. **Seadused ja õiguslik külg** 61

4.1. Taust, olulised mõisted ja seadused 61

4.2. Merestrateegia ja mereala planeerimine 68

4.3. Olulised projektiga seotud mõisted ja selgitused 75

4.4. Olukord Pärnu muulide vahelise ala seisukohalt. 77

5. **Valgeranna setete liikumise ja lainetuse parameetrite modelleerimine eskiisprojektiks** 81

5.1. Modelleerimise eesmärk ja sisu 81

5.2. Töö alusmaterjalid 81

5.3. Varasemalt tehtud modelleerimised Valgerannas 82

5.4. Ranna täitmine liivaga 84

5.4.1. Sissejuhatus 84

5.4.2. Juhised kavandamiseks 85

5.4.3. Erosiooni tõkestamine liivaga 87

5.5. Rannaprofiil 87

5.5.1. Tasakaaluline rannaprofiil ... 87
5.5.2. Sulgemissügavus ... 90
5.5.3. Tasakaalulise profiili mastaabitegur ... 91
5.6. Seire ... 93
5.7. Buunid ... 94
5.8. Rannaga paralleelsed lainemurdjad ... 98
5.9. Lainetuse modelleerimine ... 100
5.9.1. Tuule ja veetasemete algandmete kirjeldus ... 100
5.9.2. Lainemudeli SWAN seadistus ja valideerimine ... 100
5.10. Setete liikumise modelleerimine ... 105
5.10.1. Tuule ja veetasemete ühisjaotused ning sisendandmete valik ... 105
5.10.2. Mudel Delft3D ja selle seadistus ... 107
5.10.3. Tulemused ja nende analüüs ... 110
5.11. Heljumi levik kaadamisel ... 115
5.11.1. Sisendandmete valik ja mudeli seadistus ... 115
5.11.2. Heljumi levik ... 115
5.12. Eskiisprojekt ... 117
5.12.1. Lainetuse ja veetasemete parameetrite leidmine ... 117
5.12.2. Puidust buunide projekteerimine ... 120
5.12.3. Eskiisprojekt ja soovitused edasiseks tööks ... 122
5.13. Modelleerimise ja eskiislahenduse kokkuvõte ... 123
6. **Erinevad stsenaariumid liiva veoks.** ... 125
6.1. Liiva pumpamine Watermaster tüüpi süvendajaga ... 126
6.2. Liiva pumpamine väiksemale alusele ja vaheladustus veepuhastusjaama territooriumil 129
6.3. Pumpamine laeva ja laevalt toruliini või „vikerkaarena“ Valgeranda. ... 130
6.4. Süvendus ekskavaatoriga, vaheladustamine, vedu maanteetranspordiga. ... 132
6.5. Meetodite võrdlus ... 135
6.6. Edasised tegevused rannas liiva kinnistamiseks ning tuleviku väljavaated. ... 137
6.7. Metoodika ja selle kasutusvõimalused mujal Eestis ... 140
Kokkuvõte ... 148
Kirjanduse loetelu ... 151
Lisad ... 155

Sissejuhatus

Eesti rannajoone pikkus on üle 4000 km ning meil on mereala pea sama palju kui maismaad. Mereala kasutamiseks on vaja üldjuhul sadamaid, olgu meie sooviks kasutada merd kas transpordiks, puhkemajanduseks, kaadamiseks, maavarade ammutamiseks, energia tootmise taristu ehitamiseks vms. Seetõttu on ääretult oluline, et meil oleks piisavalt sadamaid ning laevateed oleksid navigeerimiseks ohutud. Puhkemajanduse seisukohast peetakse randadest kõige väärtuslikumaks liivarandu, mida on meil umbes 16% rannajoone kogupikkusest.

Kliimamuutustega seoses (eelkõige jäävaba meri sügis-talvisel tormiperioodil, külmumata rannasetted ja sagedased kõrged meretasemed) on märkimisväärselt kiirenenud rannaprotsessid. Kiirenenud on nii kuhje, setete edasikanne kui ka kulutus – toimub loodusliku süsteemi kohanemine uute kliimatingimustega. Seetõttu on taganemas mitmed väärtuslikud liivarannad (näiteks Valgerand Pärnumaal, Tõrvanina Hiiumaal, Narva-Jõesuu Ida-Virumaal), teisalt on aga kiirenenud sadamate ummistumine liikuvate rannaliivadega (näiteks sadamad Pärnus, Lehtmas, Nasvas, Narva-Jõesuus, Toilas jm.). Seni on toimunud seesuguste sadamate süvendamine viisil, kus süvendatud setted uputatakse kaugele avamere põhja, kaadamiseks ettenähtud alale. Paljudel juhtudel viime aga niimoodi väärtuslikku rannaliiva süsteemist välja ja kaotame selle ressursi igaveseks.

HELCOMI soovitusel tuleks esmalt vaadata, kas on süvendamisel saadud setteid võimalik kasutada randade kulutuse takistamiseks, üleujutusohu vähendamiseks vms otstarbel. Pole ka välistatud setete taaskasutamine näiteks taristuobjektide rajamisel (täitematerjalina) ning seeläbi jätta mõni karjäär avamata ning seega hoida looduskeskkonda. Kaadamine on sisuliselt võrdsustatud prügi prügilasse kuhjamisega.

Eestis on mitmeid piirkondi, kus sadamatesse või navigatsioonikanalitesse kuhjub väärtuslik liiv, mida oleks tegelikult kaadamise asemel võimalik kasutada lähedal asuvate randade stabiliseerimiseks, vältides nii rekreatsioonialade kadu, aga aidates ka takistada väärtuslike elupaikade kadumist ning rannikute muutumist ühetaoliseks.

Pärnu sadamasse on kuhjunud juba ligi 150 000 m^3 rannaliiva, mis on sobiv nii ümberkaudsete randade hea seisundi taastamiseks kui ka uutel taristuobjektidel täitematerjalina (näiteks Rail

Baltic, Via Baltica jms). Liiva on nii palju, et juba tänasel päeval jääks randade täitmisest üle rohkem kui 100 000 m^3 liiva ja selle hulk suureneb iga aasta umbes 5000 m^3 võrra.

Seetõttu ongi algatatud käesolev projekt, mille peamiseks eesmärgiks on olukorra analüüs ja metoodika väljatöötamine Pärnu sadama ja Valgeranna näitel, kus soovitakse sadamasse kuhjunud liiva taaskasutada. Kuna Eestis analoogne kogemus puudub, siis annab käesolev töö ülevaate sellest, millised uuringud tuleks enne süvendamist ja setete rannale kuhjamist läbi viia, millised on erinevad viisid süvendamiseks ja setete rannale toimetamiseks, milline on nende meetmete kuluefektiivsus ja võimalik mõju keskkonnale. Detailselt modelleeritakse, kuidas tuleks liiv rannale paigutada, et selle püsivus oleks kõige optimaalsem ranna kui terviku funktsioneerimise seisukohalt. Millised on pool-looduslikud võimalused liiva kinnistamiseks ning ranna kulumiskindlamaks muutmisel pikemas perspektiivis.

Ühtlasi analüüsitakse ka olemasolevaid seadusi ja tuuakse välja kitsaskohad seadustes ja regulatsioonides, mille parendamine võiks seesugust taaskasutusel põhinevat tegevust toetada. Lõpetuseks esitatakse mõningaid sarnaseid näiteid Eesti rannikul, kus esinevad analoogsed probleemid. Kirjeldatakse ka metoodika üldist raamistikku, mille järgimine peaks tagama võimalikult sujuva protsessi sarnaste probleemide lahendamisel.

Projekti juht loodab, et käesolev Keskkonnainvesteeringute Keskuse rahastatud projekt viib sammu lähemale sellele, et me ei peaks enam väärtuslikke rannaliivasid uputama prügi pähe avamerre ning sadamate omanikud leiaksid, et seni tehtu võis olla küll kõige lihtsam viis setetest lahti saamiseks, ent mitte kõige odavam ja kasulikum nii neile kui kogu piirkonnale. Motiveerivaks võiks olla ka riigipoolne tugi seesugust tegevust toetava seaduste ja regulatsioonide väljatöötamise näol.

1. Hetkeolukord

1.1. Valgerand

Valgeranna Pärnu lahe põhjarannikul, mõni kilomeeter Pärnu linnast läänes, on oma nime saanud endisest kvartsirikkast liivast koosneva heleda liivaranna järgi. Kuna Läänemere idarannikul, k.a. Liivi lahes, on valitsenud setete liikumine piki rannikut lõunast põhja, on Liivi lahe lõunaosas tormilainetega sealsetest liivarandadest kulutatud setteid kantud piki randa põhja poole ning väiksemates lahesoppides, eriti aga Pärnu lahe põhjarannikul, on olnud suurepärased eeldused lõunast siia kantud liivade settimiseks ning laiaks liivarannaks kuhjumisel.

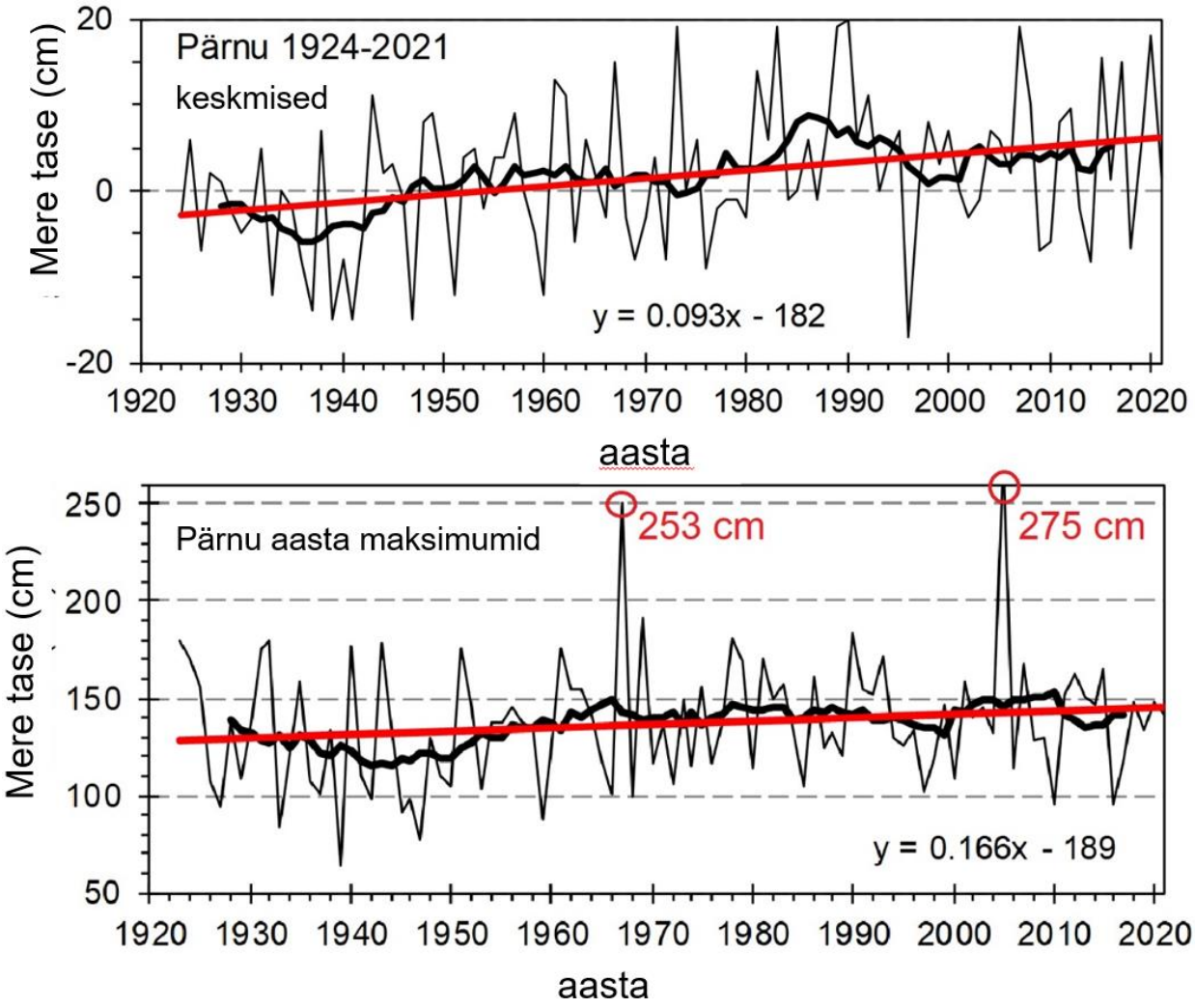
Siinne ulatuslik liivarand, hotell-kohvik, selle kõrval paiknev seikluspark, disc-golfi rada, täismõõtmetes golfiväljak ning mitmed lähedal asuvad majutus- ja puhkeasutused moodustavad hea terviku vaba aja veetmiseks. Samuti võib Valgeranda pidada väga oluliseks puhkajate koormuse hajutamise eesmärgil, sest kuumadel suvepäevadel on Pärnu ranna puhkajate koormus juba väga suur ning ilmselt kasvab ajas veelgi. Seetõttu on Valgeranna piirkonna rekreatiivselt hea seisundi püsimine oluline nii kohalikule osavallale kui ka kogu Pärnu piirkonnale tervikuna.

Valgerand on suhteliselt väikese hüdrodünaamilise koormusega ja tänaseks tagasihoidliku liiva-tagavaraga rand. Mere murrutava tegevuse tõttu on seal pikka aega toimunud ranna taganemine, näiteks Doberani kohviku piirkonnas ligi ühe meetri võrra aastas. Peamiseks erosiooni põhjustavaks teguriks on tormidega kaasnev tugev lainetus, mille mõju on eriti suur kõrge veetaseme, külmumata rannasetete ning jäävaba mere tingimustes. Sellise kombinatsiooni korral, enamjaolt sügistalvistes tingimustes, on ranna murrutus kõige kiirem.

Siinseks absoluutseks maakerkeks on arvutatud umbes 1,7 mm/a (Suursaar, 2018), mis oli möödunud sajandi lõpus umbes võrdne maailmere taseme tõusuga (samuti umbes 1,7 mm/a), aga tänaseks arvatakse see kiirus olevat tõusnud ning juba möödunud maakerke kiirusest. Veelgi olulisemana peab märkima tormiaegsete maksimaalsete meretasemete tõusvat trendi, mis on siin piirkonnas täiendavalt kasvatanud maksimaalseid meretasemeid ligi 20 cm võrra (joonis 1.1) möödunud sajandi jooksul (Kont *jt.*, 2022).

Möödunud sajandi 1980ndate lõpus ja 1990ndate alguses võis pea kõikides ökosüsteemides täheldada nö režiimi nihet, mille käigus muutusid talved soojemaks ja tormisemaks, lühenes

jääkatte kestus ning kerkisid ajuvee tasemed. See aktiviseeris oluliselt rannaprotsesse ning Eesti rannikul paiknevatel uuringualadel võis täheldada nii kulutus kui ka kuhjeprotsesside kiirenemist kordades (Kont *jt*., 2022). Nii juhtus ka Valgerannas. Kui tänaseks võime pea kõikjal näha mõningast rannaprotsesside aeglustumist, siis Valgerannas on olukord vastupidine, protsessid on sama kiired, või isegi pisut kiiremad kui 30 aastat tagasi (Kont *jt*., 2022). See on tingitud eelnevalt mainitud looduslike põhjuste ja järgnevalt selgitatavate inimese poolt põhjustatud mõjude kombinatsioonist.



Joonis 1.1. Pärnu keskmiste meretasemete (ülemine graafik) ja maksimaalsete meretasemete (alumine graafik) dünaamika ajavahemikul 1924-2021 (Kont jt., 2022 põhjal).

Olulist rolli rannaliiva kadumise ja rannapurustuste juures mängib ka Doberani kohvik ja selle ümber rajatud kividest kaitsemüür. Algselt aktiivse lainetuse tsoonist maa poole rajatud kohvik on aastakümneid kestnud erosiooni tõttu jäänud aktiivse lainetuse piirkonda. 2005. aasta

jaanuaritormiga algne kohvik hävis (foto 1.1), mille asemele rajati uus, mõõtmetelt veidi suurem kohvik. Kuigi juriidiliselt oli hoone taastamine korrektne, oleks tulnud uus hoone rajada mõnevõrra maa poole – aktiivse lainetuse tsoonist välja. Tänast kohvikut piirav kaitsemüür on osutunud tormilainetele nn põrkeseinaks ning meresuunas kiiresti tagasivoolav vesi on endaga

kaasa viinud suurema osa siinsest rannaliivast, süvendanud seeläbi rannalähedast merd ning kiirendanud rannaprotsesse veelgi. Kuna kohvikust vahetult idas paikneb ka puheinfrastruktuur ja nagu seesuguste müüride rajamise puhul tüüpiline, on erosioon kiirenenud vahetult peale kaitsemüüri lõppu. Seetõttu on sealse infrastruktuuri hävingu vältimiseks tulnud kaitsemüüri aja jooksul aina pikendada, mis on ühtlasi laiendanud ka ala, kus rannaliiv on minema kantud. Viimane olulisem torm toimus seal piirkonnas 2020. aasta veebruari lõpus. Siis lõhkus torm olemasoleva Valgeranna kividest rannakindlustuse (foto 1.2) ning murrutas pikkadel lõikudel rannaastangut (**Error! Reference source not found.**).

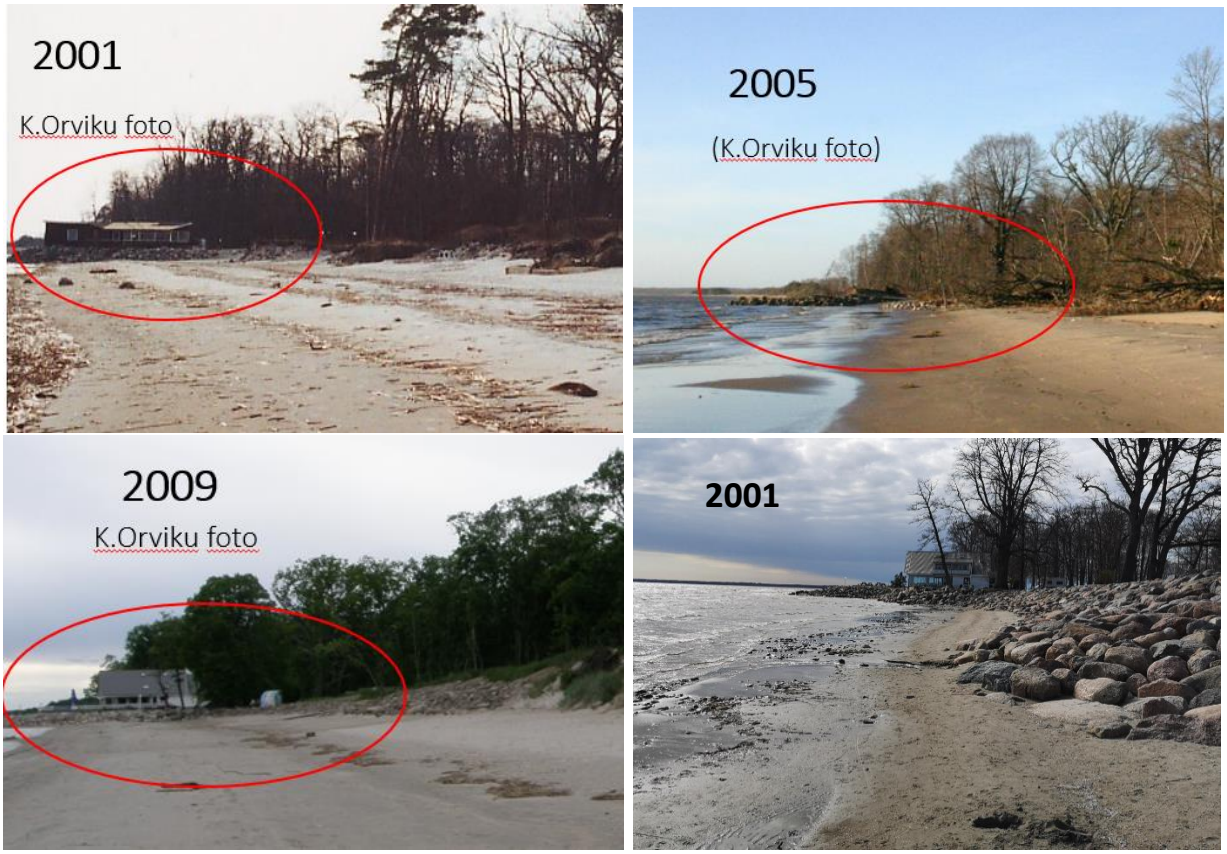


Foto 1. Valgeranna vana kohvik (ülal vasak) hävis 2005. a. tormiga (ülal parem). 2008 aastal taastati kohvik endisest suuremal kujul (all vasak). Tänaseks on liivarand täielikult kadunud (all parem).

Peatselt taastati rannakindlustus, vältimaks ranna edasist erosiooni, kuid paralleelselt alustati ettevalmistusi looduslähedasema lahenduse kavandamiseks, millele käesolev projekt keskendub.




Foto 1.2. 1a (vasak). Vaade purustatud rannakindlustusele ja murrutatud nõlvale. Taamal Doberani kohvik 29.02.2020. 1b (parem). Vaade värskele murrutusastangule, tüüpiline murrutuse kiirenemine vahetult murrutusastangu lõpus. Kaugemal Doberani kohvik 29.02.2020.

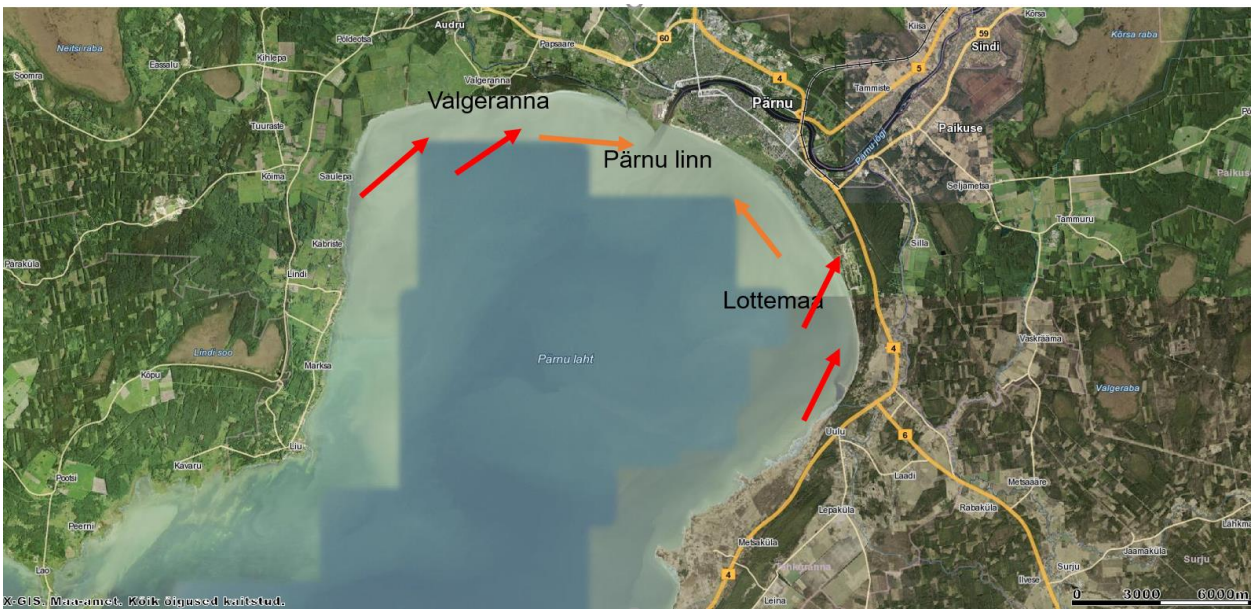
Väheneva liivavaru tõttu rannas ja rannanõlval on lainetus välja pesnud selle all kõrgendikus paiknevad teravad (ümardumata) kivid ja merepõhjas on kohvikust veidi eemal paljandunud viirsavid. Kõik see on muutnud kohviku ümbruses (eelkõige sellest itta jääva) oleva ranna ja rannalähedase mere kasutamise puhkajatele ebameeldivaks.

Viimasel kümnendil on täheldatud kohvikust itta jäävas rannas aina kiirenevat ranna taganemist ning purustuste ala laienemist ida suunas. Sealsel piirkonnal on sisuliselt kaks valikud: a) rannakindlustuse laiendamine ida suunas; b) ranna taastamine liiva juurdetoomisega ning liiva rannas kinnihoidmise meetmete rakendamine. Esimene valik hävitab suure tõenäosusega sealse liivase ranna täielikult, küll aga püsib infrastruktuur. Teise variandi rakendamiseks on vajalik leida piisavalt suur kogus ning sobilike parameetritega liiv ning projekteerida liiva kinnistamise meetmed. Suure tõenäosusega on võimalik kasutada Pärnu sadama muulide vahele kuhjuvat liiva.

1.2. Pärnu sadama muulide vaheline kuhjeala

Setete ränne Pärnu lahes toimub piki lahe külgi lahe pära suunas ning setete lõplikuks kuhjealaks on lahe päras asuv Pärnu jõe suue. Enne muulide rajamist võis arvata, et mingi osa piki Liivi lahe rannikut liikunud liivadest võis jõuda ka Valgeranna piirkonda. Liiv loksus siin vahel veidi ida,

vahel veidi lääne suunas. See aitas sealset süsteemi heas dünaamilises tasakaalus hoida. Tänaseks on sadama muulid töötanud nö settelõksuna juba enam kui 150 aastat. Suur osa nö edasi-tagasi loksunud liivast on jäänud muulide taha lainevarju lõksu (joonis 1.2) ning Valgeranna piirkonnas on tekkinud seetõttu setete defitsiit.



Joonis 1.3. Setete liikumise üldine skeem (punased nooled tähistavad valdavat kulutust, oranžid valdavat kuhjeprotsessi) Pärnu lahes (aluseks Maa-ameti geoportaali ortofoto).

Varasemad hinnangud on näidanud, et Pärnu muulide piirkonda kuhjub umbes 3000 m^3 setteid aastas ning muulide vahele võib olla kuhjunud umbes 100 000 m^3 liiva, mis on oma välisilmelt väga sarnane Valgeranna liivale. See on ka loogiline, sest tegu on kunagi olnud ühtse kulutus-kuhje süsteemiga. Pärnu jões kuhjuvad rannasetted võivad olla vaid veidi suurema orgaanika sisaldusega.

Tänaseks on liivakeha laiuseks kuni 115 m (joonis 1.4) ja see on alates 1999. aastast laienenud vähemalt 85 meetri võrra. Laevatee laiuseks on järel veel umbes 110 m laiune süvendatud kanal. Liivakeha on suuremas osas vee all (keskmise meretaseme korral), ainult selle läänepoolsem serv ning nö luidete pikendus Seedri meremärgi juures ulatub üle keskmise merepinna. Settekeha pindala on hinnanguliselt 3,5-4 hektarit.



Joonis 1.4. Liivakeha kontuur on hästi jälgitav ortofotodelt. Näeme, et tänaseks on liivakeha laius kuni 115 m ning laevakanali laiuseks on järel veel ca 110 m. Joonisele on märgitud liivakeha kontuur nii 2022. aasta kevadel kui ka 1999. aasta kevadel (aluseks 2022. aasta kevadel tehtud ortofoto. Allikas: Maa-amet).

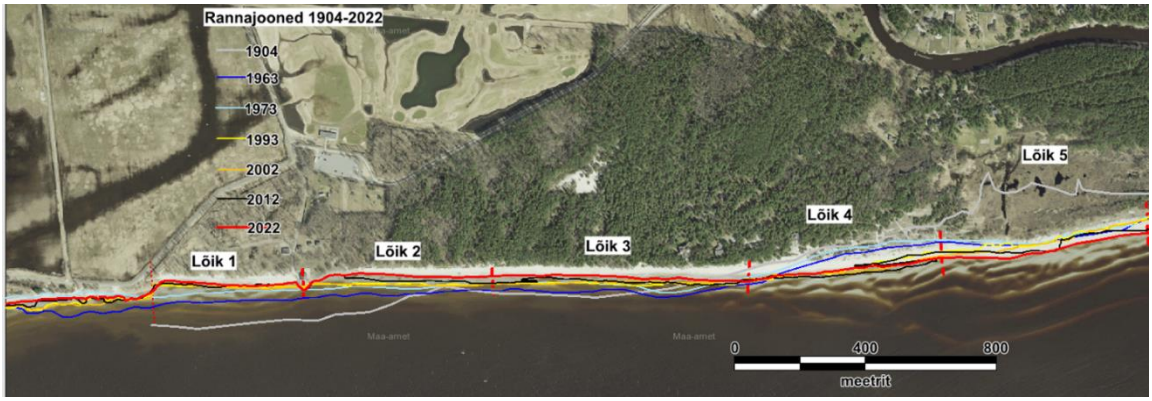
2. Arhiiviandmete analüüs ja välitööde tulemused

2.1. Andmeanalüüsi metoodika

Kaardianalüüsi metoodika

Randade geomorfoloogiliste uuringute lähtealuseks on olnud kartograafiline võrdlus, milles kasutati 1904. aasta üheverstast kaarti, aerofotosid ja aerofotode plaane aastatest 1963, 1973 ja 1993 ning ortofotosid aastatest 1999 - 2022. Kaartide, aero- ja ortofotode abil on tehtud kindlaks varasemaid muutusi rannajoonte asendites ja konfiguratsioonis, aga ka veealuse liivakeha paiknemises. Kuigi kaardid ja plaanid on olnud erinevates mõõtkavades ja erineva täpsusega, on teatud kindlate objektide (vanad ehitised, tarad, teederistid jne) põhjal võimalik hinnata muutusi eri ajaskaalas. Palju lähtematerjali pärineb Dr Kaarel Orviku välitööde plaanidest ja fotodest, mis tehtud paljude aastakümnete jooksul. Pindalade ja ruumalade võrdlusel võeti aluseks eelkõige täpsemad aero- ja ortofotod, varasemat kaardimaterjali kasutati eelkõige taustainfona ning tendentside jälgimiseks. Erinevate stsenaariumite juures kasutati lisaks veel Maa-ameti geoportaalis leiduvat merekaarti.

Kartograafilise analüüsi läbiviimiseks kasutati eelkõige programmi *Mapinfo Professional*, üksikute protsesside puhul kasutati ka *ArcGis* rakendust. Kaardimaterjali võrdlemisel kasutati Maa-ameti WMS-teenust ning vajalikud objektid erivanuselistel arhiivimaterjalidel digitaliseeriti vektorkujul, mis võimaldas hilisemalt läbi viia detailset muutuste analüüsi. Detailsemal Valgranna kaardianalüüsil jagati uuringuala viieks enam-vähem sarnase pikkusega lõiguks (joonis 2.1.). Lõigud olid osaliselt ka määratud valdavate protsesside iseloomu tõttu.



Joonis 2.1. Rannajoonte analüüsil jagati Valgeranna uuringuala 5-eks suhteliselt sarnase pikkusega lõiguks.

Kaardianalüüsil arvutati iga lõigu kohta kogu pindala muutus erinevatel ajaperioodidel ning selle põhjal ka keskmine rannajoone muutus jooksva rannajoone meetri kohta antud ajaperioodil. Ühtlasi arvutati välja ka, kui palju erinevatel perioodidel uuringuala kogupindala muutus.

Värskemate ortofotode puhul oli teada nende pildistamise kuupäev, mis andis võimaluse hinnata veetaseme mõju andmetele. Andmebaasis on küll nähtav ainult kuupäev, ent ortofotodel oleva info (hoonete ja puude varjude suund) järgi on võimalik kindlaks teha ka võrdlemisi täpne ülelennu aeg. Seetõttu on rannajoonte võrdluses püütud eelkõige kasutada sarnaste meretasemetega tehtud ortofotosid. Järgnevalt on esitatud kõigi kasutatud ortofotode tegemise aegsed meretasemed (tabel 2.1). Paralleelselt kaardiandmetega vaadati ka varasemaid rannaprofiile, mis olid mõõdistatud riikliku rannikuseire programmi raames, see aitas täpsemalt digitaliseerida rannajoonte asukohti. Kartograafilise analüüsi ja välimõõtmistega seotud andmete analüüsil on kasutatud varasemat BK77 - Balti kõrgussüsteemi. See kirjeldab oluliselt paremini Pärnu lahe keskmist meretaset ja rannajoone asendit kui praegune EH2000 (Amsterdami kõrgussüsteem).

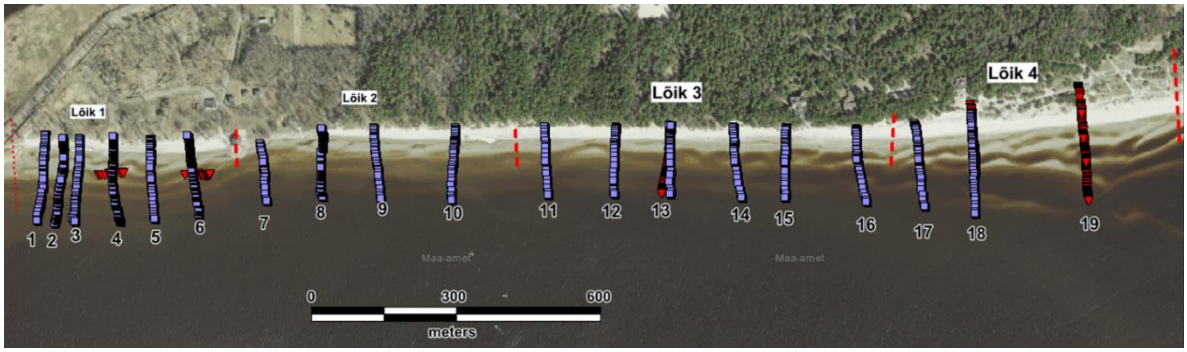
Tabel 2.1 Veetasemed Pärnu mõõtejaamas erinevate ortofotode tegemise ajal

Kaarditüüp	aasta	kuupäev	veetase (cm) BK77
ortofoto	2002	10.08.2002	-26
ortofoto	2006	18.06.2006	-5
ortofoto	2010	29.06.2010	-5
ortofoto	2011	29.06.2011	16
ortofoto	2012	02.05.2012	-3
ortofoto	2014	26.04.2014	-5
ortofoto	2015	12.06.2015	24
ortofoto	2016	04.04.2016	-4
ortofoto	2017	01.05.2017	13
ortofoto	2018	12.04.2018	-26
ortofoto	2019	03.06.2019	-4
ortofoto	2020	23.05.2020	0
ortofoto	2021	19.04.2021	-7
ortofoto	2022	20.04.2022	-20

Rannaprofiilide mõõdistamise ja analüüsi metoodika

Valgeranna uuringualal mõõdistati kokku 19 rannaprofiili, millest 8 profiili kattus riikliku rannikuseire programmi raames mõõdistatud profiilidega. Profiilide mõõdistamisel kasutati Leica RTK-GPS seadet, mille täpsusklass jäi üldjuhul vahemikku +/- 2 cm (nii horisontaal- kui

vertikaalskaalal). Mõõdistused viidi läbi 2020. a aprillis ning 2022. a aprillis. Viimasel aastal jäi tehniliste probleemide tõttu mõõdistamata profiil nr 19. Kõik profiilid algasid maismaalt, asukohast, kus puudusid värsked mere tegevuse jäljed (kamardunud ala) ning lõppesid meres nii sügaval, kui oli võimalik minna (üldiselt umbes -1,6…-1,7 m). See on ühtlasi ka ala, kus kõige intensiivsemad rannaprotsessid toimuvad. Mõõdistuste ajal kirjeldati ka merepõhja põhilist setet (savi, liiv, kivine/moreen), mille põhjal koostati ka üldine setete leviku kaart rannanõlval. Projekti raames erinevatel aegadel mõõdistatud kordusprofiilid paigutati üksteise peale ning nendele paigutati ka riikliku rannikuseire raames tehtud profiilid. Ainult 2020. a ja 2022. a mõõdistatud profiilide muutusi analüüsiti visuaalselt, varasemate rannikuseire raames mõõdistatud profiilide puhul arvutati välja ka profiilide ruumala muutus erinevatel ajaperioodidel.



Joonis 2.2. Valgeranna esimesel neljal alamlõigul mõõdistati kokku 19 rannaprofiili 2020. aastal ning 18 esimest profiili 2022. aastal.

Pärnu muulide vahelise liivakeha kirjeldamiseks mõõdistati kokku 8 ristprofiili ning kokku umbes 500 kõrguspunkti, mida kasutati nii üldisel analüüsil ja kirjeldusel kui ka ligikaudsel setete mahu määramisel. Sama seadmega määrati ära ka puuraukude asukohad kui ka suudmete kõrgused.

Terajämeduse proovide võtmine ning sõelumine

Valgeranna igalt profiililt võeti kaks setteproovi. Üks proov võeti umbes ranna keskelt ning teine võeti rannanõlval olevatelt veealustelt liivavallidelt, umbes 0,5-0,7 m sügavuselt. Proovide võtmisel kasutati haardekoppa. Rannast võeti proovid 2021. aasta suvel ja rannanõlvalt 2022. aasta aprilli lõpus. Seoses tehnilise probleemiga profiili nr 19 mõõtmisel, jäi võtmata merepoolne proov sellelt profiililt.

Lisaks Valgerannale võeti terajämeduse määramiseks proovid ka Pärnu jões olevalt settekehalt. Kasutades sama metoodikat, võeti kokku 5 setteproovi. 4 proovi võeti pool-veealuselt settekehalt ning üks proov kõrgemalt, 1,5-2 m kõrguselt settekeha maapoolselt (kuivalt) osalt.

Proovid pakiti minigripp kottidesse, varustati etiketiga ning toimetati TLÜ Ökoloogia keskuse laborisse. Esimese sammuna proovid kuivatati. Mineraalsete setete terajämeduse määramiseks rakendati kuivsõelumismetoodikat ja selleks kasutati sõelumisaparaati *Fritsch Analysette 3 PRO*. Sõelumiseks valiti standardsete sõelasilma suurustega sõelad: 2000, 1000, 500, 250, 125, 63, ja 36 mikromeetrit, mis ühtlasi on ka mineraalaine suurusklasside piirideks (tabel 2.2). Proove sõeluti 30 minutit amplituudiga 1,2 mm. Seejärel kaaluti sõeltele jäänud materjal ning kaalutiste protsentväärtustega (100% = kõikidele sõeltele jäänud proovi kogus kokku) loodud kumulatiivse kõvera 50% väärtus võeti kui proovi mediaan terajämedus. Sõelu puhastati ultrahelivannis.

Tabel 2.2. Udden-Wentworth'i terajämeduse skaala (Last 2001)

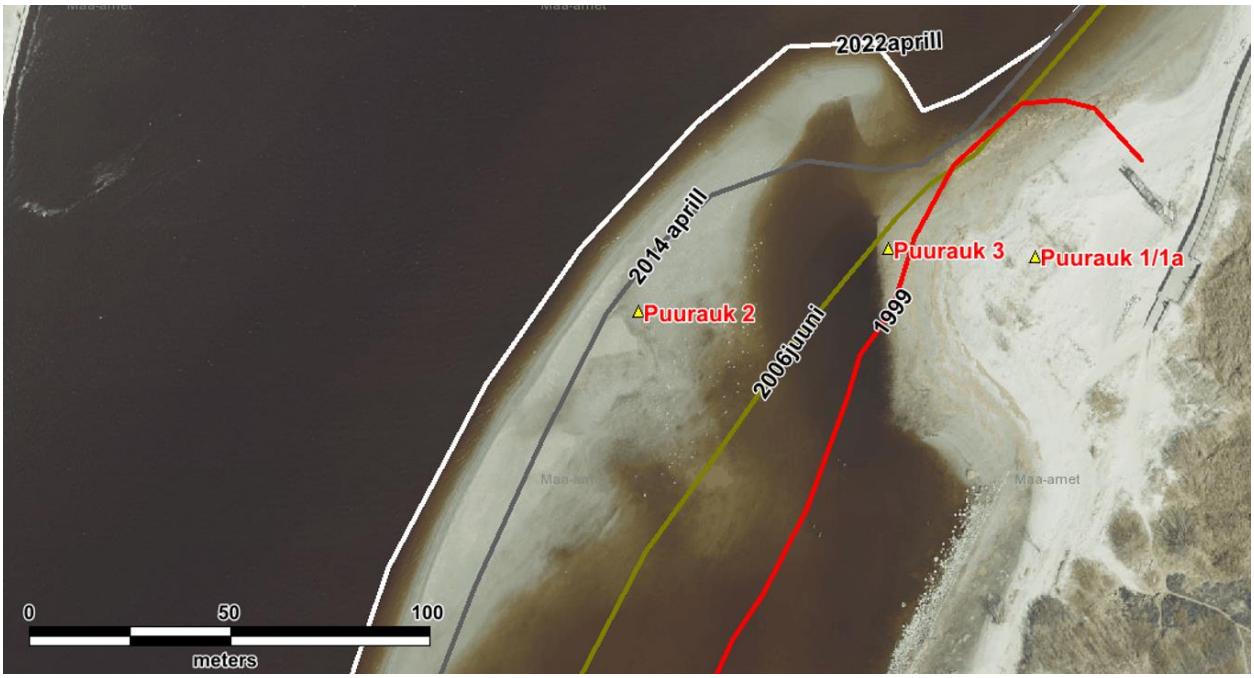
Iseloomustav termin	Osakeste diameeter			Suurusklass	
	Φ-ühikud	mm	µm		
Teralised setted	0	1-2	1000-2000	väga jäme	liiv
	1	0,5	500	jäme	
	2	0,25	250	keskmine	
	3	0,125	125	peen	
	4	0,0625	62,5	väga peen	
Peened mineraalsed setted	5	0,03125	31,25	väga jäme	aleuriit
	6	0,01563	15,63	jäme	
	7	0,00781	7,63	keskmine	
	8	0,00391	3,91	peen	
	9	0,00195	1,95	väga peen	
	14	0,00006	0,06		savi

Puurimine, radaritööd ja settekeha ruumala määramine.

Settekihi tüseduse määramiseks muulide vahel paikneval liivakehal kasutati mootoriga varustatud väikest tigu-käsipuuri (foto 2.1.). Seesuguse puuriga ei ole võimalik näha setete kihilisust, ent on võimalik tabada üleminekuid, nagu liivast kruusa, liivast savisse jne. Lisaks eelnevale saab väga hea ülevaate keskmisest liivamassi iseloomust, mille tigupuur pinnale hunnikusse kuhjab. Puurimine viidi läbi 2023. a märtsis kolmes kohas. Esimeses kohas tehti kaks kõrvuti asetsevat puurauku, et näha paremini erineval sügavusel paiknevate setete erinevust.



Foto 2.1. Puurimisel kasutati motoriseeritud käsi-tigupuuri.



Joonis 2.3. Tigupuurimisel tehtud puuraugud paiknesid kõige vanemal settekehal (puurauk 1/1a), värskeima settekeha merepoolse piiri ligidal (puurauk 2) ning värskeima settekeha maapoolse osa piiril (puurauk 3).

Ruumala määramisel eeldati, et vanadest muulidest välja jääval alal on enam-vähem ühtlane sette paksus, mida lubasid arvata ka puurimise andmed. Igaks juhuks mõõdistati settekeha kuival osal ka juhuslikes kohtades poolveealusel settekehal georadari profiilid. Selleks kasutati *Impulseradari*

C0730 80/300 MHz kahesageduslikku antenni. Üldiselt georadar sellistes tingimustest hästi ei tööta, ent võisime siiski välja lugeda, et uuritava settekeha ulatuses oli liivakihi paksus üsna stabiilne.

Orgaanika ja saasteainete proovide võtmine ning saasteainete määramine.

Orgaanika ja saasteained määrati vaid Pärnu jõe muulide vahel olevas settekehas, sest peamiseks eesmärgiks sooviti teada siinsete setete puhtust ning sobivust Valgeranda või muudeks kasutusotsarveteks.

Saasteainete määramiseks võeti 2022. aasta oktoobris kokku 7 proovi settekeha pinnalt haardkopaga (et tuleks võimalikult esinduslik proov, ca pealmisest 10 cm kihist). Proovid pakiti spetsiaalsetesse karpidesse ning toimetati Eesti Keskkonnauuringute Keskuse laborisse. Seal laboris analüüsiti Cd, Cr, Ni, Pb, Sr, Zn, Cu, Hg, antratseen, atsenafteen, atsenaftüleen, benso(a)antratseen, benso(a)püreen, benso(b)fluor-anteen, benso(k)fluoranteen, benso(g,h,i) perüleen, dibenso(a,h)antratseen, fenantreen, fluoranteen, fluoreen, indeno(1,2,3-cd)püreen, krüseen, naftaleen, püreen ja PAH summaarset (EPA 16) sisaldust ning tulemused kanti koondtabelisse, kuhu märgiti ka Vabariigi Valituse määrusega kehtestatud sihtarvud vastavatele ainetele ja ühendietele.

Orgaanika koguse määramiseks võeti keskmised liivaproovid puuraugust 1 ja 1a ning puuraugust 2 ning kõikidest liivaproovidest, mida kasutati muulide vahel oleva settekeha terajämeduse määramiseks. Kokku 8 proovi. Setteproovide orgaanilise ja mineraalse aine sisaldused määrati kuumutamisel ja selleks kasutati termogravimeetrit *Precisa prepASH 340 Series*. Orgaaniline aine eraldati kuumutamisel 550 ^{o}C juures (Heiri *jt*., 2001) kuni saavutati konstantne mass – st kaalukadu enam ei esinenud, mis omakorda tähendab, et kogu orgaaniline aine oli eraldunud (põlenud). Orgaanilise aine sisalduseks loeti kuumutuskadu 550 °C juures ja jääk nimetati mineraalaineks. Tulemused anti nii mahuprotsentides ka kaaluna ruumala kohta (kg/m^3), sest liiva erikaal on oluliselt suurem kui orgaanika erikaal ning seesugune võrdlus annab selgema pildi.

Geofüüsikalised uuringud

2022. aasta 9.-10. juunil viidi koostöös Eesti Geoloogiateenistusega läbi merepõhja geofüüsikalised uuringud. Geofüüsikaliste profiilide asukoha määrangutel kasutati tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemi L-EST97. Kõrgussüsteemina kasutati Euroopa vertikaalset referentssüsteemi (EVRS) EH2000 (lähtenivoo Amsterdami null). Veetaseme määramisel kasutati Riigi Ilmateenistuse mereveetaseme mõõtmisjaamade andmeid.



Foto 2.2. Eesti Geoloogiateenistuse uurimislaev.

Geofüüsikalistel profileerimistel kasutati asukoha määranguteks geodeetilist võrgupõhise mõõtmisega RTK-GPS GNSS seadet *Trimble R8*. GNSS ehk globaalse navigatsioonisatelliitide süsteemi püsijaamade võrgustik on vajalik geodeetilise referentssüsteemi komponentide jälgimiseks. Tööde käigus kasutati Maa-ameti GNSS püsijaamade võrku. Kasutatud meetod annab asukoha määramise täpsuseks ca 1–3 cm (8 mm + 0,5 ppm RMS) horisontaal- ja 1–5 cm (15 mm + 0,5 ppm RMS) vertikaalsuunal.

Geofüüsikalised uuringud hõlmasid trasside pidevprofileerimisi seismoakustilise madalsagedusliku (*Boomer),* keskmissagedusliku (*Chirp*) ja kõrgsagedusliku (*Pinger*) setteprofilaatoriga ning külgvaate sonariga. Põhjasetete pinna ja setete leviku piiride kaardistamiseks kasutati kahesageduslikku (400/900 kHz) külgvaate sonarit. Suurema detailsuse saamiseks kasutati töösagedust 900 kHz.

Tabel 2.3. Geofüüsikaliseks profileerimiseks kasutatud seadmed

Seade	Tüüp	Töösagedus	Kasutatud sagedus	Tootja
Madalsageduslik profilaator	*Boomer/Sparker*	0,7–2 kHz	0,7 –2 kHz	SIG France/Meridata
Keskmissageduslik profilaator	*Chirp*	3 –12 kHz	3 –9 kHz	Airmar/Meridata
Kõrgsagedusliku profilaator	*Pinger*	24 kHz	24 kHz	Echotrac/Meridata
Kahesageduslik külgvaatesonar	*Side-scan sonar*	400/900 KHz	900 KHz	SonarBeam/Meridata

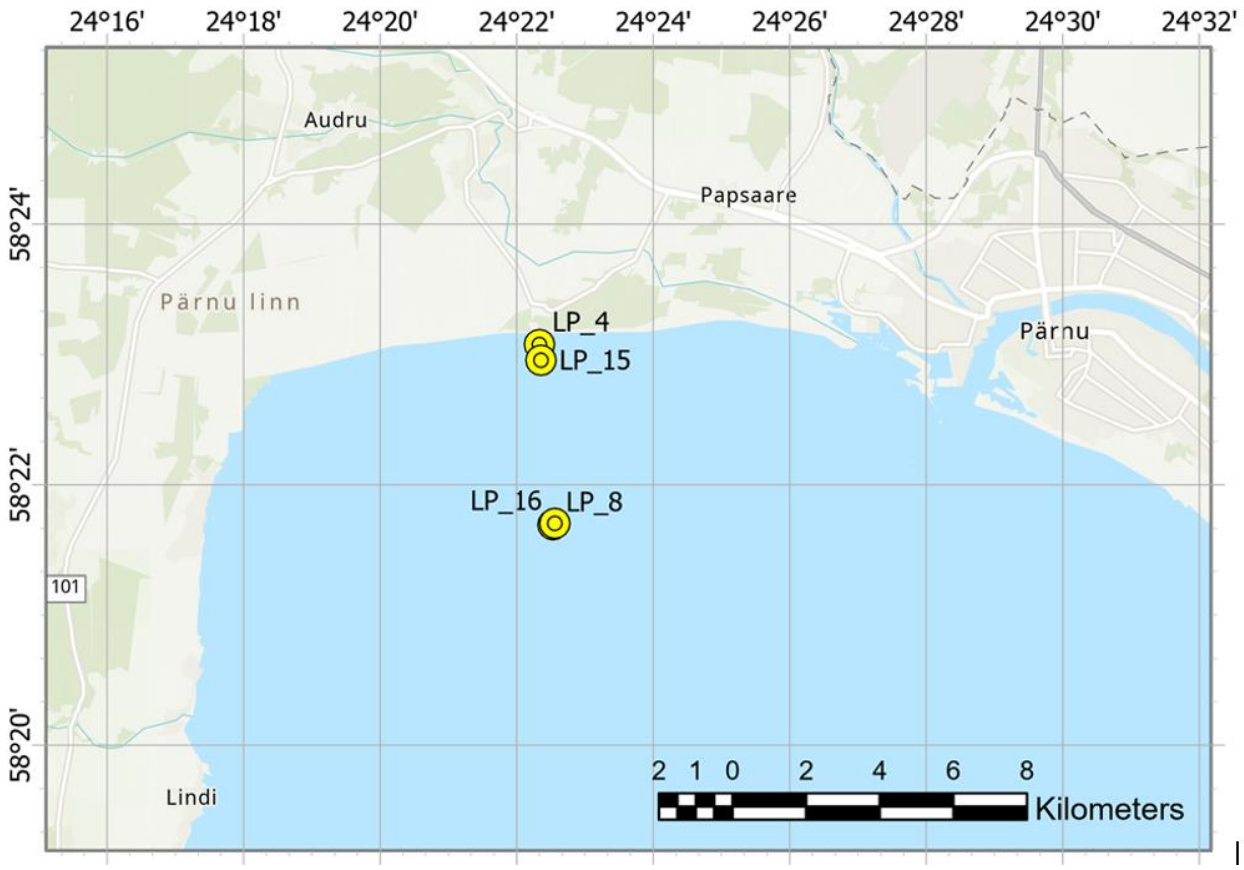
Geofüüsikaliste seadmete juhtimiseks ja andmete kogumiseks kasutati Meridata tarkvara MDCS (*Meridata Data Acquisition Software*). Andmed salvestati Meridata failiformaatides. Geofüüsikaliste andmete interpreteerimiseks kasutati Meridata tarkvara MDPS (*Meridata Processing software*) versioon 5.2. Pindade interpoleerimiseks kasutati Golden software tarkvara Surfer 8.0 ja graafiliste plaanide koostamiseks GIS tarkvara ArcGIS 10.7.1.

Lainetuse mõõtmine

Lainetuse mõõtmiseks Pärnu lahes kasutati LainePoiss tüüpi seadmeid (www.lainepoiss.eu). Seadmed registreerisid 50 Hz sagedusega kiirendusandmeid, millest omakorda tuletati iga 22 minuti oluline lainekõrgus, keskmine laineperiood, keskmine lainesuund jne. Andmed saadeti reaalajas üle LTE võrgu serverisse ning kuvati operatiivselt dashboardil. Toorandmed loeti hiljem pärast väljavõtmist kõvakettale ning on samuti talletatud turvatud serveris.

Mõõtmised viidi läbi sügisel 2021 ja 2022. Mõlema mõõtmise jaamade asukohad on näidatud kaardil (joonis 2.4). Täpsed mõõteperioodid olid: 09.11.2021-04.12.2021 ja 13.09.2022-28.11.2022.

Mõõtmiste läbiviimiseks kasutasime TTÜ meresüsteemide instituudi U/L Salme mootorpaati ning TLÜ ökoloogia keskuse mootorpaati. TTÜ meresüsteemide instituudi poolt osalesid seadmete veeskamisel ja väljavõtmisel Kaimo Vahter, Siim Pärt ja Victor Alari ning TLÜ ökoloogia keskuse poolt Hannes Tõnisson. Andmete analüüsimisel osalesid Siim Pärt ja Victor Alari. 2021. a. mõõtmised jäid planeeritust lühemaks ning seetõttu ka projekt pikenes, sest üsna ootamatult tekkis Pärnu lahele jää, mis lõhkus poide ankurdamise ning poid läksid triivi. Üks poidest saadi hiljem kätte Kihnu saarelt ning teine 5 kuud hiljem Riiast (olles jää sees/jää all olnud kogu triivi aeg).



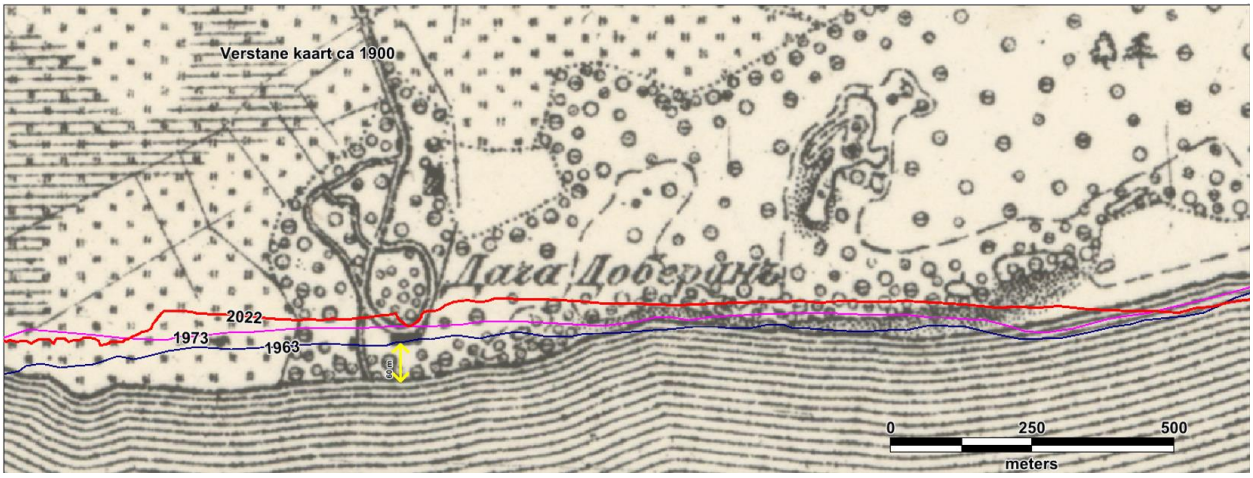
Joonis 2.4. Poijaamade ankurdamise kohad (kaardil on toodud nii 2021. kui 2022. aastal kasutatud poijaamade numbrid).

2.2. Kartograafilise analüüsi tulemused

Kartograafilise analüüsi alustuseks peab märkima, et 1904. aastal valminud üheverstane kaart ei pruugi olla alati kõige täpsem, ent see annab siiski palju informatsiooni protsessi suunast ning tollasest hetkesituatsioonist. Paigutades eriaegsed rannajooned 1904. aasta kaardile (joonis 2.5), näeme selgelt, et kogu Valgeranna rannajoone orientatsioon on umbes 120 aastaga muutunud umbes 5 kraadi. Kui varasem rannajoon oli pisut edela-kirde suunas kaldu, siis tänane rannajoon on sisuliselt lääne-ida suunaline. See situatsioon vastab ilmselt paremini üldisele lainetuse suunale uuritavas piirkonnas.

Lisaks eelnevale näeme samalt jooniselt, et juba 1904. aastal asus selles piirkonnas Doberani mõisa suvemaja, kuid see asus soliidselt umbes 60 m kaugusel rannajoonest, ilmselt tollases parkmetsas.

See näitab, et ilmselt tormide kartuses ei juletud juba tollel ajal isegi suvemaja rannale liialt lähedale ehitada.

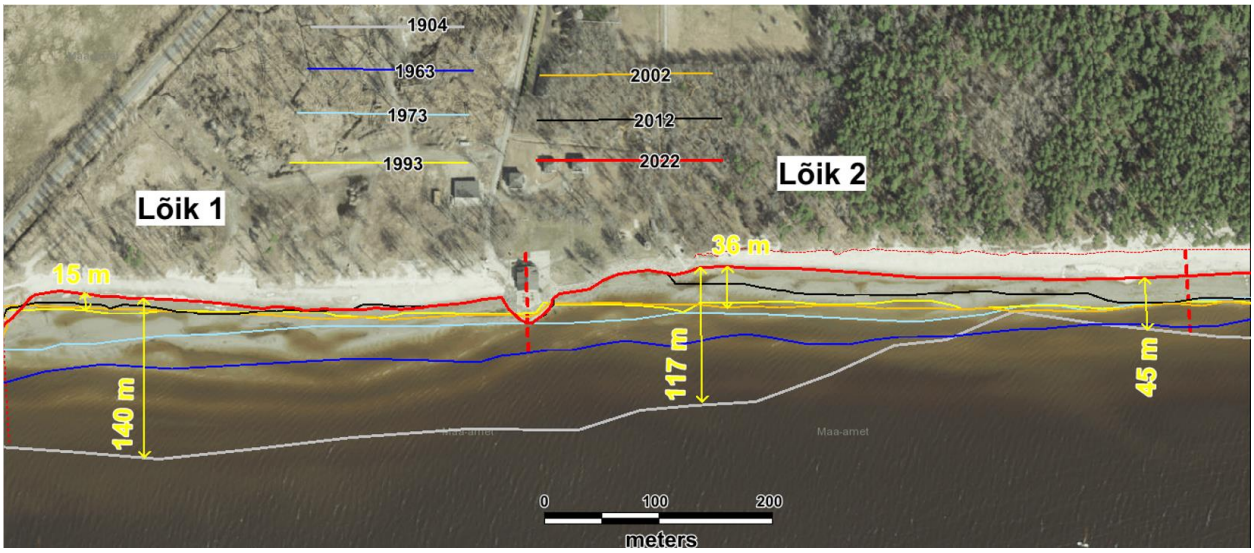


Joonis 2.5. Verstasele kaardile on kantud rannajooned aastast 1963, 1973 ja 2023. Samuti on näidatud tollase suvemaja kaugus rannajoonest.

Minnes edasi erinevate rannalõikude arengut kirjeldades, näeme, et 455 m pikkuses lõigus nr 1 on möödunud sajandi esimesel poolel toimunud ulatuslikud muutused (joonis 2.6). Näeme, et kohvikust läänes on rannajoon viimase 120 aastaga taganenud kohati kuni 140 m, millest 125 meetrit on taganenud esimese 90 aastaga ja vaid kuni 15 m viimase ca 30 aastaga. Taganemise kiiruse vähenemise taga on ilmselt kaks faktorit. Rannajoone orientatsioon on muutunud domineeriva lainetuse suhtes soodsamaks. Teisalt on viimasel umbes 15 aastal taganemise kiirust kahandanud uue kohviku ümber rajatud võimas kivikaitse, mis töötab sisuliselt buunina või lausa analoogselt sadama muuliga, kuhu ühele poole kuhjuvad setted, teiselt poolt toimub aga murrutus.

Ideaalne näide murrutuse kiirenemisest ongi kohvikust ida poole jääv 565 m pikkune lõik nr 2 (joonis 2.6). Näeme, et kui siin on rannajoon taganenud viimase 120 aasta jooksul 45 m (lõigu idaosa) kuni 117 m (lõigu lääneosa), siis viimasel kahekümnel aastal on siinne rannajoon kohati taganenud kuni 36 m. Kõige kiirem on olnud taganemine just rannakaitse müüri lõpus. On ilmselge, et taganemise kiirenemine on suures osas põhjustatud just uue kohviku ja selle lähistele rajatud kaitsemüüri rajamisest. Esiteks on kohvik pidurdanud setete pikirännet, teisalt on kivimüür kiirendanud liivade ärakandumist selle esisest merest ning muutnud mere sügavamaks ja seetõttu ka randa purustama jõudva lainetuse parameetrid võimsamaks. Tüüpilise õpikunäitena (Orviku, 2018) on erosioon oluliselt kiirenenud vahetult kivist kaitsemüüri lõpus. Positiivse märgina võib

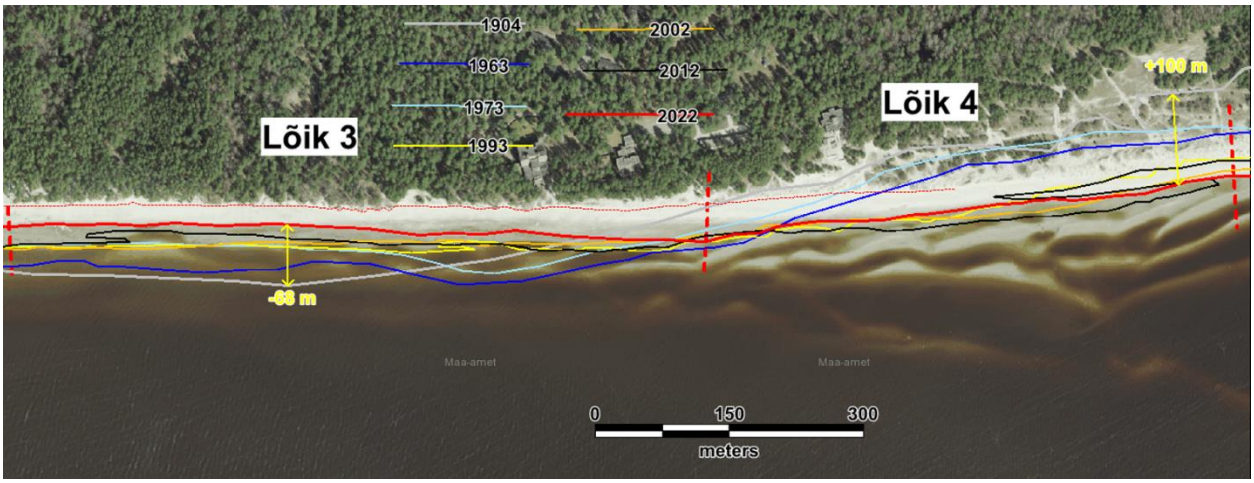
näha, et 2020. aasta tormiga tekkinud astangu ette kuhjatud puude juured (kukkusid rannale astangu murrutuse tulemusena) ja muu puidust materjal on väga hästi töötanud eoolse liiva püüdjana ning lainetuse murdjana. Tänu sellele ei ole siin piirkonnas enam alates 2020. aastast astangu murrutust toimunud ning astangu jalamile on kogunenud veidi liiva.



Joonis 2.5. Detailsed rannajoone muutused lõikudes 1 ja 2. Kaardile on märgitud rannajoone taganemise ulatus erinevatel perioodidel ja lõikudes (aluseks ortofoto 2022, Maa-amet WMS).

Lõiku nr 3 (joonis 2.6), mis on umbes 780 m pikk, iseloomustab oluliselt aeglasem taganemine. Siin on maksimaalse taganemise ulatus vaid 68 m. Võiks öelda, et lõikude nr 3 ja 4 piirialal on varasemalt olnud üleminek kulutusalalt kuhjealaks. Sisuliselt oleks siin olnud nagu telg, mille suhtes rannajoon on ennast viimase 120 aasta jooksul umbes 5 kraadi võrra keeranud. Tänaseks on aga olukord pisut muutunud. Ala piirini näeme, et ajurannas on suhteliselt värske astang, mis piirneb vana rannamännikuga. Murrutusastang seesuguses metsas annab tunnistust intensiivsest kulutusprotsessid, kus looduslik suktsessioon on juba mõnda aega tagasi ümber pööratud. Ilmselt on aina enam mõjunud see, et kohvikust läänes olevad setted ei saa ida suunas liikuda. Kohvikust idas olev rand on umbes 150 m ulatuses kividega kindlustatud ning sealt enam setteid juurde võtta ei saa, mistõttu on erosiooniala aina enam nihkunud just selles suunas. Seda lõiku peaks hoidma

erilise tähelepanu all, sest siin paiknevad lähimad hooned vaid umbes 20 m kaugusel tänasest rannaastangust.

