



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EESTI MEREAKADEEMIA
Merenduskeskus

Dairi Lehiste

Eesti Värava laevatee põhja muutumine aastatel 2001-2019

Lõputöö

Juhendaja: PhD Inga Zaitseva-Pärnaste
Kaasjuhendaja: Vanemhüdrograaf Kirill Anjutin

Tallinn 2020

Olen koostanud töö iseseisvalt.

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

Dairi Lehiste

.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 165876VDVR

Üliõpilase e-posti aadress: dairilehiste@gmail.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

Annotatsioon.....	4
Sissejuhatus	5
1 Uuritava ala iseloomustus.....	7
1.1 Uuritavate andmete kirjeldus	8
1.2 Laevaliiklus.....	10
1.3 Vajalikkus	10
1.4 Järvepõhja geoloogiline kirjeldus	11
2 Järvepõhja muutuste uurimine CARIS BASE Editor tarkvara abil.....	13
3 Järeldused	15
3.1 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2001-2008.....	15
3.2 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2006-2011.....	17
3.3 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2011-2012.....	18
3.4 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2012-2013.....	21
3.5 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2013-2014.....	23
3.6 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2014-2015.....	25
3.7 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2015-2016.....	27
3.8 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2016-2017.....	29
3.9 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2017-2018.....	30
3.10 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2018-2019.....	32
3.11 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2011-2019.....	33
Kokkuvõte	36
Summary.....	37
Viidatud allikad	38
Lisa 1 Mõõdistuslaeva andmed	39

Annotatsioon

Käesoleva lõputöö eesmärk on analüüsida Eesti Värava kanali põhja muutumist aastatel 2001-2019. Järvepõhja uurimiseks on saadud meremõõdistusandmed Veeteede Ametist, mida hakati omavahel võrdlema. Selleks kasutati spetsiaalset andmetöötlustarkvara CARIS Base Editor, millega loodi võrreldavatest aastatest pinnad ja profiilid. Antud teema on aktuaalne ja vajalik, kuna sellest laevateest sõltub Piirissaare elanike heaolu – kanal tagab kohalikele pääsu mandrile. Lisaks arendaks piisava sügavusega laevatee sealset turismi ning võimaldaks taastada liikluse Tartu-Pihkva vahel.

Andmetöötlusprogrammiga saadud tulemused annavad hea ülevaate aastate jooksul toimunud muutustest järvepõhjas. Koostatud profiilidelt ja pindadelt saab välja lugeda sügavuste pikaajalise kui ka aastate vahelise muutlikkuse. Analüüsi käigus on välja selgunud kõige kriitilisemad piirkonnad, kus kanal on jäänud väga madalaks, mis võib kohati olla isegi ohtlik. Autor on töös jõudnud selgusele, et vajalik oleks kanalit süvendada. Töö on heaks sisendiks järgmiste uurimuste tegemiseks.

Võtmesõnad: Eesti Värav, Veeteede Amet, Piirissaar, CARIS BASE Editor, profiil, süvendamine

Sissejuhatus

Lõputöö peamiseks eesmärgiks on uurida, kas aastate jooksul on Eesti Värava kanalis batümeetriline dünaamika ning kas oleks vaja läbi viia süvendustöid. Selleks on uuritud mõõdistusandmeid aastatel 2001-2019, mida omavahel võrreldakse.

Eesti Värava kanal on mõeldud liikumiseks Peipsi järve ja Lämmijärve akvatooriumite vahel. Kuna kanali esialgne trass täitub kiiresti setetega, otsustati 2005. aastal, et laevateele tuleb leida parem asukoht. 2008. aastal said süvendustööd uues asukohas valmis, kuid sellest ajast alates ei ole kanalit enam süvendatud.

Teema on aktuaalne, kuna Eesti Värava läbitavus hoiab üleval piirkonna turismi, kalastusvõimalusi ja üleüldist elukeskkonna arengut. Peamiselt on kanal mõeldud Piirissaare elanikele, aga kanali piisav sügavus võimaldaks taastada ka laevaliikluse Tartu-Pihkva vahel. See omakorda tooks antud piirkonda rohkem turiste ning sealhulgas oleks võimalik ka kaubavedu. Antud laevaliiklus ei olene ainult piisavast järvepõhja sügavusest, vaid seda takistavad ka poliitilised põhjused.

Töö koostamiseks kasutas autor hüdrograafilist andmetöötlussüsteemi Teledyne CARIS BASE Editor 5.3. Programmi abil sai autor ülevaate olemasolevatest andmetest erinevatel aastatel, mida selle abil analüüsiti.

Sarnastel teemadel Eesti Mereakadeemias on tehtud mitu tööd. 2015. aastal tegi Triin Rebane magistritöö „Süvendustööde ja- tehnika vajadus Eesti sisevetel“. Selle töö eesmärgiks oli uurida süvendusvajadust sisevetel. Töö üheks näiteks oli Eesti Värava kanal. Merepõhja dünaamikat on uurinud Raigo Saarkoppel 2018. aastal Rukki kanalist – „Rukki kanali merepõhja dünaamika perioodil 1999-2017“ ja Mart Maripuu 2019. aastal Kihnu veeteest – „Pikaajaline batümeetriline muutlikus Kihnu veeteel“. Mõlema töö eesmärgiks oli analüüsida merepõhja muutlikust.

Lõputöö eesmärgi saavutas autor analüüsides Veeteede Ametist saadud mõõdistusandmeid Teledyne CARIS BASE Editor tarkvaraga. See programm on mõeldud hüdrograafiliste andmete töötlemiseks. Sellega on võimalik samaaegselt töödelda mitmekiirelise-, ühekiirelise-, külgvaatesonari ja Lidar andmeid. Programmil on olemas viimane 3D visualiseerimistehnoloogia hüdrograafia, okeanograafia ja merenduse jaoks (Maripuu 2019). Süsteemis on olemas erinevad tööriistad, millega on võimalik teha erinevaid uuringuid.

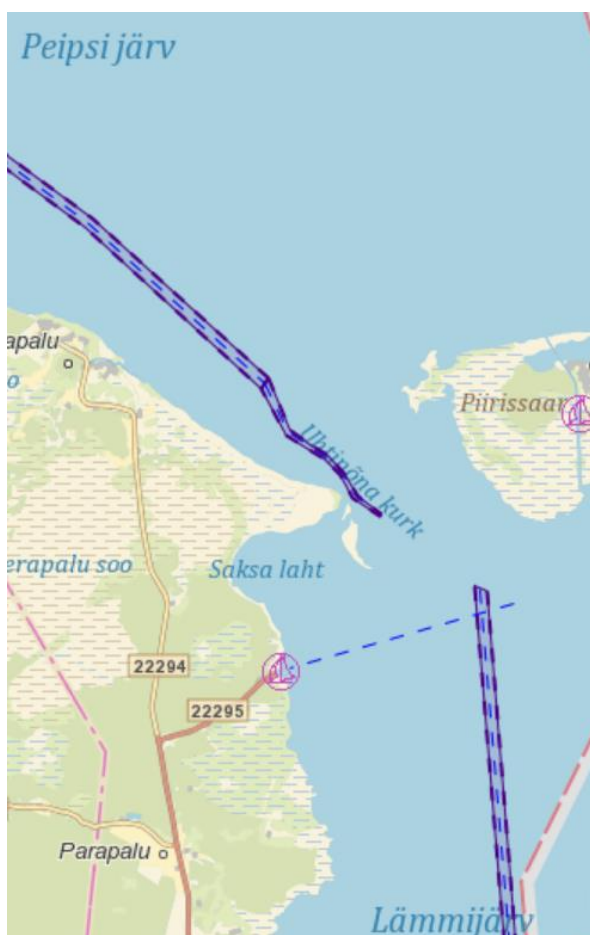
Töö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis on uuritava ala iseloomustus, sealhulgas on andmete kirjeldus. Teises peatükis on kirjeldatud, kuidas andmeid analüüsiti ning kolmandas peatükis on saadud materjalide järeldused.

Lõputöö koostamiseks kõige olulisemad lähtematerjalid – mõõdistusandmed on saadud Veeteede Ametist. Allikatena on kasutatud varasemalt tehtud analoogseid lõputöid ning erialast kirjandust hüdrograafia valdkonnast.

Teema sai valitud, kuna autor on huvitatud hüdrograafiast ning eriti siseveekogude mõõdistustest.

1 Uuritava ala iseloomustus

Eesti Värava kanal (Joonis 1) asub Peipsi järves Uhtinõna kurgus ning ühendab selle Lämmijärvega. Esialgne kanali trass suundus itta, Piirisaare suunas. Selle trassi ida-läänesuunaline lõik on pideva setete pealtungi mõju all, mistõttu ei olnud ühelgi kevadel teada, kas trass on peale sügis-talvist perioodi laevatatav või mitte. Sellest olukorrast ja iga-aastasest probleemist saab olulisel määral vabaneda vaid Eesti Värava kanalile uue trassi valiku abil. Vastava otsuse tegi Veeteede Amet 2005. aastal. Aastale 2006 planeeriti uue kanali süvendustööde projekti ettevalmistamine ning aastal 2007 alustati süvendustöödega (Järvik 2006). Aastal 2008 lõpetati süvendamine. See oli ka viimane aasta, kui Eesti Värava kanalit süvendati. Antud töös on kasutatud Veeteede Ametist saadud mõõdistusi. Kokku on seitseteist erinevat mõõdistust aastatest 2001 – 2019, mida omavahel võrreldakse.

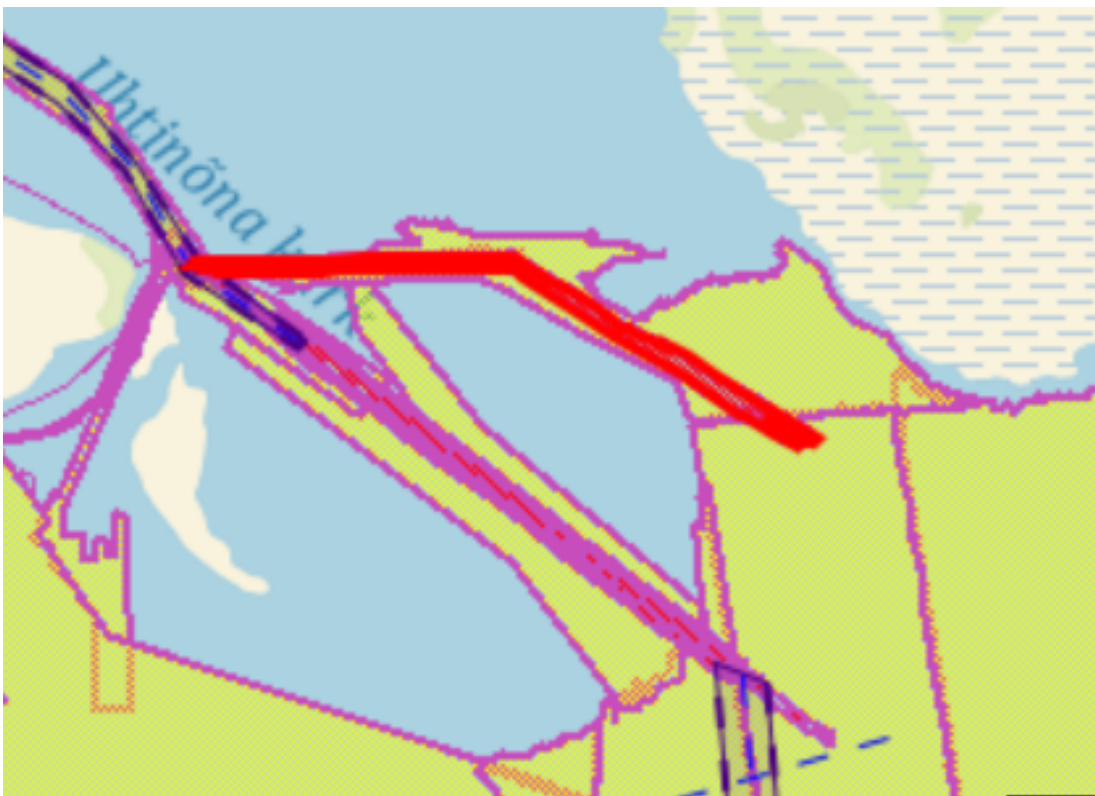


Joonis 1. Uuritav ala

Allikas: Kuvatõmmis avalikust hüdroraafia infosüsteemist

1.1 Uuritavate andmete kirjeldus

Tabelis 1. on välja toodud kasutatud mõõdistusandmed, mida omavahel võrreldakse. Vana trassi (laevatee märgitud joonisel punasega) (Joonis 2) vahel on võimalik omavahel võrrelda 2001. ja 2008. aasta mõõdistusi. Aastal 2002 tehtud mõõdistusi ühegi teise mõõdistusega võrrelda ei saa, kuna see ei kattu ühegi teise olemasoleva andmestikuga. Uue trassi (märgitud joonisel punasega) (Joonis 3), mis praegu ka kasutusel, andmeid saab kõiki omavahel vähemalt või suuremal määral võrrelda. Lisa 1 on välja toodud mõõdistuslaevad ning nende mõõdistustehnika. Kõik mõõdistused on tehtud järve keskmise veetaseme järgi. Peipsi järves veetase kõigub pikaajaliselt. Kõige kõrgem veetase on kevadel ning siis hakkab aeglaselt langema kuni 1.5 meetrit allapoole maksimaalsest veesisust.



Joonis 2. Vana Eesti Värava trass



Joonis 3. Uus ja praegu kasutuses olev Eesti Värava kanal

Tabel 1. Mõõdistusandmed

Nr.	Nimi	Mõõdistusaeg	IHO klass	Trass	Võrdlus
1.	eestivarav	10.10.2001	ERI	VANA	2008
2.	eestivarav2002	23.05.2002	1.b	VANA/UUS	EI
3.	e_varav_2006	26.04.2006	1.b	UUS	2011
4.	eesti_varav_2007	14.11.2007	ERI	UUS	EI
5.	ev_08	30.07.2008	1.b	VANA	2001
6.	eestivarav_2011	10.05.2011	ERI	UUS	2012
7.	eestivr2012	08.05.2012	ERI	UUS	2012 sügis
8.	e_varav2012syg	01.11.2012	ERI	UUS	2013
9.	eestivr_2013	08.05.2013	ERI	UUS	2014
10.	eestivarav_2014	20.05.2014	ERI	UUS	2014 sügis
11.	eestivarav_2014syg	09.10.2014	ERI	UUS	2015
12.	eestivr_2015	15.04.2015	ERI	UUS	2015 sügis
13.	eestivr_2015_sugis	01.10.2015	ERI	UUS	2016
14.	eestivr_2016	10.05.2016	ERI	UUS	2017
15.	eestivr_2017	04.05.2017	ERI	UUS	2018
16.	eestivr_2018	08.05.2018	ERI	UUS	2019

Nr.	Nimi	Möödistusaeg	IHO klass	Trass	Võrdlus
17.	eestivr_2019	23.04.2019	ERI	UUS	2011

1.2 Laevaliiklus

Laevateel Peipsi järvelt Lämmijärvele Eesti Värava kanali kaudu, kus veeliiklus uues, eeldatavalt stabiilsema veesügavusega kanalis nõuab laevajuhilt erilist hoolikust ning kanali korrashoiu huvides on vajalik regulaarne süvendamine. Sisevete arengukonseptsiooni kohaselt tuleb hoida Eesti Värava laevakanal laevatatav vähemalt 1,5 meetrise süvisega väikelaevadele. Märgistus on tihedasti paigaldatud piki kanalit, sest kanal on pikk ja kitsas ning navigeerimise teeb ohtlikuks kõrval asetsev 0-2 meetrine sügavusala (Rebane 2015).

