



TALLINNA ÜLIKOO

Loodus- ja
terviseteaduste instituut
Ökoloogia keskus

TLÜ Ökoloogia keskus

Aruanne

AL TSAUNA LAUTRI ÜMBRUSE RANNÕLVA SETTED JA NENDE LIIKUMISE VÕIMALIK MÕJU

Autorid:

Hannes Tõnisson, PhD TLÜ Ökoloogia keskus, vanemteadur, rannikute töörühma juht.

Tiit Vaasma, PhD. TLÜ Ökoloogia keskus, teadur.

Egert Vandel, PhD. TLÜ Ökoloogia keskus, teadur.

September 2022

Tallinn

SISUKORD

1	Sissejuhatus	3
1.1	Töö lähteülesanne	3
1.2	Töö vajalikkuse põhjendus.....	4
2	METOODIKA	5
2.1	Väliuuringud.....	5
2.2	Ortofotode analüüs	7
2.3	Settefraktsioonide määramine	8
3	SETETE LIIKUMISE ANALÜÜS.....	10
3.1	Setete liikumise seaduspärasused ortofotode analüüsi põhjal	10
3.2	Ristprofiilid, merepõhja setteproovid ning puurimised.	14
3.3	Muud võimalikud ohud ja sadama mõju randadele.....	19
	KOKKUVÕTE	21
	KASUTATUD KIRJANDUS	22

1 Sissejuhatus

1.1 Töö lähteülesanne

Altsauna lautri rajamiseks on tehtud kaks eskiislahendust ning on hinnatud nende võimalikku mõju setete liikumisele. Samuti on analüüsitud liivade liikumise mõju planeeritavatele sadamarajatistele, eelkõige sadama ummistumist silmas pidades. Eelnevate tööde käigus leiti aga, et oleks vajalik täiendav merepõhja setete uuring. Sellel jaoks leiti, et on vaja viia läbi järgnevad tööd:

1. Mõõdistada 5 ristprofiili (rannajoone suhtes), millest kaks ulatuksid vähemalt Pandju saarega samale joonele. Ülejäänud kolm profiili ulatuksid vähemalt 1.5 m sügavuseni. Profiilide mõõdistamisel verifitseeritakse ka selle joonel olevad põhjasetted, mis on vajalik ortofotode analüüsimisel (planeeritavate profiilide asukoht joonisel 1).



Joonis 1.1. Mõõdistavad profiilid ja setteproovide võtmise asukohad, joonisele on paigutatud ka uusima planeeringu alusel koostatud sadama eskiis (alusena kasutatud maaameti uusimat ortofotot.).

2. Profiilidega samal joonel võetakse settekopaga 15 setteproovi merest ning iga profiili algusest 1 proov rannalt või rannalähedasest merest (kui rand on roostunud, joonis 1).
3. Vintpuuriga puurimised rannajoone lähistel, määramaks liivakihi esinemise ja paksuse (kopaproovide planeritavad asukohad joonisel 1).
4. Analüüsida ortofotodelt nähtavat merepõhja setete levikut ja selle leviku muutust ajas.

1.2 Töö vajalikkuse põhjendus

Inimese ehitatud rajatised rannavööndis põhjustavad sageli muutusi nii lainetuse režiimis kui ka rannaprotsesside kulgemises. Näiteks põhjustavad sadamate muulid sageli olulisi muutusi setete rändemustris. Sage on olukord, kus ühel pool sadamat kiireneb kuhje – sinna jäävad setted lõksu. Teisel pool sadamat algab aga erosioon, kuna piki randa enam värsket setet peale ei tule ning väikse nurga all randa liikuv laine hakkab erodeerima varasemat transpordiala (Orviku 2018). Vahel võivad aga raannas ja rannalähedases meres (rannanõlval) liikuvad setted ummistada sadamaid. Kuna varasemad tööd on viidanud mõningasele setete liikumisele siin piirkonnas, siis on oluline hinnata siinsete setete liikumise mõju rajatavale sadamale.

2 METOODIKA

2.1 Väliuuringud

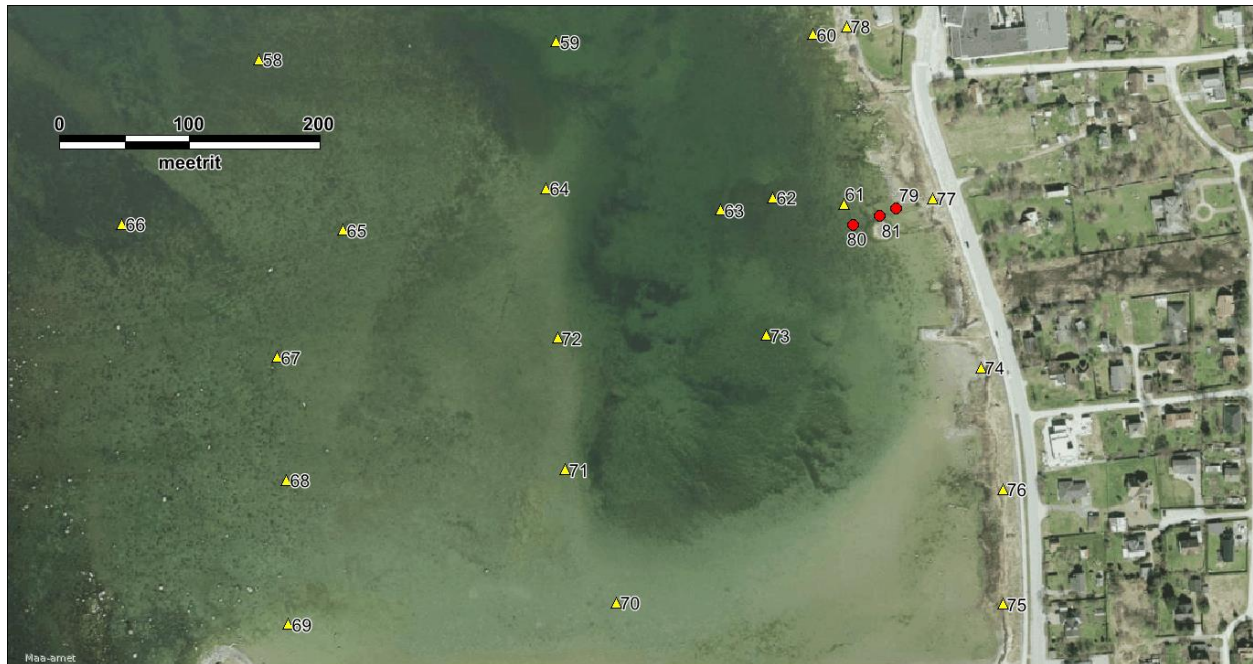
Välitööd viidi läbi 2022. aasta augustis, peamiselt 23. ja 24. augustil. Uuritava ala kirjeldamiseks mõõdistati RTK-GPS (LEICA GS09) seadmega 5 ristprofiili (mõõdistatud punktide asukoht joonisel 2.1). Seesugune seade võimaldas nii kõrguse kui asukoha määrata mõne cm täpsusega, mis on seesuguste tööde jaoks enam kui piisav täpsus. Profiilide puhul on kasutatud kõrgussüsteemi BK77, kuna see peegeldab kõige paremini keskmist meretaset Eesti rannikul (Suursaar jt. 2019). Profiilid algasid kõik teelt ning lõppesid nii sügaval meres kui kuiv ülikond võimaldas mere suunas liikuda. Samaaegselt kirjeldati ka merepõhjas levivaid pindmisi setteid ning hinnati nende võimalikku mõju rannaprotsessidele.