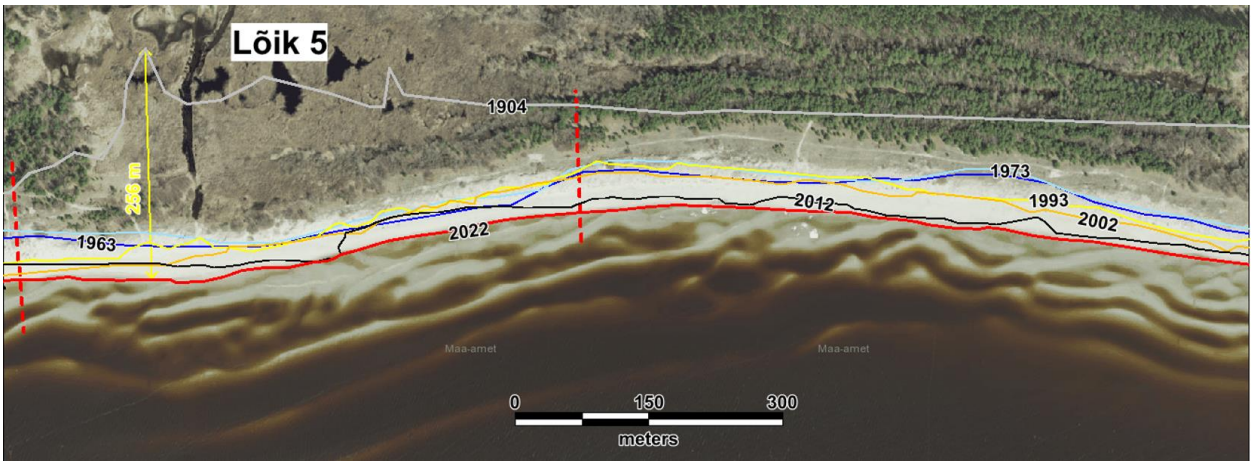


Joonis 2.6. Detailsed rannajoone muutused lõikudes 3 ja 4. Kaardile on märgitud rannajoone taganemise ulatus erinevatel perioodidel ja lõikudes (aluseks ortofoto 2022, Maa-amet WMS).

Lõik nr 4 (pikkus 590 m, joonis 2.6) funktsioneeris kuni viimase kümnendini pideva kuhjealana. Ka selle piirkonna ajuranda vaadeldes näeme, et tegemist on tüüpilise kuhjerannaga. Suhteliselt lai liivarand läheb üle madalateks eesluideteks, veidi vanematel luidetel kasvavad põõsad ja väikesed puud ning metsapiir asub üsna kaugel vanades luidetes – tüüpiline looduslik suktsessioon. Kiirest kuhjeprotsessist annab siin tunnistust ka see, et uuritaval perioodil on rannajoon nihkunud siin kuni 100 m mere suunas. Samas on luidete merepoolsel jalamil näha väikest murrutusastangut ning viimase kümnendi kaardianalüüs viitab sellele, et lõiguti on siin rannajoon veidi uuesti taganenud. Vaadates siinse ranna iseloomu, võiks seda siiski pidada ajutiseks ning võib eeldada, et ohtlikke rannapurustusi siin piirkonnas lähiajal ei toimu. Selles piirkonnas puuduvad ka rannalähedased hooned ja infrastruktuur, mis tähendab, et see lõik võiks olla heaks looduslikuks puhvertsooniks rannaprotsessidele.

Viimane uuritav rannalõik nr 5 (630 m pikkune) on kogu uuritava perioodi jooksul tugevasti mere suunas laienenud (joonis 2.7). Lõigu idapoolses osas on see nihkumine olnud lausa üle 250 m. Siinse kiire nihkumise põhjuseks on ilmselt rannikulaguuni tekkimine, mis on tänaseks suures osas kinni kasvanud ja ilmselt osaliselt ka eoolse liivaga täitunud. Nii sellel lõigul kui sellest ida suunas võime näha ulatuslikku eesluidete ja luidete vööndit, millel kasvab vaid suhteliselt madal taimkate (põõsad, üksikud madalad puud). Hea tervise juures olevast kuhjerannast annab tunnistust ka see, et rannanõlval on näha vähemal 5 eraldiseisvat veealust rannabarri. Võimalik, et mingil perioodil

on lõigu nr 5 alguses Audru jõgi murdnud otse merre, mistõttu pole siin ka nii ulatuslikku luidete vööndit kui mujal.



Joonis 2.7. Detailsed rannajoone muutused lõigus 5. Kaardile on märgitud rannajoone muutuste maksimaalne ulatus uuritaval perioodil (aluseks ortofoto 2022, Maa-amet WMS).

Järgnevalt oleme summeerinud erinevate lõikude rannajoone muutuste pindala ning lähtudes lõigu pikkusest arvutanud rannajoone keskmise muutuse erinevate ajaperioodide kohta erinevatel uuritavatel lõikudel (Tabel 2.4). Tabelist näeme, et kui kogu uuringuperioodi vältel on esimeses lõigus rannajoon keskmiselt taganenud veidi üle 1 m aastas, siis viimasel kümnendil on see taganemise kiirus olnud ligi kolm korda väiksem, mis on ilmselt tingitud setete rände pidurdumisest kohviku läänepoolsel küljel.

Tabel 2.4. Rannajoone nihkumine jooksva rannajoone meetri kohta erinevatel lõikudel ja erinevatel ajaperioodidel

	Lõik 1 455-0 (m) m/jm kohta	Lõik 2 0-565 (m) m/jm kohta	Lõik 3 565-1345 (m) m/jm kohta	Lõik 4 1345-1935 (m) m/jm kohta	Lõik 5 1935-2565 (m) m/jm kohta
1903-2022	-1.02	-0.65	-0.31	0.57	1.37
1963-2022	-0.89	-0.89	-0.74	0.67	0.54
1973-2022	-0.51	-0.66	-0.50	1.07	0.80
1993-2022	-0.28	-0.86	-0.66	0.16	1.07
2002-2022	-0.43	-1.35	-0.76	-0.06	1.24
2012-2022	-0.34	-1.33	-1.30	-0.48	1.55

Kui aga vaatame rannajoone muutusi kohvikust idas, siis näeme nii lõigus 2 kui ka lõigus kolm hoopis vastupidiseid protsesse. Kui vahetult peale kohvikut taganes rand 120 aasta jooksul

keskmiselt 0,6 m/aastas, siis viimasel paaril kümnendil on see kiirus olnud üle kahe korra suurem ning taganemise kiirus on ulatunud 1,3 m/ aastas. Varasemalt nö üleminekualaks olnud lõik nr 3 on aga hakanud kiirelt maa suunas taganema. Kui 120 aasta jooksul oli keskmine rannajoone nihkumine siin 0,3 m/aastas, siis viimasel kümnendil on rannajoone maa suunas nihkumine samuti ulatunud 1,3 meetrini aastas.

Pikemas perspektiivis vaid kuhjealaks olnud lõigus nr 4 võib möödunud 120 aasta jooksul täheldada rannajoone meresuunalist nihkumist 0,6-1 m/aastas. Viimasel kümnendil on aga toimunud rannajoone taganemine ligi 0,5 m/aastas. Nii lühikese protsessi puhul võib olla siiski tegu ajutise nähtusega ning loodetavasti protsess ei ole muutunud pöördumatult.

Protsesside intensiivistumisest annab tavaliselt tunnistust ka kuhje kiirenemine. Seda on näha selgelt ka lõigus nr 5. Kui möödunud umbes 120 aasta jooksul võetud erineva pikkusega perioodide jooksul oli siin rannajoone mere suunas nihkumine 0,5-1,3 m/aastas, siis viimasel kümnendil on see olnud ligi 1,6 m/aastas.

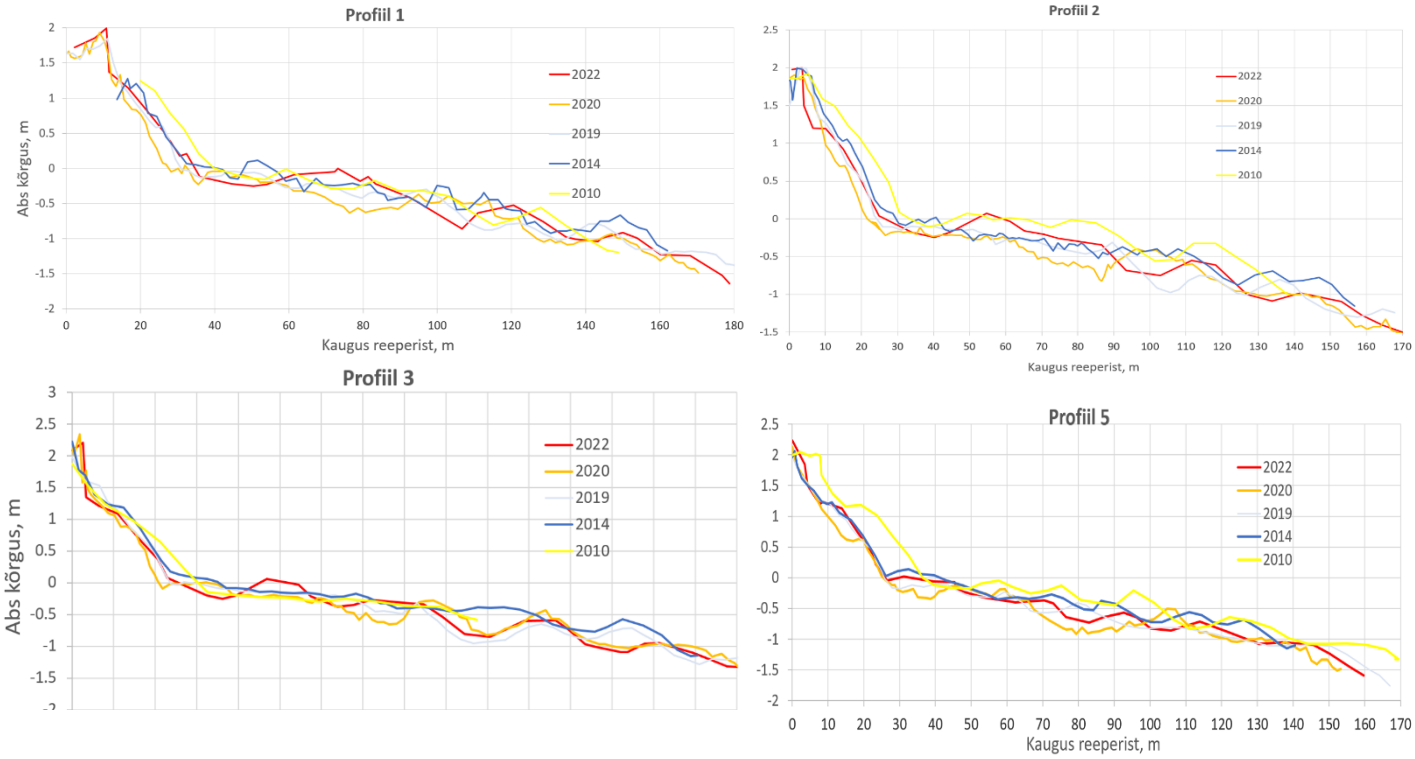
Tabel 2.5. Ranna pindala muutus erinevatel lõikudel (kulutus + kuhje) ja kogu muutus erinevatel perioodidel erinevate lõikude kohta

ajavahemik	lõik 1		lõik 2	lõik 3		lõik 4		lõik 5	summa
	kulutus	kuhje	kulutus	kulutus	kuhje	kulutus	kuhje	kuhje	ühik=m^2
1903-2022	-55300	0	-43700	-30800	2100	0	39900	103000	**15200**
1993-2022	-3655	0	-14150	-14900	0	-1390	4090	19550	**-10455**
2002-2022	-3900	0	-15270	-12090	180	-1800	1100	15580	**-16200**
2012-2022	-1830	275	-7530	-10260	90	-6420	3590	9760	**-12325**

Huvitava faktina toome välja ka kogu uuritava ala pindala muutuse (tabel 2.5). Kui kogu uuritud perioodi jooksul suurenes uuritava lõigu pindala mere arvelt umbes 15 000 m^2 võrra, siis viimasel kolmel kümnendil on see protsess pöördunud vastassuunas. Näiteks on vaid viimase 10 aasta jooksul maad kadunud enam kui 12 000 m^2 võrra rohkem kui seda on siia juurde tekkinud. See võib viidata kahele asjaolule. Setted võivad olla liikunud kiiremini Audru jões suudme suunas (mis jääb uuritavast süsteemist välja) või on peenemad liivad osaliselt kas avamere suunas minema kantud või kuhjatud uuritava ala idaosas paiknevatesse luidetesse. Oma rolli mängib kindlasti ka keskmise meretaseme kerkimine, mis pikemas perspektiivis peaks madalamad rannaalad aegapidi üle ujutama.

2.3. Rannaprofiilide mõõdistamise tulemused

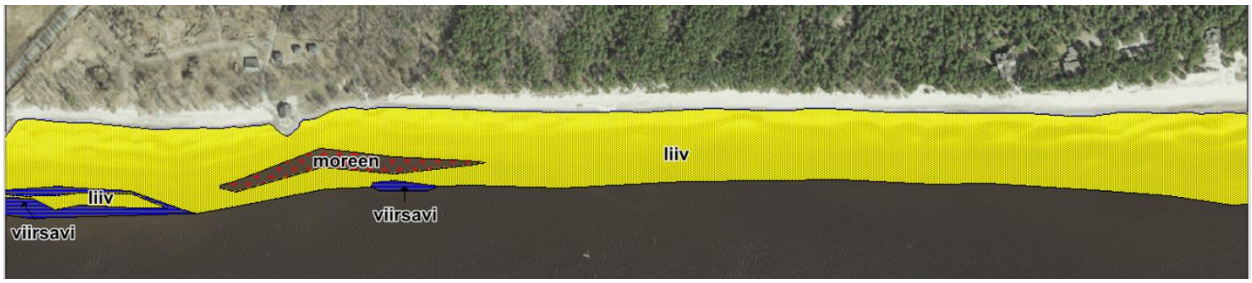
Kui kartograafiline analüüs andis meile eelkõige võimaluse näha pigem muutusi pindalas, siis profiilide analüüs annab meile parema võimaluse mõista muutusi ka ruumalades, ehk siis annab aimu liikuvate setete mahtudest, mis on randade kaitse planeerimise seisukohalt oluliselt tähtsam parameeter.



Joonis 2.8. Rannaprofiilid nr 1, 2, 3 ja 5 Doberani kohvikust läänes. Profiilide asukoht joonisel 2.2).

Kohvikust läänes olevaid profiilide muutusi analüüsides näeme, et neil on väga palju sarnasusi. Kõikidel profiilidel on kuiva rannaosa laius umbes 20 m ja me näeme pea kõikjal intensiivsemat rannaastangu taganemist möödunud kümnendi alguses, mil esines mitmeid tugevaid ja kõrge meretasemega torme (Tõnisson *jt*., 2013; 2016). Tegelikult näeme kõikide profiilide puhul, et rannaastangu jalam paikneb 1,3-1,5 m üle merepinna, mis teeb siinse ranna tugevatele tormidele väga haavatavaks. Võiks öelda, et lähtuvalt tõenäosusest, võiks meretase ulatuda astangu jalamile iga 2-3 aasta tagant. Kuna aga siin olulist ranna taganemist viimastel aastatel toimunud ei ole, siis võib põhjuseks olla see, et tugeva tormiga rannanõlvale liigutatud setted ei saa kohviku tõttu piki randa ida suunas liikuda ning kanduvad aegapidi rannale tagasi. Kui tavaliselt räägitakse randade taganemisel ranna tasakaaluprofiili tekkimisest (isegi ranna taganemisel püüab profiil säilitada

sarnast kuju, nihkudes rannajoonega kaasa), siis siin seda tekkida ei saa. Kõikidel profiilidel näeme, et merepõhjas väga olulisi muutusi ei ole. Toimub vaid õhukeste veealuste liivavallide nihkumine. Kuna meres on liivakiht väga õhuke, siis on paljudes kohtades erosioon jõudnud liiva all paiknevate savikate seteteni. Erinevalt liivast on need setted äärmiselt raskelt erodeeritavad. Seega võime öelda, et rannajoon on siin küll 120 aastaga palju taganenud, ent tänu sellele on muutunud oluliselt laugemaks ka rannanõlv, sest savikate setete erosioon samal perioodil on olnud kaduvväike. Niisugune protsess vähendab ajapikku ka rannale jõudva lainetuse energiat. Profiilide põhjal koostatud põhjasetete kaardilt näeme, et juba umbes 1,5 m sügavusel profiilide lõpus valdavad savikad setted (joonis 2.9), seda eelkõige just kohviku piirkonnas.

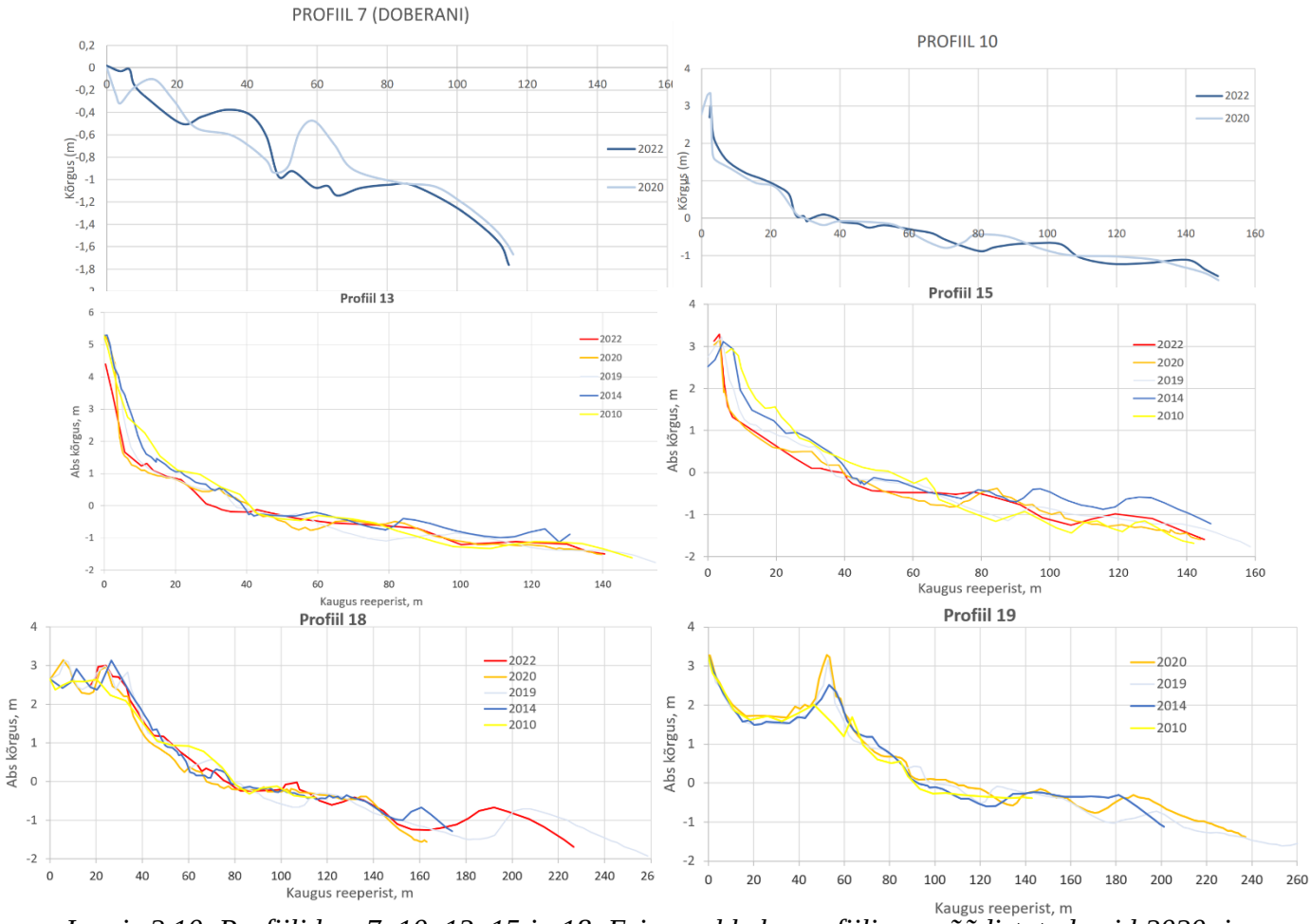


Joonis 2.9. Profiilide põhjal välja joonistatud merepõhja setted. Merepoolses osas olevad liivavallid kohviku ümber on äärmiselt õhukesed (10-20 cm) ja vahetult nende all paiknevad juba savikad setted

Kohvikust idas olukord veidi muutub, eelkõige selles osas, et vahetult kohviku kõrval oleval profiilil kuiva randa enam ei eksisteerigi ning jälgitavad on vaid veealuste liivast vallide asukohtade muutused ning tegu on ka kõige järsumalt sügavaks muutuva merega (joonis 2.10). Näeme, et 1,5 m sügavus saavutatakse juba umbes 100 m kaugusel rannajoonest (ühtlasi ka kivist kaitsemüüri jalamist). Olukord on pisut parem profiilil nr 10, mis paikneb kohvikust umbes 400-500 m idas. Siin on kuiva ranna laius juba veidi üle 20 m ja rannaastangu jalami kõrgus jääb umbes 1,5-1,6 m kõrgusele. Ka see on veel väga madal kõrgus, mistõttu võib siin lõigul täheldada üsna intensiivset rannaastangu taganemist. Erinevalt kohvikust läänes olnud profiilidest näeme siin, et profiilil nr 10 on astangu perve kõrgus juba üle 3 meetri, mistõttu võiks siin olla ka rannaastangu ja rannajoone taganemine aeglasem, samas mahtude muutus suurem.

Profiilid nr 13 ja 15 kattuvad jällegi riikliku seire profiilidega. Ka siin võime näha 3-5 m kõrguse rannaastangu taganemist mitme meetri võrra. Näeme, et astangu taganemise kiirus on viimasel ajal oluliselt kasvanud. Õnneks näeme sarnast olukorda eelnevate profiilidega, et olulisi muutusi profiilide veealuses osas ei ole toimunud, mistõttu on ilmselt ranna vastupanu võime tormidele

siin ajas pigem kasvanud. Väga selgelt on jälgitav ka veealuste liivavallide asukoha pidev muutus, mis näitab seesuguste liivade liikumise intensiivsust.



Joonis 2.10. Profiilid nr 7, 10, 13, 15 ja 18. Esimesed kaks profiili on mõõdistatud vaid 2020. ja 2022. aastal, profiil nr 19 jäi tehnilistel põhjustel 2022. aastal mõõdistamata.

Viimased kaks profiili (18 ja 19, joonis 2.10) paiknevad aga mõlemad kuhjeala piires. Siinse ranna laius on üle 40 m, mis viitab väga heale ranna seisundile. Samuti on merepõhjas olevad vallid veidi võimsamad, mis viitab ilmselt suuremale liivavarule ka rannanõlval. Mõlemal profiilil on sisuliselt eristamatu rannaastangu asukoht, mis võiks viidata samuti kuhjeprotsesside domineerimisele. Ajurannas näeme aga luidete kõrguse olulist kasvu. Näiteks profiilil nr 19 on eesluite kõrgus kasvanud veidi vähem kui 2 m-lt umbes 3,2 m-ni ja seda umbes 10 aasta jooksul. See viitab olukorrale, et tuule kantava liiva kogus on siin päris suur. Hinnanguliselt võiks siin eesluidete kõrgusesse kasvamise kiirus olla 10-12 cm/aastas. Kuna luited on siin taimestunud, siis suur osa piki randa liikuvast settematerjalist tegelikult seotaksegi luidetes. Kuna piki randa Pärnu suunast

setteid enam oluliselt juurde tulla ei saa, siis pikemas perspektiivis võib ainuüksi luidete kasvamise näol tekkida mõningane setete defitsiit.

Profiil	2010-2022(0) m^3/m	2014-2022(0) m^3/m
1	-8	-3
2	-30	-8
3	-3	-6
5	-37	-11
13	-24	-32
15	-17	-46
18	3	3
19*	29	21
*	*puudub mõõtmine 2022*	

Tabel 2.6. Kahel erineval perioodil toimunud profiili ruumala muutus kaheksal erineval profiilil (profiilide asukoht joonisel 2.2). Profiil nr 19 ei olnud 2022 aastal võimalik tehnilise rikke tõttu mõõta, mistõttu selle profiili arvutusperiood lõppeb aastaga 2020. Ruumala muutusel on arvesse võetud nii profiili maapealne kui ka veealune osa. Erinevate aastate võrdlusel on aluseks võetud kõige lühem profiil, et tulemused oleks võrreldavad. Ruumala on antu kuupmeetrites jooksva rannajoone meetri kohta.

Profiilide analüüsi lõpetuseks vaatasime üle profiilide ruumala muutused (tabel 2.6). Nagu näeme, tuleb ka siin suur erinevus sellest, kas võtame arvesse vahemiku 2010-2014, mil esinesid mitmed suured tormid või mitte. Huvitav on see, et tollaste suurte tormide mõju oli suurem just Doberani kohvikust läänes ja viimasel kümnendil on olnud suurem mõju idas. Näeme, et kui võtame perioodi 2010-2022, siis läänepoolsete mõningate profiilide mahu vähenemine on ulatunud 37 m^3, ehk siis umbes 3 m^3 aastas, samas kui mõnel profiilil on see muutus olnud vaid 3 m^3 kogu 12 aastasel perioodil, ehk siis üle 10 korra vähem. Kui aga vaatleme perioodi 2014-2022, siis on maksimaalne ärakanne olnud 11 m^3, ehk umbes 1 m^3 aastas. Kuna uus kohvik koos kaugemale merre ulatuva rannikukaitsega sai valmis 2008. aastal ja 2010-2013 olid esimesed tõsised tormid peale ehitust, siis võime eeldada, et selle aja jooksul kohandus kohvikust läände jääv rand uute tingimustega. 2020. aasta torm siinsele rannale enam olulist kahju ei tekitanud, sest rand oli juba suutnud ennast kohandada uutele tingimustele.

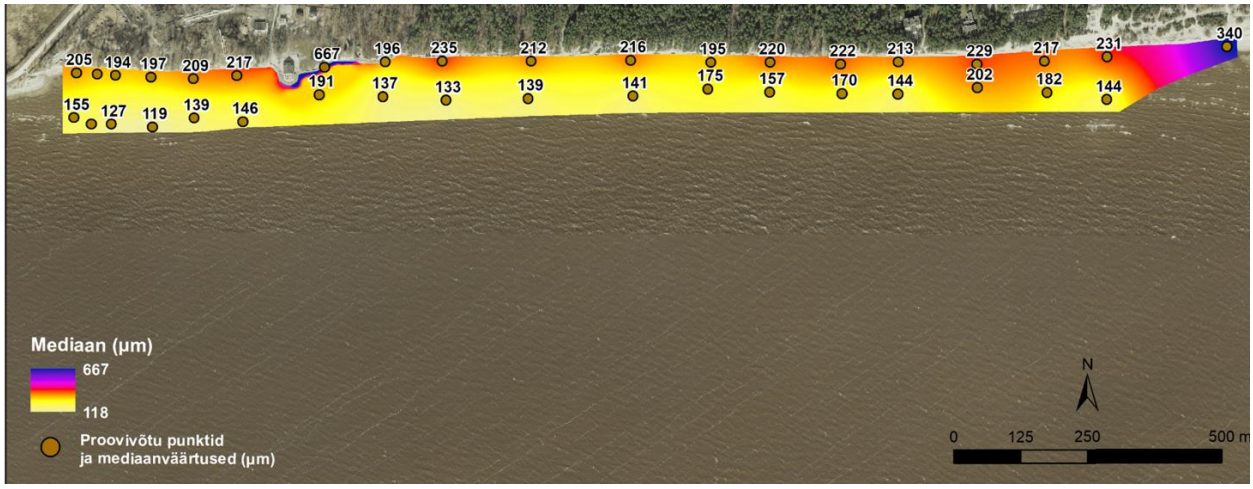
Oluliselt suuremat muret tekitab aga olukord kohvikust idas, kus viimaste aastate tormid on aina suuremat mõju avaldanud. Profiilidel 13 ja 15, mis jäävad Villa Andropoffi lähedusse, on viimase 8 aasta jooksul ärakanne ulatunud 32-46 m^3 aastas, mis on keskmisena 4-5 m^3 aastas. Põhjuseks võib olla see, et kui varasemalt murrutati randa vahetult kohvikust idas, kandus rannale ja rannanõlvale tõmmatud liiv piki randa edasi, mis ühtlasi kaitses siinset randa edasise murrutuse eest. Nüüd on aga kogu liiv esimeselt ca 150 meetrilt minema kantud, seejärel on veel lõik, mis on pool-looduslike meetmetega tänaseks osaliselt stabiliseeritud ning seetõttu ongi kulutusala nihkunud aina enam ida suunas. Õnneks on siinse astangu kõrgus 3-5 meetrit ja seesuguse erosiooni puhul ei tohiks veel hooned otsesesse ohtu sattuda lähema 15-20 aasta perspektiivis.

Viimasel kahel profiilil (18 ja 19) näeme aga suhteliselt stabiilset juurdekasvu, mis näitab, et eelnevalt alalt murrutatud materjal jõuab lõpuks siia ja kuhjub vaikselt nii rannale kui ka luidetesse.

Võiksime öelda, et kohviku ümbrusest (450 m läänes ja umbes 600 m idas) kandub aastas minema keskmiselt ligi 1000 m^3 setteid. Kui võtame arvesse erosiooniala laienemise ida suunas ning stabiliseerumise kohvikust läänes, siis võiks praeguseks keskmiseks erosiooniks siin piirkonnas lugeda vahemikku 1000-1500 m^3 aastas.

2.4. Terajämeduse mõõtmise tulemused

Liivade terajämeduse määramiseks viiakse tavaliselt läbi sõelumine, mille tulemusel saadakse erinevate fraktsioonide sisaldused. See on oluline taustainformatsioon teadmaks seda, kui palju näiteks tekib heljumit või kui suur on väga peene liiva osakaal, mis ilmselt tuulega kergelt luidetesse kantakse. Käesolevas töös on analüüsis ja võrdlustes kasutatud mediaanväärtust. See annab eelkõige olulise info liiva kui massi liikumise kohta ning on olulisem just rannaprotsesside kirjeldamisel ja analüüsil.



Joonis 2.11. Liivade terajämeduste mediaanväärtused ning liivasele alale interpoleeritud keskmised väärtused Valgeranna piirkonnas.

Analüüsides liivade terajämedust Valgeranna piirkonnas näeme ühte selget tendentsi (joonis 2.11), rannalähedases merepõhjas on setted oluliselt peenemad (keskmiselt 0,15 mm) kui rannal (keskmiselt 0,2 mm). Tavaliselt viitab see olukorrale, kus rannal olevat liiva lainetus sorteerib ja peenem materjal liigub nii rannanõlvale kui puhutakse osaliselt ka luidetesse. Tihti viitab see aeglasele kulutusele, kus pikka aega ei ole alale värskeid setteid juurde tulnud.

Näeme ka, et kohvikust vahetult idas on terajämedus erakordselt kõrge, ulatudes ligi 0,7 mm-ni. See on lihtsalt selgitatav, sest siit piirkonnast on pea kõik rannaliiv ära kantud ja järele on jäänud vaid kivid, munakad, kruus ja natuke jämedat liiva, mis on keskmise meretaseme juures vee all (foto 2.3). Peenemat materjali leidub vaid rannast kaugemal, õhukestel veealustel liivavallidel, aga ka seal on materjali jämedus pisut suurem kui mujal veealustel vallide, ulatudes ligi 0,2 mm-ni.

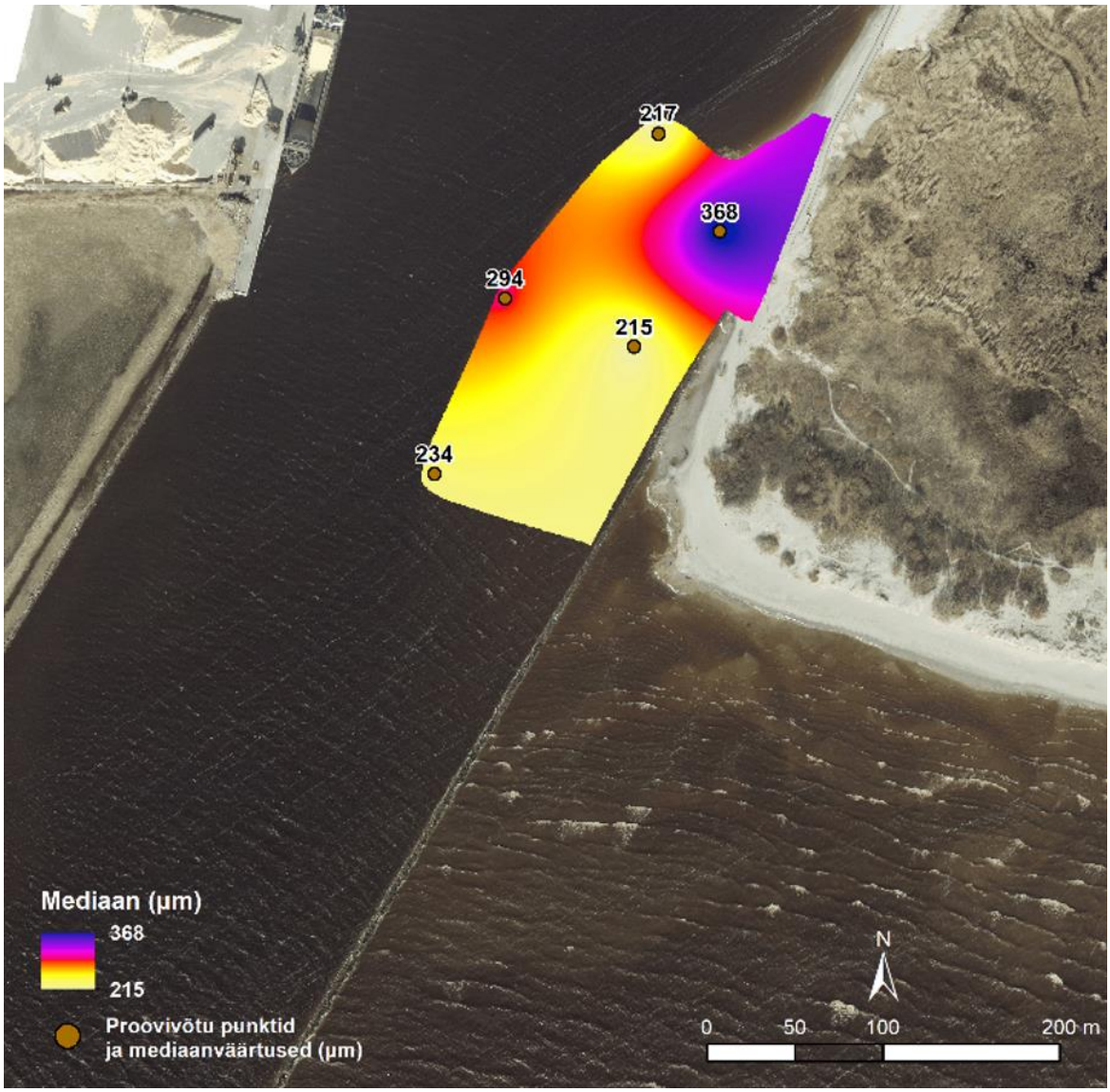


Foto 2.3. Doberani kohvikust vahetult idas, rannakaitse müüri esiselt alalt on enamus liiva kadunud. Järele on jäänud veidi jämedateralist liiva, kruusa, munakad ja üksikud kivid.

Olulist terajämeduse kasvu näeme ka uuringuala idaosas, Villa Andropoffi lähistel, kus terajämedus meres ulatub samuti ligi 0,2 mm-ni ning rannas jääb terajämedus vahemikku 0,2-0,3 mm. Siin võib olla põhjuseks see, et samas piirkonnas on merepõhjas veealune liivakõrgendik, ilmselt vana oosilaadne moodustis. Selle pinna kulutuselt tuleb ilmselt veidi täiendavalt setteid randa juurde. Sellest veealusest moodustisest räägitakse lähemalt geofüüsika tulemuste peatükis.

Randade täitmisel liivaga rõhutatakse fakti, et juurde toodav materjal peab olema võimalikult sarnane sellele, mis algselt täidetaval rannal juba olemas oli. Selleks võrdlemegi järgnevalt Pärnu muulide vahele kuhjunud liivade terajämdeust Valgerannas levivate liivade terajämedusega. Näeme, et valdaval osal pool-veealusest settekehast on terajämeduse mediaanväärtuseks 0,2-0,3 mm ning settekeha kuivalt osalt võetud proovi mediaanväärtus ulatub umbes 0,37 mm-ni (joonis 2.12). Ilmselt on siin osaliselt lainetuse poolt kantud materjali ning seetõttu ka keskmine terajämedus pisut kõrgem. Selle põhjal võime öelda, et muulide vahel olevas settekehas paikneva

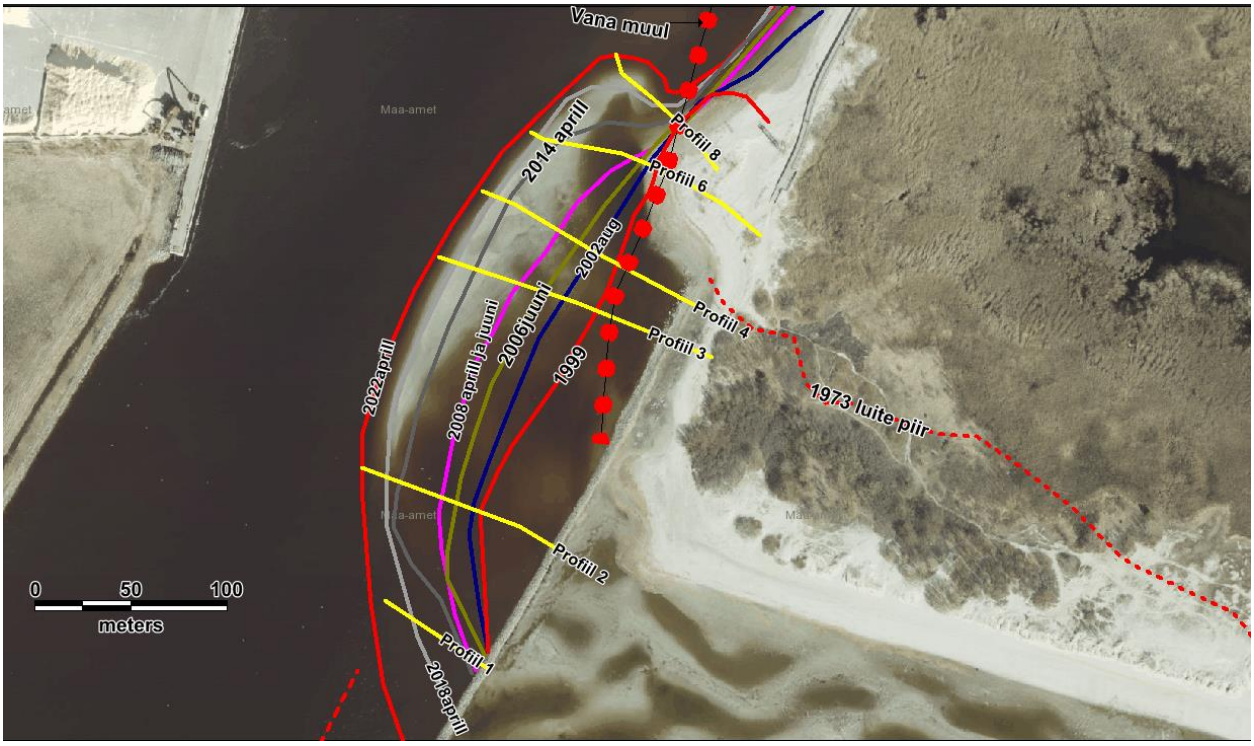
liiva terajämedus on väga sarnane Valgeranna liivade omaga ning on sobilik sealsete randade täitmiseks. See on ka loogiline, sest enne sadamamuulide rajamist oli tegu ühtse kulutus-kuhjelise süsteemiga.



Joonis 2.12. Liiva terajämeduse mediaanväärtused Pärnu sadama muulide vahele kuhjunud settekehas.

2.5. Settekeha ruumala ning pindala määramine ning juurdekasv.

Settekeha pindala määramisel oli võimalik kasutada eriaegseid aero- ja ortofotosid. Kõige olulisemaks tuleb siinkohal pidada 1973. aastal tehtud aerofotot, millel on selgesti nähtav ka veel sadama vana muuli asukoht ning Pärnu nn Naisterand, millel tollel ajal pea puudusid kõrgemad luited (joonis 2.13).

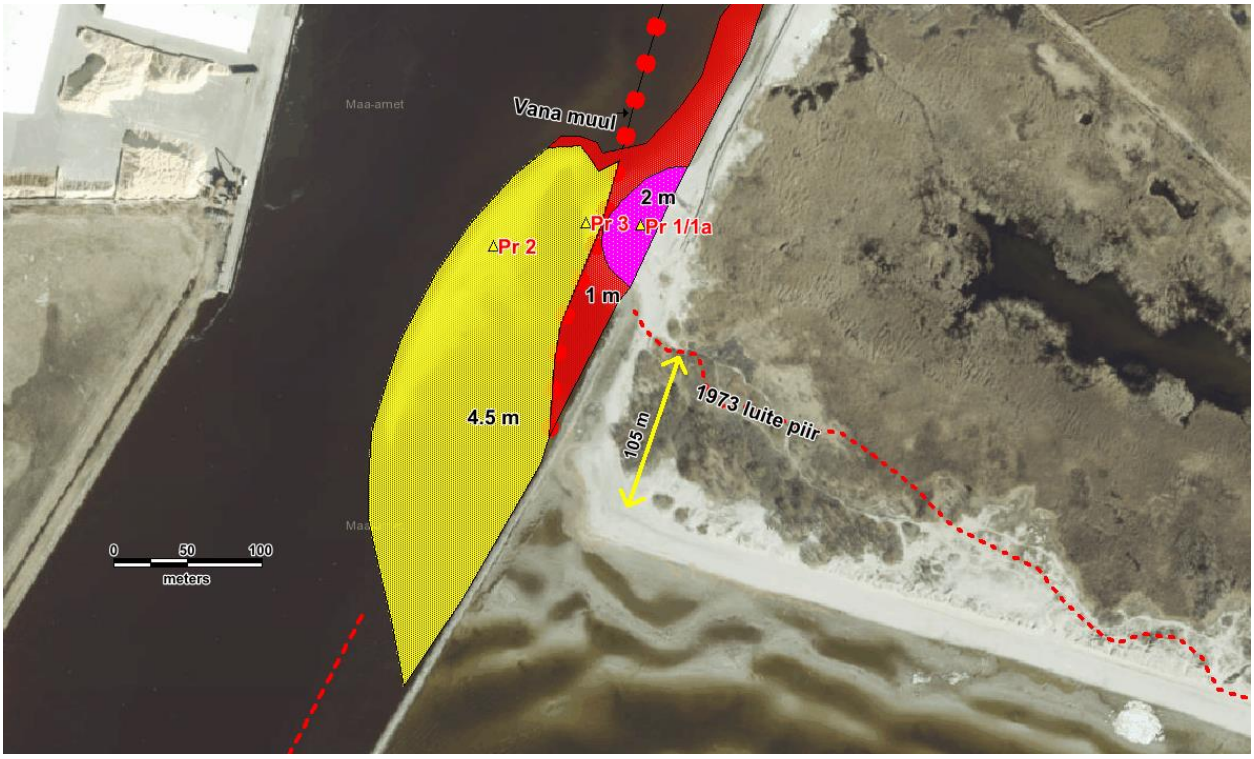


Joonis 2.13. Joonisel on märgitud 1973. aasta luitestunud ala piir (punane punktiir), vana muuli asukoht (must joon punaste pallikestega), settekeha jõepoolne piir erinevatel aastatel ning ala kirjeldamiseks tehtud profiilide asukohad.

Tänaseks on luidetega ala laienenud kohati üle 100 m (kuni 2 m/aastas) ja luidetega kaetud ala pindala on kasvanud umbes 26 000 m^2 võrra. Arvestades keskmiseks (madalamad alad on pisut üle 1 m, ent samas osad luiteharjad ulatuvad ca 5 meetrini) luiteliiva lasundi paksuseks umbes 2 m, võib hinnata, et nendesse luidetesse on umbes 50 aasta jooksul kuhjunud vähemalt 50 000 m^3 liiva, mis teeb keskmiseks kuhjumise kiiruseks veidi üle 1000 m^3 aastas.

Analüüsides aga erinevate aegade rannajooni selles settekehas, on olukord veidikene keerulisem. Ilmselt on siin avaldanud mõju nii uue muuli ehitus kui ka vahepealsed süvendustööd, mille kohta

puudub detailne informatsioon. Seetõttu oli mõistlik vaadelda pika perioodina ajavahemikku 1973 kuni tänapäevani ning detailseid muutusi analüüsida viimase umbes 20 aasta kohta.



Joonis 2.14. Joonisel on märgitud 1973. a luitestunud ala piir, vana muuli asukoht (must joon punaste pallikestega), settekeha erinevate osade paksus ning puuraukude asukohad (Pr1, 2, 3) ja võimalik täiendava liivase ala piir idapoolse muuli siseküljel (punane punktiir jões).

Üldiselt võime näha, et ajas oleks justkui settekeha sadama suunaline nihkumine aeglustunud, mis on ka loogiline, sest settekeha tüsedam osa venib aina enam jõe suudme suunas välja (joonis 2.14). Ilmselt tormilainetega ning tuulega üle muuli kantav liiv settib alguses settekehal ning see laieneb aeglaselt sadama poole. Kui aga jões on rohkem vett või meretase väga madal ja jõe voolukiirus suurem, siis muutub jõe voolamise mõju domineerivaks ning osa setteid kantakse piki jõge suudme suunas ning settekeha kasvatab laiust pidevalt lõunasse. Kuna jõe säng aina kitseneb, siis ka voolukiirused aina kasvavad, mis takistab edasist jõe sängi täitumist veelgi enam ja tõenäoliselt selle settekeha sadama suunaline nihkumine aeglustub tulevikus veelgi.

Oluline on ka märkida, et sonari profiililt võis näha, et tüsedast settekehast lõunasse on ilmselt samuti osa liiva läbi muuli tulnud. Näiteks sonari pildil puudus selles kohas selge astang, mis viitab sellele, et süvendatud ala on ka siin osaliselt täitunud üle muuli liikunud rannaliivaga. Tõenäoliselt sobivad ka siinsed liivad Valgeranda transportimiseks. Kuna see selgus alles projekti lõppfaasis,

siis ei ole nende liivade mahtu ja parameetreid käesolevas projektis uuritud, ilmselt peab olema tegemist väga sarnaste parameetritega, sest kujunemise protsess on sarnane.

Protsesside kiirust ja selle muutust iseloomustab hästi tabel 2.7. Tabel põhineb jooniste 2.13 ja 2.14 andmete koondamisel, puurimisandmete, RTK-GPS andmete ja georadari profiilide informatsiooni koondanalüüsil. Näeme, et ajavahemikul 1973-2022 on Pärnu jõe uuritavale alale kuhjunud kokku üle 146 000 m^3 setteid, ehk umbes 3700 m^3 setteid aastas. Ilmselt on see arv veidi moonutatud, sest siin ei ole arvesse võetud võimalikku süvendamist. Kui vaatame detailset analüüsi viimaste perioodide kohta, siis viimasel ca 20 aastal on see juurdekasv olnud vahemikus 4800-5200 m^3, kusjuures enamikul perioodidel jääb see arv väga 5100 m^3 lähedale, mis viitab sellele, et protsess on tegelikult üllatavalt stabiilne ja pole nii väga mõjutatud ekstreemsetest tormidest.

Tabel 2.7. Pärnu muulide vahelise ala täitumise kiirus erinevatel ajavahemikel. Rannajoon (m) – tähistab settekeha maapoolse piiri nihkumist sadama suunas; Rannajoon (m/a) tähistab rannajoone keskmist aastast nihkumist sadama suunas. Juurdekasv näitab settekehasse aastas keskmiselt juurde tulnud setete hulka. 1973-2022 puhul on arvesse võetud kogu liivaga kaetud ala maht.

Ala	Ajavahemik	Pindala (m^2)	Paksus (m)	Ruumala (m^3)	Juurdekasv aastas (m^3)	Ranna-joon (m)	Ranna-joon (m/a)
Kokku	2018-2022	4500	4.5	20250	**5063**	10	**2.50**
Kokku	2014-2022	9100	4.5	40950	**5119**	22	**2.75**
Kokku	2008-2022	15900	4.5	71550	**5111**	43	**3.07**
Kokku	2006-2022	18600	4.5	83700	**5231**	55	**3.44**
Kokku	2002-2022	21400	4.5	96300	**4815**	68	**3.40**
ala 1	1973-2022	29900	4.5	134550			
ala 2	1973-2022	2300	2	4600			
ala 3	1973-2022	6900	1	6900			
Kokku	1973-2022	39100		146050	**3745**	118	**2.41**

Sadama ekspluatatsiooni seisukohalt on võibolla veelgi olulisem settekeha piiri nihkumise kiirus sadama suunas. Näeme, et ka see on olnud üllatavalt stabiilne. Vaadeldes umbes 20 aasta pikkust perioodi, on protsessi kiirus olnud siin umbes 3,4 m aastas. Viimasel perioodil on selleks kiiruseks umbes 2,5 m/aastas. Viimasel 15 aastal on protsessi kiirus jäänud üldjuhul vahemikku 2,5-3,1 m aastas. See võib olla tingitud võimsate tormide vähesusest viimastel perioodidel, aga ka sellest, et jõe voolukanal on jäänud kitsamaks ning edasine laienemine on aina keerukam ja jõgi venitab

settekeha aina rohkem jõe suudme suunas välja. Selle põhjal võiksime öelda, et järgneva kümne aasta jooksul võiks settekeha edasine laienemine jääda ilmselt 20-30 m vahemikku.

Eelnevast lähtudes võime öelda, et efektiivne liivavaru maht siinses settekehas on umbes 146 000 m^3, mis suureneb igal aastal umbes 5000 m^3 võrra. Kui võtta arvesse ka luidetesse kuhjuva materjali hulka, siis on Pärnu jõe suudme suunas liikuvate setete aastane maht umbes 6000 m^3, millest umbes 1000 m^3 seotakse Naisterannas paiknevate luidete poolt. Kaevandamisel peab arvestama, et liiva all paikneb savi ning igaks juhuks peaks savi ja liiva piirile jääma väike puhvertsoon. Võibolla oleks mõistlik täpsete varude määramiseks enne tööle asumist teha veel mõned täiendavad puurimised liivakeha lõunapoolses osas ning siis võiks ka juba lähemalt analüüsida piki muuli (põhilisest lõunasse) kuhjunud kitsa liivakeha parameetreid.

2.6. Settekeha keemiline puhtus ja orgaanika sisaldus.

Lisaks füüsikaliste parameetrite sobivusele on randade täitmiseks mõeldud liiva puhtus teine oluline faktor. Liiv peab olema keemiliste näitajate poolest ohutu ning ei tohi sisaldada liialt orgaanikat. Keemilise puhtuse määramiseks võeti proove ühtlaselt kogu settekeha piires, millest määrati olulisemate raskemetallide ning polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH) sisaldus (tabel 2.8).

Tabel 2.8. Erinevate saasteainete kontsentratsioonid settekehal, kokku 7 erinevas punktis. Esitatud on ka saasteainete sihtarv (kõige rangem norm).

Proov	Cd	Cr	Ni	Pb	Sr	Zn	Cu	Hg	Antra-tseen	Atsena-fteen	Atsena-ftüleen	Benso(a) antra-tseen	Benso (a) püreen	Benso(b) fluor-anteen	Benso(k) fluor-anteen	Benso (g,h,i) perülee	Dibenso (a,h) antratsee	Fen-antreen	Fluor-anteen	Fluor-een	Indeno (1,2,3-cd)	Krü-seen	Nafta-leen	Püreen	PAH summa (EPA 16)
GPS609	< 1	1.9	< 1	< 2	4	4.9	< 1	0.08	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.023	0.019	0.017	0.013	0.012	< 0.005	0.01	0.034	< 0.005	0.018	0.015	< 0.005	0.022	0.18
GPS610	< 1	4.7	1.4	< 2	10	9.2	1.5	< 0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.012	0.009	0.008	0.006	0.006	< 0.005	< 0.005	0.014	< 0.005	0.008	0.007	< 0.005	0.011	0.081
GPS611	< 1	1.7	< 1	< 2	5.1	2.5	< 1	< 0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
GPS612	< 1	1	< 1	< 2	3.7	1.9	< 1	< 0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
GPS613	< 1	1.1	< 1	< 2	2.8	2.1	1.1	< 0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
GPS614	< 1	1.5	< 1	< 2	6.5	3	1.2	< 0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
GPS615	< 1	< 1	< 1	< 2	1.6	1.6	< 1	< 0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Sihtarv	**1**	**100**	**50**	**50**		**200**	**100**	**0.5**	**1**	**1**			**0.1**					**1**				**0.5**	**1**	**1**	**5**

Keemilised analüüsid näitasid, et suurel osal alast jäid kõik määrangud alla määramispiiri, mis tähendab, et setted on selles piirkonnas üldiselt väga puhtad. Heaks märgiks on see, et isegi kui mingite ainete jälgi leiti, siis oli nende sisaldus enamasti kümneid kordi väiksem kui ette antud sihtarv.

Kui vahel võib karta, et sadamates võib saasteainete kontsentratsioon olla kõrgem kui mujal, siis siin seda ohtu ei paista olema. Üheks põhjuseks on ilmselt see, et jõevesi peseb pidevalt siin

pindmises kihis olevad setted läbi ja saasteained ei saa akumuleeruda. Teisalt tekitas see küsimuse, et kas orgaanikarikas jõevesi võiks olulisel määral mõjutada orgaanika sisaldust liivas, ehk et kas äkki on liivas oleva orgaanika % ebamõistlikult suur. Tigupuuriga puurimisel võis märjal liival näha veidi tumedamat tooni, mis ilmselt viitaski mõningale jõest pärinevale orgaanikale.

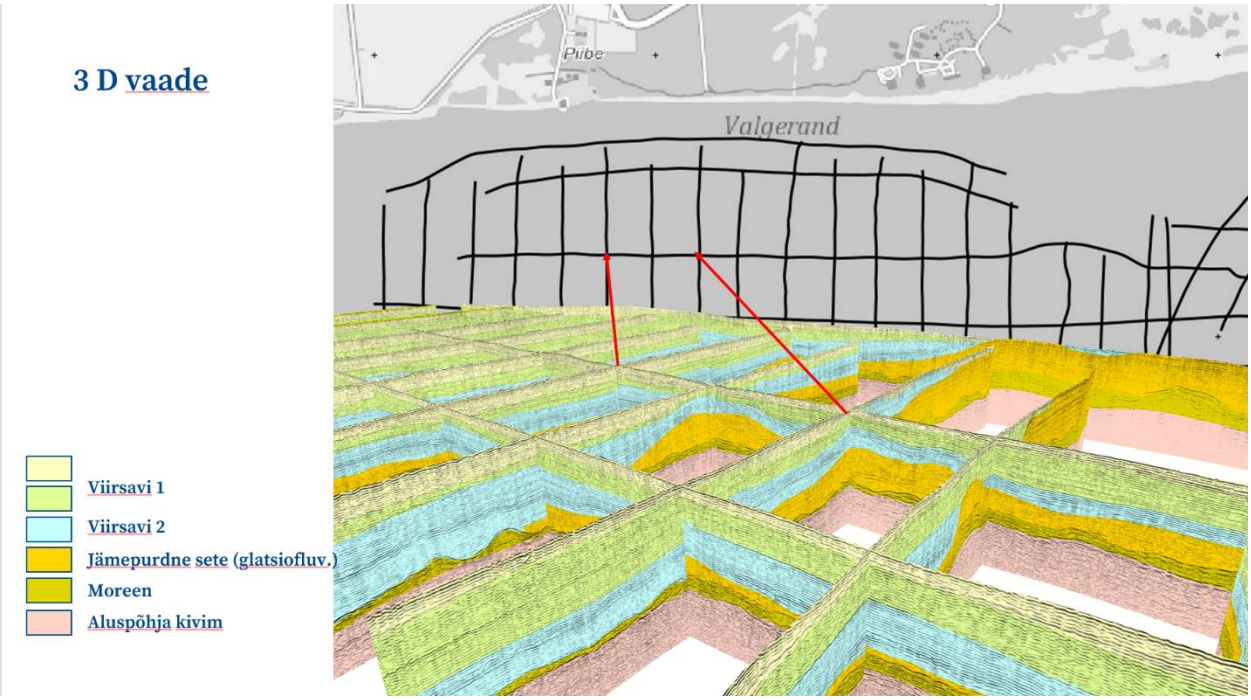
Asukoht	Org %	ORG kg/m3
gps611	0.32	5.4
gps612	0.24	4.1
gps613	0.22	3.8
gps614	0.30	5.1
gps615	0.11	1.9
Puur 1(-2m)	0.74	12.6
Puur 1 (-3m)	0.75	12.8
Puur 2	0.30	5.1

Tabel 2.9. Pärnu sadama muulide vahele kuhjunud settekeha pindmisest kihist võetud orgaanika proovid (asukohad samas mis terajämeduse proovidel – joonis 2.12) ning lisaks sellele kolmest puuraugust võetud keskmised liivaproovid. Puuraugus 1 on võetud proov 2 m sügavuselt, puuraugus 1a 3 m sügavuselt ning puuraugus 2 on võetud proov 4,7 m paksuse liivakihi keskmisena (puuraukude asukoht joonisel 2.14). Ühikud on antud nii % kg kohta kui kui ka orgaanika kg/m^3 kohta, sest kõikide teiste liivaga seotud väärtuste puhul on olnud ühikuks m^3.

Olukorra kontrollimiseks tehtud proovid näitasid, et orgaanika sisaldus settekeha pinnal oli äärmiselt madal, jäädes 0,11 ja 0,32 % juurde. Ka tüüpilises liivarannas on mõningane orgaanika sisaldus, sest rannale kuhjub pidevalt nii adru kui ka muud merest pärinevat orgaanikat, mis siis aegapidi liivas laguneb. Veidi kõrgem oli orgaanika sisaldus puuraugus 1/1a, kus see oli 2 ja 3 m sügavusel umbes 0,74-0,75%. Kuna see puurauk pärineb vana ja uue muuli vaheliselt alalt, siis võis siin tegu olla näiteks mõne vana laguuni põhjaga, kuhu on rohkem orgaanikat settinud. Seetõttu ei ole orgaanikarikkast kihist sügavamale jäävat ala varude arvutamisel arvesse võetud. Puuraugu 2 keskmisest proovist nägime, et vaatamata veidi tumedamale värvusele on orgaanika sisaldus ikkagi väga madal, jäädes samuti 0,3 % juurde. Kuna siinse liiva erikaal võiks olla umbes 1,7, siis arvutasime välja ka ligikaudse orgaanika massi 1 m^3 liiva kohta, mis jäi üldjuhul 2-5 kg vahele. Orgaanikarikkas puuraugus oli orgaanika sisaldus 12-13 kg /m^3, mis ei ole ka väga hull, ent kuna hea kvaliteediga liiva on piisavalt, siis võiks pigem eelistada seda.

2.7. Geofüüsikaliste uuringute tulemused

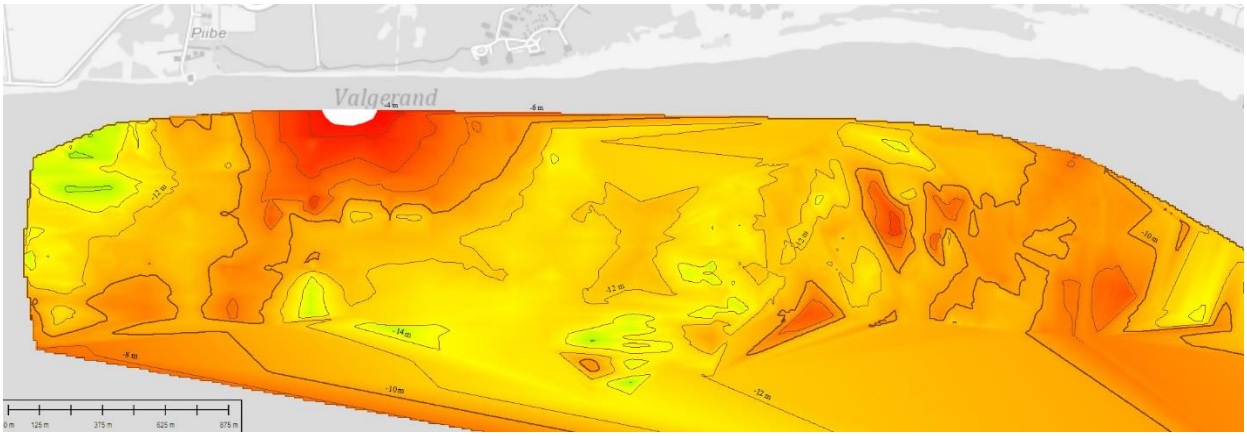
Geofüüsikaliste tööde peamiseks eesmärgiks oli eelkõige üldise geoloogilise tausta saamine nii Valgeranna piirkonnas detailsemalt kui ka Pärnu jõe ja Valgeranna lõigus üldisemalt. See on oluline taustainfo nii rannaprotsesside kui ka näiteks ehituslike tingimuste eelanalüüsiks eskiisprojekti koostamisel.



Joonis 2.15. Jooned merel (joonise ülaosa) tähistavad geofüüsikaliste profiilide asukohti kaardil, selle all on näidatud 3D vaade profiilidest, kaks noolekest näitavad, millised profiilid vastavad ülaltoodud joontele ja nende ristumiskohtadele.

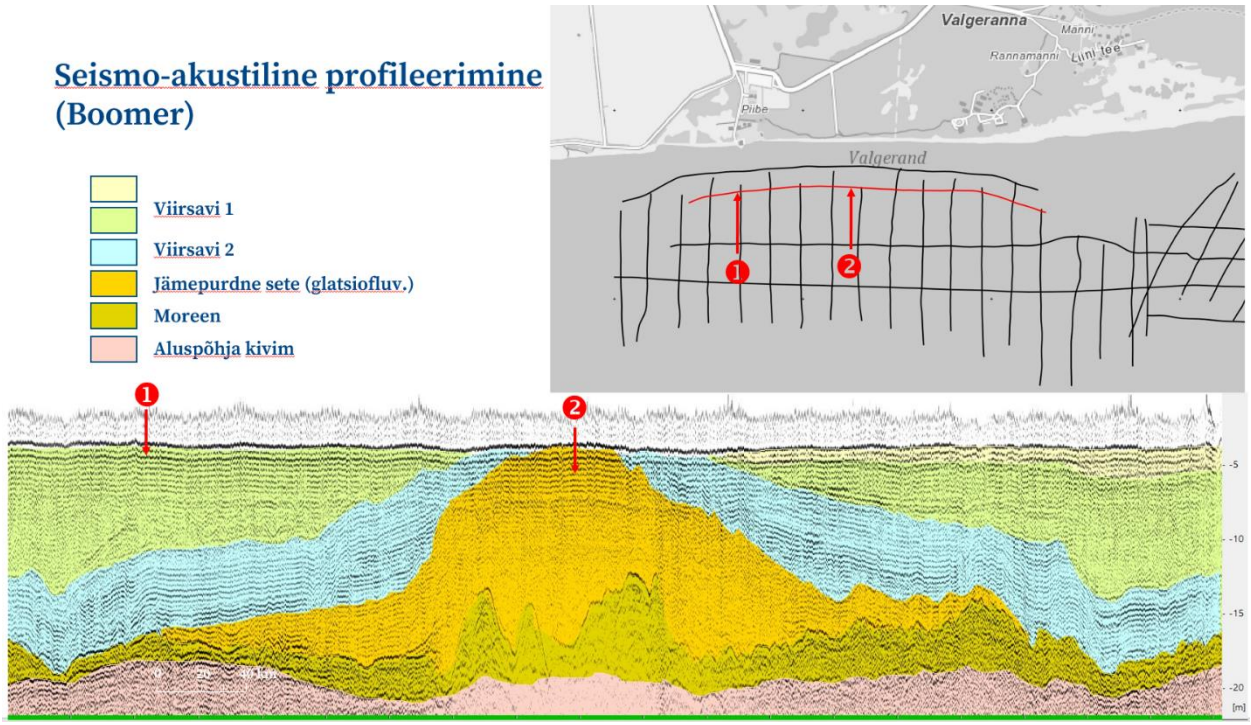
Rannaprofiilide mõõtmisel nägime üldjuhul, et liivad merepõhjas lõppesid veidi enne sügavust kuhu geofüüsika laev võis rannale kõige lähemale tulla. Geofüüsikalistel profiilidelt võisime nii sügavamal meres kui ka rannale lähimatel profiilidel eraldada kahte selgelt erituvat (seismo-) akustilist komplekis (joonis 2.15). Tartu Ülikooli teadlaste ekspeditsioon (Tiit Hangu juhtimisel, käsikirjaline materjal) viis sellel alal 2005. aasta aprillis läbi terve rea puurimisi, kui tuvastati, et veidi vähem kui 2 m sügavuses meres lõpeb liiv ning paljanduvad kohe viirsavid. Nimetasime seega geofüüsikalistel profiilidel need kompleksid vastavalt „viirsavi 1“ ja „viirsavi 2.“ Mis kõige olulisem, rannaprotsesside seisukohalt siin suurt erinevust ei ole.