Kanalis sõidavad lõbusõidualused, PPA patrullkaatrid, Veeteede Ameti laevad ja kohalikud elanikud oma veesõidukitega. Laevade süvised on vahemikus 0.7-1.5 meetrit. Veetase sõltub aastast ja aastaajast.

1.3 Vajalikkus

Eesti Värava kanal on oluliseks lüliks liikumaks Piirissaare vahel. Väike Piirissaar asub Eesti ja Venemaa vahel, Peipsi järve ja Lämmijärve kohtumispaigas. Kogu saar – 7,5 ruutkilomeetrit – on looduskaitseala: siinsetes soodes leidub mitu punasesse raamatusse kantud konna- ja kärnkonnaliiki. Piirissaarel leidub veel teisigi kaitsealuseid kahepaikseid, samuti haruldasi linde ja taimi (Puhka Eestis 2018).

Saare pindalast ligi 90% moodustab Peipsi keskmisest veetasemest vaid 1-2 meetrit kõrgemale ulatuv madal soo. Kõrgem on üksnes männimetsaga kaetud saare idaosa, kus paiknevad ka Piirissaare kolm küla: Piiri (vene keeles Meža), Tooni ja Saare (vene k Želatšek). Saare loodeosas oli veel neljaski, Porka küla, kuid 1862. aasta suur torm sundis inimesed sealt põgenema, jättes nende elumajad vetevalla võimusesse. Lainete hävitustöö on Piirissaart aja jooksul aina väiksemaks kulutanud: kui 1796. aastal oli saare pindala veel 20 km², siis nüüd vaid 7,5 km². Sellele vaatamata on Piirissaar endiselt Euroopa suuruselt neljanda järve suurim saar (Kell 2017).

Kanali kaudu on võimalik liiklus Tartu-Pihkva vahel. Emajõe oli tihe laevaliiklus nõukogude aja lõpuni. Tartu-Pihkva laevaliin oli populaarne ning jõe peal võis näha ka liiva, kruusa ja puitu vedavaid praame (Kaselo 2017). Hetkel ei ole see laevavahendus siiski võimalik, kuna Venemaaga ei ole ühele nõule jõutud. Kõige lähemal oldi laevaliikluse avamisele Tartu ja

Pihkva vahel 2006. aasta lõpus, kui Vene saatkond Tallinnas teavitas Eestit Vene valitsuse 2006. aasta 18. detsembri otsusest avada Pihkva oblastis asuvad Pihkva ja Storoženetsi jõesadamad välisreisijate ja -kaubalaevade sissesõiduks ja teenindamiseks. 2007. aasta aprillilõpu pronksiöö katkestas taolised plaanid paljudeks aastateks (Reinpõld 2014).

Tartu-Pihkva laevavühenduse olemasolu oleks majanduse koha pealt riigile väga kasulik. Aktiivselt saaks toimuda turismireisid Tartu-Pihkva vahel, mis tooks rahvast kokku isegi välismaalt. Samuti saaks toimuda kaubavedu erinevate sadamate vahel. Eesti Värava kanal on sellel laevateel oluliseks osaks üleüldiselt kaatritele ja jahtidele, et liikuda Peipsi järvest Lämmijärve.

1.4 Järvepõhja geoloogiline kirjeldus

Ajalooliselt on teada, et nii Emajõe suudmes kui ka Piirissaare piirkonnas on laevatee madalumine tavaline nähtus, kuna tugevate tormilainetega selle murdlustsoonis esineb intensiivne rannaliivade liikumine ja kuhjumine. Sellele protsessile aitab kaasa ka järve veetaseme kõikumine, mille amplitud (max-min) võib ulatuda kolme meetrini. Erineva veetaseme juures alluvad tormilainete tegevusele erinevad järve põhja- ja rannaalad (Järvik 2006).

Järve põhja- ja lõunaosa erinevatest veetasemetest tingituna kujunevad Eesti Väravates tugevate tormide tingimustes ka tugevad hoovused, millede tulemusel selles kitsuses on säilinud suured veesügavused – erinevatel andmetel kuni 7-8 meetrit. Selles süvikus seniste andmete analüüsi põhjal püsivad liivaste setendite kuhjumist ei esine (*Ibid.*).

Tormilainetele varjuliseks piirkonnaks e. setendite kuhjealaks on vastavalt olnud Uhtinina kurgu edelaosa, Uhtinina liitsihi suunaline laevatee s.o. Eesti Väravate lääne-idasuunalise laevatee põhjapoolne kül. Rannasetete pideva liikumise ja kuhjumise tulemusel just see laevatee põhjapoolne poolmik on eriti intensiivselt setendeid täis kantud. Rannaliivade rände ning kuhje tulemusel lisandus seda üha juurde saare edelarannikule seda üha madaldades ja laiendades. Piirissaar nagu nihkuks tervikuna aeglaselt edela-lõuna suunas. Tervikuna nagu seda näitab järvepõhja morfoloogiline ning setete dünaamika iseloom, valdab Eesti Väravate piirkonnas setete ränne üldiselt põhja-lõuna suunalisena s.o. Peipsi basseini Pihkva basseini suunas. Selle tulemusena ummistub jätkuvalt ka lääne-idasuunaline laevatee osa Eesti Väravate lõunaosas. Ummistumise tulemusel on see laevatee nihkunud enam lõuna suunas, nii et Uhtinina liitsiht pole võimalik kasutada (*Ibid.*).

Esiialgne kasutatav Eesti Värava kanal suundus peale Uhtinina süvikut itta Piirissaare poole. Antud kanalitrass on aga risti valdavate liivade liikumisega ja kandus sageli liiva täis (eriti talveti), mistõttu tuli teda praktiliselt igal aastal (kevadel) süvendada. Sellest johtuvalt ja arvestades, et laevaliiklus läbi Eesti Väravate on Piirissaare valla ellujäämiseks ainus tagati (Järvik 2006). Aastatel 2007-2008 süvendati Eesti Värava kanalit uues, teaduslikel alustel põhjendatud ja kavandatud asukohal (Rebane 2015).

2 Järvepõhja muutuste uurimine CARIS BASE Editor tarkvara abil

Lõputöö koostamiseks oli tarvis mõõdistusandmeid Eesti Värava kohta. Need on saadud Veeteede Ametist. Kuna aja jooksul on Eesti Värav olnud kahes erinevas kohas, sorteeriti esialgu andmed ära ning leiti alad, mida on võimalik omavahel võrrelda. Kõige varasemad andmed, mis töö jaoks õnnestus saada, on aastast 2001 ja õige uuemad on mõõdistatud 2019. Kui andmed olid sorteeritud, hakati neid analüüsima. Vanas Eesti Värava asukohas saadi võrrelda ainult kahte aastat. Uues ehk praeguses asukohas oli võimalik võrrelda kõiki aastaid, mil mõõdistusi on tehtud. Kuna aga aastal 2007 tehtud mõõdistused kattuvad teiste aastatega ainult kanali lõpust ja väikeses ulatuses, ei ole seda aastat töös võrreldud. Analüüsi käigus saadi aimu Eesti Värava põhjaprofiili muutustest aastate jooksul. Mõõdistuste seas oli ka üks aasta, mis mitte ühegi teise aastaga ei klappinud ehk seda ei olnud võimaik analüüsida. Andmeid töödeldi tarkvaraga CARIS BASE Editor.

Tarkvara CARIS BASE Editor 5.3. on rakendus, millega on võimalik koostada ja analüüsida batümeetrilisi mõõdistusi. Programmiga saab kasutada nii vanu kui uusi mõõdistusandmeid. Tarkvaraga on võimalik teha nii rasterpilte kui 3D vaateid (Teledyne-caris). Kui andmed on ettevalmistatud, saab luua erinevaid kontuure, sügavusalasid, milledest on võimalik koostada diagramme. Programm toetab erinevaid batümeetrilisi rakendusi, sellega on lihtne avada XYZ andmeid, neid hiljem kontuurida, üleliikseid kustutada, interpoleerida ja muuta (Unique Group, 2017).

CARIS BASE Editor pakub olulisi insenerilahendusi sadamate ja veeteede haldamisel, sealhulgas nende ehitamisel ja hooldamisel. Programmiga on võimalik teostada keerulisi arvutusi, et teha süvendusanalüüsi. Hea on võrrelda äsja tehtud mõõdistusi kanali algse mudeliga ning avastada merepõhja muutusi (*Ibid.*).

Tarkvaraga on lihtne esitada vektorkujutisi, kus on täpsed kontuurid, sügavuspolügoonid ja mõõdistused. Lisaks profiilidele on võimalik koostada kõrge resolutsiooniga raster pilte ja XYZ väljavõtteid, mida on võimalik eksportida paljudesse erinevatesse formaatidesse ja teistesse programmidesse. Samuti on CARIS BASE Editoris olemas võimalus, millega saab teha paberil jooniseid, aruandeid ja pilte (*Ibid.*).

Kõigepealt avati CARISes kõikide mõõdistusalade XYZ andmed, sellega on koostatud pinnad, mis näitavad järvepõhja muutust ja millisel määral. X tähendab töös laiuse koordinaati, Y tähendab pikkuse koordinaati ning Z sügavust (Maripuu, 2019). Aladest, mida oli võimalik

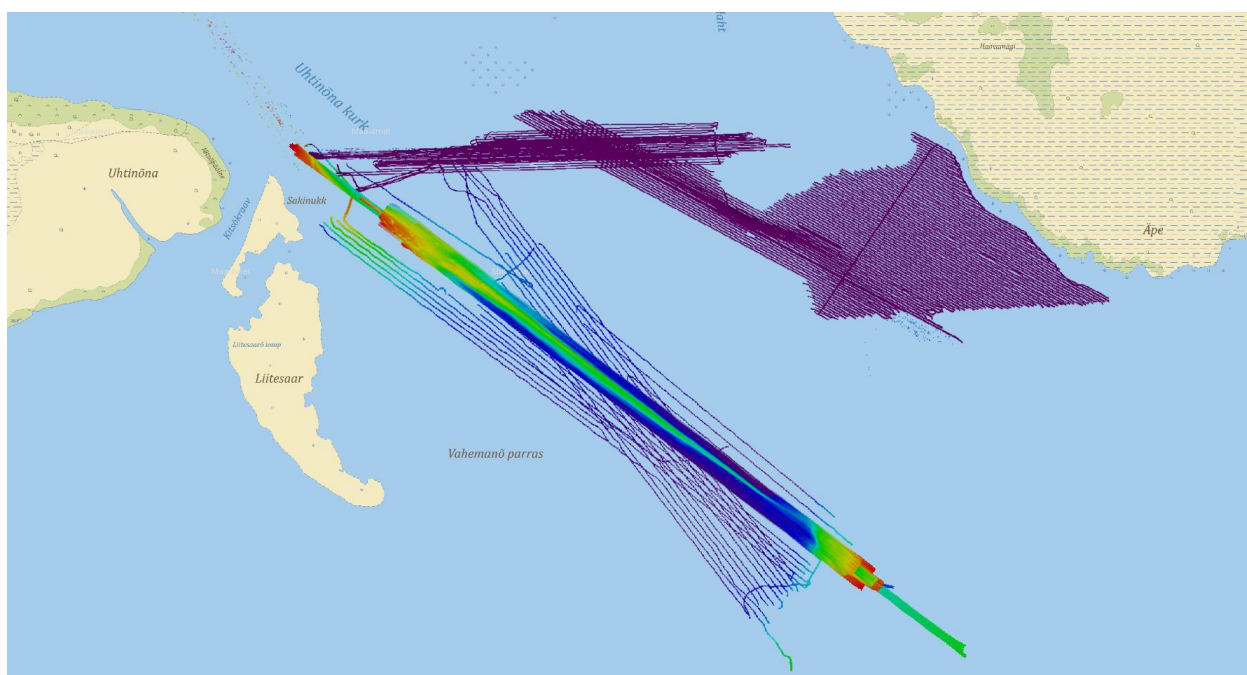
omavahel võrrelda, tehti erinevuste kihid. Korraga võrreldi kahte erinevat aastat – ühe aasta mõõdistust võrreldi järgnevalt mõõdistatud andmetega, et teha selgeks aastane ja mõnel juhul ka pooleaastane põhjaprofiili erinevus. Töös analüüsiti ka pikaajalist muutlikust ehk võrreldi kõige esimesi mõõdistusi viimati mõõdistatud andmetega. Enamus kihtide moodustamisel kasutati resolutsiooni 50 meetrit, mis tähendab pildi eraldusvõimet. Halvema kvaliteediga mõõdistuste puhul kasutati 100 meetrist sammu. Need mõõdistused olid varasemad ja tehtud vana Eesti Värava laevatee asukohal. Omavahel võrreldi sama resolutsiooniga mõõdistusi.

Erinevuste kihtide moodustamiseks kasutati tööriista „*Difference Coverages*“, mis võimaldas andmeid võrrelda sügavusparameetri alusel. Tööriista sisestati kahe erineva mõõdistuse andmed, mille XYZ andmed olid varasemalt CARISesse sisestatud ning mille kohta sooviti võrdlust saada. Avades tööriist, pidi esmalt valima soovitud aastad ning ära märkima, et erinevusi soovitakse võrrelda sügavuse järgi. Nüüd tekkis erinevuste kiht, kus on näha ainult mõõdistuste ühtivaid kohti. Selleks, et aru saada, kus on setteid juurde tulnud või ära läinud, määrati vastavad värvid – sinine näitab sügavamalt ala ning punane madalamat. Negatiivsed arvud (joonistel sinised alad) näitavad setete ära liikumist mõõdistuste vahel. Positiivsed (joonistel punased alad) numbrid tekkinud alal näitavad, et setteid on tekkinud ning ala on jäänud madalamaks. Parema ülevaate saamiseks mõõdistuste asukohas lisati alade taustale kaart, mis saadi Maa-ameti koduleheküljelt. Töös on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Iga tehtud erinevuste kihi kohta moodustati ka profiil, mis näitab graafiliselt põhjaprofiili muutumist. Selleks kasutati „*Digitize Profile*“ tööriista, kuhu lisati soovitud alade sügavusandmed. Kui võrreldavad andmed olid välja valitud, tõmmati joon läbi sobiva ala, et programm teeks profiili õige piirkonna kohta. Kuna Eesti Värava kanal on üsna pikk ja pikiprofiil head ülevaadet ei anna, tehti profiilid enamasti risti laevateega ja kohtadest, kus on silmaga näha, et muutused on toimunud. Erinevaid aastaid võrreldes selgusid kindlad kohad, mis iga aasta setetega täitusid ning analüüsi tulemused on välja toodud töö järgmises peatükis.

3 Järeldused

Kasutatud mõõdistusandmetest oli võimalik võrrelda kahte erinevat ala – vana Eesti Värava kanalit ning praegu kasutusel olevat laevatee asukohta (Joonis 4). Süvendustööd praeguse kanali asukohas lõppesid 2008. aastal, kuid mõõdistusi antud piirkonnast on olemas ka 2006. ja 2007. aastast. Mistõttu saab ka ülevaate olukorrast, mis oli enne süvendustöid. Mõõdistusi pärast süvendusi on alates 2011. aastast.

