

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Eesti Mereakadeemia

Merenduskeskus

Veeteede haldamine ja ohutuse korraldamine

Raigo Saarkoppel

**RUKKI KANALI MERE PÕHJA DÜNAAMIKA PERIOODIL
1999-2017**

Lõputöö

Juhendaja: dotsent Inga Zaitseva-Pärnaste
hüdrograafiaosakonna juhataja Peeter Väling

Tallinn 2018

SISUKORD

SISUKORD	2
SÕNASTIK	4
ABSTRAKT	5
SISSEJUHATUS	6
1. ÜLEVAADE ALAST JA UURITAVA VEEALA KIRJELDUS.....	8
1.1. Rukkirahu.....	8
1.2. Uuritava veeala kirjeldus	8
1.3. Merepõhja geoloogiline kirjeldus	10
1.4. Merepõhja geoloogiline ehitus.....	11
1.5. Veeteede Amet.....	12
2. PROBLEMAATIKA	14
2.1. Süvendustööd.....	15
2.1.1. Süvendustööd 1999	15
2.1.2. Süvendustööd 2001	16
2.1.3. Süvendustööd 2014	18
2.1.4. Traalimistööd 2016.....	20
2.2. Laevaliikluse ülevaade.....	22
3. ANDMEBAASIDE ANALÜÜS	24
3.1 Fledermaus.....	24
3.2 Ristlõike ajaline muutlikkus 1999-2016.....	26
3.3 Ristlõike ajaline muutlikkus 2017	27
4. Andmemahatude tulemus	30
KOKKUVÕTE.....	32
SUMMARY	34

The dynamics of Rukki channel seabed in period 1999-2017.....	34
Raigo Saarkoppel.....	34
VIIDATUD ALLIKAD.....	36
LISAD	38
Lisa 1 Analüüsid andmete andmereal.....	38
Lisa 2 Analüüsitud andmete koondtabel	39
Lisa 3 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 1999-2016 ida osa	40
Lisa 4 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 1999-2016 lääne osa.....	42
Lisa 5 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 2017 ida osa.....	44
Lisa 6 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 2017 lääne osa	47

SÕNASTIK

AIS – Automaatne Identifitseerimise Süsteem / Automatic Identification System

HIS- Hüdrograafia Infosüsteem

HO- Hüdrograafiaosakond

Laevatee – veete osa, mis on veeliikluseks sobivaim ning navigatsiooniteabes avaldatud ja vajaduse korral looduses tähistatud.

VA – Veeteede Amet

ABSTRAKT

Käesoleva lõputöö eesmärk on analüüsida Rukki kanali merepõhja dünaamikat aastatest 1999 kuni aastani 2017. Selleks on kogutud varasemad meremõõdistusandmed Rukki kanalist ning nende andmete mahte on hakatud omavahel võrdlema. Arvestades ilmastikuga sõltuvaid muutusi. Samuti on Rukki kanali merepõhja mõjutanud varasemad süvendused aastatest 1999, 2001 ning 2014. Aastal 2016 teostati aga traalimistöid, kus sooritati saada kanali miinimum sügavuseks vähemalt 5 meetrit. Põhjust, miks antud töö on vajalik ning on ka hetkel aktuaalne, on see et aastast 2016 alates on pidanud praamlaevad ära jätma plaanitud reise, kuna madala veetaseme tõttu, ei ole kanal piisavalt sügav olnud.

Lõpliku tulemusena koostati Rukki kanali meremõõtmistest 1999-2017 aasta kokkuvõtlik andmetabel koos mahtude andmetest koos graafikuga, millel on ära näidatud ka kanali miinimum sügavus iga aasta kohta. Samuti koostati Rukki kanali ida kui ka lääne osa kõige madalamatest kanali osadest ristlõiked, mida saab visuaalselt võrrelda üksteisega. Antud töö Rukki kanalist hea sisend järgmiste tööde uurimuste jaoks.

Võtmesõnad: Veeteede Amet, Rukki kanal, Fledermaus, süvendamine

SISSEJUHATUS

Rukki kanal on hetkel ainuke laevatee osa, mida läbivad kõige sagedamini praamlaevad, et liigelda Heltermaa ja Rohuküla vahelt Hiiumaalt mandrile. Nende laevade vajadustest lähtudes süvendati ka Rukkirahu juures Rohukülla viiv laevatee 5,0 meetri sügavuseks ja 60 meetri laiuseks, niisugust kanalit peeti vähemalt esialgu piisavaks.

Rukki kanali põhi on hakanud iga aastaga aina rohkem täis settima. Kuna Rukki kanalit läbivad enamasti Rohuküla-Heltermaa vahelised praamlaevad mille süvis on 4,0 m, on nad väga sõltuvad hetke vee sügavusest. Madala veetaseme korral võib laevadele tekkida navigatsiooni risk, kus nad võivad oma põhjaga merepõhja riivata või ära lüüa.

Käesoleva lõputöö eesmärk on analüüsida Rukki kanali merepõhja dünaamikat aastatest 1999 kuni aastani 2017. Selleks on kogutud varasemad meremõõdistusandmed Rukki kanalist ning nende andmete mahte on hakatud omavahel võrdlema. Arvestades ilmastikuga sõltuvaid muutusi. Samuti on Rukki kanali merepõhja mõjutanud varasemad süvendused aastatest 1999, 2001 ning 2014. Aastal 2016 teostati aga traalimistööd, kus sooritati saada kanali miinimum sügavuseks vähemalt 5 meetrit.

Põhjust, miks antud töö on vajalik ning on ka hetkel aktuaalne, on see et aastast 2016 alates on pidanud praamlaevad ära jätma plaanitud reise, kuna madala veetaseme tõttu, ei ole kanal piisavalt sügav olnud.

Töö koostamiseks kasutas autor enamasti kahte andmete analüüsimise tarkvara. Nendesks oli QGIS ning Fledermaus. Antud prograamid aitasid autoril saada ülevaade andmete mahtudest erinevatel aastatel, ning saada visuaalne 3D mudel kanalist, kus oleks näha millistes piirkondades on kanalis sügavusega probleeme.

Samal teemal varem kirjutatud töid palju ei ole. Küll aga on mainitud Rukki kanalist nii mõneski artiklis nagu näiteks 2010. aastal Jaan Lutti poolt „Miks Hiiumaa praam kipub merepõhja kinni jääma?“. Lõputöö eesmärgiks oli koondada mõõdistusandmed kokku ning analüüsida neid varasemate aastatega.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks kasutas autor andmete analüüsimise tarkvara Fledermaus. Fledermaus on interaktiivne 4D geo-ruumilise töötlemise ja analüüsi vahend, milles täieliku integreeritud aja viite lisamine, mis võimaldab kasutajatel tegutseda tõelises ruumis, ajakeskkonnas, andmetöötluse efektiivsuse, kvaliteedikontrolli täpsuse, andmeanalüüsi täielikkuse ja projekti integreerimise lisandväärtust, mis edendab selget suhtlemist. Fledermause ulatuslik funktsioon võimaldab selle kasutamist paljudel projekti faasidel planeerimisest, töötlemisest ja kvaliteedikontrollist, kuni piltide, krundide ja animatsioonide analüüsimiseni ja tootmiseni (Fledermaus 2018).

Käesolev töö koosneb neljast peatükist. Esimeses peatükis on toodud ülevaade alast ja uuritava veeala kirjeldus ning on uuritud merepõhja geoloogilist ehitust. Teine peatükk selgitab probleematikat, mis esineb Rukki kanalis ning samuti kirjeldab kanalis tehtud süvudnustöödest ja laevaliikluse ülevaatest. Kolmas peatükk kirjeldab andmebaaside analüüsi. Neljas peatükk toob kokkuvõtte lõputöö tulemusena mahuandmetest ja kanali sügavusest.

Teema sai valitud autori isikliku huvi tõttu meremõõdistuse ning merepõhja süvenduse vastu. Samuti on antud töö Rukki kanalist hea sisend järgmiste tööde uurimuste jaoks.

Autor tänab juhendajaid Inga Zaitseva-Pärnaste ja Peeter Välingu abi ning koostöö eest.

