

OÜ Lainemudel

Registrikood: 14075763

e-post: lainemudel@gmail.com

Töö nr **1704**

Töö tellija: Varbla Vallavalitsus

MATSI SADAMA SETETE LIIKUMISE ANALÜÜS

Töö autorid:

RAIN MÄNNIKUS

KATRI PINDSOO

Tallinn

August 2017

SISUKORD

1. LÄHTEÜLESANNE	3
1.1. Eesmärk	3
1.2. Sisu	3
1.3. Lähtematerjalid	3
2. OLEMASOLEV SITUATSIOON.....	4
2.1. Asukoht.....	4
2.2. Veetase, tuul ja lainetus	6
2.3. Setete liikumine	7
3. PLANEERITAVA TEGEVUSE MÕJU	16
3.1. Vaatlustele tuginev hinnang	16
VIIDATUD KIRJANDUS.....	18

1. LÄHTEÜLESANNE

1.1. Eesmärk

Varbla vallavolikogu algatas 22.06.2016. Matsi sadama detailplaneeringu, kuid keskkonnamõjude eelhindangus jäi käsitlemata setete liikumine. Käesoleva töö eesmärkideks on (i) kirjeldada setete liikumist Matsi sadama ümbruses, (ii) anda soovitusi sadama täiskandumise vältimiseks ning (iii) hinnata võimaliku lõunamuuli mõju sadamale ja rannaprotsessidele.

1.2. Sisu

- Olemasoleva situatsiooni ja rannaprotsesside lühikirjeldus
- Võimaliku lõunamuuli mõju sadamale ja rannaprotsessidele

1.3. Lähtematerjalid

1. Keskkonnaameti kiri 11.05.2017. nr 6-2/17/3991-3 Matsi Sadama kinnistu detailplaneering.
2. OÜ Tartu Arhitektuuribüroo. 2017. Töö nr DP-36-16. Matsi sadama kinnistu detailplaneering.

2. OLEMASOLEV SITUATSIOON

2.1. Asukoht

Matsi sadam asub Pärnu maakonnas Varbla vallas Matsi külas (Joonis 2.1). Sadam asub Peedualuse abajas Liivi lahe idarannikul. Sadamat kasutavad praegu väikelaevade ja jetide omanikud, kuid slipi puudumine ning sadama täiskandumine seavad sellele omad piirid. Joonisel 2.2 on näha rannaga risti olev betoonist kai ning rannaga paralleelne graniitkividest lainemurdja. Sadama akvatoorium jääb lõunasse.



Joonis 2.1. Matsi sadama asukoht

Joonis 2.2. Matsi sadam Maa-ameti kaardil.

Betoonkai pind on sile ning kasutuskõlbulik (Foto 2.1). Selle seina pind on kohati murenunud ja ebaühtlane, kuid suuri vigastusi pole esmapilgul näha. Konstruktsiooni olukorrale käesolevas töös tähelepanu ei pööratud. Kailiini esine on liiva täis kandunud, ranna pool on näha mitmes kohas adru (Foto 2.2).



Foto 2.1. Vaade kirdesse. Betoonkai pind ja liivane veepõhi (21.07.2017).

Foto 2.2. Vaade lõunasse piki rannajoont betoonkai maapoolsest tipust (21.07.2017).

Rannaga paralleelse lainemurdja hari on suhteliselt madal ning suuremate tormidega ja kõrge veetasemega tipnevad lained sealt üle (Foto 2.3). Puitvaiadega betoonplokid on ilmselt jäänukid