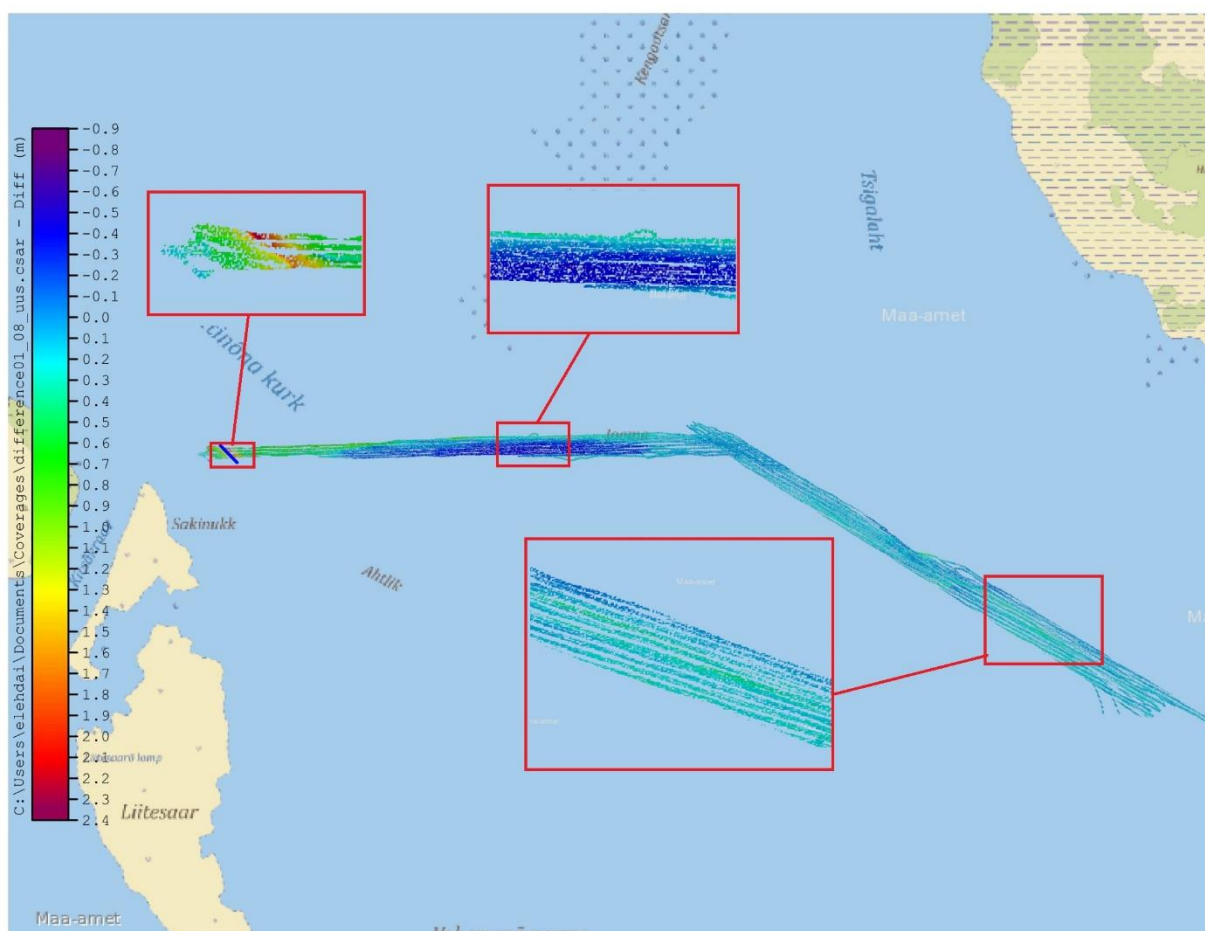


Joonis 4. Mõõdistusandmed programmis CARIS BASE Editor

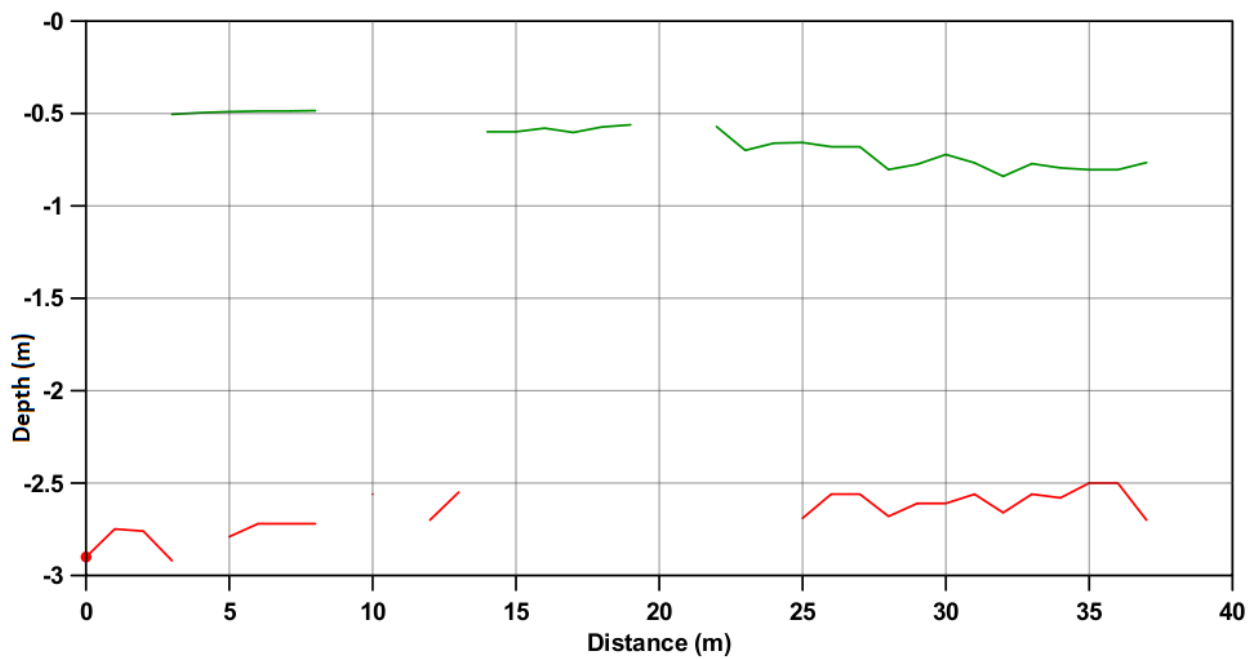
3.1 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2001-2008

2001. ja 2008. aastast on andmed, mis on mõõdistatud vana Eesti Värava kanali asukohal. Kuna nendel aastatel tehtud mõõdistused ei ole kõige parema kvaliteediga, on profiilis sees lüngad, kuid üldise ülevaate siiski saab.

Aastate võrdluses on näha, et suurimad batümeetrilised muutused on toimunud laevatee alguses, edasi idasuunaliselt liikudes on järvepõhi jäänud isegi sügavamaks, mida näitab joonisel tumesinine värvus (Joonis 5). Laevatee kagusuunalisel liikumisel on näha, et aastatega on setteid sinna terve kanali ulatuses juurde tulnud, kohati kuni 0.5 meetrit. Mis viitab jällegi sellele, et selles piirkonnas kuhjub väga palju setteid ning laevatee jaoks ei ole see sobilik asukoht. Profiililt on näha, et laevatee alguses oleva kuhjumise joonis, kus on setteid kogunenud isegi kuni 2.4 meetrit (Joonis 6).



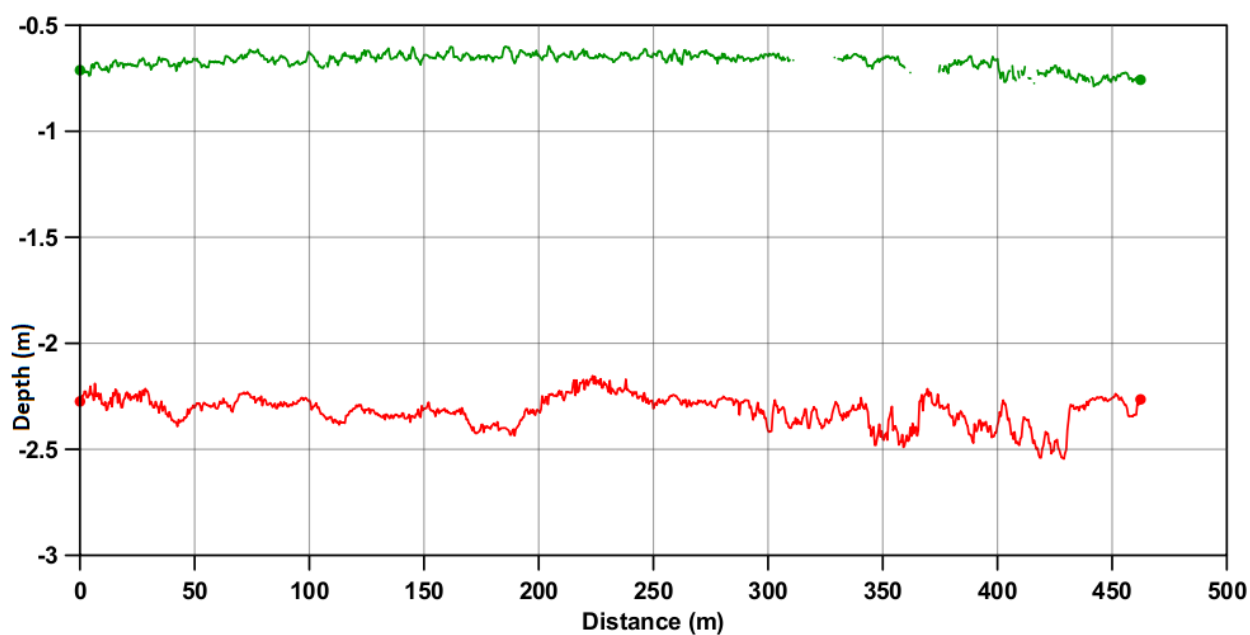
Joonis 5. Sügavuste erine mine 2001-2008



Joonis 6. Sügavuste erinevuse profiil 2001-2008: värvid vastavalt punane ja roheline

3.2 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2006-2011

Need aastad on võetud võrdlusesse, et näidata, kui palju süvendamine piirkonda on mõjutanud. 2006. aastal ei olnud praeguses Eesti Värava kanalis süvendustöid veel tehtud. 2011. aastal oli sellest möödas kolm aastat, kuid sügavuse muutumine on profiilis näha. Profiil on joonistatud piki laevateed (Joonis 7). Analüüsi tulemused näitavad kuni kahe meetrilisi erinevusi. Joonisel esile toodud piirkonnast on võetud profiili jaoks andmed (joonis 8). Joonised ei anna kõige paremat ülevaadet, kuna 2006. aastal tehtud mõõdistused ei ole nii hea kvaliteediga kui 2011. aasta omad.



Joonis 7. Sügavuste erinevuse profiil 2006-2011: värvid vastavalt roheline ja punane

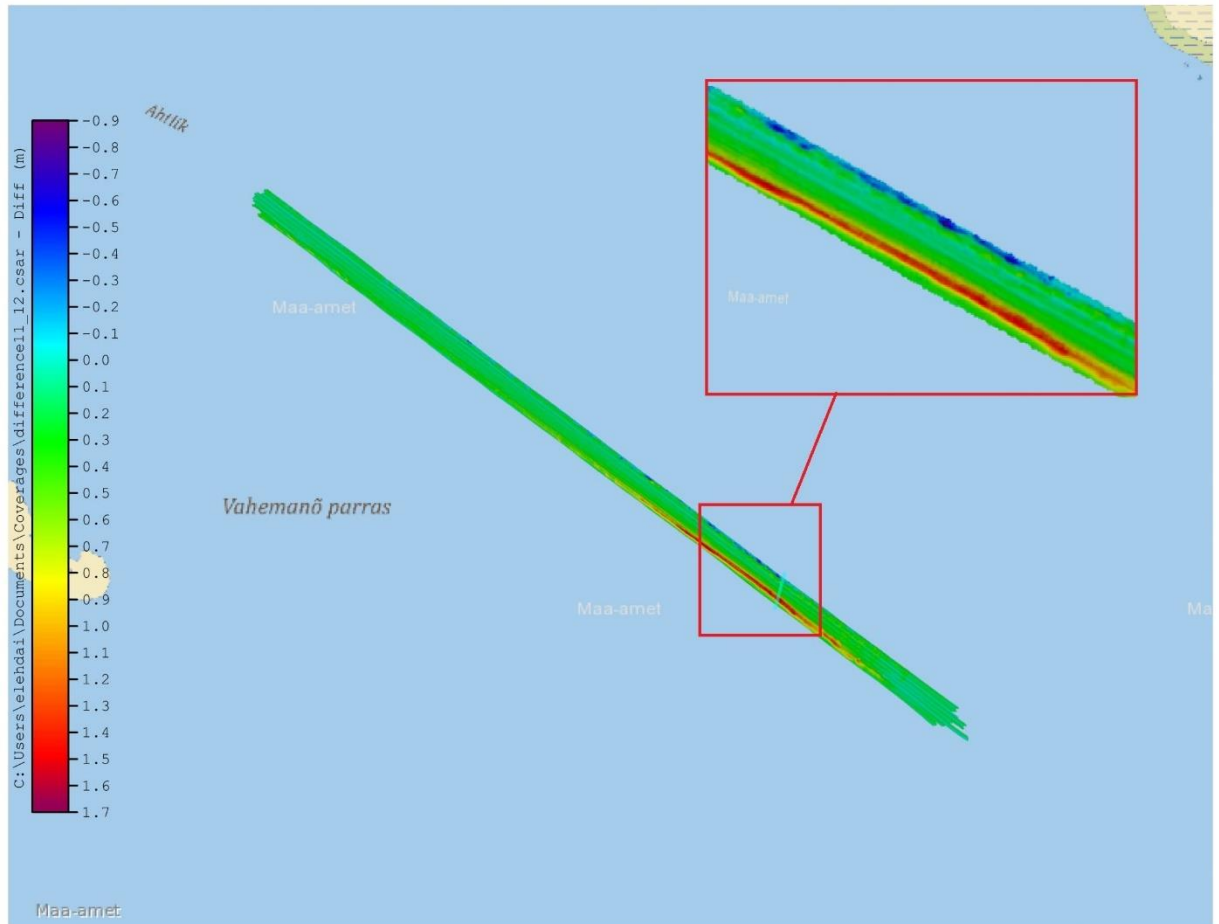


Joonis 8. Sügavuste erinevine 2006-2011

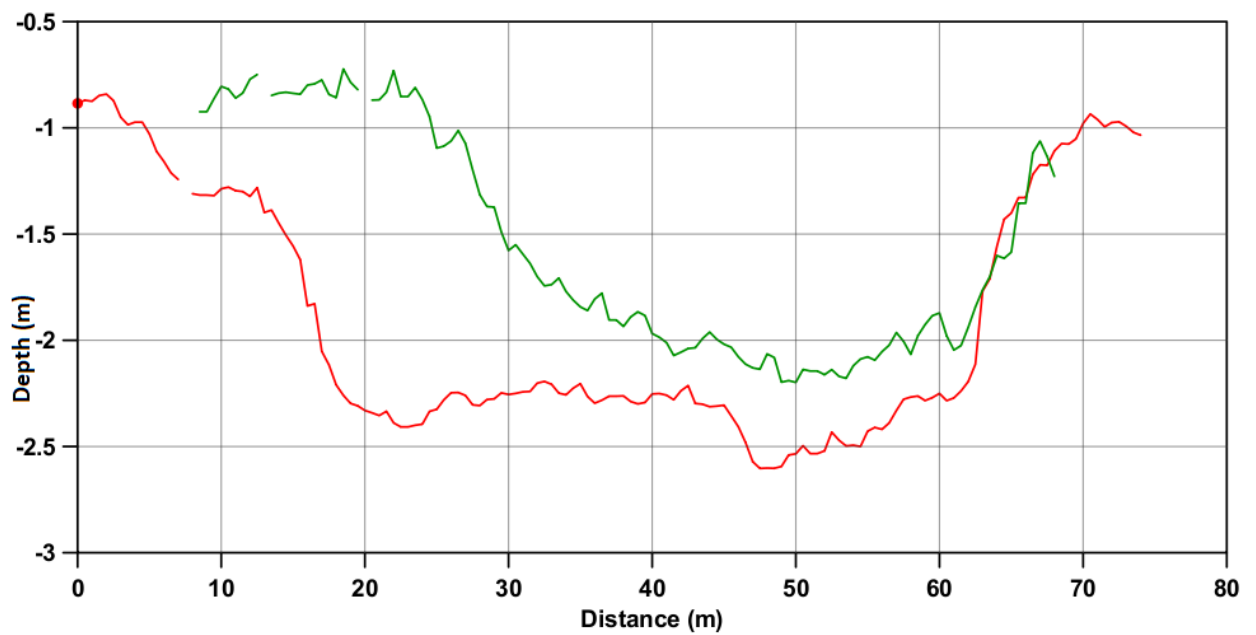
3.3 Erinevused põhjaprofilis aastatel 2011-2012

2012. aastal tehti mõõdistusi nii kevadel kui sügisel, tänu millele on võimalik võrrelda ka seda, kui palju liigub setteid poole aastaga.