Joonis 2.1. Ristprofiilide asukohad Altsauna lautri piirkonnas. Iga kolmnurk tähistab ühte mõõtepunkti (alusena on kasutatud Maaameti uusimat ortofotot).

Lisaks eelnevale võeti samadelt profiilidelt 15 merepõhja proovi settekopaga ning viis proovi rannalt (Joonis 2.2). Kui merest ei õnnestunud settekopaga liiva kätte saada (põhi näiteks kivine), siis lihtsalt kirjeldati setet, mis jäi kopa sisse, või mis ilmnas kopa põhja heitmisel (kopas kruus ja verised, kopp läks merepõhjs kolksuga vastu kive jne.). Merepõhja setteproovide võtmise tihedus oli suurem planeeritava sadama ümbruses ning vähenes sadamast kaugnedes. Tiheda roostiku tõttu

pidi ka mitmed rannale planeeritud profiilid võtma rannalähedasest madalast merest. Rannalt võetud proovi puhul ei olnud vaja settekoopa kasutada, siis võeti proov käsitsi, lähtudes sellest, et oleks piirkonna kohta võimalikult esinduslik. Proovid pakiti ning viidi laborisse terajämeduse analüüsi tegemiseks.



Joonis 2.2. setteproovide asukohad (kollane kolmnurk) ning proovi number. Samuti on kaardile märgitud vintpuuriga tehtud puurimiste asukohad (punane täpp) ning puuraugu number (alusena on kasutatud Maaameti uusimat ortofotot).

Lisaks setteproovidele tehti sadama vahetuslähedus kolm puurimist vintpuuriga (puuraukude asukoht joonisel 2.2). Asukoht valiti planeeritava sadama alal ning piirkonnas kus tundus planeeritava sadama lähistel nii visuaalselt kui ka profiilide mõõtmise käigus kõige enam liiva olema. Vintpuur ei võimalda võtta segamatut setteproovi (kihtide täpse ülemineku määramiseks) ent võimaldab mõne cm täpsusega hinnata liivakihi paksust, liivas olevate jämedamate setete esinemist ning määrata liivakihi all olevate setete tüüpi.

2.2 Ortofotode analüüs

Kuna eelnevate tööde käigus oli läbi viidud üsna põhjalik rannajoone muutuste analüüs, siis selle kordamine ei tundunud mõttekas. Detailsemalt vaadatai vaid Pandju saare ja selle taha kujuneva säärekese või tombololaadse moodustise arengut, eesmärgiga hinnata rannaprotsesside suunda ning kiirust. Olulisemaks peeti merepõhjas levivate liivade leviku piiritlemist ajas ja ruumis. Liivad tunneb ortofotol ära tavaliselt heledama värvuse abil ning käesolevas töös verifitseeriti veel ortofotol olev info välitöödle kogutud andmete abil (liivade leviku alal võetud kopaproovid ning profiilide andmed kinnitasid ortofotol nähtut). Rannajoone ja merepõhjas leiduva liiva kontuuri muutuste detailsemaks analüüsimiseks viidi läbi põhjalik ortofotode analüüs. Analüüsil kasutati programmi *MapinfoProfessional*. Võrdlus viidi läbi Maa-ameti WMS süsteemis saada olevate ortofotode põhjal. Kasutati ortofotsid, mille ülelennud olid tehtud 2021., 2020., 2019., 2018., 2017., 2016., 2015., 2014., 2013., 2012., 2010., 2009., 2008., 2007., 2006., 2005., 2002. ja 1998. aastal (Tabel 2.1.).

Tabel 2.1 Ortofotode tegemise ajad, katvus ning veetase lähimates mõõtejaamades.

Aasta	Kaart	Veetasemete mõõtejaam->			Pirita	Paldiski	Kunda
		kuupäev	Katvus	Lennu aeg	EH2000	EH2000	EH2000
2021	asulad ortofoto	29.04.2021	100%	lõuna	10		
2020	asulad ortofoto	05.04.2020	100%	lõuna	25		
2020	aerolend ortofoto	29.03.2020	100%	lõuna	-6		
2019	asulad ortofoto	12.04.2019	100%	pealelõuna	1		
2018	asulad ortofoto	20.04.2018	100%	lõuna	-2		
2018	metsanduslik ortofoto	28.05.2018	100%	õhtupoolik	-20		
2017	asulad ortofoto	05.05.2017	100%	hommik	-25		
2016	aerolend ortofoto	21.04.2016	100%	lõuna	3		16.8
2015	asulad ortofoto	10.04.2015	100%	päev	-10		
2014	asulad ortofoto	06.05.2014	100%	lõuna	-19		
2014	metsanduslik ortofoto	09.07.2014	100%	lõuna	-10		
2013	aerolend ortofoto	25.04.2013	100%	pealelõuna	-4		11.9
2012	aerolend ortofoto	22.04.2012	100%	lõuna	-14		-3
2010	metsanduslik ortofoto	04.06.2010	100%	õhtu			11
2009	aerolend ortofoto	03.05.2009	100%	pealelõuna			-32
2008	aerolend ortofoto	03.05.2008	100%	õhtu		-29	-23
2007	aerolend ortofoto	10.05.2007	100%	lõuna		-3	
2006	Harju ortofoto	05.08.2006	100%	ennelõuna		-23	
2005	aerolend ortofoto	21.05.2005	100%	ennelõuna		-22	
2002	aerolend ortofoto	08.05.2002	100%	lõuna		-22	
1998	aerolend ortofoto	-	100%		Pole teada		

Analüüsi käigus joonistati igal ortofotol üle Pandju saare ja selle taga oleva säärekese rannajoon, milleks määrati kuiva ja niiske liiva piir. Lisaks rannajoonele määrati ka Pandju saarel oleva astangu kontuur. Merepõhjas levivate liivade kontuur joonistati üle samuti kõigil ortofotodel. Analooget määrangut on kasutatud ka varasemate sarnaste rakenduslike tööde ja ka teadusuuringute läbiviimisel. Peamiselt analüüsiti muutuste tendentsi ning veealuste liivakehade kontuure, mille puhul ei ole ortofoto tegemise aegne meretase nii oluline, igaks juhuks, selguse mõttes toodi välja ka enamuse ortofotode tegemiseaegsed meretasemed (Tabel 2.1), moida kasutati analüüsil pigem taustainfona. Rannajoone asend võib laugatel randadle tänu ülelennuaegsele erinevale meretasemele pisut nihkuda, kuid pikas perspektiivis näeme siiski ära arengutendentsi, mis oli ka selle töö peamine eesmärk. Samas näitavad suure hulga erinevate meretasemete juures fikseeritud rannajooned ka piirkonna rannajoone varieeruvust erinevate meretasemete tingimustel, mis on samuti oluline näitaja.