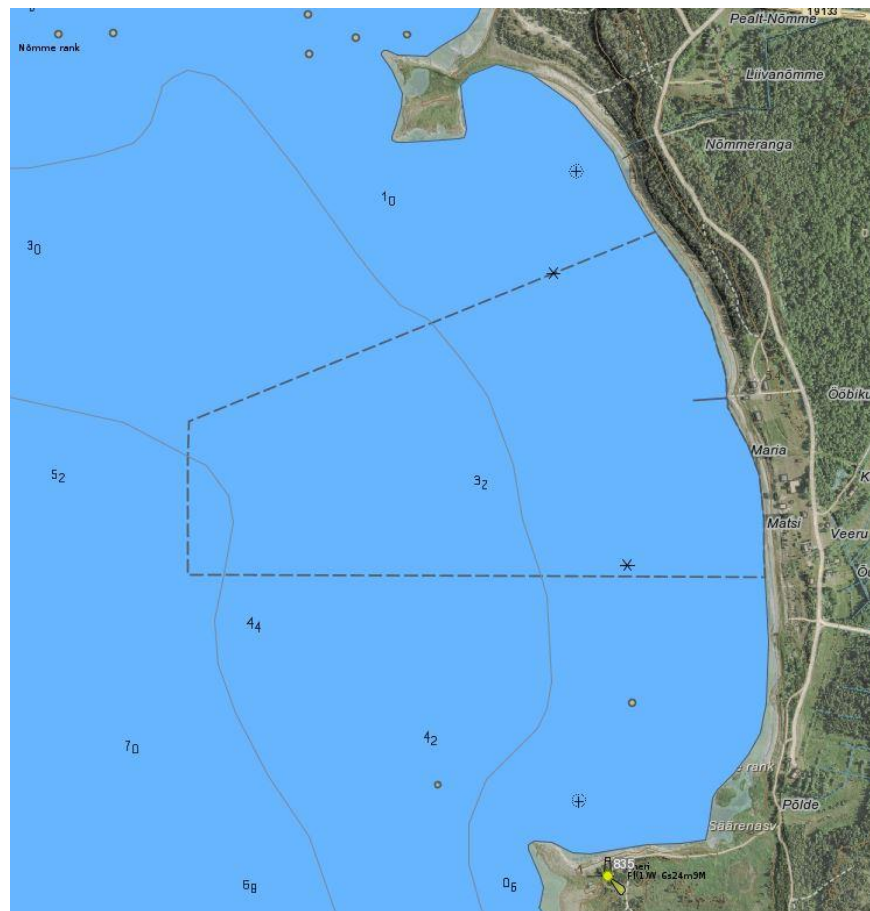
2010. aastal vändatud filmi "Polli päevikud" jaoks püstitatud mõisahoonest. Kuigi vesi ei paista põhjani läbi ning sügavusi pole muuli ümbuses autoritele teadaolevalt mõõdetud, on lainetuse iseloomu ja sügavuste põhjal (BSHC, 2013; Nutimeri, 2017) võimalik eeldada, et lainemurdja jalami merepoolne sügavus on ligikaudu 2 m (Joonis 2.3).



Foto 2.3. Lainemurdja (21.07.2017).



Foto 2.4. Vaade sadama akvatooriumile kai läänetipust (21.07.2017).



Joonis 2.3. Sügavused Peedualuse abajas (VTA, 2017).

2.2. Veetase, tuul ja lainetus

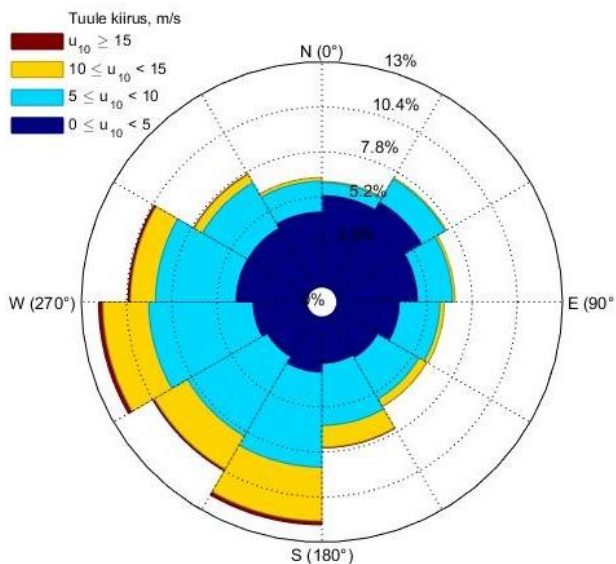
Liivi lahe veetaset mõjutavad peamiselt õhurõhk ja tuul. Loodete mõju on minimaalne (mõned sentimeetrid). Autoritele teadaolevalt ei ole tehtud Matsi sadamas pikaajalisi veetasemete mõõdistusi. Seepärast kasutatakse andmeid ümbruskonnast. Kihnu sadamas võib veetase tõusta tugevate lääne- ja edelatuultega kuni +1,5 m. Ekstreemsete ida- ja kirdetuulte korral võib veetase alaneda kuni -1,0 m (COWI jt., 1998). Kõrgeim veetase on Veeteede Ameti andmetel Virtsus ulatunud absoluutsele kõrgusele +1,94 m ja madalaim veetase -1,12 m. Veetaseme edasiseks analüüsiks on vaja tuulte andmestikku.

Liivi lahe kirdeosa rannikul asuv Matsi sadam on avatud läände. Virtsu ja Kuivastu vaheline madal summutab osaliselt laineid ning seepärast on sealt tulevad lained madalad. Kõrgete veetasemete ja lainete tekkimiseks peab tuule mõjuala (*fetch*) olema pikk ning tuul puhuma sellest suunast piisava aja jooksul. Matsi sadama jaoks on ulatuvad pikima tuule mõjualaga suunad lõunasse ja edelasse. Seega on määrav Liivi lahel toimuv. Käesolevas analüüsis kasutatakse Kihnu tuule digitaliseeritud andmestikku aastail 1985–2015 (31 aastat) meteoroloogiliste tingimuste illustreerimiseks.