Analüüsi tulemusena on näha, et keskmiselt on aastaga setteid juurde tulnud 0.1-0.5 meetrit, kuid on ka kriitilisemaid kohti, kuhu setete juurdevool on kuni 1.7 meetrit (Joonis 9). Pikiprofiil on tehtud kõige suurema muutusega piirkonnast (Joonisel 9. märgitud helesinine joon) (Joonis 10).

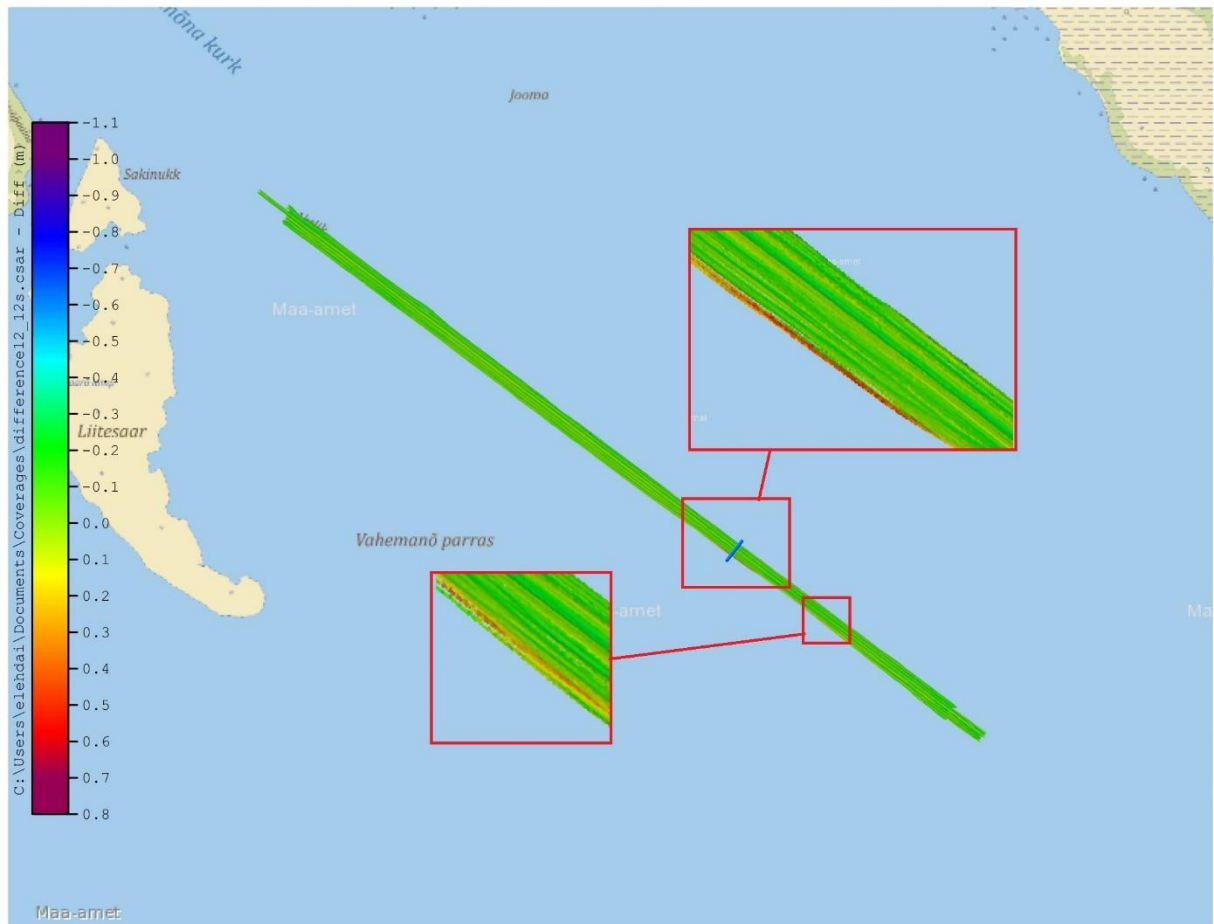


Joonis 9. Sügavuste erinevine 2011-2012

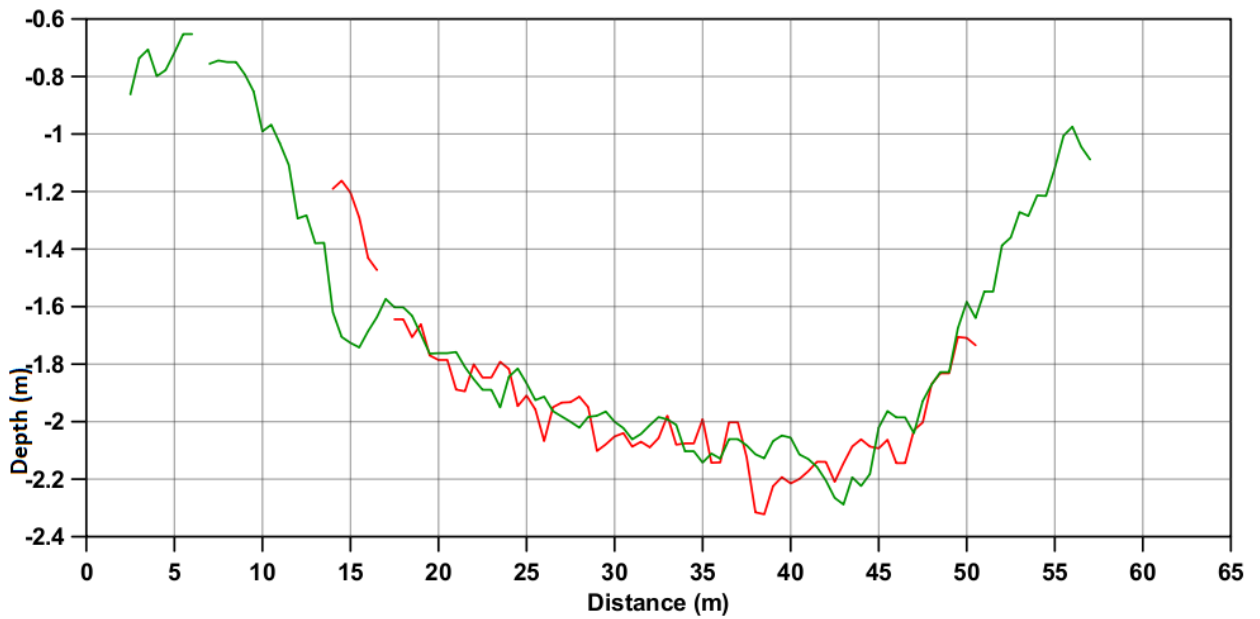


Joonis 10. Sügavuste erinevuse profiil 2011-2012: värvid vastavalt roheline ja punane

2012. aasta kevadest kuni sügisel tehtud mõõdistusteni ei ole väga drastilisi järvepõhja muutusi näha, kuigi võib märgata, et setteid liigub laevateele juurde (Joonis 11). Seda võib kindlasti põhjustada ka see, et kevadeti on Peipsi Järves veetase kõrgem, seetõttu ei tasuks kevadel ja sügisel võrreldud mõõdistusi järgnevates uuringutes kasutada. Poole aastaga on näha setete juurdevoolu kanali kriitilises kohas kuni 0.8 meetrit (Joonis 12).



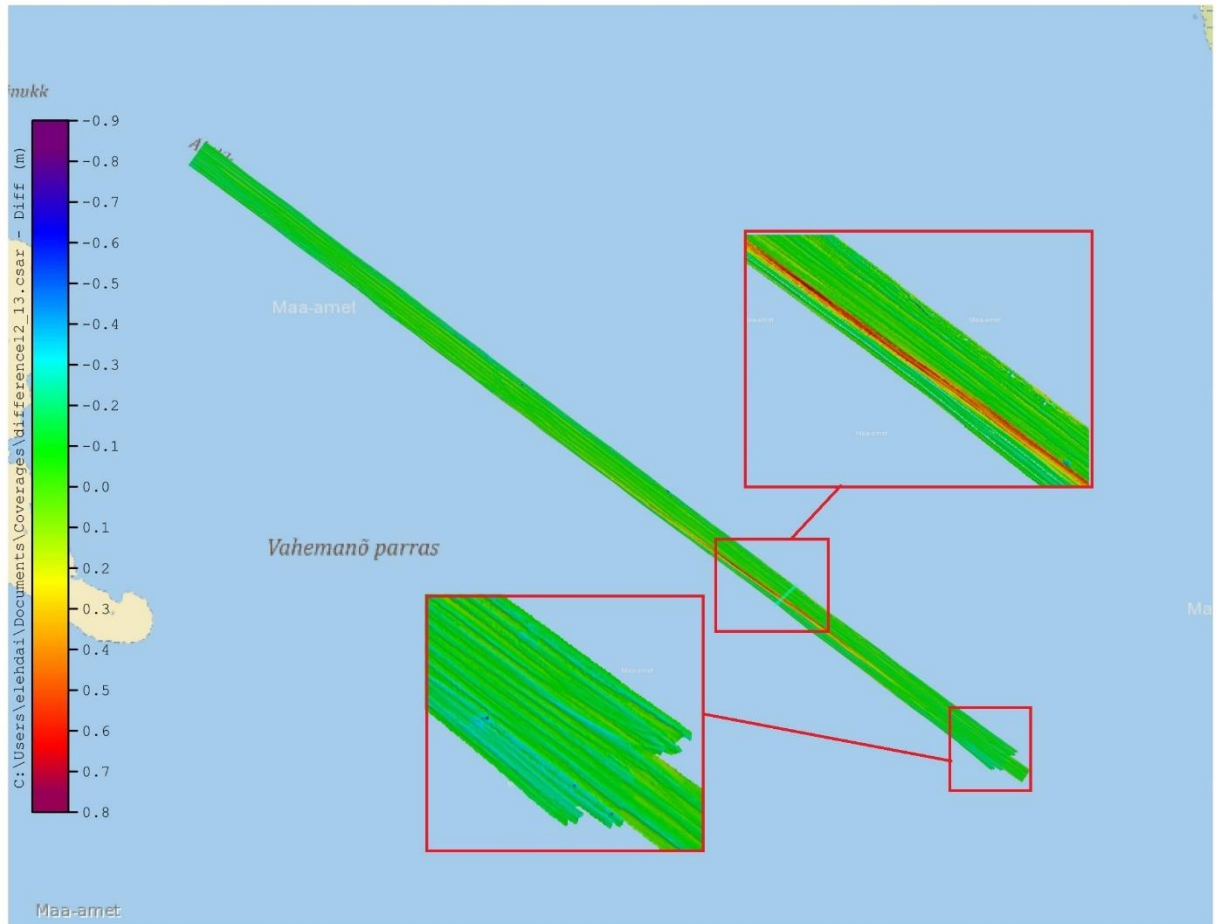
Joonis 11. Sügavuste erinevus 2012-2013 sügis



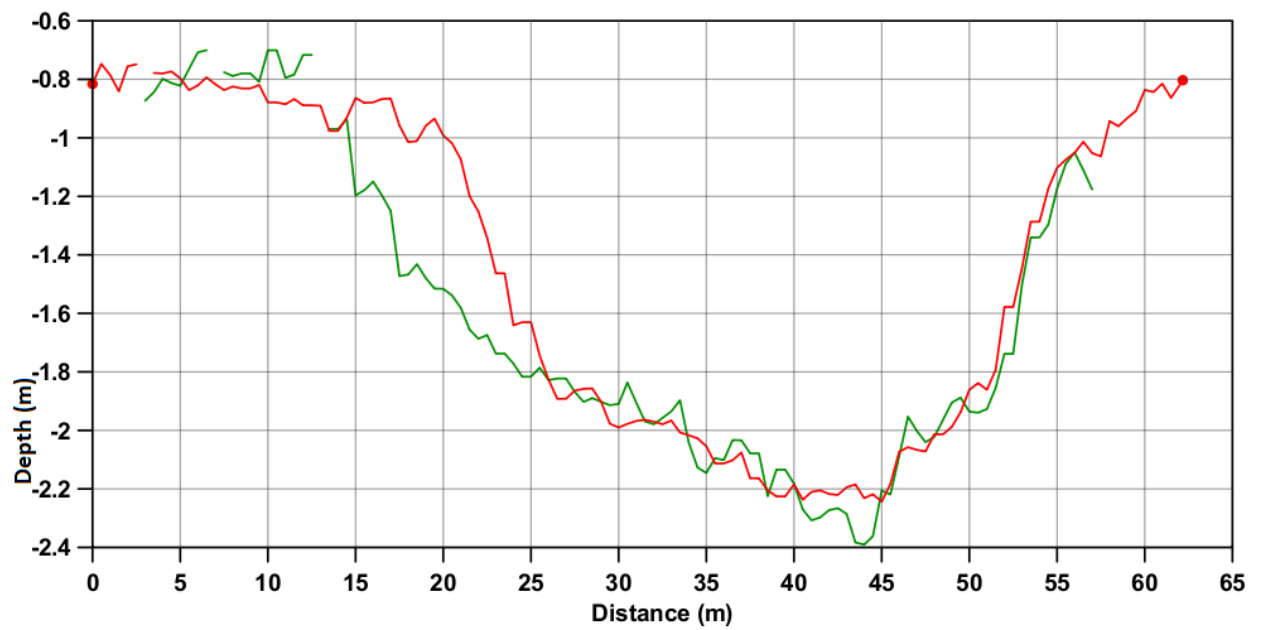
Joonis 12. Sügavuste erinevuse profiil 2012-2012 sügis: värvid vastavalt roheline ja punane

3.4 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2012-2013

Võrreldes 2012. ja 2013. aastat ei ole kanalisse nii palju setteid juurde tulnud kui 2011-2012 aastal. Antud ajavahemikus ei ole kanali keskpäigas setete liikumist peaaegu üldse näha. Küll aga on märkimisväärne see, et sel aastal on näha laevatee lõpus väikest setete äravoolu (Joonis 13). Samas on näha see sama kriitiline koht, kuhu on setteid ka sel aastal juurde tulnud, millest on tehtud profiil (Joonis 14).