1. ÜLEVAADE ALAST JA UURITAVA VEEALA KIRJELDUS

Rohuküla sadama laevateed hakati põhjalikumalt süvendama ja kujundama Esimese maailmasõja ajal, mil tsaari määruse alusel ehitati siia mereväebaas keskmise suurusega sõjalaevade, enamasti hävitajate tarbeks, et võimaldada neil varjatult väljuda Läänemerre, Liivi ja Soome lahte. Tolleaegsed hävitajad olid kuni 100 meetri pikkused, 3–3,2-meetrise süvisega kiired sõjalaevad, mis olid mõeldud vastase ühendusteede mineerimiseks, samuti kaubalaevade hävitamiseks ja suuremate sõjalaevade saatmiseks ning kaitseks. Nende laevade vajadustest lähtudes süvendati ka Rukkirahu juures Rohukülla viiv laevatee 4,5 meetri sügavuseks ja 43 meetri laiuseks, niisugust kanalit peeti vähemalt esialgu piisavaks. Suuremaid laevu Rohukülas teenindada ei kavatsetud (Lutt 2010).

1.1. Rukkirahu

Rukkirahu on laid Väinameres, mis asub 4 km Rohukülast lääne pool. Tema pindala on 7,8 ha ning kõrgus ulatub kuni 1,3 m üle merepinnast. Rukkirahu laid on valdavalt sooldunud rannikumuldadega rannaniit. Saare põhjaosas on raudbetoontuletorn (esialgne aastast 1860, praegune aastast 1940, kõrgus 16 m). Vanemal merekaartidel Roggenholm (Rukkirahu 2018).

1.2. Uuritava veeala kirjeldus

Rukki kanal on 2,5 km pikkune lääne–idasuunaline kanal Rohuküla–Heltermaa laevateel Rohuküla sadama lähedal, Rukkirahust põhja pool. (Veeteede Amet 28.02.2018)

Kanal on 60–65 meetri laiune ja 5 meetri sügavune. Varem oli kanal 43 meetri laiune ja 4,5 meetri sügavune (ibid).

1999. aastal süvendati Rukki kanalit esmakordselt Eesti Vabariigi ajal 5,0 meetri sügavuseks. 2001. aastal mõõdistati kanali põhi uuesti üle, kuid märgati, et 1999 aasta süvendusest olid jäänud mättad sisse. Selle tulemusena otsustati 2001 teha ülesüvendusööd ning saavutati kanali sügavuseks 5,0 meetrit.

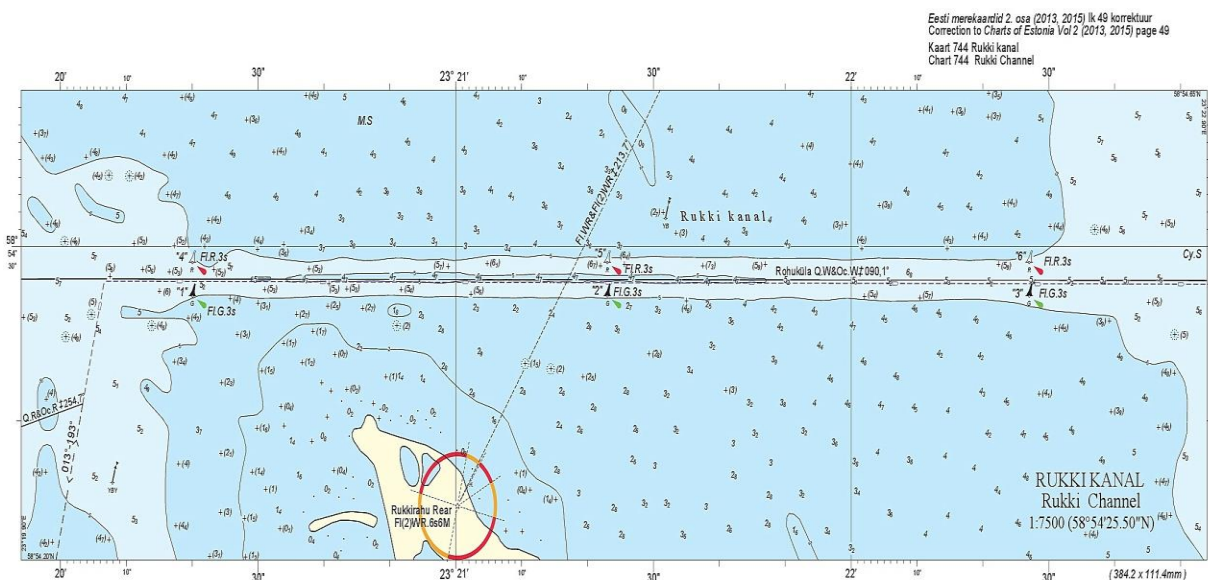
2014. aastal süvendati kanal 5,4 meetrini, kuid samal aastal mõõdistati kanal üle ja madalamad kohad olid 5 meetri sügavused. Enne seda süvendati kanalit 2001. aastal.

2016. aastal pärast pikka aega kestnud madalat veetaset siluti kanal 5,3 meetrini. (Veeteede Amet 28.02.2018)

Kokkuleppeliselt on kanalis laevatee vasak ja parem pool vaatega Rohuküla sadama poole nagu on näha ka (Joonisel 1).

Rukki kanal on tähistatud kuue Rukki kanali poiga. Tulega varustatud poid on vees paarikaupa. Vasakul (põhja pool) on punased poid punase tulega, paremal (lõuna pool) on rohelised poid rohelise tulega. Poide paarid on paigaldatud kanali otstesse ning keskele (Rukkirahu 1996).

Kanalist juhatab läbi ka Rohuküla ülemise ja Rohuküla alumise tulepaagi siht.



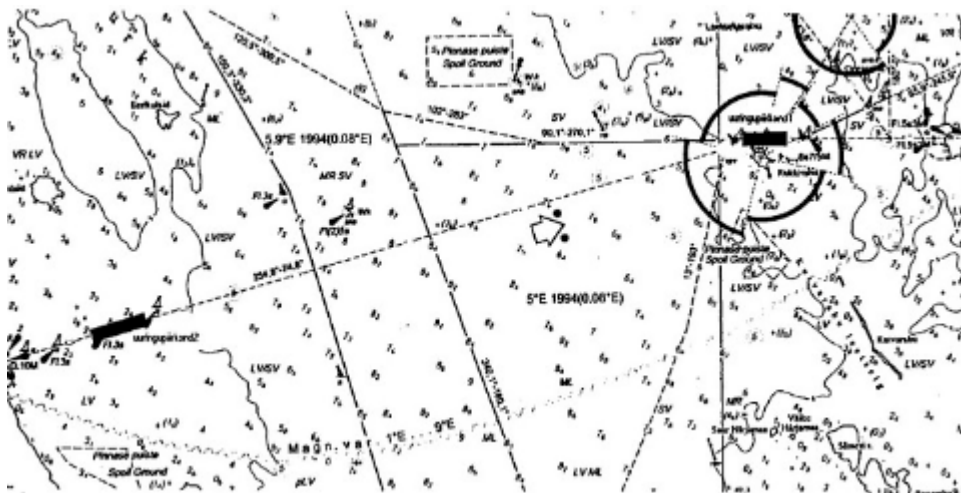
Joonis 1. Rukki kanal (Tedaanded meremeeste" nr 12-2017)

Rukki kanalist eksisteerivad viimased geoloogilised andmed aastast 2000. Küll aga planeeritakse teostada põhjalik geoloogiline uuring merepõhjast 2018. Aasta aprillis.

1.3. Merepõhja geoloogiline kirjeldus

2000. aastal tellis Veeteede Amet geoloogilise uuringu, kus tehti süvendatud kanalite kihtide lasumistingimuste ja geneesi selgitamiseks (Sedman 2000).

Välitööd toimusid 17.-19. juuni 2000. a. Tööde käigus tehti akvatooriumul 14 puurauku. Neist 8 tehti rukki kanalite, 2 Heltermaa kanali lääneosas ja 4 Heltermaa kanali idaosas. Uuringutega hõlmatud ala on skemaatiliselt esitatud väljavõttel merekaardist (Joonis 2). Maksimaalne uurimissügavus oli veepinnast 7,2 m. Puuraugud tehti vibropuurimise meetodil. Puuriti puurplatvormile monteeritud agregaadiga AVB, puursüdamiku diameeter oli 127 mm (ibid).