2.3 Settefraktsioonide määramine

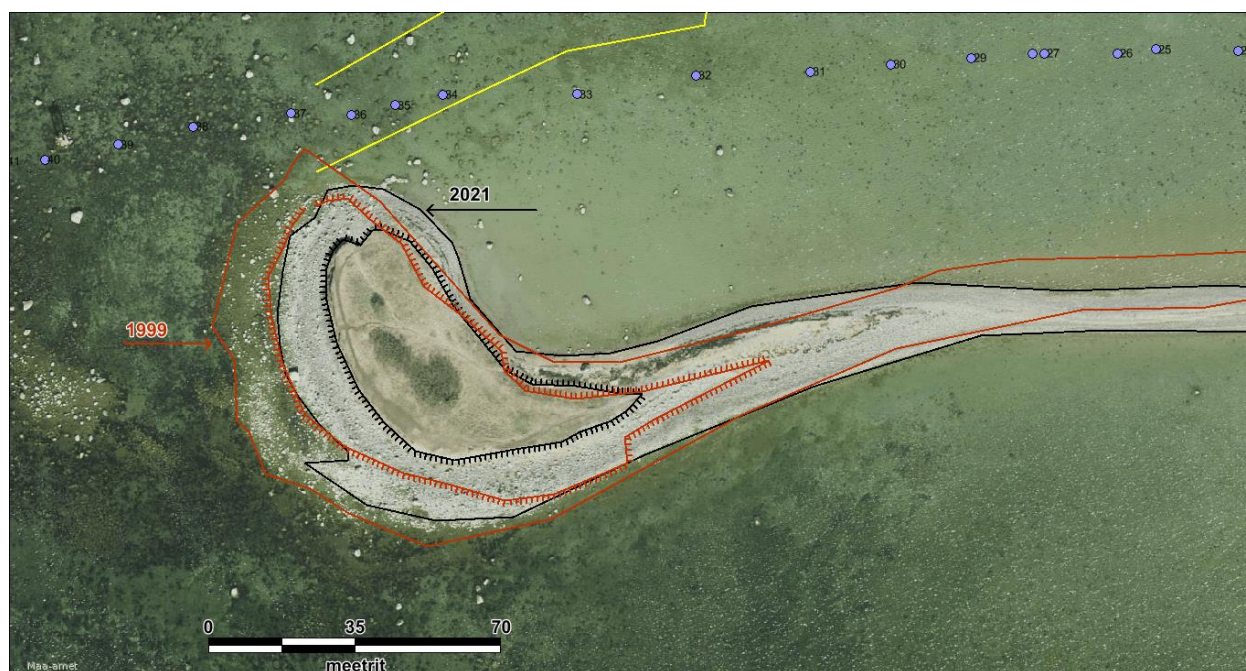
Setete terajämeduse määramiseks analüüsiti 21 setteproovi. Mineraalsete setete terajämeduse määramiseks rakendati kuivisõelumismetoodikat ja kasutati sõelumisaparaati *Fritsch Analysette 3 PRO*. Sõelumiseks valiti standardsete sõelasilma suurustega sõelad: 1000, 500, 250, 125, 63, 36 ja <36 mikromeetrit, mis ühtlasi on ka mineraalaine suurusklasside piirideks (Tabel 2.2). Proove sõeluti 20 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 mediaanterajämedus. Mediaanjämedus oli võimalik määrata 14 liivaproovis. Sõelu puhastati ultrahelivannis.

Proovide kohta, kus liiva osakaal oli liialt väike või lisaks liivale oli olulisel määral ka muid fraktsioone, anti hinnang lähtuvalt silmaga jälgitavast terasuurusest ning anti ühtlasi ka hinnang selle kohta kui suur oli proovis liiva osakaal. Seesuguseid proove oli kokku 7. Vähesed liiva osakaalu korral eraldi sõelumist ei tehtud ning mediaani ei määratud. Kui proovis tundus olema kõiki fraktsioone võrdselt, sealhulgas savikat materjali, siis sõelumist ei tehtud, sest rohked saviosakesed ummistaksid sõelad ning tulemused oleks ebarealistlikud.

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

Iseloomustav termin	Osakeste diameter			Suurusklass
	(Φ -ühikud)	(mm)	μm	
Teralised setted	0	1	1000-2000	väga jäme
	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
	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

on nendel perioodidel kandnud setteid veidi rohkem põhjapoole. Samas on aga lõpuks kogu sääre maapoolne ots hiljem nihkunud jälle lõunapoole tagasi, jälgides ülejäänud sääre telge. Ilmselt on see vahepealne põhja suunaline paindumine olnud tingitud nõ kitsast „jõe efektist“ kui hoovustega liikuv vesi on ülipeene sette liikumist põhjasuunas soodustanud. Kui kitsas väin sääre ja Viimis poolsaare ranna vahel sulgus, siis on lainetuse mõju olnud suhteliselt tasakaalus ning sääre tipp nihkunud veidi lõunasuunas tagasi. Ilmselt on põhja- või loodepoolt tuleva lainetuse mõju tugevate tormidega veidi suurem, millest annab tunnistust ka see, et Pandju saare poolne osa säärest on 22-aasta pikkusel ajaperioodil nihkunud umbes 10 m lõunapoole (joonis 3.1). Samalaadset lõunasuunalist nihkumist viimase 22 aasta jooksul on näha ka detailsemal joonisel, vahetult Pandju saarest idas (joonis 3.2).



Joonis 3.2. Pandju saare rannajoone ja astangu perve (sakiline joon) kontuuri muutus vahemikus 1999-2021. Joonisel on näha ka mõne aasta kohta joonistatud liivakontuuri põhjapoolne piir (kollane joon) ning profiilil mõõdetud punktid (sinised ringid).