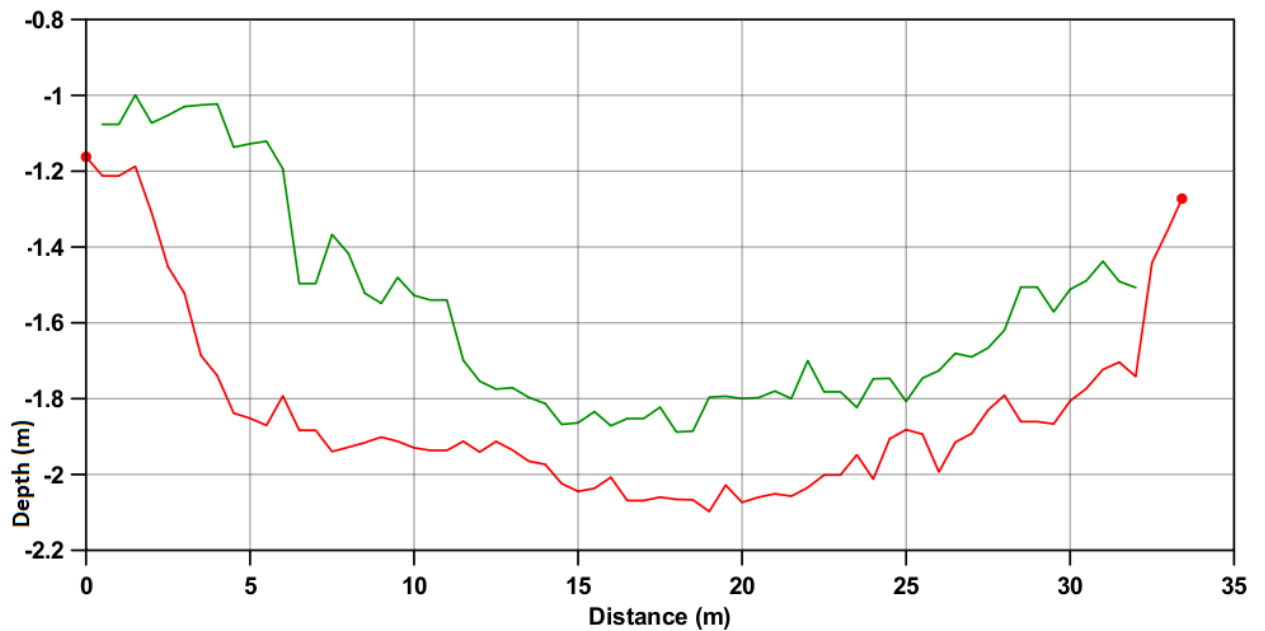
Joonis 13. Sügavuste erinevine 2012-2013



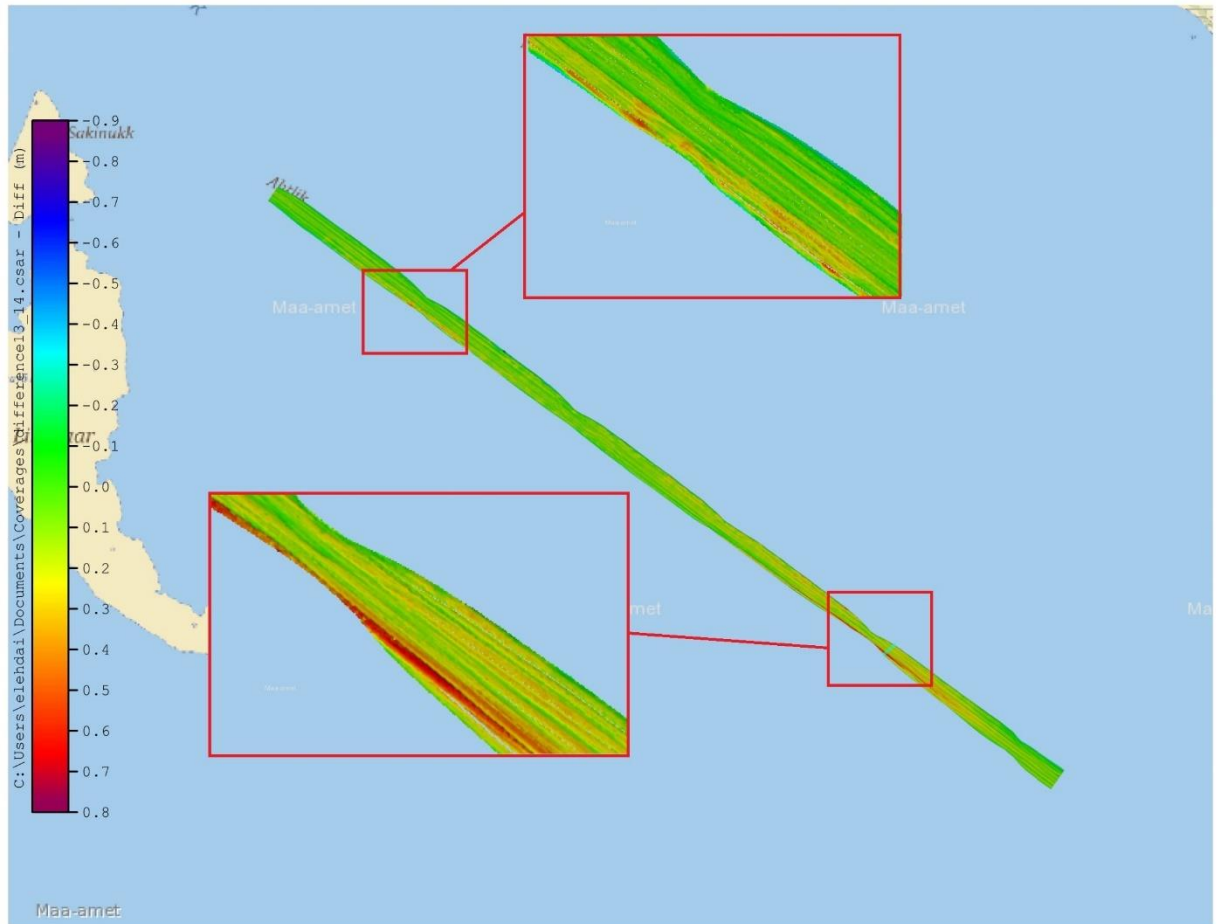
Joonis 14. Sügavuste erinevuse profiil 2012-2013: värvid vastavalt roheline ja punane

3.5 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2013-2014

Ka nende aastate võrdluses paistab silma Eesti Värava kanali alumises osas piirkond, kuhu setteid kuhjub ja millest on tehtud ka profiil (Joonis 15). Üldises pildis on näha, et setete juurdevool kanalisse on kuni 0.8 meetrit ning enamus setteid kuhjub kanali lõunapoolsesse serva (Joonis 16).

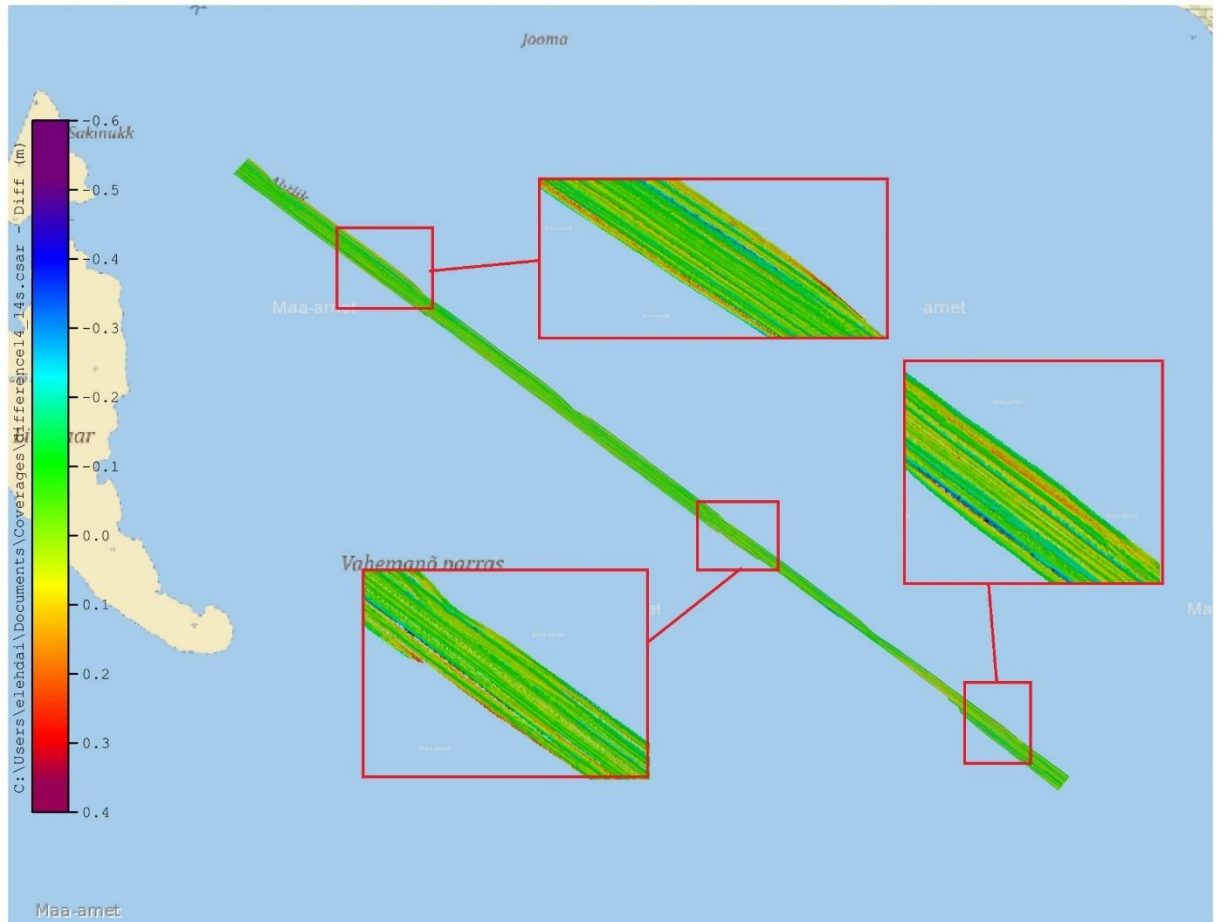


Joonis 15. Sügavuste erinevuse profiil 2013-2014: värvid vastavalt punane ja roheline



Joonis 16. Sügavuste erinevused 2013-2014

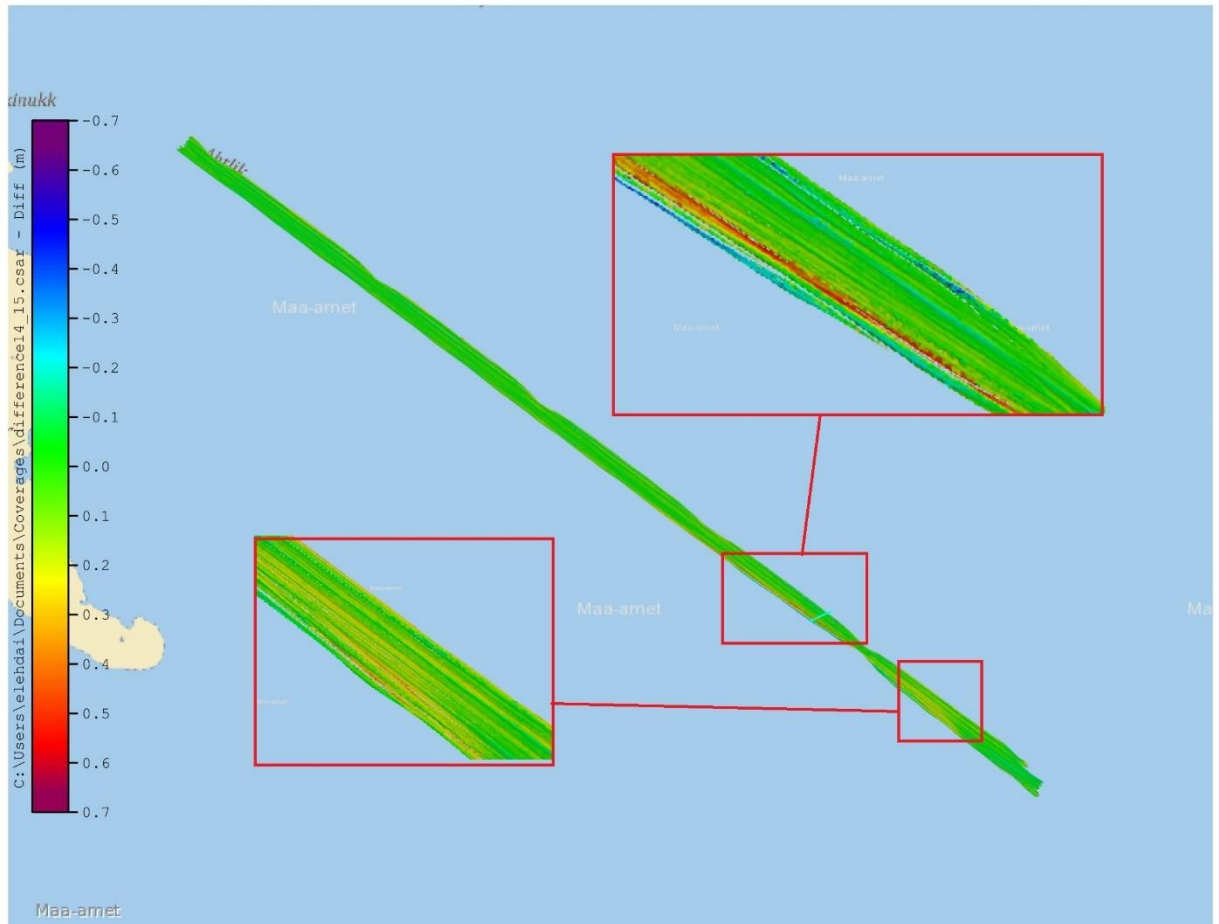
Ka 2014. aastal tehti mõõdistusi nii kevadel kui sügisel. Kui võrrelda 2014. aasta kevade mõõdistusi sügisel saadud andmetega, on näha, et setteid on ühtlaselt juurde tekkinud, erilisi suuri muutusi ei ole (Joonis 17).



