



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EESTI MEREAKADEEMIA
Merenduskeskus

Mart Maripuu

Pikaajaline batümeetriline muutlikus Kihnu Veeteel

Lõputöö

Juhendaja: PhD Inga Zaitseva-Pärnaste

Tallinn 2019

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Mart Maripuu

.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 154412VDVR

Üliõpilase e-posti aadress: martmaripuu@msn.com

Juhendaja : PhD Inga Zaitseva-Pärnaste

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: PhD Inga Zaitseva-Pärnaste

Lubatud kaitsmisele

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

Sisukord

Sõnastik	4
Abstrakt	5
Sissejuhatus	6
1 Uuritava ala kirjeldus ja ülevaade	8
1.1 Uuritava ala setted	9
1.2 Uuritava veeala kirjeldus	9
1.3 Kakra säär	10
1.4 Saareotsa laevatee	11
1.5 Kihnu sadam	12
1.1 Munalau sadam	12
1.2 Manilau sadam	13
1.3 Laevaliikluse ülevaade	13
1.4 Tegevus uuritava alal	14
1.5 Kihnu	14
1.6 Manilaid	14
2 Metoodika	15
3 Järeldused	17
3.1 Erinevused aastadel 2000-2018	17
3.2 Erinevused aastadel 2000-2002	19
3.3 Erinevused aastadel 2002-2003	21
3.4 Erinevused aastadel 2005-2007	22
3.5 Erinevused aastadel 2007-2009	24
3.6 Erinevused aastatel 2009-2012	25
3.7 Erinevused aastatel 2013-2014	27
3.8 Erinevused aastatel 2015-2018	28
Kokkuvõte	30
Summary	31
VIIDATUD ALLIKAD	33
Lisad	36
Lisa 1 Andmed	36

Sõnastik

AHIS – Avalik hüdrograafia infosüsteem

VA – Veeteede Amet

EH2000 – Amsterdami null

BK77- Kroonlinna null

Abstrakt

Käesoleva lõputöö eesmärk on analüüsida pikaajalist batümeetrilist muutlikust Kihnu ja Mandri-Eesti vahel. Selleks on sellest alast kogutud meremõõdistusandmed aastast 1939 kuni aastani 2018. Neid andmeid on hakatud võrdlema üksteisega, luues neist andmetest pinnad ja saades teada erinevused antud aladel. Antud teema on aktuaalne kuna alal asuvad väikesaared ning on oluline, et neil saartel oleks pidev ühendus mandriga laevaliini näol. Laevaühenduse katkemine või puudumine mõjutab oluliselt väikesaartel toimuvat, seda kas siis majanduslikus mõttes või elukvaliteedi suhtes. Hetkel on väikesaarte ja mandri vaheline laevaliiklus aastaringne.

Lõputöö tulemusena on koostatud antud aladest pinnad, mis pärinevad aastast 1939 kuni aastani 2018. Pind ehk surface on algandmetest tarkvaraga loodud visuaalne pilt. Nendest pindadest saame välja lugeda Kihnu veeteo ruumilis-ajalise merepõhja muutlikuse ning saame teada kus ja mis määral merepõhi muutus kõige rohkem.

Sissejuhatus

Käesoleva lõputöö peamiseks eesmärgiks on uurida - Kas Kihnu veeteel on aastate jooksul esinenud batümeetrilist muutlikust?

Kui suured on olnud sügavuste erinevused ajaga? Kus ja millisel määral muutus merepõhi kõige rohkem? Selleks, et seda uurida, on varasemalt VA poolt kogutud merepõhja mõõdistused Kihnu veeteest ning neid on hakatud võrdlema üksteisega.

Teema aktuaalsus ja vajalikus tuleneb hetkel sellest, et laevaliiklus väikesaarte ja mandri vahel peaks olema regulaarne ning mitte katkema, tulenevalt vähenenud sügavusest.

Autor kasutas töö koostamisel tarkvara Teledyne CARIS Base Editor 5.1. Caris Base Editor on hüdrograafiline andmetöötlussüsteem, mis pakub erinevaid professionaalseid tööriistu hüdrograafiliste andmete töötlemiseks. Programm aitab luua autoril merepõhjast pinnad ning andis visuaalse ülevaate mõõdistusandmetest ning sügavustest uuritavas piirkonnas.

Antud teemal tegi analoogse töö Raigo Saarkoppel, Rukki kanalist, 2018. aastal- „Rukki kanali merepõhja dünaamika perioodil 1999-2017“. Selle lõputöö eesmärgiks oli Veeteede Ametist saadud mõõdistusandmete analüüsimine, et uurida Rukki kanali merepõhja dünaamikat.

Eesmärgi saavutas autor analüüsid meremõõdistusandmeid programmiga Teledyne CARIS Base Editor. Base Editor on hüdrograafiline andmetöötlussüsteem, mis pakub erinevaid professionaalseid tööriistu hüdrograafiliste andmete töötlemiseks. Sellega on võimalik samaaegselt töödelda mitmekiirelise-, ühekiirelise-, külgsõnari ja Lidar andmeid. Programmil on olemas viimane 3D visualiseerimistehnoloogia hüdrograafia, okeanograafia ja merenduse jaoks. Töö koosneb kolmest peatükist, mis omakorda on jagunenud alapeatükkideks. Esimeses peatükis tuuakse autori poolt välja uuritava ala kirjeldus. Kellele on tarvis, et ühendus Kihnu ja Mandri-Eesti vahel oleks pidev. Osad millest antud laevatee koosneb ning laevastik, mida on

varasemalt kasutatud ühenduse tagamiseks. Teises peatükis kirjeldatakse, kuidas analüüsiti batümeetrilist muutlikust Kihnu Veeteel. Kolmandas peatükis tehakse analüüsitud materjalidest järeldused.

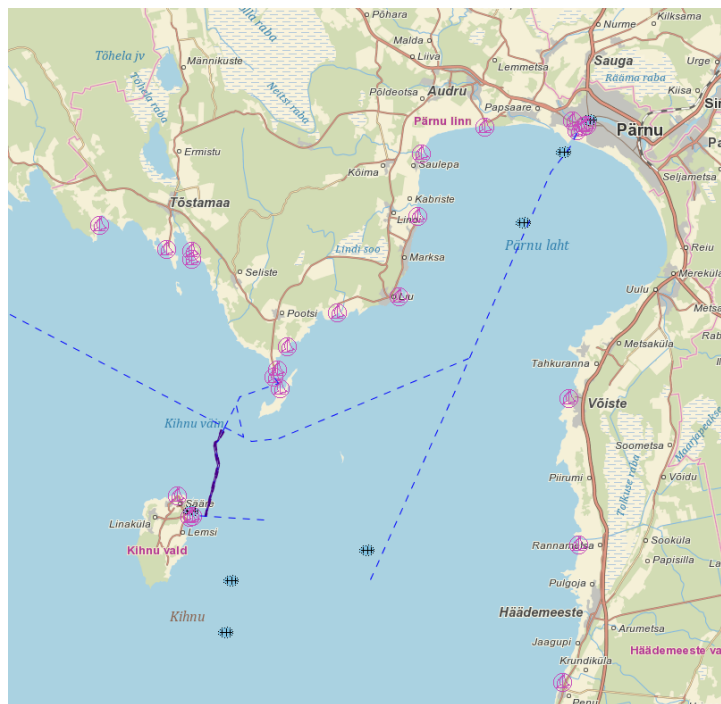
Olulisemad lähtematerjalid, mida töös kasutatakse ja analüüsitakse, on mõõdistused, mis on saadud Veeteede ametist. Olgu veel mainitud, et kõik mõõdistused, mis on saadud VA-st on viidud vanalt kõrgussüsteemilt (BK77) üle uuele süsteemile (EH2000). Eesti läks üle ühtsele Euroopa kõrgussüsteemile 1. jaanuaril 2018, milleks on Euroopa vertikaalne referentssüsteem (EVRS). Eestis kasutusel olnud kõrgussüsteem BK77 (Balti normaalkõrgussüsteem 1977- aluseks Kroonlinna null) asendus EH2000-ndega. EVRSi kõrgusi Eestis tähistatakse lühendiga EH2000, kus 2000 tähendab Fennoskandia maapinnatõusu aastal 2000 ning EH tähendab Estonian Heights. EH2000 nulltase on allpool BK77 nulltaset, see tähendab, et kogu Eesti ulatuses veekogudes sügavusnumbrid muutuvad väiksemaks ja maapinna kõrgusnumbrid suuremaks (Veeteede Amet). Allikatena kasutati veel ka sadama eeskirju ja erialast kirjandust antud valdkonnas.

Teema sai valitud, sest autor puutub tihedalt kokku liiklusega, mis toimub saarte ja mandri vahel. Regulaarne liiklus väikesaarte ja mandri vahel on vajalik. Tulenevalt sellest, on vajalik jälgida sügavusi, et parvlaevad ei peaks ootamatult jätma ära planeeritud reise, tulenevalt sügavuse vähenemisest.

Autor tänab juhendajat Inga Zaitseva-Pärnastet saadud abi ning nõuannete eest ning Hüdrograafia osakonna juhatajat Peeter Välingut saadud materjalide eest.

1 Uuritava ala kirjeldus ja ülevaade

Uuritav ala (Joonis 1.) jääb Eesti territoriaalvetesse on Läänemere osa ning paikneb Liivi lahes. Laht ise on ligikaudu 170 km pikk ning 130 km lai ja pindala hinnanguliselt 16300 km². Veevahetus toimub avamerega Suure-, Väikese- ja Irbe väina kaudu. Suurema osa Liivi lahest katab sügav osa, mille keskmine sügavus jääb 26 meetri kanti. Liivi lahe lõunaosa on põhjaosast üldiselt sügavam (Kotta at al.2008). Rannikud lahe ümbruses on valdavalt madalad ning kaetud metsadega. Rannamadalatel esineb siin peamiselt liiva, kruusa ja veerist. Setetest on esindatud peamiselt õhukese liiva, kruusa või siis veerisekihiga kaetud pruunikashall või hall savi. Suurematel sügavustel on valdavalt hall muda. Kihnu saare ümbruse põhja pinnamood on liigestatud (Lootsiraamat).