Pandju saare enda arengu puhul näeme, et saarekesel olev astang on viimase 22 aasta jooksul taganenud umbes 10 m. Sama võime näha ka rannajoone puhul, ent siin on üks uur erinevus. Rannajoone taganemisel on maha jäänud rohkelt jämedamaid setteid (kruus, veerised munakad, suuremad kivid), mis tulevikus aeglustavad nii rannajoone kui ka siinse astangu taganemise kiirust (Foto 3.1). Juba praegu näeme, et kohati on astangu esine ala tugevasti roostunud, mis näitab seda, et rannikumerre ja rannale jäänud kivid takistavad üldjuhul lainetuse levikut astanguni.

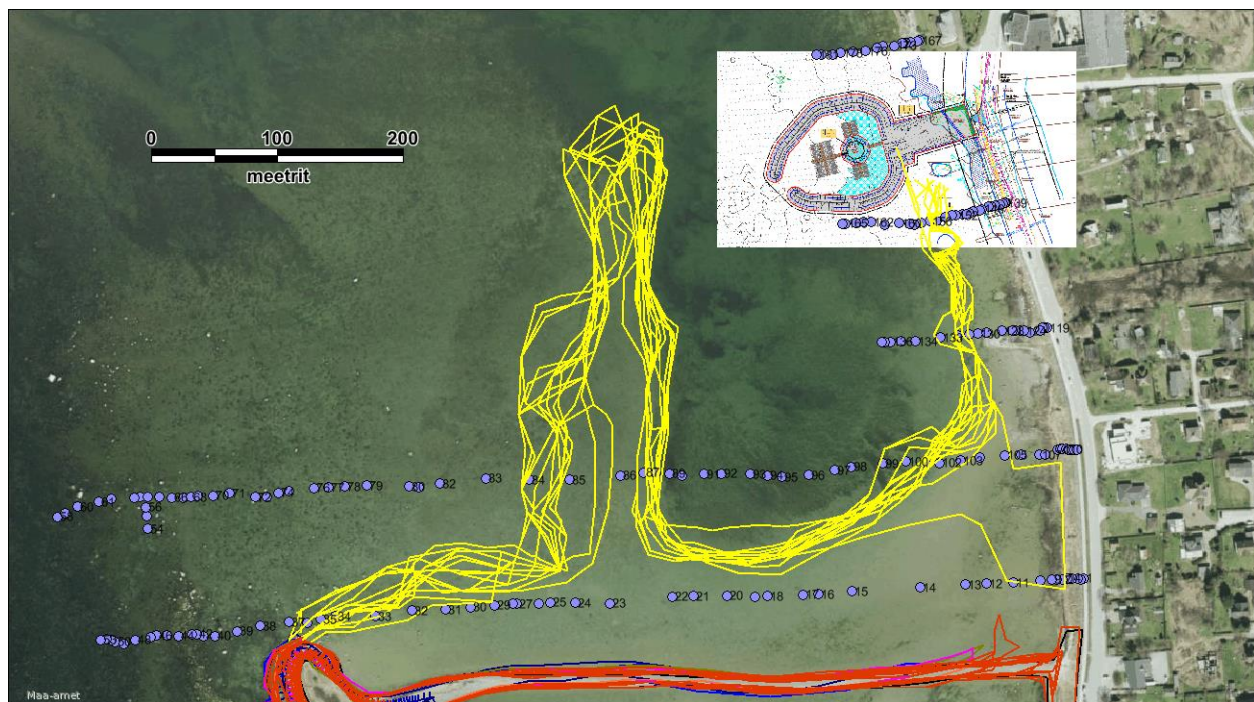
Kui vaatame saare erodeerimist lainetuse poolt ja siit minema kantava sette võimalikku mõju planeeritavale sadamale, siis võime eeldada, et mõju sisuliselt puudub. Saar koosneb suures osas savikast moreenist (Foto 3.1). Selles olev savifraktsioon kandub lainetuse mõjul lihtsalt mööda veesammast laiali ja saare kõrgeima osa koostises olevad rannasetted - kruus, veerised ja vähene liiv on enamasti üsna jämedateraline sete, mis liigub vaid mööda rannajoone lähedast merd (alal kus laine murdub). Seesuguse sette liikumise mõju võisime näha ka siinse sääre pikenemisel ja ühinemisel Viimsi poolsaarega, kus on toimunud mõningane kuhje vahetult sääre ja Viimsi poolsaare ühinemise kohas.



Foto 3.1. Pandju saare lääneküljel paiknev astag. Selle esisele on kujunenud ulatuslik murrutusillutis, astangu alumine 2/3 on savikas moreen, ülemine 1/3 moodustab kamardunud osa nin selle all paiknevad kruusakad/liivakad rannasetted.

Kokkuvõttes võime öelda, et ei Pandju saarel ega ka siinses rannas ei ole piisavalt peeneid liivasid, mis võiksid põhjustada kiiret sadama ja sellese viiva veetee ummistumist. Analoogselt Pandju saare esiesel alale näeme Viimsi poolsaare rannas suve lõpus väga ulatuslikku roostumist, selle all vanu roo ja adruvalle, mis viitab siinse ranna suhteliselt suurele stabiilsusele ning liikuvate setete vähesusele.

Varasemate uuringute põhjal on mitmel juhul selgunud, et ortofotode põhjal on võimalik suhteliselt täpselt määrata tusedama liivaga alald madalas ranniukumeres. Nii teostati ka siin põhjalik ortofotode analüüs, kus paraleelselt välivaatlustega püüti määrata liivapiir. Liiva piir määrati kõikidel ortofotodel ja kanti ühele kaardile (joonis 3.3.).



Joonis 3.3. Kollased jooned tähistavad Pandju saarest ja selle taga paiknevast säärest põhjapoolse jääva liivase merepõhja põhjapoolseimat kontuuri. Iga joon tähistab erinevat aastat.

Jooniselt näeme selgelt, et liiva kontuur enam kui 22 aasta jooksul väga ulatuslikult muutunud ei ole. Suurim on olnud muutus sadamast lõunas, kus Pandju saare varjus oleva sääre ja Viimsi poolsaare ühinemiskoha vahetusläheduses on väiksel alal rannalähedane meri muutunud veidi liivasemaks (joonis 3.3.). Üldiselt aga näeme, et planeeritavast sadamast lõunasse jäävas rannikumeres leiduvate liivade kontuur on enam kui 200 m pikkusel lõigul pea 22. aasta jooksul muutunud vähe. Liivase ala merepoolne piir on terve selle perioodi vältel püsinud enamasti umbes 10-20 m laiusel alal ja üldiselt on liivade merepoolne piir jäänud 1-1.5 m sügavusvahemikku.