Projekti seisukohalt on see aga mitmes mõttes oluline. Kui rand on mitmel pool üksjagu taganenud, siis liiva all olev viirsavi on oluliselt raskemini erodeeritav ning rannaprofiili merepoolne osa püsib stabiilsena ning hakkab pikemas perspektiivis aeglustama ka ranna kulumist. Profiilide merepoolse osa suurt stabiilsust peale liivakeha kadumist võisime ka näha projekti raames tehtud välitööde andmetest. Vähem oluline ei ole ka teadmine buunide rajamise seisukohalt. Projektis on eelistatud puitvaiade kasutamist buunide rajamisel. Nagu Pärnu sadama vana muuli kogemusest näeme, siis on seesugune lahendus püsinud päris kaua ning geoloogilised tingimused soosivad puidust buunide rajamist. Jooniselt näeme, et kõige kriitilisemas piirkonnas (kus on vaja buune rajada ja kus toimub erosioon) on viirsavid (joonis 2.16) paljandumas kas merepõhjas või sellele väga lähedal, välja arvatud väga väikesel lõigul, kus merepõhjas paljandub liivane moodustis.



Joonis 2.16. „Viirsavi 2“ pinna kaart. Viirsavi 1 kattub üldjuhul põhjareljeefi kaardiga. Pikliku, oosilaadse kuhjelise moodustise asukohas on näha väike tühimik (kaardil valge laik), seal puuduvad viirsavid.

Märkasime, et umbes poolel maal Doberani kohvikust Villa Andropoffi suunas liikudes on merepõhjas rohkem liiva ning liiva terajämedus rannas suurem. Geofüüsikalist pikiprofiili analüüsides nägime, et selles piirkonnas avanevad merepõhjas glatsiofluviaalsed setted, ehk siis siin asub mujal viirsavidega laetud keskmisest liivast koosnenud piklik kuhjeline (oosi taoline) pinnavorm (joonis 2.17, punkt 2). Selle pinda on aja jooksul erodeeritud ning sealne materjal osaliselt kandunud randa ning toetanud rannasetete bilanssi. Meretaseme, eelkõige tormiaegsete meretasemete tõusust tingitult, sealt enam nii palju liiva randa ei kandu ja ka selles piirkonna rannas valdab nüüd erosioon.



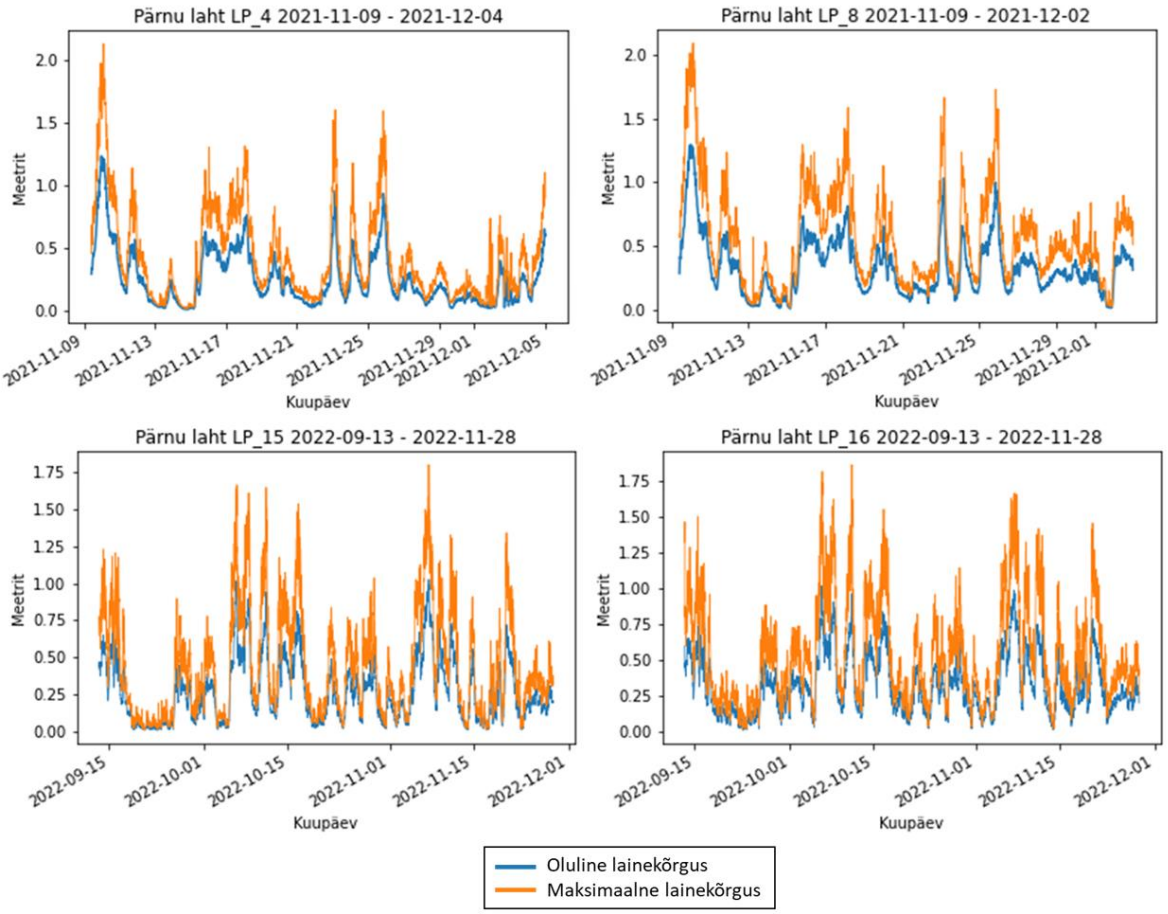
Joonis 2.17. Pikiprofiil Valgeranna esisel merealal. Doberani kohvikust veidi idas paljandub merepõhjas kunagine oosilaadne moodustis.

Pärnu jõe laevakanalis oli geofüüsikliste seadmete töö häiritud. Tavaliselt juhtub nii, kui põhjasetted on süvendamisel segi pööratud või merepõhjas on palju gaasi sisaldavat muda. Siin võib olla nii üht kui teist. Kõige olulisem on siinkohal, et vahetult liiva all paiknevad ka siin savikad setted (ilmselt viirsavid). Külgvaatega sonaril suutsime aga väga täpselt piiritleda uuritud settekeha veealuse piiri ning nägime veel mõningast liiva sissekannet nii läänemuuli tipu juures kui ka uuritud settekehast lõunas, umbes 400 m pikkusel lõigul. Nendes kohtades ei olnud näha laevakanalile tüüpilist järsku seina, vaid sissevarisenud liivadele omast lauget pinda. See annab tunnistust, et setted liiguvad üle muulide ka põhilisest settekehast lõunas. Seal küll mitte nii intensiivselt. Ilmselt on ka siinsed kuhjunud liivad vähemalt täiteliiva kvaliteediga. Merekaardi ja külgvaate sonari andmete kombineerimisel näeme, et analoogne, ent aeglane sissekanne võib olla ka muulidest lääne poolt. Tõenäoliselt on ka siin tegemist rannaliivadele sarnaste omadustega setetega. See on väga oluline info, sest selle ebasoovitava kuhjeprotsessi kiirenemise vältimiseks tuleb hoida Valgerannast itta liikuvaid liivasid võimalikult rannal kinni ja kui vähegi võimalik, siis tuleks mõelda Audru jõe suudme laevatatavaks muutmisele. Selleks tuleks kombineerida jõesuudmest veidi läänes ühe buuni rajamine, suudmeala sagedane süvendamine ning saadud setete Valgeranda tagasi vedamine.

Nii läänepoolse muuli tipu lähedane merepõhi kui ka uuritud settekehast lõunasse jääv merepõhi, umbes 400m pikkune lõik, vajaksid enne lõplikku süvendusprojekti uurimist, et selgitada välja siinsete setete omadused ja kvaliteet ning nende kasutusvõimalused nii ranna taastamisel kui ka täitematerjalina taristuobjektidel.

2.8. Lainetuse mõõtmise tulemused

Esimesel mõõteperioodil, aastal 2021 saadi rannale lähemal olevas mõõtmispaigas (LP_4) keskmiseks lainekõrguseks 0,25 meetrit ning maksimaalsed lainekõrgused ulatusid 2,1 meetrini (joonis 2.18). Kaugemal asuv seade (LP_8) mõõtis antud perioodil keskmiseks lainekõrguseks 0,34 meetrit ning maksimumiks samuti 2,1 meetrit.



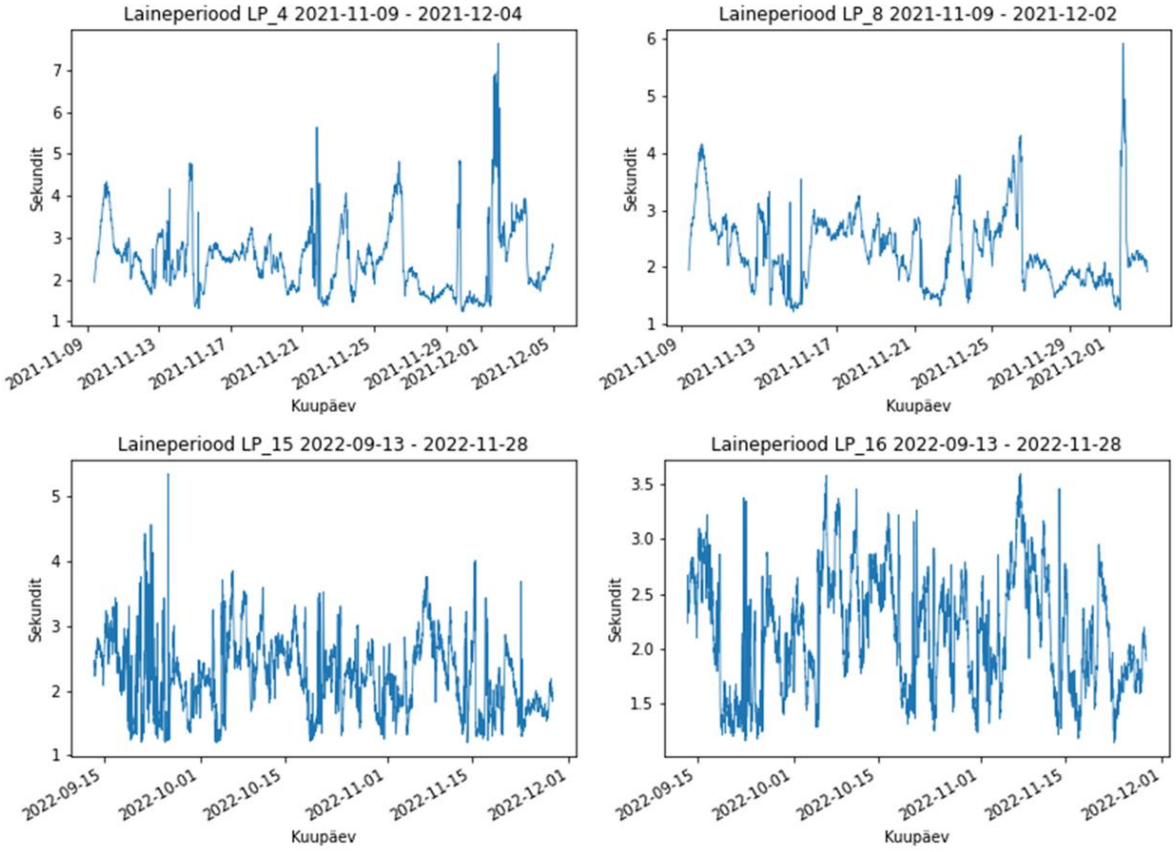
Joonis 2.18. Olulised ning maksimaalsed lainekõrgused mõõdetud Pärnu lahes 2021 ja 2022 sügisperioodil.

Teisel, pikemal mõõteperioodil 2022. aastal, mõõdeti ranna lähedal (LP_15) keskmiseks lainekõrguseks 0,26 meetrit ning maksimumiks 1,8 meetrit. Rannast kaugemal (LP16) aga olid keskmised lainekõrgused 0,31 meetrit, maksimaalselt 1,9 meetrit.

Üldkokkuvõttes mõõdeti Pärnu lahes mõõteperioodide keskmiseks oluliseks lainekõrguseks 0,29 meetrit.

Valdavalt domineeris mõõtmistes lühike laine perioodiga 2-3 s, mis on iseloomulik sellisele poolsuletud lahele (joonis 2.19).

Suurimate mõõdetud lainete ajal (10.11.2021) oli keskmine tuule kiirus Pärnu meteojaama järgi 14 m/s ning lõunatuule puhangud ulatusid 20 m/s. See on keskmine mõõdukas sügistorm. Kuna varasemalt pikaajalised lainetuse mõõtmised Pärnu lahes puudusid, siis saab anda hinnangu andmete representatiivsuse kohta, võttes aluseks näiteks ERA5 järelanalüüsi tuuleväljad. Kui ajavahemikul 1993-2020 oli keskmine tuule kiirus septembris-novembris 7,7 m/s, siis 2021-2022 oli see 7,8 m/s, seega oli antud mõõteperiood representatiivne.



Joonis 2.19. Laineperioodid mõõdetud Pärnu lahes 2021 ja 2022 sügisperioodil

3. Randade taastamise näiteid teistest riikidest

Mererannik on paljudes maades elanikkonnale tähtsaks puhkealaks. Põhja-Euroopa niigi lühikese ja pigem jaheda suve oludes on liivarandadel üliolulise roll puhkemajanduse ja turismi arendamisel. Väga tugevate tormide tagajärjel toimunud liivarandade purustused ja liiva ärakanne sügavamale merre on väga negatiivselt mõjunud turismisektorile Läänemere ida- ja lõunarannikul. Olukord on muutunud aga veelgi kehvemaks seoses olulise režiiminihkega kliimatingimustes ja sellega seonduvalt rannalähedase mere hüdrodünaamikas 1980ndate aastate teises pooles, mil talved muutusid järsult soojemaks, meri jäi üha sagedamini jäävabaks ning rannasetted külmumata. Nendes oludes aktiviseerunud tsüklonaalne tegevus Atlandi ookeani põhjaosas ja tsüklonite sage kandumine Eesti ja kogu Baltikumi läänerannikule hakkas tugevasti kujundama siinsete kuhjerandade, sh liivarandade arengut. Mitte ainult Eestis, vaid ka meist lõuna pool – Lätis, Leedus, Poolas ja Saksamaal – sattusid liivarannad järjest tugevamate rannapurustuste meelevalda.

Et olukorda leevendada ja kahjulikke protsesse pidurdada, on nii maailmas tervikuna kui ka meie regioonis rakendatud mitmeid erinevaid kaitsemeetmeid, millest seni kõige efektiivsemaks, ent üsna kulukaks on osutunud kannatada saanud randa liiva tagasitoomine, sh liiva pumpamise teel otse randa kui ka ladestamisel rannalähedasse merre (Finkl ja Walker, 2002; Dean, 2003; Castelle *jt.*, 2009). Neid mooduseid on viimastel aastakümnetel rakendatud nii Taanis, Saksamaal, Poolas kui ka Leedus. Liivapumpamist kui ranna ühe võimaliku taastamise meetodit on korra rakendatud ka Eestis möödunud sajandi 70ndatel aastatel Narva-Jõesuu ja Meriküla vahelisel rannalõigul. Liiva pumpamine randa kui kulutusprotsesside vastane edukas meede on leidnud rakendust maailmas paljudel puhkealadel 20. sajandi keskpaigast alates (Cai *jt.*, 2010; Campbell ja Benedet, 2004; Cooke *jt.*, 2012; Hanson *jt.*, 2002).

Ka Pärnu lahe põhjaservas paiknev Valgerand vaevleb aina süveneva setete defitsiidi käes. Pärast Pärnu sadama kaitseks muulide ehitust 1860ndate keskpaigas, et takistada jõesuudme ja laevatee ummistumist lõunast tulevate setetega, hakkas üha enam liiva kuhjuma Pärnu rannalähedasse merre muulidest lõuna pool ja hiljem juba ka Pärnu randa. Valgeranna liivaga varustamine looduslike protsesside läbi muutus ajaga üha kehvemaks. Pärnu muulid on sadamat küll hästi kaitsnud, ent tugevamate tormidega paiskub osa liiva ikkagi muulide vahele ning sadama häireteta

opereerimiseks on aeg-ajalt vaja laevateed setetest puhastada ja süvendada. Ka siin tuleks leida lahendus, kuidas muulide juurde lõksu jäänud setted rekreatiivselt olulisse Valgeranda jõuaksid.

Läänemere rannik erineb ookeani rannikust väga olulisel määral. Meil puuduvad regulaarsed ning arvestatava ulatusega tõus ja mõõn, ent meil on väga ebaregulaarsed meretaseme kõikumised, mis on tingitu pikaajalisest ühest suunast puhuvast tuulest. Lisaks sellele on siinne rannikumeri suhteliselt madal ning Eesti rannikul ka tihedasti palistatud madalatest. Mereprotsessidest puudub meil ka klassikaline ummiklainetus (tõusu-mõõna puudumise tõttu). Eelnevast tulenevalt ei ole sügavat mõtet analüüsida ookeanirandades läbi viidud taastamisprojekte ning piirdume siinkohal vaid Läänemere rannikul läbiviidud randade taastamise analüüsiga.

3.1. Saksamaa näide

Liiva pumpamine randa kui kulutusprotsesside vastane edukas meede on tuua näiteks Rostockist Saksamaal (Schernewski, Knotz, 2015; http://www.eurosion.org/). Rannapurustuste intensiivistumise põhjuseks on ka seal olnud kliimamuutusest tingitud tormisuse kasv ning rannikumere jääolude kahanemine. Olukorra normaliseerimise peamisteks eesmärkideks seati: 1) kliimamuutusega toimetulek ning rannikute elastsuse (säilenõtkuse) tagamine; 2) looduslike ja tehniliste (inimeste tekitatud) ohtude ennetamine ja nendega toimetulek ning 3) ressursside jätkusuutlik kasutus: rannikukeskkonna (selle funktsioneerimise ja terviklikkuse) hoidmine ja ruumi jagamine.

Probleemile peamisteks lähenemisviisideks olid: a) integratsioon, b) ökosüsteemide põhine; c) sotsiaal-majanduslik ja d) tehniline lähenemine.

Tugevad kaitsekonstruktsioonid toimisid hästi Rostockist lääne pool, kuid ida pool ei takistatud kulutusprotsessi. Liiva pumpamine randa peatas seal ranna kahanemise ja samal ajal suurendas puhkajate hulgas rannamõnude nautimist. Samas aga toonitati, et nende kogemust ja soovitusi tuleks võrrelda teiste sarnaste looduslike ja sotsiaal-majanduslike tingimustega aladega, enne kui neid rakendada mõnes teises kohas.

Rostocki puhul tugevad rannakaitse konstruktsioonid ei ole olnud piisav meede, et takistada väga dünaamilise ranna kulumist. Liiva pumpamine randa koos rannataimede istutamisega luidetele ning luidete taguse rannikumetsa hooldamine on olnud kõige asjakohasemad moodused randade degradatsiooni ärahoidmisel. Geotekstiili kasutamine tugevdab randade kaitset kohtades, kus

luitevöönd on kitsas. Liiva pumpamist tuleb aga korrata, sõltuvalt tormiajude ja kulutusprotsesside olemasolust, keskmiselt iga 6 aasta järel.

Rostock (248 000 elanikku) on Saksamaa üks peamisi sadamaid. Linna peamisteks tegevusvaldkondadeks on tööstus, transport ja energeetika. Kalandus, turism ning puhkemajandus on samuti majanduslikult olulised valdkonnad. Rostockist idas rannikul on Vorpommersche Boddenlandschafti rahvuspark (joonis 3.1). Ka mitmed teised looduslikud alad rannikul on seal kaitse all. Üleujutusohtlikud alad ei ole tihedalt asustatud, kuid kätkevad suurt majanduslikku tähtsust sadama tõttu, mis asjaoludel neid käsitletakse kui riskialasid.



Joonis 3.1. Rostocki asend ja Vorpommersche Boddenlandschafti rahvuspark.

Taanduvate rannikulõikude keskmine kulutus Mecklenburg-Vorpommerni liidumaal on umbes 34 m/100 aasta kohta. Saksamaa Läänemere rannikut antud piirkonnas iseloomustavad kulutatavad lõigud (249 km), mis vahelduvad valdavalt kuhjeliste lõikudega (26 km). Rostockist läänes valitseb moreenist astangrand, ent Rostock-Warnemünde lõik on luidetega palistatud tasane liivarand. Warnemünde buunid rajati ajavahemikul 1995-2000. Tuulte ja lainetuse põhjustatud setete transport toimub läänest itta. Seišid (tuule- ja õhurõhulooded) ja tormiajud võivad mõjutada meretaseme kõikumisi kuni 3 m, samas looded (tõus-mõõn) ei etenda Läänemeres erilist osa. Enne randade kaitset võisid tugevad tormiajud põhjustada rannajoone taandumist kuni 10 m. Tormidega kaasnenud kõrgeimad veetasemed kõikusid 2,71 kuni 2,83 m üle keskmise meretaseme. 1874. aasta torm murdis 1400 m pikkusel lõigul läbi luidete.

Rostocki tasase liivaranna taskukohane ja efektiivne pikaajaline kaitse ning kaitsemeetmete peamine eesmärk oli kõigi huvirühmade väärtuste hävingu vältimine. Mida selleks tehti? Kõige olulisem oli rannikuvööndi integraalse haldamise ja majandamise (haldamine, vahendid, ressursid) elluviimine.

Liiva pumpamist randa ja teisi rannikukaitse meetmeid viib ellu Mecklenburg-Vorpommerni liidumaa Loodus- ja Keskkonnaamet. Lisaks sellele on Rostocki Riiklik Keskkonna- ja Loodusameti Rannikute osakond vastutav kõigi Mecklenburg-Vorpommerni liidumaa planeeringute, evalveerimiste ja hindamiste eest. Rannikute kaitse riiklik instants on Põllumajanduse, Keskkonna ja Tarbijakaitse Ministeeriumi Vee ja Mulla osakond. Keskkonnamõjude hindamine ja muude territoriaalsete planeeringute hindamine ja heakskiit on Keskkonna, Looduskaitse ja Geoloogia Riikliku Ameti pädevuses.

Riskiolukorra kirjeldust ja erinevate rannikukaitse meetmete efektiivsuse analüüsi saab kasutada kui otsuse tegemise vahendit. Hindamise protseduur põhines indikaatorite nimekirjal. Haldamise ja majandamise põhimõtete arendamise soovitused kohandati surve-seisund-mõju-tagasiside meetodil. Erinevad meetmed, mida analüüsiti, olid: a) kaitsesein (püstitatud 1914 Lääne Warnemündes); b) erinevatest materjalidest kaldakindlustus (juba rajatud 1963-68); c) buunid (1995-2000) ja d) liiva pumpamine randa. Viimast tehti esmakordselt 1970ndate algul. Sotsiaal-majanduslik olukord ja erinevad huvirühmad võeti arvesse. Naaberalade huve ei mõjutatud. Liiva pumpamine koos eespool kirjeldatud bioloogiliste meetmetega osutus kõige sobivamaks lahenduseks nii tehnilisest, majanduslikust kui keskkonna seisukohast. See kaitseb randa taandumast, kuigi seda tuleb korrata niipea, kui pumbatud liivakogus on ammendunud.

Warnemündes on 1990. aastast alates kasutatud luidete kindlustamiseks liiva sadama sissepääsust läänes paiknevast kuhjetsoonist (1996 1750 m^3, 2000 1785 m^3 + 2861 m^3, 2006 34 000 m^3). Sadama sissepääsust idas, Hohe Dünes, on ranna ja luidete taastamiseks kasutatud liiva nii maalt kui merest (1999 - 12 622 m^3, 2004 - 60 445 m^3). Kuhjealade liiva on liigutatud sahkadega. Randa pumpamiseks kasutatud liiva on kaevandatud automaatsete vaakumsüvendajatega 10-15 m sügavuselt. Liiv peab olema segateraline ning ei tohi sisaldada muda ega savi, ei laskemoona säilmeid ega mürgiseid aineid. Seetõttu vastavaid setteid enne uuritakse ja siis reserveeritakse luidete toitmiseks. Kaevandamise keskkonna-, morfoloogilisi, hüdroloogilisi ja geokeemilisi mõjusid seiratakse. 2005. aastal kasutati Warnemündes geotekstiili mahuteid ääristamaks maa poolt luite jalamit kui viimast kaitseliini karmi kulutuse vastu. See on uus täiendav meede kaitsmaks kitsaste luiteahelikega alasid.

Igal aastal kaevandatakse Mecklenburg-Vorpommerni liidumaal ca 800 000 m^3 liiva aastas, et kaitsta rannikut kulumise eest; see meede maksab umbes 5 miljonit eurot aastas. Merepõhjast pärit

liiv tuleb odavam kui ranniku kuhjealadelt pärit materjal, sest suuremat kogust saab ammutada lühema ajaga. Warnemünde buunide süsteem (17 buuni umbes 500 postil) maksis umbes 2,1 miljonit €. Luidete taastamised aastatel 1992, 2000 ja 2006 umbes 92 000 m^3 kuhjealadelt pärit liivaga maksis umbes 370 000 €, geotekstiilist kaitse paigaldati 2005-2006 (kaks kohta kogupikkusega 600 m ja 8455 liivakonteineriga) maksis umbes 432 000 €.

Liiva pumpamist alustati juba 1970ndate aastate algul. Seega oli olemas erinevate meetmete kasutamise pikaajaline kogemus. Liiva pumpamine oli hädavajalik tugeva erosiooniga aladel, et peatada randade taandumine. Aastal 2009 oli liiva pumpamine endiselt majanduslikult kõige efektiivsem moodus, mis väikseima keskkonna mõjuga on võimaldanud kaitsta rannikuluiteid kulumise ja hävimise eest.

Rahvuspargi territoorium, samuti alad, kus ei ole taristu kaitsmise nõuet ja looduslikud pangad on jäetud randade dünaamika meelevalda. Majandamine on dünaamiline põhimõttel „hoida olemasolevat seisundit“ „võimalikult vähese sekkumisega“ kui võimalik. 377 km pikkusest rannajoonest on antud liidumaal 120 km madalat lauskranda ja 15 km pankranda kaitstud tugevate rannakaitse meetmetega, mis on alla 50% kogupikkusest. Tugevad rannakaitse rajatised on erandlikud: nad ei ole pikaajaline lahendus, on kulukad, halvavad turismi arengut, ökosüsteemide seisundit ning maastike esteetikat. Liiva pumpamisega tekitatakse aga laiad liivarannad ning tõstetakse nende puhkemajanduslikku väärtust.

Ettenägematutest tulemustest väärib nimetamist, et liiva kaevandamise pikaajalised mõjud ei ole teada. Tormidega kaasnevate üleujutuste eest vajavad edasist kaitset Warnemünde sadama küljed ja jõekaldad ning tugevate kaldakindlustuste erinevad tüübid ja kombinatsioonid on kavandatud, mis sobiksid transpordikoridoridele (tänavad, raudteed, sadam, promenaad) ja mis sulanduksid üldisesse linnapilti.

3.2. Poola näide

Läänemere lõunarannikul, sh Poolas paiknevad liivast kuhje- ja kulutusrannad, samuti kulutuslikud moreenrannad, mis on märksa kiiremini kulutatavad kui Skandinaavias ja Soomes valitsevad kaljurannad. Läänemere rannik on üldiselt kõikjal avatud kulutusele. Seetõttu on kasutatud mitmeid meetodeid, sh randade toitmist, et kaitsta liivarandu, luiteid ja rannaastanguid. Taastatud liivarannad alluvad kulutusele aeglasemalt, ent nad on avatud ka tuulekulutusele, sh

Rowy rand, mis on taastatud ranna näiteks Poolas (Zawadzka-Kahlau, 2012; Łabuz *jt.*, 2018; Uscinowicz *jt.*, 2014).

Eoolsete protsesside toime liivaranda sõltub samuti meretasemest ja lainetusest, mis muutuvad tuulekiiruse muutustega. Läänemere lõunarannikul esinevad maksimaalsed veetasemed, kui madalrõhkkondadest tingitud meretaseme tõusule lisanduvad tugevatest tuultest tingitud kõrged lained. Tormide korral põhjustavad kõrged lained üleujutusi nii ranna veepiiri lähedal, keskel kui kaugemas osas (tormi tugevusest sõltuvalt). See aga pärsib eoolseid protsesse, sest tuulega transporditava liiva hulk on väiksem (Hojan *jt.*, 2019).

Normaaltingimustes laine kineetiline energia selle põhjas kaob teel rannanõlvast veepiirini. Tormi korral laineenergia vabaneb alles ranna ülapiiril, eesluidete või pankade jalameil. Läänemere lõunarannikul, kui tuule kiirus tormi korral ületab 15 m s^{-1}, ulatuvad lained 4-6 m-ni. Kulutatud rannasetted haaratakse setete litoraalsesse transporti. Pinnahoovused on tähtsad setete pikiranda transpordil, nende kiirus ulatub 0,2 kuni 2 m s^{-1} madalas vees ja 0,3 kuni 3 m s^{-1} sügavamas tsoonis. Hoovused mõjutavad nii setete juurdetulekut kui nende ärakannet rannas ning ka tsükliliste kulutus- ja kuhjevormide moodustumist.

Rowys hakati turismirajatisi looma pärast Teist maailmasõda. Turismi arendamine on olnud eriti intensiivne viimase kahekümne aasta kestel (Durydiwka, Duda-Gromada. 2014). Suvel puhkab Rowy liivarannas iga päev 5-7 tuhat inimest, samas kui asula püsielanikkond on ca 400. Poola suurimates puhkesihtkohtades, nagu Kołobrzegis ja Mi ędzyzdrojes ulatub puhkajate arv üle 50 000 päevas. Liivarandade kulumine lainetuse mõjul on aidanud kahandada nende linnade muutumist vähem atraktiivseks.

Poola Läänemere rannikul on randu kaitstud nendes puhkeasulates, kus vastav taristu on ohus. Buunid, lainemurdjad ja veealused lävendid on mõned näited, mida on kasutatud randade kulutusaladel. Ranna ja rannanõlva, pankade ja luidete jalamite kaitseks on rakendatud kivivööndeid, betoonplokke, kivikatteid, tetrapoodkatteid (rahnudest kuhjatisi tammide ees), rahnudega täidetud võrestikke, geotekstiili ja geosünteetilisi materjale. Vaevu üle meretaseme ulatuvate alade kaitseks on püstitatud rannajoonega paralleelseid üleujutusi tõkestavaid kaldavalle ja tormikaitseid. Biotehnilist kaitset on sageli rakendatud luidete stabiliseerimisel (sh tõkked, rohttaimede istutamine). Üks võimalik randade kaitse viis on nende taastamine liivapumpamise teel. Selleks võetakse tavaliselt liiva merepõhjast ja pumbatakse randa. Seejuures on väga tähtis

liivavõtu asukoht merepõhjas. Kui see on rannale liiga lähedal, võib see suurendada ranna kulutust (Chu *jt.*, 2015). Oluline on ka liivavõtukoha sügavus (Benedet *jt.*, 2013). Liiva pumpamine randa on olnud Poola rannikul laialdaselt kasutusel 1980ndatest aastatest alates ja seda tehakse paljudes kohtades igal aastal. Liiva pumpamist randade kaitseks tehakse paljudes Euroopa maades, näiteks Hollandis, Saksamaal, Taanis, Leedus, Prantsusmaal ja Hispaanias. Hollandis kaevandatakse pumpamiseks vajalikku liiva üle 20 m sügavuselt ja üle 20 km kauguselt rannast. Tormid kulutavad liivarandu madalamaks. Tormidevahelistel perioodidel eoolsed protsessid taas täidavad liivarandu ja muudavad nad kõrgemaks. Mõnedes riikides, sh USA-s lükatakse buldooseritega liiv rannakaitsevallideks piki randa. Taolised kaldakindlustused mõjutavad nii merelt kui maismaalt puhuvaid tuuli, soodustades seal setete kuhjumist. Erineva kujuga vallid aitavad tuulega transporditavat liiva püüda ja soodustavad selle liikumist ja kuhjumist.

Enne liiva pumpamist on rannad harilikult kitsad. Rowy rand oli enne liiva pumpamist vaid 5-10 m lai. Taastatud rand laienes 60 m-ni. Palanga rand Leedus muutus pärast 2012 toimunud liiva pumpamist 75 m laiuseks. Hollandis on taastatud rannad ulatunud mõnesaja meetrini, mis on oluliselt kasvatanud pinda eoolsete protsesside toimeks eelneva ajaga võrreldes. Lisaks sellele on kõrgem rand kuivem ning liiv kergemini alluv eoolsetele jõududele. Liiva tuulekande intensiivsus rannas sõltub tuule suunast. Tuulerünnaku nurk randa määrab ära tuulekande liivaga küllastunud teekonna pikkuse. Kõige pikemad küllastunud tuulekande vood esinevad piki randa ja lühimad sellega risti (Draga, 1983; Van der Wal, 1999; Smyth, Hesp, 2015).

Rowys on kulutusprotsessid vähendanud lääneosas ranna laiust vaid mõne meetrini. Rowy liivaranna kaitsmise esmaseks elemendiks oli eesluidete kindlustamine. See töö tehti 2012. aastal ning see seisnes kahe sünteetilise „käise“ asetamisest luidete ette ning täites need merest võetud setetega (Pilch, 2013). Kumbki sünteetiline käis oli 25 m pikk, 4,5 m lai ja 1,9 m kõrge (joonis 3.2). Need tuli tingimata katta 0,5 m paksuse liivakihiga. Pärast nende katmist moodustus väike astang terrassi ja luite kontaktalale.



Joonis 3.2. SoilTain®tube ehituse ajal Rowys, https://www.huesker.co.uk.

Kuna rand kummalgi pool toru allus endiselt kulutusele aastatel 2015-2016, asetati 750 m kogupikkusega (viis 150 m pikkust lõiku) kunstlikud rifid (lainemurdjad) rannanõlvale 3,5-4 m sügavusele ja 170 m kaugusele rannajoonest. Ehitati kolm buuni ja viidi läbi ranna rekonstrueerimine (joonis 3.4). Pärast rekonstrueerimist sai rand 0,7 m kõrgem kui toru kasutamisel eeldati. Ranna ülaosa kõrgus oli 3 m ning astangu ja biotehnilise kaitse puudumine ranna ja metsa piiril viis tuulekuhje suurenemisele rannast metsa, juurdepääsu teele, puhkekodude ja kogu rekreatsioonialale (joonis 3.3A-C).



Joonis 3.3. Eoolsete protsesside mõju näited: (A) liivaga kaetud mets, (B) liivaga kaetud tee, (C) kuhjatised ja liivakiht puhkeasulas.



Joonis 3.4. Kaitseelementide tüübid, mida kasutati Rowy rannas.

Käesoleva näite peamine eesmärk on näidata Rowy liivaranna rekonstrueerimist ning selle mõju eoolsetele protsessidele. Taastatud rand sai kuus korda laiem kui algne, mis soodustas eoolsete protsesside aktiviseerumist. Randa taastati merepõhjast ammutatud setetega. Kuna pärast taastamist pindmine liiv transporditi tuulega eesluideteni (metsani), käsitletakse antud juhul ka ilmastiku tingimusi (tuule suund ja kiirus) ja pinnavorme, mis moodustusid tuulekulutuse ja –kuhje tagajärjel Rowys.

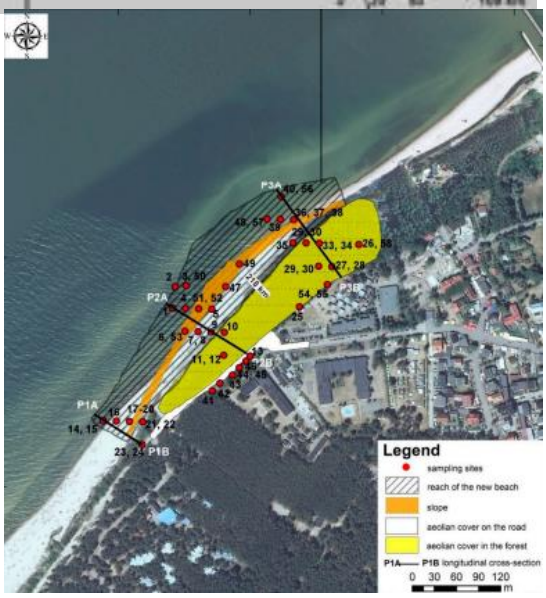
Degradeerunud rand koosnes peene- ja keskmiseteralisest liivast. Rand oli ülejäänud maismaast selgelt eraldatud madala (umbes 3 m) liivast astanguga, mis oli tekkinud eesluidete kulumise tagajärjel. Eesluide oli ja on siiani kaetud männimetsaga, mis moodustab kaitsebarjääri tugevate tuulte eest ja mille laius ei ületa 30 m. Uurimisalast läänes on eesluide kaetud rohttaimede ja põõsastega (joonis 3.5).

Uurimisala rannajoone üldsuund on 235^{o}-55^{o}, mis soodustab tugevate ristiranda tuulte poolt käivitatud eoolseid protsesse. Käesoleval ajal koosneb inimese poolt taastatud rand kahest osast: alumisest ja ülemisest. Alumine osa on kontaktis merega ja on eraldatud ülemisest osast 20^{o}-30^{o} kaldu nõlvaga. Ranna ülemine osa on terrassilaadne. Pärast liiva pumpamist kujunes ranna laiuseks 60-100 m.

Kuna antud näite puhul on tegemist taastatud rannas toimuvate eoolsete protsesside mõju ja tagajärgedega, siis pöörati suurt tähelepanu tuultele, nende suunale ja kiirusele ning värske liivaranna reageeringutele. Eeldati, et liiva aktiviseerumine rannas algas tuule kiirusel 4-5 m s^{-1}.

Kõige peenemateraline kuiv liiv hakkab liikuma tuule kiirusel 4,4 m s^{-1} ning märga liiva suudab liigutada tuul kiirusega 10 m s^{-1}.





Joonis 3.5. Uurimisala asukoht (ülemine joonis) Poola Läänemere rannikul Piaski külast idas (pole kaardil näidatud) Swinouj´scieni läänes. Rannaprofiilide ja proovivõtu kohad. Ortofotokaart on aastast 2011. Liivaproovid võeti 27.-28. mail 2017. Tumehall joon, kulutusalad; UB, Ustka laht; GŁL, Gardno-Łeba madalik; VGP, Wisla-Gardno faas.

Eristati kolme tuulekiiruse vahemikku: > 4 m s^{-1}; > 10 m s^{-1} ja > 15 m s^{-1}. Esimene vahemik käivitab liiva liikumise rannas, teine vahemik võimaldab liiva transporti rannast luitesse ja kolmanda intervalli puhul on võimalik liiva liikumine nii rannast kui luidetelt sisemaale ning seda võib käsitleda kui ekstreemset protsessi. Taolised tuulekiiruse kriteeriumid võimaldasid määrata päevi, mil eoolne transport rannast võis kanda liiva metsa ja maanteele. Analüüsiti ka tuulepuhangute andmestikku.

Keskmiste meretasemete korral jälgiti eoolseid protsesse kogu rekonstrueeritud ranna laiuses (tuulesuunaga piki randa). Meretasemete korral üle keskmise ja tormide ajal toimuva kuhje tingimustes ujutatakse looduslikult kujunenud ranna alumine osa järk-järgult üle ning lained ulatuvad luidete ja rekonstrueeritud ranna jalamini (rannaprofiilist ja meretasemest sõltuvalt). Sellest tulenevalt väheneb lainetusega eoolsetest protsessidest haaratud ranna pindala. Rekonstrueeritud randa (ranna kesk- ja ülaosa) ei ujutata üle (välja arvatud ekstreemsete tormide

korral), mistõttu kogu rekonstrueeritud ranna pind on avatud tuulekandele. Eoolne setete transport on jälgitav seega ranna kesk- ja ülaosas (Hojan *jt.*, 2019).

Tulemuste kokkuvõtteks jõuti järeldusele, et rannavööndi asjakohase kaitse rakendamine on tõsine proovikivi maailma paljudes kohtades ja oleneb paljudest faktoritest (majanduslikest, keskkonna-alastest, klimaatilistest jne), mistõttu üha enam on hakatud kasutama kombineeritud meetodeid (üheaegselt mitmeid erinevaid kaitsemeetodeid). Kombineeritud meetodit liivaranna kaitsmisel kulutuse eest kasutati ka Rowy ranna analüüsitud lõigul.

Kestvad suurel kiirusel puhunud tuuled mõjutasid kõige enam liiva transporti rannast sisemaale (Borowka, 1980; Hesp *jt.*, 2015). Küllastumata ja küllastunud tuulevoogude arvutamise valemid võimaldasid määrata aasta jooksul transporditava liiva koguseid. See on liivarandade kasutamise planeerimisel väga tähtis, sest võimaldab hinnata sisemaale kantava liiva kogust. Sellega saab rakendada asjakohaseid meetodeid, et kasutada looduslikke protsesse randade taastamisel (sh kunstlikke tõkkeid ja rohttaimede ribasid, et peatada liiva liikumist). Uue tehnilise taristu rajamise korral (näiteks ranna nõlvale) teadmised liivakogustest, mida tuul võib transportida, võimaldab kasutada sobivaid tehnoloogiaid taoliste rajatiste püstitamisel.

Teadmised aastasest tuulekande kogusest piki randa, sisemaa või ka mere suunas võimaldab kindlaks teha ranna pindala ja kõrguse kadu ning kiiresti rakendada järgmist taastamist liiva pumpamise teel. Vastasel korral tuule poolt madalamaks muudetud rand pühitaks tormilainetega veelgi kiiremini minema. Väga oluline on merepõhjast pumbatava liiva terajämedus. Pumbatava liiva granulomeetriline koostis peaks olema loodusliku ranna omale võimalikult lähedane. Liiga peeneteraline liiv puhutaks tuultega või uhutaks tormilainetega palju kiiremini ära. Teisalt aga jämedateralise liiva või peene kruusaga taastatud rand poleks puhkajatele atraktiivne ja see ei toida ka luiteid.

Randade toitmise peamine ülesanne on kaitsta randu üleujutuste eest või ennetada rannapurustusi. Eoolsed protsessid põhjustavad randade madaldumist ja liiva ärakannet: 1) merre (maa-meri tuuled); 2) piki randa (rannajoonega paralleelselt puhuvad tuuled) ning 3) luidetesse ja sisemaale (meri-maa tuuled).

Mis puutub randa liiva pumpamise positiivsetesse aspektidesse, siis väärib märkimist, et Poola rannikul on palju kohti, kus rannad olid ja on kitsad tugeva kulutuse tõttu, eriti astangrandades

pärast tormide hooaega. Rand, mis on üles ehitatud ja laiendatud liiva randa pumpamise teel, tõmbab suvehooajal puhkajaid randa. Selline rand on tavaliselt 20-50 m lai ning kergelt lainjas (Labuz, 2013). Kunstlikult kergitatud rand kaitseb ka luiteid ja astangut edasise kulumise eest. Uurimistulemused näitasid, et taastatud ranna liiv on tuulistes tingimustes eoolsete protsesside toimimisala ja aitab kaasa luidete kiirendatud arengule (Florek *jt.*, 2013). Nõlva vertikaalne tõus ja luite hari võivad kerkida 0,2 m-ni. Liiva pumpamine randa on andnud positiivseid tulemusi ka pankrannikul, kui restaureeritud ranna liiv puhutakse ribana vastu astangut kaitsva võrestiku seina kogu aasta vältel. Moodustuvad eesluited kõrgusega 0,3-0,5 m, mis on astangule täiendavaks kaitseks. Samal ajal kahandavad eoolsed protsessid pidevalt ranna kõrgust, Rowys näiteks isegi 0,25 m 6 kuu vältel.

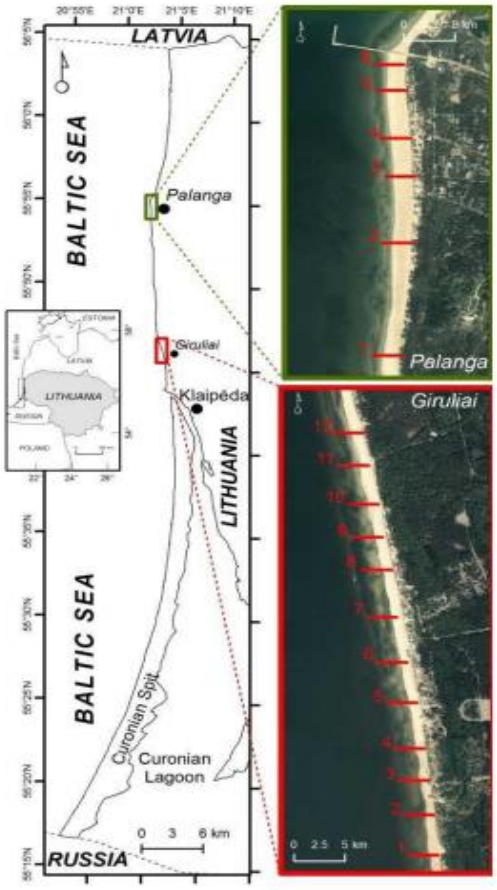
Kunstlikult ülesehitatud rannad on samas tundlikud tormidele. Tormilainetus võib tekitada neisse mikroastanguid, mille kõrgus võib võrduda liiva pumpamisel randa kuhjatud settelasundi paksusega. 2-3 m kõrgused liivaastangud teevad ranna kasutamise puhkajatele raskeks. See seostub ka tõsiasjaga, et kohad, kust pumbatud liiv on võetud, on kontaktis veealuste madalatega. See põhjustab laineenergia tugevnemist. Lisaks sellele leiti uuritud näite põhjal, et ranna taastamine ilma biotehnilise kaitseta viib eoolse transpordi tugevnemisele sisemaale, mis tipneb liiva kuhjumisega luiteid katvas metsas, nende taga teedel ja puhkekeskustes. Järgmised aastad näitavad, kuidas mets reageerib liivale. Lisaks sellele tekitavad eoolsed protsessid materjali kao, mis kandub metsa (metsa kandus 6000 m^3 liiva, mille maksumus ranna taastamisel võrdub 10-15 €/m^3 ning kogusummas 60 000-90 000 €. Tee kattumine liivaga põhjustab lisaks liiva kaoga seotud kulutustele rannas täiendavaid kulutusi tee vabastamiseks liivast ja selle äraveoks.

3.3. Leedu näide

Liiva randa pumpamisel kui randade tugevdamise meetodil võib olla ka „kõrvalmõjusid“, eriti rannaökosüsteemidele mõju kaudu (Peterson and Bishop, 2005; Speybroeck *jt.*, 2006). Teine probleem on seotud maastike muutusega tulenevalt liiva terajämeduse ja koguse muutustega (Dean, 2003).

Et peatada randade erosiooni ja säilitada puhkeväärtuslikke rannikulõike, on randa liiva pumpamise projekte Leedus läbi viidud alates 2002. aastast (Pupienis *jt.*, 2014; Karaliunas *jt.*, 2020). Peamine tähelepanu on keskendatud puhkealadele Giruliais ja Palangas (joonis 3.6), kus kulutusprotsessid on aset leidnud 20. sajandi lõpust alates (Jarmalavičius *jt.*, 2012a, 2012b, 2017,

Žilinskas *jt.*, 2010). Giruliais pärines juurdetoodud liiv Klaipeda sadama faarvaatri süvendamisest ning laaditi tühjaks Giruliai rannalähedases vööndis, kasutades pinnasepraame. Palangas kasutatud liiva saadi merepõhja süvendamisel 28 m sügavuselt ja 7 km kauguselt rannajoonest ning pumbati torude kaudu otse Palanga randa.



Joonis 3.6. Näidisalade asend.

Näidisala hõlmab Leedu Läänemere ranniku kahte lõiku: 1100 m pikkust lõiku Giruliais ja 1500 m pikkust lõiku Palangas (joonis 3.6). Mõlemal lõigul valitsevad 30-50 m laiused liivarannad, mis koosnevad peene- kuni keskmiseteralisest liivast ja mida iseloomustavad 5-10 m kõrgused ranna rohttaimedest puhmastega kaetud eesluited. Kuna mõlemad uuritavad rannikulõigud on intensiivselt kasutatavad puhkealad, on puhkajad eesluiteid õige tugevasti kulutanud. Mõlemal uurimisalal on kahekümnenda sajandi lõpust alates toimunud rannajoone taandumine. Ajavahemikul 1995 kuni 2001 on Giruliais rannajoon taandunud keskmiselt 3,8 m/aastas ning liiva kadu eesluidetega rannas on olnud keskmiselt 7 m^3 meetri rannajoone kohta aastas. Samal ajavahemikul on Palangas rannajoon taandunud keskmiselt 4 m/aastas ja liiva kadu Giruliaiga sarnases rannas olnud keskmiselt 7,3 m^3/m.a. Et takistada erosiooni ja säilitada liivarannad, otsustati rakendada mõlema puhul kunstlikku liivaranna taastamist liiva pumpamise teel. Giruliais kasutati selleks liiva, mis pärines Klaipeda sadama faarvaatri regulaarsest süvendamisest, et hoida sellel sügavus konstantselt 14,5 m. Kaevandatud liiv veeti pargasega kohale ja laotati rannanõlvale 3,5 kuni 7 m sügavusele eesmärgiga tekitada pidev vall – rannabarri nn prototüüp.

Taoline juurdeveetud liiva laotamine rannanõlvale ei olnud ajaliselt ühtlane; 2001 laotati 540 000 m^3, 2005 130 000 m^3, 2009 88 000 m^3, 2012 80 000 m^3, 2016 12 000 m^3 ja 2017 25 000 m^3. Kõik

kokku, 2001-2018 laotati Giruliais rannanõlvale 875 000 m^3 liiva Klaipeda sadama laevateelt. Palangas algas kunstlik liivaranna taastamine aastal 2006, kui 40 000 m^3 liiva transporditi maismaal olevast liivakarjäärist ja laotati see otse randa. Ent tulenevalt liiva ebasobivast struktuurist (kõrge aleuriidi sisaldus), see protseduur ei saavutanud nõutud tulemust. Seetõttu 2008. aastal kaevandati liiva merepõhjast (28 m sügavuselt ja rannajoonest 7 km kauguselt). 111 000 m^3 kaevandatud liiva transporditi bageriga rannajoonele lähemale, misjärel pumbati läbi torude otse rannale. Hiljem pumbatud liiv tasandati buldooseritega ning ranna kõrgus kasvas eesluidete jalamil 4 m-ni. Seda protseduuri korrati 2011. ja 2012. aastal (tabel 3.1). Ajavahemikul 2006 kuni 2012 kuhjati Palanga kaist lõunas randa kokku umbes 414 000 m^3 juurdeveetud liiva ning laotati see randa.

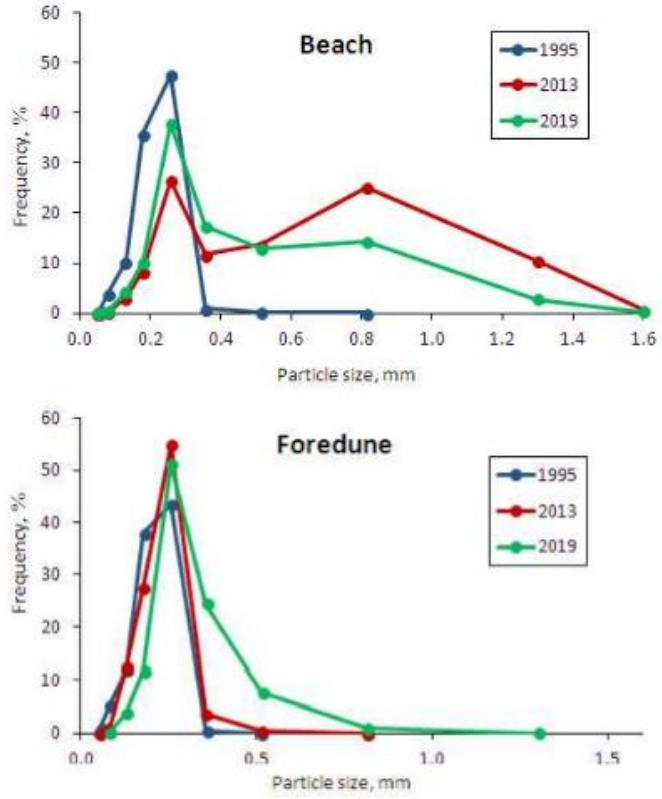
Tabel 3.1. Palanga liivaranna taastamise ajalugu Leedu Keskkonnaministeeriumi andmetel

Aasta	Liiva maht	Kogu hind	m^3 hind	Rannalõigu pikkus
2006	40 000 m^3	347 544 €	8,69 €/m^3	800 m
2008	111 000 m^3	1 757 993 €	15,84 €/m^3	1680 m
2011	131 631 m^3	1 853 000 €	14,01 €/m^3	1295 m
2012	292 017 m^3	4 110 792 €	14,01 €/m^3	2250 m

Iga-aastaseid ranna ristprofiilide mõõdistamise andmeid (6 Palangas ja 12 Giruliais) kasutati randade dünaamika suundade määramiseks. Ristprofiile mõõdistati igal aastal maikuus vaikse ilma tingimustes alates 1995. aastast. Morfomeetrilised karakteristikud, mis arvutati ristiprofiilidelt on järgmised: ranna laius (L – horisontaalne vahemaa rannajoonest eesluidete jalamini); ranna kõrgus (H – kõrgus keskmisest meretasemest ranna ülapiirini eesluite jalami kontaktalal); ranna kallakus (Θ – ranna ülapiiri kõrguse ja ranna laiuse suhe); eesluite kõrgus (H_f – kõrgus keskmisest meretasemest eesluite harjani) ja eesluite distaalne nõlv ($Θ_f$). Aga ka muutused liiva koguses (m^3/m) aastast aastasse arvutati ristiprofiilide põhjal.

Liiva terajämeduse jaotus tehti kindlaks sõelumise teel. Liivatera parameetrid (keskmine terajämedus, sorteeritus, ekstsess, asümmeetriakordaja) arvutati, kasutades *Gradistatv8.0* tarkvara (Blott ja Pye, 2001), mis baseerub momendi (arütmia) meetodil.

Ekstreemsete tormide sageduse kasv on viinud Palanga ranna kulutuse ja rannajoone taandumiseni 1970ndatest aastatest alates. Neid protsesse edaspidi võimendas Palanga merekai rekonstrueerimine 1995. aastal. Ajavahemikul 1995-2008 rand taandus keskmiselt 30-40 m ning rannast kanti liiva ära keskmiselt 130 m^3/m. 2008. aastal juurdepumbatud 40 000 m^3 karjääri liiva ei andnud rahuldavat tulemust, ent kulutusprotsess stabiliseerus. Olukord muutus radikaalselt liiva pumpamisega aastatel 2011-2012. Ligikaudu 100 m randa, mille kõrgus küündis 4 m-ni eesluite jalamil, tekkis selle pumpamisega juurde. Liiva maht rannas sai suurem, kui oli enne suure kulutuse algust. Kuid ranna arengu trend ei muutunud. Pärast ranna taastamist jätkusid kulutusprotsessid umbes samas tempos. Ajavahemikul 2012-2019 kanti rannast liiva ära keskmiselt 55,4 m^3/m, mis moodustas 23% juurdepumbatud liivast.

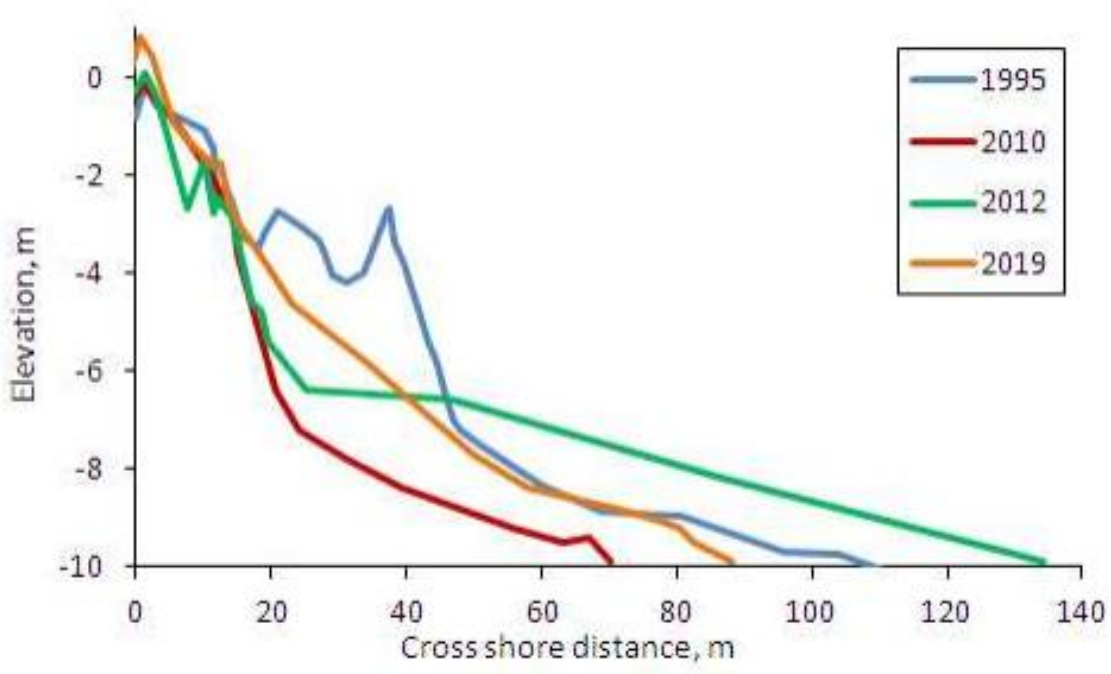


Joonis 3.7. Liiva terajämeduse jaotus Palanga rannas ja eesluitel.

Liivaosakeste suuruse muutuste analüüsil leiti, et taastatud ranna liiva keskmine terajämedus on suurem kui algse liiva oma. Liiva pumpamise algul taastati randa peeneteralise, hästi sorteeritud, sümmeetrilise liivaga, kuid pärast pumpamist domineeris rannas keskmiseteraline, mõõdukalt sorteeritud, suurema asümmeetriakordajaga liiv (joonis 3.7). Tuleb märkida, et peenemad liivaosakesed kanti tuulega minema, ja kui eesluidetes liivaosakeste suurus ei kasvanud, kasvas see ometi rannas.

Giruliai puhkerannas on kulutusprotsessid olnud ülekaalus 1995. aastast alates. Rannajoon on igal aastal taandunud keskmiselt 3,8 m koos liiva ärakandega umbes 7 m^3/m aastas. Liiva kunstliku pumpamise algul Giruliai rannanõlvale liiva kogus suurenes pärast iga selle laialilaotust kuni aasta hiljem, kuid üleüldine kulutuse trend jätkus. Umbes aastaks 2009 rand stabiliseerus.

Randade kunstlik toitmine juurdetoodava liivaga, mis oli erineva terajämedusega ja mis kuhjati randa erinevatel meetoditel, andis üsna varieeruvad tulemused. Kõige olulisemad muutused registreeriti Palanga puhkeala rannas. Selle piirkonna rannikumaastik on olnud avatud pidevatele muutustele kahekümnendast sajandist alates. Esimene suurem muutus toimus siis, kui ehitati Palanga merekai ja suurte liivakoguste kuhjumine põhjustas rannajoone nihkumise sadu meetreid mere suunas. See protsess viis eesluidete tekkimisele, kus enne seda olid vaid madalad liivakünkad ja väikesed liivakuhjatised. Sel moel kujunes välja peeneteralisest liivast koosnev stabiilne rand (kallakuga Θ – 0,04 ja laiusega umbes 60 m) koos 8-9 m kõrguste eesluidetega. Pärast Palanga merekai rekonstrueerimist 1995. aastal ranna kulutus intensiivistus, ent liiva pumpamisest randa alates saadi positiivne tulemus kulutusprotsessi peatamisel. Kuid mitmed aastad hiljem randa pumbatud jämedamateraline liiv muutis ranna ristiprofiili, kuigi rand oli kaotanud vaid 23% juurde pumbatud liiva kogusest. Rand kitsenes 100 m-lt 50 m-ni ja see suundumus jätkub. Ranna kallakus on muutunud järsumaks (Θ – 0,08) ja on muutustele altim (Karaliunas *jt.*, 2020; joonis 3.8).

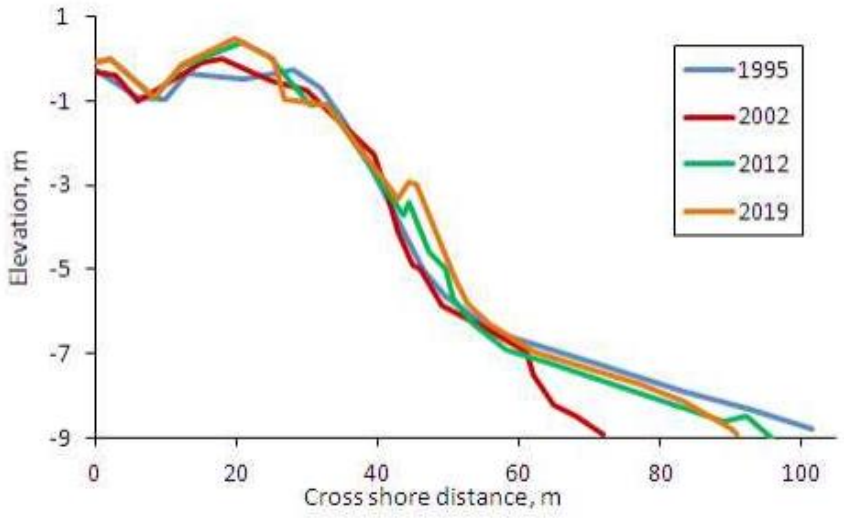


Joonis 3.8. Rannaprofiili muutus Palangas 1995 – 2019.

Jämedamateralise liiva domineerimise tõttu rannas satub vähem liiva eesluidetesse, mistõttu nende kõrgus pole praktiliselt muutunud. Teisalt aga, seoses eesluidete jalamiga kontaktis oleva ranna kõrguse kasvuga, liigub peenemateraline liiv kergemini eesluite harjale ja sealt piki distaalset

nõlva luitevööndi taha parki. See põhjustab probleeme, sest liiv matab enda alla jalgrajad ja muu puhkemajandusliku taristu. Rannikumaastike suurele muutumisele vaatamata on randade taastamise peamine eesmärk nende kui puhkemajandusliku ruumi säilitamine, mis on pumpamise teel saavutatud.

Ranna dünaamika Giruliai puhkealal on inimmõjule vähem allunud kui Palangas ja muutused rannikumaastikes on pigem looduslike nähtuste teema. Ja kuigi Giruliais on rohkem liiva pumbatud rannanõlvale kui Palangas (vastavalt umbes 871 000 m^3 ja 414 000 m^3), on vaid väike osa juurde pumbatud liivast terajämeduselt sarnane algse liivaga sellel rannalõigul ning sattunud rannajooneni. Väga väikesed liivaosakesed vajuvad sügavamale merepõhja, samas kui jämedam liiv püsib rannalähedases vees ja ei osale ranna toitmisel. Järelikult vaid suhteliselt väike protsent rannanõlvale ladestatud liivast jõuab randa. Sellest tulenevalt pole ranniku morfomeetrilised ja litoloogilised karakteristikud (ranna laius, kaldenurk, eesluite kõrgus, liiva terajämedus) praktiliselt muutunud (joonis 3.9). Rannik on stabiliseerunud ja eesluidete jalamile on hakanud tärkama alles kujunemisjärgus luitehakatised, tõestades kuhjeprotsessi olemasolu. Sel moel on rannikumaastik jäänud sisuliselt muutumatuks, samal ajal kui liiva pumpamise maksumus on ületanud saavutatud tulemuse. Selle asemel, et suurendada puhkeala pindala, on võimalikuks osutunud üksnes ranna stabiliseerimine.



Joonis 3.9. Rannaprofiili muutus Giruliais 1995 – 2019.

4. Seadused ja õiguslik külg

4.1. Taust, olulised mõisted ja seadused

Läänemeri on meie planeedi noorim meri, tekkis vananevatest jäämassidest alles umbes 10 000–15 000 aastat tagasi. Eriliste hüdrograafiliste ja klimaatiliste tingimuste tõttu on Läänemeri üks planeedi suurimaid riimveekogusid. Igal aastal on Läänemere pind vähemalt osaliselt jääga kaetud. Võrreldes paljude teiste meredega on Läänemeri madala soolsusega ja üsna madal. Need omadused muudavad selle ülemaailmselt ainulaadseks merealaks.

Selle mere kirderannal asub Eesti Vabariik. Kui linnulennult on suurim ulatus läänest itta umbes 350 km ja põhjast lõunasse ligi 250 km siis käänuline rannajoon koos saartega on üle 4000 km.

Vaatamata rohkem kui kolmekümnele taasiseseisvumise aastale on Eesti ikkagi veel mere poole seljaga. Viimastel aastatel on läbi häda jõutud arusaamisele, et Eesti Vabariik koosneb maa-alast ja merealast. Lisaks sellele on Eesti Vabariik, Soome Vabariik, Rootsi Kuningriik ja Läti Vabariik ammu kokku leppinud Eesti Vabariigi territoriaalmerega külgneva majandusvööndi.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et lisaks üle 45 000 km^2 maismaale on Eesti Vabariigil veel pea 25 000 km^2 mereala, lisaks 11 000 km^2 majandusvööndit. Kui juuksekarv lõhki ajada, siis maismaad on Eesti riigil üle 43 000 km^2 ja veega kaetud alasid peaaegu 38 000 km^2 (sh hulgas jõed, järved). Peaaegu pool riigist on kaetud veega, millega praktiliselt tegelevad vähesed, peamiselt keskkonnakaitse valdkonnas.

Õigusaktiga on määratud merealad[1]. Saame tead, et need on maismaaga piirnev osa merest, millele laieneb Eesti jurisdiktsioon. Merealad jagunevad territoriaalmereks ja sisemereks.