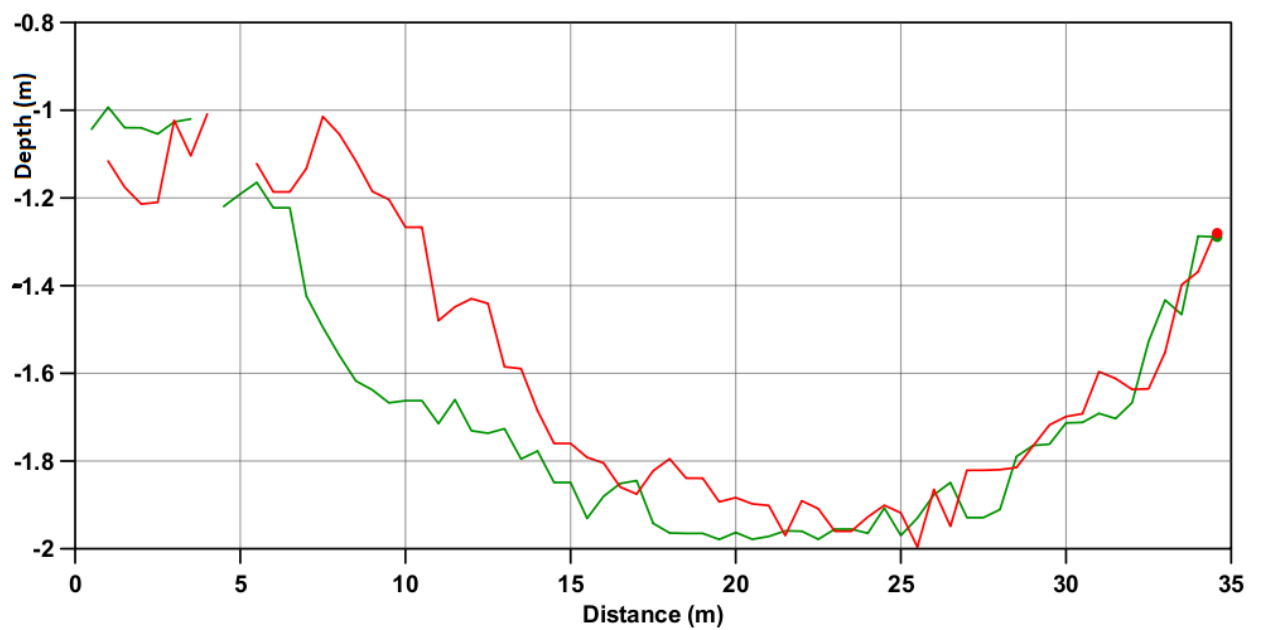
Joonis 17. Sügavuste erinevus 2014-2014 sügis

3.6 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2014-2015

Antud aastate võrdluses suuri erinevusi ei esine. Üldisel laevateel ei ole setete väga suurt liikumist (Joonis 18) ja kuhjumine toimub samas kohas, kus eelnevad aastad ning sellest piirkonnast on tehtud ka profiil (Joonis 19).



Joonis 18. Sügavuste erinevus 2014-2015



Joonis 19. Sügavuste erinevuse profiil 2014-2015: värvid vastavalt roheline ja punane

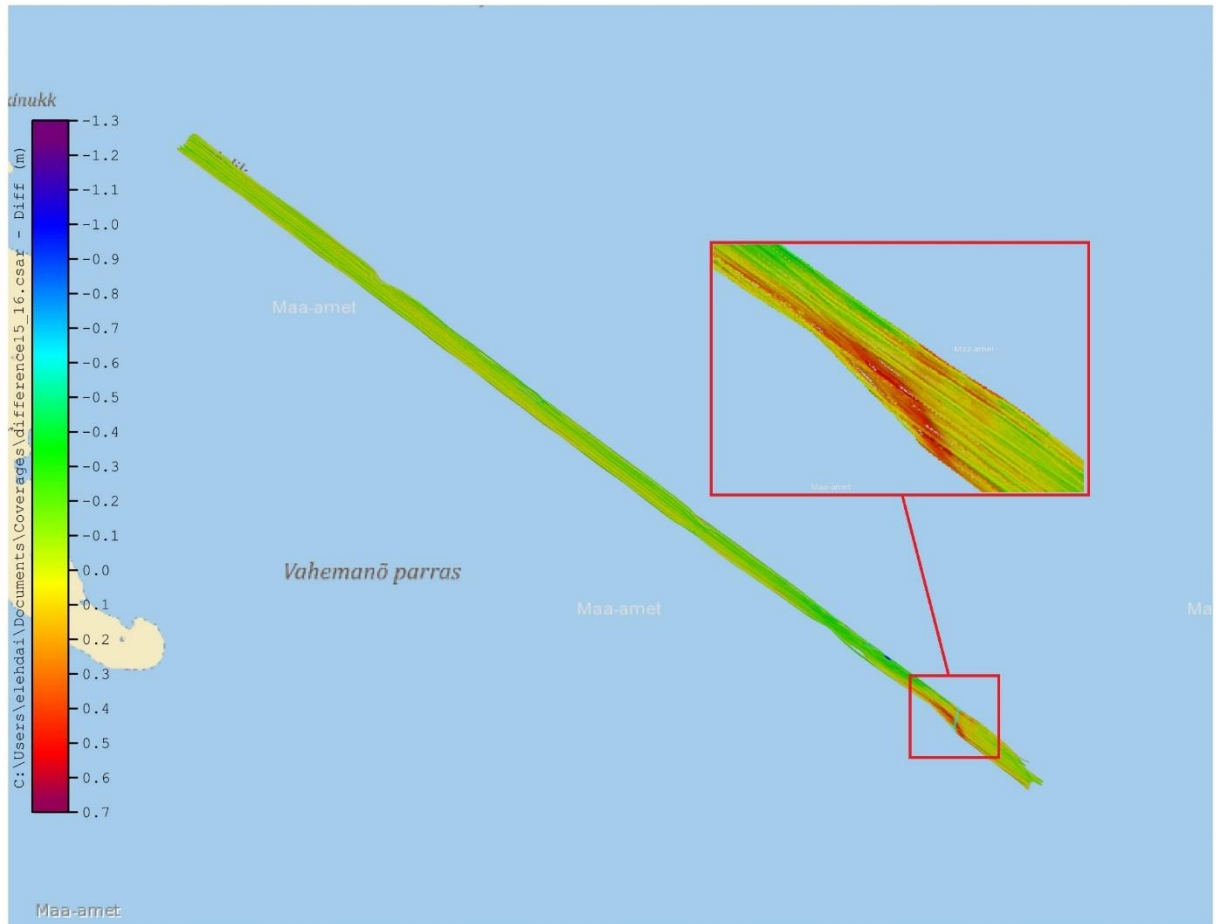
2015. aasta kevadel tehtud mõõdistustel ei ole erilist erinevust sügisel tehtud töödest. Setete liikumine on minimaalne, 0.1 meetrit kuhjunud või ära voolanud. Rohkem on näha kuhjumist kanali lõpus ja lõunapoolses servas (Joonis 20).



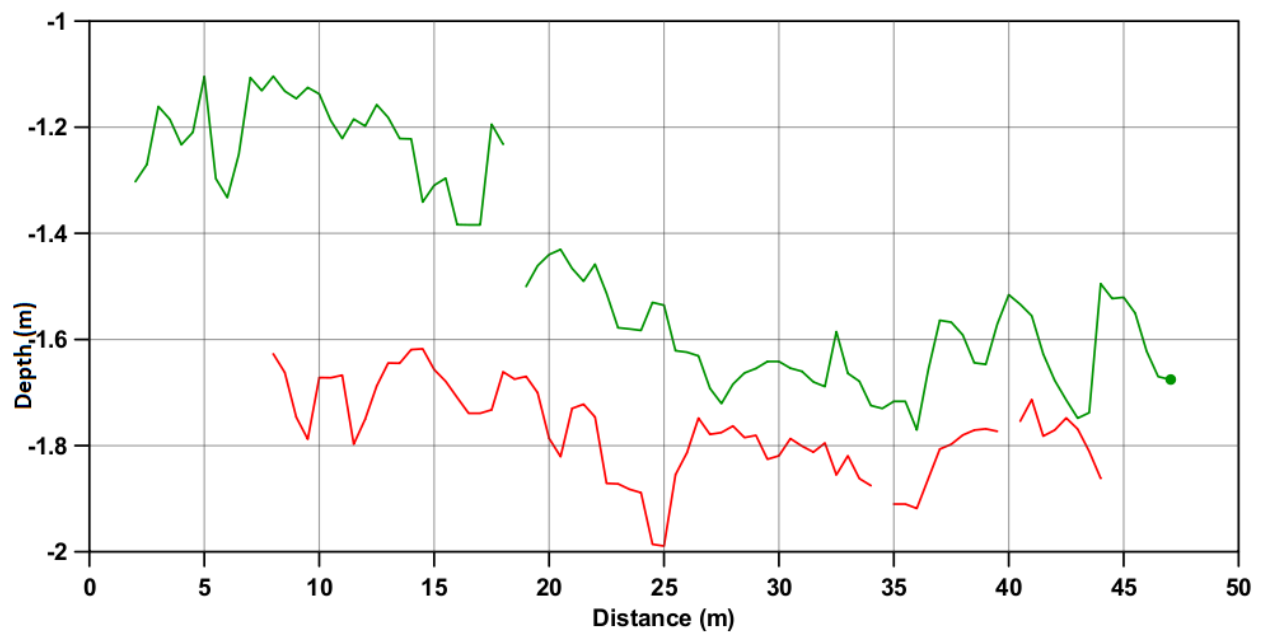
Joonis 20. Sügavuste erinevus 2015-2015 sügis

3.7 Erinevused põhjaprofilis aastatel 2015-2016

Analüüsi tulemusena on antud ajavahemik sarnane eelmistele. Kanali ulatuses on setete liikumine 0.1-0.2 meetrit sisse või välja (Joonis 21). Ja eelnevalt mainitud kriitilises kohas on setteid ka selle aastaga juurde tulnud, mida on näha ka koostatud profiilil (Joonis 22).



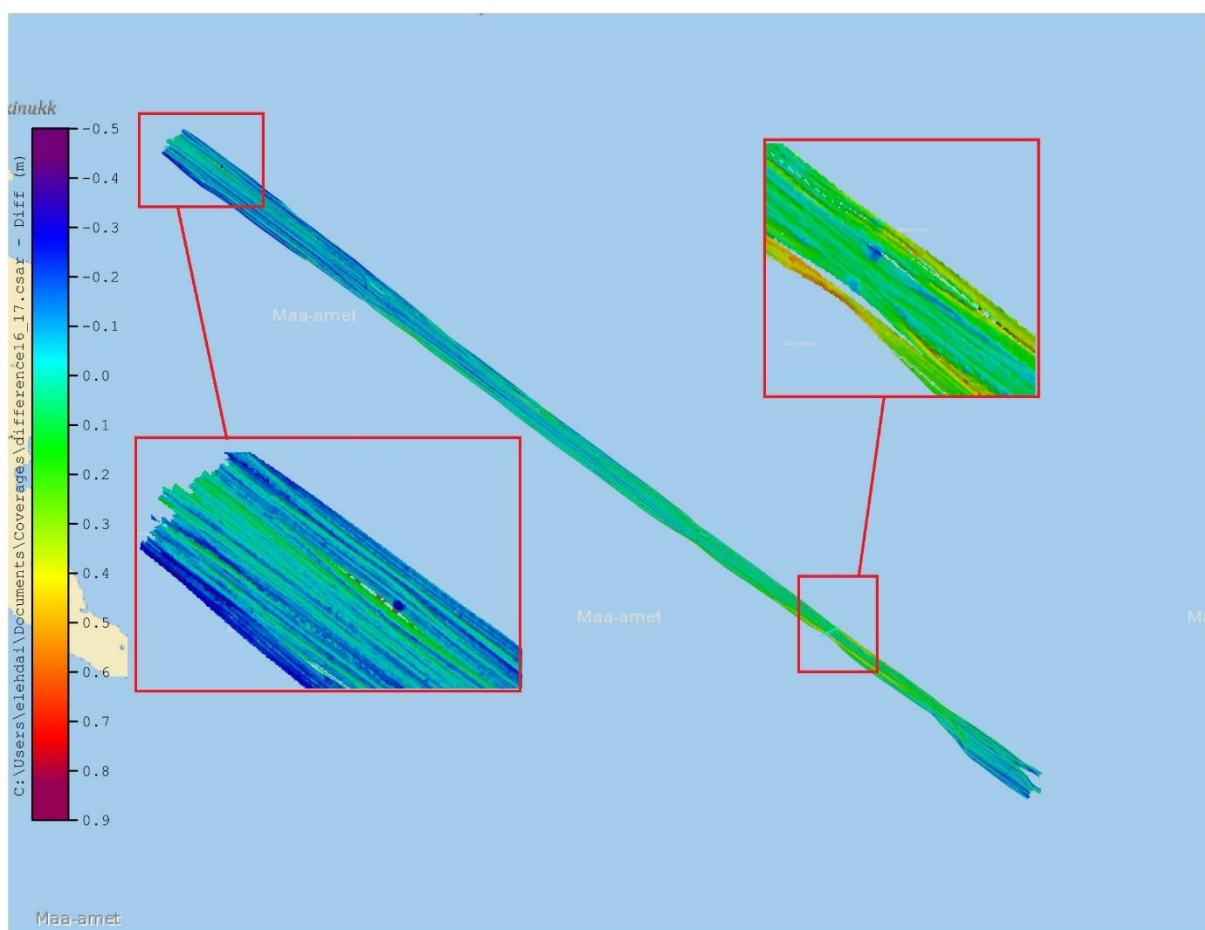
Joonis 21. Sügavuste erinevine 2015-2016



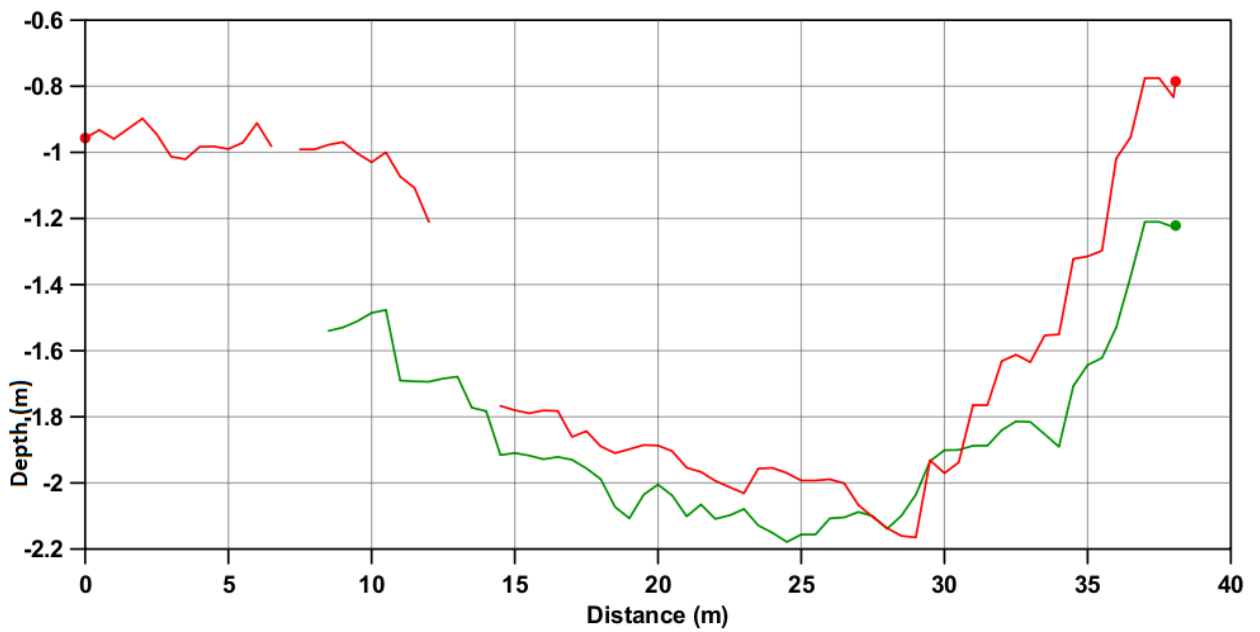
Joonis 22. Sügavuste erinevuse profiil 2015-2016: värvid vastavalt punane ja roheline

3.8 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2016-2017

Antud ajavahemikus tehtud mõõdistused kattuvad samuti eelmistega – setteid liigub laevateel vahemikus 0.1-0.3 meetrit, mõnes kohas kuhjub, mõnes taandub. Nende aastate võrdluses paistab eriti silma laevatee alguses setete äravool (Joonis 23). Koht, kus iga aasta kuhjub rohkem setteid, on ka sel aastal suurem juurdevool, selle kohta on tehtud ka profiil (Joonis 24).