Planeeritav sadam jääb nagu väikese lahesopi sisse, mille põhjas intensiivset liivade liikumist ei toimu. Ka selle väikese lahesopi lõunaküljel ei ole liivade leviku piir oluliselt muutunud (muutused jäävas valdavalt 10-20 m piiresse. Selle väikese lahesopi sulgeb mere poolt Pandju saarest põhjasuunas jääv ulatuslik madalik, millel valdab tänasel päeval moreen. Täna on see madalik üsna kivine ja sellel vohab ulatuslik põhjataimestik. Selle madaliku idapoolsel küljel on enamasti üsna õhuke liivakiht, mis ilmselt ida-suunas liikude veidi түseneb. Liivane ala ei ole aga siin kuigi lai, jäädes üldjuhul 100-150 m vahemikku. Võib arvata, et sinne liiv on välja pestud moreenmadaliku pikaajalise erodeerimise tulemusena ning liivad on jäänud selle madaliku maapoolsele küljele, lainevarjulisse ossa lõksu. Selle liivase ala maapoolse kontuuri vähene muutus viitab setete vähesele mobiilsusele. Veidi rohkem muutus liivase ala piir madalaiku poolses küljes, kus muutuse on ilmselt tinginud liiva väga õhuke kiht, sest mitmetelt ortofotodelt kumavad läbi liivas olevad kivid.

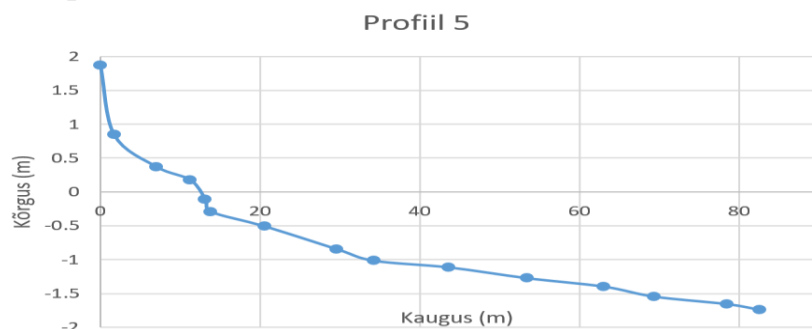
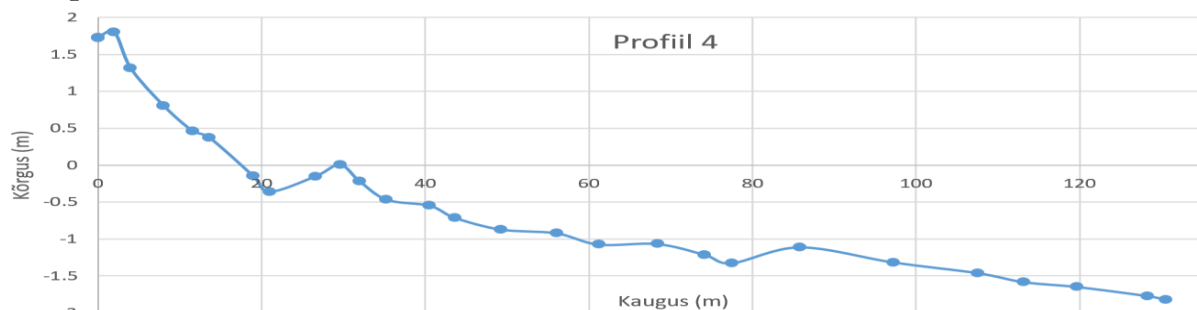
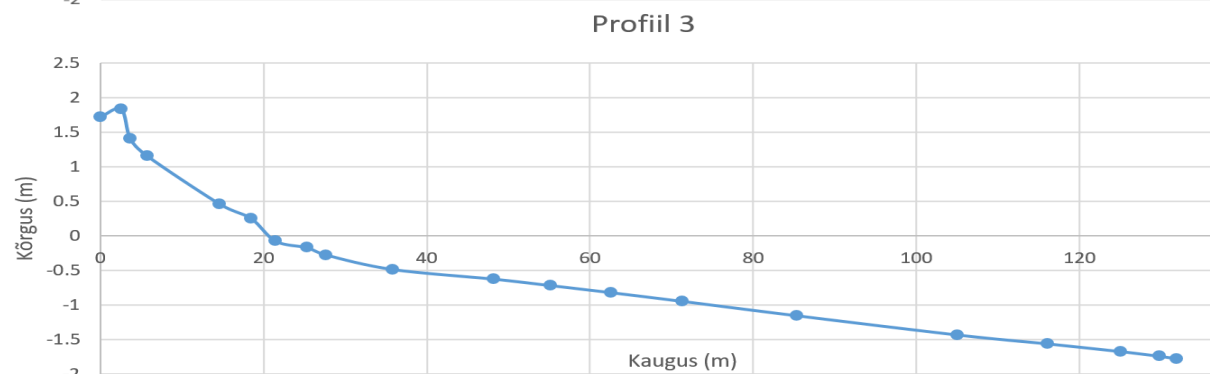
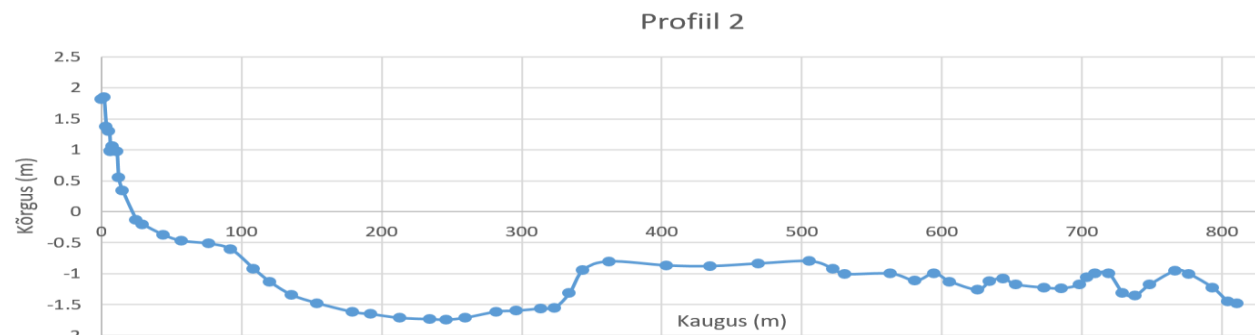
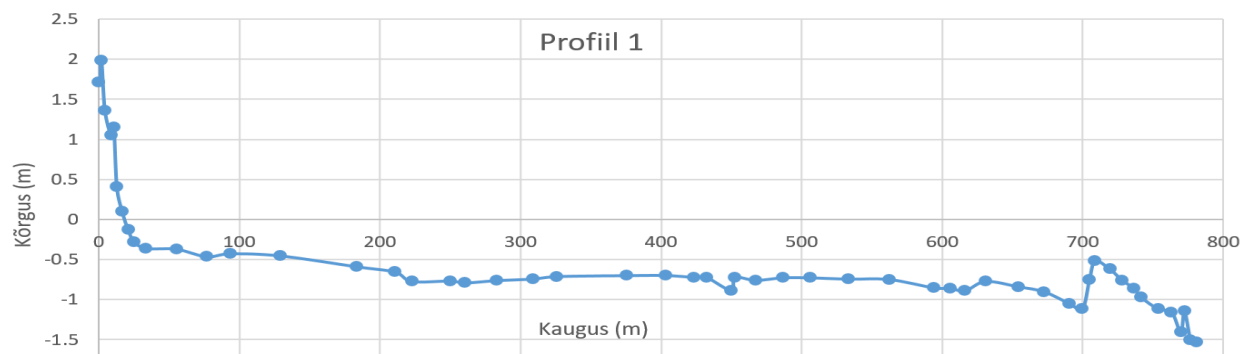
Seega võime üsna kindlalt öelda, et ortofodel leiduva informatsiooni põhjal ei ole näha ohtu, et planeeritavat sadamat võiksid siin piirkonnas ohustada kas rannas või rannikumeres liikuvad ulatuslikud liivamassiivid. Liiva on siin pigem vähe ja mõju sadamale minimaalne, võiks isegi öelda ebaoluline.