Joonis 1. Uuritav ala (kuvatõmmis avalikust hüdrograafia infosüsteemist)

1.1 Uuritava ala setted

Liivi lahes esineb liustikulisi setteid, litoriinamere eelseid setteid ja kaasaegseid setteid. Pärnu lahes ja selle ümbrus, mis on lõputööks käsitletav ala, esineb kõige sagedamini litoriinamere eelseid setteid. Litoriinamere eelsete setete alla kuuluvad: muda, aleuriit, liiv ja kruus (Juškevičs et al., 1997).

1.2 Uuritava veela kirjeldus

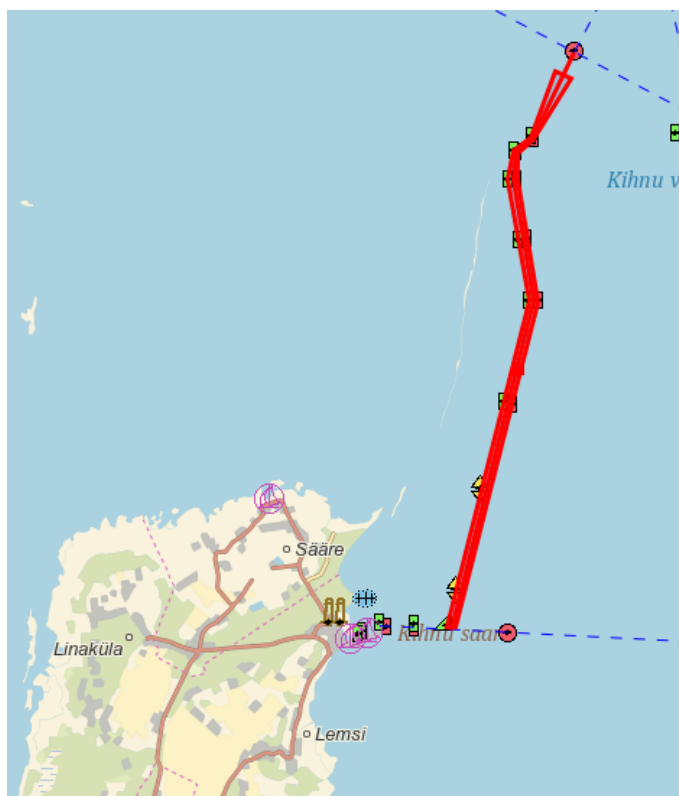
Kihnu ja Munalaiu sadamaid ühendas enne uue laeva kasutusele tulekut laevatee (Joonis 2.), mille ligikaudne pikkus oli 10,2 km ja ta koosnes kahest osast. Munalaid-Kihnu laevatee tekkis 1996. aastal. Seejärel on seda laevateed uuemate mõõdistuste järgi korrigeeritud 2004. aastal ja teist korda 2016. aastal.



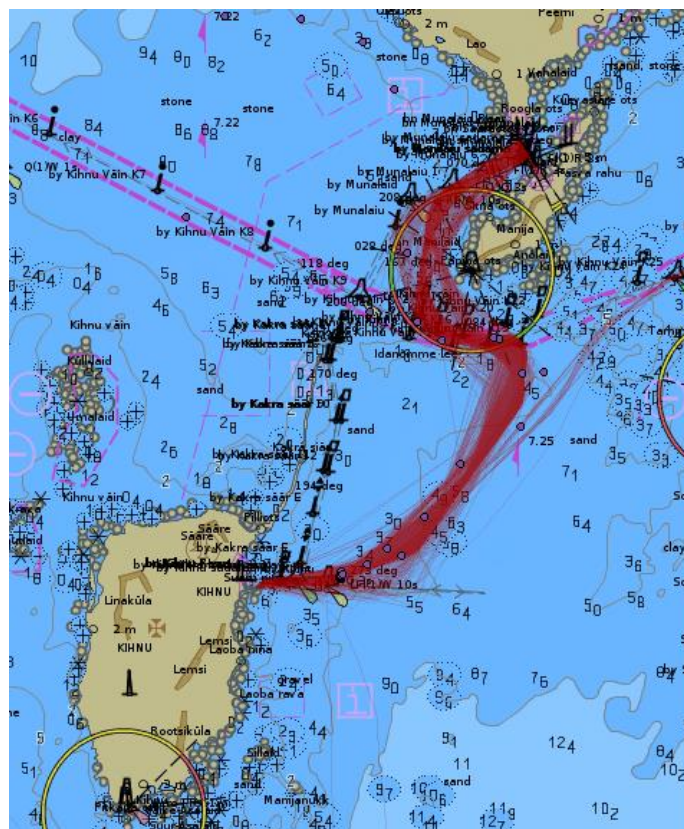
Joonis 2. Vana laevatee

1.3 Kakra säär

Kakra sääre (Joonis 3.) laevatee, mis algab Kihnu väina laevateelt ja suundub Kihnu poole on laevatee, mille pikkuseks on 6.5 km, minimaalne sügavus on 3 meetrit ja minimaalne laius 40 meetrit. Varasemalt oli Kakra säär laiem, kuid madalam. 2016. aasta talvel projekteeriti ta uute mõõdistusandmete järgi uuesti, kuna erinevate aastate mõõdistused näitasid, et Kakra sääre ots muutis lainete mõjul oma asukohta (Põiklik. 2016). Esimest korda on Kakra sääre juures mõõdistatud 1939. aastal. Need mõõdistused viis läbi endine Nõukogude Liit. Sellel mõõdistusel puudus IHO S-44 standart. Mõõdistuse käigus sai mõõdetud suur hulk mereala, kuid arvestada tuleb, et liinide vahe sel ajal oli 250 meetrit ning puudus tänapäevane mõõdistustehnika (Lisa 1). Alates 2015. aasta sügisest hakkas uus jääklassiga parvlaev liiklema Kihnu ja Munalaiu sadamate vahel. Senisest suurema (2,7 m) süvise tõttu kasutab ta Kakra sääre asemel liiklemiseks idapoolset marsruuti (Joonis 4.), läbi Kihnu väina kitsuse Manilaiust lõunas (Keskküla. 2016).



Joonis 3. Kakra säär (kuvatõmmis)



Joonis 4. Laeva Kihnu Virve AIS andmed (autor: P.Keskküla)

1.4 Saareotsa laevatee

Saareotsa laevatee (Joonis 5.) algab Kihnu väina laevateelt ning suundub Munalaui poole olles ise ligikadu 2.8 km pikk. Saareotsa kanalit mõõdistatakse igal aastal ning viimati süvendati seda kanalit 2012/2013. aastal. Süvendustöö eesmärgiks oli viia kanali laius 60-meetrini, et kasutusele saaks võtta suuremate mõõtmetega parvlaeva. Selle süvendusega ei muudetud sügavust ega asendit. Süvendustööd viidi seal läbi ujukopaga ning pinnas, mis sealt eemaldati, oli enamasti kas liiv või moreen, kuid vähesel määral eemaldati ka kanalisse varasemalt kandunud muda (A.Raig ja R.Raig 2012).



Joonis 5. Saareotsa laevatee (kuvatõmmis)

1.5 Kihnu sadam

Kihnu sadam asub Suaru ninal, mis paikneb Kihnu saare idarannikul. Sadama veela pindala on 5,07 hektarit ning maa-ala pindala on 1,32 hektarit. Kihnu sadamal on Suaru sadamaga ühine sissesõidutee ning akvatoorium. Sadamasse saab siseneda kanalit mööda, mille pikkus on 800 m, laius 50 meetrit ning vähim sügavus 4,1 meetrit (Kihnu sadama eeskiri).

1.1 Munalaiu sadam

Munalaiu sadamasse saab mööda kanalit, mis algab Saareotsa liitsihilt. Kanal ise on 420 meetrit pikk, 90 meetrit lai ja ta on süvendatud 4,0m sügavuseks (Munalaiu ja Manilaiu sadama eeskiri).

1.2 Manilaiu sadam

Manilaiu sadamasse saab mööda kanalit, mis algab Saareotsa liitsihilt. Kanal on 350 meetri pikkune, 50 meetri laiune ja 3,8 meetri sügavune süvendatud kanal (Munalaiu ja Manilaiu sadama eeskiri).

1.3 Laevaliikluse ülevaade

Laevad, mis teenindavad liini Kihnu-Munalaid on enamasti parvlaevad, mille süvised ei ole suured. Kihnu ning Munalaiu vahelist ühendust on pidanud kokku 7 praami (Tabel 2.). Hetkel teenindab Kihnu-Munalaid liini parvlaev Kihnu Virve. Kihnu Virve on Eestis AS Baltic Workboatsi poolt ehitatud parvlaev. Laevaga opereerib AS Kihnu Veeteed. Kihnu Virve teenidab liine Eesti väikesaarte ning mandri Eesti vahel. Liinideks on Kihnu-Munalaid, Munalaid-Manilaid ja Kihnu-Pärnu. Esimese reisi tegi Kihnu Virve 5. oktoobril 2015. Laeva maksimaalne pikkus on 45 meetrit, laius 12 meetrit ning maksimaalne süvis 2,7 meetrit (Kihnu Virve).