Territoriaalmere laius on 12 meremiili, milles võib teha erandeid, lähtudes rahvusvahelistest konventsioonidest ja lepingutest naaberriikidega. Territoriaalmere määramiseks on kehtestatud territoriaalmere lähtejoon, mis on mõtteline joon, mis madalvee puhul ühendab omavahel maismaa, saarte, laidude, kaljude ja veest väljaulatuvate üksikute kivide rannikust kõige kaugemal asuvaid punkte.

[1] Merealapiiride seadus. (RT 1993, 14, 217)

Sisemereks on määratud mereala, mis asub territoriaalmere lähtejoone ja ranniku vahel. Iseenesest on see määratlus vigane, sest rannik ei ole joonobjekt. Võime tõdeda, et pole olemas konkreetset juriidilist ranniku määrangut, kuid geograafiliselt hõlmab see mõiste nii maismaad kui merd. Ranniku maapooseks piiriks võib tinglikult pidada lahtede pärasid, merepoolseks poolsaarte tippe või rannikusaarestiku välissaari ühendavat joont[2]. Viimane aga kattub põhimõtteliselt seaduses toodud territoriaalmere lähtejoone määratlusega.

Lisas nendele on määratud veel majandusvöönd, mis on väljaspool territoriaalmerd asuv ja viimasega külgnev mereala ja mille piirid määratakse naaberriikidega kooskõlastatult.

Veelkord kinnitatakse mõiste *mere ala* Veeseaduses[3]. Mereala hõlmab sisemerd, territoriaalmerd ja majandusvööndit üheskoos, kaasa arvatud nende all asuv merepõhi ja maapõu merealapiiride seadusega ning Eesti Vabariigi välislepingutega kehtestatud ulatuses. Lisaks on võimalik mereala jagada mereala piirkondadeks, st osadeks, mis oma elustiku, hüdroloogiliste, mereliste ja biogeograafiliste omaduste ning saastekoormuse poolest erineb muust merealast.

Siit leiame ka mõiste veekogu. See on püsiv või ajutine voolava, aeglaselt liikuva või seisva veega täidetud süvend, nagu jõgi, oja, peakraav, sealhulgas nendel asuv paisjärv, kanal, paadikanal, allikas, järv, sealhulgas tehisjärv, või meri. On ka välistusi, mida ei peeta veekogudeks, näiteks väljavooluta tehisjärve veepeegli pindalaga alla ühe hektari või muid kindlal eesmärgil rajatud püsivalt või ajutiselt veega täidetud ehitisi.

Veekogu on ka näiteks: Pärnu laht VEE3445000, tüüp: lihtlaht (osadeks mittejagunev laht)

Veekogud võivad olla avalikud, era- ja avalikult kasutatavad. Avalikeks veekogudeks on sisemeri, territoriaalmeri, suuremad järved ja jõed või nende osad. Avalikud veekogud kuuluvad riigile ega ole tsiviilkäibes. Avalikult kasutatavate veekogude nimekirja kehtestab Vabariigi Valitsus korraldusega.

Õigusaktiga on määratud avaliku veekogu kaldajoon[4]. Kaldajoon on veekogu tavaline veepiir. Kinnisomand ulatub avaliku veekogu kaldajooneni. Avaliku veekogu põhjaga püsivalt ühendatud ehitis, mis on püsivalt ühendatud kaldaga, on kaldakinnisasja oluline osa.

[2] Mereleksikon, 1996:360
[3] Veeseadus (RT I, 29.06.2022, 12)
[4] Asjaõigusseadus (RT I, 08.12.2021, 3)

Veekogu avalik kasutamine on reguleeritud ja seda võib piirata seaduste alusel[5]. Veekogu avalik kasutamine on suplemine, veesport, veel ja jääl liikumine, kalapüük, veevõtt ning muul viisil veekogu kasutus, mis vastavalt veeseadusele ei ole vee erikasutus. Mootorsõidukiga vees või jääl liikumine ei ole veekogu avalik kasutus. Veekogu avalikku kasutust ei või kaldaomanik takistada, sealhulgas ei või ta sulgeda vooluveekogu veeliikluseks suuremas ulatuses kui üks kolmandik selle laiusest.

Avalikult kasutatava veekogu põhja selle süvendamise teel õiguslikul alusel rajatud laevakanalil, mis asub väljaspool sadama akvatooriumi piire, korraldab veeliiklust laevakanali valitseja, kelleks on veekogu omanik või isik, kellele laevakanali valitsemise õigus on üle antud lepinguga õigusaktides ette nähtud korras. Laevakanali kasutamiseks peetakse sellise laeva sõitmist piki laevakanalit, mis oma süvise tõttu ei saa laevakanalit kasutamata sellel veekogul liigelda

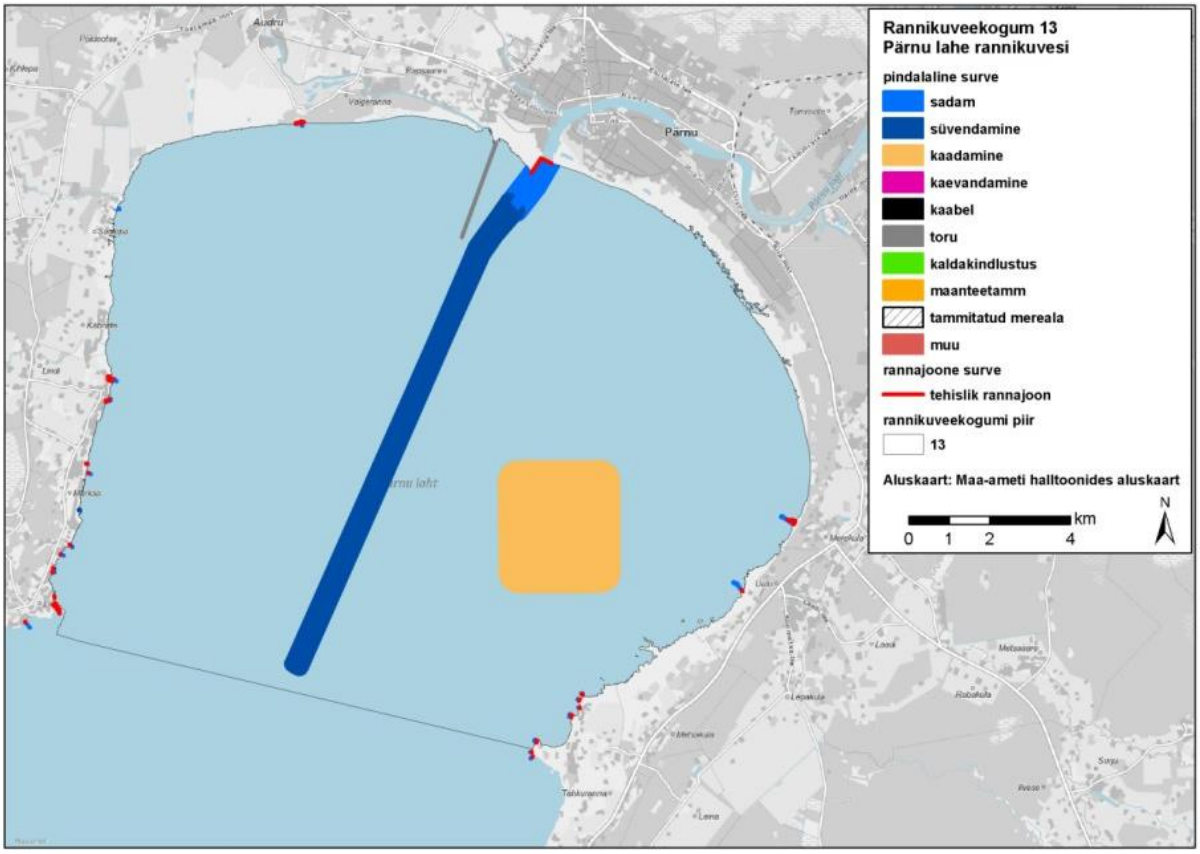
Seadus võimaldab veel määratleda pinnaveekogumit, mis on selgelt eristuv ja oluline osa pinnaveest, nagu järv, jõgi, oja, paisjärv, peakraav, kanal, kraav või nende osa, siirdevesi või rannikuvee osa. Vooluveekogul, seisuveekogul, rannikuvees ja siirdevees eristatakse pinnaveekogum veekogu või valgala pindalast lähtudes, võttes arvesse veekogu tüüpi, veekogu kasutamise asjaolusid ja veekaitse eesmärke ning veekogu või selle osa tekke, arengu ja veerežiimi eripära. Pinnaveekogumite nimekirja kehtestab valdkonna eest vastutav minister määrusega[6].

Rannikuveekogum on rannikuvees eristatud pinnaveekogum. Pärnu lahe rannikuvesi (joonis 4.1), kood EE13, tüüp R2 (oligohaliinne (4,0–5,5 psu) poolsuletud rannikuvesi).

Merereostus on inimtegevuse tagajärjel ainete, energia, radioaktiivse kiirguse, elektri- ja magnetvälja, müra, infra- ja ultraheli otsene või kaudne õhku või merekeskkonda juhtimine või sattumine sellisel määral, et sellel on või võib olla kahjulik mõju, näiteks oht inimese tervisele ja varale, kahju elustikule, merendustegevusele ja merendusteenuste kasutamisele, mereökosüsteemide või nendest otseselt sõltuvate vee- ja maismaaökosüsteemide kvaliteedile, sealhulgas elustiku mitmekesisuse vähenemine, hüvede vähenemine ja vee kvaliteedi halvenemine, mistõttu on häiritud merekeskkonna õiguspärane kestlik kasutamine.

[5] Keskkonnaseadustiku üldosa seadus (RT I, 27.05.2022, 3)

[6] Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused (RT I, 21.04.2020, 61)



Joonis 4.1 Pärnu lahe rannikuveekogum[7]

Üleujutus on harilikult veega katmata maa-ala ajutine kattumine veega, sealhulgas üleujutus, mis on põhjustatud vooluveekogu veetaseme tõusust või mere veetaseme tõusust rannikualal. Üleujutusega seotud risk on sellise üleujutuse esinemise võimalikkus, mis võib kaasa tuua ebasoodsa mõju inimese tervisele ja varale, keskkonnale, kultuuripärandile ning majandustegevusele. Üleujutusega seotud riskide maandamise kava (edaspidi ka maandamiskava) koostatakse riskide hindamise tulemuste ning üleujutusohupiirkondade ja üleujutusega seotud riskipiirkondade kaartide alusel. Üleujutusega seotud riskide maandamise kava kehtestab valdkonna eest vastutav minister käskkirjaga.

[7] Rannikuvee hüdromorfoloogilise seisundi hindamise metoodika ja rannikuveekogumite seisundi hinnang.-2018. Keskkonnainvesteeringute Keskuse veemajanduse programmi projekt 12486 Aruande versioon 4, 01.10.2018. Eesti Merebioloogia Ühing. Tallinn

Veekogu kalda või ranna erosiooni ja hajuheite vältimiseks on veekogu kaldal või rannal veekaitsevöönd[8]. Selle ulatuse arvestamise lähtejoon on ruumiandmete seaduse[9] kohaselt Eesti topograafia andmekogu põhikaardile kantud veekogu veepiir.

Veekaitsevööndi ulatus veekaitsevööndi arvestamise lähtejoonest on: Läänemerel, Peipsi, Lämmi- ja Pihkva järvel ning Võrtsjärvel – 20 meetrit; teistel järvedel, jõgedel, ojadel, allikatel, kanalitel, peakraavidel ja maaparandussüsteemide avatud eesvooludena kasutatavatel vooluveekogudel – kümme meetrit, välja arvatud peakraavidel ja maaparandussüsteemide avatud eesvooludena kasutatavatel kraavidel valgalaga alla kümne ruutkilomeetri, kus see on üks meeter.

Veekaitsevööndit ei ole järgmistel veekogu kalda- või rannaaladel:

1) õiguslikul alusel rajatud sadamaala, kalda- või rannakindlustuse ala;
2) supelrand ja supluskoht.

Veekaitsevööndis on keelatud (projekti seisukohast olulised punktid):

1) maavara ja maa-ainese kaevandamine ning maavara ja maa-ainese kaevandamist ette valmistava geoloogilise uuringu tegemine Läänemere, Peipsi, Lämmi- ja Pihkva järve ning Võrtsjärve ja teiste järvede, jõgede, ojade, allikate, kanalite, peakraavide ja maaparandussüsteemide avatud eesvooludena kasutatavate vooluveekogude rannal või kaldal, välja arvatud maavara või maa-ainese kaevandamise tõttu tekkinud tehisveekogu kaldale, mis asub maardlal, mäeeraldisel või selle teenindusmaal, kuni kaevandatud maa korrastamise kohustuse täidetuks tunnistamiseni maapõueseaduses sätestatud korras
2) ehitamine, välja arvatud juhul, kui see on kooskõlas eesmärgiga veekogu kalda või ranna erosiooni ja hajuheite vältimiseks ning looduskaitseseaduses sätestatud ranna- ja kaldakaitse eesmärkidega;
3) pinnase kahjustamine ja muu tegevus, mis põhjustab veekogu ranna või kalda erosiooni või hajuheidet.

Veekogu avalikuks kasutamiseks ja selle ääres viibimiseks on õigusaktiga[10] määratud kallasrada. See on kaldariba avalikult kasutatava veekogu ääres. Kallasraja laius on laevatatavatel veekogudel kümme meetrit ning teistel veekogudel neli meetrit. Kallasraja laiust arvestatakse lamekaldal

[8] Veeseadus (RT I, 29.06.2022, 12)
[9] Ruumiandmete seadus (RT I, 09.10.2020, 4)
[10] Keskkonnaseadustiku üldosa seadus (RT I, 27.05.2022, 3)

põhikaardile kantud veekogu piirist ja kõrgkaldal kaldanõlva ülemisest servast, arvates viimasel juhul kallasrajaks ka vee piirjoone ja kaldanõlva ülemise serva vahelise maariba. Kallasraja võib sulgeda ülekaaluka avaliku huvi korral, milleks võiks näiteks olla rannajoonele ulatuvad buunid, neist möödapääsemine oleks lihtsalt veidi ranna poolt. Kallasraja sulgemine otsustatakse üldplaneeringuga. Kallasraja sulgemise korral peab suletud kallasraja tähistama ja võimaldama suletud kallasrajast möödapääsu.

Lisaks kallasrajale on kehtestatud veel piiranguid veekogude kallastele ja mererannale. Nendeks on ehituskeeluvöönd ja piiranguvöönd. Eesmärgiks on rannal või kaldal asuvate looduskoosluste säilitamine, inimtegevusest lähtuva kahjuliku mõju piiramine, ranna või kalda eripära arvestava asustuse suunamine ning seal vaba liikumise ja juurdepääsu tagamine. Õigusaktis[11] on kallas defineeritud kui merd, järve, jõge, tehisjärve, oja, allikat või maaparandussüsteemi eesvoolu ääristav ja erinõuete kohaselt kasutatav maismaavöönd, mida kaitstakse seadusega.

Täpsustatud on, et Läänemere, Peipsi järve, Lämmijärve, Pihkva järve ja Võrtsjärve kaldaid nimetatakse rannaks ja rand või kallas ei ole kaitstav loodusobjekt seaduse tähenduses. Eelpool nimetatud vööndite laiuse arvestamise lähtejoon on ruumiandmete seaduse kohaselt Eesti topograafia andmekogu põhikaardile kantud veekogu veepiir.

Ranna või kalda piiranguvööndi laius on: Läänemere, Peipsi järve, Lämmijärve, Pihkva järve ja Võrtsjärve rannal 200 meetrit;

Ranna või kalda piiranguvööndis on keelatud: -maavara kaevandamine; -mootorsõidukiga sõitmine väljaspool selleks määratud teid ning maastikusõidukiga sõitmine, välja arvatud riiklikuks seireks, kaitstava loodusobjekti valitsemisega seotud töödeks.

Ehituskeeluvööndi laius rannal või kaldal on:

1) mererannal, Peipsi järve, Lämmijärve, Pihkva järve ja Võrtsjärve rannal 100 meetrit;

2) linnas ja alevis ning aleviku ja küla selgelt piiritletaval kompaktse asustusega alal (edaspidi tiheasustusala) 50 meetrit, välja arvatud kehtestatud detailplaneeringuga või kehtestatud üldplaneeringuga kavandatud: -sadamaehitisele ja veeliiklusrajatisele; - ranna kindlustusrajatisele;

[11] Looduskaitseseadus (RT I, 29.06.2022, 7)

Rannal ja järve või jõe kaldal metsamaal ulatub ehituskeeluvöönd ranna või kalda piiranguvööndi piirini. Ranna või kalda ehituskeeluvööndis on uute hoonete ja rajatiste ehitamine keelatud.

Ehituskeeld ei laiene: - kalda kindlustusrajatisele;

Ehituskeeld ei laiene kehtestatud detailplaneeringuga või kehtestatud üldplaneeringuga kavandatud: ranna kindlustusrajatisele;

Ehituskeeld ei laiene kehtestatud riigi eriplaneeringu alusel ehitatavale ehitisele.

Lautrit ja paadisilda tohib rannale või kaldale rajada, kui see ei ole vastuolus ranna ja kalda kaitse eesmärkidega.

Ranna ja kalda ehituskeeluvööndit võib suurendada või vähendada, arvestades ranna või kalda kaitse eesmärke ning lähtudes taimestikust, reljeefist, kõlvikute ja kinnisasjade piiridest, olemasolevast teede- ja tehnovõrgust ning väljakujunenud asustusest.

Ranna ja kalda ehituskeeluvööndit võib kohalik omavalitsus suurendada üldplaneeringuga.

Ranna ja kalda ehituskeeluvööndi vähendamine võib toimuda Keskkonnaameti nõusolekul.

Ehituskeeluvööndi vähendamiseks esitab kohalik omavalitsus Keskkonnaametile taotluse ja planeerimisseaduse kohaselt:[

1) vastuvõetud üldplaneeringu;

2) kehtestatud üldplaneeringu muutmise ettepanekut sisaldava vastuvõetud detailplaneeringu;

3) vastuvõetud detailplaneeringu, kui kehtestatud üldplaneering puudub.

Keskkonnaamet hindab ehituskeeluvööndi vähendamise vastavust ranna või kalda kaitse eesmärgile ja lähtudes taimestikust, reljeefist, kõlvikute ja kinnisasjade piiridest, olemasolevast teede- ja tehnovõrgust ning väljakujunenud asustusest.

Ehituskeeluvööndi laiuse suurendamine ja vähendamine jõustub kehtestatud üldplaneeringu või detailplaneeringu jõustumisel.

Supelrand on selleks üldplaneeringuga määratud ala veekogu ääres, mille põhiülesanne on inimestele puhkuse võimaldamine. Supelrannas viibimine on tasuta.

4.2. Merestrateegia ja mereala planeerimine

Üldiseks raamistikuks merealade käsitlemisel on Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2008/56 EÜ[12]. Sellega kehtestati ühenduse merekeskkonnapoliitika-alane tegevusraamistik (merestrateegia raamdirektiiv). Eesmärkideks on: kaitsta ja säilitada merekeskkonda, hoida ära selle seisundi halvenemine või taastada võimaluse korral mereökosüsteemid piirkondades, kus need on kahjustatud; hoida ära ja vähendada heitmeid merekeskkonda, et kõrvaldada saastumine järk-järgult, nagu on osutatud artikli 3 punktis 8, eesmärgiga tagada, et see ei mõjutaks ega ohustaks oluliselt mere bioloogilist mitmekesisust, mere ökosüsteeme, inimeste tervist ega mere seaduslikke kasutusviise.

Direktiiviga kohustati liikmesriike koostama oma mereakvatooriumi jaoks merestrateegia.

Vastav nõue on Eestis sätestatud veeseaduses (§72-73)[13] ja seda on täpsustatud keskkonnaministri määrusega nr 46[14]. Merestrateegia rakendamine toimub kuueaastaste tsüklitena, kus üks tsükkel koosneb kolmest põhietapist: I etapp - mereala seisundi hindamine ja sihtide seadmine, II etapp - mereala seireprogrammi väljatöötamine ja rakendamine ning III etapp - mere meetmekava koostamine ja rakendamine. Iga merestrateegia eelnimetatud etapp ajakohastatakse kuue aasta tagant.

Käesoleval ajal toimub meetmekava uuendamine[15]. Seal nähakse ühe surveteguri na inimtegevusi, mis otseselt mõjutavad merepõhja terviklikkust. Otseselt mõjutavad merepõhja süvendamine ja kaadamine, püsivate insenertehniliste rajatiste ehitamine meres, merepõhja kaevandamine, kaldakindlustuste rajamine ning teatud tingimustel ka näiteks laevandus (nii laevateede rajamine ja hooldamine, laevaliiklusest põhjustatud erosioon), väikelaevaliiklus (eriti madalamatel merealadel). Prognoositakse nende intensiivistumist kui ei rakendata täiendavaid kaitsemeetmeid.

Peamiseks inimtekkeliseks surveteguriks, mis võib põhjustada pikaajalisi muutusi lainetuse ja hoovuste režiimis, sh mõjutada vee viibeaega, segunemist ja veetaset, on merepõhja füüsiline häirimine ja kadu, millega muudetakse merepõhja ja ranniku batümeetriat, geomorfoloogiat ja substraati. Vastavad inimtegevused või mere kasutusviisid on olemasolev või rajatav

[12] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0056-20170607&qid=1534854921715&from=ET
[13] RT I, 07.02.2023, 6
[14] RT I, 29.09.2020, 11
[15] Eesti merestrateegia meetmekava - uuendatud 2023. Keskkonnaministeerium 2023

transporditaristu, taastuvenergia tootmine ja selle taristu, rannikukaitse ja üleujutuste vastu kindlustamine, avamererajatised, merepõhja morfoloogia muutmine, sh süvendamine ja kaadamine, maavarade kaevandamine, torujuhtmed ja veevõtt. Prognoositakse loetletud inimtegevuste kasvu, kuid mõjud hüdrograafilistele tingimustele on eeldatavalt lokaalsed. Olulisemad mõjud avalduvad arvatavasti merepõhja elupaikadele[16]

Kavandatud on meetmete pakett kompenseerimaks merepõhja häirimist ja elupaiga hävitamist erinevate arenduste ja muude tegevuste käigus. Eesmärgiks on tagada võimalikult väikest merepõhja häiringut ja kasutusejärgselt endise olukorra taastamist. Merestrateegia seab ambitsioonikad eesmärgid Eesti mereala seisundi kaitsmiseks ja parandamiseks. Nende kohustuste täitmine hõlmab viimaste teaduspõhiste teadmiste rakendamist mereuuringute ja merekeskkonda mõjutavate tegurite valdkondades. Meetmekava koondab uuringud, ilma milleta on Läänemere ja Eesti mereala hea keskkonnaseisundi saavutamine raskendatud.

Rannakaitse metoodikate väljatöötamine ja pilootprojektid (BALEE-M078)

Kliimamuutuste võimalike mõjude hindamine ja vastutegevuste planeerimine (BALEE-M037)

Meetmekava eelnõu kinnitamine on plaanitud aprill 2023.

2014. a. septembris jõustus mereala planeerimist käsitlev Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2014/89/EL[17], millega kehtestatakse mereala planeerimise raamistik. Direktiivi eesmärgiks on edendada merealade majanduse kestlikku kasvu, merealade kestlikku arengut ning mereressursside kestlikku kasutamist. Loodud raamistik aitab liikmesriikidel kehtestada liidu integreeritud merenduspoliitika raames mereruumi planeeringud ning neid rakendada, et aidata kaasa mereruumi planeerimise eesmärkidele. Direktiivi artikli järgi tuli liikmesriikidel kehtestada mereala planeeringud nii kiiresti kui võimalik, kuid hiljemalt 31. märtsiks 2021. Sellest tulenevalt on teiseks riigi tasandil strateegilise ruumilise arengu alusdokumendiks Eesti merealade planeering-[18]

[16] Eesti merestrateegia meetmekava ajakohastamine. Uute meetmete kirjeldused, nende teostatavuse ja piisavuse analüüs. Merepõhja terviklikkus. Koostja: G. Martin. TTÜ Meresüsteemide instituut. TÜ Eesti mereinstituut. Tallinn, 2023

[17] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014L0089-20140917&qid=1439300876495&from=ET

[18] https://www.fin.ee/riik-ja-omavalitsused-planeeringud/ruumiline-planeerimine/mereala-planeering

Eesti mereala iseloomustavad alljärgnevad pikaajalised suundumused: 1. Mereala kasutus intensiivistub; 2. Merekeskkonna seisundi parandamine nõuab kõikide Läänemere riikide teravat tähelepanu; 3. Tekivad uued kasutusviisid: taastuvenergeetika, vesiviljelus, taristuvõrgustikud; 4. Traditsiooniline merekasutus mitmekesistub. Reisiliiklust mõjutavad potentsiaalsed püsiühendused. Areneb harrastuskalapüük ja meresõit. Kalandus ei ole oluline tööandja, kuid toimib kohalikku ressurssi väärtustava majandusharuna. Eripalgelisemaks muutub puhkemajanduslik kasutus.

Eesti mereala pikaajaline tulevikuvisioon on: Eesti mereala on hea keskkonnaseisundiga, mitmekülgse ja tasakaalustatud kasutusega ning säästva sinimajanduse[19] kasvu soosiv.

Visiooni saavutamiseks tuleb kõigi Eesti merealal toimuvate traditsiooniliste ja uute tegevuste puhul lähtuda ökosüsteemsest lähenemisest ja järgida alljärgnevaid ruumilise arengu põhimõtteid: 1. Eesti mereala iseloomustab sünergiline kooskasutus; 2. Mereala kasutus peab olema mitmekesine, soosides piirkonniti sobilikumaid tegevusi; 3. Mereala kasutatakse avaliku hüvena, mh ökosüsteemiteenuste kaudu; 4. Mereala puudutavad otsused on teadmispõhised; 5. Mereala kasutamise alaste otsuste langetamisel toimub koostöö ja teavitamine riikide, ametkondade ja huvigruppide vahel.

Eesti mereala planeeringu koostamisel toetuti Hiiu ja Pärnu maakonna merealade planeeringu koostamise kogemusele. Hiiu ja Pärnu mereala planeeringute lahendustega on arvestatud käesoleva lahenduse väljatöötamisel ja mõjude hindamisel. Planeeringute erinevate koostamisaegade ja täpsusastmete tõttu on ruumikujudes erinevusi. Sellest tulenevalt on ka teemade käsitlused osaliselt erinevad. Näiteks on käesoleva planeeringu jaoks koostöös Transpordiametiga välja töötatud täpsem metoodika veeliiklusalade käsitlemiseks. Seetõttu ei lange üks-üheselt kokku Hiiu ja Pärnu maakonna merealade planeeringus ning käesolevas planeeringus kajastatud veeliiklusega seotud ruumiline informatsioon. Erinevuste esinemine ei tähenda seda, e planeeringud oleksid sisulises vastuolus või nende elluviimine takistatud. Kõikide planeeringute koostamisel on tehtud koostööd asjakohaste ametkondadega ja kajastatud konkreetses ajahetkes parimat teadaolevat informatsiooni. Planeeringute terviklikuma elluviimise

[19] Sinimajandusena , ka sinise majanduskasvuna ehk blue growth mõistetakse planeeringus jätkusuutlikku meremajandus, mis hõlmab kõiki merega seotud valdkondi: turismi, taastuvenergeetikat, vesiviljelust, kalandust, biotehnoloogiat, merepõhja maavarade kasutamist jms.

eelduseks on ametkondade vaheline jätkuv koostöö. Hiiu ja Pärnu mereala planeeringud jäävad kehtima ka üleriigilise mereala planeeringu kehtestamisel. Arendamisel tuleb arvestada konkreetse ala kohta käivas planeeringus sätestatut.

Kaadamine. Mereala kontrollitud kasutamine ainese heiteks või merepõhja matmiseks on vajalik sadamate süvendamisel tekkivate setete jt materjalide ladestamiseks. Peamine Eesti vetes toimuv süvendamine on sadamate ja laevakanalite hooldussüvendamine, kus süvendatavaks materjaliks on valdavalt liiv ja peeneteraline sete. Kaadamise maht varieerub aastate lõikes oluliselt, sõltudes eelkõige suuremate sadamate süvendustöödest. Süvenduspinnase regulaarseks suuremahuliseks kaadamiseks on varasemalt (mereala planeeringust eraldiseisvalt) määratud kaadamisalad. Mereplaneeringuga uusi kaadamisalasid ei kavandata. Prioriteediks on olemasolevate kaadamisalade kasutus. Uute kaadamisalade määramist ei loeta mereplaneeringu muutmiseks, juhul kui järgitakse mereplaneeringuga seatud tingimusi.

Suunised: 1. Uute kaadamisalade määramisel vältida võimalusel väga madalaid merepiirkondi, et säilitada nende elurikkust ja vältida erosiooni rannikupiirkonnas; 2. Üldpõhimõttena tuleb vältida kaadamist ökoloogiliselt tundlikul perioodil (nt kalade kudeajal jm), kui see on tehnilis-majanduslikult võimalik.

Tingimused: 1. Seni kasutatud kaadamisalade edasine kasutamine ja uute kasutusele võtmine täpsustatakse veekogu süvendamise kaadamise loa menetlemise käigus. Kaadamisel lähtutakse keskkonnaloas määratletud tingimustest; 2. Uute kaadamisalade loomisel eelistada alasid väljaspool kaitstavaid loodusobjekte. Kavandatava tegevuse elluviimisel tuleb hinnata kaasnevaid võimalikke mõjusid ja välistada ebasoodne mõju; 3. Kaadamiskoha (sh sügavus), -aja (nt väljaspool kalade kudemisaegasid ja noorjärkude kriitilist perioodi) ja -tehnoloogia (nt heljumi teket ja levikut piiravad meetmed) valikul tuleb arvestada mõju mereelustikule laiemalt, ent kitsamalt tuleb arvestada mõju kaladele ja seeläbi kalandusele koos selle sotsiaal-majandusliku aspektiga; 4. Kaadamisaladele ei kavandata vesiviljeluse arendusala; 5. Uute kaadamisalade kasutusele võtmisel tuleb arvestada mõjuga kasutatavatele supluskohtadele. Kaadamishõljum ei tohi halvendada suplusvee kvaliteeti; 6. Uute kaadamisalade kavandamisel tuleb teostada seni avastamata või uurimata veealuse kultuuripärandi allveearheoloogiline uuring; 7. Uute kaadamisalade kasutusele võtmisel tuleb konsulteerida Kaitseministeeriumiga võimaliku meremiiniohu teemal ja vajadusel viia läbi täiendavad uuringud ala ohutuse osas; 8. Uute

kaadamisalade kasutuselevõtmisel tuleb tegevus kooskõlastada Transpordiametiga ja Keskkonnaametiga.

Mereala planeeringuga tuleb arvestada planeeringute, mereala kasutust mõjutavate otsuste, merekasutuseks väljastatavate lubade ning riigi ja kohaliku omavalitsuse strateegiliste arengudokumentide koostamisel. Pärnu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneeringu[20] koostamise eesmärk on avaliku planeerimisprotsessi käigus määrata mereruumi kasutus, mis tasakaalustatult arvestab mereala kasutajate huve. Mereala ruumilise planeerimise tulemiks on merel täna toimuvate ja kavandatavate tegevuste ja mere kasutuse ning looduse vaheliste konfliktide vältimine või minimeerimine.

Arenguvisioon: Pärnumaa mereala on ökoloogiliselt puhas ja väärtuslik meri, mis on asukohaks: kestlikule kalandusele, mis on Pärnumaa rannaaladel traditsiooniline majandusharu, millega on seotud paljud kohalikud inimesed. Pärnu laht on „kalade häll“ ja „kalanduse häll“; turismile ja puhkemajandusele, mis on Pärnu maakonnas väga oluline tegevusala. Oluline on turismivaldkondade ja puhkevõimaluste mitmekesisus; hoitud ja väärtustatud loodus- ja kultuuriobjektidele, arvestades ja toetades piirkonna inimtegevust ja kultuurilist eripära koos sellest tulenevate erisustega loodusressursside kasutamisel; toimivatele sadamatele ja laevateedele, mis tagavad ohutu laevaliikluse, samuti ühendused asustatud väikesaartega.

Planeering määrab mereala kasutuse erinevad kasutusviisid, mis kombineeruvad terviklikuks ökosüsteemsel lähenemisel põhinevaks lahenduseks. Kogu planeeringuala jaguneb põhimõtteliselt kaheks tsooniks – vaba mereala ja eeliskasutusega alad. Vaba mereala hõlmab eeliskasutusest väljajäävat ala, kus on lubatud kõik tegevused (nt kalandus, laevandus, rekreatsioon), välja arvatud need, mis on õigusaktiga keelatud. Eeliskasutus tähendab, et antud kasutusel on planeeringuga määratletud alal ja ajal eelis teiste kasutusviiside ees. Teised kasutusviisid ei ole lubatud, kui need takistavad eeliskasutust. Muul viisil mereala kasutamine ei ole välistatud, kui see ei sega eeliskasutuseks määratud kasutusviisi. Planeeringus tuuakse välja kasutustingimused ja/või piirangud (sh ajalised regulatsioonid) erinevate kasutusviiside kohta.

[20] Pärnu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneering. Seletuskiri. Pärnu Maavalitsus. Pärnu 2017 https://maakonnaplaneering.ee/wp-content/uploads/2021/09/2_Seletuskiri-2.pdf

Eeliskasutusega alad on: laevateed ja ankrupaik; veeliiklusalad ja perspektiivsed laevateed; sadamad; talitee jääkatte tekke ja olemasolu ajal; avalikult kasutatav rannaala ja supluskohad; purjespordialad 1 ja 2 ; purjespordiala 3 (perioodil 1. juuli kuni 22. august); tuulikupargi ala(d) pärast hoonestusloa väljastamist; kaitstavad loodusobjektid; veealuste kultuuriväärtustega asjade säilitusala.

Planeeringuga ei kavandatud muudatusi olemasolevate laevateede osas. Planeeringus on kajastatud olemasolevad laevateed, veeliiklusalad ja väikelaevateed. Vabariigi Valitsuse 12.02.2004 korraldusega nr 79-k määrati Kihnu ja mandri vahelise liikluse ühendusteedeks Kihnu sadama ja Munalaiu sadama vaheline veetee ning Kihnu sadama ja Pärnu sadama vaheline veetee.

Konfliktide vältimiseks peab järgima järgmisi põhimõtteid: 1. laevatee kattumisel jääteega otsustatakse laevaliikluse piiramise vajadus Transpordiametiga koostöös; 2. laevatee kattumisel jetidega sõitmiseks määratletud soovitusliku kasutuspiirkonnaga lähtutakse üldistest meresõitu reguleerivatest sätetest; 3. laevatee kattumisel tuuleenergeetika võimaliku arenduspiirkonnaga tehakse tuulikuparkide rajamiseks sobivate alade väljaselgitamiseks koostööd Transpordiametiga; 4. laevatee kattumisel kaitstavate loodusobjektidega arvestatakse lisaks meresõidu võimalustele eelkõige looduskaitseliste eesmärkidega. Täiendavate laevateede või veeliiklusalade kavandamine toimub koostöös Keskkonnaministeeriumiga ja Keskkonnaametiga. Lubatud on olemasolevate laevateede kasutamine ja süvendamine; 5. arvestada tuleb Natura 2000 võrgustiku aladega. Looduskaitselistest eesmärkidest laevaliiklusele piiranguid seades arvestatakse nii looduskeskkonna kui tekkiva sotsiaal-majandusliku mõjuga, et tagada valdkondadevaheline tasakaal; 6. kattumisel laevavrakkidega arvestatakse nendega kui kultuuriväärtusliku leiuga ning laevatee asukoht määratakse koostöös Muinsuskaitseametiga.

Planeeringus on näidatud need sadamad, mis on olulised maakonna kui terviku ruumilise arengu seisukohalt. Täiendavate väikesadamate rajamine kohalikku arengut soodustava tegurina määratakse kohalike omavalitsuste üldplaneeringutega. Looduslikult väike mere sügavus ja setete liikumine teeb paljudes Pärnumaa väikesadamates keerukaks üle 1,0-1,5 meetrise süvisega aluste kasutamise. Planeering kavandab maakonnaplaneeringu täpsusastmele vastavalt süvendustööde läbiviimist, et tagada arenguperspektiivile kohane sadama kai äärne sügavus.

Sadamate arendamisel peab järgima järgmisi põhimõtteid: 1. toimiva sadamate võrgustiku loomiseks ja nende mitmekülgsemaks kasutamiseks eelisarendatakse sadamaid, mis on kalanduse

seisukohalt esmatähtsad ning sadamaid, mis võimaldavad turistide teenindamist ja sadamatesse võimalikult laia tegevuste baasi integreerimist; 2. Pärnu sadamas (piirkonna suurim ja kaubavedudega seotud sadam) toimuv tegevus peab arvestama piirkonna teisi tegevusi ning keskkonnahäiringutega ei tohi kahjustada puhkemajandust; 3. väikesadamate rajamise aluseks on asjakohane planeering või projekteerimistingimused. Planeeringu või projekti raames viiakse vajadusel läbi keskkonnamõju hindamine (KSH või KMH), mille käigus hinnatakse kavandatava tegevuse sobivust antud asukohas ja kaasnevaid mõjusid ning määratakse leevendusmeetmed; 4. süvendustööde võimalus ja nende läbiviimine, mis võimaldab suurema süvisega aluste väikesadamatesse sisse sõitmist, toimub vastavalt kehtivale regulatsioonile; 5. juurdepääsud väikesadamatesse, kus teedevõrk puudub, lahendatakse maismaale tehtava maakonnaplaneeringu, kohaliku omavalitsuse üldplaneeringu või detailplaneeringuga; 6. sadam kantakse sadamaregistrisse; 7. sadamate rajamisel või nende rekonstrueerimisel ehitatakse välja paatide veeskamiskoht. Kohalike omavalitsuste üldplaneeringutega määratakse täiendavad veeskamiskohad ja juurdepääsud kohalikest oludest ja vajadustest lähtuvalt; 8. kalasadamate arendamisel arvestatakse kala kvaliteedi tagamiseks esmatöötlemise ja lossimistingimuste parandamisega ning vastavate seonduvate regulatsioonidega; 9. reostustõrje tagamiseks on vaja tagada ja säilitada laugema kaldega töölaeva vette laskmise võimalused Munalaiu sadamas, Pärnu linnas ja Võiste piirkonnas.

Kaadamisalad. Arvestades Pärnumaa mereala iseloomu, kus madalas vees toimub suhteliselt intensiivne setete liikumine, on sadamate toimimise tagamiseks vajalik sadamate süvendamine. **Süvendamisel saadud materjali on sobivuse korral keskkonnaressursside otstarbeka kasutuse põhimõtet järgides soovitatav kasutada, mitte kaadata. Süvendamise käigus tekkivat materjali võib kasutada teise objekti rajamiseks, näiteks täitematerjalina maismaal,** kuid levinum on süvendatava materjali kaadamine. Planeeringus on kajastatud seni kasutatud kaadamisalad, mis ökoloogilistel põhjustel ei ole suuremahuliseks kaadamiseks väga sobivad. Kuna Pärnu lahe puhul on tegemist ökoloogiliselt tundliku alaga, on vajalik suuremahuline materjali kaadamine, millega kaasneb mahukas heljumi levik, viia väljapoole Pärnu lahte.

Seni kasutatud kaadamisalade edasine kasutamine (kuni 10 000 m^3) ja uute kasutuselevõtmine täpsustatakse enne veekogu süvendamist. Vee erikasutusloas määratletud tingimused on aluseks kaadamiskoha valikul. Väiksema mahu puhul saab kasutada olemasolevaid kaadamisalasid,

suuremamahuliste kaadamistööde puhul kaalutakse uute alade kasutuselevõtmist keskkonnamõju hindamise (KMH) käigus. Kui kaadamisala asub kaitsealal või mõjutab seda, tuleb enne kaadamisala kasutusele võtmist läbi viia Natura hindamine ja saadud nõusolek kaitseala valitsejalt. Uue kaadamisala kasutusele võtmine kooskõlastatakse Muinsuskaitseametiga.

Kaadamisalade täpsustamist hilisemas loataotluse etapis ei loeta maakonnaplaneeringu muutmiseks. Kaadamisaja ja -tehnoloogia valikul tuleb arvestada mõju mereelustikule laiemalt, kitsamalt kaladele ja seeläbi kalandusele koos selle sotsiaal-majandusliku aspektiga. Üldpõhimõttena tuleb Pärnu lahes vältida kaadamist mai algusest juuli lõpuni seoses ökoloogiliselt tundlikuima perioodiga.

Planeeringus on määratletud mereala kuni meremiili kauguseni rannajoonest. Planeeringuga on tehtud ettepanek muuta Eesti Vabariigi seaduseid selliselt, et kohalikel omavalitsustel tekkiks õigus määratud alal: vajadusel koostada üldplaneeringuid, üldplaneeringu teemaplaneeringuid ja detailplaneeringuid; kooskõlastada ehitus- ja hoonestuslubade väljastamist, va tuulikupargid; kooskõlastada loodusobjektide kaitse alla võtmist; kooskõlastada muinsuskaitseala moodustamist. Õiguseid ei laiendata kalandusalaste piirangute seadmisele.

Planeeringu elluviimiseks on vajalikud jätkutegevused (keskkonnamõju hindamine, uuringud, analüüsid jms), millega tagatakse tasakaalustatud mereruumi kasutus. Nende hulgas Pärnu muulide kaitse alla võtmise menetluse läbiviimine; selleks, et kohalikud omavalitsused saaksid reguleerida ja kaasa rääkida eelpool loetletud tegevuste kavandamisel rannajoonest meremiili ulatuses, tuleb hakata koostama ja menetlema seaduse muudatusi; liivade liikumise uuringute teostamine; uute väljaspool Pärnu lahte asuvate suuremahuliste (alates 10 000 m^3) kaadamisalade määramine ja analüüs koos settetranspordiga.

4.3. Olulised projektiga seotud mõisted ja selgitused

Kaadamine – kaadamine on Veeseaduses defineeritud alljärgnevalt: igasugune tahtlik jäätmete või muude ainete või asjade laevalt, õhusõidukilt, platvormilt või muult mererajatiselt merre heitmine või merepõhja matmine; laevade, õhusõidukite, platvormide või muude mererajatiste tahtlik merre heitmine; platvormide või muude mererajatiste hülgamine või ümberpaiskamine meres nende kasutamise kohas nende kõrvaldamise eesmärgil. Märkus: Kaadamine on näiteks kas süvendamise käigus väljakaevatud materjali uputamine kuhugi selleks ette nähtud kohta või ka mingi muu materjali vette panemine mõne sopi täitmiseks näiteks sadama laiendamiseks. Laiemas tähenduses

on kaadamine jäätmete merre uputamine. Läänemerre võib kaadata üksnes süvenduspinnast. Pärnumaa merealal on reaalseks kaadamiseks eeskätt sadamate süvendamise käigus väljakaevatud materjali uputamine selleks ette nähtud kohta (kaadamisalale). Eestis puudub kindel normatiiv süvendatava ja kaadatava materjali uuringute kohta

Süvendamine – veekogu põhjast setendi eemaldamine, välja arvatud juhul, kui seda tehakse maaparandussüsteemi rajatistel hoiutööde või rekonstrueerimise käigus kuni esialgse ehitusprojektiga määratud veekogu sügavuseni. Setendi alla kuulub nii mineraalne kui orgaaniline materjal. See toimub tavaliselt näiteks veekogude settest puhastamisel, aga ka sadamate akvatooriumi puhastamisel, laevateede süvise loomisel või taastamisel ja merealal kaevandamisel. Veekogu süvendamiseks ei loeta sette eemaldamist veekogust, välja arvatud meri, korrashoiu eesmärgil. Kõik eelpool nimetatu toimub ruumis, mis on reguleeritud. Ruumiks on Eesti Vabariik. Reegliteks on õigusaktid, planeeringud, arengukavad, programmid, rahvusvahelised ja riikidevahelised kokkulepped.

Vastavalt Eesti Vabariigi õigusaktidele peab süvendamise ja/või kaadamise läbiviija esitama lubasid väljastavale ametile taotluse vee erikasutusloa saamiseks, milles peavad olema toodud järgmised andmed: 1. süvendamise otstarve (põhjalik süvendamine, hooldussüvendus või puhastussüvendus); 2. eeldatav süvendusmaht; 3. kaadamise vajadus (materjali ei ole võimalik kasutada muuks otstarbeks või ladustada mõistlike kuludega muul viisisl); 4. hinnang kaadamise alternatiividele; 5. kaadamise minimiseerimise võimalused; 6. süvendusala ja eeldatava kaadamisala asukoht kaardil; 7. merepõhja kirjeldus (batümeetria, põhjasetted), piirkonna huviväärtus, planeeringud); 8. veeolukord (muu vesikond, hoovused jm.); 9. varasemad tegevused süvendamisalal; 10 saasteained varasematest andmetest.

Kui objektil on olnud tegevusi, mille puhul on kasutatud olulistes kogustes kemikaale, tuleb sellest teavitada ametit. Veeloa andmine otsustatakse 90 päeva jooksul nõuetekohase taotluse ja dokumentide saamisest arvates. Veeloa taotlemine toimub läbi infosüsteemi KOTKAS

Kui süvendusmaht/kaadamismaht ületab 10 000 m^3 merepõhjas või kui tegevus võib üksi või koostoimes teiste tegevustega eeldatavalt oluliselt mõjutada Natura 2000 võrgustiku ala või eeldatavalt ületada tegevuskoha keskkonnataluvust, põhjustada keskkonnas pöördumatuid muutusi või seada ohtu inimese tervise ja heaolu, kultuuripärandi või vara on mõju hindamine keskkonnale kohustuslik.

Juhul kui puudub ametlik kaadamise koht, tuleb lisaks teha uuringud uue kaadamise koha valikuks ja saada sellele heakskiit. Kaadamise koha määramisel tuleb arvesse võtta võimaliku kaadamise koha füüsikalisi, bioloogilisi ja keemilisi omadusi veesambas ning merepõhjas, kaadamise kohas asuvaid maardlaid, kaadamise koha muid kasutusviise ja seal aset leidvat tegevust, kaadamise koha potentsiaalset kasutamist muuks majandustegevuseks ning kaadamise võimalikku mõju merekaitsealadele ja kaitsealustele liikidele või nendega seotud ökosüsteemidele. Kuna planeeringutes pole seda määratud, toob see endaga kaasa lisaks planeeringute muutmise ettepanekud, seega ka aega nõudva avalikustamise koos mõjude hindamisega keskkonnale.

Vee erikasutus loa andmisest võib keelduda ka juhul, kui näiteks kaadamisele on olemas alternatiivsed võimalused süvenduspinnase taaskasutamiseks või ladestamiseks maismaal viisil, mis ei kujuta ohtu inimese tervisele ega keskkonnale ega ole ebaproportsionaalselt kulukas;

4.4. Olukord Pärnu muulide vahelise ala seisukohalt.

Kesksek küsimuseks süvendamise puhul on küsimus süvendusmaterjali olemusest. Mitmetes õigusaktides käsitletakse süvendusmaterjali jäätmetena, sest valdaja üritab sellest süvendustööde käigus lahti saada. Teisest küljest loetakse süvendusmaterjali loodusvaraks, mida tuleks hoida. Eesti õigusaktis jäätmete kohta[21] on sätestatud, et õigusakti reguleerimisalasse ei kuulu: veemajanduse ja veeteede majandamise, üleujutuste ärahoidmise, üleujutuste ja põudade mõju leevendamise või maaparanduse eesmärgil pinnavees ümber paigutatud setted, kui on tõendatud, et nendel setetel puuduvad ohtlikud omadused, mis on nimetatud komisjoni määruse (EL) nr 1357/2014, millega asendatakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2008/98/EÜ (mis käsitleb jäätmeid ja millega tunnistatakse kehtetuks teatud direktiivid) III lisa (ELT L 365, 19.12.2014, lk 89–96), lisas.

Eestis on süvendustööde organiseerimine väga keerukas, sest selleks, et süvendustööd oleks lubatud ja legitiimsed, tuleb otsida regulatsioone paljudest eri seadustest, mis ajas ka kiirelt muutuvad. Näiteks tänaseks kehtetus Planeerimis- ja ehitusseaduses oli sätestatud, et rajatiseks loetakse muu hulgas mere või siseveekogu põhja selle süvendamise teel õiguslikul alusel rajatud laevateed (laevakanal). Täna kehtivas Ehitusseadustikus[22] sellist määrangut enam pole.

[21] Jäätmeseadus, RT I, 22.12.2022,4
[22] RT I, 09.08.2022, 13

Huvitav kaasus tekib Pärnu muulidega. Pärnu sadama toimimiseks vajalikeks ja tänaseks ka Pärnu linna ühe sümbolina on olulised Pärnu muulid jõe suudmes. Liiva jõe suudmealasse kuhjumise vältimiseks rajati 1769. aastal keisrinna Katariina II käsul palkidest muulid. 1863-64 valmisid uued kivimuulid. Mõlema muuli pikkuseks kujunes pisut üle kahe kilomeetri. Muulide vahekaugus on 250 m. Kuna muulid on rajatised, seega ehitised ja Ehitusseadustik lubab funktsionaalselt koos toimivat ehituslikku kompleksi, mis võib koosneda nii hoonetest kui ka rajatistest, käsitleda teatise-ja loamenetluses ühe ehitisena. Veeseadus[23] ei loe veekoguks muid kindlal eesmärgil rajatud püsivalt või ajutiselt veega täidetud ehitisi. Seega Pärnu muule võib käsitleda kui ehitist, mis reguleerib jõe ja mere vahelist ühendust juba üle 250 aasta ja jääb selgusetuks, kas muulide vahelise ala süvendamine on üldse süvendamine või see on ehitise korrashoid ja hooldamine.

Süvendustööd on suhteliselt keerukas protsess. Põhjuseks on asjaolu, et süvendustööde organiseerimine eeldab mitme poole –tavaliselt tööde tellija, kohaliku omavalitsuse ning veekogu haldaja kokkulepet, kellel on kahjuks erinevad arusaamad ja volitused. Eesti veeteid haldab Transpordiamet, kelle peaülesanne on tagada ohutu laevaliiklus üldkasutatavatel veeteedel. Merepõhi on riigi omandis. Eraomand ulatub veepiirini. Kohalikud omavalitsused saavad planeerida veepiirini. Riigipoolne planeerimisõigus on Rahandusministeeriumi vastutada, kes ei saa näiteks volitada kohalikku omavalitsust merealal planeerima. Veepiiril tekib tühik. Seetõttu on hädavajalik teha seadustes järgmised muudatused:

määrata ala, kus oleks võimalik vaadata tervikuna nii rannikut kui ka mingit osa mereala,

laiendada kohalike omavalitsuste planeerimisõiguseid 1-2 meremiilini rannajoonest kõikides valdkondades, va riigikaitse ja julgeolek, st laiendada mereäärsete kohalike omavalitsuste administratiivpiire 1-2 meremiilini.

Vastasel juhul valitakse süvendusmaterjali paigutamiseks kaadamine, mis on kõige lihtsam variant praeguses olukorras. Tegelikult oleks mõistlik kasutada väljastatud pinnast/setteid ehitusvaldkonnas, täitepinnasena, rannakaitse eesmärgil, aga ka lihtsalt tulu teenimiseks.

[23] RT I, 07.02.2023, 6

Huvitava andmestiku on toonud oma lõputöös Tallinna Tehnikaülikooli üliõpilane Viktoria Ivanova (Ivanova, 2021). Kui ei ole viidatud teisiti, pärineb allpool toodud üldistus nimetatud lõputööst pärinevatel andmetel.

Vaadeldud ettevõtted on TREV-2 Grupp AS, IseKallur OÜ, AS Kiviluks ja OÜ Variku Liiv. Kasutatud hinnakirjade põhjal on koostatud üldistatud koondtabel, mis sisaldab keskmisi hindu materjali tonni kohta

Tabel 4.1. Ehitusmaterjalid hinnad (euro/tonn)

	TREV-2 Grupp	**IseKallur OÜ**	**AS Kiviluks**	**OÜ Variku Liiv**
Killustik	10,9	12		
Paekillustik			10,3	
Kruuskillustik			11,9	
Ehituskruus ja liiv	3,48			
Ehitusliiv		8,5		
Täiteliiv	3,1	6	3,5	3,2
Looduslik liiv			3,6	
Sõelutud liiv				4
Purustatud kruus	7,6		7,7	6,5
Looduslik kruus			5,6	4,5
Sorteeritud kruus	4,1			
Täitepinnas (muld)				3,5
Sõelutud muld			7,5	6

Lõputöö autoril ei olnud võimalik saada andmeid, mis näitaksid täpselt süvendatud kogust iga setteliigi kohta valitud süvendustööde raames. Seega arvutustes kasutab autor karjääri liiva tihedust – 1600 kg/m^3– ning eeldab, et kogu kaevatud materjali puhul on tegemist ühe pinnasetüübiga. Arvutustes ei arvestata transpordikulusid, tegemist on materjali enda maksumusega.

Paldiski Lõunasadama süvendustöö puhul oli maht 260 000 m^3 , mis tähendaks, et on tegemist 416 000 tonni pinnasega. Kui ehitusliiva keskmine hind vaadeldud ettevõtete hinnakirjade järgi on 6 €/tonn, siis tähendab see, et süvendatud materjali hind oleks 2 496 000 €, kui oleks tegemist täiteliivaga ca 3 €/tonn oleks süvendatud materjali hind 1 248 000 €.

Praaga süvendustöö puhul oli maht 103 500 m^3, mis tähendaks vastavalt 993 600 € ja 496 800 €.

Antud näide demonstreerib, et süvendustööde käigus kaevatakse välja märkimisväärseid materjalikoguseid, mida oleks võimalik majanduslikult ära kasutada. Kui neid veel sorteerida, saab

järeldada, et tegemist on tõeliselt suurte rahasummadega ning mõnel juhul saaks süvendatud materjali kasutamine või müümine katta süvendustööde enda maksumuse. Võib olla, et süvendatud materjal ei kõlba väga head kvaliteeti nõudvate toodete tegemiseks, kuid täitematerjalina ehitustel on tõenäoliselt vastuvõetav. Näiteks Helsingis kasutati süvendusmaterjal kesklinnas Hernesaare piirkonnas kuue hektari suuruse maa taastamiseks, kuhu kavandatakse elamurajoon 7000 inimesele.

Pärnu sadama süvendamised on toimunud 1997. aastast, kui muulide vahe süvendati sügavusele kuue ja poole meetrini ning laiendati laevakanalit 40 meetrini ja 2015. aastal, kui süvendati kaheksa kilomeetrit laevakanalit keskmise veetaseme korral 7,2 m sügavuseni ning kanalit laiendati 60 meetrini. Viimane süvendus põhjustas suurt rannakalurite vastuseisu, kuna hõljum jõudis süvendamise ajal isegi Valgeranda kalamõrdadeni. On tunnistatud fakti, et Pärnu lahe kalavarud on pärast Pärnu sadama laevatee süvendamist 2015. aastal vähenenud, kuid ei taheta seda seostada otseselt süvendamistöödega. Seega, iga uue süvendustöö planeerimisel tuleb arvestada suure vastuseisuga kavandatavale.

Märkima peab, et käesoleva projekti raames räägime me veidi teistsugusest süvendusest. Siinkohal on tegemist varasemalt süvendatud ala taastäitumisega rannaliivadega, milles üldjuhul on savisosakeste osakaal sisuliselt olematu. Lisaks eelnevale on oluliselt kasvanud täitematerjali hinnad ja näiteks Pärnu piirkonnas olevates karjäärides ulatuvad täiteliivade hinnad juba üle 6 euro m^3 kohta.

Peatükile täiendavaks infoks on käesolevasse tööga seotud seaduste ja õigusaktide nimekiri toodud lisas 2. Süvendusloa taotlemiseks vajaliku protsessi kirjeldus on toodud Lisas 3, koos eeldatava ajaraamiga.

5. Valgeranna setete liikumise ja lainetuse parameetrite modelleerimine eskiisprojektiks

TLÜ Ökoloogia keskus tegi koostöös Audru osavallaga ja Pärnu sadamaga Keskkonnainvesteeringute Keskusele taotluse suurematekss uurimistöödeks. Rahastuse saamisel mõõtis TLÜ Ökoloogia keskus rannaprofiile, setteid ning lainetust. Lisaks analüüsiti varasemaid töid. Käesolev peatükk on suunatud lainetuse ja setete liikumise modelleerimisele.

5.1. Modelleerimise eesmärk ja sisu

Modelleerimise eesmärgiks on analüüsida Valgeranna kaitsmist Pärnu jõe süvendamisel saadud liivaga ning buunidega.

Töö sisu:

- Lainetuse mudeli koostamine ja valideerimine tehtud mõõtmiste põhjal
- Setete liikumise modelleerimiseks sisendparameetrite leidmine
- Rannalähedasse merre kaadatud setete liikumise modelleerimine Valgerannas. Vaadeldakse liikumist ilma ja koos võimalike buunidega. Buunide korral pakutakse välja sobivad pikkused ja asend. Modelleerimisel otsitakse ka sobilikku asukohta, kuhu setteid võiks kaadata.
- Setete kaadamisel heljumi liikumise modelleerimine. Soovituste andmine.
- Ranna liivaga täitmise esialgse plaani koostamine käsiraamatute ja varasemate uuringute baasil. Metoodika kirjelduse koostamine.
- Lainetuse ja veetasemete parameetrite leidmine eskiisprojekti koostamiseks.
- Eskiisprojekti koostamine.

5.2. Töö alusmaterjalid

- TLÜ Ökoloogia Keskuse rannaprofiilide ja setete mõõdistused.
- OÜ WiseParkeri mõõdetud lainetuse andmestik 2021. aasta novembris ja 2022. aasta lõpus.
- Kartau, K. 2011. Valgeranna ja Pärnu vahelise randla areng. Tallinna Tehnikaülikool. Magistritöö.

5.3. Varasemalt tehtud modelleerimised Valgerannas

Katri Kartau kirjutas 2011. aastal magistritöö teemal „Valgeranna ja Pärnu vahelise randla areng“. Töös on analüüsitud Pärnu lahe põhjaranniku kulutus-kuhjelist süsteemi, setete transpordi skeemi, määratletud rannasetete peamised omadused, setete liikumise valdavad suunad ning peamised kulutus-, transiidi- ja kuhjepiirkonnad vaatlusmaterjali, ajalooliste kaartide ja ortofotode alusel.

Kartau leidis, et setete transport Pärnu lahes toimub valdavalt piki mõlemat lahe külge selle pära suunas. Ristiranda toimuva transpordi osakaal on väike, välja arvatud Pärnu jõe voolujoa piires. Mööda lahe lääneranniku transporditav liiv kuhjub muuli taha ning nii nihkub muuli välisküljel rannajoon mere suunas.

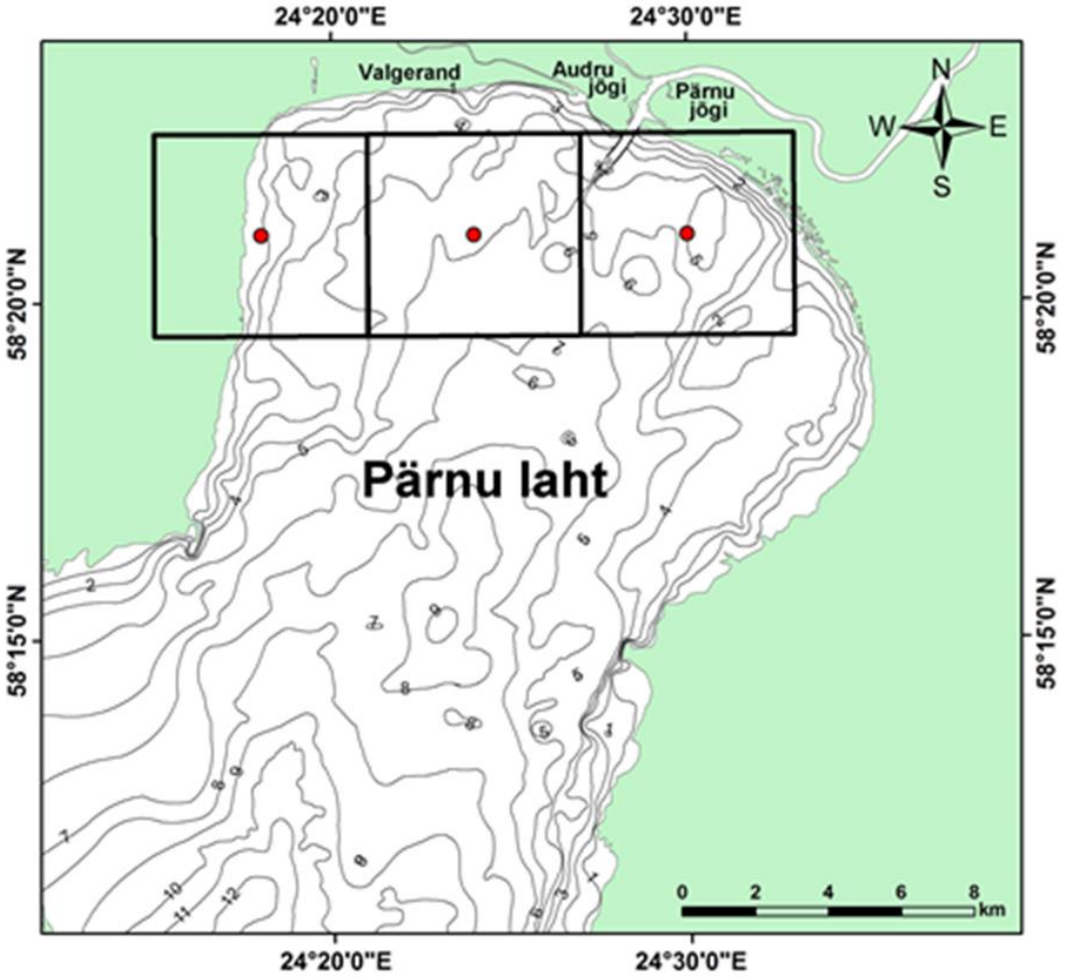
Setete bilansi ning transpordi hindamiseks Pärnu ja Valgeranna vahelisel lõigul on kasutatud tasakaalulise rannaprofiili teooriat ning pööratud Bruuni reeglit. Selle metoodika rakendamine võimaldab ligikaudselt määratleda setete hulga muutust rannajoone muutuste ja tasakaalulise profiili sulgemissügavuse alusel. Sulgemissügavus leiti Läänemere lainetuse numbrilise modelleerimise tulemuste alusel 38-aastase perioodi (1970–2007) kohta, lähtudes tõenäosusega 0.137% (12 tundi aastas) esinevate lainete kõrgusest ja nende tüüpilisest tipp-perioodist jäävabades tingimustes.

Lainemudeli WAM sisendiks kasutati K. Kartau (2011) töös Rootsi Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi geostroofilisi tuuli, millest on tuletatud tuule omadused 10 meetri kõrgusel. Kuna mudeli lahutusvõime antud piirkonnas oli suhteliselt tagasihoidlik, kasutati Pärnu lahes ainult kolme võrgupunkti, mis paiknevad lahe põhjaranniku lähistel (Joonis 5.1). Mudeli punktides saadud lainetuse parameetreid kasutas Kartau edasistes arvutustes.

Rannajoone muutused viimase 100 aasta jooksul hinnati erinevate kaartide (sh 20. sajandi algul koostatud nn verstakaardi) ja ortofotode võrdlusel, kasutades Maa-ameti WMS-teenust ning ArcMap 10.0 programmi.

Arvutustulemustest ning kaartide võrdlusest selgus, et alatest 20. sajandi algusest on rannajoon Valgerannas taganenud keskmiselt 0,67 m aastas. Erosiooni all kannatav rannalõik on suhteliselt lühike (kogupikkusega ligikaudu üks kilomeeter). Sellest rannaosast ära kantud setete hulk on ligikaudu 100 000 m^3, mis teeb ligikaudu 1000 m^3 aastas. Liivaranna pindala on vähenenud 46 600 m^2 võrra.

Ranna erosiooni puhul on alati väga oluliseks küsimuseks tema kaitsmine ning selleks sobiva meetodi leidmine. Kuna tasakaalulise rannaprofiili teooriat on maailmas laialdaselt kasutatud liivarandade täitmise projektides, on loogiline tulevikus seda kasutada ka Valgeranna puhul, eriti poldrite ja kohviku vahelisel alal, kus ranna taganemine on kõige intensiivsem.



Joonis 5.1. WAM mudeli arvutusvõrgu punktide paiknemine Pärnu lahe põhjaosas (Kartau, 2011).

5.4. Ranna täitmine liivaga

5.4.1. Sissejuhatus

Ranna erosiooni probleemi saab lahendada kas kõvade (hard) või pehmete (soft) meetmetega (Bosboom ja Stive, 2015). Esimesed on näiteks kividest nõlvakindlustused. Ranna täitmine liivaga on pehme meede. Idee on asendada erodeerunud liiv mujalt (maismaakarjäärist või merest) toodud liivaga. Liivaga täitmine jätab ala looduslikumasse seisundisse kui kividega või tugimüüriga kindlustamisel ning säilitab ranna väärtuse puhkajatele. Meede töötab, kui asenduseks toodavat liiva on piisavalt palju läheduses olemas.

Liivaga ranna täitmisel võib olla kolm põhjust:

1. Erosiooni tõkestamine liiva kompenseerimisega
2. Üleujutuse tõkestamine ning luidete kindlustamine
3. Puhkeranna laiendamine

Teise ja kolmanda põhjuse korral on liivaga täitmine ühekordne lahendus. Erodeerunud liiva kompenseerimise korral tuleb täitmist aga teatava perioodi tagant korrata. See intervall sõltub erosiooni kiirusest (m^3/jm) ning tööde (mobilisatsiooni) maksumusest. Praktikas peetakse 5-aastast intervalli sobivaks.