Joonis 23. Sügavuste erinevus 2016-2017



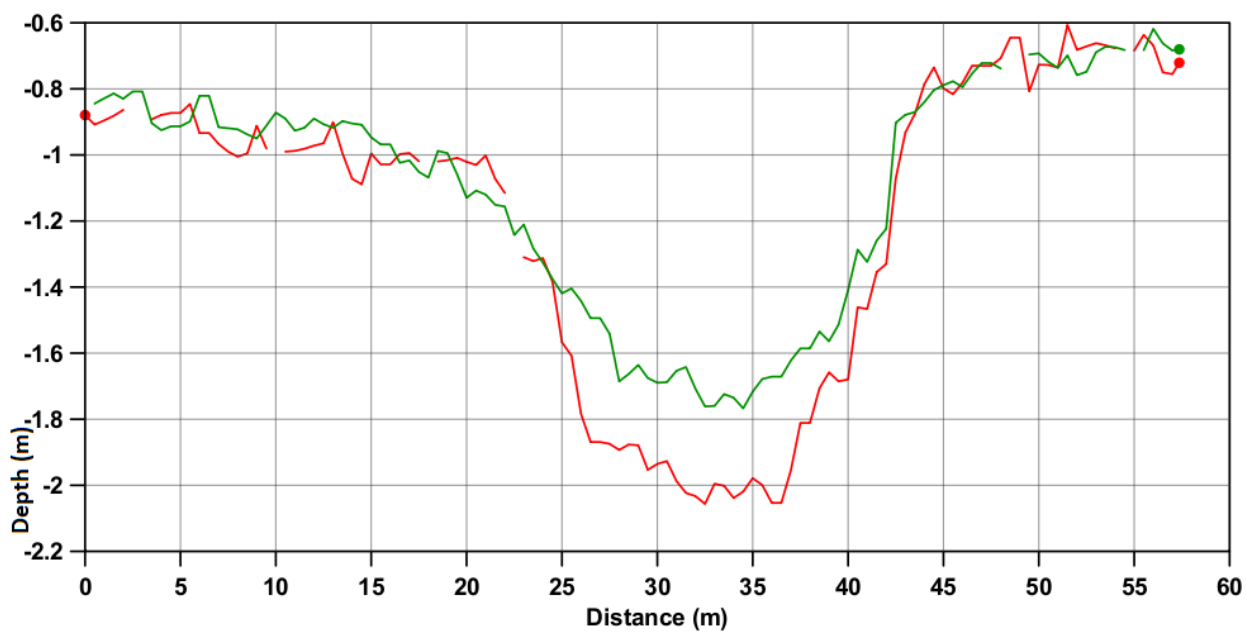
Joonis 24. Sügavuste erinevuse profiil 2016-2017: värvid vastavalt roheline ja punane

3.9 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2017-2018

Drastilisi muutusi pole näha ka järgnevatel aastatel. Kanalis püsib setete liikumine sarnaselt eelmistele mõõdistustele (Joonis 25). Profiil on jällegi tehtud kohast, kus aastast kuhjub kõige rohkem setteid (Joonis 26).



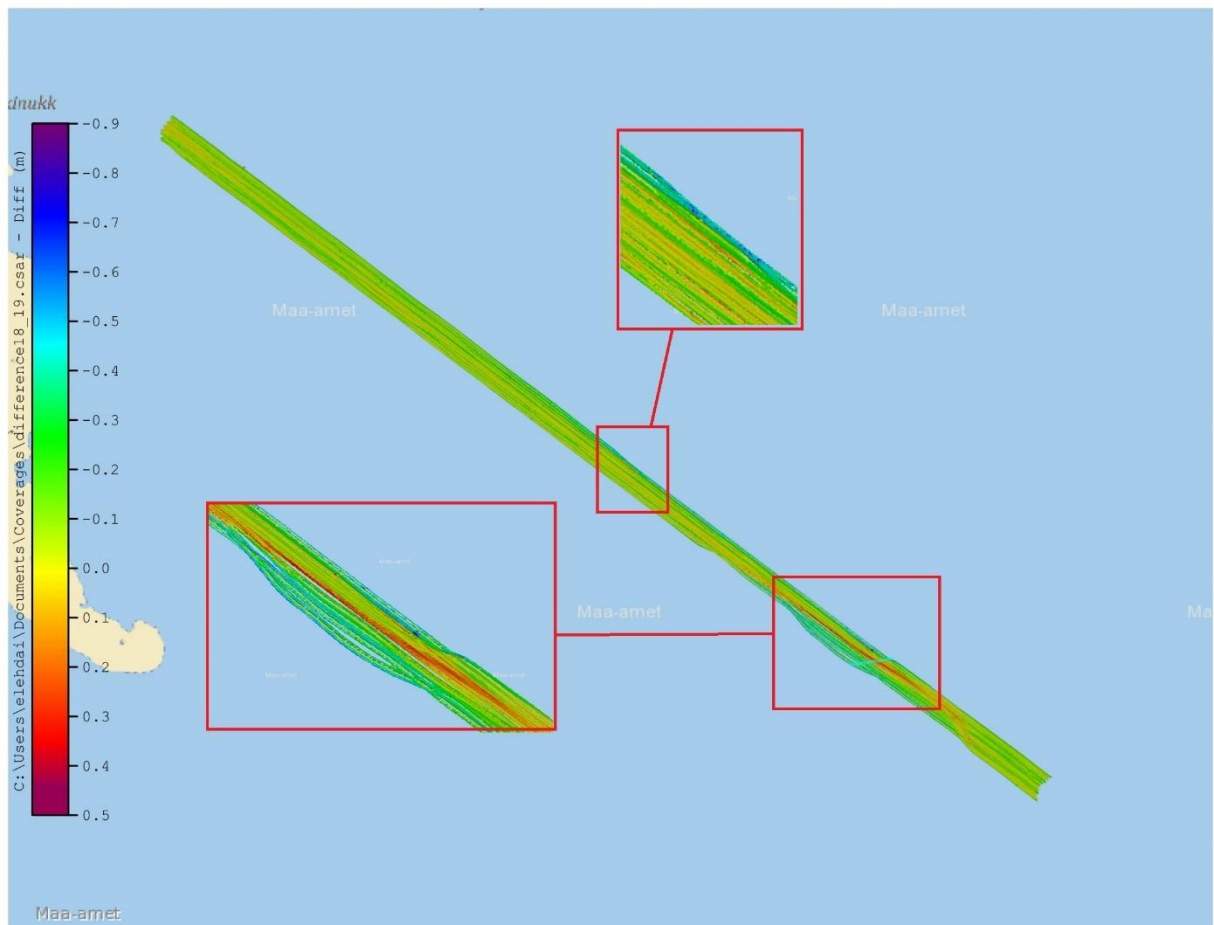
Joonis 25. Sügavuste erinevus 2017-2018



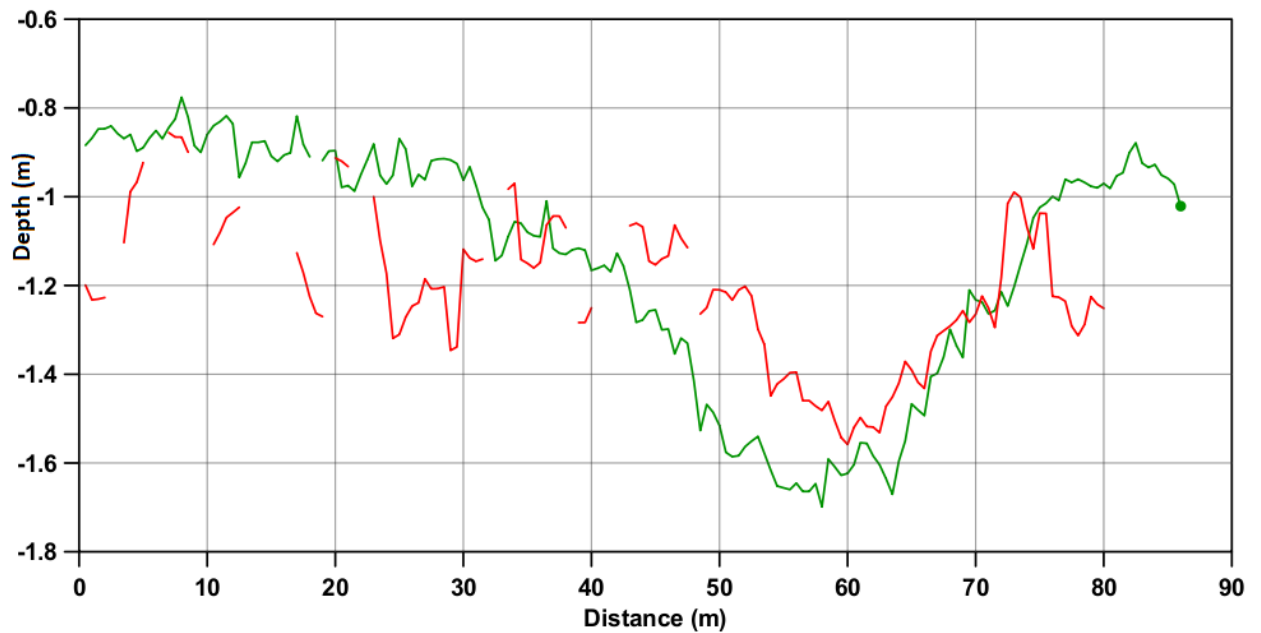
Joonis 26. Sügavuste erinevuse profiil 2017-2018: värvid vastavalt punane ja roheline

3.10 Erinevused põhjaprofilis aastatel 2018-2019

Viimaste aastate võrdluses on näha, et setted liiguvad järjekordselt nii nagu varasematel aastatel (Joonis 27). Küll aga on näha erinevust kanali kriitilises piirkonnas. Kui muidu on iga aasta sinna setteid juurde kuhjunud, siis vaadetavatel aastatel on sealt äärealadel setted vähemaks jäänud ning kanali ääred on muutunud kuni 0.5 meetri võrra sügavamaks. Sellegi poolest on seal toimunud ka kuhjumine. Antud piirkonnast on tehtud ka profiil (Joonis 28).



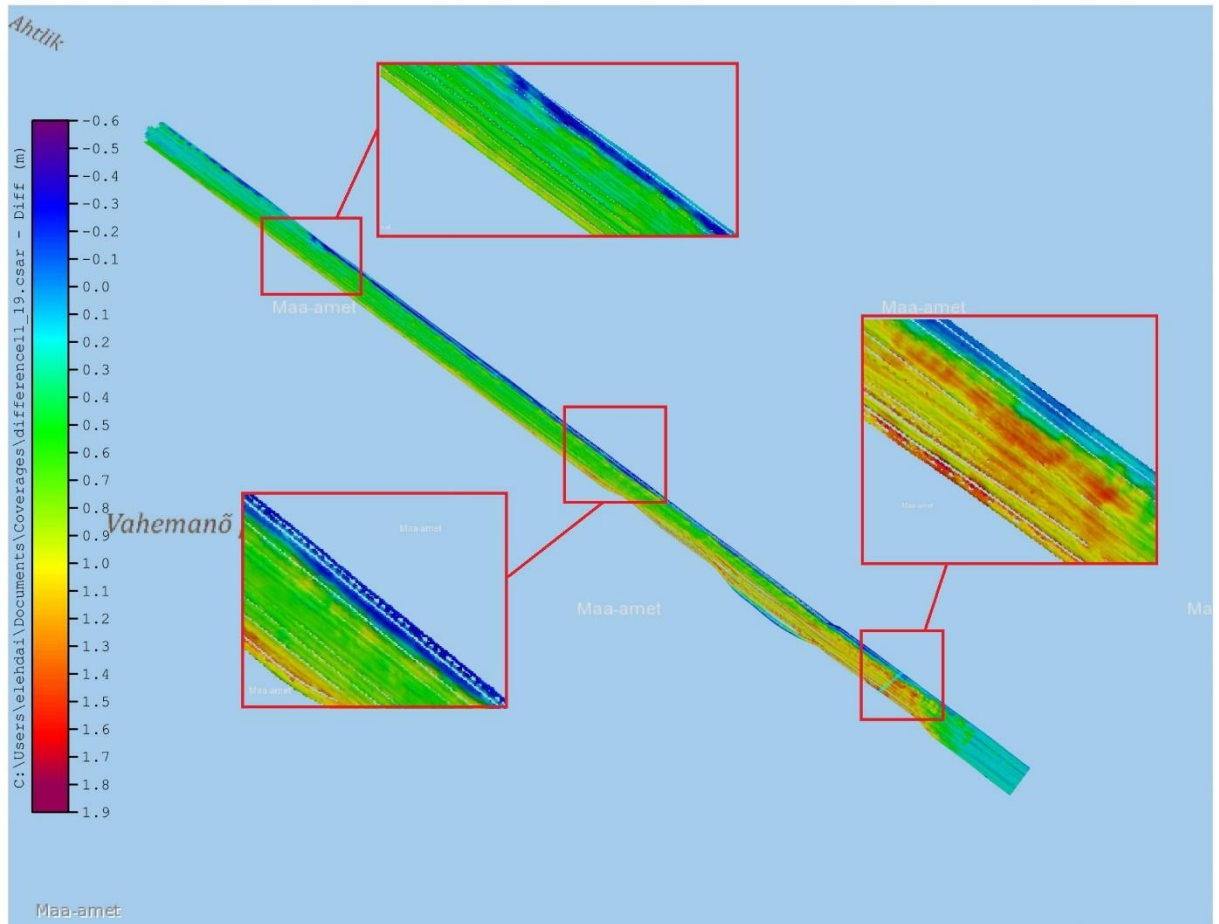
Joonis 27. Sügavuste erinevused 2018-2019