Tabel.2 Kihnu-Munalaid laevad

Laev	Ehitusaasta	Kiirus sõlmedes	Maksimaalne pikkus	Maksimaalne laius	Süvis
Sõprus					
Jõnn	1955	8 sõlme	28,00 m	8,15 m	2,00 m
Vesta	1971	10 sõlme	25,30 m	4,50 m	1,40 m
Reet	1971	12 sõlme	37,15 m	9,70 m	3,10 m
Amalie	1965	10,5 sõlme	26,00 m	7,50 m	2,25 m
Liisi	1972	11 sõlme	33,01 m	9,70 m	2,89 m
Kihnu Virve	2015	12 sõlme	45 meetrit	12 meetrit	2,7 m

Allikas: (veeteed.com)

1.4 Tegevus uuritava alal

Uuritav ala paikneb Pärnu lahes ning tegevus antud piirkonnas on seotud liiklusega kahe väikesaare ja Mandri-Eesti vahel. Nendeks saarteks on Eestis suuruselt seitsmes ja kahekümnekolmas saar Kihnu ja Manilaid. Püsielanike arv neil saartel, vastavalt viimasele rahvaloedusele on 487 ja 31 (Statistikablogi). Peamine tegevusala, millega väikesaartel tegeletakse, on turism ja sellest vaatevinklist on oluline, et oleks pidev ühendus mandriga. Lisaks on mõlema väikesaare kultuur UNESCO maailma kultuuripärandi nimekirjas, mistõttu on oluline, et edendataks sealset elu (UNESCO - maailma kultuuripärand).

1.5 Kihnu

Kihnu saar asub Liivi lahes ning kuulub Pärnu maakonda, moodustades ümbritsevate laidudega Kihnu valla. Kihnu saare pindala koos ümbritsevate laidudega on kokku 16,9 km². Kõrgeim punkt vaid 8,5 meetrit üle merepinna. Kihnut eraldab mandrist 12 kilomeetri laiune Kihnu väin. Esmakordselt on saart mainitud aastal 1386 (Kyne) (Kihnu Saar). Kultuuriruum Kihnus kuulub UNESCO suulise pärandi nimekirja. Kihnu kultuuriruumi järjepidevuse hoidmiseks ning kaitseks asutati 2002. aastal sihtasutus Kihnu Kultuuriruum. Rahvarõivad ja traditsioonilised käsitöö oskused on Kihnu kultuuri silmapaistvamad osad. Kihnus on olulisel kohal lisaks kultuurile ka kalapüük ja turism (UNESCO - maailma kultuuripärand).

1.6 Manilaid

Manilaid on väikesaar, mis asub Lao ranniku lähedal, Pärnu lahe suudmealas. See saar on ligi viis kilomeetrit pikk ning laius on kohati vaid pool kilomeetrit. Saarele saab sõita Munalaiu sadamast ning lähim kaugus mandrist on umbes 800 meetrit. Esmakordselt on kirjasõnas seda saart mainitud 1560. aastal. Umbes kaheksa hektarilisel saarel peatusid põhiliselt kalurid ning lisaks tehti seal ka heina. Veel oli Manilaid 19.-ndal sajandil riigi tagavara maa ning Pootsi mõisa heinamaa. 1933 jäi kihnlastele Kihnu saar väikseks ning 22 peret kolis Manilaiule. Sellepärast on kultuurilised seosed Kihnu ja Manilaiu vahel väga tugevad. Tegevused millega saarel tegutsetakse on kalapüük, turism ja käsitöö (Manilaid).

2 Metoodika

Lõputöö koostamisel pidin iseseisvalt uurima antud piirkonna kohta käivat kirjandust, tehtud töid ning lisaks käima VA-tis. VA-tist hankisin andmed (Lisa 1.), millest on lõputöös tehtud pinnad ning analüüs. Veeteede Ametil on kokku pandud andmed erinevatelt mõõdistajadelt ja eri aegadest. Kuna andmeid oli palju, siis tuli neid sorteerida ning grupeerida, et tekiks ülevaade. Kõige vanemad andmed, mis uuritavast alast on olemas, pärinevad aastast 1939. Viimati mõõdistati antud alas 2018. aasta lõpus. Tegemist on pika perioodiga ning Eesti vahetas vahepeal oma kõrgussüsteemi. Senine Kroonlinna null (BK77) asendus EH2000-ga. Kuna mõõdistusi oli tehtud kahes erinevas kõrgussüsteemis, tuli uurida uuesti andmeid, et välja selgitada, mis kõrgussüsteemis on mingi andmestik. VA on kõik varasemad kõrgused teisendanud juba uuele kõrgussüsteemile ning kõik töös kasutatud kõrgused on kohandatud uue kõrgussüsteemi EH2000 järgi. Esialgselt, kõikidest andmedest loodud pinnad ei toonud soovitud tulemust ja niimoodi analüüsida oli keeruline. Järgmisena, andmeid grupeeriti aastate kaupa ning pikaajaline analüüs viidi läbi aastast 2000 kuni aastani 2018. Kuna pikaajalisel võrdlusel olid sügavuste erinevused väiksed, siis otsustasin eraldi võrrelda ka lühemaid perioode. Selleks võrdlesin ma eraldi ka kõiki kattuvaid alasid, et näha kuidas seal on esinenud ajalises lõikes batümeetrilist erinevust. Need alad jäid enamasti Kihnu sadama ümbrusesse ja Saareotsa laevateele.

Kõige selle tegemiseks pidin iseseisvalt õppima kasutama andmetötlustarkvara. Valikuid oli kaks: ArcGis või Caris Base Editor 5.1. Kõigepealt proovisin andmete analüüsi läbi viia ArcGis tarkvaraga. Antud tarkvaraga esines palju probleeme ning seejärel sai erialast tulenevalt, kasutusele võetud Caris Base Editor 5.1. Base Editor on hüdrograafia valdkonnas kasutatav tarkvara. Seda tarkvara sai kasutada ainult Eesti Mereakadeemias, kus olid litsentsid eraldatud õppimise jaoks. Esialgselt XYZ andmedest on koostatud Carisega pinnad, kus on näha, kus merepõhi muutus ja millisel määral. X tähendab töös laiuse koordinaati, Y tähistab pikkuse koordinaati ning Z sügavust. Pindadele lisaks on koostatud ka profiilid võrreldavatest aladest, kus lõiked on tehtud kohtades, millelt saab silmaga eristada kõige suuremat sügavuste erinevust. Negatiivne arv profiilil tähendab, et setteid on lisandunud. Andmetest sai kokku tekitatud 18 pinda ning võrdlemine toimus kattuvatel aladel (Tabel 1.). Koostatud on ka kõikidest andmetest üks ühine pind, millele on märgitud peale ka kattuvad alad. Pindade

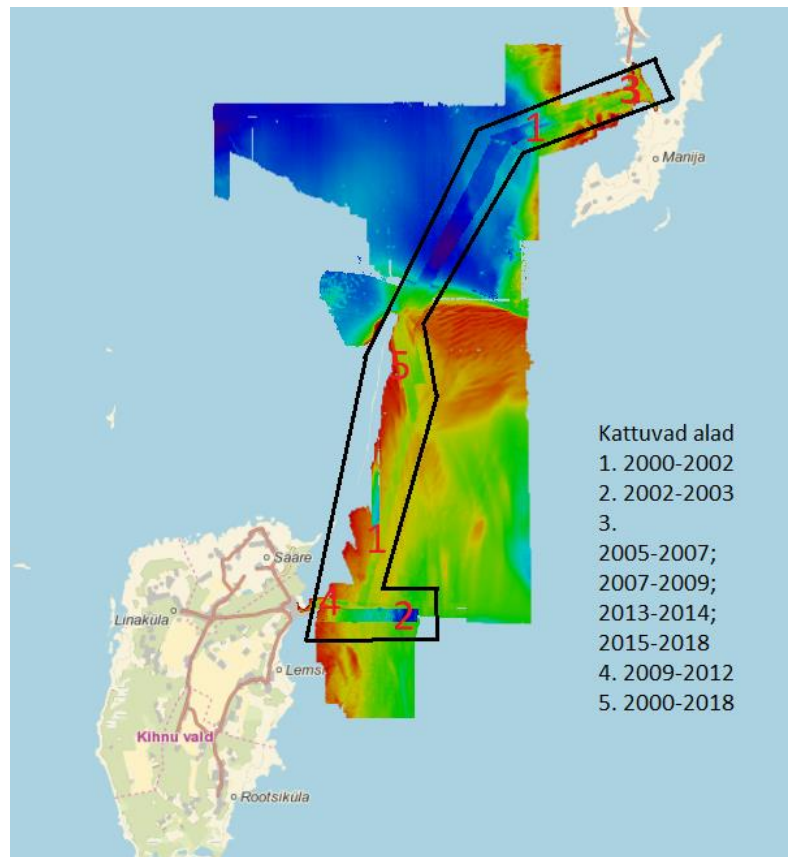
koostamisel kasutati kõigepealt tööriista - difference coverages. Sellega sai võrrelda kahte erinevat aastat ühe parameetri alusel, milleks on sügavus - depth. Tulemusena saadi ala, kus on näha sügavuste erinevused võrreldavatel aastadel. Seejärel koostati saadud alast tööriistaga mosaic uus ala ja võrdlusesse lisati difference ning saadi uus pind, kus ühel joonisel on kajastunud kahe aasta sügavused. Seejärel kontrolliti ala üle filtriga ja kasutati kriteeriumi, et sõelutaks välja vähemalt 10-protsendiline sügavuste erinevus. 10 protsenti sai valitud, kuna ala üldiselt ei ole väga sügav ja kui väike setete ringlus toimub niikuinii, siis väiksemat protsenti polnud mõistlik võtta. Peale filtriga ala üle käimist, saadi omakorda ala, kust võis näha antud alal sügavuste erinevused vähemalt 10-protsendi ulatuses. Sellest, kus erinevus oli suurem kui 10-protsenti, tehti profiil. Profiililt saab välja lugeda kui suured on antud alal tegelikud sügavuste erinevused aastate lõikes. Antud tulemustest tehti kuvatõmmised, mis on kajastatud töö kolmandas peatükis.