Võrreldes kivikindlustusega või meremüüriga saab perioodiliselt liivaga randa täites kogumaksumuse jaotada pikema aja peale. Lisaks saab liivaga täitmise puhul tööde mahtu ja skeemi aja jooksul muuta vastavalt jälgimisel saadud infole. Seetõttu on näiteks Hollandi kontekstis liivaga täitmise meetmed odavamad kui kõvad meetmed (Bosboom ja Stive, 2015). Samuti võib väita, et liiva lisamisel ei saa suurt midagi valesti minna, kuna lisatud liiv jääb süsteemi. Samas võib valesti kavandatud täitmine põhjustada kõrvalmõjusid või olla lihtsalt vähemefektiivne kui õigesti tehtu.

Kuigi liiva kasutamine tundub „roheline“, on selle keskkonnasõbralikkus küsitav, kui liiva tuleks tuua väga kaugelt. See on probleemiks näiteks mitmes Hispaania ja Itaalia piirkonnas.

Järgnevates alapeatükkides on antud juhised kavandamiseks ning vaadeldud täpsemalt liiva kompenseerimist.

5.4.2. Juhised kavandamiseks

Kasutatava liiva asukoht

Ranna täitmisel kasutatavat liiva võib saada kas karjäärist või merest. Eriti mugav on kombineerida süvendamine ranna täitmisega, mille korral on võimalik kulusid oluliselt kokku hoida.

Kui liiva võetakse avamerest, siis peab olema see piisavalt kaugel, et ei tekiks negatiivset mõju rannikule. Nüüd on kaks võimalust: kas võtta suurelt alalt õhuke kiht liiva või lokaalselt kaevata sügavam auk. Esimese puhul häiritakse ilmselt suuremal alal loomastikku ja taimestikku. Teise puhul võib sügavamasse auku jääda seisev vesi, mistõttu selle kvaliteet langeb. Sellel teemal on maailmas tehtud mitmeid uuringuid, kuid lõplik järeldus on tegemata, mistõttu tuleks vaadelda küsimust asukohapõhiselt. Hollandi kogemuse põhjal tuleks liiva võtta vähemalt 20 km kaugusel rannajoonest ning kui see pole võimalik, siis kombineerida sadamarajatiste ja faarvaatrite süvendamine lähedal asuva ranna täitmisega (Bosboom ja Stive, 2015). Eesti puhul, kus lained on lühemad ja madalamad, võib 20 km joonest lähemale tulla. Ilmselt jääks liivavõtu ala sulgemissügavusest (sügavus, kus lained mõjutavad oluliselt rannaprofiiili kujunemist) oluliselt mere poole. Seega vähemalt 5 m sügavusele, sõltuvalt asukohast.

Liiva kvaliteet

Kui uus liiv tuuakse randa rannaprofiili veealusesse või profiili kuival rannal asuvale osale, siis kehtivad sellele samad füüsikaseadused, mis algsele olemasolevale liivale. Tihti kattub varasem liiv uue liivakihiga ning mõnikord muutub rannaprofiili kalle ja morfoloogia. Viimased muutused tekivad, kui uus liiv on teistsuguse terasuurusega. Seega peaks lisatav liiv olema nende näitajate poolest olemasolevaga võimalikult sarnane. Siiski on paljudel juhtudel vajalik, et juurdetoodav liiv oleks jämedam kui algne, vähendamaks setete erosiooni.

Teine aspekt on saviosakeste sisaldus uues liivas. Kui näiteks liiva võetakse merest, siis võib süvendamisel uue liiva hulka sattuda saviosakesi, mis rannale sattudes häirivad sealset ökoloogilist tasakaalu. Nimelt on liiv rannal ja rannalähedases vees väga liikuv ja seetõttu on varasemalt peenosis välja pestud. Kui nüüd lisada sinna savi, siis tekib uus olukord, millega kohanemine võtab aega. Arvestades, et Eestis on palju Natura 2000 alasid, siis tuleks nende puhul analüüsida ka

tulenevat mõju ümbritsevale keskkonnale. Seega tuleks vältida savi sattumist uude liiva või vähemalt viia selle kogus miinimumini.

Peamiselt esteetilisest seisukohast võib analüüsida uue liiva värvuse sobivust täidetavas rannas olevaga. Itaalia rannauurijad aga rõhutavad, et liivarandade värvus on väga tähtis nii esteetiliselt kui ka ökoloogiliselt (Pranzini ja Vitale, 2011). Palanga liivaranna taastamise järel asendus esialgne helekollane liiv („kuldne“) tumepruuni liivaga. Ent seda esteetilise muutuse mõju pole tänaseni rannas uuritud (Pupienis jt., 2014).

Paigutatava liiva asukoht ja hulk

Liivaga võib täita rannaprofiilis erinevaid kohti:

1. Luidetest maa poole (üleujutuste kaitseks)
2. Luidetest mere poole
3. Kuivale rannale
4. Rannalähedasse vette

Teoreetiliselt jaotub liiv lainetuse mõjul ükskõik millises asukohas aja jooksul tervel rannaprofiilil. Seega pole vaja rannale ja rannalähedasse vette paigutatud liiva kohe tasandada.

Kui liiva saadakse maapealsetest karjääridest, siis on mõistlik paigutada liiv ka maa peale. Kui kasutatakse merest saadud liiva, siis on otstarbekas lasta tuulevaiksel päeval liiva ja vee segu rannalähedasse madalasse vette võimalikult rannajoone lähedale. Merelt liivaga täitmine on tavaliselt umbes kaks korda odavam kui maalt täitmine, aga see sõltub ka kogusest.

Liivaga täitmise asukoht sõltub täitmise eesmärgist.

Liiva paigutuse tihedust määratakse m^3/jm. USAs on tavaline 250 m^3/jm. Hollandis 20 m^3/jm. Paigutuse hulk sõltub peamiselt lainekliimast ja erosiooni kiirusest. Näiteks on väga erinevaid koguseid vaja ookeani randa ja sisemere randa.

5.4.3. Erosiooni tõkestamine liivaga

Erosiooni tõkestamisel liivaga täitmisel tuleb tegevust aja jooksul korrata. Parim on kasutada erodeeritud liivale sarnast liiva, sest see ei põhjusta süsteemis muid muutusi. Liivaga tuleb täita teatud aja möödudes.

Kui täiteks toodava liiva terajämedus on suurem kui olemasoleva liiva oma, siis on erosiooni kiirus väiksem. Kui aga väiksem, siis on erosioon kiirem. Kui liiva kaob 20 m^3/jm, siis tuleb juurde tuua 100 m^3/jm sarnast liiva, et täidetav liiv seal 5 aastat püsiks. Kui täidetava ala pikkus on 2 km, siis tuleb tuua 200 000 m^3 liiva. Sellele tuleks lisaks arvestada 10–20%, sest lisatavas liivas võib olla ka peenosist, mis lainetusega avamerre minema kantakse.

Hollandi kogemus on näidanud, et täielikuks tõkestamiseks on vaja täita ala massiivselt ja laialdaselt (Bosboom ja Stive, 2015). Pahatihti pole see võimalik ning see võib põhjustada ka muid probleeme. Näiteks võib setteid jääda vajaka muudes piirkondades.

Kui liiva pannakse madalasse vette, siis tuleb arvestada, et ca 20–30% sellest liivast võib jõuda 5 aasta jooksul kuivale rannale. Seega lastakse laine murdumistsooni ca 300–500 m^3/jm liiva.

Kui liiv pannakse kuivale rannale, siis aja jooksul jaotub see rannaprofiilil. Tasakaaluolekus rannaprofiili määravad lainekliima ja terajämedus. Rannaprofiil ulatub eesluidete jalamist kuni sulgemissügavuseni (sügavuseni, kus lained mõjutavad oluliselt setete liikumist). Seega liigub suur osa setteist kuivalt rannalt ära vee alla ning avalik arvamus võib tõlgendada seda erosioonina. Tegelikult on see setete ümberjaotumine rannajoonega risti olevas profiilis ning rand muutub tänu sellele erosioonile vähemtundlikumaks.

5.5. Rannaprofiil

5.5.1. Tasakaaluline rannaprofiil

Rannaprofiili all mõeldakse randla vertikaalset ristlõiget, mis kajastab maapinna kõrguse (rannal, veepiirist sisemaa poole) või vee sügavuse (rannanõlval ehk rannakul) muutumist veepiirist avamere suunas (Dean ja Dalrymple, 2002). Lainetuse mõjul kujuneb liivarandades enamasti välja setete kulutuse, transpordi ja kuhjumise tasakaal. Rannaprofiili mõistet kasutatakse tavaliselt sellise sügavuseni, kus lakkab lainetuse regulaarne ja tugev mõju merepõhjale (Orviku, 2003). Profiili iseloom konkreetses kohas võib küll tormide käigus muutuda, kuid selle pikaajaline

keskmine kuju veepiirist kuni teatava sügavuseni on tavaliselt võrdlemisi püsiv (Dean, 1991). Seda püsivat kuju kutsutakse tasakaaluliseks rannaprofiiliks (joonis 5.2, Dean ja Dalrymple, 2002).

Setete liikumist rannanõlval ja rannal ning seega ka rannaprofiili kujunemist mõjutavad mitmesugused destruktiivsed (nt gravitatsioonijõud, vee tagasivool) ja konstruktiivsed jõud (nt lainete poolt randa toodavad setted). Püsiva profiili tekkimine sellises süsteemis peegeldab seega teatavat tasakaalu randa kujundavate jõudude ja rannas paikneva materjali omaduste vahel. Klassikalise (nn. Dean'i) tasakaaluline rannaprofiil tekib eeldusel, et profiili kujundab eelkõige murdlainete vööndis tekkiv turbulents ning et lainete energia sumbumine (turbulentsi tekkimise ja dissipatsiooni intensiivsus $D_*(d_{50})$) on ühtlane kogu veesambas. Siin d_{50} on liiva tüüpiline terasuurus. Sellisel juhul kehtib tasakaalulise rannaprofiili igas punktis laineenergia voo *F* ja vee sügavuse *h* vahel järgmine seos (Dean ja Dalrymple, 2002):

$$\frac{1}{h}\frac{dF}{dy} = -D_*(d_{50}), \tag{5.1}$$

kus $h = h(y)$ ning y on valitud punkti kaugus rannast. Suurus *F* on täpselt selline laineenergia voog, mille puhul murduvate lainete tekitatud turbulents ei pane veel liivateri liikuma.

Lainete energia voog nii murdlainete vööndi merepoolsel serval kui ka selles vööndis endas väljendub seose (5.9) $H_b = \gamma_d h_b$ kaudu kujul:

$$F = Ec_g = \frac{1}{8}\rho g \gamma_b^2 h^2 \times \sqrt{gh}\,, \tag{5.2}$$

kus *E* on lainete energia ning rühmakiirus c_g avaldub murduma hakkavate lainete jaoks kujul $c_g = \sqrt{gh}$.

Asendades lainete energia voo võrrandisse (5.1), saab see kuju:

$$\frac{d\left(\rho g \gamma_b^2 h^2 \sqrt{gh}\right)}{8\,dy} = -hD_*. \tag{5.3}$$

Saadud võrrand on harilik diferentsiaalvõrrand, mille otsitav funktsiooni (vee sügavuse) $h = h(y)$ üldlahend on

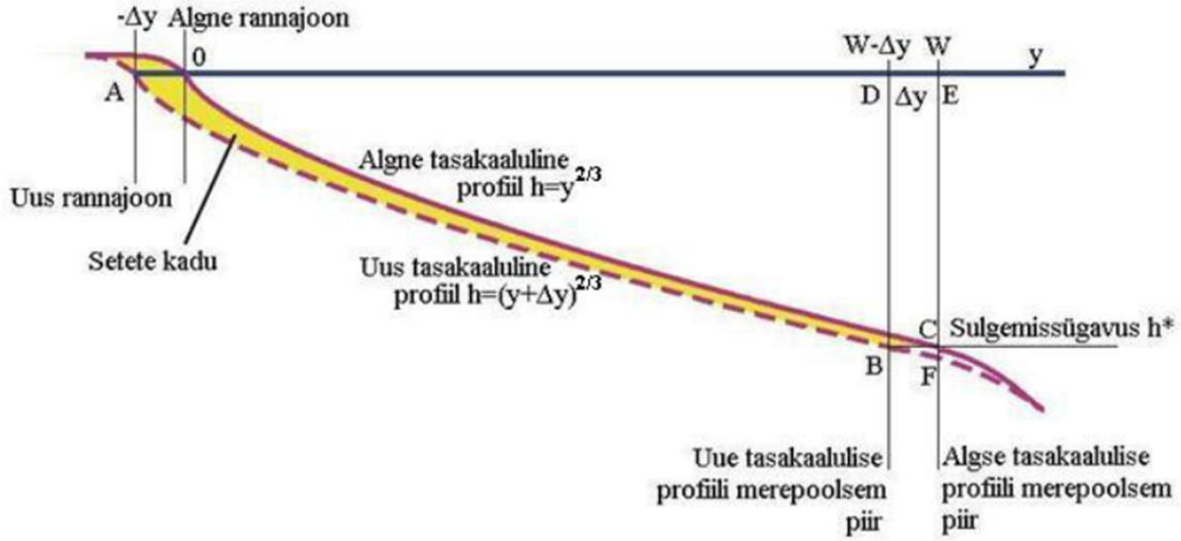
$$h(y)=\left[\frac{24D_*}{5\rho\gamma_b^2 g\sqrt{g}}y+C\right]^{2/3}. \qquad (5.4)$$

Integreerimiskonstandi C saab määrata loomulikust tingimusest, et rannajoonel $y=0$ on vee sügavus $h(0)=0$, mistõttu $C=0$. Seega on kirjeldatud tingimustel tasakaalulise rannaprofiili kuju järgmine:

$$h(y)=\left[\frac{24D_*}{5\rho\gamma_b^2 g\sqrt{g}}\right]^{2/3}y^{2/3}=Ay^{2/3}. \qquad (5.5)$$

Saadud lahendit (astmeseadust astmenäitajaga 2/3) kutsutakse Dean'i tasakaaluliseks profiiliks (Dean and Dalrymple, 2002). Parameetrit $A(d)$ nimetatakse mastaabiteguriks (*profile scale factor*). Sisuliselt väljendab see rannaprofiili kalde sõltuvust liiva terasuurusest (Dean ja Dalrymple, 2002).

Tasakaaluline rannaprofiil on põhimõtteliselt lokaalne ja kahemõõtmeline. Teisisõnu, selle kontseptsioonis ignoreeritakse settematerjali edasikandumist piki randa. Põhimõtteliselt pole oluline, milline on tasakaalulise profiili kuju. Oluline on vaid see, kas kõnesolev kuju on pikas perspektiivis muutumatu, sealhulgas situatsioonides, kus kogu rand nihkub mere poole (nt maakerke tingimustes), maa poole (nt ranna erosiooni korral või veetaseme tõusu tingimustes).



Joonis 5.2. Setete mahu muutuste iseloomustamine tasakaalulise rannaprofiili parameetrite kaudu (Soomere ja Healy, 2011).

5.5.2. Sulgemissügavus

Deani tasakaalulise profiili täielikuks kirjeldamiseks ja selle omaduste abil rannaliiva mahu muutuste iseloomustamiseks on tarvis määratleda, kui kaugele rannast või kui sügavale merre see ulatub. Kraus (1992) järgi tuleb selleks leida sügavus, kus korduvate profiili mõõdistuste puhul hakkab profiilidel tekkima sarnane kuju.

Lainete mõju merepõhjale võib avalduda väga erinevates sügavustes sõltuvalt lainete perioodidest (Soomere *jt.*, 2014). Erakordsetes tormides tekkinud või kiirlaevade poolt tekitatud ebatavaliselt pikad lained võivad vahel merepõhja arvestataval määral mõjutada mitmekümne meetri sügavuseni. Enamasti avaldub lainete mõju vaid veepiiri vahetust lähedusest (uhtealast) suhteliselt tagasihoidlike sügavusteni. Lainete efektiivse mõju tavapärast ulatust kvantifitseeritakse *sulgemissügavuse* kaudu.

Sulgemissügavuseks $h*$ nimetatakse maksimaalset sügavust, milles murdlained efektiivselt mõjutavad rannaprofiili kujunemist. Teisisõnu, sulgemissügavus on kokkuleppeline sügavus, milleni ulatub tasakaaluline rannaprofiil. Sellest sügavamal suudavad lained vaid episoodiliselt setteid ümber paigutada. Sulgemissügavus võib olla erinev erinevates ranna osades ning üldiselt tuleb teda käsitleda kui funktsiooni $h*(x)$, kus *x*-koordinaat on suunatud piki rannajoont.

Deani tasakaalulist rannaprofiili kirjeldab seega vaid kaks parameetrit: mastaabitegur *A* (mis peegeldab põhjasetete terasuurust) ja sulgemissügavus $h*$ (millest saab leida profiili keskmise kalde).

Sulgemissügavust saab hinnata mitmel moel. Ajalooliselt on lähtutud rannaprofiili paljukordsetest mõõtmistest pikema ajavahemiku vältel (Dean, 1991; Kit ja Pelinovsky, 1998; Are ja Reimnitz, 2008). Kuigi mitmetes maailma randades on selliseid mõõtmisi teostatud pikka aega, ei ole kogutud andmete maht enamasti piisav sulgemissügavuse adekvaatseks hindamiseks.

Seetõttu kasutatakse sageli lainetuse omaduste alusel määratletud sulgemissügavuse väärtusi (Hallermeier, 1978, 1981). Sulgemissügavuse definitsioonist järeldub, et selle väärtuse määravad konkreetsesse piirkonda saabuvad kõrgeimad lained, eelkõige sellised lainekõrgused $H_{0.137\%}$, mis esinevad aasta jooksul 12 tunni vältel ehk 0,137% kogu aastast. Adekvaatse lähisväärtuse annab järgmine seos:

$$h^* = 1.5H_{0.137\%}\,. \tag{5.6}$$

Kuna suuruse $H_{0.137\%}$ adekvaatne määratlemine vajab kas pikaajalisi mõõtmisi või ulatuslikke arvutusi, kasutatakse sulgemissügavuse arvutamiseks sageli seost

$$h^* = 1.5H_{0.137\%} \approx p_0 H_{kesk}\,, \tag{5.7}$$

kus H_{kesk} on aasta keskmine oluline lainekõrgus vastavas rannaosas.

Avaookeani rannikul lähtutakse sageli töös (Houston, 1996) leitud keskmise lainekõrguse H_{kesk} ja aastas 12 tunni vältel esinenud kõrgeimate lainete $H_{0.137\%}$ suhtest

$$H_{0.137\%} \approx 4.5H_{kesk}\,, \tag{5.8}$$

millest järeldub, et $p_0 = 6{,}75$. Tegelikult ei ole nende kahe suuruse (ekstreemsete ja keskmiste lainekõrguste ehk $H_{0.137\%}$ ja H_{kesk}) suhe konstantne. Läänemere ja eriti Eesti ranniku puhul varieerub see suhe olulisel määral võrreldes ookeanidega. Seetõttu ei sobi valem (5.8) kasutamiseks Läänemere regioonis (Soomere, *jt.*, 2013). Põhjuseks on asjaolu, et ummiklainete osakaal Läänemere lainetuses on märksa väiksem kui avaookeani rannikul (Broman *jt.*, 2006). Avaookeanile sarnased (kuigi palju mahedamad) lainetuse tingimused esinevad vaid mõnedes Eesti põhjarannikul sügavale sisemaale lõikunud lahtedes. Kartau (2011) leidis oma töös, et Valgerannas jääb sulgemissügavus erinevates lõikudes 2,09 ja 2,68 m vahele.

5.5.3. Tasakaalulise profiili mastaabitegur

Kui sulgemissügavus on leitud, piisab tasakaalulise rannaprofiili täielikuks kirjeldamiseks mastaabiteguri *A* määratlemisest. Kui see on teada, avaldub näiteks tasakaalulise rannaprofiili laius valemist (5.5):

$$W = y(h^*) = \left(\frac{h^*}{A}\right)^{3/2}\,. \tag{5.9}$$

Erinevates kohtades paiknevate randade profiilide analüüs näitab, et avaookeani rannikul erinevad mastaabiteguri *A* väärtused üksteisest väga kaugel paiknevates piirkondades üsna vähe ning et selle suurus on ajas praktiliselt konstantne (Dean ja Dalrymple, 2002).

Moore (1982) analüüsis suurt hulka rannaprofiile, mille jaoks olid teada põhjasetete terasuurused eesmärgiga teha kindlaks seos mastaabiteguri *A* ja rannaprofiili erinevates osades paiknevate setete terasuuruse vahel kogu murdlainete vööndis. Ta koondas ühtseks andmestikuks nii laboratooriumis saadud kui ka reaalselt mõõdetud profiilid väga erinevate terasuuruste jaoks. Maksimaalne terasuurus erinevatel profiilidel ulatus 0,1 millimeetrist 30 sentimeetrini. Dean (1977) esitas Moore'i poolt tuletatud sõltuvuse kujul $A = A(w)$, kus w on langemiskiirus. Tulemuseks sai ta lihtsa seose, mis logaritmilistes koordinaatides on lineaarne (Dean ja Dalrymple, 2002):

$$A = 0.067 w^{0.44}. \tag{5.10}$$

Võrrandis (5.10) on A dimensioon $m^{1/3}$ ja w on väljendatud sentimeetrites sekundi kohta. Laminaarse voolamise puhul sõltub langemiskiirus setteosakeste diameetrist (terasuurusest) d järgnevalt (Hallermeier 1981):

$$w = 1.4 d^{1.1}. \tag{5.11}$$

Moore'i (1982) analüüs peegeldab ka Eestile tüüpilisi suhteliselt järske rannaprofiile, mis koosnevad jämedast klibust ja suurtest munakatest (Dean ja Dalrymple, 2002).

Poolsuletud merealadel, kus lainete intensiivsus, pikiranda transport ja setete sorteerimine murdlainete vööndis ja uhtealas on tavaliselt vähem intensiivsed kui avaookeani rannikul, on mastaabiteguri väärtused muutlikumad. Pruzak (1993) analüüsis Läänemere rannaprofiile Lubiatowo lähistel ja Kuldsetel Liivadel (Gold Beach) Musta mere rannikul. Läänemere rannapofiilid on mõõdetud 28 aasta pikkuse ajavahemiku jooksul. Uuritud rannaprofiilid sisaldasid mitmeid veealuseid liivavalle. Setete keskmine terasuurus oli 0,22 mm. Mastaabitegur *A* varieerus aeglaselt, kuid põhiosas (kvaasi)perioodiliselt vahemikus 0,053 kuni 0,097 $m^{1/3}$ keskväärtuse 0,075 ümber.

Kuldsetel Liivadel oli rannanõlval vaid üks veealune liivavall, keskmine liiva terasuurus oli 0,44 mm ning mõõtmisi tehti 6 aasta vältel. Selle aja jooksul avaldus mastaabiteguri *A* kasvav trend suurusest 0,15 kuni 0,24 $m^{1/3}$. Mustas meres ja Läänemeres tehtud mõõtmiste võrdlus näitas, et sel ajal, kui Mustas meres tehti mõõtmisi, avaldus ka mastaabiteguri *A* väärtuste kasvav tendents Läänemeres. Sellised kvaasiperioodilised muutused võivad olla tingitud pikajalistest muutustest

kohalikus lainekliimas. Siiski viitavad need asjaolule, et mastaabitegur *A* sõltub tegelikult rohkem kui ühest parameetrist. Praktikas kasutatakse siiski valdavalt mastaabitegur *A* sõltuvust liiva terasuurusest.

Valgerannas ja Pärnu sadama läänepoolse muuli juures on keskmine setete terasuurus 0,15–0,2 mm, mis annab mastaabiteguri *A* vahemikus 0,07–0,1 (Kartau, 2011).

5.6. Seire

Rannasetete muutusi kogu kuiva ranna ulatuses saab suhteliselt täpselt identifitseerida ja kvantifitseerida kasutades kaugseire võimalusi ja tehnoloogiaid. Maa-amet on teinud kergesti kättesaadavaks alates 2008. aastast lennukilt laserskaneeritud kõrgusandmed. Kõrgus-mõõdistusi ei ole üldjuhul tehtud iga aasta (v.a mõned üksikud piirkonnad). Sellegi poolest on andmete ajaline kattuvus üldjuhul kord paari aasta tagant.

Aerolaserskaneeritud andmete kasutamine liivamahu muutuste hindamiseks vajab eelnevalt töötlust. Nimelt võivad erinevatel aastatel mõõdetud andmestikud sisaldada süstemaatilisi kõrguslikke ebatäpsusi. Need tulenevad aerolaserskaneerimise meetodist ja parameetritest, mis mõõdistuse käigus arvutatakse. Süstemaatilised kõrguslikud vead võivad ulatuda kuni 15 cm. Süstemaatilised vead kõrgusandmetes on võimalik eemaldada, võrreldes andmeid referents-pindadel läbiviidud geodeetiliste täppismõõdistustega. Refentspinnad peaksid olema valitud soovituslikult kõvakattega alad (nt parkimisplatsid, teed vms) uuritava rannaala lähedal.

Peale süstemaatiliste kõrguste eemaldamist on võimalik konstrueerida aerolaserskaneeritud punktipilvedest rannaala kõrgusmudelid, soovituslikult 1×1 m resolutsiooniga. Sealjuures tuleb tähelepanu pöörata, et kõik konstrueeritud digitaalsed kõrgusmudelid omavad teatavat määramatust. Need tulenevad mõõteriistade, mõõtmiste, süsteemsete või interpolatsioonivigade kombineerimisel. Järgnevalt on vajalik hinnata kõrgusmudelite määramatust, mis aitab eristada tegelikke muutusi mürast. Määramatuse hindamiseks tuleb kasutada vastavaid statistilisi meetodeid (vt täpsemalt Eelsalu *jt*, 2022). Kui piksli muutus on olnud statistiliselt oluline, kasutatakse neid väärtusi edasi liivamahu muutuste hindamiseks. Kasutades niiviisi kaugseire rakendusi, on võimalik kuvada täpne ülevaade toimunud muutustest kogu kuival rannal, määrata

piki randa setete liikumise mustrid, piirkonnad, kust setted on ära liikunud ja kus on toimunud setete juurdekanne.

Juhul kui laserskaneeritud andmed ei ole Maa-ameti poolt kättesaadavad piisava soovitud ajalise tihedusega (soovitavalt kord aastas), saab teostada rannaala täppismõõdistusi terrestrilise laserskaneerimise läbi. Selliselt mõõdetud andmeid ei ole vajalik puhastada süstemaatilistest vigadest ja võib kasutada otse digitaalsete kõrgusmudelite konstrueerimisel. Kõrgusmudelite soovituslik ajaline kattuvus võiks olla kord aastas, et kvantifitseerida sügis-talvisel ajal esinenud tormide ja kõrgete veetasemete mõju kuival rannal toimunud setete dünaamikas ja liivamahu muutustes.

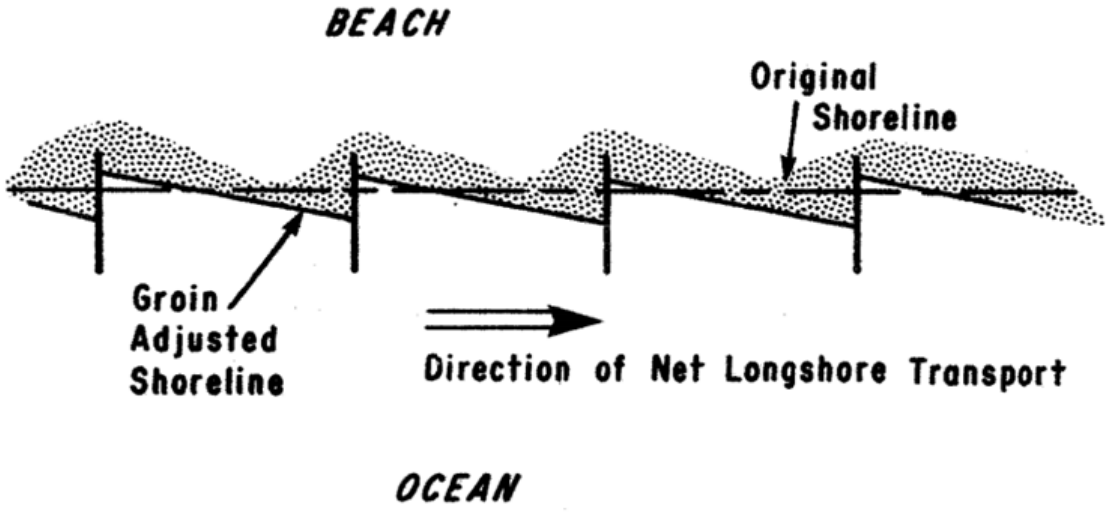
Teiseks võimaluseks võib soovitada muutuste hindamiseks klassikalist rannaprofiilidel põhinevat seiret. Rannaprofiilidel mõõtmiste asukohad peaksid asuma iga paarikümne meetri tagant, et tagada piisav ruumiline tihedus piki randa toimuvate muutuste hindamiseks. Profiile võiks soovituslikult mõõdistada vähemalt kord aastas. Kui võimalik, siis kaks korda aastas, vahetult peale jää ja lume minekut varakevadel. Teine mõõdistusperiood on soovituslikult vahetult enne tormisema perioodi algust. Sedasi on võimalik hinnata sügis-talvisel perioodil esinenud tormide mõju pikiranda setet transpordile. Profiilipõhiste mõõtmiste eeliseks on võimalus mõõdistada ka teatud määral veealust rannaprofilli, kuni 1–1,5 m sügavusele. See on oluline rannaalal setete liikumise täpsemaks hindamiseks valdava osa tasakaalulise rannaprofiili ulatuses. Kuna LiDAR andmed on veidi suurema veaga just astangute jalamitel, eriti puude varjus ning käesoleva töö kontekstis oli just astang ja veealune osa suure tähtsusega, siis kasutati siin profiilipõhist seire meetodit.

5.7. Buunid

Buun on rannaga risti asetsev muulist lühem tõke. Kui muul on üksik rajatis, mis kogub setteid enda taha piiratud alal, siis buune rajatakse mitu tükki järjest teatud intervallide tagant, et setete liikumist mõjutada pikemal maa-alal (joonis 5.3). Need võivad olla väga efektiivsed vähendamaks piki randa transporti ning need stabiliseerivad randa tervel alal, kuhu nad rajatakse. Seetõttu kaitsevad nad hästi murrutatavat astangut ning laiendavad randa ja suurendavad ranna täitmiseks vajalikke intervalle. Teadupärast kasutataksegi buune koostöös ranna täitmisega (USACE, 2002).

Buunid võivad olla veevoolu ja setteid läbilaskvad või läbilaskmatud rajatised. Samuti võib olla nende kõrgus erinev. Üks põhiline tüüp on kõrge läbilaskmatu buun, mis hoiab setteid (kruusa või liiva) kahe buuni vahel „taskus“. Teiseks tüübiks on madal läbilaskev rajatis, mis vähendab keeriste mõju taskutes ning tekitab esimesega võrreldes sujuvama rannajoone.

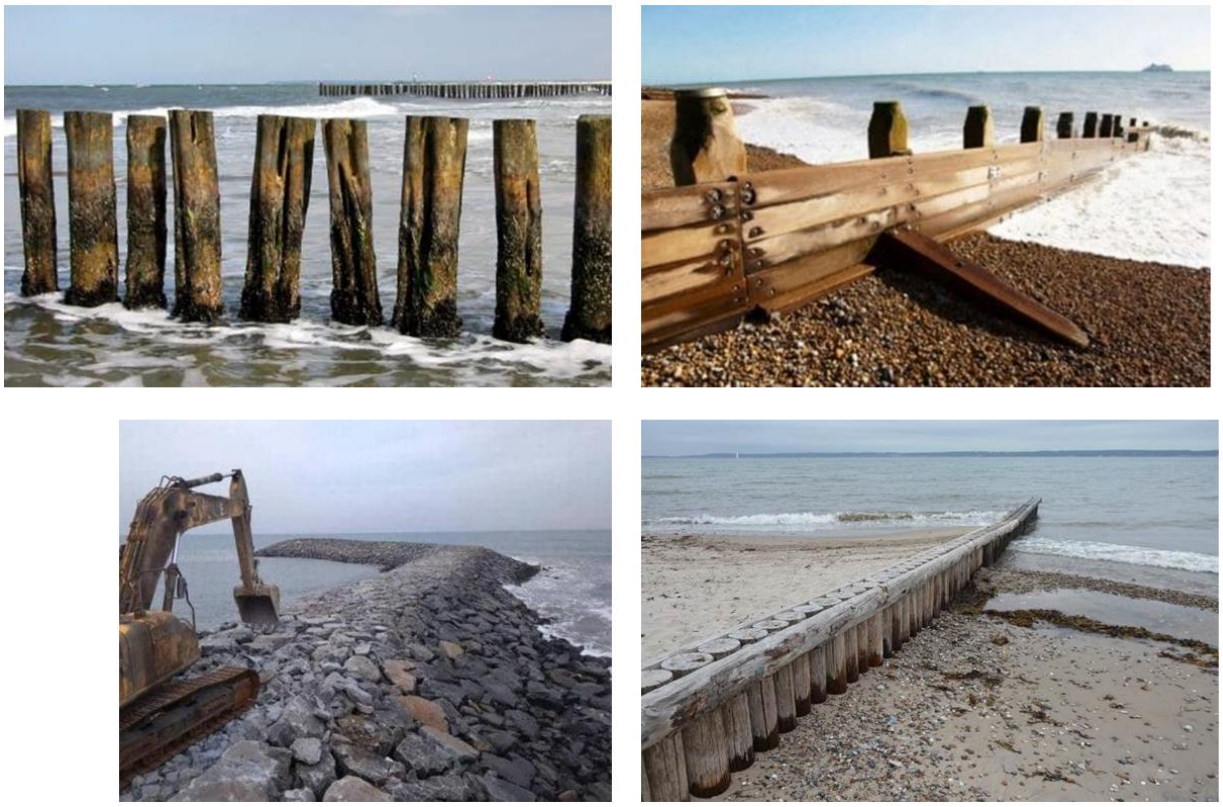
Buune võib ehitada nii puidust kui ka kividest. Mõningad näited on toodud allolevatel piltidel (joonis 5.4). Puitu kasutatakse pigem väiksemates ja väheavatud rannikutel, kuid on kasutatud ulatuslikult ka Saksamaa ja Poola rannikul.



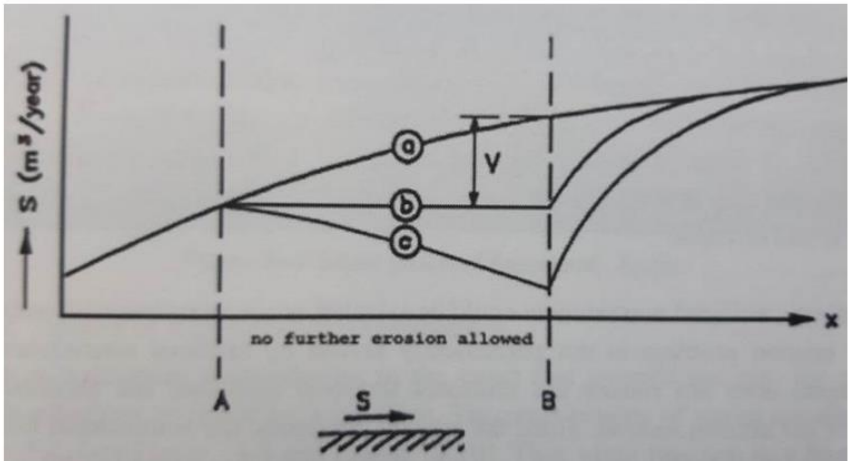
Joonis 5.3. Buunide (inglise keeles groin) asetus ja selle mõju setete pikiranda transpordi korral rannajoone kujule (USACE, 2002).

Valgerannas võiks eelistada puitvaiadest ehitatud buune, mis sobituksid võrreldes kividest buunidega rohkem rannapilti. Nende sobivust ja maksumust tuleks uurida ehitusgeoloogilise info põhjal. Välistada ei saa ka kividest laotud buune.

Buunide kõige olulisemad näitajad on pikkus, kõrgus, läbilaskvus ning samm. Buunide pikkuse ja sammu suhte täpne määramine on keerukas, sest buunide tekitatud vee liikumise kirjeldamise osas pole üksmeelele jõutud. Sellest lähtuvalt pole kindlaid projekteerimisreegleid, on vaid juhised. Seetõttu on buunid ühed kõige rohkem valesti kasutatud rannikukaitse rajatised (USACE, 2002). Selle täiendavaks selgituseks vaatleme allolevat joonist (joonis 5.5), mis näitab, et soovitud tulemuse kavandamine on väga keeruline.



Joonis 5.4. Erinevatest materjalidest ja viisil ehitatud buunid



Joonis 5.5. Setete liikumise intensiivsuse (y-telg) muutumine mööda rannikut (x-telg) erinevates olukordades: a, b ja c (Bosboom ja Stive, 2015).

Enne tõkke rajamist oli setete liikumise intensiivsus kirjeldatud joonega a (joonis 5.5). See tähendas, et x-teljel positiivses suunas liikudes kasvas pidevalt setete liikumise intensiivsus. See tähendas seda, et igast rannikulõigust võeti setteid kaasa (kõikjal oli erosioon). Kui oleks täiesti horisontaalne joon, siis see tähendaks seda, et 0 punktist võeti kaasa setted, mida veeti mööda randa, kuid liikuvate setete hulk ei suurenenud. Nüüd sooviti aga kaitsta rannikut lõigul AB.

Selleks soovitakse jõuda põhimõtteliselt jooneni b, kus lõigus AB ei toimu erodeerimist (horisontaalne ehk konstantne intensiivsus), kuid toimub täiendav erosioon vahetult pärast lõiget B. Setete liikumise intensiivsuse vähenemise mõõduks on gradient v. Näiteks soovime vähendada setete liikumist 50%. Sellele gradiendile vastavat setete mahtu on lihtne täpselt mõõta (näiteks erinevate aastate ortofotode alusel), kuid siiski jäävad teadmata setete liikumise absoluutkogused. Näiteks, kui aastas liiguks lõikesse A 10 000 m³ ja lõikest B välja 20 000 m³ setteid, siis võetaks setteid kaasa 10 000 m³ (gradient 50%). Kui aga lõikesse A liiguks 20 000 m³ ja lõikest B väljuks 30 000 m³, siis võetaks setteid kaasa ikka 10 000 m³, kuid gradient oleks 33%. Et aga setete voog ei ole iga aasta sama ja ühtlane, siis võib toimuda lõigus AB mõnel aastal hoopis akumulatsioon (joon c). Kuigi see oleks ehk sobilik lõigus AB oleva vara kaitsmiseks, intensiivistuks pärast lõiget B edasi liikudes erosioon (joonis 5.5). See võib olla väga ebasobiv allavoolu olevate kinnistute jaoks.

Buunide pikkuse määramiseks soovitatakse võtta kõigepealt murdumistsooni laius, arvutada teoreetiline setete voo profiil risti randa ning sulgeda buuniga osa sellest rannalõigust. Vabaks jäänud ristlõikest toimub setete liikumine, mida võrreldakse soovituga (USACE, 2002). Alternatiivselt võib kasutada erinevaid arvutiprogramme (nt Genesis, Mike), mis suudavad arvutada ja kujutada rannajoone muutust. Käesolevas töös on kasutatud programmi Delft3D. Coastal Engineering Manual (USACE, 2002) soovitab kombineerida buune koos ranna täitmisega. Buunide samm peaks olema kruusastel randadel 1,5…3 korda pikem buunide pikkusest. Liivastel randadel võib samm olla umbes 4 buuni pikkust. Buunide pikkus peaks vähenema alla voolu piki rannikut, et muuta rannajoone kujunemist sujuvamaks ning vähendada ranniku erosiooni.

Praktikas on soovitatud buunide pikkuse määramiseks võtta aluseks suve lainekliima ja veetasemed, rajades buunid kuni lainete murdumistsooni merepoolse piirini. See on aeg, mil lained pigem setteid rannale tagasi toovad ning seetõttu saaks vältida liigset pikiranda transporti.

Eeltoodu põhjal selgub, et buunide kasutamine on keerukas, ei pruugi anda soovitud efekti kohe ning mõjutab samuti teisi rannalõike. Samas annab buunide kasutamine võimaluse mõjutada setete liikumist piki randa ning muuta erosiooni kiirust rannikul. Seetõttu oleks soovitatav rajada buunid lühemad, kuid tihedamalt ja etapiviisiliselt, et juhtida rannikuprotsesse.

5.8. Rannaga paralleelsed lainemurdjad

Rannaga paralleelsed lainemurdjad on rannikust teatud kaugusel üldiselt kividest ehitised (joonis 5.6a ja 5.6b). Need on sarnased tavalistele muulidele, kuid nende ehitus- ja halduskulud on oluliselt suuremad. Need kujutavad endast ka ohtu ujujatele ja paatidele (Bosboom ja Stive, 2015). Sellised lainemurdjad võivad olla kas veest väljas või madala karina vee all. Esimesi on ehitatud mitmes kohas ranniku kaitseks, kuid need võivad olla ka visuaalselt häirivad: kõrgem müür vaatega merele. Madalate karide puhul pole sellist probleemi, kuid on teateid, et sellised ehitised on põhjustanud mitmes kohas täiendavat erosiooni. Seepärast vaadeldakse siin ainult veest välja ulatuvaid rannaga paralleelseid lainemurdjaid.



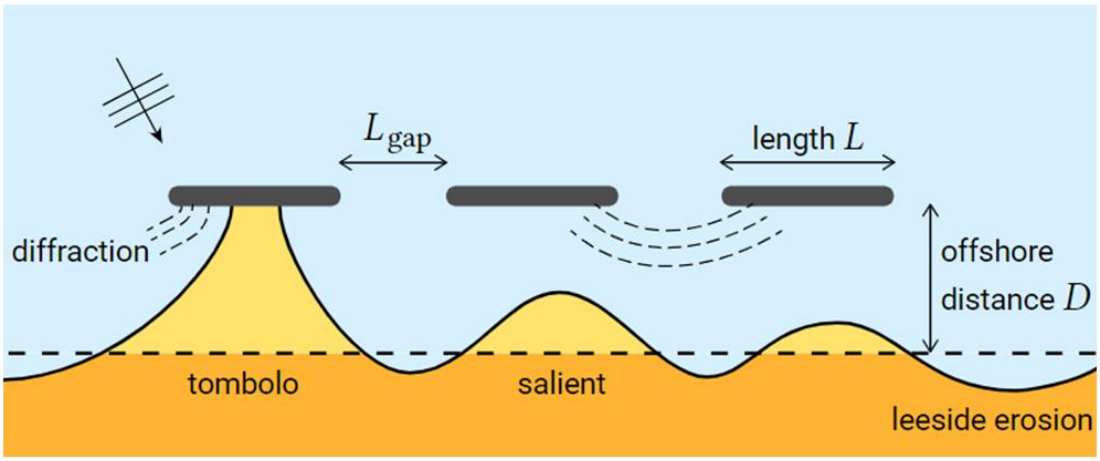
Joonis 5.6.a) Lainemurdjatega rannajoon Norfolkis, Inglismaal (vasakul, Johnson jt., 2010); b) Lainemurdjatega rannajoon Elmeris, Inglismaal (paremal, Johnson jt., 2010).

Enamik veest väljaulatuvaid lainemurdjaid on ehitatud väikse veetaseme kõikumisega rannikutele Vahemeres, Jaapanis ja USAs. Väheseid on ehitatud sinna, kus veetasemete kõikumine on suur (Bosboom ja Stive, 2015).

Rannaga paralleelsed lainemurdjad vähendavad selle varjus olevas alas setete liikumist, kuna murdlainete energia põrkab vastu lainemurdjaid ja seega on vee liikumise kiirused lainemurdjast maa pool väiksemad kui mujal. Kui nüüd setted liiguvad piki randa, siis hakkavad nad kuhjuma lainemurdjate taha rannajoonele, moodustades madala koha, liivase neemiku (inglise keeles *salient*). Kui setted edasi kuhjuvad, siis võib ajapikku neemik ulatuda lainemurdjani, moodustades pinnavormi, mida kutsutakse tomboloks. Selline pinnavorm blokeerib nüüd täielikult setete edasiliikumise, samas kui neemiku korral mingisugune pikiranda liikumine oli veel olemas. Seega

tuleb planeerimisel täpselt kaaluda, kui kaugele tuleks rajada paralleelne lainemurdja, et allavoolu olevate kinnistuteni tuleks veel setteid.

Lainemurdja(te) taha tekkiva rannajoone kuju määrab lainemurdja(te) geomeetria. Bricio *jt* (2008) uurisid 27 lainemurdja projekti Kataloonia rannikul Hispaanias enne ja pärast ehitamist tehtud ortofotode põhjal. Nad leidsid, et tombolod tekkisid, kui lainemurdja pikkus L oli vähemalt 1,3 korda suurem kui selle kaugus D rannajoonest (joonis 5.7). Neemikud tekkisid, kui lainemurdja pikkuse ja kauguse suhe jäi 0,5 ja 1,3 vahele. Kui lainemurdjate vahe läheb liiga suureks (vahe ja lainemurdja pikkuse suhe on rohkem kui 1…1,5), siis võib hakata rannajoon taganema, sest lained pääsevad randa murrutama.



Joonis 5.7. Lainemurdjate taha tekkivad pinnavormid (Bosboom ja Stive, 2015).

Eelnevast lähtuvalt saab öelda, et veest väljaulatuvad lainemurdjad tuleb ehitada rannale lähedale ja väikeste vahedega, kuid need blokeerivad silmapiiri ning võivad puhkajaid eemale peletada.

Pärnus on üpris suur veetasemete kõikumine. Kõrgeim registreeritud veetase oli 2005. aasta jaanuaris, kui mõõdeti 2,95 m. Madalaim on olnud -1,06 m. Et Valgeranda murrutava tormi ajal on veetase kõrge, siis peab ka veest välja ulatuv lainemurdja olema ca +2,00 m. See tekitab probleemi ranna välimuses ning on küsitav, kas avalikkus sellist lahendust aktsepteeriks.

5.9. Lainetuse modelleerimine

5.9.1. Tuule ja veetasemete algandmete kirjeldus

Käesolevas töös kasutati modelleerimisel sisendina Kihnus 1985–2022 mõõdetud tuuli ja Pärnu rannikujaamas 1961–2022 mõõdetud veetasemeid. Andmed saadi Keskkonnaagentuurilt.

Kihnu mõõtejaam asub saare lõunatipus (Foto 5.*1*a). Jaam on varjatud idast ja põhjast metsaga, kuid on avatud merele lõunakaarest. Sõrve mõõtejaam asub poolsaare tipus (foto 5.1b) ning on avatud merele suundades W...SW ja NE...E. Olenemata jaamade osalisest varjestatusest, tundub mõlema puhul ümbruse mõju olema väiksem teistest mõõtejaamadest Liivi lahel ning seega iseloomustavad need kõige paremini Liivi lahe tuulerežiimi (Gretskoši *jt*, 2004). Nii Kihnus kui ka Sõrves toimusid kuni 30.06.2003 mõõtmised kaheksa korda ööpäevas : 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 GMT +2 järgi. Hiljem mõõdeti tuule kiirust ja suunda iga tund. Mõõteriistana kasutati anemorumbomeetrit. Käesolevas töös on analüüsitud andmeid iga tunni tagant.





Foto 5.1. a) Kihnu mõõtejaam lõunast vaadatuna. 20.07.2016; b) Sõrve mõõtejaam lõunast (Google Street View). 20.07.2016.

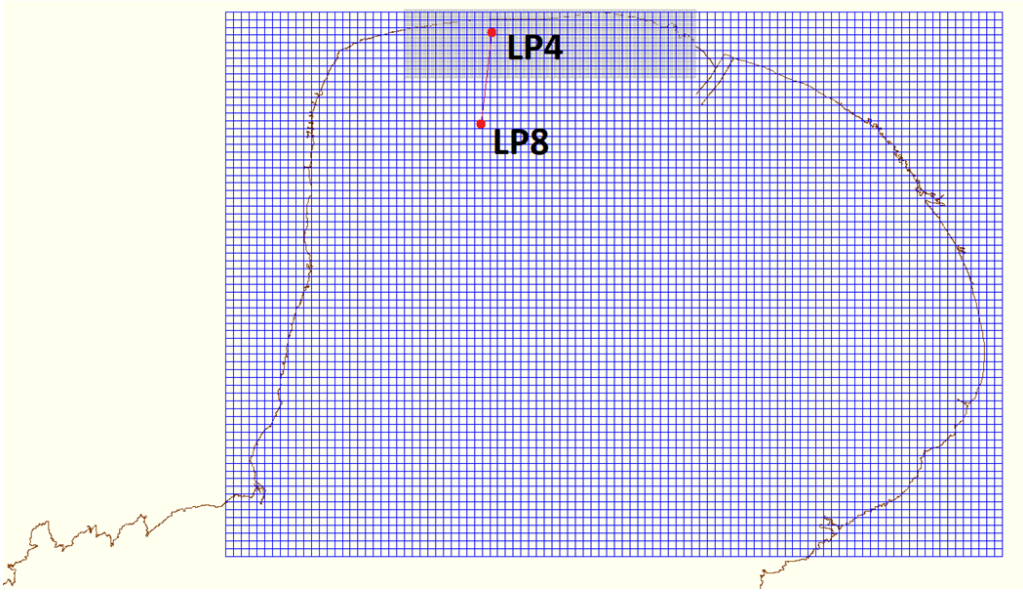
Pärnu rannikujaam asub Pärnu jõe vasakul kaldal Pärnu sadamas. Seal algasid mõõtmised juba 1893. aastal. Pikemalt on kirjeldatud Pärnu veetasemeid Suursaare ja Sooääre (2007) ning Männikus *jt.* (2019) töödes.

5.9.2. Lainemudeli SWAN seadistus ja valideerimine

SWAN mudel (Simulating WAves Nearshore) on kolmanda põlvkonna spektraalne lainemudel, mis võimaldab arvutada tuulelainete parameetreid madalas rannikumeres ja sisevetes. Mudel

baseerub kahemõõtmelise spektraalse lainemõju bilansi võrrandil. SWAN mudelit on edukalt verifitseeritud välimõõtmiste põhjal ja paljudes laboratoorsetes eksperimentides.

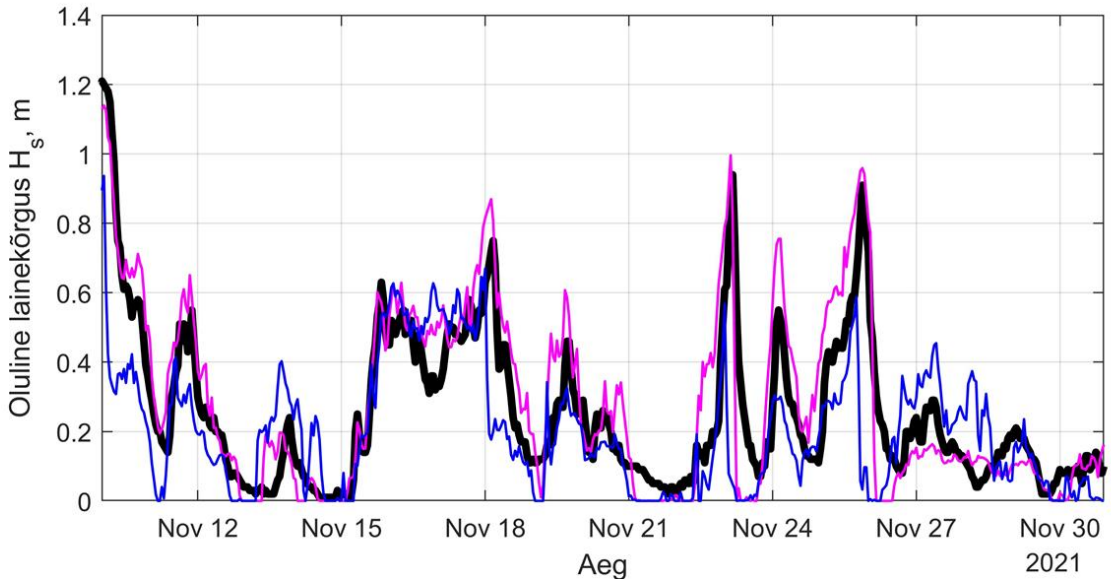
SWANi mudelarvutustes kasutati kolmeastmelist skeemi, mille iga kõrgema järgu mudel kasutas madalama järgu mudeli tulemusi. Esimene võrk kattis Liivi lahte (ala suurus 170 × 180 km) ning selle lahutusvõime oli 1000 m. Teine võrk kattis Pärnu lahte (ala suurus 20 × 14 km) ning selle lahutusvõime oli 200 m (joonis 5.8). Kolmas võrk kattis Valgeranna lähiala (ala suurus 7,5 × 1,7 km) ning selle lahutusvõime oli 50 m. Kõikides võrkudes rakendati samu tuuli ning veetasemeid. Batümeetria saadi Balti mere (BSHC, 2013) ja Transpordiameti andmebaasist ja TLÜ Ökoloogia keskuse mõõdistustest.



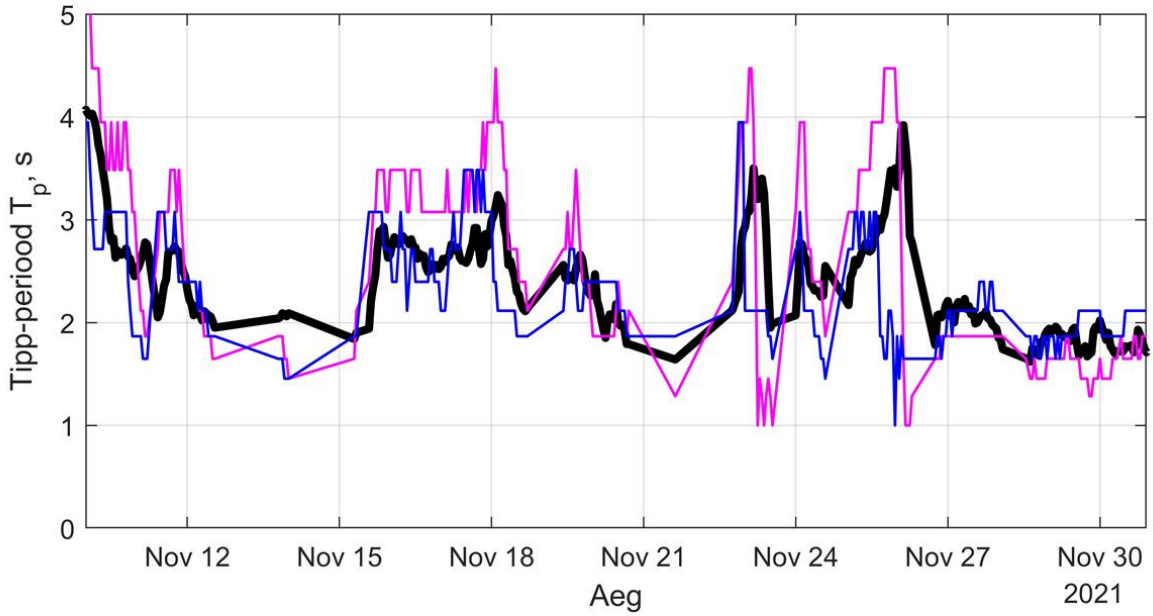
Joonis 5.8. Pärnu lahe (sinisega) ja Valgeranna ümbruse (halliga) arvutusvõrgud. Punktidega LP4 ja LP8 on tähistatud vastavalt rannalähedase ja kaugema lainetuse mõõtepunktid.

Lainemudeli valideerimiseks modelleeriti lainetust tunnise sammuga kahel perioodil. Esimesel perioodil, 10.11.2021–30.11.2021, vaadeldi laineid erinevates simulatsioonides Mõntu, Kihnu, Pärnu, Ruhnu ja Vilsandi tuultega. Teisel perioodil, 14.09.2022–27.11.2022, kasutati Kihnu, Pärnu ja Ruhnu tuuli. Väiksema tuulte arvu (3 jaama) tingis 2021. aasta mõõtmete varasem analüüsimine, mis näitas, et otstarbekas on kontsentreeruda jaamadele, mis annavad paremaid tulemusi. Simulatsioonide vältel rakendati tunnise sammuga kogu Liivi lahte ühtlaselt katvat Pärnus mõõdetud veetaset. Mudeli tulemusi võrreldi TLÜ Ökoloogia keskuse poolt samal perioodil mõõdetud oluliste lainekõrguste ja tipp-perioodidega (joonisel 5.8 näidatud mõõtepunktide asukohad).

joonis 5.9 ja joonis 5.10 esitavad näiteks oluliste lainekõrguste ja tipp-perioodide graafikud ning Tabel 5.1…Tabel 5.4 esitavad võrdlusnäitajad olulistele lainekõrgustele ja tipp-perioodidele. Mõõdetud suurustest on lahutatud modelleeritud suurused. Nii on näiteks positiivse nihke (bias) puhul mõõtmistulemused suuremad kui modelleeritud väärtused.



Joonis 5.9. Mõõdetud oluline lainekõrgus rannalähedases punktis LP4 (must rasvane joon) ning modelleeritud olulised lainekõrgused Kihnu ja Mõntu tuultega (vastavalt roosa ja sinine).



Joonis 5.10. Mõõdetud tipp-periood kaugemas punktis LP8 (must rasvane joon) ning modelleeritud olulised lainekõrgused Kihnu ja Vilsandi tuultega (vastavalt roosa ja sinine).

Tulemused näitavad, et kõige paremini peegeldavad mõõdetud lainetust Kihnu tuultega modelleeritud lained. Süsteemne kõrvalekalle (*bias*), ruutkeskmine hälve (*Drms*) ning maksimaalne hälve (Dmax) on väikseimad. Samas on korrelatsioon (R) paljudel juhtudel kõrgeim.

Teiseks võrreldi mõõdetud ja modelleeritud tipp-perioode. Esmalt eemaldati vaadeldavast kogumist need perioodid, mis leidsid aset siis, kui oluline lainekõrgus oli alla 0,25 m. Nimelt on selliste madalate lainete korral modelleeritud väärtused nullid või absurdsed tulemused. Et ranniku haldamise seisukohast on olulisemad kõrgemad lained, siis oli selline lähenemine lubatud. Tulemused näitavad ka siin, et kõige paremini peegeldavad mõõdetud lainetust Kihnu tuultega modelleeritud lained. Seepärast kasutatakse edasises töös Kihnu mõõtejaama tuuli.

Tabel 5.1. Mõõdetud ja modelleeritud olulise lainekõrguse võrdlus 10.11.2021–30.11.2021.[24]

Tuule mõõtejaam	Rannalähedane punkt, LP4				Kaugem punkt, LP8			
	Bias	Drms	Dmax	R	Bias	Drms	Dmax	R
Kihnu	-0,02	0,11	0,54	0,90	-0,02	0,15	0,56	0,86
Pärnu	0,08	0,13	0,72	0,90	0,11	0,15	0,76	0,90
Ruhnu	0,05	0,14	0,55	0,84	0,06	0,15	0,58	0,82
Mõntu	0,06	0,19	0,88	0,62	0,07	0,21	0,90	0,58
Vilsandi	0,03	0,17	0,78	0,67	0,02	0,17	0,86	0,64

Tabel 5.2. Mõõdetud ja modelleeritud olulise lainekõrguse võrdlus 14.09.2022–27.11.2022.[24]

Tuule mõõtejaam	Rannalähedane punkt, LP4				Kaugem punkt, LP8			
	Bias	Drms	Dmax	R	Bias	Drms	Dmax	R
Kihnu	-0,02	0,12	0,45	0,88	0,08	0,13	0,36	0,88
Pärnu	0,07	0,13	0,56	0,87	0,16	0,20	0,77	0,84
Ruhnu	0,03	0,14	0,64	0,76	0,12	0,17	0,65	0,80

Tabel 5.3. Mõõdetud ja modelleeritud tipp-perioodide võrdlus 10.11.2021–30.11.2021.[25]

	Rannalähedane punkt, LP4				Kaugem punkt, LP8			
	bias	Drms	Dmax	R	bias	Drms	Dmax	R
Kihnu 012	-0,32	0,83	2,90	0,40	-0,18	0,68	2,72	0,74
Pärnu 014	0,28	0,89	3,97	-0,05	0,28	0,72	3,88	-0,02
Ruhnu 017	0,16	0,69	4,18	-0,19	0,15	0,55	2,78	0,06
Mõntu 016	0,33	1,04	4,27	-0,38	0,22	0,83	3,88	-0,23
Vilsandi 018	0,33	0,86	3,27	-0,05	0,11	0,59	2,50	0,38

[24] Bias – nihe, Drms – ruutkeskmine hälve, Dmax – maksimaalne hälve, R – korrelatsioon.
[25] Bias – nihe, Drms – ruutkeskmine hälve, Dmax – maksimaalne hälve, R – korrelatsioon.

Tabel 5.4. Mõõdetud ja modelleeritud tipp-perioodide võrdlus 14.09.2022–27.11.2022. [25]

Tuule mõõtejaam	Rannalähedane punkt, LP4				Kaugem punkt, LP8			
	Bias	Drms	Dmax	R	Bias	Drms	Dmax	R
Kihnu	-0,20	0,48	1,89	0,08	0,00	0,43	1,91	0,08
Pärnu	0,28	0,53	2,43	0,05	0,43	0,65	2,51	0,04
Ruhnu	0,08	0,45	2,68	0,07	0,18	0,47	2,76	0,02

5.10. Setete liikumise modelleerimine

5.10.1. Tuule ja veetasemete ühisjaotused ning sisendandmete valik

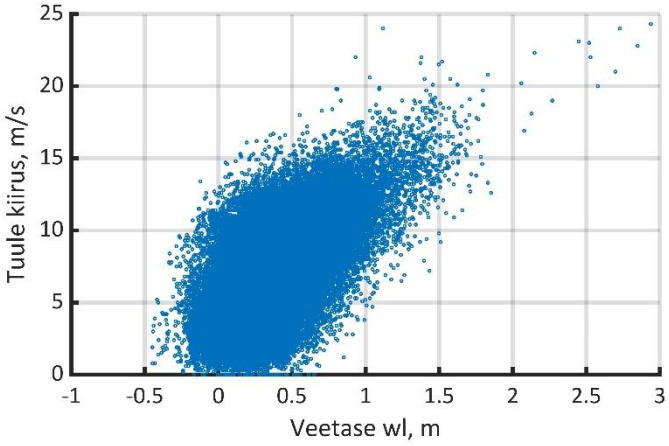
Setete liikumise modelleerimiseks on vaja teada üheaegselt mõjuva lainetuse parameetreid ning veetaset. Eelmine peatükk näitas, et kõige paremini sobivad selleks Kihnus mõõdetud tuuled ning Pärnus salvestatud veetasemed. Tuulest põhjustatud kõrged lained ja veetasemed võivad olla korrelatsioonis kahel põhjusel. Esiteks võivad teatud meteoroloogilised tingimused põhjustada nii kõrgeid laineid kui ka suurt tormiaju. Seda on näha Pärnumaa rannikul, kus pikalt puhuvad tugevad edelatuuled kuhjavad vett rannikul üles ning tekitavad suuri laineid. Teine põhjus on seotud lainete transformeerumisega madalas vees. Nimelt sõltuvad lainete teravdumine, murdumine ja refraktsioon vee sügavusest. Mida sügavam on vesi rannikul, seda lähemale rannale saavad kõrged lained murdumata levida.

Edasi on küsimus, kuidas on veetase ja lainetus jaotunud erinevate tuule suundade korral ning milliseid väärtuseid tuleb kasutada. Selleks tuleb vaadelda üheaegselt veetaset ja tuuli. Nende ühisjaotusi konstrueeritakse nii avamere kui ka rannikumerede jaoks. Avamerel saadud tulemused on kasutatavad laiema ala jaoks, kuid neid on vaja transformeerida madalasse vette enne, kui neid saab projekteerimiseks kasutada. Selleks kasutatakse kas modelleerimist või empiirilisi valemeid. Esimesed annavad üldjuhul täpsema ja usaldusväärsema tulemuse. Rannikul saadud tulemused on rohkem asukohaspetsiifilised ega saa otse üle kanda kõrvalaladele. Käesolevas töös kasutatakse teist lähenemist.

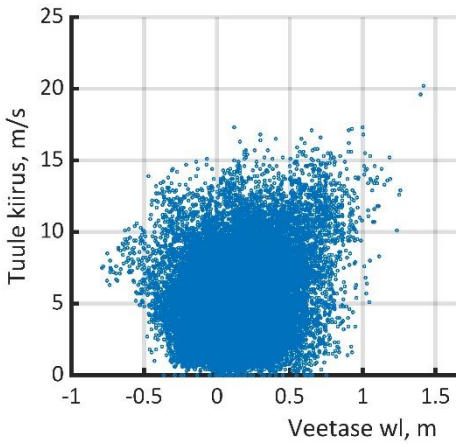
Tuulte ja veetasemete ühisjaotust vaadatakse suundade kaupa. Siinses töös vaadeldi kahte suunda: 90º–180º ja 180º–270º. Sellised laiad sektorid võeti eeldusega, et Valgerannas põhjustab ranna poole levivat lainetust tuul, mis võib puhuda laiast suunavahemikust ning selle dispersioon võib olla mõõteperioodil suur. Mõlema sektori jaoks eraldati tuule kiirus ja samaaegne veetase ning joonistati välja ühisjaotused (joonis 5.11 ja joonis 5.12).