3.2 Ristprofiilid, merepõhja setteproovid ning puurimised.

Igaks juhuks tasub lisaks kaudetele meetoditele (ortofotode analüüs) kontrollida andmeid ka reaalsete mõõtmiste käigus. Selleks mõõdistati 5 rannaprofiili, viidiläbi kolm puurimist ja võeti settekopaga täiendavalt 21 merepõhja setete proovi.

Esimene profiil mõõdistati vahetult Pandju saarest ja sellest lähtuvast säärest umbes 50 m põhjapool. Nagu jooniselt nähtub (Joonis 3.4), siis on kogu profiili ulatuses siin meri madal, suurimad sügavused jäävad valdavalt 0.5 ja 1 meetri vahele, mis näitab, et säärekese veealune keha on tegelikult üsna ulatuslik ning lõunasuunast suuri lained uuringualale tulla ei saa. Põhjasetena valdasid siin peenliivad ja aleuriidid, mõned kivid ning Pandju saarest põhjas oleval madalikul valdas savikas moreen, millel oli kohati väga õhuke liivakiht.

Profiil nr 2 asub 200 m kaugusel Pandju saarest ja sellest lähtuvast säärest. Siin nägime, et Pandju saarest põhjasuunas olev madalik oli umbes 400 m lai sellel oli veesügavus enamasti alla 1 m. Suuremas osas madalikkude kattis savikas moreen, millel vedeles mitmeid suuremaid kive ja rahne. Madaliku idapoolses servas valdasid liivakamad setted, mis kohati olid segunenud kruusaga.



Joonis 3.4. Ristprofiilid mõõdistatuna alates Viimsi-Rohuneeme teest. Profiilide asukoht näidatud joonisel 2.1.

Profiini nr 2 ulatus juba ka lahesopp, millesse on planeeritud ka Altsauna sadam. Lahesopi sügavama osa laius oli siin ligi 200 m, kus mere sügavus ületas 1.5 meetrit. Sügavama osa merepõhjas oli savika moreeni pinnal vaid mõne cm paksune liiva ja kruusa kiht. Ranna lähedal valdasid peenliivad ja aleuriit ning rannanõlv oli siin suhteliselt lauge – 1.5 meetri sügavusjoon saavutati siin alles ligi 150 m kaugusel rannajoonest. Vahetult ranna ääres oli liiva paksus veidi suurem (umbes 50 m laiusel lõigul)

Profiilil nr 3 paikneb planeeritava sadama lõunamuulist umbes 100 m lõunasse. Siin ei olnud enam võimalik lahesoppi ületada, sest meri muutus liialt sügavaks. Lahesopi põhjas, profiili lõpus oli tunda, et väga õhukese liivakihi all on savikas moreen. Ranna äär oli endiselt roostunud ning vahetult ranna ääres ja rannikumeres oli veidi tusedam kitsas liivariba, mis ulatus umbes 30-40m kaugusele rannajoonest. Rannanõlv oli siin samuti pisut järsem – 1.5 m sügavusjoon paiknes rannast väehm kui 100 m kaugusel.

Profiil nr 4 mõõdistati planeeritud sadamakoha lõunamuuli piirkonnas. Kogu merepoolses osas siinsel profiilil sisuliselt puudusid liivakad setted. Merepõhjas valdas savikas moreen, millel olid üksikud kivid, veerised ja vähesel määral kruusa. Ranna ääres oli siin tegu lautrikohaga ja seetõttu siin roostik puudus. Liivariba ulatus vaevu 30 m kaugusele rannajoonest ja selle maksimaalne tusedus puurimisle oli kuni 20 cm. Oli näha, et veidi süvendatud lautrikoht oli täitunud oslaiselt liiva ja rohke orgaanikaga, mis annab tunnistust rohke orgaanika kuhjumisele siin piirkonnas. Rannanõlv muutus samuti aina järsemaks – 1.5 m sügavusjoon asus rannajoonest veidi enam kui 80 m kaugusel.

Profiil nr 5 mõõdistati umbes 50 m planeeritavast sadamast põhjapoolle. Siin ei leitud kogu profiili ulatuses pea üldse liiva (kohati võis aimata, et merepõhjas oli vähem kui 1 cm kiht liiva). See viitab olukorrale, et sadamast põhjapoolt liivaseid setteid juurde ei tule ning lõunast rändavad liivad üldjuhul nii kaugele ei jõua. Kogu merepõhi oli siin savikas moreen, mille pinnal oli rannapoolses osas ka suhteliselt palju kive. Ka rannanõlv oli siin kõige suurema kallakusega – 1.5 meetri joon paiknes veidi üle 50 m kaugusel rannajoonest.

Üldiselt võib öelda, et profiilide mõõdistamisel tuvastati tusedam liivakiht vaid Pandju saarest lähtuva sääre lähistel, Pandju saarest põhjasuunas jääva madaliku idapoolsel serval ning kitsa ribana Viimsi poolsaare rannikul ja väga madalas rannikumeres. Kuna need suunad on kõik võimsama lainetuse eest varjatud, siis ainuüksi profiilide mõõdistamise põhjal võib öelda, et

siinses merepõhjas pole piisvalt liiva, mis võiks sadama eksploateerimist mõjutada. Ka varasemad kirjanduse andmed viitavad vähesel setete rände intensiivsusele siin piirkonnas (Orviku, 2018). Küll võib probleemiks osutuda kuhjuv orgaanika.