Tabel.1 Kattuvad pinnad

Aasta	Võrreldav aasta
2000	2018
2000	2002
2002	2003
2005	2007
2007	2009
2009	2012
2013	2014
2015	2018

3 Järeldused

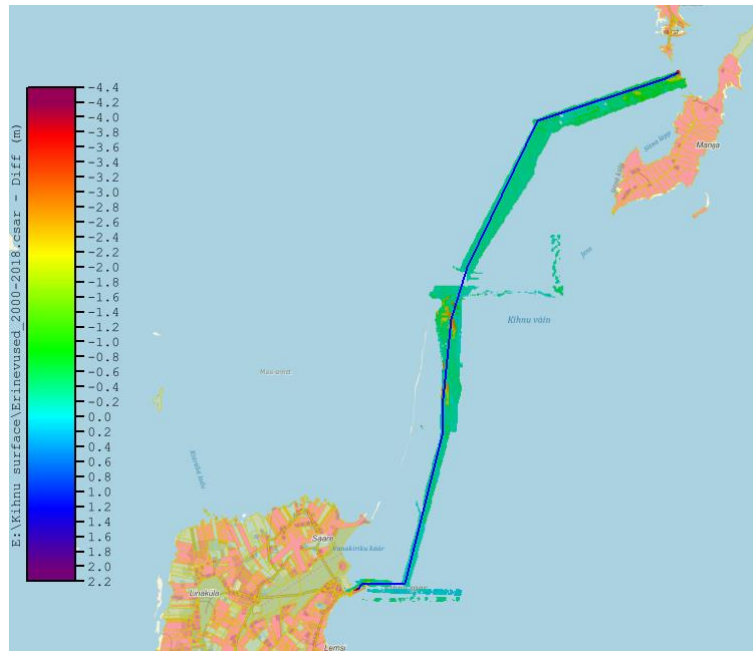
Antud töö tulemusena koostati kõikidest andmetest ala (Joonis 6.), kus näeme mõõdistuste suurust ning kohti, kus mõõdistused kattuvad. Kaks põhilist kohta, kus mõõdistused kattuvad ning esineb muutlikust on Saareotsa kanal ning Kihnu sadama ümbrus.



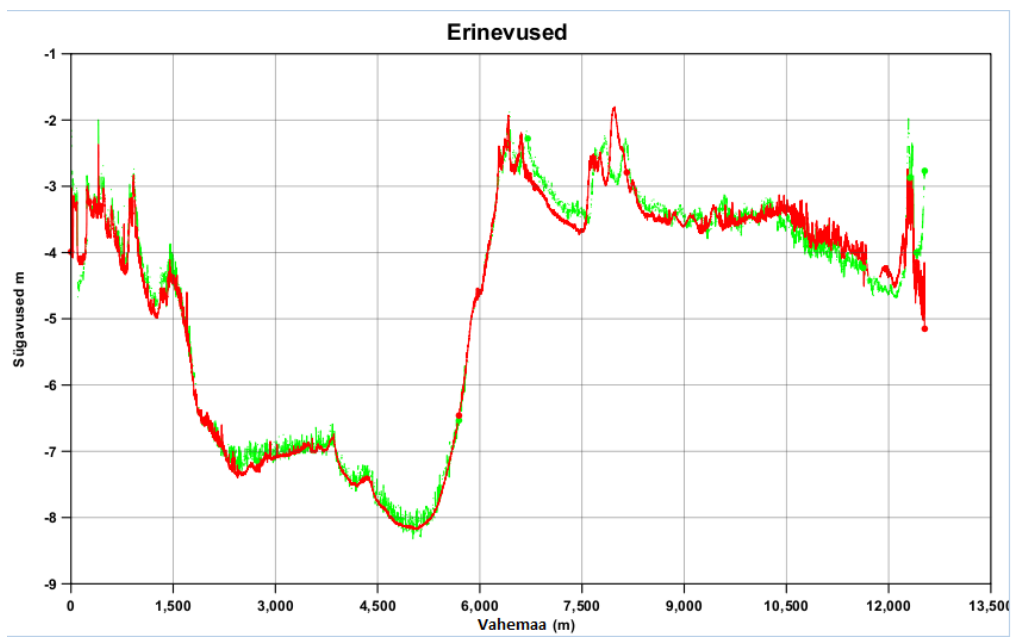
Joonis 6. Pind kõigist andmetest

3.1 Erinevused aastadel 2000-2018

Pikaajalisel batümeetrilisel võrdlusel näen, et antud piirkonnas esineb muutlikust (Joonis 7.), lisaks on näha, et muutlikus esineb põhiliselt terve laevatee ulatuses. Profiilil (Joonis 8.) on kujutatud ajavahemik aastast 2000 kuni 2018 ja neid on tähistatud vastavalt rohelise ning punase värviga. Näeme, et enamasti on setteid terve ala ulatuses lisandunud umbes 30-40 sentimeetri võrra.



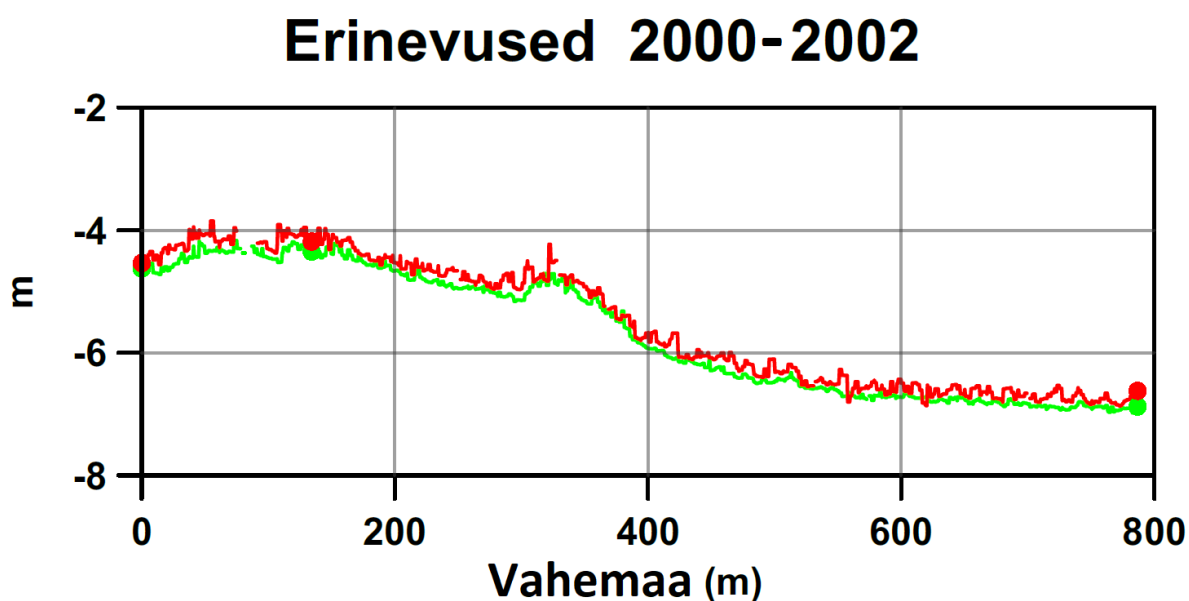
Joonis 7. 2000-2018 sügavuste erine mine



Joonis 8. Erinevuste profiil 2000-2018

3.2 Erinevused aastadel 2000-2002

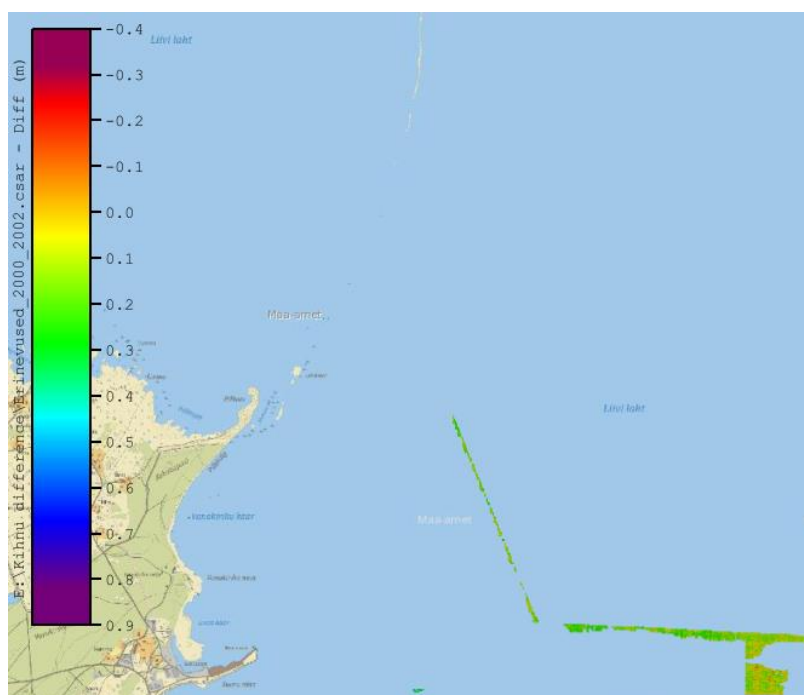
Ajavahemikul 2000 kuni 2002 oli piirkonnas tehtud mitmeid mõõdistusi, kuid kattuvaid alasid oli vähe. Kattuvaid alasid oli kaks, kus üks jäi Saareotsa kanalisse (Joonis 10.) ja teine ala jäi Kihnu sadama sissesõidule (Joonis 11.). Piirkonnas jäid sügavused enamasti samaks, kuid esines ka kohti, kuhu oli lisandunud ärakandunud setteid. Pikiprofiilil (Joonis 9.) on roheline mõõdistus aastast 2000 ning punane aastast 2002 ning sealt on samuti näha, et piirkonnas ei esinenud suuri muutusi.