Kihnu mõõtejaam asub saare lõunatipus (Foto 2.5), linnulennult ligikaudu 32 km kaugusel Matsist. Jaam on varjatud idast ja põhjast metsaga, kuid on avatud merele lõuna- ja läänekaartes (Männikus ja Pindsoo, 2016). Kihnus toimusid kuni 30.06.2003 mõõtmised kaheksa korda ööpäevas: 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 GMT +2 järgi (Gretskoši jt, 2004). Hiljem mõõdeti tuule kiirust ja suunda iga tund. Mõõteriistana kasutati anemorumbomeetrit. Kihnu andmestik iseloomustab Liivi lahe tuulerežiimi Matsi sadama jaoks oluliste suundade jaoks (**Joonis 2.4**).



Foto 2.5. Kihnu mõõtejaam lõunast vaadatuna.
20.07.2016.



Joonis 2.4. Kihnu tuuled 1985–2015.

Joonis 2.4 näitab, et kooskõlas atmosfääri üldtsirkulatsiooniga (Mietus, 1998) on aasta jooksul Liivi lahes valdavad edelatuuled. Tsirkulatsiooni sesoonse muutlikkuse tõttu toimuvad vastavad muutused ka tuulerežiimis. Seetõttu esinevad tormituuled reeglina sügise- ja talvekuudel. Liivi lahe kõige tormisem kuu on november (Gretskoši jt, 2004). Suvisel hooajal on pilt aastaringse tuulteroosiga üsna sarnane, kuid tuuled on mahedamad ja on pöördunud rohkem läände. Üldiselt puhuvad aasta keskmisena tugevad ja mõõdukad tuuled samast suunast, kust kõik tuuled.

Suursaar analüüsis oma töös (2015) Matsi lähistel lainekliimat. Ta mõõtis sadamast 3 km edelas ning 10 meetri sügavusel olnud mõõteriistaga veepinna kõikumisi. Nende põhjal kalibreeris ta ajaperioodil 13.07.2011–12.08.2011 mudeli lainekõrguste arvutamiseks, milles kasutas Kihnu mõõtejaama tuuli perioodil 2003–2014. Saadud tulemuste põhjal arvutas ta iga kuu kohta keskmise olulise lainekõrguse ning selle 95% ja 99%-lise kvantiili. Oluline lainekõrgus on defineeritud kui kolmandiku kõrgeimate lainete keskmine. Rayleighi jaotuse järgi võivad kõrgeimad lained olla sellest 1,5 kuni 2 korda kõrgemad (Massel, 2013). Suursaare tulemused on toodud tabelis 2.1. Väärib märkimist, et saadud tulemused on keskmised, milles on arvestatud sisse hooajaliselt madalamad väärtused kevadel ja suvel. Suursaare arvutuste järgi võivad näiteks 99%-lised maksimumid vaadeldud perioodil ulatuda kuni 2 meetrini.

Tabel 2.2. Oluliste lainekõrguste statistika 11 aasta kohta Suursaare (2015) töö põhjal

Parameeter	Keskmine väärtus, m
Keskmine oluline lainekõrgus	0,33
95%-line kvantiil	0,94
99%-line kvantiil	1,21

Valdavalt tekivad Matsi sadama läheduses kõrged lained seega samast suunast, kust puhuva tuulega tekib ka kõrgem veetase. Seega võivad edelatormide puhul olla kõrge veetaseme ning kõrge lainetuse esinemine sünkroniseeritud. Kuigi kõrgemad lained murduvad madalas vees, siis jõuab laineenergia kõrgveega siiski rohkem sisemaale ning võib initsieerida setete liikumist. Seda tuleb arvestada rannaprotsesside analüüsil ning sadama projekteerimisel.

2.3. Setete liikumine

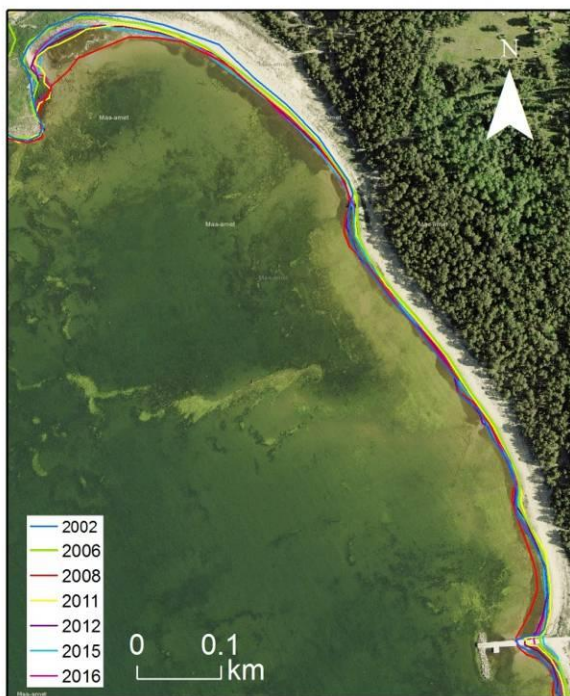
Aluspõhja kivimitest esinevad Matsi sadama alal Ülem-Siluri ladestiku Paadla lademe Torgu, Kihnu ja Paadla kihistu lubjakivi, mergel ja dolomiit. Matsi sadama alal ei ole käesoleva töö autoritele teadaolevatel tehtud geoloogilisi uuringuid. Seega viidatakse siin Varbla Puhkeküla (kaugus linnulennult Matsi sadamast 9 km) jaoks koostatud Rannaprotsesside eksperthinnangule (Kask jt, 2014), mille järgi katab aluspõhja šurfide andmetel kuni 10 meetri paksune kvaternaarisetete kiht, valdavalt saviliiv-rähkmoreen. Mere ja rannavööndi madaldumist on põhjustanud maakoore kerkimine, mille kiirus on vaadeldavas piirkonnas ligikaudu 1,5 mm/aastas (Torim, 2004).