Kopaproovi võtmisel nägime, et sadamast põhjasuunas oli merepõhi ja ka rand enamasti kivine ja liiva oskaal merepõhja pindmises kihis oli sageli ainult 10%. Enamasti valdasid kivid, munakad ja kruus. Sadamast läänesuunas oli veidi rohkem liiva aga ka see oli üldiselt segunenud kruusa ja munakatega ning liiva fraktsioon oli enamasti keskmine kuni jäme, mis pole seesuguses suletud lahesopis just kõige kergemini liigutatav.

Tabel 3.1. liivaproovid Altsauna uuringualalt, esitatud on nii mediaanväärtus (mikormeetrites) kui ka üldise setteproovi kirjeldus (üldjuhul ei olnud tegu puhta liivaga)

Proovi nr	Mediaan	Lisakirjeldus
58	235	palju jämekruusa, kuni 4cm kivid
59	333	-
60	235	palju jämekruusa, kuni 4cm kivid
61	-	väga jämedast kruusast aleuriidini, liiva kuni 50%
62	-	väga jäme kruus, juba päris kivid kuni 4 cm
63	-	väga jämedast kruusast aleuriidini, kivid, liiva kuni 50%
64	458	kuni 2.5 cm kruusaterad proovis
65	347	kuni 2.5 cm kruusaterad proovis
66	500	-
67	-	väga jämedast kruusast aleuriidini
68	-	jämedast kruusast savini, kõik fraktsioonid, liiva ca 30%
69	-	vadav savi, kruusakat liiva kuni 20%
70	400	-
71	470	kuni 1cm kruusaterad proovis
72	444	kuni 1cm kruusaterad proovis
73		peenliiv, aleuriit, savi
74	185	-
75	612	Kuni 8 mm kruusaterad sees
76	217	-
77	393	mitmeid, kuni 7mm kruusaterasid
78	510	proovis kuni 2 cm kruusaterad sees

Planeeritavast sadamast edelasse jääva madaliku idapoolsel serval oli moreeni peal enamasti vaid õhuke kiht liiva, mis oli sageli segunenud kruusaga ning mõnel juhul oli liiva kiht nii õhuke, et kopa sisse jäi juba selle all olev savikas moreen. Enamasti jäi siinse liivaka settekeha läänepoolse serva liiva oskaal vahemikku 20-50%. Pandju saarest põhja jääva madalaiku lidaserval oleva liivaka settekeha keskosas oli liiva veidi rohkem. Siin valdasid keksmised kuni jämedad liivad

(Tabel 3.1), mille terajäemendus oli enamasti vahemikus 400-470 mikromeetrit. Lisaks liivale oli settekoa proovis sageli ka kruusa, mille terajäemendus oli üldjuhul 10 mm, vahel ka kuni 25 mm.

Kõige peenemad liivad levisid planeeritavast sadamast lõunasse jääva ala rannal ja rannalähedases meres, ala mis aina ulatuslikumalt roostub. Roostumine viitab tavaliselt samuti väga väikesele lainetuse mõjule, mida siis omakorda kinnitab terajämeduse analüüs. Siin võisime kahes proovis näha mediaanväärtusi vahemikus 185-217 mikromeetrit (peenliivad) ning ühes lahesopis keskel võetud kopaproovis esines savikihi peal õhuke kiht peenliiva ja aleuriiti (Joonis 3.4). Kokkuvõtlikult võime kopaproovide kohta öelda, et kui Pandju saarest itta ulatuva maasääre põhjakülg, meres oleva madaliku läänekülg ja kitsas riba Viimsi poolsaare rannikul välja arvata, siis leidub merepõhjas liiva vaid mõne cm tuseduse kihina. Ka see liiv on enamasti segunenud kruusa, veeriste ja munakatega, vahel paikneb see liiv suuremate kivide peal, vahel mõne cm paksuse kihina savikal moreenil (lahesopi osas, mille sügavus on suurem kui 1-1.5m) ning see ei ohusta sadama ekspuaterimist.



Joonis 3.4. Kollased kolmnurgad tähistavad settekopaga võetud merepõhja- või rannasetete proovide asukohti. Kolmekohaline number tähistab selles piirkonnas levivate liivaterade mediaanväärtust. Lisaks sellel on esitatud samas proovis olnud muu materjal ja selle osakaal. Planeeritavats sadamast lõunas tehti kolm kontrollpuurimist liiva tuseduse määramiseks. Kaardile on kantud ka puurimisel saadud andmed.

Lisaks kopaproovidele viidi läbi ka puurimised vintpuuriga. Sellek valiti vaatluse põhjal ala, mis tundus üsna tüseda liivakihi ja ning mis paiknes vahetult planeeritavast sadamast lõunas, alal kus liivade levik sadama lähistel kõige suurem. Suur oli aga üllatus kui umbes 1 m sügavuses meres läbiviidud puurimise käigus selgus, et liiva kiht oli võibolla ainult 1 cm ja selle al paiknes vaid savikas moreen. Veidi rannapoole liikude, umbes 0.5 m sügavusel meres oliliivakihi tüseduseks ca 0.2 m, mis on samuti väga väikekiht. Kümnekond meetrit veel maasuunas liikudes, ilmselt umbes 0.25 m sügavuses meres ilmnes, et ka siin on liivakihi tüsedus vaid ca 0.1 m. Seega võib ka puurimise põhjal öelda, et planeeritavast sadamast lõunas leidub liiva vaid väga rannalähedases meres, üldjuhul väiksemas sügavuses kui 1 m ja sinne liivakihi paksus ei ületa 0.2 m.

3.3 Muud võimalikud ohud ja sadama mõju randadele

Setteproovide võtmise käigus, proovipunktide vahel paadiga liikudes ning ka profiilide mõõdistamisel ilmnes, et väga varieeruv merepõhi (õhuke liivakiht, selle vahel kruus, veerised, munakad, kivid jne.) on ülimalt soodus koht erineva merepõhja taimkatte kinnitumiseks. Seesugune taimkatte põhjustas kitmel korral paadimootori ummistumist ning raskendas nii profiilide tegemist kui ka proovide võtmist. Pandju saarest põhjasuunas olev ulatuslik madalik ning selle taga olev lahesopis olev madal meri kasvab ilmselt suvejooksul üsna tugevalt taimestikku täis, mis siis sügiseste tormidega randa kuhjatakse. Profiilide mõõdistamisel ilmnes, et rannas vohava roostiku all oli ka veel suve lõpuks umbes 0.5-1 m pakuseid adru ja roostiku valle. Seesugune orgaanika koos sellel vohava roostikuga on heaks looduslikuks kaitseks rannikuerosiooni eest, aga samas soodustab ka rannajoone lähistel ulatuslikku taimestiku vohamist ning vähendab ranna rekreatiivset väärtust ja halvendab vaadet.