Joonis 2. Rohuküla-Heltermaa vaheline merekaart (Sedman 2000)

Uuringupunktide asukohad näitas Veeteede Amet, kordinaadid ja vee sügavus määrati Veeteede Ameti poolt GPS seadmega ning kajaloodiga, täpsusega 1m. Koordinaadid (Tabelis 1) on antud Balti TM telgmeridiaan 24° E, ellipsoid WGS-84 (ibid).

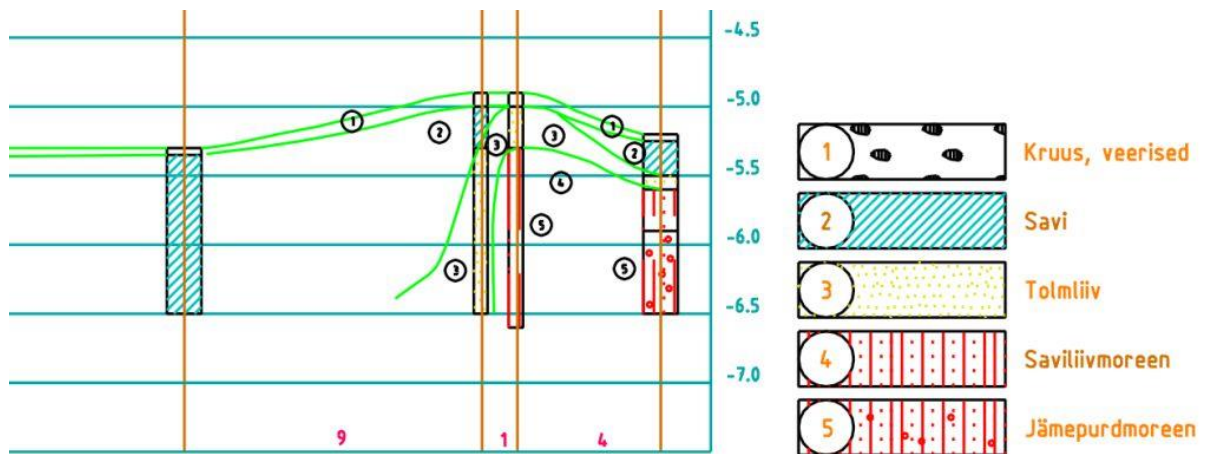
Uuringupunkt	Koordinaadid		Abs. kõrgus	Sügavus
	x	y	m	m
PA 01-0007	6 530 001,7	462 457,9	-5,30	1,10
PA 02-0007	6 529 982,5	486,3	-5,40	1,80
PA 03-0007	976,7	480,7	-4,90	1,60
PA 04-0007	976,2	481,4	-4,90	1,70
PA 05-0007	972,7	484,1	-5,20	1,30
PA 06-0007	980,6	488,2	-5,20	1,30
PA 07-0007	982,0	473,8	-5,30	1,20
PA 08-0007	974,3	379,2	-4,80	1,50
PA 09-0007	6 525 955,0	446 955,9	-5,20	1,60
PA 10-0007	946,6	963,6	-5,20	1,50
PA 11-0007	6 526 336,4	448 509,7	-5,60	1,60
PA 12-0007	333,2	496,5	-4,80	1,10
PA 13-0007	438,9	860,6	-4,80	1,60
PA 14-0007	459,4	845,8	-4,90	1,00

Tabel 1. Rukki ja Heltermaa kanali puuraukude koordinaadid (Sedman 2000)

1.4. Merepõhja geoloogiline ehitus

Vee sügavus uuringupunktide asukohas on 4,8 kuni 5,6 m. Aluspõhja käesoleva uuringu käigus ei avatud. Pinnakatte moodustavad limnoglatsiaalsed ja glatsiaalsed sstted. Lõike ülemine osa moodustab valdaval alal kuni 0,15 m paksune veeriste ja kruusa kiht (Sedman 2000).

Kihtide lasumus on väga muutlik. Viirsavis esinevad järsunõlvilised moreenkõrgendikud mis tingivad savi paksuse suuri muutusi (ibid). Ala geoloogilist ehitust iseloomustavad läbilõiked, mis on toodud (Joonisel 3).



Joonis 3. Rukki ja Heltermaa kanali puurkaugu läbilõike profiil (Sedman 2000)

(Jooniselt 3) saab kirjeldada kihte järgmiselt: kiht 1 on veerised ja kruus, mis on kaasaegsed meresetete, tõenäoliselt laevaliikluse poole välja pestud purdsetete jämedama fraktsiooni materjal, sisaldab karbipoolmeid. Setete paksus on väike 0,05 kuni 0,10 m. Kiht 2 on savi, mille moodustab halli või pruunikashalli värvusega voolava konsistensiga viirsavi. Kiht on väga muutliku paksusega. Moreenkungaste lael savi enamasti puudub või on selle paksus väike. Kiht 3 on tolmlüiv, mis on halli värvusega. Tolmlüiva esineb kõige rohkem Rukki kanali keskses vallis. Kihi lasumus ja paksus on muutlikud. Kiht moodustab viirsavi lamami, moreenkungaste piirkonnas aga avaneb kohati vahetult veeriste ja kruusa all. Kihi suurim paksus on läbiti 1,2 m. Kiht 4 on saviliivmoreen, mis on halli värvusega, plastse kuni kõva konsistensiga, jämepeuru sisaldus on 40 kuni 50 %. Kiht 5 on jämepeurdmoreen, mis sisaldab jämepeuru 50 kuni 80 %. Vahetäide on kõva konsistensiga ning kiht ise on tihe ja raskesti läbitav (Sedman 2000)

1.5. Veeteede Amet

Hüdrograafiaosakond (HO) kuulub Veeteede Ameti HNT (Hüdrograafia ja Navigatsioonimärgistuse Teenistus) koosseisu. HO esmaseks ülesandeks on Eesti mereala ja laevatatavate sisevete hüdrograafiline mõõdistamine ning väljaspool Ametit tehtavate mõõdistustööde kooskõlastamine ja kontroll. Mõõdistustöid tehakse ka süvendustööde

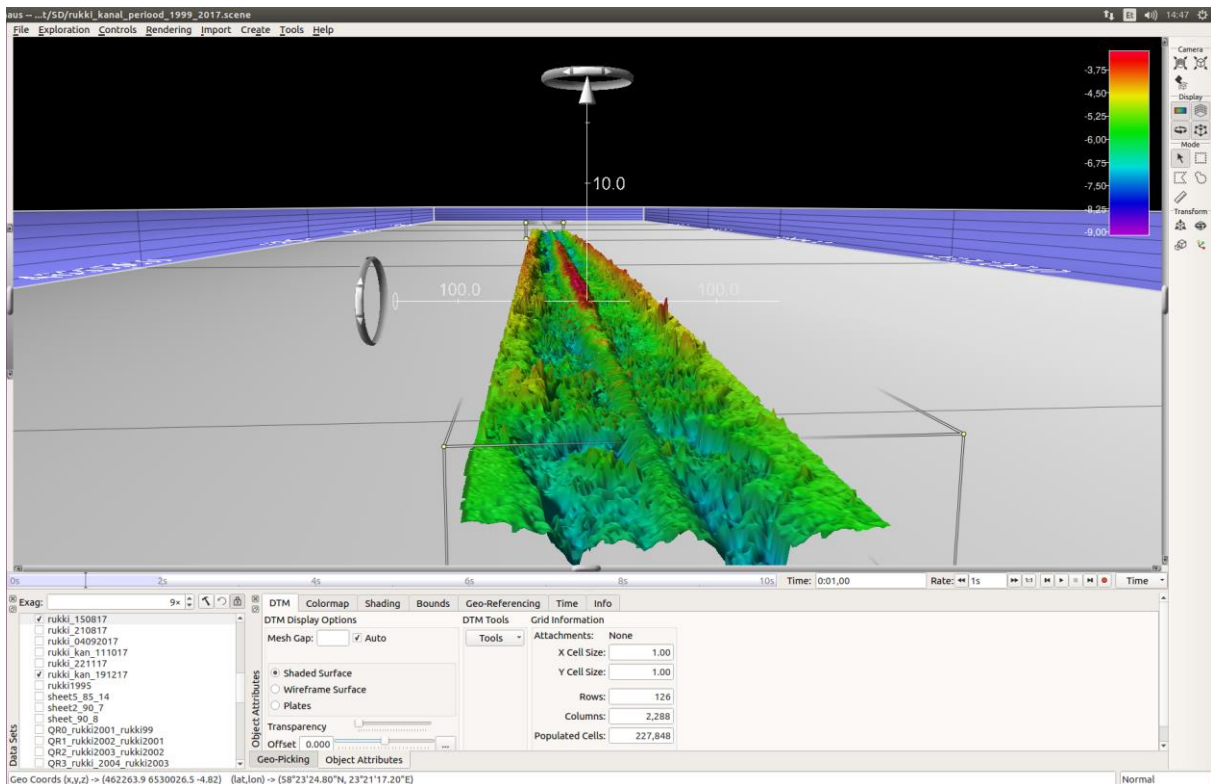
kavandamiseks ja kontrolliks. Vajadusel on võimalik merepõhja uurimine külgvaatesonariga (Ülesanded ja ajalugu, Hüdrograafiaosakond 2018) .