Joonis 9. 2000-2002 profiil



Joonis 10. 2000-2002 sügavuste erinevus



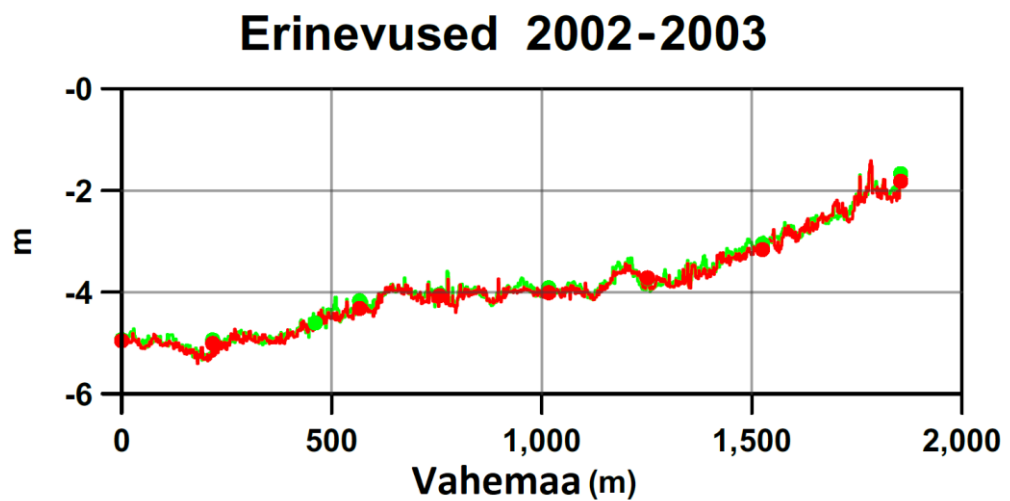
Joonis 11. 2000-2002 sügavuste erinevine

3.3 Erinevused aastadel 2002-2003

Vahemikus 2002 kuni 2003 jäid samuti sügavused enamasti samaks (Joonis 12.). Koostatud pikiprofiilil (Joonis 13.) jäi Kihnu sadamast lõuna poole ning jooniselt on näha, et muutused on minimaalsed.



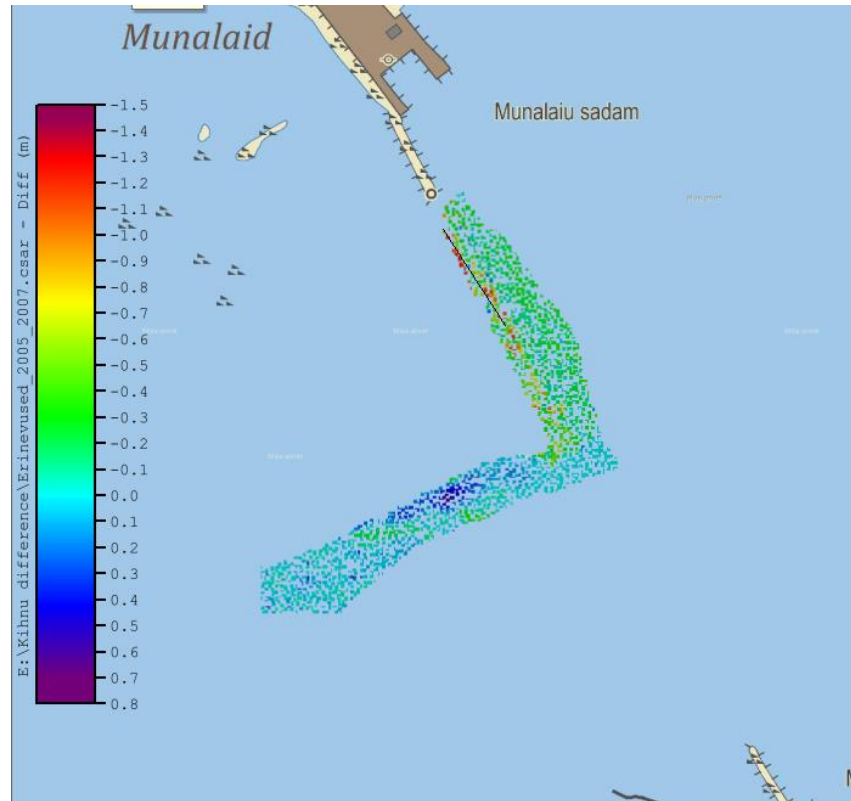
Joonis 12. sügavuste erinevine aastatel 2002-2003



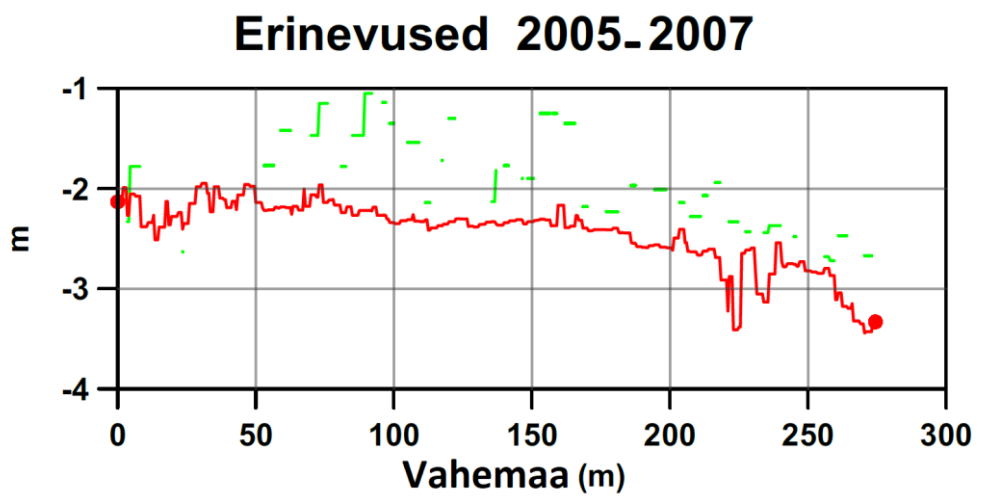
Joonis 13. 2002-2003 profiil

3.4 Erinevused aastadel 2005-2007

Aastatel 2005 kuni 2007 läbi viidud mõõdistustel on näha, et esineb vähest batümeetrilist muutlikust. Kuid leidub kohti, kus näeme (Joonis 15.), et sügavus võib erineda ligikaudu meeteri võrra. Antud mõõdistus kattus pöörukohal (Joonis 14.) Saareotsa kanalist Munalau sadama poole. Sellest võib järeldada, et sealne setete transport on tingitud inimtegevusest.



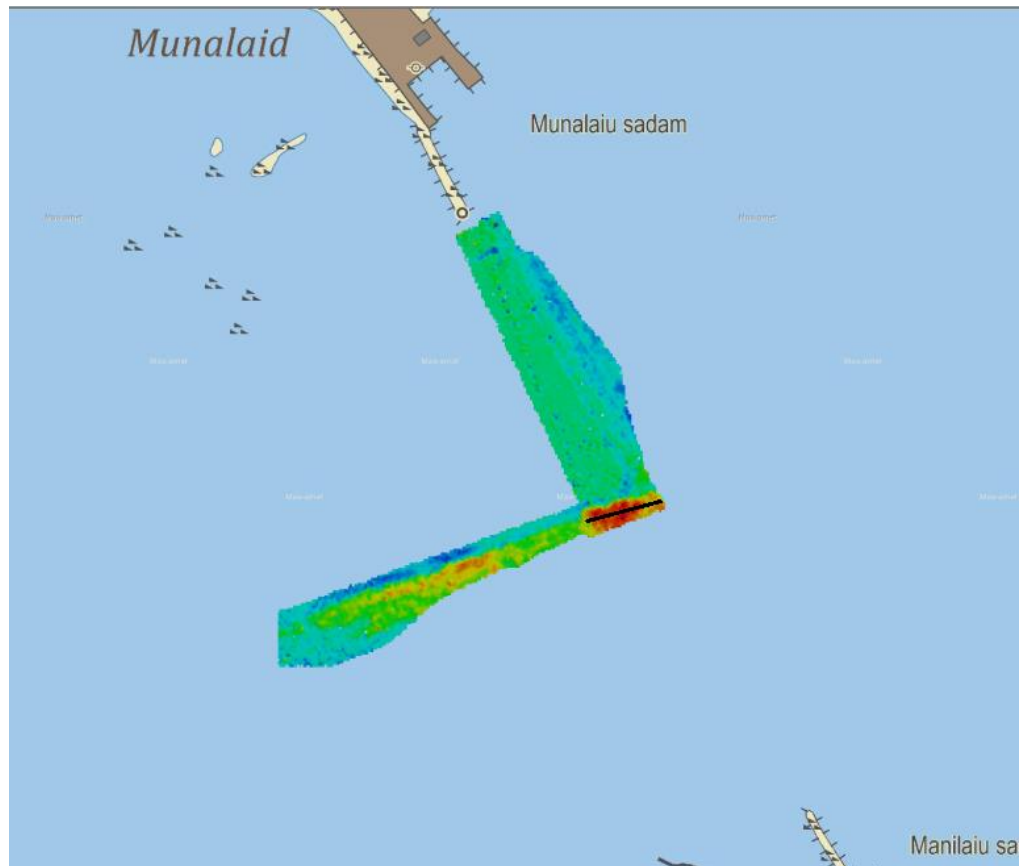
Joonis 14. sügavuste erinevine aastatel 2005-2007