Rannaprotsesside visuaalseks hindamiseks konstrueeriti rannajoon, kasutades Maa-ameti ortofotosid (Maa-amet, 2017). Ortofotod vastavad mõõtkavale 1:5 000–1:10 000 (piksli suurus 25–50 cm). Matsi sadama piirkond on kaetud ortofotodega aastatel 2002 (mai), 2006 (mai–

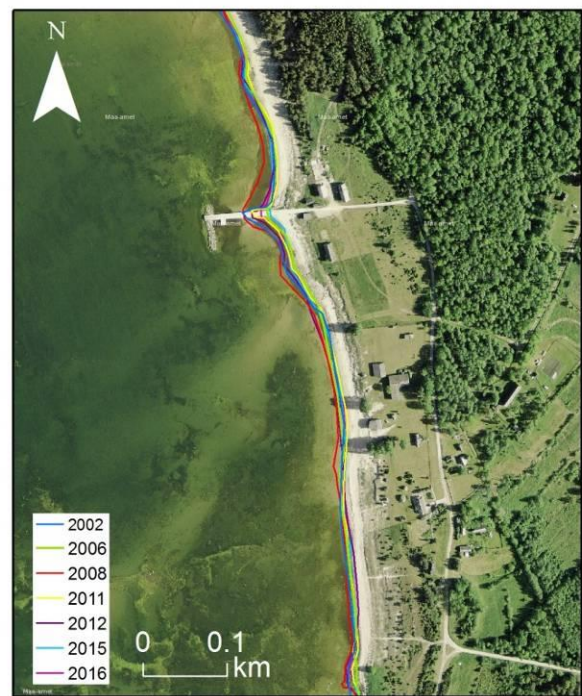
juuni), 2008 (aprill–mai), 2011 (juuni–august), 2012 (aprill–mai) ja 2015 (aprill–juuni). Rannajoon määrati ortofotode põhjal kasutades Maa-ameti avalikku WMS teenust ArcMap 10.2 keskkonnas.

Ortofotode põhjal määratud rannajoon sõltub veetasemest foto jäädvustamise hetkel. Maa-ameti ülelende aerofotode pildistamiseks teostati aastate lõikes ajavahemikul aprillist kuni augustini, mil merevee taseme kõikumised on üldjuhul väiksemad võrreldes näiteks talvise perioodiga. Sellegipoolest on tõenäoline, et joonistel aastate lõikes määratud rannajoone asukoha muutused tulenevad osalt veetasemete erinevustest mõõdistushetkedel. Seetõttu on ortofotode põhjal mõõdetud rannajooni käsitletud pigem taustinformatsioonina.

Ortofotodelt nähtub, et piirkonnas on aktiivseid setteid, mida tormides lainetuse toimel transporditakse. Kuna uuringuala on avatud edelasuunast saabuvatele tuultele ning lainetele, millest saabuvald tormi esineb Läänemeresel kõige sagedamini, siis tõenäoliselt toimub tugevate tormilainete korral peamiselt põhjasuunaline settetransport. Omapoolse lisapanuse võib anda tugeva lainetusega üheaegselt esinev kõrge veetase.



Joonis 2.5. Abaja põhjaosa rannajoone muutus.

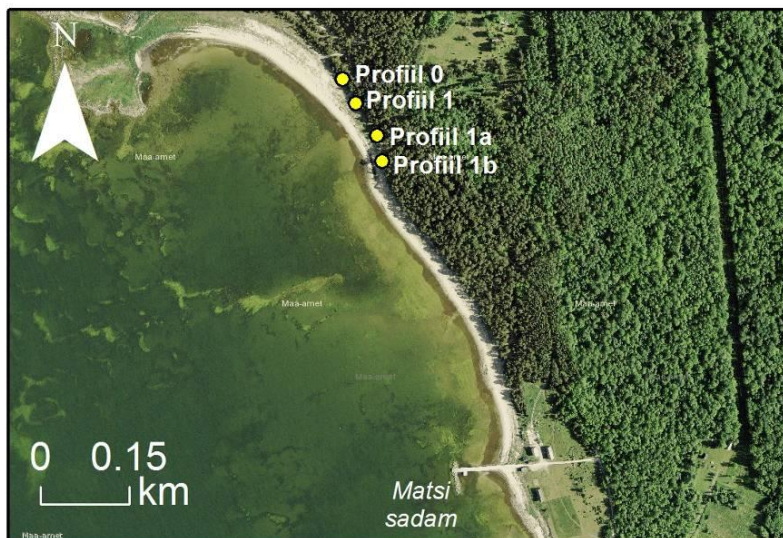


Joonis 2.6. Rannajoone muutus Matsi sadama lähedal.