HO-s töötab 13 hüdrograafi. Välitööde ajal on korraga väljas 5 inimest kokku 4 mõõdistuslaeva peal. Töö käib graafiku alusel, välitöödest vabad töötajad töötlevad kontoris andmeid. Välitööde hooaeg kestab tavaliselt aprillist-novembrini, talvisel ajal toimub andmetöötlus (ibid).

VA SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull) tüüpi mõõdistuslaeval Jakob Prei on kasutusel RESON-i lehviksonar (multibeam) 7125 SV2. See on kaheageduslik, 200 ja 400 kHz, kuni 512 kiirega (kiire laius on sel juhul 0.27°) ja kuni 165° lehviku laiusega. Tavatööks on lehviku laius 140° , sel juhul on korraga kaetava ala laius kuni 4 x sügavust. Mõõtesagedus ulatub 50Hz-ni ja sõltub samuti sügavusest. EVA-320 on alumiiniumist katamaraan-tüüpi mõõdistuslaev, millel on kasutusel RESON-i lehviksonar (multibeam) T50-R. See on kaheageduslik, 200 ja 400 kHz, kuni 512 kiirega (kiire laius on sel juhul 0.27°) ja kuni 165° lehviku laiusega. Mõõdistiskaatril KAJA on kasutusel RESON-i lehviksonar (multibeam) T20-P. See on kaheageduslik, 200 ja 400 kHz, kuni 512 kiirega (kiire laius on sel juhul 0.27°) ja kuni 165° lehviku laiusega (Mõõdistustehnika, Hüdrograafiaosakond 2018).

2. PROBLEMAATIKA

Rukki kanali põhi on hakanud iga aastaga aina rohkem täis settima. Kuna Rukki kanalit läbivad enamasti Rohuküla-Heltermaa vahelised praamlaevad mille süvis on 4,0 m, on nad väga sõltuvad hetke vee sügavusest. Madala veetaseme korral võib laevadele tekkida navigatsiooni risk, kus nad võivad oma põhjaga merepõhja riivata või ära lüüa. Nii on Ministerium nõudnud Veeteede Ametilt, et nad teostaksid 2017. aastast alates iga nädal Rukki kanali ülemõõdistamis merepõhjast, et näha kanalis oleva setete liikumist ning kui vaja, teostada tulevikus ka süvendustöid nagu on näha (Joonisel 4).

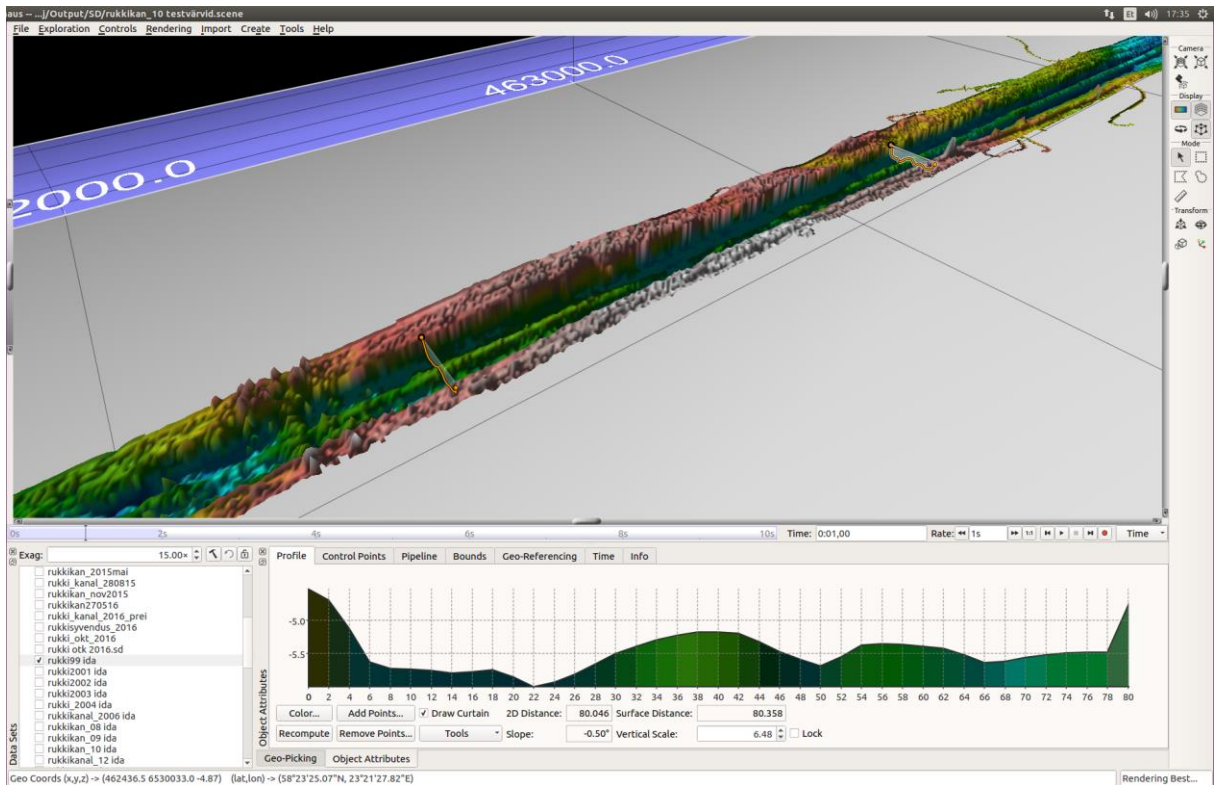


Joonis 4. Rukki kanal merepõhi 19.12.2017 (Fledermaus)