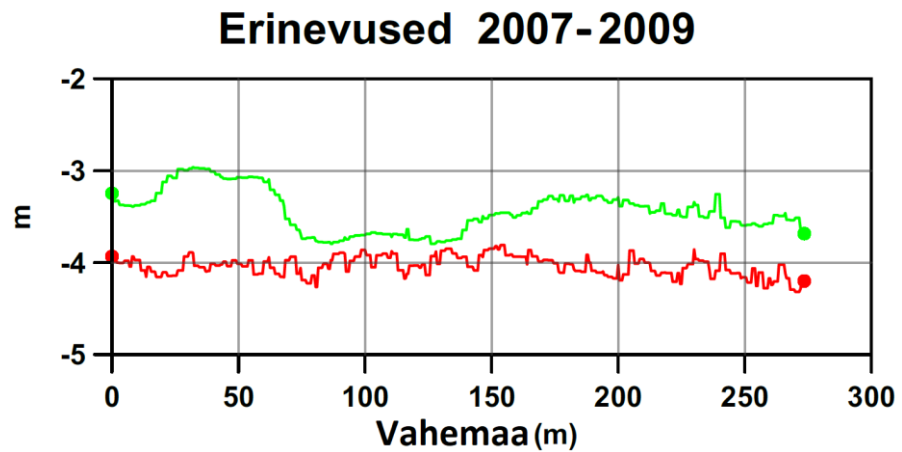
Joonis 15. 2005-2007 profiil

3.5 Erinevused aastadel 2007-2009

Mõõdistuste vahel, mis leidsid aset 2007 ja 2009 on märgata (Jooniselt 16.), et piirkonnas esineb setete kuhjumist. Kohati on setteid lisandunud üle meetri, mis on juba väga suur sügavuse muutumine. Pikiprofiil (Joonis 17.), on koostatud setete kuhjumis kohas, et saada parem ülevaade kuhjunud setete hulgast. Antud ala jääb samuti Saareotsa kanalisse..



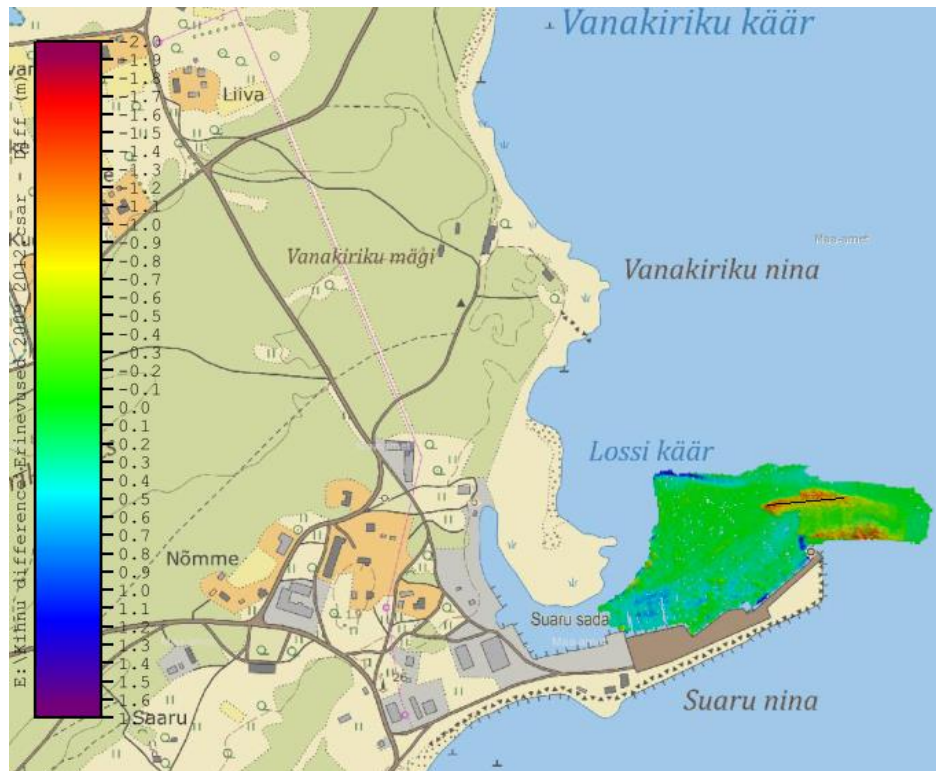
Joonis 16. erinevused aastatel 2007-2009



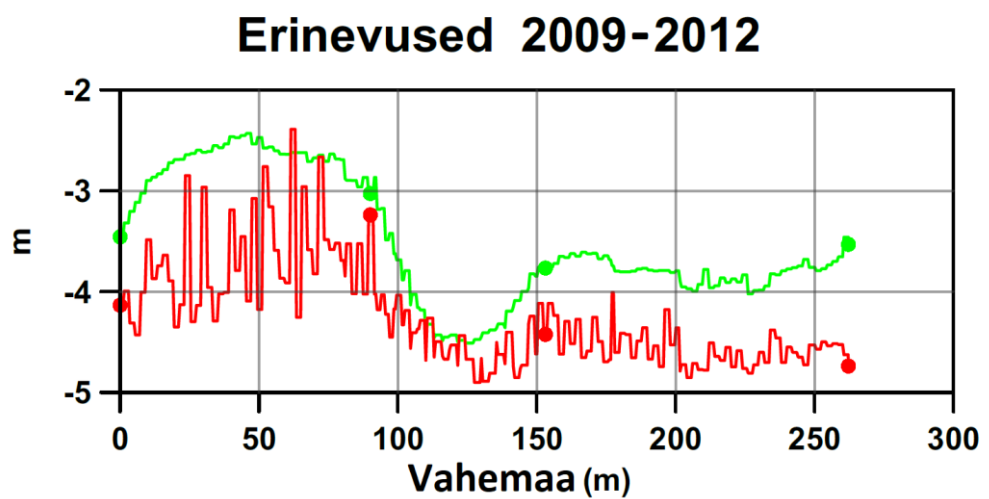
Joonis 17. 2007-2009 profiil

3.6 Erinevused aastatel 2009-2012

Selles vahemikus näeme, et siin on setetest tekkinud merepõhja kaks suurt valli. Vaadates (Joonis 18.) näeme, et setete kuhjumine on kohati üle 1-meetri, kuid leidub ka kohti, kus sügavus on suurenenud ligikaudu meeter. Antud ala, kus sette kuhjumine ja ära kandumine esineb, asub Kihnu sadamas. Sette kuhjumisest (Joonis 19.) on tehtud profiil.



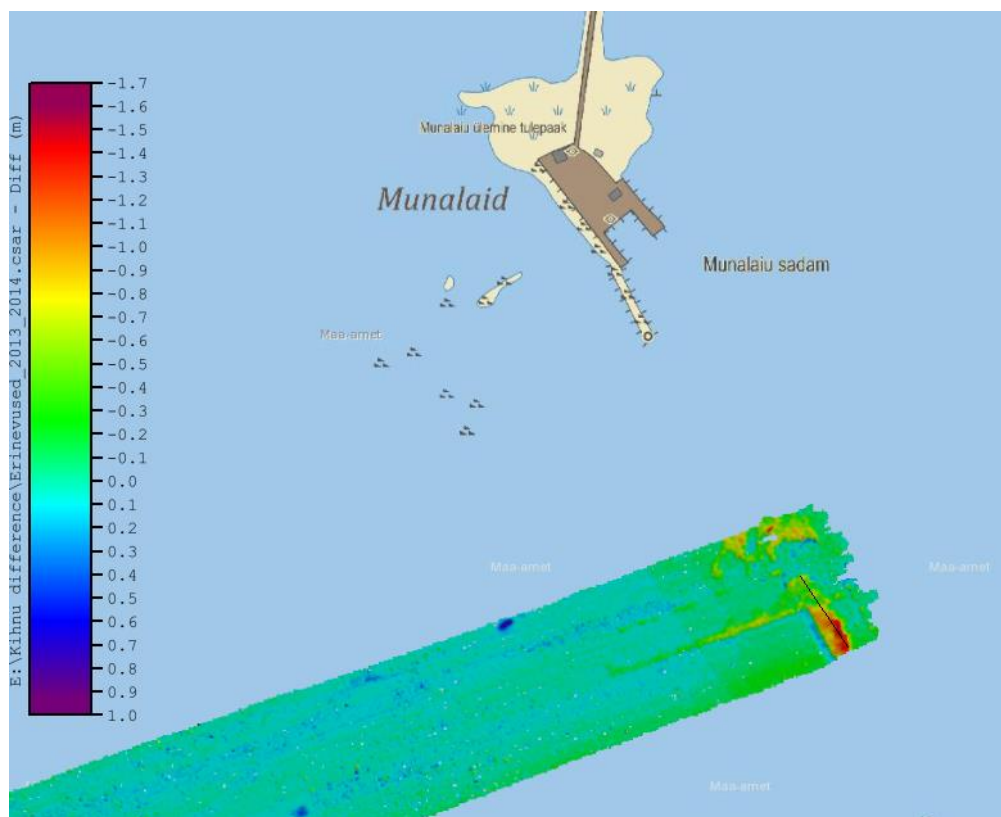
Joonis 18. sügavuste erinevused aastatel 2009-2012