Eesti riikliku keskkonnaseire programmi Rannikumere seire alamprogrammi raames on Eesti Geoloogiakeskuse poolt Matsirannas rannikuprofiile mõõdistatud aastatel 2003, 2007, 2010 ning 2016. Keskkonnaagentuuri Eesti riikliku keskkonnaseire programmi kodulehel on allalaetavad aastate 2007 ning 2016 mõõtmisandmed (Keskkonnaagentuur, 2017).

Asukoha määramiseks kasutati RTK-GPS GNSS seadet ning Maa-ameti ja Geosoft OÜ poolt pakutavat püsijaamade võrgustikku. Meetodi täpsem kirjeldus on leitav Geoloogiakeskuse poolt koostatud seirearuannetest. Meetodi horisontaaltäpsus on $8\text{ mm}+0.5\text{ ppm RMS}$ ning vertikaaltäpsus $15\text{ mm}+0.5\text{ ppm RMS}$.

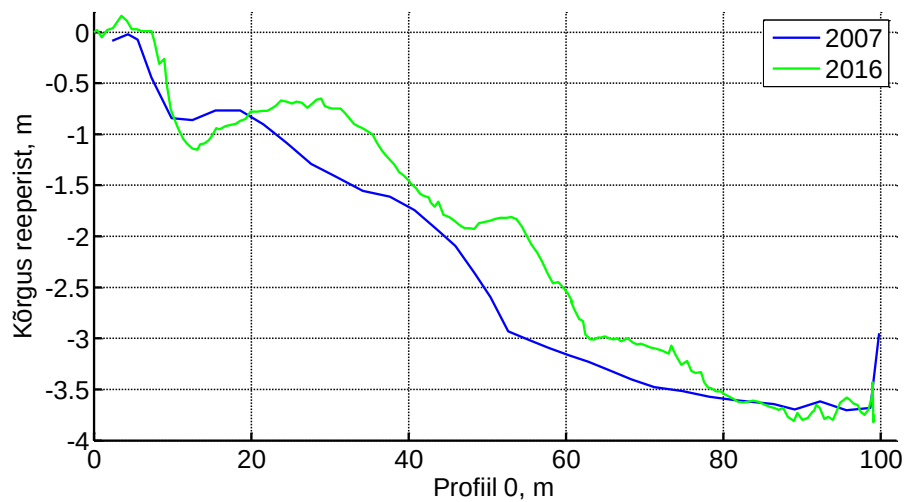
Matsi seireala, mida kattis 2016. aastal 5 profiili (0 kuni 2) oli ligikaudu 200 m laiune. Aastal 2007 mõõdeti samuti 5 profiili, kuid neist kattuvad 2016. aasta mõõtmistega profiilid 0, 1, 1a ja 1b (Joonis 2.7). Profiilide numeratsioon ning referentspunkti koordinaadid on esitatud tabelis 2.2.



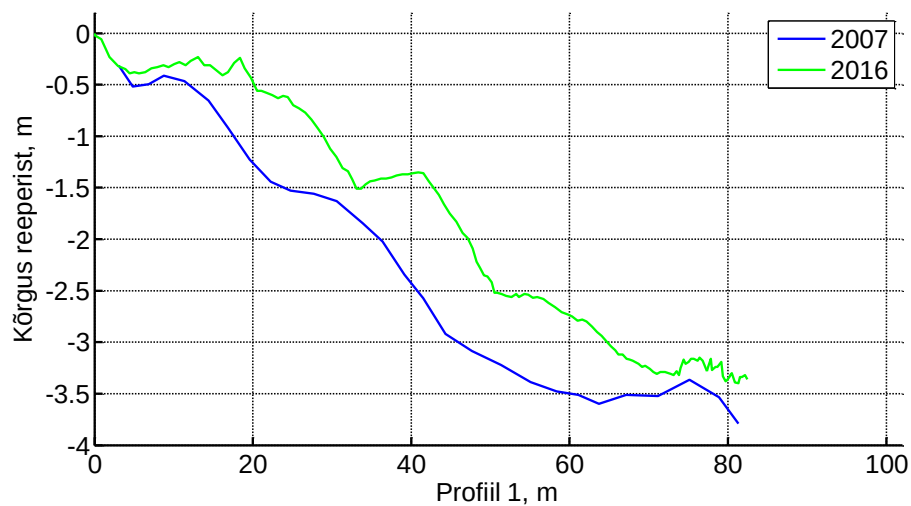
Joonis 2.7. Rannaprofiilide asukohad.