Ühisjaotustelt on näha, et edelatuulte korral (joonis 5.11) on tuule kiirused mõõdukas korrelatsioonis (korrelatsioonikordaja R=0,63) veetasemetega. Nähtub, et tugevate, üle 15 m/s, tuulte (ja seega ka kõrgete lainete) korral on üldiselt ka kõrge veetase. Kagutuulte korral (joonis 5.12) on korrelatsioon nõrk (korrelatsioonikordaja R=0,18) ja seega ei saa öelda, et kõrged veetasemed ja tugevad tuuled on üheaegsed. Mida rohkem on pööratud vastupäeva (puhub rohkem

idast ja põhjast), seda nõrgem on korrelatsioon. Vaadata 30° sektorite kaupa lõunast (180°) päripäeva (tuul puhub rohkem läänest), siis jääb korrelatsioonikordaja 0,60 ja 0,66 vahele. See on lisaargument sektorite koondamisel ühte laiemasse 90-kraadisesse sektorisse.



Joonis 5.21. Tuule kiiruse ja veetasemete ühisjaotus tuule suuna korral vahemikust 180° kuni 270°.



Joonis 5.12. Tuule kiiruse ja veetasemete ühisjaotus tuule suuna korral vahemikust 90° kuni 180°.

Setete liikumise iseloomustamiseks on otstarbekas vaadata erinevaid veetasemeid ja tuule kiiruseid. Selleks valiti meelevaldselt kvantiilid, milledele vastavaid veetasemeid ja tuuli rakendati modelleerimisel. Tabel 5.5 esitab kvantiilid edelasektori korral.

Tabel 5.5. Tuule kiiruste ja veetasemete kvantiilid edelasektori, 180º–270º, korral

Jrk	Kvantiil	Päeva aastas	Tundi aastas	Tuule kiirus u, m/s	Veetase, m	x korda aastas	Kordumine x aasta tagant
1	70	39,9	958,3	8,9	0,49	3,99	0,25
2	80	26,6	638,9	10,0	0,59	2,66	0,38
3	90	13,3	319,4	11,4	0,75	1,33	0,75
4	95	6,7	159,7	12,6	0,88	0,67	1,50
5	97	4,0	95,8	13,4	0,97	0,40	2,50
6	99	1,3	31,9	15,0	1,21	0,13	7,51
7	99,5	0,7	16,0	16,1	1,36	0,07	15,03
8	99,75	0,3	8,0	17,0	1,46	0,03	30,05
9	99,9	0,1	3,2	18,4	1,60	0,01	75,13

Tulp „päeva aastas“ näitab, mitu päeva aastas valitsevad sellele kvantiilile vastavad olud (tuule kiirus ja veetase). „Tundi aastas“ on eelmise tulba ja 24 korrutis. „x korda aastas“ näitab kui palju kordub simulatsioonis esitatud modelleeritud kogupikkus, 240 h (24 tundi korrutatud

morfoloogilise faktoriga 10), ühes aastas. Tulp „kordumine x aasta tagant“ annab hinnangu, kui kiirelt võiks selline olukord, mis on modelleerimise tulemusena saadud, esineda. Oluline on siinkohal märkida, et tulemused kehtivad samaaegselt esineva kindlast suunast puhuvate tuulte ja veetasemete korral. Kagusuunast puhuv tuul võib kõrgema veetaseme korral setteid tagasi lükata, eeldades, et edelatuul liigutab neid itta. Samuti võib tulla edelast tugevam tuul ja kõrgem veetase, mis liigutab liiva oluliselt kiiremini kui tabelis näidatud.

5.10.2. Mudel Delft3D ja selle seadistus

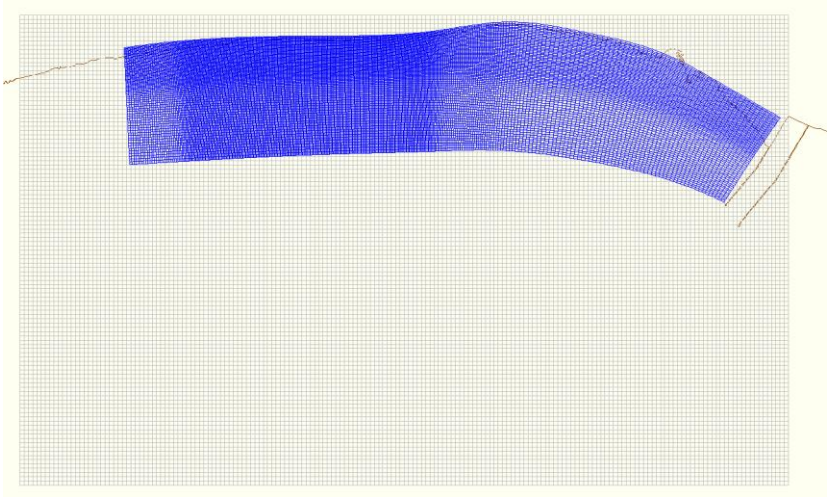
Setete liikumise modelleerimiseks on kasutatud tarkvara Delft3D. See tarkvara võimaldab uurida hüdrodünaamilisi protsesse (nii hoovuseid kui ka lainetust), setete transporti, põhja morfoloogiat ning vee kvaliteeti jõgedes, estuaarides ja rannikutel. Seda on kasutatud paljudes paikades üle maailma, nagu näiteks Hollandis, USAs, Hong Kongis, Singapuris, Austraalias, Itaalias (Veneetsias). Delft3D koosneb moodulitest, milledest igaüks on suunatud erineva sisuga ülesannete lahendamiseks. Neid võib kasutada kombineeritult keerukamate ülesannete jaoks. Lisaks on eraldi moodulid andmete sisestamiseks ja tulemuste analüüsiks.

Moodul WAVE põhineb SWAN mudelil. Hüdrodünaamiline moodul FLOW baseerub Navier-Stokes'i võrranditel, mis on kohaldatud madala vee jaoks. Nende võrrandite lahendamiseks rakendatakse kõrgemat järku absoluutselt stabiilseid numbrilisi skeeme. Tõusudest-mõõnadest ning atmosfääri mõjudest (õhurõhu muutumine, tuul) tingitud mittestatsionaarsed hüdrodünaamilised protsessid (nt hoovused ja nende poolt põhjustatud setete transport) arvutatakse ebaregulaarsel arvutusvõrgul, mis on üldiselt konstrueeritud vastavuses arvutuspiirkonna raja(de) geomeetriaga piirtingimustega piiratud võrgustikul.

WAVE ja FLOW moodulites rakendati ühest suunast pidevalt puhuvat tuult ning tervet ala katvat ühtlast veetaset. Pideva tuule kiirustena kasutati tuulekiiruste ja veetasemete kvantiile (tabel 5.5).

Setete liikumise ja heljumi leviku modelleerimiseks arvutati esmalt lainetuse parameetrid moodulis WAVE. Kasutati kolmeastmelist skeemi, mille iga kõrgema järgu mudel kasutas madalama järgu mudeli tulemusi. Esimene võrk kattis Liivi lahte (ala suurus 170 × 180 km) ning selle lahutusvõime oli 1000 m. Teine võrk kattis Pärnu lahte (ala suurus 20 × 14 km) ning selle lahutusvõime oli 200 m (joonis 5.8). Kolmas võrk kattis Valgeranna lähiala (ala suurus 7,5 × 5,4 km) ning selle lahutusvõime oli 50 m. Mooduli WAVE kolmanda astme tulemused olid

sisendiks moodulile FLOW. Selle arvutusvõrk kattis 7,7 × 1,8 km suurust ala ja lahutusvõime oli 44 ja 14 m vahel. Batümeetria alusandmed saadi Transpordiameti ja TLÜ mõõdistustest. Need interpoleeriti kasutatud arvutusvõrkudele Delft3D sisseehitatud tarkvara abil.



Joonis 5.13. Hüdrodünaamilise mudeli FLOW (sinisega) ja WAVE mooduli (halliga) arvutus-võrgud. Pruuni joonega on näidatud rannajoon. Paremal (idas) on näha Pärnu muule.

Simulatsioone tehti 36-tunnise ajavahemiku vältel alates 00:00 11.11.2021 kuni 06:00 12.11.2021. Arvutusi ei seotud hüdroloogiliste ja meteoroloogiliste parameetritega konkreetsetel päevadel, mistõttu mudel ei peegelda situatsiooni valitud päeval ning on kasutusel vaid mittestatsionaarsete protsesside käigu iseloomustamiseks. Mitmesugused hüdrodünaamilised parameetrid vajavad üldjuhul teatavat kohanemisaega (*spin-up time*), et kohaneda muutuva situatsiooniga (nt. avamerelt saabuvate lainete tingimustega). Selle aja jooksul võivad settimisprotsessid toimuda märgatavalt erinevalt tasakaalulisest situatsioonist ning nende väärtused ei ole realistlikud. Süsteemi kohanemisajaks valiti 6 tundi. Tuule kiirus ja suund ning veetase simulatsioonide vältel ei muutunud.

Tallinna Ülikooli välitöö põhjal on ranna täitmisel kasutatava liivatera keskmine läbimõõt 0,20 mm. Seda liiva võib Valgeranda paigutada erinevates kogustes erinevatesse kohtadesse. Käesolevas töös valiti välja 3 kohta ning kuhjati sinna meelevaldne kogus liiva (tabel 5.6). Seejärel rakendati ühest suunast pidevalt puhuvat muutumatut tuult ja veetaset, mis tekitasid setteid liigutavaid laineid. Et näha kiiremini setete liikumist, korrutati selle liikumise kiirus 10-ga. Pärast seda võrreldi pandud ja järelejäänud setete koguseid (leiti vähenemise protsent) ning anti hinnang tulemustele.

Modelleerimistes kasutatud sektorist 180°–270° puhuv tuul ja veetase olid valitud arvutatud kvantiilide põhjal (tabel 5.6). Nende kvantiilide sagedustele (sama tabel; kordumine x aasta tagant) vastavate sektori 90°–180° sageduste põhjal sai leida kagusektori tuule kiiruse ja veetaseme, mida rakendati teistes simulatsioonides (tabel 5.7, stsenaariumid 04x).

Tabel 5.6. Setete paigutamise variandid

Jrk	Kirjeldus	Uue liivakehandi parameetrid		
		Pikkus, m	Pindala, m²	Maht, m³
1	Doberani kohvikust itta rannale paigutatud 1 m paksune liiv	510	11000	11000
2	Doberani kohvikust läände (poldri algusse) rannale paigutatud 1 m paksune liiv	530	19000	19000
3	Merre kaadatud 1 m paksune liivariba	550	18000	18000

Tabel 5.7. Modelleerimises kasutatud stsenaariumid

Jrk	Tähis*	Stsenaariumi kirjeldus
1	03x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud Doberani kohvikust itta 1 m paksuselt. Kaitserajatised puuduvad. Joonis 5.13
2	04x	Kagust puhuv tuul. Setted on paigutatud Doberani kohvikust itta 1 m paksuselt. Kaitserajatised puuduvad.
3	11x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud Doberani kohvikust itta 1 m paksuselt. Buunide pikkus ca 200 m ja ida pool kõige pikemal 500 m. Joonis 5.14
4	13x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud Doberani kohvikust itta 1 m paksuselt. Buunide pikkus ca 110 m ja nende vahe ca 230 m. Buune on kokku 8. Joonis 5.15
5	14x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud Doberani kohvikust itta 1 m paksuselt. Meres on rannast ca 100 m kaugusel 100 pikkused lainemurdjad, millede vahe on ligikaudu 500 m. Kokku on lainemurdjaid 4. Joonis 5.16.
6	15x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud Doberani kohvikust itta 1 m paksuselt. Buunide pikkus 110 m ja vahekaugus 450 m. Buune on kokku 4. Joonis 5.18.
7	23x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud Doberani kohvikust läände 1 m paksuselt. Buunide pikkus ca 110 m ja nende vahe ca 230 m. Buune kokku 8. Joonis 5.9.
8	30x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud merre kohvikust lõunasse 1 m paksuselt. Kaitserajatised puuduvad.
9	33x	Edelast puhuv tuul. Setted on paigutatud merre kohvikust lõunasse 1 m paksuselt. Buunide pikkus ca 110 m ja nende vahe ca 230 m. Buune kokku 8. Joonis 5.10.

* Tähise lõpus olev x viitab järjekorra numbrile (ehk tuule kiiruste ja veetasemete kvantiilile), mis muutub stsenaariumi siseselt.

5.10.3. Tulemused ja nende analüüs

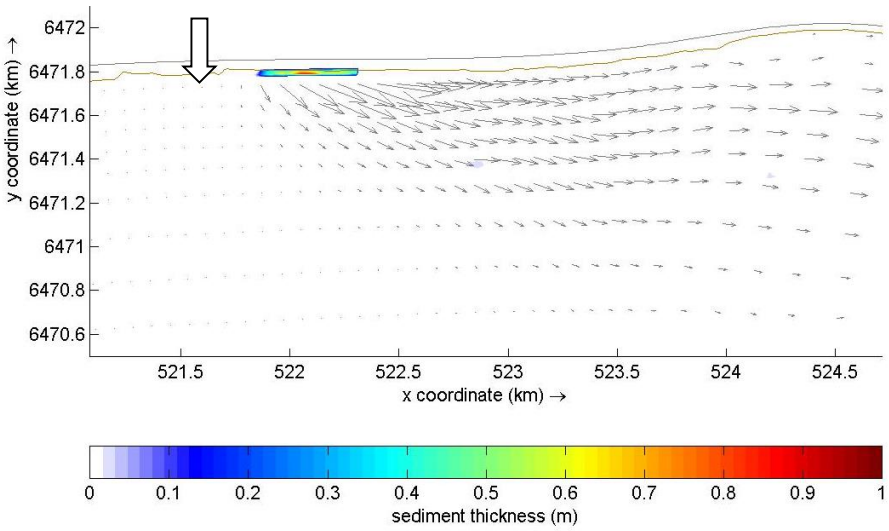
Tabel 5.8 esitab tulemustes erinevates stsenaariumites (kaitserajatiste, buunide ja lainemurdjate, olemasolu ning tuule kiiruste ja veetasemete kvantiilid). On näha, et kaitserajatiste puudumisel (03x) kaob Doberanist ida poole rannale pandud liiv kiiresti. Kui tugevaim kagutuul oleks 12,6 m/s ja veetase maksimaalselt 0,88 m (EH2000), siis oleks statistiliselt pooleteise aastaga pandud liivast pool kadunud (Joonis 5.13). Kui aga ehitada rannale buunid (tähised 11x, 13x ja 15x) või rannaga paralleelsed lainemurdjad (tähis 14x), siis on vähenenud liiv vaid ca veerandi võrra (Joonis 5.14, 5.16, 5.19). Tugevamate edelatormide puhul (kvantiilid 99,75% ja 99,9%) jääb kaitserajatiste puudumisel randa kaduvväike osa sinna pandud liivast. Kagutormide korral on see number väiksem, kuid sealt suunast randa saabuvate lainete kõrgused on väiksemad madala veetaseme tõttu.

Modelleerimised näitasid, et Doberanist itta liiva kuhjates ja kaitserajatisi rajades (stsenaariumid 11x, 13x, 14x ja 15x) on sisuliselt võrdselt takistatud liiva liikumine. Kui buune on harvemalt, siis on erosioon siiski kiirem (võrdle 13x ja 14x).

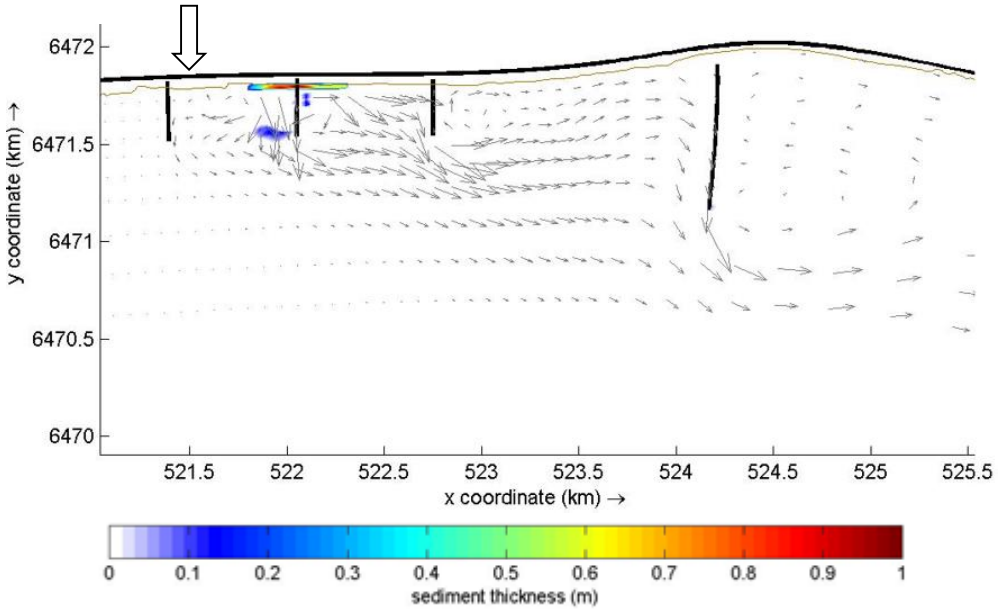
Kui esineksid tormid, mis ületavad 99,9% kvantiilile vastavaid parameetreid, siis oleksid muutused kiiremad. Et tegelikult ei toimu analüüsitud stsenaariumid pideva voona (ühest suunast ja kiirusega tuul teatud veetasemega ca 240 tundi), siis võib oletada, et tegelikult on muutused aeglasemad. Tabel 5.8 puhul on oluline mainida, et setete vähenemist ei analüüsita mitte ainult kuhjamiskohas, vaid terves Valgerannas (Doberanist ca 2 km kauguseni idas ja 1 km kauguseni läänes), sest kuivalt rannalt ära uhutud liiv jääb süsteemi (tasakaalulisse rannaprofiili).

Tabel 5.8. Setete vähenemine Valgerannas (mitte ainult kuhjamiskohas)

Jrk	Kvantiilid sektoris 180°-270°	Stenaariumi tähis									Aastad
		03x	04x	11x	13x	14x	15x	23x	30x	33x	
1	70	-4%	0%	-1%	-1%	-4%	-2%	0%	0%	0%	0,25
2	90	-31%	-3%	-14%	-19%	-24%	-21%	-8%	-7%	-8%	0,75
3	95	-51%	-21%	-24%	-27%	-35%	-29%	-17%	-15%	-17%	1,50
4	99	-80%	-50%	-42%	-42%	-50%	-44%	-44%	-47%	-51%	7,51
5	99,75	-99%	-75%	-65%	-60%	-68%	-61%	-77%	-85%	-90%	30,05
6	99,9	-100%	-86%	-75%	-63%	-90%	-64%	-85%	-100%	-100%	75,13

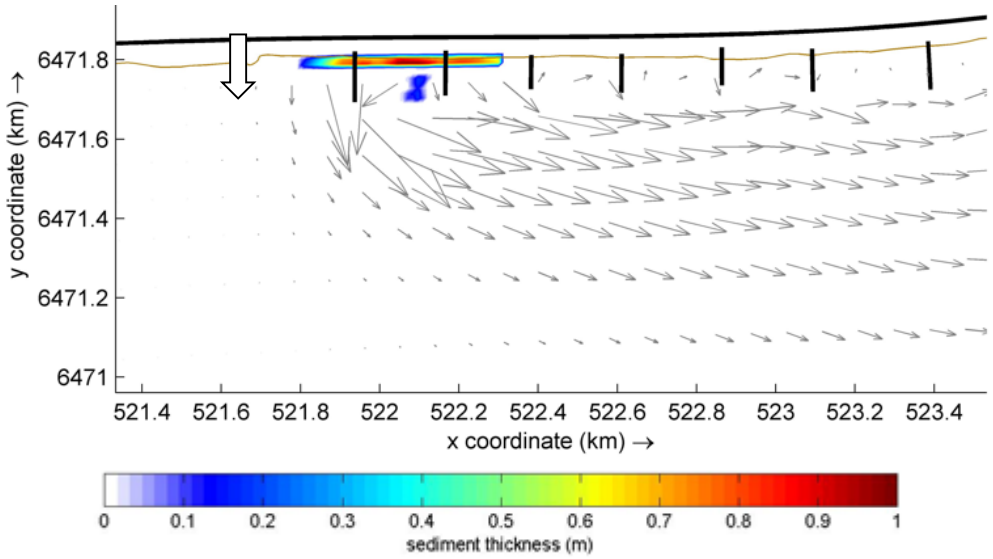


Joonis 5.13. Setete liikumise suund ja intensiivsus (hallid jooned) ning alles jäänud setted (värvilised) pärast 240 tundi ühtlaselt edelast puhunud tuult kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m. Pruuniga on näidatud rannajoon käesoleval hetkel, punasega algselt pandud setete kuhja kontuur. Noolega on märgitud ka Doberani kohvik. Vähenes 51% algsest liivast.



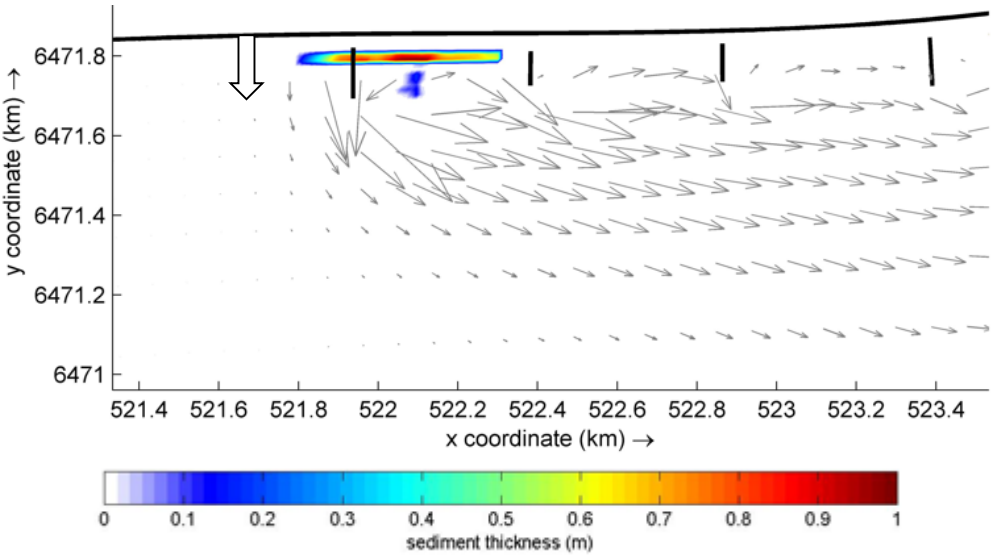
Joonis 5.14. Setete kihi paksus lainemurdjate korral pärast 240 tundi ühtlaselt edelast puhunud tuult kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m. Joonis 5.13 selgitab tingmärke. Musta joonega on näidatud rannakaitse rajatised. Kõige ülemine must joon näitab arvutusmudeli piiri. Vähenes 24% algsest liivast.

Buunide rajamine lõhub piki randa suunatud murduvatest lainetest põhjustatud hoovuse (Joonis 5.17), mis muidu kannaks liiva edasi.



Joonis 5.15. Setete kihi paksus lainemurdjate korral pärast 240 tundi ühtlaselt edelast puhunud tuult kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m. Joonis 5.13 selgitab tingmärke. Vähenes 27% algsest liivast.

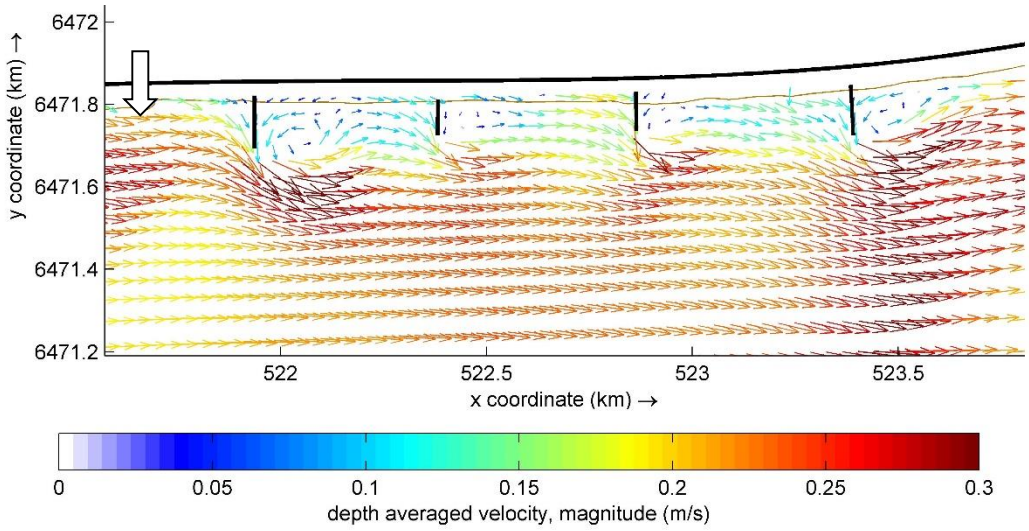
Joonis 5.15 ja Joonis 5.16 näitavad, et harvemate buunide korral on liiva erosioon kiirem. See on selgitatav rannajoone suurema avatusega lainetusele.



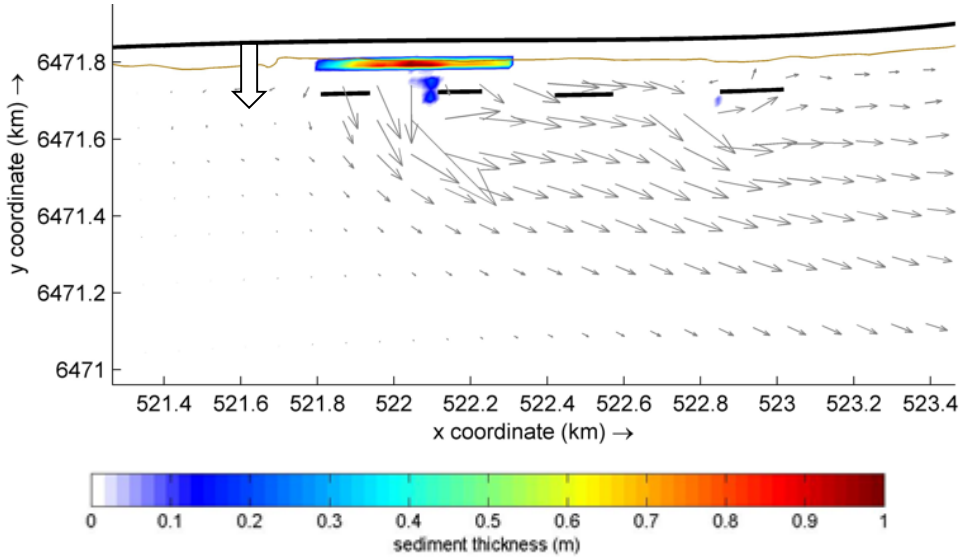
Joonis 5.16. Setete kihi paksus lainemurdjate korral pärast 240 tundi ühtlaselt edelast puhunud tuult kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m. Joonis 5.13 on tingmärgid. Vähenes 35% algsest liivast.

Rannaga paralleelselt rajatud lainemurdjad (Joonis 5.18) varjestavad selle taga olevat vett ning loovad soodsad olud tombolo tekkeks. Samas on nende rajamine ilmselt ehituslikult keerukam ja

kulukam kui buunide ehitamine. Merre rajatavad lainemurdjad peaksid olema vähemalt 1 m keskmisest veepinnast kõrgemal ning see võib tekitada ka esteetilisi küsimusi.

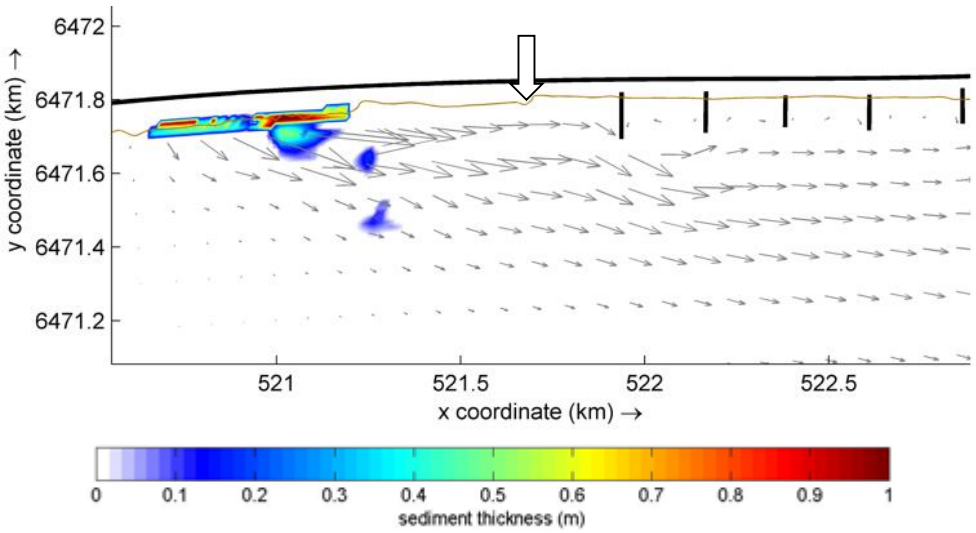


Joonis 5.17. Vee liikumine buunide vahel Valgerannas Doberanist idas. Puhub edelatuul kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m.



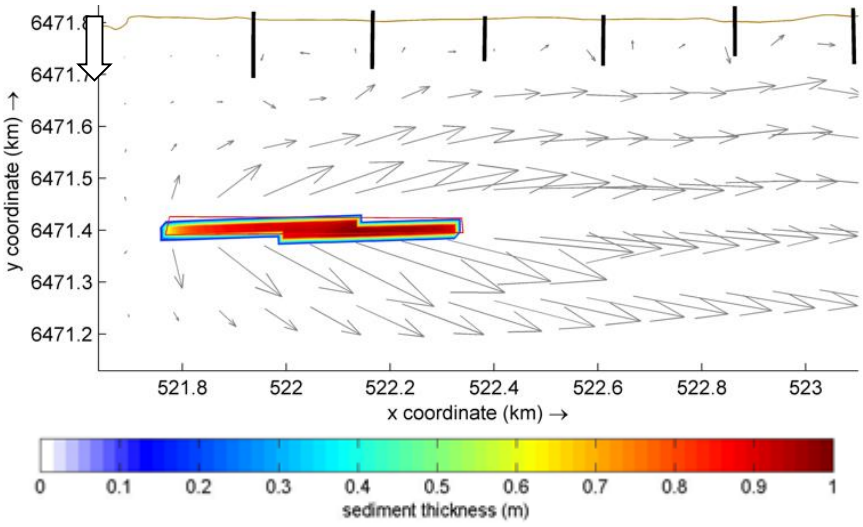
Joonis 5.18. Setete kihi paksus lainemurdjate korral pärast 240 tundi ühtlaselt edelast puhunud tuult kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m. Joonis 5.13 selgitab tingmärke. Vähenes 29% algsest liivast.

Kui liiva panna Doberanist lääne poole (stsenaarium 23x), siis nähtub, et ekstreemsete tormide puhul (kvantiilid 99,75% ja 99,9%) liigutatakse setteid rohkem kui idapoolse paigutuse korral. Väiksemate kvantiilide korral on mõju väiksem, sest Doberani kohvik toimib omamoodi buunina, mis takistab setete voogu läänest itta (Joonis 5.9).



Joonis 5.9. Setete kihi paksus lainemurdjate korral pärast 240 tundi ühtlaselt edelast puhunud tuult kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m. Joonis 5.13 selgitab tingmärke. Liiv on pandud Doberanist läände.

Kombineerides omavahel Doberanist itta ja läände samaaegse ranna täitmise, võib öelda, et erosiooni kiirus ei muutu, kui juurde tulnud setteid on samas suurusjärgus modelleerituga (10 000–20 000 m³). Kui need mahud mitmekordistuvad, siis võib ühest kohas teise kanduv liiv takistada liiva edasist erosiooni. Seeläbi oleks sellel soodustav mõju.



Joonis 5.10. Setete kihi paksus lainemurdjate korral pärast 240 tundi ühtlaselt edelast puhunud tuult kiirusega 12,6 m/s. Veetase 0,88 m. Joonis 5.13 selgitab tingmärke. Liiv on pandud Doberanist läände. Liiv vähenes 17% võrra.

Merre kaadamisel säilib liiv mahedamates oludes (kvantiil 95% ja alla selle) paremini kui rannale paigutatult (Joonis 5.10), kuid tugevamate tormide korral liigub see kiiremini minema. Kui tehniliselt võib seda varianti mõningatel juhtudel kaaluda ja ka rakendada, siis kaitseb see otseselt vähem randa kui randa pandud liiv. Seega on eelistatud rannale liiva lisamine.

5.11. Heljumi levik kaadamisel

5.11.1. Sisendandmete valik ja mudeli seadistus

Heljumi leviku modelleerimiseks arvutati esmalt lainetuse parameetrid moodulis WAVE ning seejärel modelleeriti vee ja setete liikumist moodulis FLOW. Mudeli ülesehitus on toodud peatükis 5.10.2. WAVE ja FLOW moodulites rakendati ühest suunast pidevalt puhuvat tuult ning tervet ala katvat ühtlast veetaset. Heljumi leviku hindamiseks rakendati ühtlase kiirusega puhuvat tuult. Et tuulte kiiruste jaotus on suundade kaupa anisotroopne, siis valiti kõikidele suundadele kiiruseks 10 m/s. Tabel 5.9 esitab sellise tuulekiiruse esinemise sageduse. On näha, et kirdest puhuv tuul on eriti nõrk. Ilmselt on Kihnu mõõtejaama tuuled mõjutatud metsast (Foto 5.*1*a) ja saarest, mistõttu võivad tegelikud kirdetuuled olla Pärnu lahel tugevamad. Veetasemeks valiti vastavalt 0,6 ja 1 meetrit põhja- ja lõunakaare tuulte korral.

Tabel 5.9. Nõrgema tuule kui 10 m/s esinemise sagedus

	45°	**135°**	**225°**	**315°**
Tuule kiiruse sagedus	99,9	95	80	97

Töö sisendiks olevas TLÜ uuringus määratleti keskmine terasuurus 125 µm, mis on väiksem kui D_{50} (sette terasuurus, millest 50% kogu proovis on väiksema diameetriga). Valik on konservatiivse iseloomuga (lendub kaugemale veesambas). Arvestades, et saviosakesi oli kaduvväike osa, ei vaadeldud neid.

Kaadamisel tekkivat heljumit imiteeriti üksikusse võrgupunkti paigutatud konstantse intensiivsusega setete allika kaudu, mis aktiveeriti kindlaks ajavahemikuks (algus: 11.11 08:00, lõpp: 12.11 16:00). Käesolevas töös on valitud kõige merepoolsem punkt ning hinnatud lenduva materjali vooks 5 kg/s. See vastab kogusele 18 t/h. Kõige enam merele avatud punkt annab konservatiivsema hinnangu ning on sobilik keskkonnamõjude hindamiseks.

5.11.2. Heljumi levik

Keskkonnamõju hindamiseks on oluline seada mudelisse kontsentratsiooni piir, millest madalamate puhul ei erine need looduslikust foonist. Laura Raag uuris oma magistritöös (2014) süvendustööde mõju heljumi kontsentratsiooni ruumilisele jaotusele. Ta leidis, et olemasoleva

heljumi looduslikus kontsentratsioonis võib tuvastada Eesti rannikul suuri hooajalisi muutuseid (Raag, 2014). Ta leidis, et kõige drastilisem oli loodusliku heljumi kontsentratsiooni kasv Pärnu sadamas, mis paikneb üsna madalas merekeskkonnas. Suurimad keskmise heljumi kontsentratsiooni väärtused mõõdeti Pärnu lahes (10,04–24,23 mg/l) ning SD antud piirkonna jaoks oli 2,4 kuni 9,3 mg/l. Pärnu laht on suletud ja madal ning isegi väike tuul võib põhjustada tugevat põhjasetete resuspensiooni (Danielsson *jt* 2007). Suuri muutuseid heljumi kontsentratsioonis põhjustab ka Pärnu jõgi, mille suue paikneb lahe kirdeosas (Laznik jt 1999). Aasta ringi on kuu keskmine heljum vähemalt 10 mg/L Pärnu sadamas. Raagi (2014) magistritöö kaartide põhjal võib öelda, et keskmine heljum on Valgeranna lähistel aasta ringi vähemalt 7 mg/l. Seega on kaadamisel tekkiva heljumi taustaväärtus palju kõrgem kui muudes rannikulähedastes kohtades ja seega on kaadamistööde mõjuala ka väiksem.

Tabel 5.10 esitab heljumi leviku maksimaalse kauguse allikast (kaadamise asukohast antud simulatsioonides) erinevate tuulesuundade korral. Rannalähedases madalas vees on heljumi levik piiratud, kuna veesügavus, milles heljum saab langeda, on madal.

Tabel 5.10. Heljumi levikuga kaetud mereala maksimaalne läbimõõt

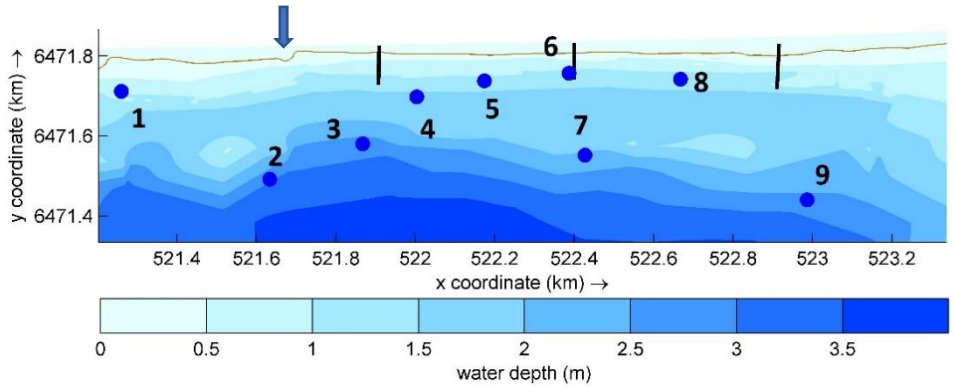
	45°	**135°**	**225°**	**315°**
Heljumi levik, m	50	100	100	50

5.12. Eskiisprojekt

5.12.1. Lainetuse ja veetasemete parameetrite leidmine

Lainetuse ja veetasemete parameetrite leidmiseks modelleeriti laineid mudelis SWAN. Mudelis rakendatud tuul ja veetasemed vastasid erinevatele korduvusperioodidele, mis arvutati Kihnu ja Pärnu mõõtejaamade info põhjal. Konstruktsioonide dimensioneerimiseks vajalike parameetrite saamiseks viidi simulatsioonid läbi nelja erineva tuule suuna puhul: alates 150° kuni 330°, 30-kraadise sammuga, korduvusperioodidega 2, 10, 50 ja 100 aastat. Erinevatele korduvusperioodidele vastavad tõenäosused, mis kajastavad ühekordsete sündmuste tõenäosusi, on igal aastal (korduvusperioodidele vastavalt 50%, 10%, 2% ja 1%). Mitmekordsete sündmuste tõenäosus on väiksem. Teades sündmuste tõenäosust, on võimalik optimeerida konstruktsiooni.

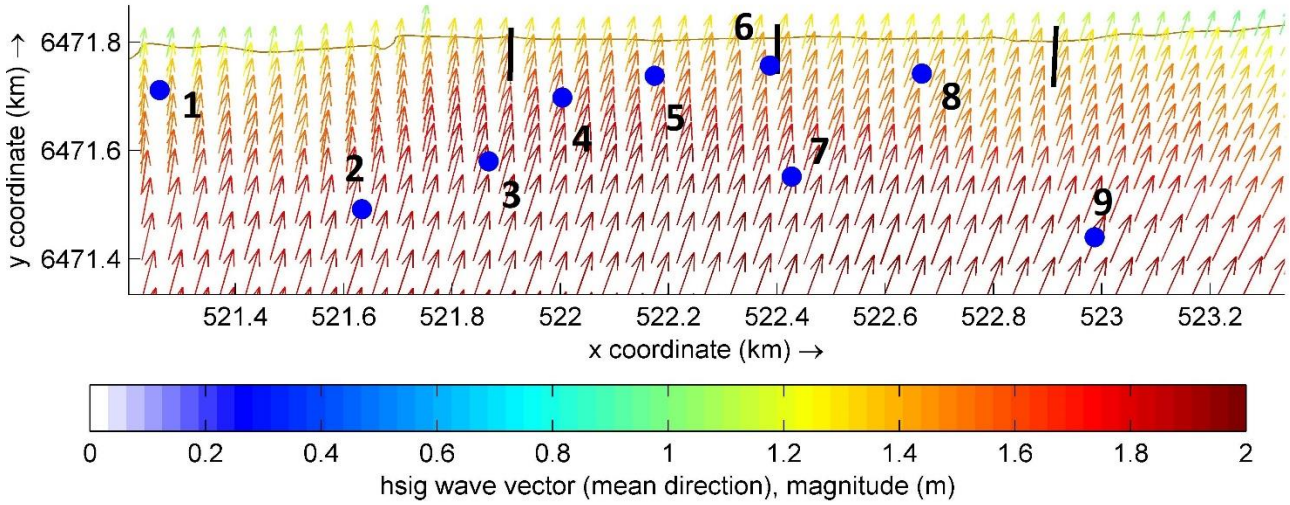
Olukordi analüüsiti aasta ringi valitsevates oludes. Mõõtepunktid valiti erinevatel kaugustel rannast, et oleks võimalik projekteerida rajatisi mitmesuguses sügavuses. Punktide asukohad on toodud joonisel 5.22. Punktides leitud maksimaalsetele lainekõrgustele vastavad tulemused on toodud allolevates tabelites (tabelid 5.11…5.14).



Joonis 5.22. Sinisega tähistatud SWANi mõõtepunktid Valgerannas. Pruun joon kujutab olemasolevat veepiiri ja must sirge joon võimalikke rajatisi. Noolega on tähistatud Doberani kohviku asukoht.

Tabelite tulemusi tuleb esmajoones kasutada buunide projekteerimiseks. Et tegu on madala veega ning lainekõrguste vahed on erinevate korduvusperioodidel väikesed, tuleks kividest buunide arvutamise puhul arvestada mitme järjestikuse mõjuga (vt lisaks näiteks Rock Manual, (CIRIA, 2007)). Sõltuvalt konstruktsiooni püsivuse nõuetest (*damage criteria* Van der Meeri valemites) saab valida kivi suuruse ning aktsepteeritavate purustuste määra ehk paigast nihkunud kivide hulka. Kuluefektiivne on lubada 100-aastase korduvusperioodiga tormi puhul rohkem kivide

nihkumist kui 2-aastase korduvusperioodi puhul. Viimase puhul ei tohiks olla lubatav üldse kivide nihkumine lainete mõjul. Kivide nihkumist vähendab kindlasti nende kuju ja omavaheline haakuvus. Siin on oluline roll ehitajal, kes peab suutma ehitada haakuvalt püsiva konstruktsiooni.



Joonis 5.113. 50-aastase korduvusperioodiga olulised lainekõrgused ja nende keskmine suund Valgeranna lähistel. Tuule suund on SW (225°).

Tabel 5.51. Lainetuse parameetrid 2-aastase korduvusperioodi korral[26]

Tähis	Ühik	Mõõtepunktid								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hs	m	1.01	1.55	1.54	1.24	1.13	1.07	1.44	1.09	1.54
Tm	s	3.5	3.7	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.6	3.7
Tp	s	4.5	4.5	4.5	5.1	5.1	5.1	5.1	4.5	4.5
d	m	0.79	3.00	2.78	1.65	1.15	0.89	2.07	1.27	2.75
wl	m	1.27	1.17	1.17	1.17	1.27	1.27	1.17	1.27	1.17
Lm	m	14	19	19	17	17	16	18	16	19
Lp	m	16	25	24	25	20	19	27	21	24
dir	°	185	177	179	186	192	192	183	197	188
dsp	°	22	26	25	22	22	20	24	22	25

[26] Tabelites on kasutatud järgmisi tähiseid: Hs - oluline lainekõrgus, Tm - keskmine laineperiood, Tp - tipp-laineperiood, d - sügavus mõõtepunktis 0-veetasemega, wl - veetase, Lm – keskmisele laineperioodile vastav lainepikkus, Lp - tipp-laineperioodile vastav lainepikkus, dir - laine keskmine levikusuund ning dsp – selle levikusuuna varieeruvus.

Tabel 5.16. Lainetuse parameetrid 10-aastase korduvusperioodi korral

Tähis	Ühik	Mõõtepunktid								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hs	m	1.19	1.72	1.71	1.42	1.31	1.24	1.61	1.27	1.71
Tm	s	3.6	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.9
Tp	s	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
d	m	0.79	3.00	2.78	1.65	1.15	0.89	2.07	1.27	2.75
wl	m	1.65	1.51	1.51	1.65	1.65	1.65	1.51	1.65	1.51
Lm	m	16	20	20	19	18	18	20	17	20
Lp	m	20	30	29	27	25	24	28	25	29
dir	˚	187	179	181	193	193	194	185	198	189
dsp	˚	22	27	26	23	22	21	25	23	25

Tabel 5.17. Lainetuse parameetrid 50-aastase korduvusperioodi korral

Tähis	Ühik	Mõõtepunktid								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hs	m	1.33	1.85	1.84	1.55	1.44	1.40	1.75	1.43	1.86
Tm	s	3.7	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	4.0
Tp	s	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
d	m	0.79	3.00	2.78	1.65	1.15	0.89	2.07	1.27	2.75
wl	m	1.94	1.78	1.78	1.94	2.24	2.24	1.94	2.24	1.78
Lm	m	17	21	21	20	18	18	21	18	21
Lp	m	21	31	30	28	23	22	29	23	30
dir	˚	189	182	184	196	204	203	196	209	190
dsp	˚	23	27	27	24	25	24	26	25	25

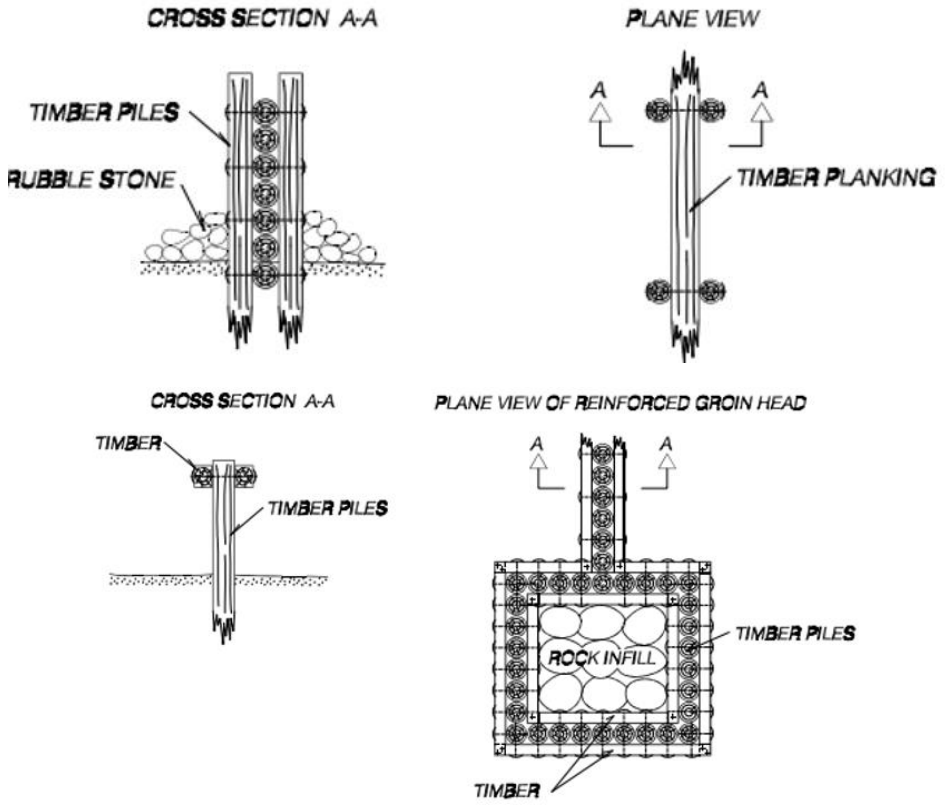
Tabel 5.18. Lainetuse parameetrid 100-aastase korduvusperioodi korral

Tähis	Ühik	Mõõtepunktid								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hs	m	1.35	1.92	1.90	1.60	1.52	1.48	1.81	1.51	1.92
Tm	s	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.1	4.0	3.9	4.0
Tp	s	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
d	m	0.79	3.00	2.78	1.65	1.15	0.89	2.07	1.27	2.75
wl	m	1.90	1.90	1.90	2.41	2.41	2.41	1.90	2.41	1.90
Lm	m	16	21	21	19	19	19	21	19	22
Lp	m	25	31	30	25	23	23	29	24	30
dir	˚	185	183	184	207	205	204	187	209	191
dsp	˚	22	27	27	26	25	24	25	25	26

Lainekõrguste kasvu mõjutab esmajoones tuule kiirus. Madalas vees seab kasvule piiri vee sügavus. Rajatise projekteerimisel tuleb erinevate osade (puidust vaiade pikkus, kivide suurus, harja kõrgus, uhteaugu sügavus jne) projekteerimisel arvestada erinevaid kombinatsioone. Üks kombinatsioon võib olla määrav puitvaiade pikkuse või kivide suuruse arvutamisel, kuid ei pruugi olla harja kõrguse määramisel.

5.12.2. Puidust buunide projekteerimine

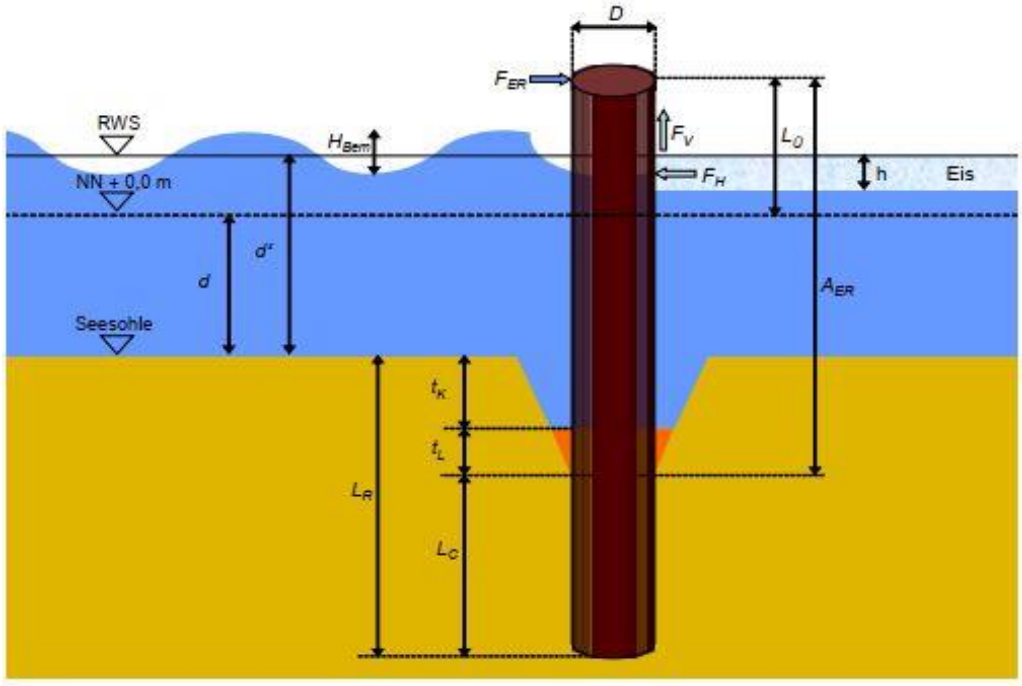
Puidust buune on ehitatud Saksamaa rannikul Mecklenburg-Vorpommernis ja Poolas alates 1820. aastast. Enamasti põhineb nende projekteerimine rusikareeglitel, kuid on olemas ka põhjalikke uuringuid (näiteks Weichbrodti poolt 2008. aastal koostatud doktoritöö). Joonis 5.24 esitab kahte erinevat skeemi puitbuuni rajamiseks.



Joonis 5.24. Kaks erinevat skeemi puidust buunide rajamiseks. Ülemisel on näidatud hõredate vaiadega buun, mille puhul on vaiad ühendatud omavahel laudadega. Alumisel on näidatud tihe vaiarida, mille lõpus on neist formeeritud kast kivitäitega.

Kõige lihtsam ja odavam viis puitbuunide rajamiseks on rammida teatud sammuga vaiad ning ühendada need omavahel laudadega. Olenevalt pinnasest võib vajalik olla ka augu ette puurimine või tagasitäitel betooni vms segu kasutamine.

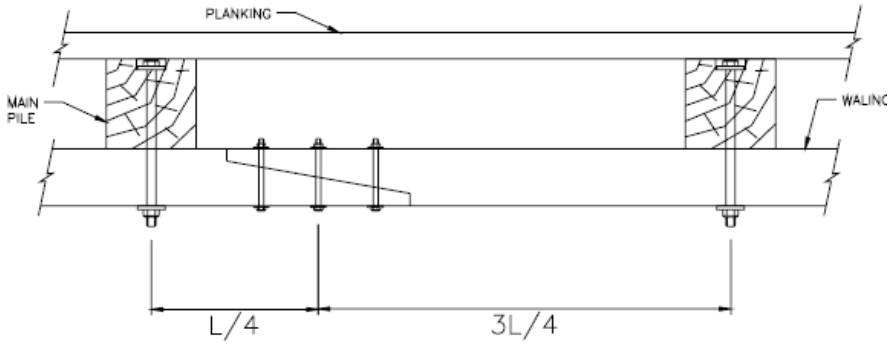
Puitvaia projekteerimisel on määrav arvutusliku paindemomendi vastuvõtmine. Joonis 5.25 esitab skeemi puitvaiale mõjuvatest jõududest ja parameetritest. Vaia stabiilsusele avaldab mõju uhteaugu tekkimine ja pinnase loendumine, mis viivad kinnituspunkti sügavamale ning pikendavad seega arvutuslikku konsooli. Kuna uhteaugud ja loendumised võivad olla lokaalsed, siis on soovitatav siduda vaiapead omavahel prussidega.



Joonis 5.25. Skeem puitvaiale mõjuvatest jõududest ja parameetritest. F_{ED} on lainejõud, F_V ja F_H on jääst põhjustatud vertikaal- ja horisontaaljõud, t_K ja t_L on uhtumisest ja pinnase voolamisest põhjustatud sügavuse kaod; A_{ER} – vaia tipu ja pinnases fikseeritud osa kaugus (Weichbrodt, 2008).

Vaia töö printsiip peaks olema võimalikult lihtne. Kui vähegi võimalik, tuleks vältida tugesid ja tõmbe. Merelises keskkonnas tuleks kasutada nii vähe liiteid kui võimalik, sest korrosioon ja hõõre lõhuvad neid kiiresti. Kui neid on vaja siiski kasutada, siis tuleks need projekteerida ülesvoolu, kus pika aja jooksul peaks merepõhi olema kõrgem ja hõõrdumine väiksem.

Lainekoormuse puhul tuleb silmas pidada, et see ei mõju täpselt samal ajahetkel kõikidele vaiadele kogupikkuses. Pigem on tegu lokaalsetete impulssidega. Seega tuleks projekteerida konstruktsioon nii, et see suudaks hajutada mõjuvaid jõude.



Joonis 5.26. Plaaniline lõige laudise jätkamisest puitvaiadest buunil.

5.12.3. Eskiisprojekt ja soovitused edasiseks tööks

Eskiisprojekti koostamisel lähtuti tõsiasjast, et buunide plaanilahenduse täpsustamisel oleks vaja teha täiendavaid analüüse. Modelleerimine näitas, et buunid vähendavad oluliselt rannale pandud liiva ja seeläbi rannaastangu erosiooni, kuid täpne paigutus (samm, pikkus ja nurk rannajoone suhtes) tuleks määrata täiendava analüüsiga. Selleks võib kasutada nii modelleerimist kui ka erialakirjanduses toodud juhiseid. Käesolev töö annab põhimõttelise lahenduse ning soovitab ehitada buunid erinevates etappides, kus etappide vahele jääks mõne aasta pikkune seireperiood (vt soovitusi ptk 5.6), mis annaks olulist teavet buunide toimivuse kohta. Et buunid on kõige rohkem valesti kasutatud rannakaitseelemendid (USACE, 2002), siis on täiendav plaanilahenduste analüüs ja seire kindlasti vajalikud.

Eskiisprojekti joonised on toodud töö lisas (Lisa 1):

- Asendi plaan
- Buuni tüüplõige

Nende põhjal on võimalik määrata ehitusgeoloogilise uuringu puuraukude võimalikud asukohad ning hinnata visuaalset sobivust Valgeranda. Eelistatud on puitvaiadest buunid. Kaaluda võib kividest laotud buune.

5.13. Modelleerimise ja eskiislahenduse kokkuvõte

Käesolevas töös analüüsiti Valgeranna kaitsmist Pärnu jõe süvendamisel saadud liivaga ning buunidega. Töö sisendiks olid Tallinna Ülikooli Ökoloogia keskuse rannaprofiilide ja setete mõõdistused ning OÜ WiseParkeri poolt mõõdetud lainetuse parameetrid. Batümeetria saadi Transportiametist, Balti mere batümeetria andmebaasist (BSHC, 2013) ning Tallinna Ülikooli mõõdistustest. Lähteandmed olid tööks piisavad.

Esmalt kirjeldati lühidalt Katri Kartu magistritöös tehtud setete liikumise mudelit ja selle tulemusi. Lisaks anti teoreetiline ülevaade liiva kasutamisest ranna kaitsmisel ning selle kombineerimisel buunidega ja maismaast eraldatud lainemurdjatega.

Töös rakendati SWANi lainemudelit, saamaks sisendandmed setete modelleerimiseks ja lainetuse parameetrite arvutamiseks. SWANi lainemudelis kasutati Pärnus mõõdetud veetasemeid ning Kihnus mõõdetud tuuli. Mõlemad sisendandmed saadi Eesti Keskkonnaagentuurilt. Lainemudelit valideeriti 2021. ja 2022. aastal mõõdetud lainetuse parameetritega. Tulemused näitasid, et koostatud lainemudelit võib edukalt rakendada setete modelleerimise sisendina.

Setete liikumise ja heljumi leviku modelleerimiseks arvutati esmalt lainetuse parameetrid mudeli Delft3D moodulis WAVE (baseerub mudelil SWAN). Kasutati kolmeastmelist skeemi, mille iga kõrgema järgu mudel kasutas madalama järgu mudeli tulemusi. Rakendati erinevatele kvantiilidele vastavaid tuule kiiruseid ja veetasemeid. Vaadeldi peaasjalikult edelast puhuvaid tuuli, kuna need on sagedasemad ja põhjustavad rohkem setete liikumisi. Delft3D moodulisse FLOW pandi erinevatesse asukohtadesse 1 m paksuseid liivakihte ning vaadeldi nende liikumist erinevates stsenaariumites (kvantiilidele vastav veetase ja tuul).

Tulemused näitasid, et buunidega saab vähendada rannale pandud liiva erosiooni umbes kaks korda. Buunide vahekaugus ja arv mõjutab samuti erosiooni kiirust, kuid suhteliselt vähem. Doberanist läände pandud liiv erodeerub aeglasemalt kui itta pandud liiv. Seda mõjutab läänepoolse koha suhteliselt suurem varjatus ja idasuunalise transpordi puhul täiendav buun Doberani kohviku näol. Tugevates tormides kandub liiv meres kiiremini kui maal, kuid mahedamates oludes liigub meres olev liiv vähem. Eraldatud lainemurdjate efektiivsus on sarnane buunidega, kuid need torkavad visuaalselt rohkem silma, põhjustades võimalikku negatiivset mõju. Lainemurdjate rajamine on ka tõenäoliselt märkimisväärselt kallim rannakaitse lahendus.

Heljumi liikumisel tõdeti, et looduslik heljumi kontsentratsioon on üle 8 mg/l, mistõttu liiva kaadamisel kõige merepoolsemasse punkti on selle levikut taustsüsteemist raske eristada. Maksimaalne mõjuala (kontsentratsioon üle loodusliku) on maksimaalse läbimõõduga 100 m.

Eskiisprojekti koostamiseks viidi läbi simulatsioonid mudelis Delft3D nelja erineva tuule suuna puhul: alates 150° kuni 330°, 30-kraadise sammuga, korduvusperioodidega 2, 10, 50 ja 100 aastat. Erinevatele korduvusperioodidele vastavad ühekordsete sündmuste tõenäosused igal aastal (korduvusperioodidele vastavalt 50%, 10%, 2% ja 1%). Mitmekordsete sündmuste tõenäosus on väiksem. Teades sündmuste tõenäosust, on võimalik optimeerida konstruktsiooni. Lainetuse parameetrid esitati tabelitena töös. Eelneva põhjal koostati eskiisprojekti joonised ja anti soovitused edasiseks tööks. Vajalikud on buunidega plaanilahenduse täiendav analüüs eelprojekti staadiumis, buunide etapiviisiline ehitus ning seire.

6. Erinevad stsenaariumid liiva veoks.

Eelnevatest näidetest nägime, et liiva süvendamiseks ja liiva tagasitäitmiseks on Läänemere ääres kasutatud pea kõiki viise. On toodu karjääriliiva näiteks Leedus, aga ka kunagi Tallinnas Pirita ranna täiteks. Enne 1980. aasta olümpiamänge toodi Pirita rannale veokitega juurde umbes 10 000 m^3 Männiku karjääri liiva (Orviku, 2018). Huvitav on see, et tollal anti taastatud ranna elueaks (perioodiks, mil jälle tuleb liiva juurde tuua) 20 aastat. Tegelikult on tänaseks möödas üle 40 aasta ja nüüd võib öelda, et tollal randa toodud liiv on nüüdseks ammendunud. On näiteid avamerelt toodud liiva pumpamisest rannale ja on ka sadama suudmest süvendatud liiva toodud rannale. Näidetest ja ka modelleerimisest selgub, et ilmselt ummiklainetuse puudumise tõttu ei jõua suur osa rannanõlvale paigutatud liivast siiski rannale, mistõttu seda versiooni edasistes arvutustes ei kasutata.

Enne kui läheme detailsete stsenaariumite juurde, vajab selgitamist veel üks oluline faktor. Lisaks liivade keemilisele puhtusele ning terajämeduse sobivusele on aina enam tähelepanu juhitud ka liivade värvusele, ehk siis nö väljanägemisele. Näiteks Leedus leiti, et karjäärist randa toodud liiv oli teise värvusega ja see ei meeldinud inimestele. Lisaks sellele võib tumedam liiv minna kuumal suvepäeval hoopis soojemaks ja seeläbi mõjutada ka kogu elukeskkonda. Selleks et niisugust üllatust vältida, tegime muulide vahele kuhjunud liivade ja Valgerannas rannanõlval oleva liiva võrdlusfotod (foto 6.1). Võtsime settekeha pinnalt kolm proovi, kaks proovi kõrge orgaanika sisaldusega puuraukudest ning ühe proovi madala orgaanika sisaldusega puuraugust (kogu süvendatava liivamassi kõige representatiivsem proov). Kõrvutasime need proovid Valgeranna kohvikust pisut läänes asuvast madalast merest võetud prooviga (profiil 5) ning umbes 500 m idast (profiil 10). Parema võrdluse eesmärgil kõik proovid kuivatati. Nagu näeme, siis vaid kõige orgaanikarikkam liivaproov erineb pisut teistest, samas kui põhilist liivamassi iseloomustav liivaproov puuraugust nr 2 on Valgeranna liivaga sisuliselt identne. Tulemus on loogiline, sest suures osas oli kunagi tegu ühtse kulutus-kuhjelise süsteemiga ning ainus erinevus on nüüd ilmselt veidi kõrgem orgaanika sisaldus jõesuudme liivakehal, mis ilmselt kaob lühikese aja jooksul.

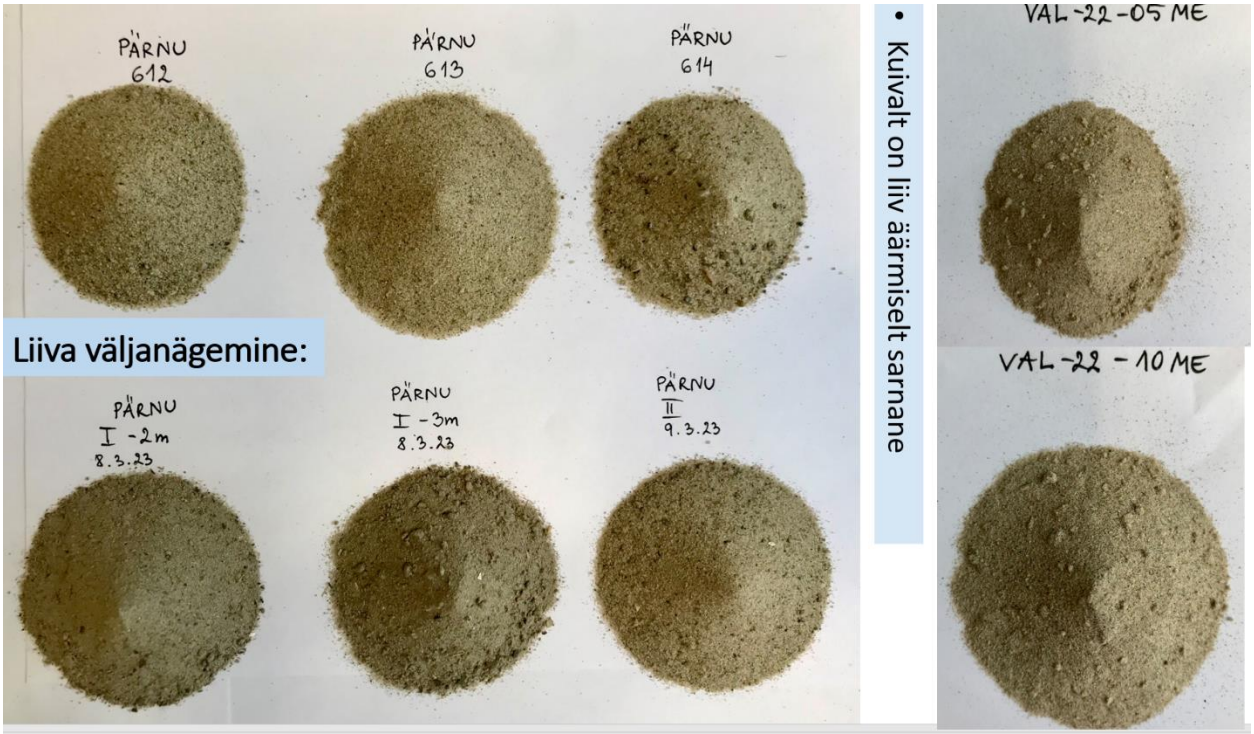


Foto 6.1. Muulidevahelise settekeha pinnalt võetud proovid (Pärnu 612-614), erinavtest puuraukudest võetud liiv (puurauk 1/1a on vastavalt tähistatud Pärnu I-2 ja I-3 ning puurauk 2 on Pärnu II). Kõige parempoolsemad on võetud Valgerannast, 0,5 m sügavusest merest.