2.1. Süvendustööd

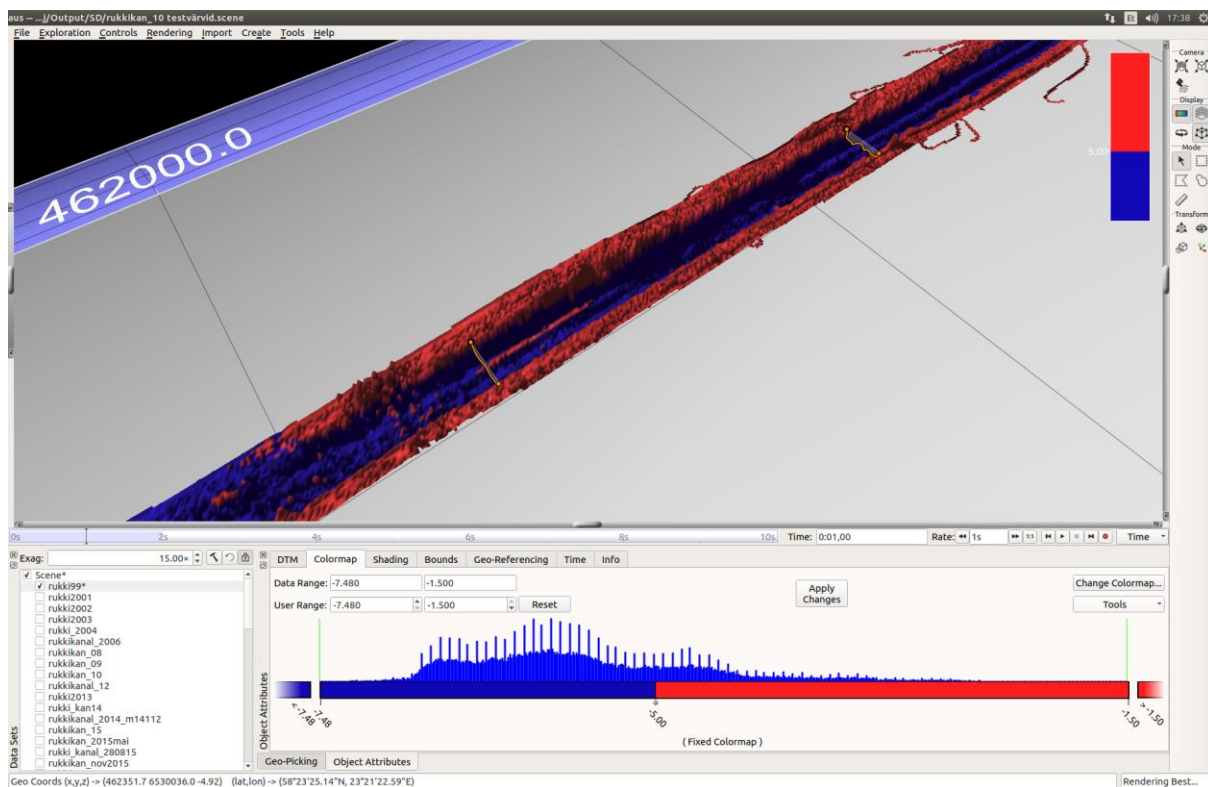
2.1.1. Süvendustööd 1999

1999. aastal süvendati esimest korda Rohuküla-Heltermaa vahelist laevatee osa Rukki kanalit (Joonis 5).



Joonis 5. Rukki kanal merepõhi 04.08.1999 (Fledermaus)

Põhjuseks, miks 1999. aastal plaaniti kanalit süvendada on sellepärast, kuna kavatseti osta uued praamlaevad: Regula ja St. Ola, millel on suurem süvis 4,0 meetrit ning laiem kere kuni 16,30 m. Nii süvendati 1999. aastal Rukki kanal miinimum sügavuseks 5,0 m.

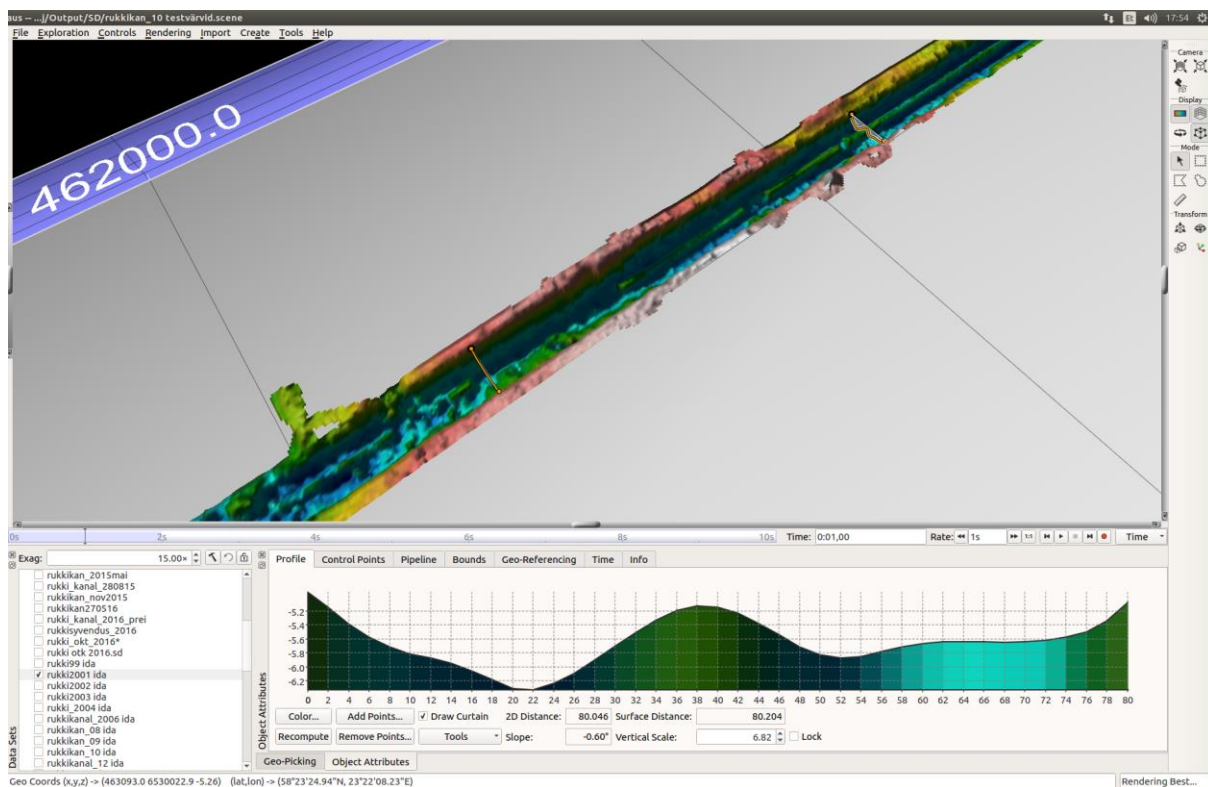


Joonis 6. Rukki kanal merepõhja 5,0 m erinevuse pilt 04.08.1999 (Fledermaus)

Tulemus on näidatud (Joonisel 6) kahe erineva värvitooniga. Kanalis olev ala, mis sai süvendatud 5,0 meetri või rohkem on märgitud sinisega, ning settete mahud, mis jäid ikkagi üle 5,0 meetri on märgitud Punasega. Soovitud sügavust süvendustöö paraku ei saavutanud kuna mättad jäid kanalisse ikkagi sisse.

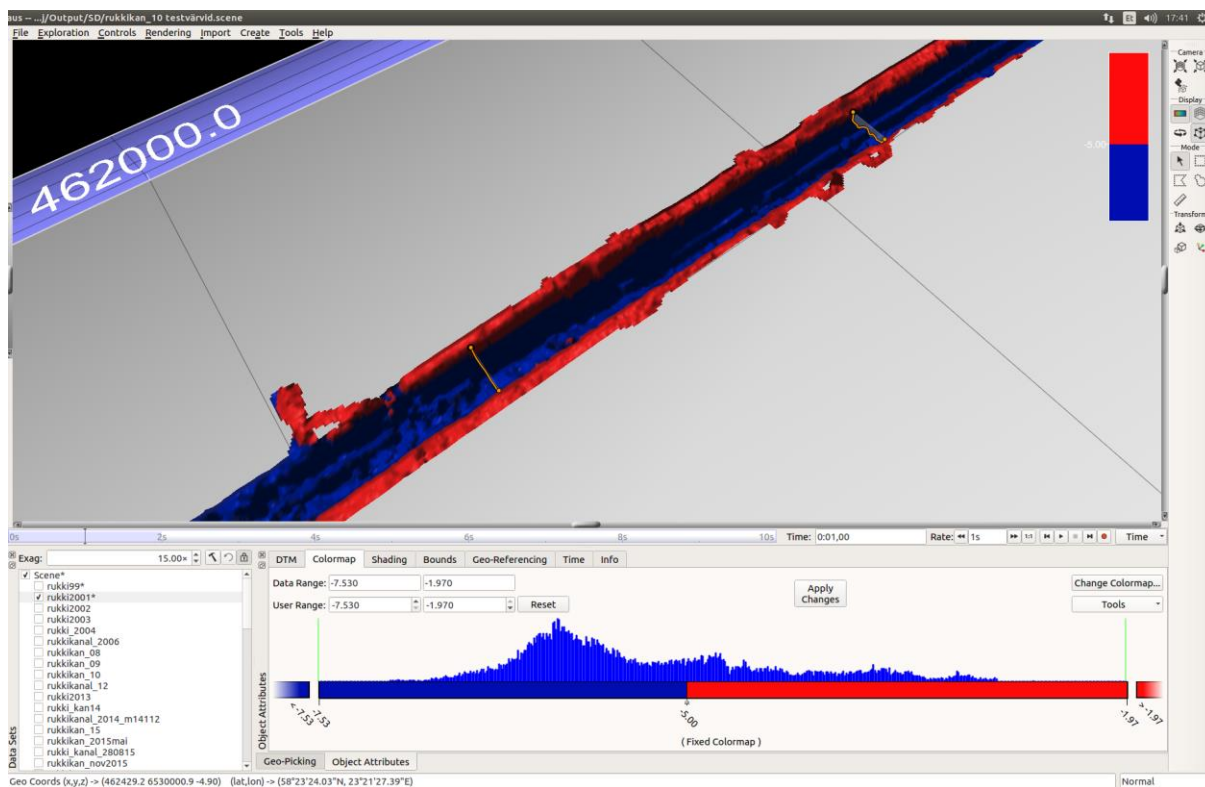
2.1.2. Süvendustööd 2001

2001. aastal süvendati Rohuküla-Heltermaa vahel asuvat Rukki kanalit teist korda kuna 1999. aastal varasemalt tehtud süvenduse tulemus ei saavutanud loodetud tulemust. Nii otsustati Rukki kanalit uuesti süvendada et eemaldada kanalisse jäänud mättad nagu on näha (Joonisel 7).