Tabel 2.2. Mereseire profiilide asukohad

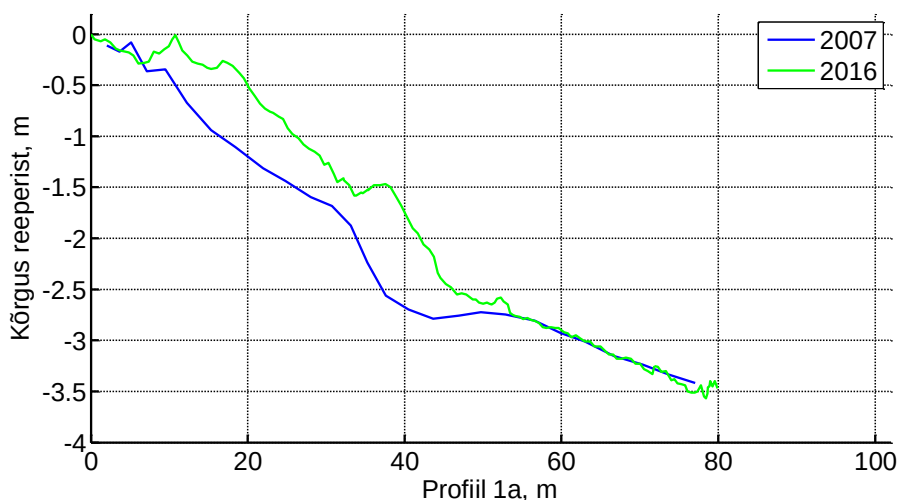
Profiil	Y-koordinaat (m)	X-koordinaat (m)
0	6469539.71	484775.13
1	6469498,28	484797.18
1a	6469444.01	484832.95
1b	6469400.14	484842.23
2	6469360.99	484853.10
3	6469288.65	484896.77



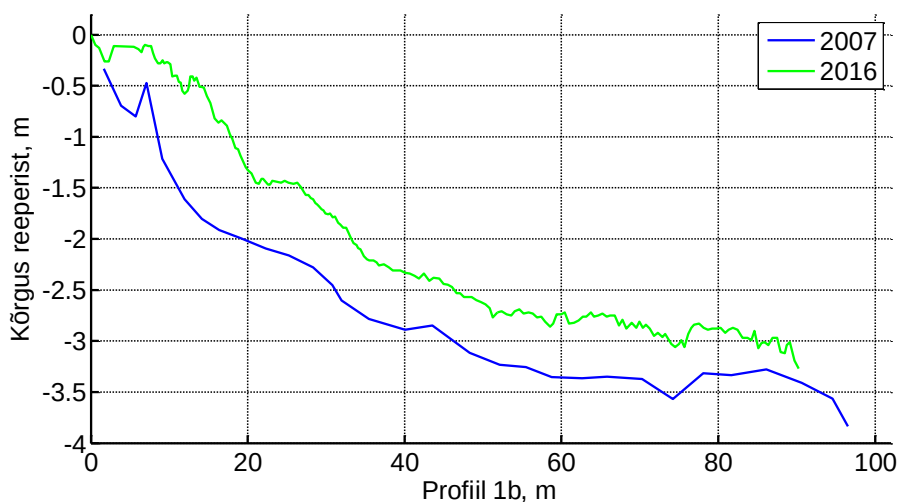
Joonis 2.8. Profiil 0. Ajavahemikul 2007 kuni 2016 oli juurde ning ära kantud setete netoruumala: 32 m^3 . Aastas transporditakse selle profiili lõikes keskmiselt $3 \text{ m}^3/\text{jm}$ setteid.



Joonis 2.9. Profiil 1. Ajavahemikul 2007 kuni 2016 oli juurde ning ära kantud setete netoruumala: 45 m^3 . Aastas transporditakse selle profiili lõikes keskmiselt $5 \text{ m}^3/\text{jm}$ setteid.



Joonis 2.10. Profiil 1a. Ajavahemikul 2007 kuni 2016 oli juurde ning ära kantud setete netoruumala: 24 m^3 . Aastas transporditakse selle profiili lõikes keskmiselt $3 \text{ m}^3/\text{jm}$ setteid.



Joonis 2.11. Profiil 1b. Ajavahemikul 2007 kuni 2016 oli juurde ning ära kantud setete netoruumala: 52 m^3 . Aastas transporditakse selle profiili lõikes keskmiselt $6 \text{ m}^3/\text{jm}$ setteid.

Mõõdetud profiilidest Matsi sadamast põhja pool selgub, et setted liiguvad valdavalt lõunast põhja. Sadama akvatooriumi täiskandumine tõendab, et sadamast lõuna pool leiab aset analoogne protsess. Järgnevalt on selgitatud 21.07.2017 tehtud fotode 2.7 kuni 2.8 põhjal rannasetete liikumist. Fotode asukohad on järjestatud abaja lõunapoolsest osast põhjapoolse.