6.1. Liiva pumpamine Watermaster tüüpi süvendajaga

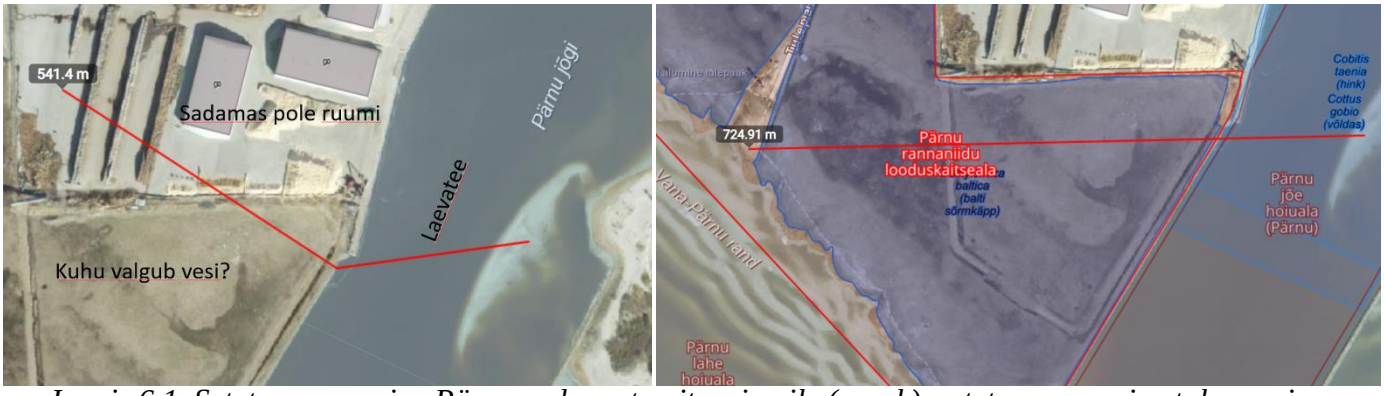
Alustatakse sellest stsenaariumist, sest nimetatud süvendaja on Eestis olemas AS Saarte Liinidel, mistõttu oleks see ilmselt kõige lihtsam/mobiilsem lahendus. Samuti oleks selle abil võimalik leida liivale kõige lühem transpordi teekond ning süvendusseade ei vaja liialt palju tööjõudu. Süvendaja ise on mobiilne (foto 6.2) ja ilmselt ei oleks selle veeskamine läbi Pärnu sadama infrastruktuuri kuigi aeganõudev. Samuti on transpordikulud mõistlikud (ca 5000 eurot).

Edaspidi jääme aga juba mitme probleemi küüsi. Üheks võimaluseks oleks liiva pumpamine sadama territooriumile esmaseks nõrgumiseks. Sellisel juhul oleks pumpamise teekond veidi üle 500 m (joonis 6.1). Nõrgumine sellisel meetodil on väga vajalik, sest pumpamisel käib kaasas ka umbes 50% vett. Nõrgumiseks oleks vaja ka tekitada vastav äravool. Kuna ümberkaudu on igal pool kas looduskaitsealad või jõgi ise, siis see tegevus osutuks niivõrd suure koguse vee juhtimisel äärmiselt keerukaks. Vähem tähtis pole ka fakt, et Pärnu sadama sõnul ei ole neil territooriumil sellist ruumi olemas ja võimekust sellist ruumi luua, sest nende ala on klientide kauba poolt väga pikalt juba ette broneeritud. Ruumipuudust aimab juba silmaga, kui sadamast mööda sõita. Pisut

problemaatiline on ka pumpamise toru juhtimine üle tiheda liiklusega laevakanali. On küll võimalik toru uputamine laevakanali põhja, aga see nõuab lisaressurssi ja aega.



Foto 6.2. Näidis Watermaster-tüüpi süvendajast (watermaster koduleht).



Joonis 6.1. Setete pumpamine Pärnu sadama territooriumile (vasak), setete pumpamine tulepaagi juurde rannale (parem).

Järgmiseks võimalikuks lahenduseks oleks pumbatava sette toru viimine tulepaagi juurde rannale (joonis 6.1). See on ainus koht, kuhu pääseb looduskaitsealasid otseslt mõjutamata. Sellisel juhul pikeneks pumpamise teekond umbes 700-800 m-ni, mille tulemusel langeb tublisti pumpamise niigi madal efektiivsus (tabel 6.1). Kui Pärnu sadamasse pumpamise juures oleks pidanud laev 30 000 m^3 pumpamiseks töötama üle 50 ööpäeva, siis rannale pumpamiseks kuluks samale kogusele üle 80 ööpäeva, mis on selgelt ebamõistlik. Kindlasti ei oleks see võimalik ei ilmastikuolude ega ka laeva vahepealse hooldusvajaduse tõttu. See tähendaks väga pikaajalist keskkonnamõju nii süvendusalal kui ka rannale kuhjamise piirkonnas (müra, võimalik heljumi teke jne).

Tabel 6.1. Pumpamise ajaline ja rahaline kulu erinevatel distantsidel ning lisanduv veokulu randa.

	Pumpamise kulud erinevate distantside puhul			
Distants (m)	**100**	**300**	**500**	**900**
Efektiivsus (m^3/h)	34	29	24	15
30 000 m^3 ajakulu (ööpäeva)	37	43	52	83
145 000 m^3 ajakulu (ööpäeva)	178	208	252	403
Kohaletoomine	5000	5000	5000	5000
Ööpäeva hind	2500	2500	2500	2500
Kogukulu 30 000 m^3	**96912**	**112759**	**135208**	**213333**
Kogukulu 145 000 m^3	**449240**	**525833**	**634340**	**1011944**
Veokitega vedu (18 km)	**hind/kiirus**	**Raha/aeg**		
Ekskavaatori tunnihind*1	55	13200		
Veoki tunnihind*4	45	43200		
Ekskavaatori efektiivsus (m^3/h)	125	240		
Kogukulu 30 000 m^3 saamiseks Valgeranda			**191608**	**269733**

Sellega ei oleks aga veel tegevused läbi. Rannale või sadamasse pumbatud liiv tuleks ekskavaatoriga tõsta autosse ning seejärel vedada Valgeranda. See tähendaks veokitele umbes 9 km kaugusele vedu ja tänase hinnakirja juures oleks koos ekskavaatori tunnihinnaga see kulu kokku vähemalt 43 000 eurot.

Oleme siin arvutanud ka stsenaariumi, et kogu liivakeha (143 0000 m^3) pumbatakse kas sadama territooriumile või rannale. Sellisel juhul võtaks sadamasse pumpamine aega üle 250 ööpäeva ja randa pumpamine üle 400 ööpäeva, mis mõlemad on selgelt ebamõistlikult pikad perioodid. Ka hinna mõttes oleks tegu suhteliselt kalli tööga. Sadamasse pumbates oleks kuluks vähemalt 630 000 eurot ja rannale pumpamise puhul üle miljoni euro. Lisaks eelnevale on AS Saarte Liinid öelnud, et neil on kokku 18 sadamat ning nende süvendaja vaba aeg on väga limiteeritud. Seetõttu võime öelda, et nimetatud versioon ei ole reaalselt mõistlikult teostatav.

6.2. Liiva pumpamine väiksemale alusele ja vaheladustus veepuhastusjaama territooriumil

Järgnevat versiooni käsitletakse seetõttu, et Pärnu veepuhastusjaamas on loodud infrastruktuur liigvee setitamiseks ning selle juhtimiseks merre. Olemas on ka ligi 2 hektari (ha) suurune lage plats. Samuti lüheneb veidi autotranspordi distants (8 km, eelmisel juhul 9 km) ning territooriumile on veokitel väga hea ligipääs. Paraku sellega suuremad eelised ka piirduvad.

Ilmselt oleks siinkohal võimalik kasutada süvendajat, millel on võimekus peale võtta kuni 1000 m^3 setteid. Sellega oleks võimalik sõita veepuhastusjaama ligi (distants umbes 4 km) ning pumbata setted kas otse või mööda toruliini veepuhastusjaama territooriumile. Paraku ei ole täpselt teada niisuguste süvendajate minimaalne navigeerimise sügavus tühjana ja täislastis. Küll on teada, et seesuguse süvendaja transpordi tasu on juba ainuüksi 100 000 eurot.



Joonis 6.2. Süvenduslaeva võimalik teekond (vasak), viimane km läbi Audru jõe suudme on süvis alla 2 m ja vajaks süvendamist. Veepuhastusjaamal on olemas ligi 2 ha suurune plats ja sinna ligipääsuks oleks vaja süvendada umbes 3000 m^3 jõesetteid.

Kuna pikemas perspektiivis on räägitud ka Audru jõe suudme laevatatavaks muutmisest (eelkõige väikealustele rekreatiivsel eesmärgil), siis oleks võibolla mõeldav koostöös Pärnu süvendamisega süvendada ka siinne ala. See tähendaks nii Audru jõe suudmealal liivade süvendamist, sellest lääne poole liivade liikumise tõkke rajamist (muul/buun) ning lisaks veel jõesetete (enamasti orgaaniline) süvendamist vahetult veepuhastusjaama territooriumi juures. Vastasel juhul võiks olla setete toruliini pidi pumpamise teekond umbes 800 m, mis muudaks kogu protsessi veelgi keerukamaks ja kallimaks.

Lisaks eelnevale selgus, et veepuhastusjaam ei kasuta neid platse enam nii nagu varem (settematerjali ladustamine) ja käimas on planeering, mille tulemusena kaetakse kogu ala päikesepaneelidega. Keerukas ligipääs merelt ja peatselt kaduva liiva vastuvõtu võimekuse tõttu ei ole selle stsenaariumi rakendamine tõenäoline, mistõttu kulu analüüsi ei tehta. Lähtuvalt süvendajate hindadest võib küll aga öelda, et hind ei tule kindlasti odavam kui eelmisel stsenaariumil.

6.3. Pumpamine laeva ja laevalt toruliini või „vikerkaarena“ Valgeranda.

Kuna laevade mahtuvus on tavaliselt üsna suur, siis on ilmselt tegu kõige kiiremini teostatava lahendusega. Samas teame me väga hästi, et kogu Eesti rannik, eriti veel Pärnu laht, on väga madal ning ookeanis kasutatavid laevu ei ole kuidagi võimalik siinsete süviste puhul kasutada. Seetõttu oleme leidnud kirjanduse põhjal, et madalamas meres kasutamiseks on sobilikud umbes 1000 m^3 mahutavusega laevad Hollandi firma Boskalis poolt (Appelquist, 2015). Ka nende puhul pole lõplikult selge, milline on nende nö turvaline töösügavus. Eeldame, et see ei saa olla kindlasti alla 2 m.

Laevadega sette randa pumpamisel on kaks peamist meetodit, millest ühel juhul pumbatakse liiv suure kaarega (nö “vikerkaarena) otse rannale (foto 6.3). Seesuguse meetodiga tekib võrdlemisi suur kogus heljumit, sest osa setteid langeb merre kogu kaare ulatuses, ja arvestades meie madalat rannikumerd, peaks see pumpamine olema üsna pikalt distantsilt. Transpordiameti kaardilt nähtub, et 2 m samasügavusjoon paikneb rannast umbes 250 meetri kaugusel, mistõttu võiks arvata, et seesugune pumpamine ei ole just kõige tõenäolisem. Liikudes piki randa veidi itta või läände, on meri samuti pisut madalam, mis tähendab, et 250 m distants on pigem minimaalne. Arvestades ka

sellega, et planeeritav ranna tõstmise piirkond on rannakaluritele väga oluline püügiala, siis muutub niisuguse meetodi kasutamine veelgi ebatõenäolisemaks.





Foto 6.3 (vasak) Liiva pumpanine rannale „vikerkaarena" ja foto 6.4 (parem) liiva pumpamine randa toruliini mööda.

Teiseks variandiks on laeva ühendamine toruliiniga ning piki seda setete pumpamine otse rannale (foto 6.4). Nagu pumpamisega ikka, moodustab pumbatavast materjalist umbes 50% vesi. Kuna pumbatavas materjalis on vähesel määral nii orgaanikat kui ka peenemaid setteid, siis on tõenäoline, et ka selle meetodiga tekib üsna ulatuslik heljumi hulk. Õnneks on muidugi meetodi eelis see, et kogu töö käib üsna kiirelt ning mõju periood on lühike ja on ilmselt sarnane mõne väga tugeva tormiga, ehk siis sarnane loodusliku protsessiga. Sellisel viisil on merre uhutava heljumi hulk alati oluliselt väiksem.

Kuna meie piirkonnas püsivalt seesuguseid süvendajaid ei ole, siis tuleb see tellida kaugemalt. Parimal juhul õnnestub see tellida kuni 1000 meremiili kauguselt. Sellisel juhul on ainuüksi laeva kohaletoomise kuludeks umbes 100 000 eurot (2012. aasta hindade põhjal, Appelquist, 2015). Tavaliselt hinnatakse niisuguste laevade töö kestvust nädalates, ehk siis minimaalseks töötasuks on täiendavalt 100 000 eurot (tabel 6.2). Laeva tööjõudluseks peetakse umbes 6000 m^3 ööpäevas, mis tähendab, et Valgeranna jaoks vajaliku liiva vedu võiks kesta umbes 5 päeva. Sellise mahu vedamise puhul on arvestatud, et vedu võiks olla kuni 5 km kugusele. Meil on aga ilmselt veo distants umbes 9 km. Hinnale ei ole aga lisatud näiteks toruliini paigutamise ja eemaldamise kulu ning selle pideva pikendamise kulu, mis on Valgerannas ilmselt hädavajalik. Samuti on kogu pumpamise perioodi jooksul vaja buldoosereid, mis rannale kuhjuva liiva vajalikku kohta lükkavad ning ei lase sellel tagasi merre voolata. Ilma lisakulusid arvestamata (puhtalt laeva

rentimise hind) saame 30 000 m^3 liiva Valgeranda toimetamise kuluks umbes 175 000 eurot. Kuna tegemist on ka 2012. aasta hindadega, siis on tõenäoline, et tänaseks on see hind kõrgem.

Kõige positiivsemaks selle meetodi juures on kiirus. Hea ilma korral on võimalik kogu töö lõpetada ühe nädala jooksul. Samas kätkeb sellega ka risk. Kuna laeva tellimine ja kohalejõudmine on pikk protsess, siis on alati võimalik, et laeva saabumise ajal on ebasoodne ilm, mis ei võimalda kas setet rannale pumbata või laeval rannale piisavalt ligidale sõita või toruliini paigaldada. See võib oluliselt protsessi pikendadad ning muuta seeläbi ka hinda oluliselt kallimaks.

Tabel 6.2. 1000m^3 mahutavusega süvendaja kasutamise kulud

Kohaletoomise kulu (eur)	100 000	kuni 1000 meremiili kaugusele
Päeva kulu	15 000	(nädala kulu 100 000 eur)
Päevane võimekus (m^3)	6 000	kuni 15 km vedu (meil ca 9 km)
30 000 m^3 veo kulu	**175 000**	Ei ole arvutatud võimalikku toruliini
145 000 m^3 veo kulu	**462 500**	
* Hinnad baseeruvad 2012. a. arvutustel (Boskalis)		

Kuna laeva tellimise hind on üks, siis oleme arvutanud ka kogu liiva äraveo kulu. Kogu livamassi vedu võiks seega maksta umbes 462 000 eurot. Siinkohal kerkib aga praktiline küsimus, et kuna rannas seda liiva nii palju vaja ei ole, siis oleks vaja leida täiendav ala, kuhu pääseb seesuguse laevaga lihtsalt ligi ning kust on võimalik seda liiva hiljem edasi vedada. Siinkohal ilmselt takerdume küsimuse taha, kus seda liiva võiks edaspidi vaja minna. Kogu muulide vahele kuhjunud liiva vedu võtaks sellisel juhul aega umbes 25 päeva, ehk siis 3-4 nädalat.

Kokkuvõtteks võime öelda, et meetod on ilmselt kõige kiirem ja seega mõju keskkonnale ja inimesele kõige lühiajalisem. Samas on tegu väga vähese paindlikkusega meetodiga. Seetõttu võib väikeste muutuste korral (ebasoodus ilm) oluliselt muutuda nii töö hind kui ka tulemus.

6.4. Süvendus ekskavaatoriga, vaheladustamine, vedu maanteetranspordiga.

Nagu varasemast võisime näha, on nii Eestis kui ka Leedus varasemalt kasutatud maanteetransporti liiva randa toomiseks. Tõsi, varasemalt on liiva juurde toodud karjääridest, nüüd tuleks kasutada sama metoodikat liiva merest ammutamisel. Selleks tuleb ilmselt protsess läbi viia

mitme sammuna. Kuidas täpselt iga samm välja näeb, see on juba konkreetse tööde läbiviija otsutada ja käesolevas peatükis kirjeldame prostsessi vaid nn tegevusvoona.

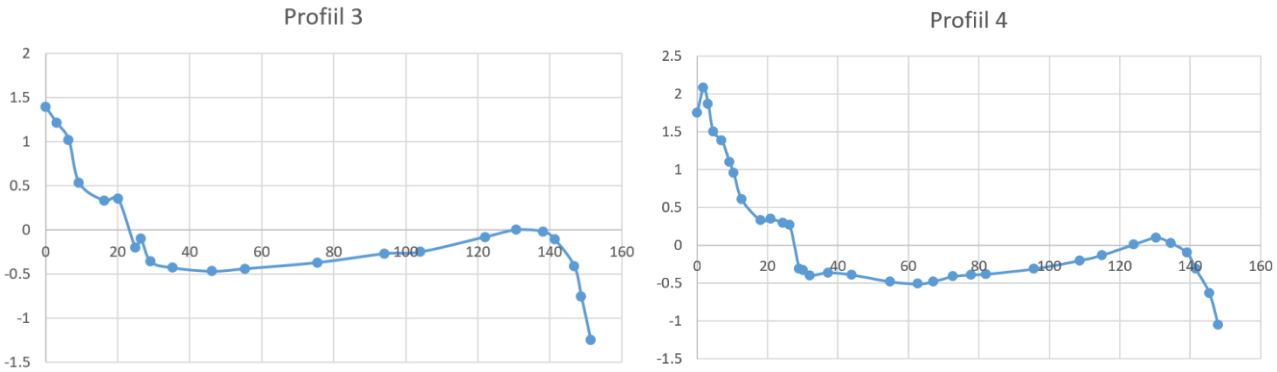
Esmalt tuleb kasutada pika noolega ekskavaatorit (näiteks 30 m tööraadiusega, foto 6.5a) ning sellega hakata süvendusmaterjali tõstma nö „auna“ nõrguma. Selles faasis toimub esmane ja ühtlasi ka põhiline nõrgumine, kus vesi ja ilmselt osa jõest pärit orgaanikat uuesti jõkke tagasi voolab. Kuna näiteks kevaditi on sellise orgaanika sisaldus jõevees väga kõrge, siis süvendusega looduslikku fooni ilmselt väga ei muudeta. Siin on juba konkreetse ettevõtte enda plaan, kas on võimalik süvendust planeerida nii, et kohe esimesel sammul jõega ühendust ei tekigi või alustada süvendust kohe sügava laevakanali piirilt.



Foto 6.5. a) Pika noolega ekskavaator süvendab; b) dumper tüüpi karjääriveok veab esmase nõrgumise järel materjali suurema tee äärde kogumisplatsile; c) ala, kust pääseb väikese vaevaga dumper tüüpi autoga settekehalt rannale

Teise sammuna tuleb kasutada veel ühte ekskavaatorit ja dumper (nn karjääriveok) tüüpi veokeid (foto 6.5b). Teise kopaga tõstetakse esmase nõrgumise läbinud liiv karjääriveokile ning see pääseb üle muuli madalama osa (foto 6.5.c) Naisteranna esisele liivaribale. Mõõdistamised näitasid, et

siinne meri ei ole üldjuhul sügavam kui 0.5 meetrit (joonis 6.3), mis on nii karjääriveokile kui ka ekskavaatorile täiesti sobilik töötamise keskkond. Siit saab veokiga sõita kas kuni Side tänava otsas paikneva eravalduses oleva parklani (1,9 km kaugusel, umbes 10 000 m^2 suurune ala, joonis 6.4a) või Strand hotelli taga olevale ladustamisplatsile (umbes 2,7 km, platsi pindala pole teada, joonis 6.4b), kus toimub lõplik liiva nõrgumine. Nõrgumisvee võib siin juhtida orgaanikarikkale roostunud alale, kuhu seesugune vesi peaks ideaalselt sobima, kuna sinna kuhjab meri tormidega pidevalt suurtes kogustest orgaanilist materjali (adruvallid, roostiku ja muu taimestiku kõdunemine).



Joonis 6.3. Ristprofiilid mõõdistatud üle liivakeha (profiilide asukoht joonisel 2.13).



Joonis 6.4. Teekond muulidevaheliselt liivakehalt; a) Side tänava lõpus oleva parklani (vasak), b) Hotell „Strand“ taga olevale ladustusalale.

Siia on võimalik juba ligi pääseda suurtel nö vann-tüüpi maanteeveokitel. Sellel platsil toimuks lõplik liivade laadimine ja vedu Valgeranda. Distants piki maanteed Valgeranda on siit umbes 19 km. Esmane arvutus näitab, et meil peaks olema vaja korraga 3 ekskavaatorit, 2 karjääriveokit ning umbes 7 vann-tüüpi veokit (tabel 6.3). Sellelt alalt ei ole kohe kiirelt vaja liiva minema vedada, sest siin ei ulatu ajuvesi enamasti seda kimbutama. Samas peab oleme ettevaatlik tuulekulutuse

suhtes, mis saab liiva kergesti ümbritsevale alale laiali kanda. Ilmselt on tuule mõju väiksem Strandi tagusel alal, sest see on enam varjatud roostikust, põõsastest ja puudest.

Tabel 6.3. 30 000 m^3 liiva süvendamise ja veo kulu (nii aeg kui rahaline kulu) Valgrenda

Artikkel	Tunni hind	Kogus	Jõudlus tunnis	Ajakulu (1 masin)	Hind (EUR)
Ekskavaator	55	3	125	240	**39 600**
Dumper	70	2	62,5	240	**33 600**
Veok	45	7	17	1765	**79 412**
Hind kokku					**152 612**

Kalkulatsioonist näeme, et üllatuslikult on tegemist kõige soodsama viisiga liiva jõest välja tõstmiseks ning Valgranda transportimiseks. Siin on arvestatud, et ühe kopa jõudlus 8 tunni jooksul võiks olla umbes 1000 m^3. See info pärineb reaalselt kopateenust pakkuvalt ettevõttelt. Ka ajaliselt kuluks kõikide tegevuste paralleelselt läbiviimiseks vaid 10 ööpäeva. Ilmselt oleks siin mõeldav kahes vahetuses töötamine (vahele jääks 8 tundi öörahu), siis oleks võimalik kogu töö läbi viia umbes 15 päevaga, mis on hea tulemus.

Meetod ei ole küll kõige kiirem, ent on kõige paindlikum. Ilmastikuolude ebasoodsaks muutumisel on võrdlemisi väikeste kuludega võimalik teha paus. Samuti on mõju loodusele suhteliselt väike. Rannale kuhjamisel hõljumit eriti ei teki ning esmasel nõrgumisel voolab vesi tagasi oma loomulikku keskkonda. Praegu on arvesse võetud vaid 30 000 m^3 liiva vedu, aga meetodi paindlikkus võimaldaks osaliselt selle liiva vedu näiteks ka Lottemaa randa ning ülejäänud mahus müüa täiteliivaks.

6.5. Meetodite võrdlus

Varasemates peatükkides nägime, et Leedus ja Poolas olid liiva randa transportimise kulud üldiselt üle 10 euro/m^3. Meie puhul näeme, et kolm erinevat meetodit jäävad kõik sellele oluliselt alla (tabel 6.4). Kõige kallim on AS Saarte Liinid Watermasteri kasutamine, mille puhul hind ulatub ligi 6,4 €/m^3. Samas on maanteetranspordi hinnaks vaid ca 5,1 €/m^3. Kõige kiiremini teeb töö ära süvenduslaev, millel kuluks aega 5-7 ööpäeva. Sarnane ajakulu on maanteetranspordil, kus selle töö tegemiseks kuluks 10 ööpäeva (reaalsuses kuluks ilmselt umbes 2 nädalat) ja kõige aeglasemaks osutub Watermaster süvendaja, mis kulutaks 52-80 ööpäeva sama töö tegemiseks. Sellele lisanduks veel maatetranspordi aeg.

Tabel 6.4. Kolme erineva meetodi efektiivsuse võrdlus

Meetod (30 000m^3)	Kuluv aeg (ööpäevi)	Maksumus	Hind m^3
Waternaster, torupump	52-80	**191 608**	**6,89**
Süvenduslaev	5-7	**175 000**	**5,83**
Maanteetransport	10	**152 612**	**5,09**

Siinkohal toome võrdluseks liiva hinna karjäärides ja meie liiva randa saamise hinna. Näiteks Tallinna külje all paiknevas AS Silikaat liivakarajääris on täiteliiva hinnaks 5,1 €/tonni kohta, mis teeb ühe kuupmeetri hinnaks veidi üle 8,5 euro (erikaaluks arvutatud 1,7 t/m^3). Ehk siis võiksime öelda, et saame muulide vahelt liiva Valgeranda soodsamalt kui karjäärist. Kuna Pärnu lähistel ei ole suuri liivakarjääre, siis ulatuvad siin täiteliiva tonni hinnad üle 6 €/t, ehk siis ühe kuupmeetri täiteliiva hind on umbes 10 eurot.

Liiva karjäärist ostmisel oleks Valgeranda viidava materjali hind umbes 200 000- 250 000 eurot, samas kui meie kõige soodsam meetod kulutaks aga liiva jõest randa saamisele vaid veidi üle 150 000 euro. Kui arvestada seda, et meil on saadava liiva kogus umbes 146 000 m^3, sellest 30 000 m^3 kuluks Valgerannale, võibolla veel 5000 m^3 Lottemaa piirkonnale, siis jääks üle ligikaudu 110 000 m^3. Selle võiks vajadusel ja võimalusel maha müüa näiteks Rail Balticule täiteliivana või mõnele muule infrastruktuuri objektile. Kui arvestada hinnaks vaid 5 eurot tonn, siis oleks meil järelejäänud liiva hind 900 000- 950 000 €/t, mis tähendab, et Pärnu linn saaks selle liiva eest kogu projekti kinni maksta ning jääks veel veidi kasumissegi. Vähem oluline pole ka fakt, et tänu sellele liivale jääks avamata üks karjäär, mis oleks 1 km pikk ja 110 m lai ning 1 m sügav.

Lähtudes eelnevast, oleks mõistlik süvendusluba ja sellega ka süvendusmaht jagada mitmetele aastatele, näiteks kuni kümnele aastale. Lisaks töö hajutamisele tagaks see pideva täiteliiva olemasolu (vastavalt sellele, kuidas lähipiirkonna objektidel on liiva vajadus), lühemaajalise ühekordse keskkonnamõju ning selle aja jooksul kuhjuva liiva maht pidevalt suureneks, tõenäoliselt 30 000 m^3 kuni 50 000 m^3 võrra.

6.6. Edasised tegevused rannas liiva kinnistamiseks ning tuleviku väljavaated.

Eelnevates peatükkides toodud lahenduste abil saime liiva vaid rannale. Senised arvutused on näidanud, et tegelikult peaksime sinna paigutama umbes 30 000 m^3 setteid kokku. Sellest umbes 6000 m^3 võiks paigutada Doberani kohvikust läände, umbes 0,7 m paksuse kihina ja umbes 450 m pikkusele lõigule. Ülejäänud 24 000 m^3 võiks paigutada kohvikust itta, umbes 1200 m pikkusele lõigule kuni 1 m paksuse kihina ja umbes 20 m laiusele alale. Ilmselt tuleks lõplikus projektis liiva koguseid täpsustada vastavalt viimase hetke mõõtmistele. Veidi suurem liiva kogus tuleks paigutada kohviku lähistele ja kihi paksus peaks vähenema kohvikust ida suunas liikudes. Liiv tuleks kalluritega kallata otse rannale ning buldooseritega tasandada. Ideaalis võiks see tegevus olla samaaegne buunide ehitusega, mis vähendaks liiva transporti piki randa tagasi Pärnu suunas.

Mitmetes Läänemere ääres läbi viidud projektides on märgitud, et oluline osa liivast on tihti liikunud rannas sisemaa suunas, sh metsa alla. Siinkohal peaksime rakendama paralleelselt mitmeid meetmeid liiva rannas kinnihoidmiseks. Üheks looduslikuks viisiks on luidetele taimede istutamine ja luidete kasvatamine (foto 6a). Selleks istutatakse ajuranda luidetele tüüpiline taimestik (luidekaer või vareskaer) ning takistatakse inimestele istutusalale ligipääs. Tavaliselt istutatakse niisugune taimestik väikeste lapikestena ja ümbritsetakse nöörist piiretega.



Foto 6. a) luidete kasvatamine Saksamaal, Warnemünde rannas; b) maismaa suunas liikuva liiva kinnistamine punutiste abil Palanga rannas.

Seesugused taimi täis istutatud luited saavad kindlasti tihti tormide poolt kahjustatud, ent üldjuhul nad ka taastuvad võrdlemisi kiirelt. Istutamise protsess on iseenesest lihtne ja selle kulud võib viia väga madalaks, näiteks võib istutamise läbi viia talgute korras. Ka ei ole vajalik kogu ala korraga

täis istutada, seda võib teha järk-järguliselt ja vastavalt vajadusele, mis võiks ilmneda monitooringu käigus.

Teiseks oluliseks meetodiks on astangute stabiliseerimine ja sealsete liivade kinnistamine. Seda võib teha süsteemselt, punutiste ja kunstlike puidust ribade rajamisega, nagu on näha fotol 6 b. Niisugune meede püüab tuulega mööda randa liikuva liiva lõksu ja juba kujunev eesluide muutub hiljem ise takistuseks ülejäänud liikuvale liivale. Võimsamate tormide korral toimivad seesugused punutised aga olulise erosiooni pidurdajana ja üldjuhul lainetus nendest läbi ei murra. Kui Poolas võisime näha, et luite jalami stabiliseerimiseks kasutati vorstikujulist geotekstiilist ümbritsetud liivaga täidetud kunstlikku keha, siis tegelikult võib sarnase tulemuse anda ka looduslik lahendus. Astangu jalamile rajatud punutised või sinna kuhjatud oksad, puude juurikad või keerukad kõverad puutüved võiksid olla selle meetme looduslik analoog. Tihti paigutatakse oksi seesugusele astangule ka lihtsalt liivade püüdmiseks. Võib öelda, et Valgreand on juba astunud esimese olulise sammu astangu stabiliseerimiseks ja ühtlasi liivade püüdmiseks (foto 7).



Foto 7. Kohvikust veidi idas on astangu jalami stabiliseerimiseks sinna paigutatud nende puude juurikad, mis varasemate tormidega astangu pervelt alla varisesid.

2020. aasta varakevadise tormi järel Valgeranda langenud puude juurikad ja osaliselt ka võrad kuhjati sealse astangu jalamile (foto 7). Suvel koguneb liiv juurikate ja okste vahele ning need mattuvad osaliselt liiva alla. Sügistormidega murrutab laine sealt osa liiva ära, aga tänu vahepeal kuhjunud liivale ning seesuguse puitmaterjali lainetust puhverdavale mõjule lained astangu jalamit murrutama enam ei ulatu. Valgerannas võime näha, et seal, kus on piisavalt puitu astangu jalamil, ei ole pärast 2020. aastat enam astangu taganemist toimunud. Veelgi enam, kui rannale tuua liiva juurde, siis kattub kogu see puit liivaga, mille all ta võib säilida kümneid aastaid. Ekstreemsete tormide korral funktsioneerib seesama puit aga kui viimane kaitseliin astangule, just nagu Poolas kasutatud geotekstiilist vorstikujuline kaitsetõke.

Pikemas perspektiivis näitas modelleerimine, et liivad kanduvad aeglaselt, vaatamata buunidele, Audru jõe suudme suunas. Tulevikus võiks selle protsessi panna enda kasuks tööle. Võrreldes vanu kaarte, näeme, et Audru jõe suue on tänaseks nihkunud umbes 300 m ida suunas (joonis 6.5). Audru jõgi on kogu selle ala vähemalt paari meetri sügavuselt tühjaks kulutanud ning tänaseks ohustab ta juba Pärnu vee süvalasu toru.



Joonis 6.5. Lilla punktiirjoon tähistab Audru jõe läänepoolset kallast ja Valgeranna merepoolset piiri 1973. aastal. Sinine punktiirjoon tähistab Audru jõe idapoolset kallast samal aastal.

Tulevikus võiks rajada paarsada meetrit Audru jõe tänasest suudmest lääne poole buuni, mis aeglustaks setete uhtumist jõesängi. Jõe suuet võiks ekskavaatoriga süvendada laiemaks just

läänepoolsest küljest, kus on settinud ainult rannaliivad. See tooks suudme uuesti tagasi lääne poole ja vähendaks negatiivset mõju Pärnu Vee süvalasule. Süvendatud liiva saaks aga hõlpsasti vedada otse dumper tüüpi veokiga Valgeranda, just sinna, kus parasjagu seire näitab suuremat liivavajadust. Nii oleks võimalik jälgida ka modelleerimise peatükis märgitut, et vajadusel võib teha buune juurde või lisada erinevatele lõikudele liiva juurde. Kuna liivad ikka liiguvad mingil määral jõe suudmesse, siis võiks seda protsessi korrata kasvõi igakevadiselt, sest kogused ei ole suured, töö on odav ja mõju keskkonnale on minimaalne, samas on tulemuseks väga heas seisus puhkerand.

6.7. Metoodika ja selle kasutusvõimalused mujal Eestis

Projekti alguses oli planeeritud kirjeldada ühtset metoodikat, mida võiks kasutada mujal Eestis ning tuua välja analoogsed alad, kus see lahendus võiks toimida. Projekti käigus on selgunud, et ilmselt on terve rida kohaspetsiifilisi küsimusi, mida ei saa ühtse metoodika rakendamisega lahendada, ent siiski saab anda päris olulisi suuniseid. Üheks selliseks küsimuseks on, kellele kuulub maa-ala, millel süvendamist planeeritakse? Sellest sõltub väga palju. Teine küsimus on kindlasti ka geoloogiline iseärasus, näiteks Pärnu piirkonnas ei ole rikkalikke liivakarjääre, mis teevad seesuguste teemadega tegelemise veelgi olulisemaks. Samas on piirkonnas lähiajal plaan arendada suuri taristuobjekte nagu Rail Baltic ja Via Baltica 4-realiseks ehitatavad lõigud.

Seesuguste projektide puhul võiks tegevuste kava olla järgnev:

a) Esimeseks ja kõige olulisemaks sammuks on rannaprotsesside iseärasuste väljaselgitamine. Väga oluline on teada, kus toimub kuhje, kus kulutus ning kas esineb setete pikirännet. Pikirände korral tuleb välja selgitada ka liikuvate setete hulgad. Siinkohal on mitu lihtsat võimalust. Esimese sammuna tuleks viia läbi vanade kaartide, aero- ja orotofotde analüüs, jälgides nii rannajoone kui ka võimalusel astangu perve muutuseid. Seesugune analüüs võiks olla kahes etapis. Pikaajalised muutused (tendents), mille puhul võib kasutada ka vanu kaarte, nagu näiteks 1904. aasta üheverstane kaart. Kui aga minna juba protsessi kiiruse analüüsini, siis peaks keskenduma vaid aero- ja ortofotode analüüsile, sest nende täpsusklass on oluliselt suurem. Hea kvaliteediga aerofotod on meil saadaval alates 1993. aastast, aga vahel leiab andmeid ka 1950ndate ja 60ndatest. Liikuvate mahtude analüüsil on tihti abiks ka rannajoonele rajatud vanad ehitised nagu muulid ja

rannakindlustused, mille taha kuhjuvate setete hulga järgi on võimalik tuletada setete liikumise mahte.

b) Järgmise sammuna tuleb kindlaks teha riiklike seirete olemasolu. Juhul kui riiklikku rannikuprotsesside seiret tehakse, siis tuleks seda täiendada omapoolsete mõõtmistega. Juba projekti alguses peaks paika panema seireprofiilide võrgustiku, mis ulatuks kamardunud rannast kuni ca 1,5 m sügavusse merre ja kataks kulutus-, edasikande- kui kuhjeala. Vanade andmete võrdlemisel on võimalik paremini mõista liikuvate setete mahtu ning setete dünaamikat, ühtlasi on võimalik ka kaardistada merepõhja pindmisi setteid. Tänapäeval on võimalik kasutada ka LiDAR kaardistamise andmeid, kuid need töötavad aga kahjuks ainult kuival maal ja astangute jalamitel võib nende mõõteviga osutuda liialt suureks, eriti tiheda metsaga kaetud murrutusaladel. Lisaks rannaprofiilide või tasapindade mõõtmisele võiks paralleelselt viia läbi ka lainetuse parameetrite mõõtmised, kui seda piirkonnas varem tehtud pole.

c) Kui meil on nüüd selge, kuidas rannaprotsessid toimivad, kuidas sete kuhjub sadamasse ja kus seda puudu jääb, siis tuleb läbi viia setete analüüs. Tuleks teha setete granulomeetria (terajämedus) ning setete keemia (seda üldiselt ainult süvendatavalt alalt). Keemiliste analüüside juures tuleks analüüsida raskmetallide ja PAH-ide sisaldust (tüüpilised saasteained sadamates). Lisaks tuleks süvendatud alal määrata liivade orgaanika sisaldus, sest orgaanikarikkaid setteid liivarannale ei panda. Siin peab silmas pidama, et süvendatavalt alalt võetavad setted peaksid olema võimalikult sarnased piirkonnale, kuhu neid kavatsetakse pumbata/kuhjata, nii terajämeduselt (eelkõige mediaanväärtus) kui ka värvuselt.

d) Geofüüsikalised uuringud tuleks läbi viia juhul, kui rannale kavatsetakse ka midagi ehitada (näiteks buunide rajamine) või täpsemate settekoguste ja veealuste setete liikumisteede uurimiseks. Kui näiteks erosiooniala on osaliselt merepõhjas, siis oleks oluline teada selle võimalikku settevaru. Ehituse sisukohalt on samuti oluline teada merepõhja geoloogiat, et välja selgitada, millised tehnikad võiks seal olla sobilikud ja kuidas võiksid rannaprotsessid selles piirkonnas pikemas perspektiivis muutuda (kas rannaprofiilil levivad ühelaadsed setted või on need erinevalt erodeeritavad ja seetõttu muudavad erosiooni kiirust ajas).

e) Suhtlus erinevate osapooltega võib alata ka varem, aga ilmselt on mõistlikum käia eelnevad punktid läbi, mis näitab teid oluliselt usaldusväärsemana, sest teil on juba kohalikest

protsessidest rohkem aimu. Oluline on suhelda maaomanikega, sadama omanikega ning piirkonda haldava kohaliku omavalitsusega ning keskkonnaametnikega. Märkimata ei saa jätta kohalikke turismiettevõtjaid ja kalureid, keda nii süvendamine kui ranna täitmine kindlasti mingil määral kõnetab.

f) Nüüd võiks alustada modelleerimisega. Eelnevalt on ilmselt selge kust kui palju setteid puudu jääb ja kuhu kui palju kuhjub. Modelleerimisel võiks kasutada sarnast lähenemist käesolevale tööle, kus võetakse läbi kõige olulisemad stsenaariumid ja tõenäosuse põhjal leitakse setete liikumise mustrid ning mahud. Võimalusel seotakse modelleerimise tulemused juba esialgse eskiislahendusega ning kohendatakse mudelit. Modelleerimise tulemusel võiks eskiislahendust kohendada kõige sobilikumaks ja otstarbekamaks ning anda selle põhjal juba hinnangud konkreetsete meetmete efektiivsuse ja ajalise vastupidavuse kohta.
g) Järgnevalt tuleks käsitleda erinevaid alternatiive liivade transpordiks sadamast planeeritavale rannaalale. Siinkohal tuleb silmas pidada seda, et muu maailmaga võrreldes on meil liikuvate setete kogused väikesed ja tihti on väikeima mõjuga, kõige odavam ja kõige paindlikum autotransport. Peab silmas pidama, et piirkonnas toimetavad süvendusseadmed on juba koormatud ning kaugemalt süvenduslaevade transport on kallis ning laevade süvised tihti liialt suured meie piirkonnas töötamiseks. Oluline on ka meeles pidada, et merre, rannanõlvale setete pumpamine meil hästi ei tööta. Võimalusel tuleb uurida kas liivade vaheladustuplatsi loomine nõrgumiseks on vajalik või on võimalik materjal pumbata/vedada kohe vajalikku kohta. Kindlasti peab analüüsima, kas võiks tekkida liiva ülejääki ning kas selle kvaliteet/maht oleks oluline piirkonna täite/ehitusliiva vajaduse rahuldamiseks. Alterantiivide analüüsil tuleks vaadata esimesena seda, kuidas oleks võimalik kohalikke ressursse kõige otstarbekamalt kasutada (võimalikud ladustusalad, ligipääsuteed, sadama seadmed jms).
h) Mahtudest lähtuvalt märkida ära, kas KMH läbiviimine on vajalik ja kas süvendamine on pigem ühekordne protsess või seda võiks teha ositi pikemal perioodil. Süvendusperioodi pikendamine hajutab ka keskkonnamõju ning aitab ühtlasi kohandada rannakaitsemeetmeid. Juhul kui tekib materjali ülejääk, siis on võimalik süvenduse perioode ajastada infrastruktuuri või muude suurte projektide täiteliiva/ehitusliiva vajadusega.

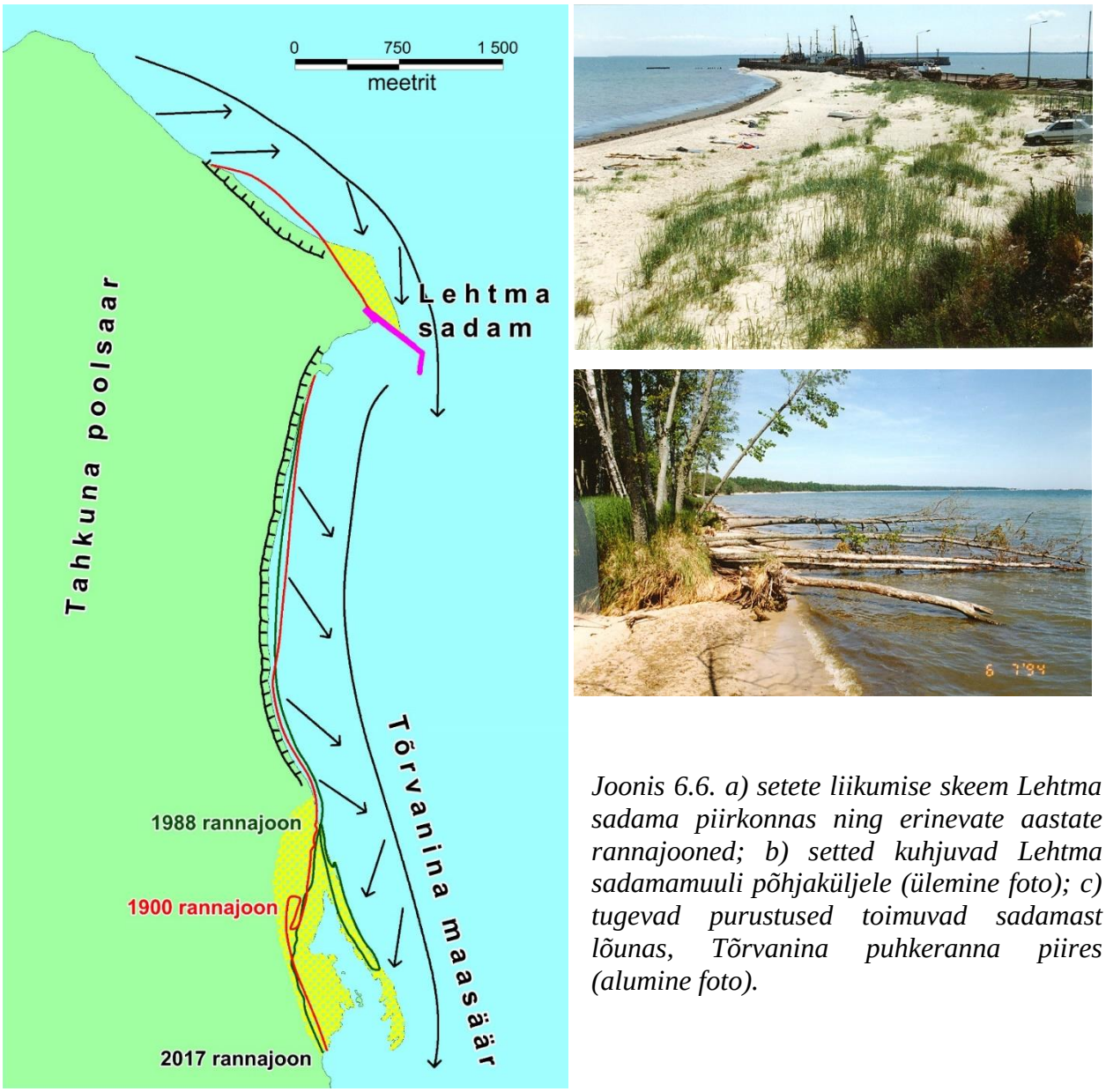
i) Seadused ja õiguslik analüüs. Peab märkima, et kuna seadused on muutuvad, siis muutub ka see osa üsna kiirelt. Siin on aga mõned olulised küsimused. Väga oluline on omandi küsimus, sest tuleb välja selgitada, kellele kuulub süvendatav liiv. See on eriti oluline, kui tekib liiva ülejääk ja esile kerkib liiva müügi küsimus. Väga oluline on ka küsimus ranna taastäitmisest. Sellega nihutatakse rannajoont mere poole, siin peab olema äärmiselt ettevaatlik, et seda ei kasutataks ära ka ehituskeeluvööndi meresuunaliseks nihutamiseks. Võime eeldada, et tagasitäidetavas rannas jääb rannajoon pikemaks ajaks enam mere poole, kui ta algselt oli, aga peaksime kindlasti vältima olukordi, kus seda süsteemi proovitakse ära kasutada nö ajutise rannajoone nihutamisega, et nihutada ehituskeeluvööndit mere poole.

Järgnevalt oleme vaadanud mõned näited koos lühikirjeldusega sellest, kus projekti käigus kasutatud ja eelnevates peatükkides kirjeldatud metoodikat võiks projekti ettevalmistamisel kasutada. Need näited ei ole loomulikult kõik võimalikud juhtumid Eestis, vaid on juhuslik valik, mis on sõltunud nii autorite eelnevatest töödest, materjalide kättesaadavusest ja ühtlasi kirjeldavad veidi erinvaid analooge.

Lehtma sadam ja Tõrvanina rand

Tegemist on mõneti sarnase olukorraga Pärnule. Mööda Tahkuna poolsaare randa liiguvad liivad vaikselt lõuna suunas ja kuhjuvad lõpuks Tõrvanina (Tareste) maasäärena (joonis 6.6a). Juba möödunud sajandi keskpaigast alates on seda setete liikumist häirinud Lehtmale rajatud sadam ja selle põhjapoolne muul, mille taha setted on kuhjunud (joonis 6.6b). Selle tõttu jääb sadamast lõunas oleval rannal aastas puudu umbes 1500-1800 m^3 setteid. Sadam on mitmel korral liivaga täitunud ning sellele on järgnenud süvendamine. Süvendamisel saadud materjal on aga kaadatud rannast suhteliselt kaugele ja sügavale, sisuliselt on kordunud Pärnu näide, kus väärtuslik rannaliiv on viidud süsteemist välja ja uputatud avamere põhja. Samal ajal esineb aga rekreatiivselt olulises liivarannas setete defitsiit (joonis 6.6c), kiire erosioon on hävitanud juba mitmeid RMK puhkerajatisi ja peagi on ohtu sattumas elumajad ning pikemas perspektiivis ka maantee.

Sadamasse liikuv liiv on ka siin üldjuhul väga hea kvaliteediga rannaliiv ning erinevalt Pärnust puudub jõest tulev rohke orgaanika. Juba on algatatud KMH ning selle käigus on pakutud üheks võimaluseks setete pumpamine sadamast veidi lõunasse asuvasse randa. Pumbatud liiv võiks ajapikku liikuda piki randa veelgi kaugemale lõunasse ning stabiliseerida sealseid randu. Ka siin võiks rakendada täiendavat setete vedu rannale, et taastumise protsessi kiirendada. Ka siin oleks mõistlik käsitleda seda pikajalise protsessina, kus nii süvendamine kui randa pumpamine toimub vastavalt vajadusele.



Joonis 6.6. a) setete liikumise skeem Lehtma sadama piirkonnas ning erinevate aastate rannajooned; b) setted kuhjuvad Lehtma sadamamuuli põhjaküljele (ülemine foto); c) tugevad purustused toimuvad sadamast lõunas, Tõrvanina puhkeranna piires (alumine foto).

Järve luited ja Nasva sadam.

Siin on tegemist veidi vastassuunalisema protsessiga. Järve luidetealal on kulutusprotsess domineerinud ilmselt juba mitu sajandit. Sealt murrutatav liiv kantakse aga piki randa põhja suunas, kuhu rajati möödunud sajandi teisel pool Nasva sadam. Ajapikku on Nasva sadamakai lõunaküljele tekkinud ulatuslik liivane kuhjekeha. Tänaseks liigub aga osa setteid juba ka sadamakaist mööda ning ummistab sadamasuuet. Siin on meil samuti murrutus ja sadam, aga sadamal ei ole selle murrutuse osas mingit seost.

Vabalt võiks võtta siia kuhjuvad setted ja need osaliselt Järve randa tagasi viia. Samas ei ole selleks vajadust, sest seal on ulatulsik looduslik puhvertsoon ning looduslikud protsessid võiksid käia omasoodu. Huvitava ääremärkusena võiks tuua, et siin on kuhjealale tõepoolest rajatud liivakarjäär (joonis 6.7). Paraku on aga karjäärist kaevandatud vaid alal (tumedam värv joonisel), mis jääb sadamakai taha kuhjunud liivakeha maapoolsesse varju, sest see on ilmselt tehnoloogiliselt lihtsam. Mõte on hea, aga kui tahaks, et teostus ka päriselt efekti annaks, siis tuleks kaevandada eelkõige just liivakeha mere- ja sadampoolset osa. See on õppetunniks, et kui me näiteks Pärnus plaanime süvendamist, siis peame olema kindlad, et lõpuks kaevatakse välja ka kõige sadama(laevatee)poolsem osa.

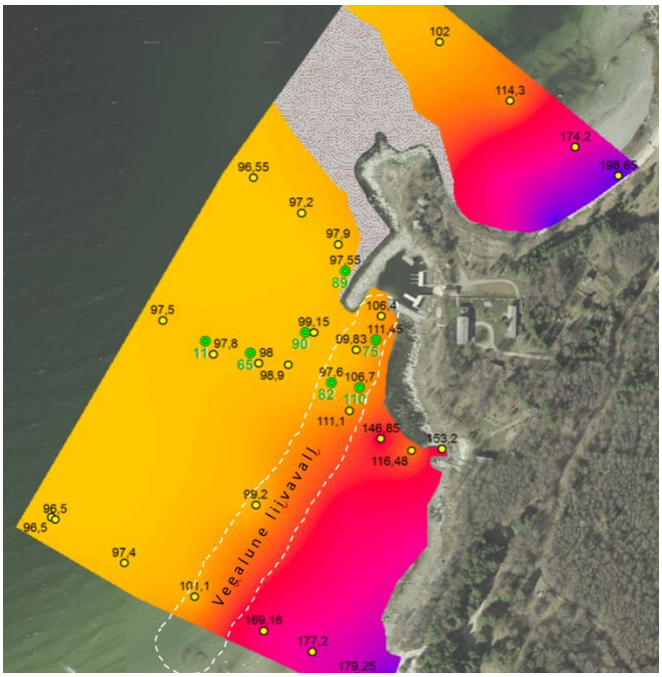


Joonis 6.7. Maa-ameti värskeimal ortofotol (2021) on näha poolveealune settekeha, mis on kuhjunud Nasva sadamamuuli taha. Samasse kohta on tehtud ka liivakarjäär (viirutatud ja värvilise joonega tähistatud alad.

Andineeme sadam ja sealne liivarand

Andineeme tänase sadama kohas on juba pikalt olnud lautrikohad. Kuna selles rannas liiva ei olnud (kivise neemiku lõunakülg), siis kaasaegse sadama rajamisel ei osatud arvestada merepõhjas intensiivselt liikuva peene liivaga (joonis 6.8a). Lõunamuul ehitati liialt väike ning sadamasse hakkasid kuhjuma piki merepõhja liikuvad liivad (joonis 6.9b). Liivad jäävad aga sadamas lõksu ning segunevad rohke orgaanikaga. Seesugust liiva ei ole süvendamisel võimalik randa tagasi panna, sest orgaanika sisaldus on liialt kõrge.

Olukorra lahendamiseks tuleks tänane lõunamuul nihutada oluliselt lõuna poole, pikendada oluliselt mere suunas ja tekitada sadama sissepääs loode suunale. See tagaks olukorra, et rannanõlval liikuvad setted püsiksid Andineeme ranna terviksüsteemis ning sadamat ei peaks pidevalt süvendama. Sadama laienemisel muuli nihutamise tõttu tuleks selle uude akvatooriumisse jääv liiv vedada/pumbata kõik Andineeme rannale, mis tagaks rannale pikemaks ajaks positiivse liivabilansi ka kerkiva meretaseme ja sagenevate põhjakaare tormide tingimustes. Lahendus on iseenesest väga lihtne, ent protsess väga pikk mõningate looduskaitseliste piirangute tõttu. Siin tuleks märkida, et sadama konfiguratsiooni muutmine looks ka soodsad tingimused väärtuslike elupaikade laienemiseks.



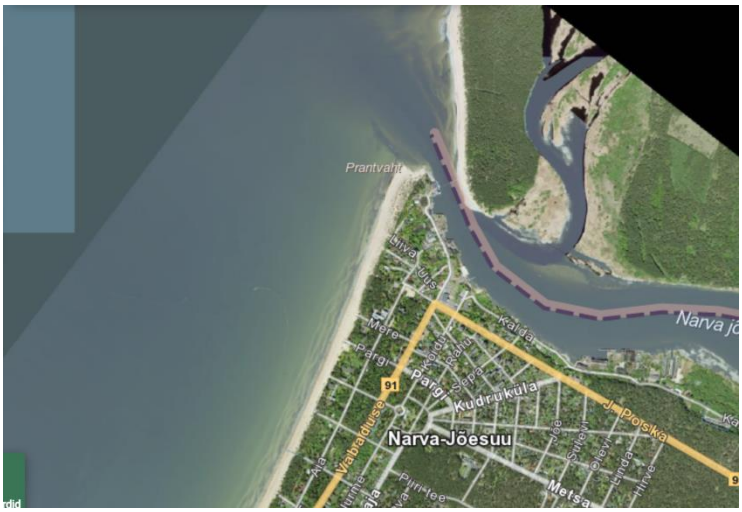


Joonis 6.8.a) Andineeme sadamast veidi lõunas on ulatuslik liivarand, merepõhjas olevad veelaused liivavallid ulatuvad sadamani (vasak joonis); b) praeguses olukorras pääsevad liivad kergelt sadamasse ja jäävad siia lõksu (parem foto)

Narva jõgi ja Narva-Jõesuu liivarand.

Enne Narva veehoidla rajamist toimisid jõe suudmes olevad rannad ja jõgi ühtse terviksüsteemina. Suurvee ajal tõi läbi liivase ala voolav jõgi merre rohkelt liivaseid setteid, mis randu aegapidi laiendasid. Kasuks tuli ka maakerge. Tamm ja selle taha rajatud veehoilda põhjustasid suurvee tasandumise (suurvesi hajus veehoidla suurel pinnal), setted jäid osaliselt veehoidlasse ja merre enam eriti ei jõudnud. Kuna siin on ka väiksem maakerge, siis ka selle mõju ajas kahanes. Algasid aina süvenevad purustused Narva-Jõesuu puhkerannas. Umbes 40 aastat tagasi hakati kavandama muuli jõe ja ranna piirile, mis oleks taganud jõel asuvast sadamast lähtuva laevakanali püsivuse ning liivaranna stabiilsuse, sest see oleks töötanud ka pikirännet pidurdava buunina. Paraku jäi muuli rajamine pooleli ja rajatis on tänseks suures osas hävinud (joonis 6.9).

Täna käib aga uue muuli projekteerimine, mis tagaks liivade püsimise rannas ning sadama sissesõidukanali harvema süvendusvajaduse. Kuna siinses meres valdavad liivased setted ja vahel tuleb sadamakanalisse liiva ka ida poolt, siis võiks süvendumaterjali samuti rannale pumbata ning analoogselt Valgerannale võiks ka kunstlikult kasvatada luiteid ning praegust astangut kindlustada näiteks rannale uhutud ajupuiduga või erosiooni tagajärjel rannale langenud puude juurte ning okstega. See tagaks tänase astangu piiri püsimise ka pikemas perspektiivis ja täiendava kaitse ekstreemsete tormide korral. Aeg-ajalt süvendusliiva rannale kuhjamine aitaks neutraliseerida kliimamuutustest tingitud meretaseme tõusu mõju, sest siinne maakerke ja meretaseme tõusu suhe on analoogselt Valgerannale negatiivne. Ilmselt võiks siin liiva üle muuli pumbata laiale liivarannale ning seda vastavalt vajadusele dumperitega piki randa lääne suunas edasi vedada.



Joonis 6.9. Narva-Jõesuu rand on kõige laiem just vahetult jõesuudme piirkonnas. Siin paiknevad ka kunagi rajatud muuli jäänused, mis on ortofotol veel vaevu märgatavad. Vaatamata sellele, takistab see rajatis veel vähesel määral setete pikirännet jõe sängis asuvale laevateele. Ortofotol on näha, et mõlemal pool jõge on merepõhi madal ja merepõhjas palju liiva (aluseks Maa-ameti uusim ortofoto).

Kokkuvõte

Valgeranna piirkonnas on viimase 120 aasta jooksul toimunud rannajoone orientatsiooni pöördumine umbes 5 kraadi võrra ida suunas. See võib olla osaliselt põhjustatud enam kui 150 aastat tagasi rajatud Pärnu sadama muulidest, mis takistasid piki randa liivade liikumist Valgeranna suunas. Valgerannast itta liikuvad setted on samuti osaliselt jäänud sadama läänepoolse muuli varju, ega liigu enam siia tagasi. Piirkonna meretaseme tõus, eelkõige maksimaalsete tasemete kasv on ületanud siinse maakerke kiiruse umbes 20 cm võrra viimase saja aasta jooksul. Lisaks on ranna kulumist kiirendanud Doberani kohvik ning sellest itta rajatud pea 150 m pikkune kaitsemüür puhkerajatiste kaitseks. See on tekitanud olukorra, kus Doberani kohvikust idas taganeb täna rannajoon ligi 1,3 m aastas ning ulatuslikul alal on liiv täielikult kadunud ning rand muutunud rekreatiivselt ebaatraktiivseks.

Samal ajal kuhjuvad lõunast põhja liikuvad liivad Pärnu rannal, Naisteranna luidetes ja ka Pärnu sadama muulide vahel. Muulide vahele on hinnanguliselt kuhjunud umbes 146 000 m^3 liiva, millele lisandub igal aastal täiendavalt umbes 5000 m^3. Kuhjumise tulemusel on jões oleva sadamakanali laius kahanenud 110 meetrini ja kahaneb täna 2,5-3 m aastas. Varasemalt on laevakanali süvendamise materjal kaadatud merre. Kõnealune liiv on aga võrdlemisi kvaliteetne ehitusliiv, millega kaadamine avamerre on tõeline ressursi raiskamine. Sellega oleks võimalik taastada ja stabiliseerida Valgranna ja ka näiteks Lottemaa liivarannad. Ülejäänud liiva võiks kasutada suurte taristuobjektide rajamisel (Rail Baltic, Via Baltica laiendus). See võimaldaks avamata jätta mitmed sisemaa karjäärid. Rahaliselt võiks olla ülejäänud liiva väärtus umbes 800 000-850 000 eurot.

Töö käigus leiti, et Valgerannale oleks esimeses järgus juurde vaja umbes 30 000 m^3 liiva. Muulide vahele kuhjunud liiv sobiks selleks nii terajämeduselt, keemiliselt puhtuselt, orgaanika sisalduselt kui ka värvuselt. Liiva transportimiseks kaaluti kolme erinevat viisi. Pumpsüvendajaga liiva pumpamine vaheladustusalale ning maanteetranspordi kombineerimine, väiksema süvenduslaeva kasutamine setete süvendamiseks ja rannale pumpamiseks ning ekskavaatori ja maanteetranspordi kasutamine. Tööde hinna osas väga olulisi erinevusi ei tekkinud, küll aga selgus, et pumpsüvendaja kasutus ei ole väikese efektiivsuse tõttu ajaliselt realistlik. Süvenduslaeva kasutamine jätab ilmselt suurema keskonnamõju ning on väga väikese paindlikkusega ning tugevasti sõltuv

ilmastikuoludest, mistõttu võib töö osutuda oluliselt kallimaks. Kõige realistlikumaks peetakse lahendust, kus läbi vaheladustusalade (nõrgumiseks) veetakse liiv maanteetranspordiga Valgeranda. See oleks paindlik lahendus ning süvenduse ja vedamise protsess võiks jaguneda mitmele aastale pärast Valgeranna esmavajaduse rahuldamist. Süvendamise luba võiks kehtida vähemalt 10 aastat, mis tagaks pikaks ajaks nii täiteliiva varu kui ka sadamakanali hea seisundi.

Valgeranda kuhjatud liiv hakkab küll uuesti vaikselt sadama suunas liikuma, aga selle pidurdamiseks tuleks randa ja rannanõlvale rajada buunid ning ajurannas rakendada liiva kinnistamist (luidete kasvatamine) ja astangu püsivust (okstest punutised, puujuurte ja okste kuhjamine astangule) tagavaid meetmeid. Edaspidi võiks kaaluda ühe buuni rajamist Audru jõe suudmest läände ning tuua jõesuue paarisaja meetri võrra läände. See säästaks Pärnu vee süvalasu ja nii saaks muuta jõe suudme väikestele alustele laevatatavaks. Suudme esmase ja edaspidise regulaarse süvendamise materjal oleks ilmselt puhas liiv ning see oleks odav ja väikese keskkonnamõjuga võimalus, kuidas hoida Valgeranda ka pikemas perspektiivis heas seisundis.

Leiti, et projektis rakendatud metoodikat oleks võimalik kasutada ka näiteks Lehtma, Nasva, Andineeme ja Narva-Jõesuu sadamate laevateede süvendamisel ning süvendusliiva efektiivsel kasutamisel.

Õiguslikult poolelt leiti, et väga oluline oleks anda vallale õigus algatada ja planeerida tegevusi ka rannalähedases meres, näiteks vähemalt 2 m sügavusjooneni, et likvideerida õiguslik vaakum, mis tekib seoses rannajoonega.

Laiemat pilti vaadates tuleks seadusega määrata ala, kus oleks võimalik vaadata tervikuna nii rannikut kui ka osa merd. Seni on nende planeerimine käinud liialt eradi. Vald võiks planeerida tegevusi vähemalt 2 m samasügavusjooneni või tegevuse ulatust võiks laiendada lausa 1-2 meremiilini.

Juhiti tähelepanu ka regulatsioonides korduvalt märgitule, et Keskkonnaamet peaks keelduma kaadamisloa andmisest, kui süvendatud materjali on võimalik taaskasutada. See vähendaks oluliselt meie väärtuslike loodusressursside raiskamist.

Esile kerkis ka küsimus, et ei ole täpselt selge, kellele kuulub süvendatav liiv erinevatel juhtumitel (juhul kui seda plaanitakse müüa). Näiteks Pärnu sadama muulid kuuluvad Pärnu linnale ning need on ühe objektina ehitusregistris. Seega võiks süvendusmaterjal olla sisuliselt nagu ehitise

hooldamisel tekkiv taaskasutatav materjal? Lihtsuse mõttes võiks kõik süvendusmaterjal kuuluda kohalikule omavalitsusele ning nende otsustada võiks olla selle kasutus.

Juhtudel, kui rannaliiv kuhjub otse sadamasse ja selle võiks lihtsalt edasi transportida/pumbata, kasutada ehitusliivana, võiks taaskasutamisel olla lihtsam protsess kui KMH, isegi suurematel kogustel kui 10 000 m^3. Vastasel juhul on protsess liialt pikk ning kannatab nii loodus kui inimene.