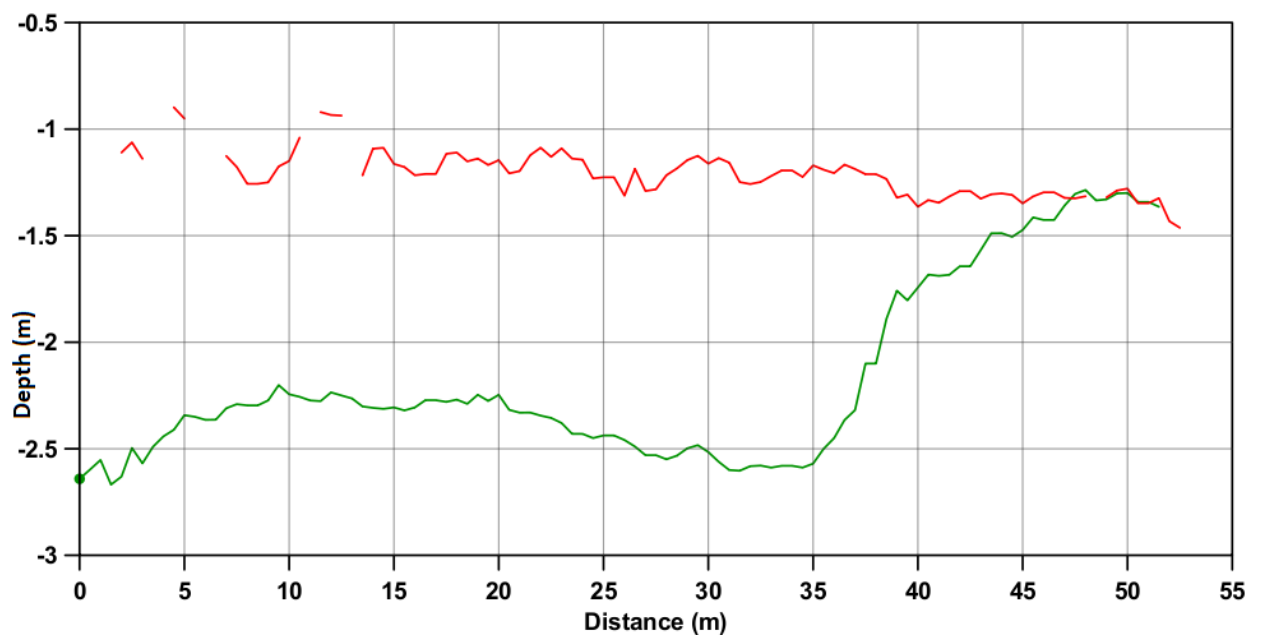
Joonis 28. Sügavuste erinevuse profiil 2018-2019: värvid vastavalt roheline ja punane

3.11 Erinevused põhjaprofiilis aastatel 2011-2019

Võrreldes Eesti Värava kanalit olemasolevate mõõdistusandmete järgi, on näha, et setteid liigub kanalis üsna palju, toimub nii setete sissekanne kui ka väljakanne. Selgub, et pigem kuhjuvad setted laevatee külgedele, mistõttu muutub erinevate laevadega läbipääsemine raskemaks, kuna kanal muutub kitsamaks. Kanali alguses ja lõpus erilisi kuhjumisi antud ajavahemikus ei ole toimunud. Analüüsi käigu selgus ka see, et setted kuhjuvad kanali lõunapoolsesse serva ning põhjapoolses ääres setted pigem liiguvad ära. Tulemust iseloomustab hästi ka pilt ja profiil, kus on võrreldud aastaid 2011-2019 (Joonis 29 ja Joonis 30).

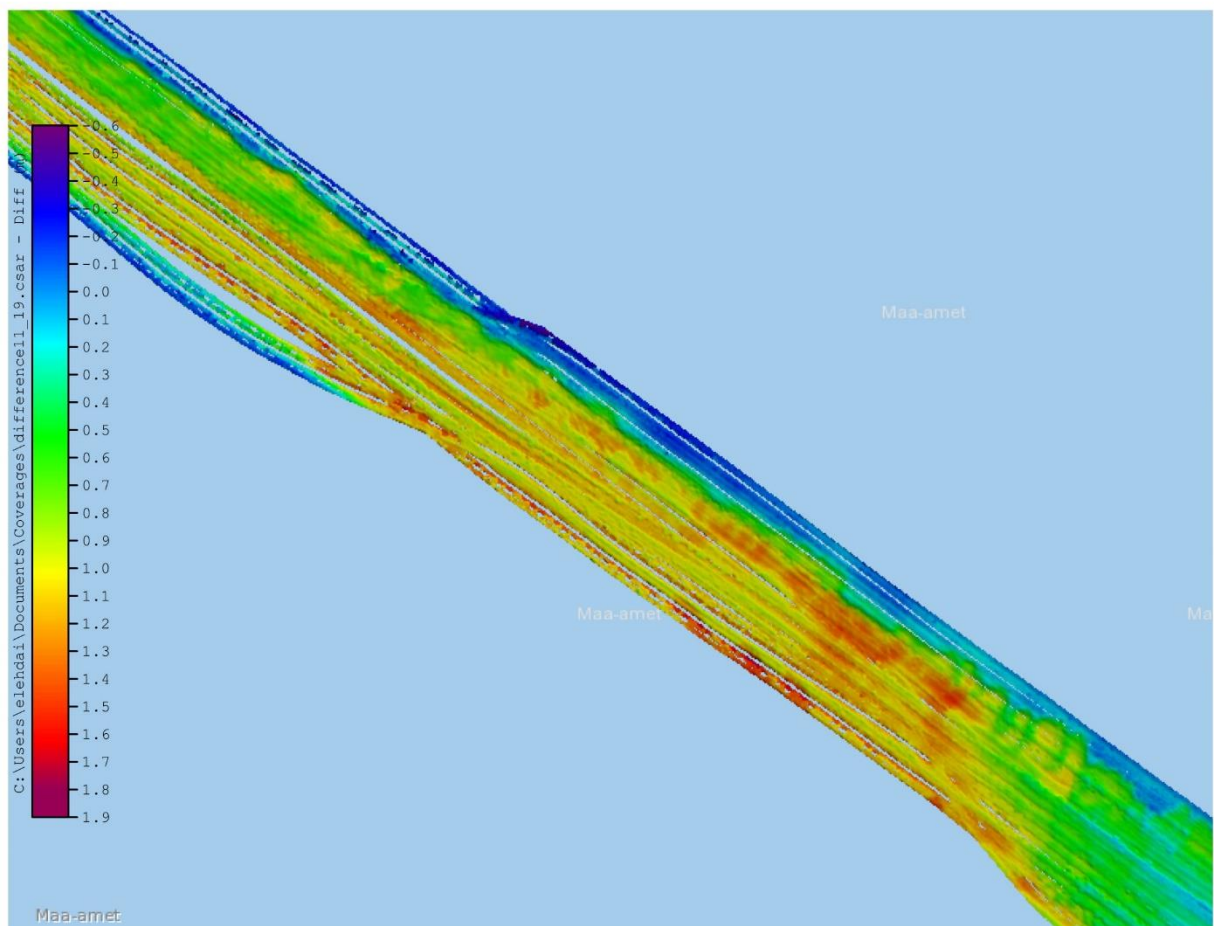


Joonis 29. Sügavuste erinevus 2011-2019



Joonis 30. Sügavuste erinevuse profiil 2011-2019: värvid vastavalt roheline ja punane

Kuna andmete analüüsi tulemusena selgus, et Eesti Värava kanal on jäänud madalamaks, mõne koha pealt isegi kuni 1.9 meetrit, ei ole laevatee täies ulatuses läbitav (Joonis 31). Peamised setete kuhjumised on toimunud kanali lõunapoolsemas ääres. Selle tõttu ei ole varsti enam Piirissaarele ligipääsu ning võimatu on arendada laevaliiklust Tartu-Pihkva vahel. Ilma süvenduseta võib kanali läbimine muutuda ohtlikuks ka kohalikele, kes liiguvad oma kalalaevade või kaatritega. Kuna mõnel aastal võib järvepõhja madalaim koht olla ainult 0.7 meetrit, ei saa laevad, mille süvis on suurem, kanalit läbida. Ühendus Peipsi ja Lämmijärve vahel võib katkeda. Viimased süvendustööd toimusid 2008. aastal, kui kanal uue asukoha sai, millest on laevatee sügavus väga palju vähenenud. Võttes aluseks saadud tulemused, võib järeldada, et setete kuhjumine jätkub ka järgnevatel aastatel, ning varsti on kanal nii kitsas, et ükski laev sealt läbi ei pääse. Vajalik oleks laevatee süvendamine, et antud piirkond püsiks jätkusuutlikuna.



Joonis 31. Eesti Värava kriitiline piirkond

Kokkuvõte

Antud lõputöö eesmärk oli analüüsida Eesti Värava kanali profiili muutumist aastatel 2001-2019. Selle täitmiseks saadi Veeteede Ametist mõõdistusandmed laevatee kohta, mida omavahel võrreldi.

Eesmärgi täitmiseks kasutas autor iseseisvalt andmetöötlustarkvara Teledyne CARIS BASE Editor 5.3. Antud programmiga saadi ülevaade andmetest erinevatel aastatel, millest moodustati erinevuste kihid ning profiilid, mille analüüsi käigus leiti batümeetrilisi muutusi järvepõhjas. Uuriti veel erialast kirjandust, näiteks keskkonnamõjude hindamist Eesti Värava kohta.

Lõputöös kirjeldati antud veeala – olemasolevate andmete kirjeldus koos mõõdistuslaevade iseloomustusega, asukoht, vajalikkus, laevaliiklus, järvepõhja geoloogiline kirjeldus. Lisaks kirjeldati üksikasjalikult, millega ja kuidas andmeid analüüsiti. See kõik oli abiks eesmärgini jõudmisel.

Töö on vajalik ja aktuaalne, sest kanali olemasoluga ei oleks ühendust Peipsi järve ja Lämmijärve vahel. Läbi Eesti Värava kanali toimub liiklus Piirissaarele. Kui laevatee muutub läbimatuks, ei ole sealsetel elanikel võimalik mandrile liikuda. Samuti, kui kanal oleks piisavalt sügav, saaks toimuda liiklus Tartu-Pihkva vahet, mis tooks kasu nii kohalikele kui ka riigile.

Lõputöös kasutatud programmi abiga jõuti selgusele, et Eesti Värava laevatee sügavus on aastate jooksul üsna palju muutunud. Mõnes piirkonnas on sügavus isegi 1.9 meetri võrra madalamaks jäänud. Autor jõuab seisukohani, et kanal vajaks süvendamist, et olukord veel halvemaks ei muutuks ja Piirissaare elanikud oma kodudesse lõksu ei jääks. Kuna mõnel aastal on järvepõhja sügavus ainult 0.7 meetrit, ei saa kõik laevad kanalit läbida, sest peamiselt on Eesti Värava laevateed läbivate aluste süvis 0.7-1.5 meetrit.

Antud töö on hea sissejuhatus järgnevateks uuringuteks. Üheks uuringuks võiks olla süvenduste rahaline maksumus ning kas turism tooks piisavalt raha, et süvendamine ära tasuks.

Summary

Eesti Värav fairway bathymetry changes in 2001-2019

The purpose of this thesis was to analyze the Eesti Värav fairway bathymetry changes in 2001-2019. For this the author collected survey data from the Estonian Maritime Administration and analysed them.

To achieve the goal of this graduation thesis, the author used a data analysis software called Teledyne CARIS BASE Editor 5.3. This program helped getting an overview of the volumes of data in different years. With this program it is possible to create visual surfaces and profiles. The author found out that we can find quite a lot of bathymetric changes in lake depths. The main goal of this thesis was achieved by completing the following:

- Description of the water area – also an overview about existing data.
- Description of the general location.
- The need for a fairway.
- A geological description of Eesti Värav.
- Software description and data analysis.

This graduation thesis is necessary and topical because there would be no connection between Peipsi and Lämmijärv if the channel were not deep enough. People who live in Piirissaare could not leave the island without the Eesti Värav channel. If the fairway is deep enough, it would create the possibility of restoring the Tartu-Pihkva shipping connection.

As a result of the final thesis, the author found out that depth of Eesti Värav channel has changed quite a lot. At the most critical places, the channel depth is 1.9 meters lower. It is necessary to deepen the channel so that people living in Piirissaare could leave the island.

This thesis is a good input for next researches in the future.

Viidatud allikad

AHIS – Avalik hüdrograafia infosüsteem

<https://his.vta.ee:8443/HIS/Avalik?REQUEST=Main&WIDTH=1280&HEIGHT=578>

(15.04.2020)

Järvik, A. (2006) Eesti Värava ja Praaga kanalite süvendamise keskkonnamõju hindamine. Tallinn : TÜ Eesti Mereinstituut

Kell, K. (2017). Piirisaar kahe maailma piiril. – *National Geographic*.

<https://www.nationalgeographic.ee/uudised/2017/08/22/piirisaar-kahe-maailma-piiril>

(15.04.2020)

Kaselo, H. (2017). Henri Kaselo: Eesti oma Veneetsia.

<http://blogid.sotsid.ee/tartu/henri-kaselo-eesti-oma-veneetsia/> (15.04.2020)

Maripuu, M. (2019) Pikaajaline batümeetriline muutlikus Kihnu Veeteel : Lõputöö. Tallinna Tehnikaülikool : Tallinn

Puhka Eestis (2018). Saar kahe järve piiril.

<https://www.puhkaeestis.ee/et/puhka-eestis/piirisaar-%E2%88%92-saar-kahe-jarve-piiril>

(15.04.2020)

Rebane, T. (2015) Süvendustööde ja – tehnika vajadus Eesti sisevetel : magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool : Tallinn

Reinpõld, T. (2014). Linnapea pakub Pihkva kubernerile laevühenduse taastamist.

<https://www.vooremaa.ee/mustvee-linnapea-pakub-pihkva-kubernerile-laevauhenduse-taastamist/> (15.04.2020)

Teledynecaris (2020). – *Bathy DataBase Suite*.

<https://www.teledynecaris.com/en/products/bathy-database/> (28.04.2020)

Unique Group (2017). – *CARIS BASE Editor*.

<https://www.uniquegroup.com/item/2430/TeledyneCARISMarineGeospatialSolutions/CARIS-BASE-Editor.html> (21.05.2020)

Lisa 1 Mõõdistuslaeva andmed

Nr.	Mõõteala	Mõõdistuslaev	Gürokompass ja kõikumise mõõtja	GPS	Sonari tüüp, kiirte arv	MRU mudel
1.	eestivarav	EVA 321	IXSEA OCTANS gyro, IXSEA OCTANS HRP	Ashtech Z-surveyor RTK GPS	AHERO 4-kanaliline kajalood	
2.	eestivarav2002	EVA 321	IXSEA OCTANS gyro, IXSEA OCTANS HRP	Ashtech Z-surveyor RTK GPS	AHERO 4-kanaliline kajalood	
3.	e_varav_2006	AMA 080	IXSEA OCTANS gyro			
4.	eesti_varav_2007	EVA 301	IXSEA OCTANS gyro, IXSEA OCTANS HRP	Ashtech Z-surveyor RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	
5.	ev_08	AMA 080	IXSEA OCTANS gyro			
6.	eestivarav_2011	EVA 301	IXSEA OCTANS gyro, IXSEA OCTANS HRP	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	
7.	eestivr2012	EVA 301	IXSEA OCTANS gyro, IXSEA OCTANS HRP	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	
8.	e_varav2012syg	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompass	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP
9.	eestivr_2013	EVA 301	IXSEA OCTANS gyro, IXSEA OCTANS HRP	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	
10.	eestivarav_2014	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompass	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP

Nr.	Mõõteala	Mõõdistuslaev	Gürokompas ja kõikumise mõõtja	GPS	Sonari tüüp, kiirte arv	MRU mudel
11.	eestivarav_2014syg	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompas	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP
12.	eestivr_2015	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompas	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP
13.	eestivr_2015_sugis	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompas	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP
14.	eestivr_2016	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompas	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP
15.	eestivr_2017	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompas	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP
16.	eestivr_2018	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompas	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP
17.	eestivr_2019	EVA 301	JRC JLR-21 GPS Gyrokompas	Topcon NET-G3 RTK GPS	AHERO kiirtelehvik , 58 kanalit	SEATEX MRU-5 HRP