Foto 2.6. Vaade lõunasse Matsi sadamast lõunas. Setteid on rannajoonel väheselt (rohke taimestik taustal) ning merepõhi on kruusane, kuid rannavallides leidub hõreda taimkatte all liiva.



Foto 2.7. Vaade lõunasse Matsi sadamast lõunas. Rannal olev adru viitab sellele, et üsna hiljuti on merevesi ulatunud pöösasteni. Et suvel on üldjuhul veetase madalam, võivad lained kõrge veeseisu ajal levivad fotol olevast sinisest paadist maa poole ning kulutada luiteid. Edelast saabuvate lainete poolt indutseeritakse seega põhja poole suunatud pikiranda transport, mis kannab liiva ja peenemad osised sadama akvatooriumi suunas.



Foto 2.8. Vaade Matsi sadamast vahetult lõunas lõuna poole. Liiv on kruusa vahelt välja pestud ning mere poole uhutud. Sisemaa pool on näha madalat taimkattega kaetud rannavalli, millel on näha kulutusjälgi. Eelmisel talvel on meri sealt ilmselt liiva kaasa võtnud. Kaugemal on näha luites keskliiva, mida lained uhuvad kõrgemate veeseisude korral (sügisel-talvel).



Foto 2.9. Vaade kagusse eelmisest fotost 30 meetrit lõunapool. Luited on kaetud hõreda kõrgema taimestikuga. Suured kivid, mida inimene on ilmselt toonud, annavad märku sellest, et varem on arvatavasti üritatud luitet uhtumise eest kaitsta.



Foto 2.10. Vaade põhja poole Matsi sadamast lõunas. Lained jõuavad kõrgema veeseisuga esmase rannavallini (kaetud madala taimestikuga). Kõrgveeajal uhutakse liiva luitest, kuhu on varem pandud üksikud suuremad graniitkivid kindlustuseks.



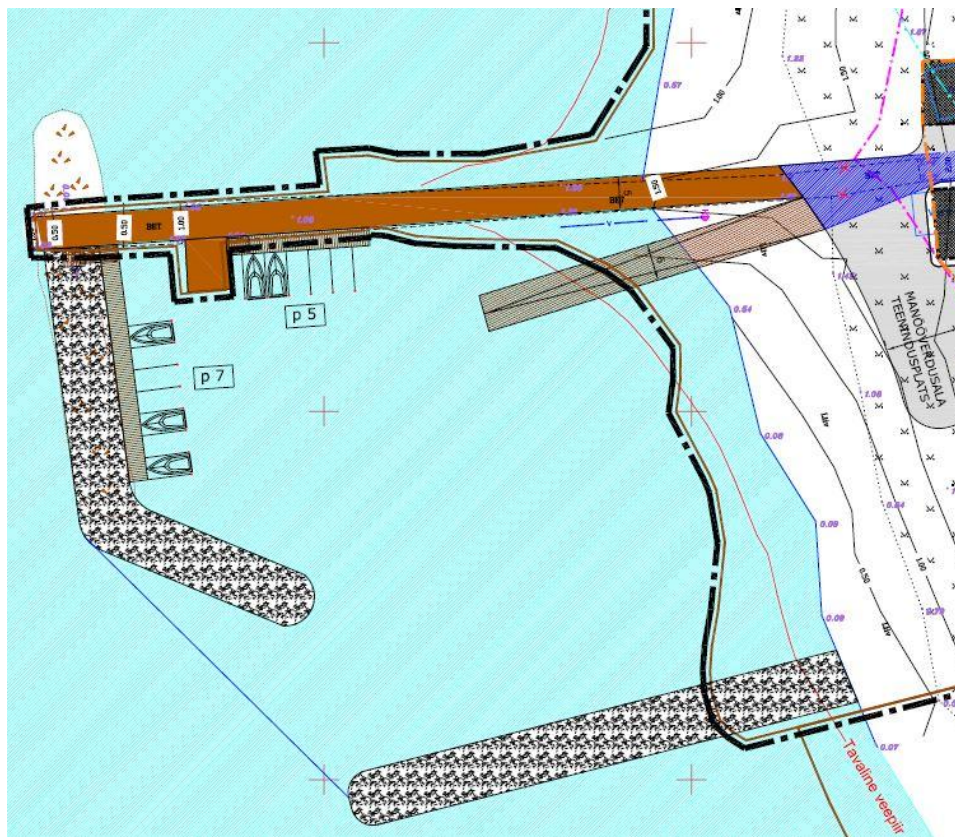
Foto 2.11. Vaade Matsi sadamast vahetult põhjas põhja poole. Rand on liivane ning sisemaa pool on taimestiku all peent liiva, mida kõrgvee ajal saab kõrgete lainetega edasi liigutada.