Tuleks leida lahendus võimalikule probleemile, kus randade taastamisega (liiva juurdevedu/pumpamine) mere suunas nihkuv rannajoon nihutaks ka ehituskeeluvööndit mere poole. See võiks tekitada olukorra, kus niisugust lahendust hakatakse kurjasti ära kasutama. Peaksime siiski tagama looduslike puhvertsoonide püsimise Eesti rannikul.

Pikemas perspektiivis oleks mõistlik algatada projekt, mis kaardistaks ära kõik analoogsed kohad Eesti rannikul, kus sadamatesse kuhjub väärtuslik materjal ning millised oleksid võimalused selle kasutamiseks. Oluline on, et prioriteediks tuleks seada looduslike rannaprotsesside püsivus ning alles seejärel kuhjuva materjali kasutamine muudel eesmärkidel.

Tänusõnad

Projekti juht soovib tänada kõiki projekti täitjaid ja Keskkonnainvesteeringute Keskust projekti toetamise eest. Samuti täname toetuse eest Pärnu linna ja eelkõige Audru osavalda. Tänusõnad ka Pärnu Veele ja Pärnu Sadamale ning Saarte Liinidele. Tehniliste nõuannete eest tänud Nordecon Betoonile ning JK Moto-le. Omapoolsete nõuannete ja moraalse toetuse eest tänud ka Keskkonnaministeeriumile, Keskkonnaametile, RMK-le ja Villa Andropoffile. Tänud kõigile kes töö valmimisele kaasa aitasid.

Kirjanduse loetelu

Appelquist L. R., Halsnæs K. 2015. The Coastal Hazard Wheel system for coastal multi-hazard assessment & management in a changing climate. Journal of Coastal Conservation. 19:157–179

Are F., Reimnitz E. 2008. The A and m coefficients in the Bruun/Dean Equilibrium Profile equation seen from the Arctic. Journal of Coastal Research, 24, 243–249.

[BSHC] Baltic Sea Hydrographic Commission. 2013. Baltic Sea Bathymetry Database version 0.9.3. Alla laetud lehelt http://data.bshc.pro/ 20.11.2016.

Benedet, L., Finkl, C.W., Dobrochinski, J.P.H., 2013. Optimization of nearshore dredge pit design to reduce impacts on adjacent beaches. Journal of Coastal Research, 29, 519–525.

Blott, S.J., Pye, K., 2001. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms, 26, 237-1248.

Borówka, R.K., 1980. Present day dune processes and dune morphology on the Łeba Barrier, Polish coast of the Baltic. Geogr. Ann., 62A, 75–82.

Bosboom, J., Stive, M. J. F. 2015. Coastal Dynamics I. Delft Academic Press.

Bricio, L., Negro, V. & Diez, J. J. (2008). Geometric detached breakwater indicators onthe Spanish northeast coastline. Journal of Coastal Research,24(5), 1289–1303.

Broman B., Hammarklint T., Rannat K., Soomere T., Valdmann A. 2006. Trends and extremes of wave fields in the north–eastern part of the Baltic Proper. Oceanologia, 48(S), 165–184

Chu, D.T., Himori, G., Saito, Y., Bui, T.V., Aoki, S., 2015. Study of beach erosion and evolution of beach profile due to nearshore bar sand dredging. Procedia Eng. 116, 285–292.

Danielsson, Å., Jönsson, A., Rahm, L. 2007. Resuspension patterns in the Baltic proper Original Research Article. Journal of Sea Research, 57, 257–269.

Dean R.G. 1977. Equilibrium Beach Profiles – U.S.Atlantic and Gulf Coasts. Ocean Engineering Report No. 12, University of Delaware, Newark, 1–45.

Dean R.G. 1991. Equilibrium beach profiles: characteristics and applications. Journal of Coastal Research 7 (1), 53–84.

Dean, R. G., Dalrymple, R. A. 2002. Coastal processes with engineering applications. Cambridge University Press, 475 p.

Dean, R.G., 2003. Beach nourishment. Theory and practice. World Scientific Publishing Company, New Jersey, Singapore, London, Hong Kong, P.420.

Draga, M., 1983. Aeolian activity as a consequence of beach nourishment—Observations at Westerland (Sylt), German North Sea coast. Z. Für Geomorphol., 22, 303–319.

Durydiwka, M., Duda-Gromada, K., 2014. Influence of tourism on the spatial development of seaside resorts: Selected Aspects. Tourism, 24, 59–65.

Eelsalu, M., Parnell, K. E., Soomere, T. 2022. Sandy beach evolution in the low-energy microtidal Baltic Sea: Attribution of changes to hydrometerological forcing. Geomorphology, 414.

Florek, W., Kaczmarzyk, J., Majewski, M., Schiefelbein, L., 2013. Efektywnosc abrazji na wschód od Ustki. In Geoekosystem Wybrzezy Morskich; Kostrzewski, A., Zwolinski, Z.,

Winowski, M., Eds.; Wydawnictwo UAM: Poznan–Biała Góra, Poland. Volume 2, ISBN 978-83-932529-1-6.
Gretskoši, J., Krabbi, M., Keevallik, S. 2004. Tuule suund ja kiirus Liivi lahe ümbruses. Eesti Mereakadeemia Toimetised. 1. 99–107.
Hallermeier R.J. 1978. Uses for a calculated limit depth to beach erosion. Proceedings of the 16th International Conference on Coastal Engineering. ASCE, Hamburg, 1493–1512.
Hallermeier R.J. 1981. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. Coastal Engineering, 4, 253–277.
Heiri, O., Lotter, A.F. & Lemcke, M.-J. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology, 25, 101–110.
Hesp, P.A., Smyth, T.A., Nielsen, P., Walker, I.J., Bauer, B.O., Davidson-Arnott, R., 2015. Flow deflection over a foredune. Geomorphology, 230, 64–74.
Hojan, M., Rurek, M., Krupa, A., 2019. The impact of sea shore protection on aeolian processes using the example of the beach in Rowy, N Poland. Geosciences, 2-19.
Houston J.R. 1996. Simplified Dean's method for beach-fill design. Journal of the Waterway and Harbours divison. ASCE, 122, 143–146.
Ivanova, V. Süvendustööde organiseerimise ja läbiviimise analüüs lähtudes Eesti omapärast. Lõputöö. Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Mereakadeemia, Merenduskeskus. Tallinn 2021
Jarmalavičius, D., Satkūnas, J., Žilinskas, G., Pupienis, D., 2012a. Dynamics of beaches of Lithuanian coast (the Baltic Sea) for the period 1993-2008 based on morphometric indicators. Environmental Earth Sciences, 65(6), 1727-1736.
Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D., 2012b. Impact of Klaipėda port jetties reconstruction on adjacent sea coast dynamics. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 20(3), 240-247.
Johnson, H., Wilkens, J., Parsons, A., Chesher, T. 2010. Guidance for outline design of nearshore detached breakwaters on sandy macro-tidal coasts. Wallingford.
Karaliunas, V., Jarmalavičius, D., Pupienis, D., Janušaitė, R., Žilinskas, G., Karloniene, D., 2020. Shore nourishment impact on coastal landscape transformation: An example of the Lithuanian Baltic Sea coast. Journal of Coastal Research, SI 95, 840-844.
Kartau, K. 2011. Valgeranna ja Pärnu vahelise randla areng. Tallinna Tehnikaülikool. Magistritöö.
Kit E., Pelinovsky E. 1998. Dynamical models for cross-shore transport and equilibrium bottom profiles. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 124, 138–146.
Kont, A.; Tõnisson, H.; Jaagus, J.; Suursaar, Ü.; Rivis, R. (2022). Eesti randade areng viimastel aastakümnetel kliima ja rannikumere hüdrodünaamiliste muutuste tagajärjel. Terasmaa, J.; Truus, L.; Kont, A. (Toim.). 30 aastat keskkonnaökoloogiat. Ökoloogia keskus 1992-2022. (9−58). Tallinna Ülikool. (Tallinna Ülikooli ökoloogia instituudi/keskuse publikatsioonid; 13).
Kraus N.C. 1988. The effect of seawalls on the beach: an extended literature review. Journal of Coastal Research, Special Issue 4, 1–28.
Łabuz, T., 2013. Sposoby ochrony brzegów morskich i ich wpływ nasrodowisko przyrodnicze polskiego wybrze˙za Bałtyku; WWF: Warszawa, Poland, pp. 1–182.

Łabuz, T.A.; Grunewald, R., Bobykina, V., Chubarenko, B., Cesnulevičius, A., Bautrenas, A., Morkunaite, R., Tõnisson, H., 2018. Coastal dunes of the Baltic Sea shores: A review. Quaest. Geogr. 37, 47–71.

Last, W. M. 2001. Mineralogical analysis of lake sediments. Tracking environmental change using lake sediments, 2, 143–187.

Laznik, M., Stalnacke, P., Grimvall, A., Wittgren, H.B. 1999. Riverine input of nutrients to the Gulf of Riga - temporal and spatial variation. Journal of Marine System, 23, 11–25.

Moore B.D. 1982. Beach profile evolution in response to changes in water level and wave height. MSc Thesis, Department of Civil Engineering, University of Delaware, 162 pp.

Männikus, R., Soomere, T., Kudryavtseva, N. 2019. Identification of mechanisms that drive water level extremes from in situ measurements in the Gulf of Riga during 1961–2017. Continental Shelf Research, 182, 22–36.

Orviku, K. (2018). Rannad ja Rannikud. Õpik kõrgkoolidele. Tallinn: TLÜ kirjastus.

Orviku K., Jaagus J., Kont A., Ratas U., Rivis R. 2003. Increasing activity of coastal processes associated with climate change in Estonia. Journal of Coastal Research, 19(2), 364–375.

Pranzini, E., Vitale, G., 2011. Beach Sand Colour: the Need for a Standardised Assessment Procedure. In: Micallef, A. (ed.), MCRR3-2010 Conference Proceedings, Journal of Coastal Research, SI61, 66–69.

Peterson, C.H., Bishop, M.J., 2005. Assessing the environmental impacts of beach nourishment. Bioscience, 55(10), 887-896.

Pilch, M., 2013. Ochrona brzegów morskich georura SoilTain® na przykładzie zabezpieczenia wydmy w Rowach. Inzynieria Morska I Geotech., 4, 306–313.

Pruzak, Z., 1993. The analysis of beach profile changes using Dean's method and empirical orthogonal functions. Coastal Engineering, 19 (4), 245–261.

Pupienis, D., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Fedorovič, J., 2014. Beach nourishment experiment in Palanga, Lithuania. In: Green, A.N. and Cooper, J.A.G. (eds.), Proceedings 13th International Coastal Symposium (Durban, South Africa). Journal of Coastal Research, SI 70, 490-495.

Schernewski, G., Knotz, S., 2015. Beach nourishment as a successful measure against erosion, Rostock – DE. Eurosion Case Study Rostock (Germany). Sistermans, P., and O. Nieuwenhuis, DHV group., 1-4.

Smyth, T.A., Hesp, P.A., 2015. Aeolian dynamics of beach scraped ridge and dyke structures. Coastal Engineering, 99, 38–45.

Soomere T., Healy T. 2011. On the dynamics of “almost equilibrium” beaches in semi-sheltered bays along the southern coast of the Gulf of Finland. In Harff J., Björck S., Hoth P., eds., The Baltic Sea Basin, Central and Eastern European Development Studies, Part 5, Springer, Heidelberg Dordrecht London New York, 255–279.

Soomere T., Kask A., Kask J. 2005. Pirita rannavööndi keskkonnauuringud ja rannakaitse rajatiste projekteerimise lähteülesanne. Käsikirjaline aruanne. Tallinna Tehnikaülikooli Küberneetika Instituut.

Soomere T., Viška M., Eelsalu M. 2013. Spatial variations of wave loads and closure depth along the eastern Baltic Sea coast. Estonian Journal of Engineering, 19 (2), 93–109.

Soomere, T., Eelsalu, M., Pindsoo, K. 2014. Rannasetete bilanss Miidurannast Tallinna Vanasadamani. Käsikirjaline aruanne. Tallinna Tehnikaülikooli Küberneetika Instituut

Speybroeck, C.H., Bonte, D., Courtens, W., Stienen, E., Lancker, V., Vicx, M., Degraer, S., 2006. Beach nourishment: an ecological sound coastal defence alternative? A review. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 16, 419-435.

Suursaar, Ü., Sooäär, J. 2007. Decadal variations in mean and extreme sea level values along the Estonian coast of the Baltic Sea. Tellus Series A-Dynamic Meteorology and Oceanography, 59 (2), 249−260.

Suursaar, Ü., Kall, T. 2018. Decomposition of Relative Sea Level Variations at Tide Gauges Using Results from Four Estonian Precise Levelings and Uplift Models. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11 (6), 1966−1974.

Tõnisson, H., Suursaar, Ü., Rivis, R., Kont, A., Orviku, K. 2013. Observation and analysis of coastal changes in the West Estonian Archipelago caused by storm Ulli (Emil) in January 2012. *Journal of Coastal Research*, SI 65 (1), 832−837.

Tõnisson, H., Suursaar, Ü., Alari, V., Muru, M., Rivis, R., Kont, A., Viitak, M. 2016. Measurement and Model Simulations of Hydrodynamic Parameters, Observations of Coastal Changes and Experiments with Indicator Sediments to Analyse the Impact of Storm St. Jude in October, 2013. Journal of Coastal Research, SI 75, 1257−1261.

USACE] 2002. Coastal Engineering Manual. Department of the Army. U.S. Army Corps of Engineers. Manual No. 1110-2-1100.

Zawadzka-Kahlau, E., 2012. Morphodynamics of Southern Baltic Dune Coasts; Wydawnictwo Uniwersytetu Gdanskiego: Gdansk, Poland, pp. 1–353, ISBN 978-83-7865-016-4.

Žilinskas, G., Pupienis, D., Jarmalavičius, D., 2010. Possibilities of regeneration of Palanga coastal zone. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 18(2), 92-101.

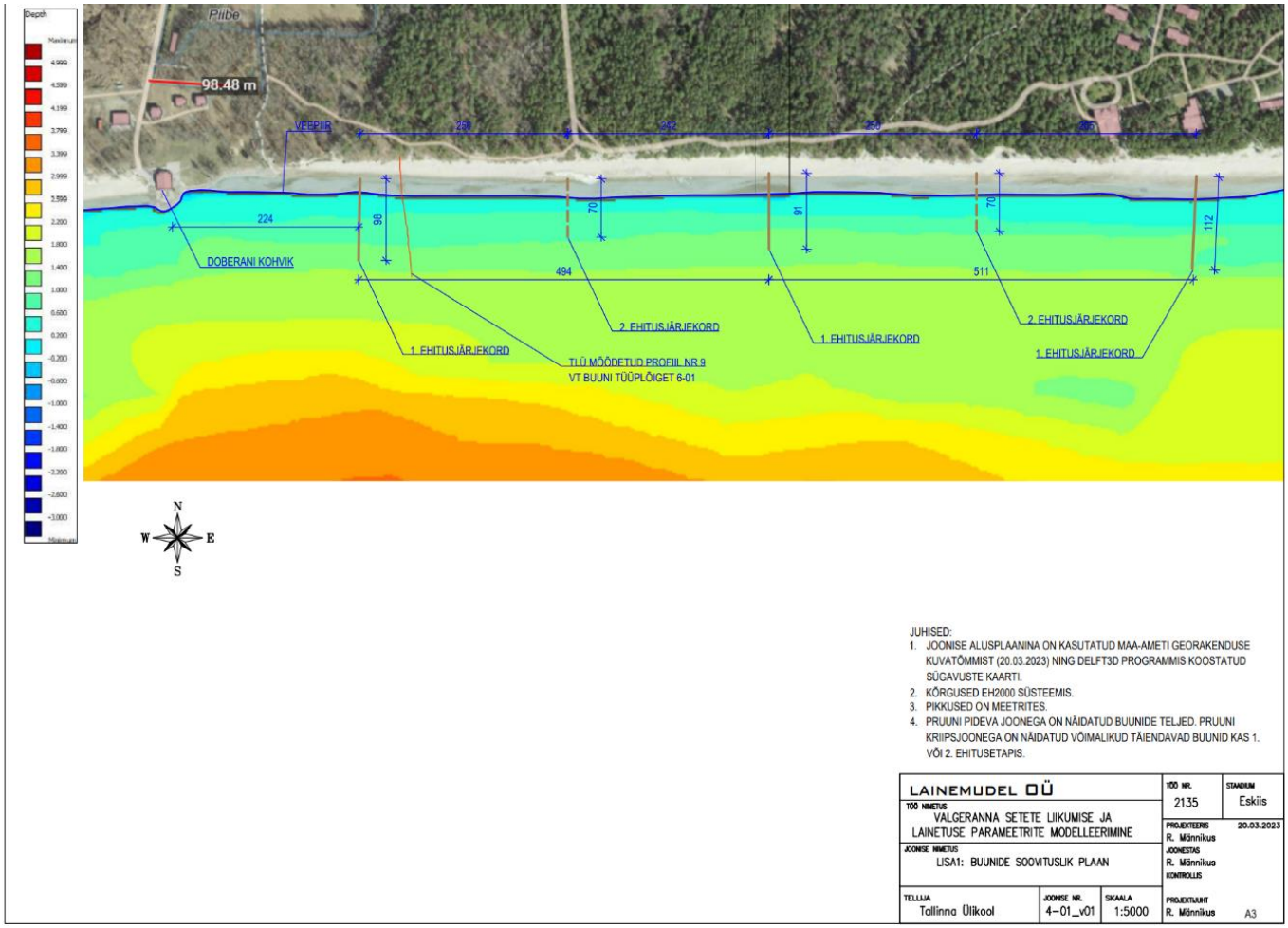
Uscinowicz, G., Kramarska, R., Kaulbarsz, D., Jurys, L., Frydel, J., Przezdziecki, P., Jegli nski, W., 2014. Baltic Sea coastal erosion; a case study from Jastrzebia Góra region. Geologos, 20, 259–268.

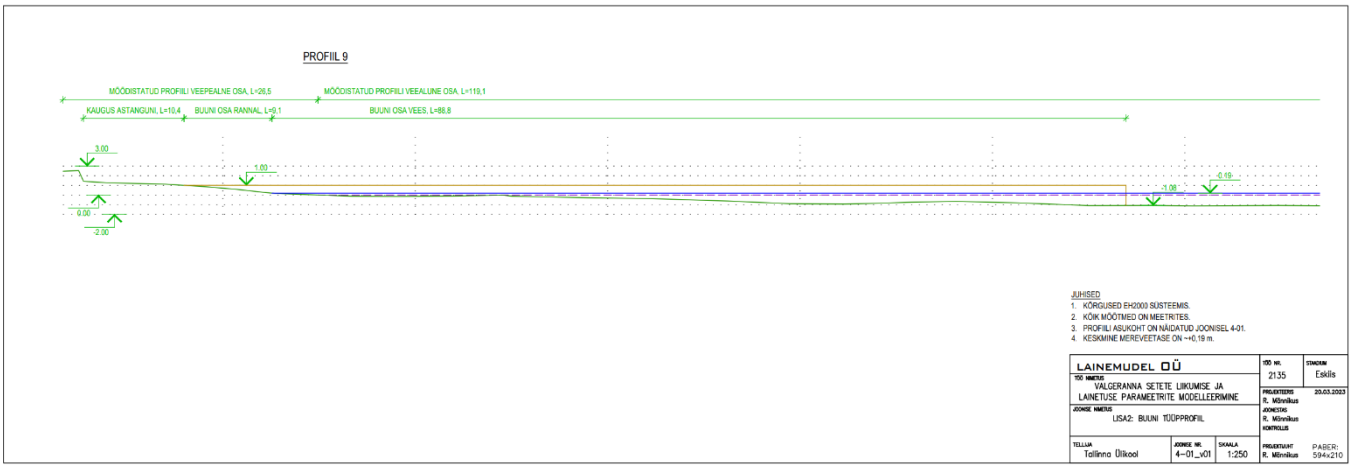
Van der Wal, D., 1999. Aeolian transport of nourishment sand in beach-dune environments; University of Amsterdam: Amsterdam, The Netherlands, pp. 1–157, ISBN 90-6787-053-6.

http://www.eurosion.org/

Lisad

Lisa 1: Eskiisplaan ja buuni profiil





Lisa 2 Projektiga seotud õigusaktide nimekiri:

Riigipiiri seadus (RT I, 20.09.2022, 6)

Eesti Vabariigi ja Läti Vabariigi vaheline leping merepiiri kehtestamisest Liivi lahes, Kura kurgus ja Läänemeres (RT II 1996, 29, 103)

Merealapiiride seadus (RT 1993, 14, 217)

Sadamaseadus (RT I, 20.06.2022, 51)

Pärnu sadama akvatooriumi merepoolse osa piiride määramine (RT III, 26.02.2014, 5)

Pärnu sadam eeskiri. Kehtib alates 19. september 2022.a.

Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus (RT I, 03.01.2022, 10)

Tegevusvaldkondade, mille korral tuleb anda keskkonnamõju hindamise vajalikkuse eelhinnang, täpsustatud loetelu (RT I, 22.09.2020, 3)

Veeseadus (RT I, 29.06.2022, 12)

Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused (RT I, 21.04.2020, 61)

Veeseaduses sätestatud ülesannete delegeerimine. Pärnu Linnavolikogu (RT IV, 28.05.2021, 7)

Ruumiandmete seadus (RT I, 09.10.2020, 4)

Asjaõigusseadus (RT I, 08.12.2021, 3)

Keskkonnaseadustiku üldosa seadus (RT I, 27.05.2022, 3)

Meresõiduohutuse seadus (RT I, 04.08.2022, 6)

Looduskaitseseadus (RT I, 29.06.2022, 7)

Liiklusseadus (RT I, 20.06.2022, 70)

Ehitusseadustik (RT I, 09.08.2022, 13)

Planeerimisseadus (RT I, 29.06.2022, 10)

Üleriigilise planeeringu Eesti mereala ja sellega piirneva rannikuala, samuti majandusvööndi teemaplaneeringu kehtestamine (RT III, 17.05.2022, 2)

Pärnu maakonna merealade planeering Pärnu maavanema 17.04.2017 korraldusega nr 1-1/17/152)

Pärnu linna asustusüksuse üldplaneeringu 2025+ kehtestamine. Pärnu Linnavolikogu otsus 20.05.2021nr 21

Häädemeeste rannaalade osaüldplaneering. Häädemeeste Vallavolikogu otsus 22.02.2018. nr 17

Häädemeeste valla Krapi telkimisala osaüldplaneeringu kehtestamine (RT IV, 31.05.2014, 53)
Kabli ja Treimani supelrandade osaüldplaneeringu kehtestamine (RT IV, 31.05.2014, 50)
Häädemeeste valla osaüldplaneeringu(Lemme telkimisala) kehtestamine RT IV, 31.05.2014, 54
Tahkuranna valla üldplaneering. Tahkuranna Vallavolikogu määrus 31.05.2012 nr 11
Audru valla üldplaneeringu kehtestamine (RT IV, 13.12.2013, 100)
Tõstamaa valla üldplaneeringu kehtestamine Tõstamaa Vallavolikogu määrus 07.03.2008 nr 60
Manija saare teemaplaneeringu kehtestamine (RT IV, 09.04.2013, 12)
Maapõueseadus (RT I, 09.08.2022, 16)
Avaliku teabe seadus (RT I, 10.03.2022, 4)
Jäätmeseadus (RT I, 27.05.2022, 8)
Keskkonnavastutuse seadus (RT I, 17.03.2023, 41).

Lisa 3. Süvenduseks vajaliku keskkonnaloa taotlemine

Süvendustööd on suhteliselt keerukas protsess, isegi kui see võib mõnele tunduda lihtsa tegevusena. Põhjuseks on asjaolu, et süvendustööde organiseerimine eeldab mitme poole – tavaliselt tööde tellija, kohaliku omavalitsuse ning veekogu haldaja kokkulepet. Lisaks tuleb taotleda vajalikud keskkonnaload

Vastavalt Eesti Vabariigi seadustele peab süvendamise ja/või kaadamise läbiviija esitama lubasid väljastavale ametile taotluse vee erikasutusloa (keskkonnaloa) saamiseks, milles peavad olema toodud järgmised andmed:

Keskkonnaloa taotluses märgitakse:

1) taotleja nimi ja isikukood või registrikood;

2) taotleja ning kontaktisiku aadress ja kontaktandmed;

3) taotluse selgelt sõnastatud sisu;

4) loa taotletav kehtivusaeg;

5) kavandatava tegevuse eesmärk ja põhjendus;

6) kavandatava tegevuse iseloomustus;

7) andmed tekkida võiva keskkonnahäiringu ja selle tekkepiirkonna kohta, sealhulgas tegevuse täpne asukoht, vajaduse korral geograafiliste koordinaatidega, piirkonna kommunikatsioonid, maastik, lähimad hooned, keskkonnaseisund;

8) andmed kasutatava tehnoloogia ja seadmete kohta;

9) kavandatavad investeeringud parima võimaliku tehnika kasutusele võtmiseks, kui parima võimaliku tehnika nõue on sätestatud õigusaktiga;

10) muud asjaolud, mis võivad mõjutada taotletavast tegevusest lähtuva keskkonnariski suurust;

11) meetmed keskkonnariski vähendamiseks;

12) keskkonnaseire kava ja andmed keskkonnaseireks kasutatavate seadmete kohta;

14) taotluse esitamise kuupäev ja taotleja allkiri;

15) muud seadusega või õigusaktiga nõutavad andmed, milleks on keskkonnaministri määrusega kehtestatud keskkonnaloa taotluse täpsustatud nõuded ja andmekoosseisu ning taotluse esitamise kord[27].

Täpsustused on järgmised:

[27] Keskkonnaministri määrus nr 56, 23.10.2019 Keskkonnaloa taotlusele esitatavad täpsustavad nõuded ja loa andmise kord ning keskkonnaloa taotluse ja loa andmekoosseis (RT I, 06.09.2022, 2)

Keskkonnaloa taotleja esitab Keskkonnaametile keskkonnaotsuste infosüsteemi kaudu digitaalselt allkirjastatuna taotluse järgmiste andmetega:

Esiteks: kavandatava tegevuse terviklik kirjeldus ühe või mitme üheaegse tegevuse kohta, mis on asjakohased kaasneda võiva keskkonnahäiringu väljaselgitamiseks;

Siinkohal on sobilik selgitada, mis on keskkonnahäiring.

See on inimtegevusega kaasnev vahetu või kaudne ebasoodne mõju keskkonnale, sealhulgas keskkonna kaudu toimiv mõju inimese tervisele, heaolule või varale või kultuuripärandile. Keskkonnahäiring on ka selline ebasoodne mõju keskkonnale, mis ei ületa arvulist normi või mis on arvulise normiga reguleerimata.

Lisaks on veel täiendavad kriteeriumid. Kui seaduses ei ole sätestatud teisiti, eeldatakse olulise keskkonnahäiringu tekkimist:

kui ületatakse keskkonna keemilisele, füüsikalisele või bioloogilisele näitajale kehtestatud piirväärtuseid;

kui põhjustatakse oluline ebasoodne muutus õhu, vee või pinnase kvaliteedis nii, et see põhjustab keskkonnaohtu või keskkonnariski;

Siin lisandub kaks uut terminit *keskkonnaoht* ja *keskkonnarisk*. Need on vastavalt olulise keskkonnahäiringu tekkimise piisav tõenäosus ja vähendamist vajava keskkonnahäiringu tekkimise võimalikkus

Seega

kui põhjustatakse oluline ebasoodne muutus õhu, vee või pinnase kvaliteedis nii, et see põhjustab piisava tõenäosusega olulise keskkonnahäiringu või võimalikku vähendamist vajava keskkonnahäiringu tekkimise;

kui põhjustatakse keskkonnakahju;

Keskkonna kahju on oluline ebasoodne mõju merealale, pinna- või põhjaveele

Seaduses[28] on toodud selgitus, mis on oluline ebasoodne mõju: see on otseselt või kaudselt esinev mõõdetav ebasoodne muutus elupaiga, liigi, kaitstava ala, vee või pinnase (edaspidi loodusvara) kvaliteedis või hulgas või loodusvara poolt mõne teise loodusvara või avalikkuse heaks täidetava ülesande (edaspidi pakutav hüve) kvaliteedi või hulga mõõdetav halvenemine.

Edasi täpsustatakse, et oluline ebasoodne mõju merealale on see, mis halvendab mereala vee omadusi selliselt, et ületatakse veeseaduse alusel kehtestatud pinnavee kvaliteedi piirväärtusi. Need on kehtestatud keskkonnaministri määrusega[29]

[28] Keskkonnavastutuse seadus (RT I, 17.03.2023, 41)

[29] Keskkonnaministri määrus nr 28, 24.07.2019, 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(RT I, 31.12.2021, 3)

kui põhjustatakse olulist keskkonnamõju;

Seaduses[30] on toodud selgitus, et keskkonnamõju on oluline, kui see võib eeldatavalt ületada mõjuala keskkonnataluvust, põhjustada keskkonnas pöördumatuid muutusi või seada ohtu inimese tervise ja heaolu, kultuuripärandi või vara. Seaduses on määratud, et olulise keskkonnamõjuga tegevuseks loetakse mere ning Peipsi järve, Lämmijärve ja Pihkva järve süvendamine alates pinnase mahust 10 000 kuupmeetrit või muu veekogu süvendamine alates pinnase mahust 500 kuupmeetrit ning merepõhja ning Peipsi järve, Lämmijärve ja Pihkva järve tahkete ainete uputamine alates ainete mahust 10 000 kuupmeetrit, vooluveekogusse tahkete ainete uputamine alates ainete mahust 2000 kuupmeetrit või muusse veekogusse tahkete ainete uputamine alates ainete mahust 500 kuupmeetrit;

kui tekib oluline ebasoodne mõju Euroopa Liidu Natura 2000 võrgustiku alale.

Teiseks: eelpool toodud (lk 1) keskkonnaloa taotluses nõutud andmed, arvestades selle õigusaktiga sätestatut.

Kolmandaks: lähtudes loa alusel kavandatavast tegevusest asjakohased lisad.

Need on:

tegevuse asukoha plaan ja käitise asendiplaan;

dokumendid, mis tõendavad käitise asukoha maatüki õiguspärast valdust või muud õiguslikku alust tegutseda käitise asukohas loa alusel, kui maatükk ei kuulu loa taotlejale;

muud seadusega või õigusaktiga nõutavad andmed, milleks on keskkonnaministri määrusega kehtestatud keskkonnaloa taotluse täpsustatud nõuded ja andmekoosseisu ning taotluse esitamise kord.

Arvestades taotletava tegevuse ja tegevuskoha iseärasuste ning avalikustamise asjaoludega, võib loa andja nõuda keskkonnaloa taotlejalt täiendavaid andmeid ja dokumente.

Keskkonnaameti nõudmisel tuleb esitada vee erikasutusega seotud tööde projekt;

Keskkonnaameti nõudmisel tuleb esitada andmed kavandatava tegevusega mõjutatava keskkonna kohta.

Loa taotleja märgib, millist taotluses esitatavat teavet tuleb lugeda ärisaladuseks ja põhjendab seda.

Loa taotlemine toimub läbi infosüsteemi KOTKAS.

Keskkonnaluba ja selle andmise otsus vormistatakse keskkonnaotsuste infosüsteemis elektrooniliselt digitaalselt allkirjastatuna.

Loa andmine otsustatakse 90 päeva jooksul nõuetekohase taotluse ja dokumentide saamisest arvates.

[30] Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus, (RT I, 07.03.2023, 77)

Otsustaja vaatab keskkonnaloa taotluse läbi ning teeb otsuse keskkonnamõju hindamise algatamise kohta

Kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise korral peatub keskkonnaloa taotluse menetlus kuni keskkonnamõju hindamise aruande nõuetele vastavaks tunnistamise otsusest teavitamiseni Ametlikes Teadaannetes.

Kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise otsuses peavad olema:

1) otsustaja nimi ja kontaktandmed;

2) kavandatava tegevuse nimetus ja eesmärk;

3) kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise või algatamata jätmise põhjendus;

4) piiriülese keskkonnamõju hindamise algatamise korral teave piiriülese keskkonnamõju hindamise algatamise kohta;

5) teave kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise menetluste liitmise kohta;

6) teave vajalike keskkonnauuringute kohta.

Otsustaja teavitab kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamisest isikut, kelle õigusi keskkonnaloa andmisega või selle andmisest keeldumisega võidakse rikkuda või kelle kohustusi puudutada, sealhulgas:

1) kavandatud tegevuse asukoha kinnisasjaga piirneva kinnisasja omanikku;

2) isikut, kelle valduses olevat kinnisasja kavandatud tegevus mõjutab määral, mis ületab oluliselt tavapärast mõju;

ja muid menetlusosalisi elektrooniliselt, liht- või tähtkirjaga ning avalikkust teate avaldamisega Ametlikes Teadaannetes 14 päeva jooksul pärast asjakohase otsuse tegemist.

Kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise teade peab sisaldama vähemalt:

1) otsustaja nime ning otsustaja kontaktisiku nime ja tema kontaktandmeid;

2) arendaja nime, kavandatava tegevuse lühikirjeldust ja eesmärke;

3) teavet kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise või algatamata jätmise kohta;

4) piiriülese keskkonnamõju hindamise algatamise korral teavet piiriülese keskkonnamõju hindamise algatamise kohta, teavet kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise menetluste liitmise kohta ja teavet vajalike keskkonnauuringute kohta.

5) kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise otsusega tutvumise aega ja kohta.

Pärast kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise otsuse tegemist koostab juhtekspert või eksperdirühm juhteksperdi juhtimisel (edaspidi eksperdirühm) koos arendajaga keskkonnamõju hindamise programmi, milles esitatakse:

1) kavandatava tegevuse eesmärk ja täpne asukoht;

2) kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste lühikirjeldus;

3) eeldatavalt mõjutatava keskkonna kirjeldus;

4) kavandatava tegevuse seos strateegiliste planeerimisdokumentidega;

5) teave kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimalustega eeldatavalt kaasneva olulise keskkonnamõju, eeldatavate mõjuallikate, mõjuala suuruse ning mõjutatavate keskkonnaelementide kohta;

6) keskkonnamõju hindamisel kasutatava hindamismetoodika kirjeldus, sealhulgas teave keskkonnamõju hindamiseks vajalike uuringute kohta;

7) kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste keskkonnamõju hindamise ning selle tulemuste avalikustamise ajakava;

8) andmed arendaja kohta ning juhteksperdi nimi või eksperdirühma koosseis, nimetades ja põhjendades, milliseid valdkondi ja millist mõju hakkab iga rühma kuuluv isik hindama;

9) asjaomaste asutuste loetelu koos menetlusse kaasamise põhjendusega;

10) keskkonnaloa taotluse koopia.

Keskkonnaminister võib kehtestada määrusega keskkonnamõju hindamise programmi sisule täiendavad nõuded, kuid seda pole veel jõutud teha.

Enne keskkonnamõju hindamise programmi avalikustamist peab otsustaja programmi sisu kohta küsima seisukohta kõikidelt asjaomastelt asutustelt. Seisukohtade küsimiseks esitab arendaja otsustajale keskkonnamõju hindamise programmi.

Otsustaja kontrollib 14 päeva jooksul keskkonnamõju hindamise programmi saamisest arvates programmi vastavust nõuetele ning edastab selle asjaomastele asutustele seisukoha esitamiseks.

Asjaomane asutus esitab otsustajale 30 päeva jooksul keskkonnamõju hindamise programmi saamisest arvates programmi kohta oma pädevusvaldkonnast lähtudes seisukoha, sealhulgas hinnangu programmi asjakohasuse ja piisavuse kohta. Dokumentatsiooni läbivaatamisel peab asutus kontrollima ka eksperdirühma koosseisulist piisavust.

Otsustaja vaatab 14 päeva jooksul asjaomaste asutuste seisukohtade saamisest arvates seisukohad läbi ning annab arendajale ja juhteksperdile oma seisukoha keskkonnamõju hindamise programmi asjakohasuse ja piisavuse kohta, arvestades asjaomaste asutuste esitatud arvamusi.

Juhtekspert või eksperdirühm teeb koos arendajaga vajaduse korral programmis parandused ja täiendused ning selgitab seisukohtade arvestamist või põhjendab arvestamata jätmist. Arendaja esitab otsustajale keskkonnamõju hindamise täiendatud programmi. Asjaomaste asutuste kirjade koopiad lisatakse programmile.

Otsustaja kontrollib parandatud ja täiendatud keskkonnamõju hindamise programmi, sealhulgas asjaomaste asutuste seisukohtade arvestamist või arvestamata jätmist, 14 päeva jooksul nimetatud programmi saamisest arvates ja kaasab vajaduse korral menetlusse asjaomase asutuse, kelle seisukohta ei ole arvestatud.

Otsustaja korraldab vähemalt 14-päevase kestusega keskkonnamõju hindamise programmi avaliku väljapaneku. Seejärel korraldab arendaja koostöös otsustajaga keskkonnamõju hindamise programmi avaliku arutelu.

Otsustaja teavitab keskkonnamõju hindamise programmi avalikust väljapanekust ja avalikust arutelust 14 päeva jooksul kontrolli tulemuste selgumisest arvates vähemalt:

1) Ametlikes Teadaannetes;

2) arendaja kulul ühes üleriigilise levikuga või ühes kohaliku või maakondliku levikuga ajalehes;

3) kavandatava tegevuse asukoha vähemalt ühes üldkasutatavas hoones või kohas (näiteks raamatukogu, kauplus, kool, bussipeatus).

Keskkonnamõju hindamise programmi avalikustamise teade peab sisaldama vähemalt:

1) arendaja ja otsustaja nimesid ning nende kontaktisikute nimesid ja kontaktandmeid;

2) kavandatava tegevuse lühikirjeldust, eesmärke ja täpset asukohta;

3) programmi ja muude asjakohaste dokumentidega tutvumise aega ja kohta, sealhulgas veebilehe aadressi, kus dokumendid on kättesaadavad;

4) programmi kohta ettepanekute, vastuväidete ja küsimuste esitamise aega ja viisi;

5) programmi avaliku arutelu aega ja kohta.

Igaühel on õigus keskkonnamõju hindamise programmi avaliku väljapaneku ja avaliku arutelu ajal tutvuda programmi ning muude asjakohaste dokumentidega, esitada programmi kohta ettepanekuid, vastuväiteid ja küsimusi ning saada neile vastuseid.

Keskkonnamõju hindamise programmi avalikul arutelul tutvustatakse muu hulgas programmi kohta asjaomaste asutuste esitatud ja avaliku väljapaneku käigus laekunud seisukohti ning selgitatakse tehtud ettepanekute ja vastuväidete arvestamist või arvestamata jätmist.

Otsustaja avalikustab keskkonnamõju hindamise programmi muu hulgas oma või muul veebilehel, tagades avalikkusele programmiga tutvumise võimaluse vähemalt kuni programmi kohta ettepanekute, vastuväidete ja küsimuste esitamise tähtaja lõpuni.

Asutus, kellele keskkonnamõju hindamise programmi avaliku väljapaneku ajal esitati programmi kohta ettepanekuid, vastuväiteid või küsimusi, edastab nimetatud ettepanekud, vastuväited ja küsimused arendajale.

Juhtekspert või eksperdirühm juhteksperdi juhtimisel teeb koos arendajaga keskkonnamõju hindamise programmi avaliku väljapaneku ja avaliku arutelu ajal programmi kohta tehtud

ettepanekute ja vastuväidete alusel programmis vajalikud parandused ja täiendused, selgitab ettepanekute ja vastuväidete arvestamist või põhjendab arvestamata jätmist ning vastab esitatud küsimustele.

Arendaja saadab 30 päeva jooksul avaliku arutelu toimumisest arvates elektrooniliselt, liht- või tähtkirjaga keskkonnamõju hindamise programmi kohta esitatud ettepanekute või vastuväidete arvesse võtmise selgituse või arvestamata jätmise põhjenduse ning küsimuste vastused isikutele:

1) kes on esitanud oma ettepaneku, vastuväite või küsimuse kirjalikult;

2) kelle avalikul arutelul suuliselt esitatud ettepanek, vastuväide või küsimus jäi avalikul arutelul vastuseta.

Arendaja esitab pärast keskkonnamõju hindamise programmi avalikku arutelu programmi koos selle kohta esitatud ettepanekute, vastuväidete ja küsimustega ning eelpool nimetatud kirjade koopiate ja avaliku arutelu protokolliga otsustajale nõuetele vastavuse kontrollimiseks.

Tuginedes esitatud asjaomaste asutuste seisukohtadele, kontrollib otsustaja 30 päeva jooksul keskkonnamõju hindamise programmi saamisest arvates:

1) programmi vastavust käesoleva seaduse nõuetele;

2) programmi asjakohasust ja piisavust kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamiseks;

3) programmi kohta esitatud ettepanekute ja vastuväidete arvestamist või arvestamata jätmist.

Otsustaja teeb keskkonnamõju hindamise programmi nõuetele vastavaks tunnistamise otsuse.

Otsustaja teavitab otsuse tegemisest 14 päeva jooksul otsuse tegemisest arvates isikut, kelle õigusi keskkonnaloa andmisega või selle andmisest keeldumisega võidakse rikkuda või kelle kohustusi puudutada, sealhulgas:

1) kavandatud tegevuse asukoha kinnisasjaga piirneva kinnisasja omanikku;

2) isikut, kelle valduses olevat kinnisasja kavandatud tegevus mõjutab määral, mis ületab oluliselt tavapärast mõju;

ja muid menetlusosalisi ning avaldab teate Ametlikes Teadaannetes.

Teade peab sisaldama vähemalt:

1) otsustaja nime ning otsustaja kontaktisiku nime ja tema kontaktandmeid;

2) kavandatava tegevuse lühikirjeldust ja eesmärki;

3) keskkonnamõju hindamise programmiga ja keskkonnamõju hindamise programmi nõuetele vastavaks tunnistamise otsusega tutvumise aega ja kohta.

Kui arendaja ei ole 18 kuu jooksul keskkonnamõju hindamise algatamisest arvates esitanud otsustajale keskkonnamõju hindamise programmi nõuetele vastavuse kontrollimiseks, jätab

otsustaja keskkonnamõju hindamise algatamise aluseks olnud tegevusloa taotluse läbi vaatamata ja tagastab selle arendajale.

Kui arendaja ei ole kahe aasta jooksul keskkonnamõju hindamise programmi nõuetele vastavaks tunnistamise otsuse tegemisest arvates esitanud otsustajale keskkonnamõju hindamise aruannet avalikuks väljapanekuks, kaotab programm kehtivuse ning keskkonnamõju hindamiseks peab koostama uue programmi.

Lähtudes nõuetele vastavaks tunnistatud keskkonnamõju hindamise programmist, koostab juhtekspert või eksperdirühm koostöös arendajaga keskkonnamõju hindamise aruande, mis sisaldab kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimaluste kirjeldust ja võrdlust, eeldatavalt oluliselt mõjutatava keskkonna kirjeldust ning eeldatavalt kaasneva olulise keskkonnamõju ja keskkonnameetmete kirjeldust.

Keskkonnamõju hindamise aruande koostamise käigus täiendavate asjaolude ilmnemise korral võib aruandes põhjendatud juhul kõrvale kalduda nõuetele vastavaks tunnistatud keskkonnamõju hindamise programmist. Sellekohased põhjendused tuleb esitada keskkonnamõju hindamise aruandes ning juhul, kui otsustaja või asjaomane asutus, kes annab aruandele omapoolse seisukoha, ei nõustu programmist kõrvalekaldumisega, tuleb aruannet vastavalt programmile täiendada.

Keskkonnamõju hindamise aruande sisule on kehtestatud täpsustavad nõuded[31].

Keskkonnamõju hindamisel tuleb arvesse võtta üldtunnustatud keskkonnamõju hindamise alaseid teadmisi ja hindamismetoodikat ning varasemate asjakohaste hindamiste tulemusi.

Keskkonnamõju hindamise aruande kohta küsitakse asjaomaste asutuste seisukohta

Otsustaja kontrollib 21 päeva jooksul keskkonnamõju hindamise aruande saamisest arvates aruande vastavust nõuetele, aruande asjakohasust ja piisavust ning asjaomaste asutuste seisukohtade arvestamist või arvestamata jätmist.

Keskkonnamõju hindamise aruanne avalikustatakse ning avalikustamise tulemusi arvestatakse sarnaselt programmile, välja arvatud aruande avaliku väljapaneku tähtaeg, mis on vähemalt 30 päeva.

Seega: Otsustaja korraldab vähemalt 30-päevase kestusega keskkonnamõju hindamise aruande avaliku väljapaneku. Seejärel korraldab arendaja koostöös otsustajaga keskkonnamõju hindamise aruande avaliku arutelu.

Otsustaja teavitab keskkonnamõju hindamise aruande avalikust väljapanekust ja avalikust arutelust 14 päeva jooksul kontrolli tulemuste selgumisest arvates vähemalt:

1) Ametlikes Teadaannetes;

2) arendaja kulul ühes üleriigilise levikuga või ühes kohaliku või maakondliku levikuga ajalehes;

[31] Keskkonnaministri määrus nr 34 01.09.2017, Keskkonnamõju hindamise aruande sisule esitatavad täpsustatud nõuded

3) kavandatava tegevuse asukoha vähemalt ühes üldkasutatavas hoones või kohas (näiteks raamatukogu, kauplus, kool, bussipeatus).

Keskkonnamõju hindamise aruande avalikustamise teade peab sisaldama vähemalt:

1) arendaja ja otsustaja nimesid ning nende kontaktisikute nimesid ja kontaktandmeid;

2) kavandatava tegevuse lühikirjeldust, eesmärke ja täpset asukohta;

3) aruande ja muude asjakohaste dokumentidega tutvumise aega ja kohta, sealhulgas veebilehe aadressi, kus dokumendid on kättesaadavad;

4) aruande kohta ettepanekute, vastuväidete ja küsimuste esitamise aega ja viisi;

5) aruande avaliku arutelu aega ja kohta.

Igaühel on õigus keskkonnamõju hindamise aruande avaliku väljapaneku ja avaliku arutelu ajal tutvuda aruande ning muude asjakohaste dokumentidega, esitada aruande kohta ettepanekuid, vastuväiteid ja küsimusi ning saada neile vastuseid.

Keskkonnamõju hindamise aruande avalikul arutelul tutvustatakse muu hulgas aruande kohta asjaomaste asutuste esitatud ja avaliku väljapaneku käigus laekunud seisukohti ning selgitatakse tehtud ettepanekute ja vastuväidete arvestamist või arvestamata jätmist.

Otsustaja avalikustab keskkonnamõju hindamise aruande muu hulgas oma või muul veebilehel, tagades avalikkusele aruandega tutvumise võimaluse vähemalt kuni aruande kohta ettepanekute, vastuväidete ja küsimuste esitamise tähtaja lõpuni.

Asutus, kellele keskkonnamõju hindamise aruande avaliku väljapaneku ajal esitati aruandekohta ettepanekuid, vastuväiteid või küsimusi, edastab nimetatud ettepanekud, vastuväited ja küsimused arendajale.

Juhtekspert või eksperdirühm juhteksperdi juhtimisel teeb koos arendajaga keskkonnamõju hindamise aruande avaliku väljapaneku ja avaliku arutelu ajal aruande kohta tehtud ettepanekute ja vastuväidete alusel aruandes vajalikud parandused ja täiendused, selgitab ettepanekute ja vastuväidete arvestamist või põhjendab arvestamata jätmist ning vastab esitatud küsimustele.

Arendaja saadab 30 päeva jooksul avaliku arutelu toimumisest arvates elektrooniliselt, liht- või tähtkirjaga keskkonnamõju hindamise aruande kohta esitatud ettepanekute või vastuväidete arvesse võtmise selgituse või arvestamata jätmise põhjenduse ning küsimuste vastused isikutele:

1) kes on esitanud oma ettepaneku, vastuväite või küsimuse kirjalikult;

2) kelle avalikul arutelul suuliselt esitatud ettepanek, vastuväide või küsimus jäi avalikul arutelul vastuseta.

Arendaja esitab kuue kuu jooksul pärast keskkonnamõju hindamise aruande avalikku arutelu aruande otsustajale nõuetele vastavuse kontrollimiseks.

Otsustaja edastab keskkonnamõju hindamise aruande asjaomastele asutustele kooskõlastamiseks.

Asjaomane asutus, lähtudes oma pädevusvaldkonnast, kooskõlastab või jätab kooskõlastamata keskkonnamõju hindamise aruande 30 päeva jooksul aruande saamisest arvates. Keskkonnaamet hindab muu hulgas aruande vastavust kehtestatud nõuetele.

Asjaomane asutus ei kooskõlasta keskkonnamõju hindamise aruannet juhul, kui:

1) esineb otsene vastuolu õigusaktiga;

2) aruandes on puudulik informatsioon, mis mõjutab aruande lõppjäreldusi ja sellest tulenevalt võib kavandatava tegevuse elluviimisel eeldatavalt kaasneda oluline ebasoodne keskkonnamõju.

Tuginedes asjaomaste asutuste kooskõlastustele, kontrollib otsustaja 30 päeva jooksul keskkonnamõju hindamise kooskõlastuste saamisest arvates:

1) aruande vastavust keskkonnamõju hindamise programmile;

2) aruande vastavust kehtestatud nõuetele;

3) aruande asjakohasust ja piisavust tegevusloa andmiseks;

4) aruande kohta esitatud ettepanekute ja vastuväidete arvestamist või arvestamata jätmist.

Otsustaja teeb eelpool nimetatud kontrolli põhjal keskkonnamõju hindamise aruande nõuetele vastavaks tunnistamise otsuse, kus esitatakse muu hulgas keskkonnamõju hindamise aruande lõppjäreldused kavandatava tegevuse elluviimisega eeldatavalt kaasneva olulise keskkonnamõju kohta.

Otsustaja teavitab otsuse tegemisest 14 päeva jooksul otsuse tegemisest arvates isikut, kelle õigusi keskkonnaloa andmisega või selle andmisest keeldumisega võidakse rikkuda või kelle kohustusi puudutada, sealhulgas:

1) kavandatud tegevuse asukoha kinnisasjaga piirneva kinnisasja omanikku;

2) isikut, kelle valduses olevat kinnisasja kavandatud tegevus mõjutab määral, mis ületab oluliselt tavapärast mõju;

ja muid menetlusosalisi ning avaldab teate Ametlikes Teadaannetes.

Teade peab sisaldama vähemalt:

1) otsustaja nime ning otsustaja kontaktisiku nime ja tema kontaktandmeid;

2) arendaja nime, kavandatava tegevuse lühikirjeldust ja eesmärki;

3) keskkonnamõju hindamise aruandega ja käesoleva paragrahvi lõikes 6 nimetatud otsusega tutvumise aega ja kohta.

Põhjendatud juhul võib otsustaja nõuda keskkonnamõju hindamise aruande täiendamist lisateabega, mida ei ole nõutud nõuetele vastavaks tunnistatud keskkonnamõju hindamise programmis.

Otsustaja peab tegevusloa andmise või sellest keeldumise otsuse tegemisel hindama keskkonnamõju hindamise aruande asjakohasust ning arvestama keskkonnamõju hindamise tulemusi ja aruandes sisalduvaid keskkonnameetmeid.

Kui otsustaja tuvastab hindamise tulemusel, et keskkonnamõju hindamise aruanne ei ole asjakohane tegevusloa andmiseks, on otsustajal põhjendatud juhul õigus nõuda arendajalt täiendavat eksperdihinnangut, mis lisatakse keskkonnamõju hindamise aruandele.

Selle eksperdihinnangu peab andma seaduses nõudele vastav juhtekspert. Juhteksperdi valikul tuleb võimaluse korral eelistada keskkonnamõju hindamise aruande koostanud juhteksperti.

Nimetatud eksperdihinnangu andmiseks pikeneb tegevusloa menetlemise tähtaeg eksperdihinnangu koostamise aja võrra.

Tegevusloa andmise otsus peab sisaldama keskkonnamõju hindamise aruande lõppjäreldusi ja keskkonnameetmeid ning asjakohasel juhul eksperdihinnangut.

Kui otsustaja tegevusloa andmise või sellest keeldumise otsuse tegemisel keskkonnamõju hindamise tulemusi või aruandes sisalduvaid keskkonnameetmeid ei arvesta, peab ta tegevusloa andmise või sellest keeldumise otsuses andma motiveeritud põhjenduse.

Keskkonnaloa andja edastab keskkonnaloa taotluse keskkonnaotsuste infosüsteemi kaudu viivitamata pärast selle saamist kavandatava tegevuse asukoha järgsele kohaliku omavalitsuse üksusele teadmiseks.

Kohaliku omavalitsuse üksus võib esitada kirjaliku arvamuse keskkonnaloa taotluse kohta kümne päeva jooksul taotluse saamisest arvates.

Avatud menetluse korral on kohaliku omavalitsuse üksusel täiendav võimalus esitada kirjalik arvamus keskkonnaloa taotluse kohta 30 päeva jooksul taotluse nõuetekohaseks tunnistamisest arvates.

Arvamuse esitamine ei piira kohaliku omavalitsuse üksuse õigust esitada edasise menetluse käigus täiendavaid seisukohti.

Kui keskkonnaloa andmise otsustamiseks viiakse läbi kavandatud tegevuse keskkonnamõju hindamise menetlus, annab kohaliku omavalitsuse üksus arvamuse 21 päeva jooksul keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduse kohase teate kättesaamisest arvates.

Keskkonnaloa taotlus vaadatakse läbi avatud menetluses, välja arvatud seadusega sätestatud juhul.

Kui keskkonnaloa taotlus vastab õigusaktidega sätestatud nõuetele, siis avatud menetluse korral teavitab loa andja keskkonnaloa taotluse esitamisest viivitamata vastavalt haldusmenetluse seaduses ettenähtud korra kohaselt isikut, kelle õigusi keskkonnaloa andmisega või selle andmisest keeldumisega võidakse rikkuda või kelle kohustusi puudutada, sealhulgas:

kavandatud tegevuse asukoha kinnisasjaga piirneva kinnisasja omanikku;

isikut, kelle valduses olevat kinnisasja kavandatud tegevus mõjutab määral, mis ületab oluliselt tavapärast mõju.

Avalikkuse teavitamine keskkonnaloa andmise menetlusest avatud menetluse korral

Kui taotlus vastab õigusaktidega sätestatud nõuetele, avaldab keskkonnaloa andja avatud menetluse korral keskkonnaloa taotluse esitamise kohta viivitamata teate, milles märgitakse:

1) kavandatava tegevuse lühikirjeldus;

2) loa taotleja nimi;

3) andmed kavandatava tegevuse asukoha kohta;

4) andmed keskkonnaloa kavandatud kehtivusaja kohta;

5) viide veebilehele, kus keskkonnaloa taotlus on kättesaadav;

6) igaühe õigus osaleda avatud menetluses;

7) keskkonnaloa taotluse ja selle kohta antava haldusakti eelnõu väljapaneku aeg ja koht, kui loa andmise otsustamiseks ei hinnata keskkonnamõju ning haldusakti eelnõu on teate avaldamise ajaks valminud või selle valmimise aeg on teada;

8) ettepanekute ja vastuväidete (edaspidi koos seisukoht) ning küsimuste esitamise tähtaeg ja adressaat, juhul kui teates on avaldatud teave avaliku väljapaneku aja ja koha kohta;

9) vajaduse korral teave selle kohta, kas peetakse teise riigiga konsultatsioone piiriülesest mõjust.

Nimetatud teade avaldatakse väljaandes Ametlikud Teadaanded ja kohalikus või maakondlikus ajalehes. Teate võib jätta kohalikus või maakondlikus ajalehes avaldamata, kui kavandatud tegevusega kaasnev keskkonnahäiring või keskkonnarisk on nii väike, et selle vastu puudub piisav avalik huvi. Teade avaldatakse vähemalt ühes üleriigilise levikuga ajalehes, kui keskkonnaloaga lubatud tegevusega võib kaasneda oluline regionaalne või üleriigiline keskkonnahäiring. Vajaduse korral võib teate avaldada üleriigilise levikuga ajalehes ka muudel juhtudel.

Ajalehes avaldamise kulud tasub keskkonnaloa taotleja.

Nimetatud dokumendid peavad olema avaliku väljapaneku kestel kättesaadavad keskkonnaloa andja veebilehel kuni taotluse lahendamiseni.

Valla- või linnavalitsus avaldab seitsme päeva jooksul keskkonnaloa taotluse loa andja poolt nõuetekohaseks tunnistamisest arvates valla- või linnavalitsuse veebilehel lihtsalt juurdepääsetava teate keskkonnaloa taotluse saamise kohta, milles märgitakse vähemalt:

kavandatava tegevuse lühikirjeldus;

loa taotleja nimi;

andmed kavandatava tegevuse asukoha kohta;

viide veebilehele, kus keskkonnaloa taotlus on kättesaadav;

Teade peab olema veebilehel kättesaadav kuni taotluse lahendamiseni.

Isikule, kes on avaldanud soovi saada teavet keskkonnaloa menetluse käigus toimuvatest avalikest väljapanekutest ja aruteludest, saadetakse nende kohta teade tema nimetatud elektronposti või postiaadressil.

Keskkonnaloa taotluse ja selle kohta antava haldusakti eelnõu paneb loa andja avalikkusele tutvumiseks välja haldusmenetluse seaduses sätestatud korras kavandatava tegevuse asukoha järgse valla, linna või muu asula vähemalt ühes üldkasutatavas hoones või kohas, keskkonnaloa andja asukohas või kavandatava tegevuse asukohas. Loa andja määrab väljapaneku asukoha, arvestades kavandatava tegevuse keskkonnahäiringu võimalikku ulatust ja suurust.

Igaühel on õigus esitada keskkonnaloa andjale avalikkusele tutvumiseks välja pandud keskkonnaloa taotluse või selle kohta antava haldusakti eelnõu kohta seisukohti ja küsimusi loa andja määratud tähtaja jooksul. Tähtaeg ei või olla lühem kui kaks nädalat väljapanekust teatamisest arvates.

Keskkonnaloa andja otsustab loa andmise pärast asja arutamist avalikul arutelul, mille käigus on igaühel õigus avaldada suuliselt arvamust keskkonnaloa eelnõu ja selle andmise menetluse kohta.

Kui arutelu toimumise aega ei ole teatavaks tehtud koos väljapanekust teatamisega, teavitab keskkonnaloa andja avalikkust arutelu toimumisest vähemalt kümme päeva enne arutelu toimumist seaduses sätestatud korras:

Arutelu protokollitakse. Protokoll peab sisaldama arutelul esitatud seisukohti ja küsimusi ning nendele antud vastuseid.

Keskkonnaloa andja saadab enne loa andmise otsustamist loa taotlejale avalikul väljapanekul ja arutelul esitatud seisukohad ja küsimused, et ta saaks nendega tutvuda ning nende kohta arvamust avaldada.

Kui pärast avalikku väljapanekut keskkonnaloa taotlust või selle kohta antava haldusakti eelnõu oluliselt muudetakse, võib loa andja avalikku väljapanekut korrata, arvestades muudatuse eeldatavat mõju puudutatud isikutele ja keskkonnaloa taotleja huve. Kui see on vajalik asja õigeks otsustamiseks, võib keskkonnaloa andja korrata avalikku arutelu.

Keskkonnaluba ja selle andmise otsus vormistatakse keskkonnaotsuste infosüsteemis elektrooniliselt digitaalselt allkirjastatuna.

Keskkonnaloa taotlemise tegevuste võimalik ajakulu on toodud tabelis 1.

Keskkonnaloa otsus toimetatakse loa taotlejale ja teistele isikutele, kelle õigusi keskkonnaluba või selle andmisest keeldumise otsus piirab, kätte vastavalt haldusmenetluse seadusele postiga, keskkonnaloa andja poolt või elektrooniliselt.

Keskkonnaluba tehakse teatavaks teate avaldamisega väljaandes Ametlikud Teadaanded ja kohalikus või maakondlikus ajalehes. Teate võib jätta kohalikus või maakondlikus ajalehes avaldamata, kui keskkonnaloa taotluse menetlusele ei kohaldatud avatud menetluse sätteid või kavandatud tegevusega kaasnev keskkonnahäiring või keskkonnarisk on väike ja selle vastu

puudub piisav avalik huvi. Teade avaldatakse vähemalt ühes üleriigilise levikuga ajalehes, kui loaga lubatud tegevusega võib kaasneda oluline regionaalne või üleriigiline keskkonnahäiring. Vajaduse korral võib teate avaldada üleriigilise levikuga ajalehes ka muudel juhtudel.

Ajalehes avaldamise kulud tasub keskkonnaloa taotleja.

Teade peab sisaldama vähemalt järgmisi andmeid:

1) millist tegevust kavandatakse;

2) taotleja nimi ja isikukood või registrikood;;

3) andmed kavandatud tegevuse asukoha kohta;

4) tegevuse ning sellega kaasneva võimaliku keskkonnahäiringu lühikirjeldus;

5) andmed selle kohta, kus saab keskkonnaloa või sellest keeldumise otsusega ja otsuse aluseks olnud andmetega tutvuda.

Keskkonnaluba tehakse teatavaks kohaliku omavalitsuse üksusele.

Tabel 1 Võimalik tegevuste ajakulu keskkonnaloa taotlemisel

Tegevus	**Aeg päevades**
Keskkonnaloa taotluse esitamine	N
Nõuetele vastavuse kontroll Arvestades taotletava tegevuse ja tegevuskoha iseärasuste ning avalikustamise asjaoludega, võib loa andja nõuda keskkonnaloa taotlejalt täiendavaid andmeid ja dokumente. Keskkonnaameti nõudmisel tuleb esitada vee erikasutusega seotud tööde projekt; Keskkonnaameti nõudmisel tuleb esitada andmed kavandatava tegevusega mõjutatava keskkonna kohta.	x (hea tava kohaselt 30)
Loa andmine otsustatakse nõuetekohase taotluse ja dokumentide saamisest arvates.	90
KMH algatamise otsus Kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise algatamise korral peatub keskkonnaloa taotluse menetlus kuni keskkonnamõju hindamise aruande nõuetele vastavaks tunnistamise otsusest teavitamiseni Ametlikes Teadaannetes.	n
KMH programmi koostamine	x
KMH programmi esitamine	n
Otsustaja kontrollib keskkonnamõju hindamise programmi saamisest arvates programmi vastavust nõuetele ning edastab selle asjaomastele asutustele seisukoha esitamiseks.	14
Seisukohtade esitamine	30
Otsustaja vaatab asjaomaste asutuste seisukohtade saamisest arvates seisukohad läbi ning annab arendajale ja juhteksperdile oma seisukoha keskkonnamõju hindamise programmi asjakohasuse ja piisavuse kohta, arvestades asjaomaste asutuste esitatud arvamusi.	14
KMH programmi parandamine	x
KMH programmi esitamine	n
Otsustaja kontrollib parandatud ja täiendatud keskkonnamõju hindamise programmi, sealhulgas asjaomaste asutuste seisukohtade arvestamist või arvestamata jätmist, nimetatud programmi saamisest arvates ja kaasab vajaduse korral menetlusse asjaomase asutuse, kelle seisukohta ei ole arvestatud	14
Otsustaja teavitab keskkonnamõju hindamise programmi avalikust väljapanekust ja avalikust arutelust	14
Avaliku väljapaneku algus	n
Otsustaja korraldab keskkonnamõju hindamise programmi avaliku väljapaneku.	14
Seejärel korraldab arendaja koostöös otsustajaga keskkonnamõju hindamise programmi avaliku arutelu.	n
Parandatud KMH programmi esitamine nõuetele vastavuse kontrollimiseks	x
Otsustaja kontrollib	30

KMH aruande koostamine	x
KMH aruande esitamine	n
Otsustaja kontrollib keskkonnamõju hindamise aruande saamisest arvates aruande vastavust nõuetele, aruande asjakohasust ja piisavust ning asjaomaste asutuste seisukohtade arvestamist või arvestamata jätmist	21
Otsustaja teavitab keskkonnamõju hindamise aruande avalikust väljapanekust ja avalikust arutelust	14
Avaliku väljapaneku algus.	n
Otsustaja korraldab keskkonnamõju hindamise aruande avaliku väljapaneku	30
Seejärel korraldab arendaja koostöös otsustajaga keskkonnamõju hindamise aruande avaliku arutelu.	n
Arendaja esitab pärast keskkonnamõju hindamise aruande avalikku arutelu aruande otsustajale nõuetele vastavuse kontrollimiseks.	x
Otsustaja edastab keskkonnamõju hindamise aruande asjaomastele asutustele kooskõlastamiseks.	x
Kooskõlastamine	30
Otsustaja kontrollib nõuetele vastavust peale kooskõlastuste saamist Põhjendatud juhul võib otsustaja nõuda keskkonnamõju hindamise aruande täiendamist lisateabega, mida ei ole nõutud nõuetele vastavaks tunnistatud keskkonnamõju hindamise programmis.	30
Aruande esitamine	x
Aruande nõuetele vastavaks tunnistamise otsus	n
Avaldab teate Ametlikes Teadaannetes	14
Jätkub keskkonnaloa menetlus	90
Kui otsustaja tuvastab hindamise tulemusel, et keskkonnamõju hindamise aruanne ei ole asjakohane keskkonnaloa andmiseks, on otsustajal põhjendatud juhul õigus nõuda arendajalt täiendavat eksperdihinnangut, mis lisatakse keskkonnamõju hindamise aruandele.	y
Eksperthinnangu koostamine, nimetatud eksperdihinnangu andmiseks pikeneb keskkonnaloaloa menetlemise tähtaeg eksperdihinnangu koostamise aja võrra.	x
Jätkub keskkonnaloa menetlus	90-y
Keskkonnaloa otsus	n
Keskkonnaluba tehakse teatavaks teate avaldamisega väljaandes Ametlikud Teadaanded	