Joonis 19. 2009-2012 profiil

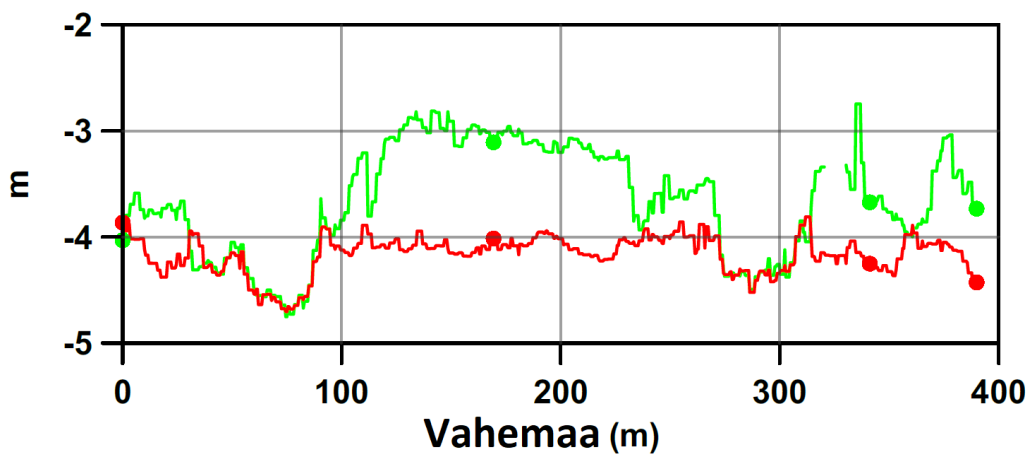
3.7 Erinevused aastatel 2013-2014

2013 kuni 2014 mõõdistused kattusid jällegi Saareotsa kanalis. Suuremas osas alas on sügavused jäänud samaks või suurenenud kuna 2012/2013 toimusid Saareotsa kanalis süvendustööd (A.Raig ja R.Raig 2012). Kuid oli kohti, kus esines väga suur sügavuse vähenemine. Kui vaadata (Joonis 20.) näeme, et sügavus väheneb kohati 1.5 meetri võrra ning navigeerimise seisukohalt on see juba ohtlik. Profiil (Joonis 21.) on tõmmatud kohas, kus esines kõige suurem sügavuste erinevus. Antud ala jääb Saareotsa laevateele.



Joonis 20. sügavuste erinevus aastatel 2013-2014

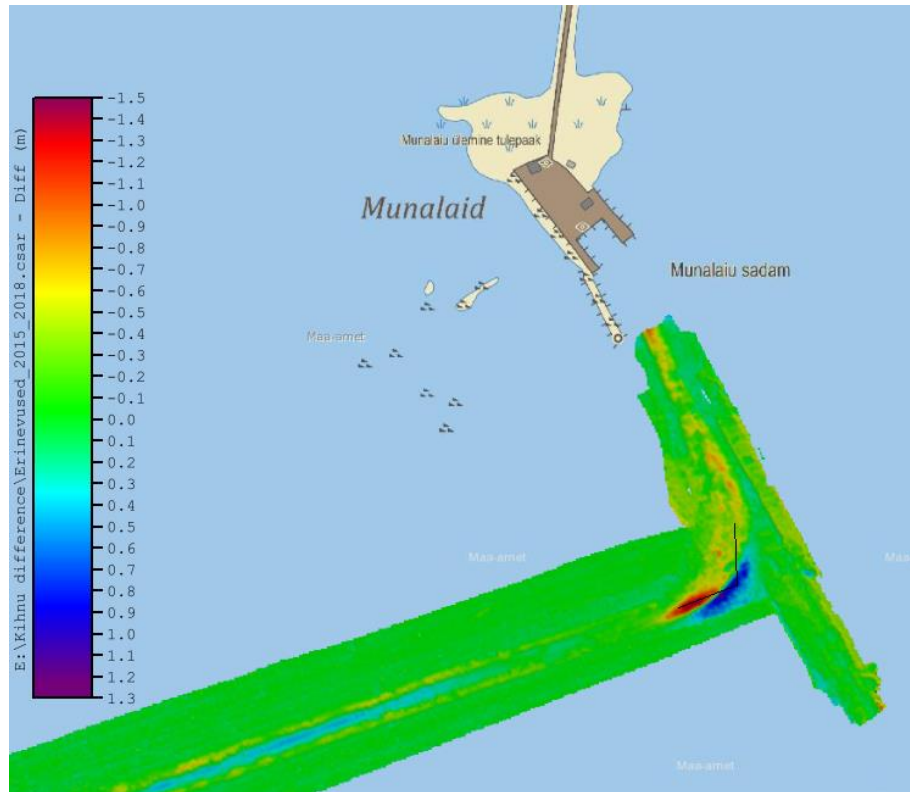
Erinevused 2013-2014



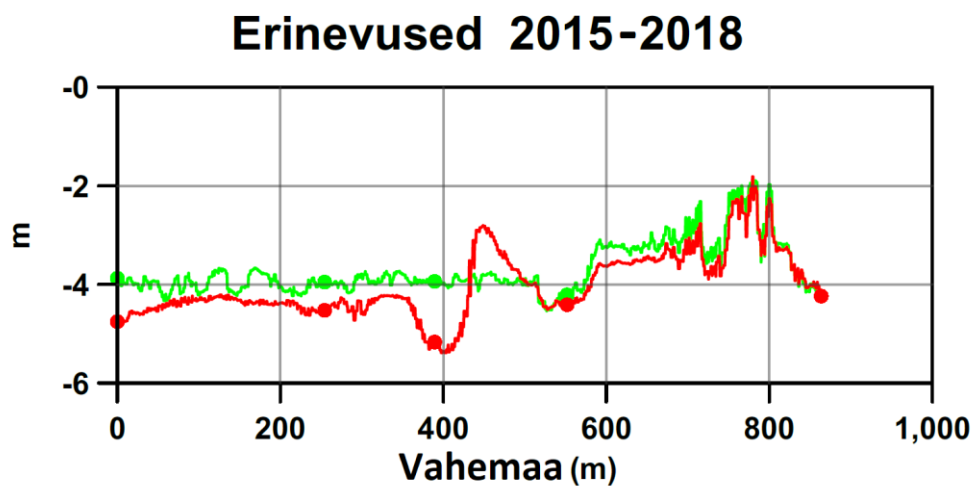
Joonis 21. 2013-2014 profiil

3.8 Erinevused aastatel 2015-2018

Aastatel 2015 kuni 2018 jäid sügavused suuremas osas samaks. Vaadates (Joonis 22.) näeme, et esineb kohti, kus sügavuste erinevus on suurenenud. Kohati on lisandunud setteid üle meetri ning leidub ka kohti kus setteid on ära kandunud üle meetri. Profiil (Joonis 23.) on koostatud alale, kus näeme suurimat sügavuste erinevust. Ala paikneb Saareotsa laevateel.



Joonis 22. erinevused aastatel 2015-2018



Joonis 23. 2015-2018 profiil

Kokkuvõte

Põhjus, miks koostatud töö on vajalik ning aktuaalne seisneb selles, et antud piirkonnas tegutseb laevaihendus Kihnu-Manilaid-Munalaid. Oli vaja uurida sealseid sügavusi, et näha, kuidas ajaga on sealsed sügavused muutunud.

Antud töö tulemusena leidsin, et pikaajaliselt esineb antud piirkonnas vähest batümeetrilist muutlikust. Leidsin kohad, kus esines muutlikust kõige tihedamini ning suuremal määral. Antud lõputöö tulemust on hea edasi uurida teemadel - 1. Mis põhjustab sealset setete transporti, 2. Millal võib sealne setete transport saada ohuks laevaliiklusele.

Töö koostamiseks on autor kasutanud andmetöötlus tarkvara Teledyne Caris Base Editor. Programm aitas autoril luua VA-ist saadud XYZ-andmedest visuaalse pinna ning profiilid, kus sai näha, et kuidas on uuritavas piirkonnas sügavused muutunud ajaga.

Lõputöö eesmärgiks oli analüüsida pikaajalist batümeetrilist muutlikust Kihnu veeteel. Selleks, saadi varasemad mõõdistused VA-ist ning nendest koostati kattuvatel alades pinnad, mida sai hiljem üksteisega võrrelda. Lõputöö eesmärgina saavutati järgmised eesmärgid:

- 1) Saadi ülevaade alast.
- 2) Kirjeldati setteid antud piirkonnas.
- 3) Aastate jooksul on esinenud batümeetrilist muutlikust Kihnu veeteel.
- 4) Saime teada, suured on olnud muutlikkused.
- 5) Leidsime kohad, kus on olnud muutused.
- 6) Koostati tabel praamidest, mis on aja jooksul liini teenindanud, et näha, milliste süvistega laevad on varasemalt antud piirkonnas sõitnud.
- 7) Koostati pinnad andmetele, mis kattuvad.
- 8) Koostati profiilid andmetele, mis kattuvad.

Lõputöö tulemusena valmisid pinnad ja profiilid, millel sai analüüsida muutlikkust. Kõige olulisemad andmed olid VA-i poolt väljastatud meremõõdistusandmed, mis olid antud tabelina ja kronoloogilises järjekorras.

Summary

Longterm bathymetrical changes on Kihnu fairway

The main reason why this work is necessary and why it is hot topic right now is that there are ferrys operating between Kihnu-Manilaid-Munalaid and it is necessary to observe how are the depths changed during the time.

With this thesis author found out that in longterm we can find small changes in depths. Also author found out places where these changes take places most often and how big are those changes. This thesis is a good input for next researches which could handle topics like what causes bathymetrical changes in this area and when those bathymetrical changes could cause a threat to ferry connection.