Joonis 7. Rukki kanal merepõhi 21.06.2001 (Fledermaus)

Tulemuseks saadi soovitud miinimum sügavus kanalis 5,0 m ning navigeerimiseks praamlaevadel enam raskusi ei esinenud, isegi madala veetaseme korral. (Joonisel 8) on ära märgitud 2001. aasta süvendustulemused kahe erineva värviga. Alad, mis jäid üle 5,0 meetri on märgitud punaselt, alad mis on alla 5,0 meetri on märgitud siniselt.

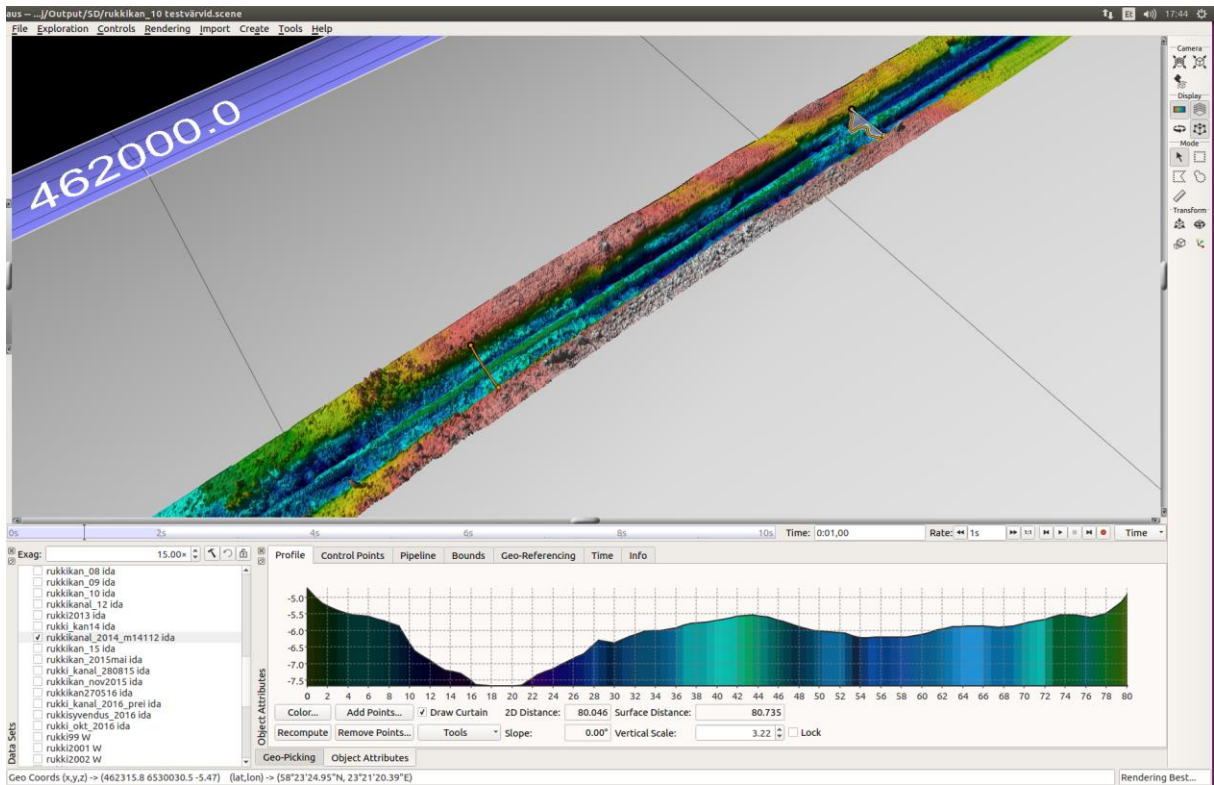


Joonis 8. Rukki kanal merepõhja 5,0 m erinevuse pilt 21.06.2001 (Fledermaus)

Rohuküla-Heltermaa laevateel paiknevas Rukkirahu kanalis teostab Veeteede Amet pärast 2001. aastal läbiviidud süvendustöid igal aastal kontrollmõõdistamist, mis on näidanud kanalis sügavuste stabiilsust ja vaid vähest ning navigatsiooni seisukohast ebaolulist settepinnase kuhjumist. Tavapärase veetaseme kuni 60-sentimeetrise kõikumisega võrreldes on settepinnaste liikumisest tekitatud sügavuste umbkaudu 10-sentimeetrised kõikumised ebaolulised (Veeteede Amet 2009).

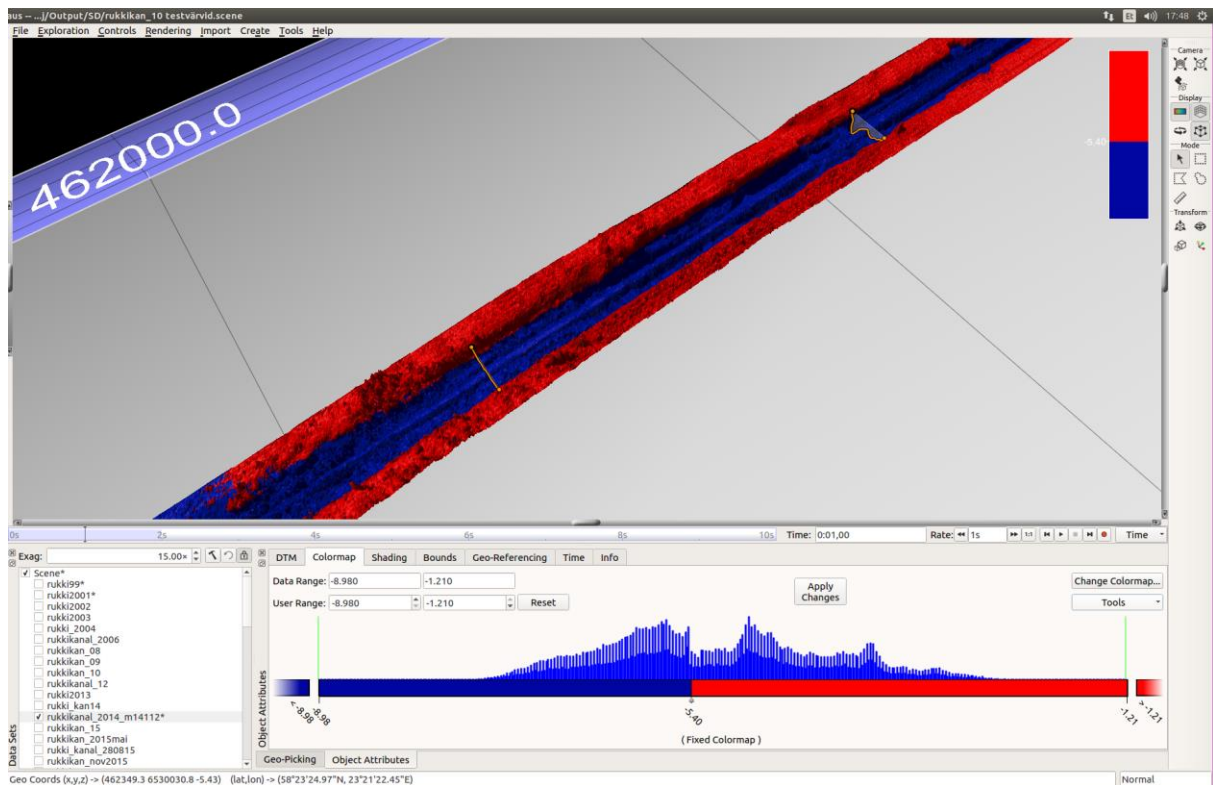
2.1.3. Süvendustööd 2014

2014. aastal süvendati Rohuküla-Heltermaa vahel asuvat Rukki kanalit kolmandat korda kuna 2001. aastal varasemalt tehtud süvendusest oli mõõdunud juba mitu aastat ning kanal oli uuesi hakkamas täis kuhjuma setetest, et laevaliiklust mitte segada otsustati 2014 viimaks kanalit uuesti süvendada. Planeeritavaks sügavuseks oli 5,4 meetrit nagu on näha (Joonisel 9).