Matsi sadama lainemurdja jalami juures on vee sügavus ligikaudu 2 m. See on madalam kui hinnanguline sulgemissügavus (2, 5 m). Sulgemissügavus on mere sügavus, kus murduvad lained mõjutavad efektiivselt rannaprofiili kujunemist. Rannaprofiili all mõeldakse randla vertikaalset ristlõiget, mis kajastab maapinna kõrguse (rannal, veepiirist sisemaa poole) või vee sügavuse (rannanõlval ehk rannakul) muutumist veepiirist avamere suunas. Sulgemissügavusest sügavamal suudavad lained vaid episoodiliselt setteid ümber paigutada. Järelikult võivad setted liikuda ümber Matsi sadama lainemurdja. Seega akumulēerub lõunast põhja suunduvast settevoolust osa sadama lõunapoolsesse akvatooriumisse ning väiksem osa liigub ümber lainemurdja abaja põhjapoolsesse ossa. Seda kinnitab suurema erosiooni puudumine sadamast vahetult põhjas.

3. PLANEERITAVA TEGEVUSE MÕJU

3.1. Vaatlustele tuginev hinnang

Varbla vallavolikogu algatas 22.06.2016. Matsi sadama detailplaneeringu, mille järgi planeeritakse sadama akvatooriumi lõunaossa ida-läänesuunaline muul. Samuti soovitakse rajada akvatooriumi paatide veeskamiseks slipp ning pikendada vajadusel olemasolevat lainemurdjat kagusuunas (Joonis 3.12). Akvatooriumi soovitakse süvendada -2,5 m peale ning rajada ka sisseõidukanal.



Setete liikumist mõjutab sadama akvatooriumi süvendamine vähe. Sissesõidukanali rajamine tekitab aga sügavama osa, mis on suunatud risti olemasolevaga rannaga. Sinna võivad akumuldeeruda setted, mida lainetus ei suunda hiljem enam veesambasse tõsta ega edasi transportida. Seepärast väheneb teatud määral setete transport ümber sadama põhjapoolsetesse liivarandadesse. See puudujääk on aga väike ega intensiivist sealseid rannaprotsesse.

Süvendamisel välja kaevatud liiva ja kruusa võib kaadata betoonkaist põhja poole. Nii on mõistlik kompenseerida sissesõidukanali süvendamisega tekkivat väheldast puudujääki. Peened saviosakesed on mõistlik sügavamale vette kaadata või sisemaale paigutada, sest need püsivad heljumina kauem veesambas ning on alati lainega põhjast lenduma. Eraldi küsimus on nende pinnaste eraldamine kaevetööde käigus. Soovituslik on süvendada ja kaadata, kui tuule kiirus on alla 10 m/s. Sellisel juhul on võimaliku lenduva heljumi levik minimaalne.

VIIDATUD KIRJANDUS

- Baltic Sea Hydrographic Commission. 2013. Baltic Sea Bathymetry Database version 0.9.3. Alla laaditud lehelt <http://data.bshc.pro/> 29.04.2016. COWI, WS Atkins, Merin. 1998. *Renovation of Harbours of Small Islands - Kihnu. Feasibility Study*. Report no. FC193 OFSOS 98-060.
- Gretskoši, J., Krabbi, M., Keevallik, S. 2004. Tuule suund ja kiirus Liivi lahe ümbruses. *Eesti Mereakadeemia Toimetised*. 1. 99–107.
- Kask, A., Vind, J., Suuroja, S. 2014. Eksperthinnang. Varbla väikesadama muuli ja laevatee kanali mõju rannaprotsessidele ja setete liikumisele. Käsikiri.
- Keskkonnaagentuur. 2017. Mererannikute seire. [WWW] http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=2096&Itemid=409. 26.07.2017.
- Maa-amet. 2017. Maa-ameti geoportaal. [WWW] <http://geoportaal.maaamet.ee>. 25.07.2017.
- Massel, S. R. 2013. *Ocean Surface Waves: Their Physics and Prediction*. 2nd Edition. World Scientific, Singapore, 692 pp.
- Mietus, M. (toim.) 1998. The climate of the Baltic Sea Basin. Marine meteorology and related oceanographic activities. Report No. 41. World Meteorological Organisation.
- Munalaiu sadam. 2017. Meresüsteemide Instituudi ja AS Saarteliinide mõõtmised. [WWW] <http://on-line.msi.ttu.ee/munalaid/> 26.07.2017.
- Männikus, R., Pindsoo, K. 2016. Kihnu sadama kaitsemuuli mõju analüüs. Käsikiri.
- Suursaar, Ü. 2015. Analysis of wave time series in the Estonian coastal sea in 2003–2014. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 64, 289–304.
- Torim, A. 2004. Maakoore tõusust ja rannajoone muutusest Eestis. *Geodeet*, 28, 57–62.
- VTa. 2017. Veeteede Ameti veebirakendus Nutimeri. [WWW] <https://gis.vta.ee/nutimeri/>. 26.07.2017.