Author used data analysis software called Teledyne Caris Base Editor. This software helped the author to create visual surfaces and profiles from XYZ-files which were provided by Estonian Maritime Administration. This allowed us to see how is the seabed changed during the time. The purpose of this work was to analyse longterm bathymetrical changes on Kihnu fairway. For this the author got data from Estonian Maritime Administration which allowed him to create surfaces and analyse them in places where the data matched. The main goals of this graduation thesis was achieved by completing these following things:

- 1) An overview of this area was achieved.
- 2) Sediments of this area was described.
- 3) There has been changes during the years on Kihnu fairway.
- 4) How big has been those changes.
- 5) Where are those places where these changes have taken place.
- 6) A tabel was drawn which includes ferry boats that have been used on Kihnu fairway
- 7) Surfaces were made where the data matches
- 8) Profiles were made where the data matches

As a result of this thesis the surfaces and profiles were created where we can analyse bathymetrical changes on Kihnu fairway. The most important data was given by Estonian Maritime Administration which were already presented in tabel and it was chronological.

VIIDATUD ALLIKAD

Kihnu sadama eeskiri

[http://www.saarteliinid.ee/upload/Editor/eeskirjad/Kihnu%20sadama%20eeskiri%20aprill%202018%20\(2\)%20hinnakiri%202019.pdf](http://www.saarteliinid.ee/upload/Editor/eeskirjad/Kihnu%20sadama%20eeskiri%20aprill%202018%20(2)%20hinnakiri%202019.pdf) (24.03.2019)

Lootsiraamat

https://veeteedamet.ee/sites/default/files/content-editors/LR_1.3.pdf (24.03.2019)

Geoportaal

<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geoloogilised-andmed/Andmete-allalaadimine-p501.html> (26.03.2019)

AHIS – Avalik hüdrograafia infosüsteem

<https://his.vta.ee:8443/HIS/Avalik?REQUEST=Main&WIDTH=1920&HEIGHT=920>
(27.03.2019)

Maa- ja merekaardi rakendus

http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis?app_id=PRIM01&user_id=at&bbox=211188.85483871,6365617,800350.14516129,6665617&LANG=1 (05.04.2019)

Kihnu veetee koduleht

<http://www.veeteed.com/index.php> (09.04.2019)

Juškevics V. and Talpas A. (1997 a): Explanatory note to the map (scale 1:200 000). In: The Map of the Quaternary Deposits of the Gulf of Riga (eds. V. Seglinš and K. Kajak). Geol. Surv. Latvia and Estonia. Riga

Juškevics V., Stiebrinš O. and Talpas A. (1997 b): Map of the Quaternary deposits of the Gulf of Riga. Geol. Surv. Latvia Estonia. Riga.

UNESCO maailma kultuuripärand

<https://ich.unesco.org/en/RL/kihnu-cultural-space-00042> (12.04.2019)

Statistikablogi

<https://blog.stat.ee/2013/01/09/rahvaloenduse-tulemused-naitavad-asustatud-saarte-arvu-kasvu/> (12.04.2019)

Manilaid

<http://www.manilaid.ee/manilaid> (06.05.2019)

Kotta J., Lauranton V., Martin G., Simm M., Kotta I., Herkül K., Ojaveer H. (2008): Gulf of Riga and Pärnu Bay. Ecology of Baltic Coastal Waters 197, 217–243

Kakra Sääre Laevatee Rekonstrueerimise Projekt. (2016). /P.Keskküla. Tallinn. Veeteede Amet.

(2016). /P.Põiklik. Tallinn. Veeteede Amet

<https://veeteedeamet.ee/et/uus-kakra-saare-laevatee-projekteeritud> (06.05.2019)

Saareotsa kanali süvendustööde ehitusprojekt. (2012). /A. Raig ja R.Raig. Tallinn. Projekt OÜ

Munalaiu ja Manilaiu sadama eeskiri

<http://www.saarteliinid.ee/upload/Editor/eeskirjad/Munalaiu-Manilaiu%20sadama%20eeskiri%2029.%20jaanuar%202019.pdf> (06.05.2019)

Kihnu Virve

http://mereviki.vta.ee/mediawiki/index.php/KIHNU_VIRVE (06.05.2019)

Veeteede amet

<https://veeteedeamet.ee/et/amsterdami-null>

Kihnu Saar

<https://visitparnu.com/kihnu-saar/>

Lisad

Lisa 1 Andmed

Nimi	Pindala (ha)	IHOs 44	Mõõteaeg	Tehnika
02567_160981	7996	UNDEFINED	1939.01.01	
sheet25_53_04_lost	11775.8	UNDEFINED	1958.01.01	
sheet2_87_2	36	UNDEFINED	1987.01.01	
sheet2_87_1_topoga	84.2	UNDEFINED	1987.01.01	
munalaid	32.97	ERI	2000.10.18	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 11-kanaliline kajalood laeval EVA 320
kihnuvain	909.37	Ib	2000.10.25	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 11-kanaliline kajalood laeval EVA 320

kihhusadam	212.49	ERI	2000.10.29	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 11-kanaliline kajalood laeval EVA 320
munamani	9.39	ERI	2001.10.14	GEOTRACER DUAL RTK GPS,SIMRAD EQ 32 1- kanaliga kajalood
munalaidw	143.6	ERI	2002.07.03	IXSEA OCTANS gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO 7- kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
manilaidw	84.9	ERI	2002.07.09	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 6-

				kanaliline kajalood laeval EVA 319,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 319,SEATEX MRU-5 HRP
kakrin	748.6	Ib	2002.07.26	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 7- kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320,SEATEX MRU-5 HRP
kakravain	573.64	ERI	2002.08.06	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 6- kanaliline kajalood laeval EVA 319,AHERO kiirtelehvik laeval EVA

				319,SEATEX MRU-5 HRP
kihune	791.2	ERI	2002.08.16	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 6- kanaliline kajalood laeval EVA 319,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 319,SEATEX MRU-5 HRP
munalaidsw	137.4	ERI	2002.10.02	Anschtz Standard 20 gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,AHERO 6- kanaliline kajalood laeval EVA 319,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 319,SEATEX MRU-5 HRP,IXSEA OCTANS gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,IXSEA

				OCTANS HRP,AHERO 7- kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
kakrae	690.1	ERI	2002.10.03	IXSEA OCTANS gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO 7- kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
kihnu2002	304.4	ERI	2002.11.14	IXSEA OCTANS gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO 7- kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO

				kiirtelehvik laeval EVA 320
kihhusad2003	46.1	ERI	2003.09.30	IXSEA OCTANS gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO 7- kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
kihhusad_2m4212_m4024	7	ERI	2004.10.24	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Simrad RF C35 magnetkompass
munamani2005	30.4	ERI	2005.01.22	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Simrad RF C35 magnetkompass
kakra_nw	191.2	ERI	2006.07.14	IXSEA OCTANS

				gyro,Ashtech Z-surveyor RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO 7-kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
kakra_2006	108.62	Ib	2006.09.01	IXSEA OCTANS gyro,Ashtech Z-surveyor RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO 7-kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
munal_2007	9.9	ERI	2007.05.23	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4-kan kajalood,Simrad RF C35 magnetkompass

kakra_e2	19.98	ERI	2007.09.19	IXSEA OCTANS gyro,Ashtech Z- surveyor RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO 7- kanaliline kajalood laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
muna_manisad_m9044	8.4	ERI	2009.11.24	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Simrad RF C35 magnetkompass
kihnusad_m9043	8.1	ERI	2009.11.28	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Simrad RF C35 magnetkompass
saareotsa_m9027	11.6	ERI	2009.11.29	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Simrad

				RF C35 magnetkompass
kihнусad_33lhmt_12_2	0.5	ERI	2012.01.09	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Silva NX 2 magnetkompass
kihнусad_33lhmt_12_1	1.8	ERI	2012.01.09	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Silva NX 2 magnetkompass
kihнусad_m11068	1.8	ERI	2012.04.10	Trimble R6 RTK GPS, Seatex MRU-5 HRP, Furuno SC-30 GPS kompass,RESON HYDROBAT
kihнусad_36lhmt_12	4.2	ERI	2012.05.25	TRIMBLE 5700 RTK GPS,AHERO 4- kan kajalood,Silva NX 2 magnetkompass

saareotsa2013	57.45	ERI	2013.10.08	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
saareotsa_2014	71.1	ERI	2014.04.24	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
kakra_2014	88.44	ERI	2014.04.24	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO kiirtelehvik laeval EVA

				320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
munamanilaiusad_m14009	16	ERI	2014.09.19	Trimble R6 RTK GPS, Seatex MRU-5 HRP, Furuno SC-30 GPS kompass,RESON HYDROBAT
saareosta_kanal	22.77	ERI	2014.10.09	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
kihнусad_m14008	8.2	ERI	2014.12.22	Trimble R6 RTK GPS, Seatex MRU-5 HRP, Furuno SC-30 GPS kompass,RESON HYDROBAT
kakra_saare_ots	103.74	ERI	2015.04.21	IXSEA OCTANS

				gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
saareotsa2015	43.79	ERI	2015.04.22	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320,AHERO kiirtelehvik laeval EVA 320
saareotsa2017	97.44	ERI	2017.06.06	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,RESON T50R
kihnusad_m18046	10.1	ERI	2018.05.02	Trimble SPS855 RTK GPS, SMC

				IMU-108 HRP, Furuno SC-30 GPS kompass,RESON Seabat T20P
saareotsa2018	58.8	ERI	2018.05.08	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,RESON T50R
kakra_1_2018	118.49	ERI	2018.05.09	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,RESON T50R
kakra_2_2018	23.41	ERI	2018.05.09	IXSEA OCTANS gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,RESON T50R
kakra_3_2018	58.17	ERI	2018.05.10	IXSEA OCTANS

				gyro,Topcon NET-G3 RTK GPS,IXSEA OCTANS HRP,RESON T50R
munalaiusad_m18080	9.4	ERI	2018.11.16	Trimble SPS855 RTK GPS, SMC IMU-108 HRP, Furuno SC-30 GPS kompass,RESON Seabat T20P

Allikas: (veeteede amet)