Joonis 9. Rukki kanal merepõhi 30.11.2014 (Fledermaus)

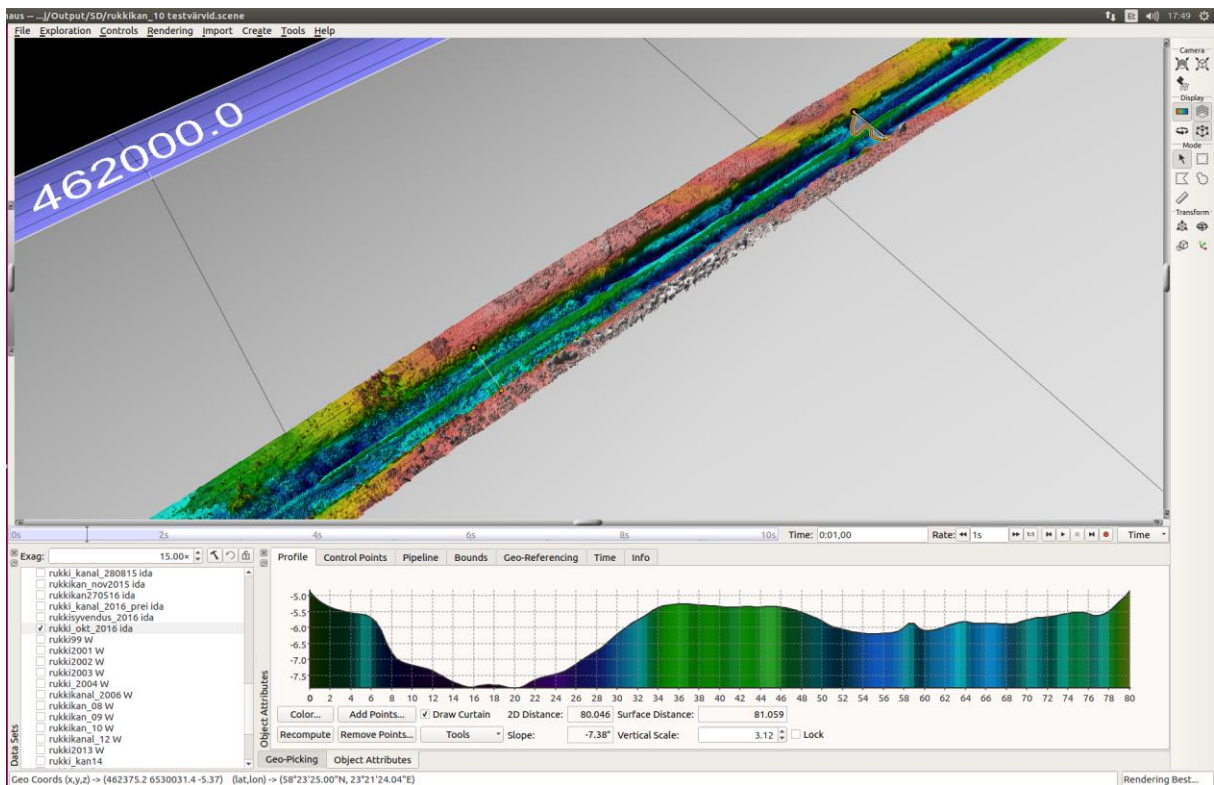
30. novembril 2014. aastal lõppesid Rukki kanalis süvendustööd. Ebasoodsate ilmaolude tõttu tööde teostamine pikenes kuid süvendustööde tõttu parvlaevaliiklust ei segatud ning Rukki kanal süvendati 5,4 meetrini, et tagada stabiilsem praamlaevaliiklus madala veetaseme korral (Veeteede Amet 2014). (Joonisel 10) on ära märgitud 2014. aasta süvendustulemused kahe erineva värviga. Alad, mis jäid üle 5,4 meetri on märgitud punaselt, alad mis on alla 5,4 meetri on märgitud siniselt.



Joonis 10. Rukki kanal merepõhja 5,4 m erinevuse pilt 30.11.2014 (Fledermaus)

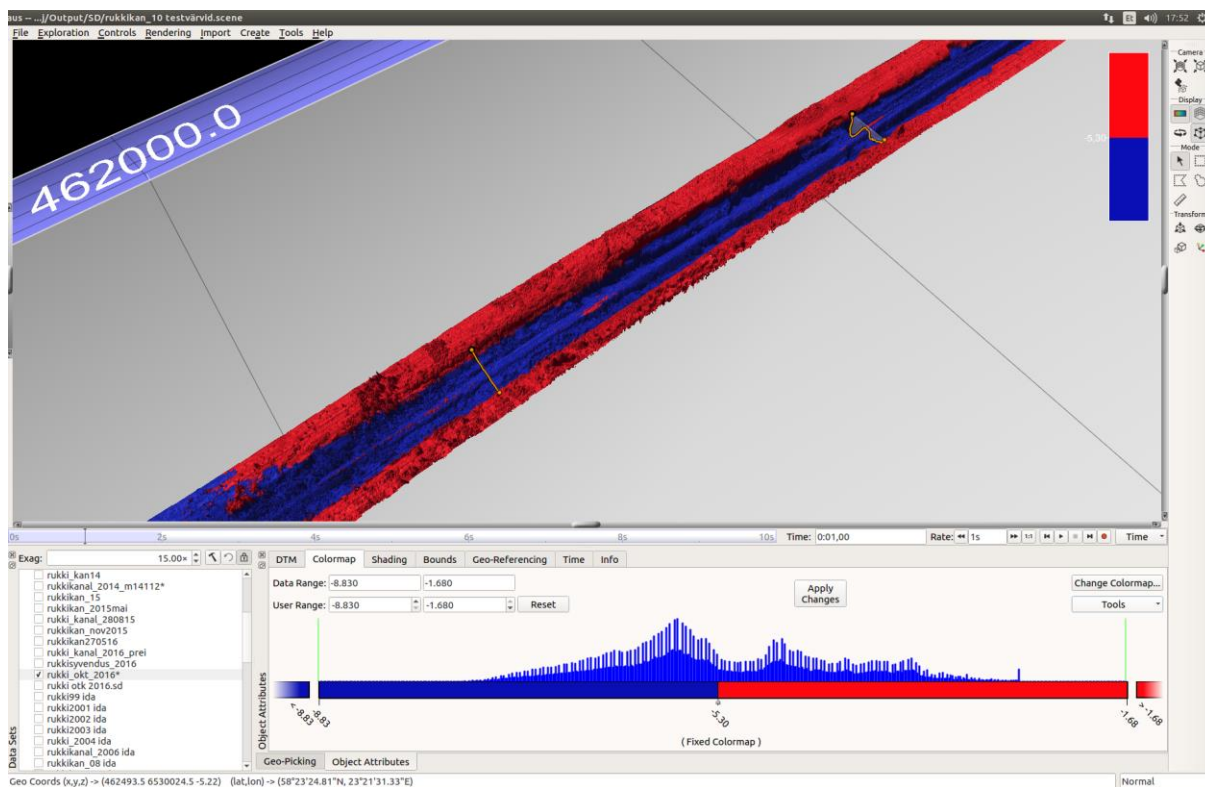
2.1.4. Traalimistööd 2016

(Jooniselt 11) On näha, et Rukki kanalis sooritati 2016. aasta oktoobris traalimistöö. See seisnes peamiselt kivide eemaldamises ja kanali keskele kogunenud pinnase valli põhja tasandamises



Joonis 11. Rukki kanal merepõhi 25.10.2016 (Fledermaus)

Tookordsete tööde tulemusena saavutati Rukki kanali vähim sügavus 5,3 meetrit BK 77 kõrgussüsteemis. (Joonisel 12) on ära märgitud 2016. aasta Rukki kanali merepõhja silumistöö tulemused kahe erineva värviga. Alad, mis jäid üle 5,3 meetri on märgitud punaselt, alad mis on alla 5,3 meetri on märgitud siniselt.