Sadama rajamise sisukohalt peab seetõttu kindlasti arvestama, et sügisese tugevad tormid võivad sealtsamast rannikumerest lahti rebitud orgaanika sadamamuulidele aga ka sadamasse kuhjata. Kindlasti peaksid olema sadamamuulid piisvalt kõrged, et muulide servale kuhjatavat orgaanikat ei kuhjatakse üle muulide sadamasse. Samuti võiks sadama lõpliku konfiguratsiooni loomise puhul arvestada, et sadama suudmel võiks olla kaitstud ka lääne suund. Pandju saare näide näitab, et sellest suunast tuleb kõige võimsam lainetus ja ilmselt uhataks sellest suunast sisse ka kõige enam orgaanikat, mis pikema perioodil põhjustaks sadama ummistumist ning lagunemisel ebameeldivat lõhna. Vaadates praegust konfiguratsiooni, siis oleks tegemist sisuliselt miniatuurse muudatusega,

mis tavaliselt viiakse ellu ehitusprojekti käigus ning ei oma praeguses eskiisprojekti analüüsis olulist tähendust. Ilmselt oleks pisut vaja pikendada põhjamuuli ja samavõrra vähendada lõunamuuli, et sissepääs sadamasse jääks ohutu. Juhul kui eelnevaid meetmeid ei ole võimalik kasutusele võtta, siis tuleks juba eelnevalt mõelda välja strateegiga kuidas üle muulide või sadama suust sisse uhutavat orgaanikat sadamas kokku koguda ning kuidas seda kasutada. Tegemist on siiski väga väärtusliku orgaanilise väetisega ja tõenäoliselt leiab sellele ka kasutajaid. Ühtlasi viiakse sedavsiisi ka merest toitaineid välja, mis aitab kindlasti kaasa sadamapiirkonna vee puhtusele ja läbipaistvusele.

KOKKUVÕTE

Planeeritava Altsauna sadamakoha ümbruses viidi läbi põhjalik kartograafiline analüüs, mille tulemusi kontrolliti välitööde käigus. Mõõdistati 5 ristprofiili, võeti 21 setteproovi ja viidi läbi kolm puurimist vintpuuriga.

Tööde tulemusena selgus, et olulised liivakogused paiknevad vaid Pandju saare taha kuhjunud sääre ümbruses, kitsa ribana Pandju saarest põhjasuunas jääva madaliku idaserval ning samuti kitsa ribana rannal ja rannalähedases meres vastu Viimsi poolsaart. Pandju saarest lähtuva sääre ja sadama vahelisel lõigul, vastu Viimsi-Rohuneeme teed (vastu Viimsi poolsaart) on liivakeha veidi ulatuslikum vahetult sääre juures. Sadamast 200 m kaugusel on liivaga kaetud ala laius juba alla 100 m ja vahetult planeeritava sadamamuuli lõunaserval on liivaga kaetud ala laius vaevu 30 m, liiva maksimaalne paksus 20 cm ning liivade leviku piir jäi üldjuhul 1 m sügavusjoonest maapoole. Planeeritavast sadamast põhjasuunas sisuliselt liivade levikut ei tuvastatud.

Sadamasuudme lähistel ning planeeritaval laevateel (sadamasuudmest vahetult läänes ja sadamast põhjasuunas) oli merepõhjas enamasti tegemist savika moreeniga, millel võis kohati tuvastada vähest liiva, kruusa, munakaid ja üksikuid suuremaid kive.

Kokkuvõttlikult võib öelda, et sadama piirkonnas ei leidu piisavas koguses liivasid, mis võiksid põhjustada sadama ummistumist. Siin levivad liivad on suhteliselt jämedateralised ja need liiguvad enamasti vaid rannajoone lähistel. Sadamast lõunas paiknevad liivad on väheliikuvad, mis on tingitud nii lõunas, edelas kui ka läänes paiknevast madalikust. Vähesest liikuvusest annab tunnistust ka laialdselt roostunud ja kamardunud rand.

Ettevaatlik peab olema vaid sellega, et sadama suuet ei viidaks liialt kaugele läände, sest siin vastas on madalik, mis on palistatud liivadega. Hetkel planeeritud kaugus tundub turvaline. Samuti peab ära märkima siinsele rannajoonele kuhjuva ulatusliku orgaanilise massi (adru, roostiku jäänused jms). Kuna piirkonna merepõhi on väga soodne taimestiku vohamiseks, siis on siin oht, et esimeste sügistormidega visatakse nii rannale kui ka sadamasse hulgaliselt orgaanikat. Oluline on, et sadamamuulide kõrgus oleks piisav, mis välistaks siia orgaanika kuhjamise. Rannas leiduvate vallide põhjal võib öelda, et ohutu kõrgus võiks olla vähemalt 1.5 m. Lisaks peaks muulid varjama ära otse läänest tuleva tormilainetuse ning sellega kaasneva orgaanika sissekande. Selle olulisusele viitab fakt, et Pandju saare taha kuhjunud liivakeha on kujunenud täpselt läänest itta ning selle asukoht on viimasel 22. aastal vähe muutunud. Ilmselt tuleks põhjamuuli pisut pikendada ja lõnamuuli lühendada, mida tekase lõpliku ehitusprojektiga.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Kont, A., Tõnisson, H., Jaagus, J., Suursaar, Ü., ja Rivis, R. 2022. Eesti randade areng viimastel aastakümnetel kliima ja rannikumere hüdrodünaamiliste muutuste tagajärjel. *30 aastat keskkonnaökoloogiat. Tallinna Ülikooli Ökoloogia Instituut*, 13, *in press*.
- Last, W. M. 2001. Mineralogical analysis of lake sediments. Tracking environmental change using lake sediments, 2, 143–187.
- Orviku, K. 2018. Rannad ja rannikud. Õpik kõrgkoolidele. Tallinn: TLÜ Kirjastus.
- Suursaar, Ü., Kall, T., Steffen, H., Tõnisson, H. 2019. Cyclicity in ridge patterns on the prograding coasts of Estonia. *Boreas*, 48 (4), 913–928.
- Tõnisson, H., Orviku, K., Jaagus, J., Suursaar, Ü., Kont, A., Rivis, R. 2008. Coastal Damages on Saaremaa Island, Estonia, caused by the Extreme Storm and Flooding on January 9, 2005. *Journal of Coastal Research*, 24 (3), 602–614.