Joonis 12. Rukki kanal merepõhja 5,3 m erinevuse pilt 25.10.2016 (Fledermaus)

2.2. Laevaliikluse ülevaade

Laevad mis enamasti ületavad Rukki kanalit päevast päeva on praamlaevad, mille süvised ulatuvad 4,0 m. sellega seoses on vaja, et kanali miinimum sügavus oleks rohkem kui 5,0 m. Rohuküla–Heltermaa laevaliini laevadel tuleb madala veetasemega kohati reise ära jätta. Kui veetase langes 49 sentimeetrit alla keskmise, ei saanud suurima süvisega liinilaev laevateel liigelda. Näiteks Scania ja Harilaid nagu näidatud (Tabelis 2), liiklesid seni, kuni veetase oli 55 sentimeetrit alla keskmise. Parvlaev Muhumaa on sõitnud ka veetasemega 59 sentimeetrit alla keskmise. Samas, 14. septembril 2011 jäeti Hiiumaa kapteni otsusel reis ära mitte kõrge veetaseme tõttu, mis oli 70..80 cm üle keskmise, vaid sellepärast, et Rukkirahu kanalis ei ole tormiga ohutu liigelda (Lutt 2010).

Laev	Ehitamisaeg	Laevasti -kus alates	Kiirus kanalis [sõlmedes]	Üldpikkus [m]	Laius [m]	Süvis [m]
Regula	1971	1997	7	71,20	16,30	4,20
Scania	1972	2000	7	74,15	16,57	3,80
Harilaid	1985	2000	7	49,92	12,84	3,10
St. Ola	1991	2002	7	85,95	16,30	4,00
Leiger	2016	2016	7	114,00	19,70	4,00
Tiiu	2016	2016	7	114,00	19,70	4,00

Tabel 2. Heltermaa-Rohuküla laevad (Praamid.ee)

Paraku pole hetkel saada viimase 10.aasta Heltermaa-Rohuküla vaheliste praamlaevade AIS andmed, kuid tänu veebilehe Praamid.ee olevatele graafikutele on võimalik välja selgitada, kui tihti on praamlaevad viimase 10.aasta jooksul rukki kanalist üle sõitu teostanud. Rohuküla-Heltermaa vahel on viimase 10. Aasta jooksul liikunud praamlaevad keskmiselt 6 korda päevas, 42 korda nädalas, 180 korda kuus, 2160 korda aastas.

3. ANDMEBAASIDE ANALÜÜS

3.1 Fledermaus

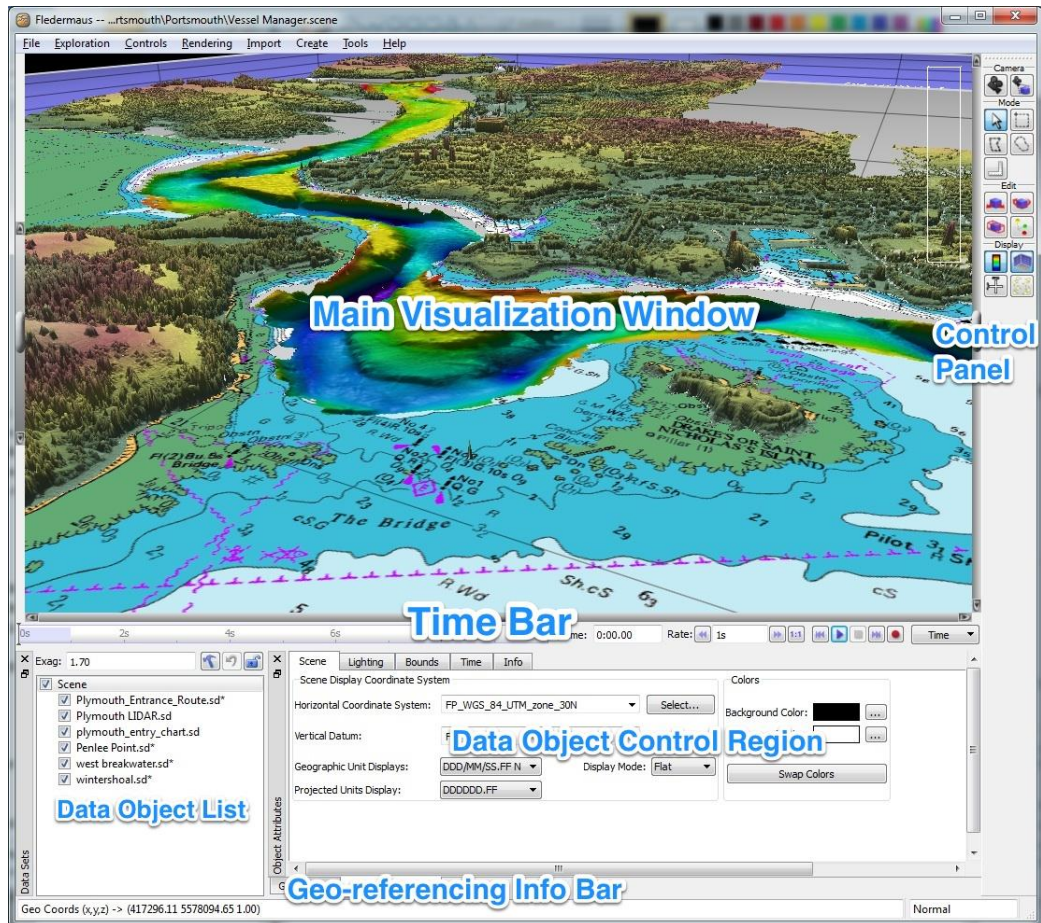
Fledermaus on valdkonna juhtiv interaktiivne 4D geo-ruumilise töötlemise ja analüüsi vahend. Versiooniga 7.0 avaldatud versioon on teisaldanud järgmise mõõtme juurde: täieliku integreeritud aja viite lisamine, mis võimaldab kasutajatel tegutseda tõelises ruumis ja ajakeskkonnas (Fledermaus 2018).

Kaubandus-, akadeemilised ja valitsuse kliendid kasutavad Fledermause tarkvara kogu maailmas. Nad kasutavad tarkvara, et suhelda ookeanide kaardistamise ja maapealsete projektide arvukate andmetüüpide tohutute geograafiliste andmekogumitega. Intuitiivne 4D-ekraan ja suhtlemine võimaldavad klientidel kiiresti saada ülevaadet ja saada rohkem teavet oma aluseks olevatest andmetest. See annab meie klientidele andmetöötluse efektiivsuse, kvaliteedikontrolli täpsuse, andmeanalüüsi täielikkuse ja projekti integreerimise lisandväärtust, mis edendab selget suhtlemist (ibid).

Toetatakse otseselt 3D-stseenile andmete importimiseks mitmesuguseid tööstusharu standardformaate ning Fledermaus võimaldab ka kaugjuhtimisega sõidukitel, laevadel või muudel üksustel andmeid reaalajas visualiseerida. Fledermause ulatuslik funktsioon võimaldab selle kasutamist paljudel projekti faasil planeerimisest, töötlemisest ja kvaliteedikontrollist, kuni piltide, krundide ja animatsioonide analüüsimiseni ja tootmiseni. Fledermause tarkvara komplekt kuulub mitmesse kimpudesse ja on pakendatud, et see vastaks meie klientide nõuetele ja töövoogudele (ibid).

Andmemahutude üle kontrollimiseks kasutas autor ka tarkvara ArcGIS for Desktop, mis on terviklik geoinfosüsteemi lahendus kaardiandmete loomiseks, haldamiseks, visualiseerimiseks ja analüüsimiseks. ArcGIS for Desktop tarkvaratoodete abil saab andmete geograafilist konteksti seoste kaudu lihtsasti tõlgendada, eri nähtuste vahelisi suhteid analüüsida ja andmeid mitmel viisil modelleerida. ArcGIS for Desktop Basic (endise nimega ArcView) on maailma levinuim töökohapõhine GIS- ja kaarditarkvara (de facto standard), mis aitab kümnetel tuhandetel organisatsioonidel igapäevaselt saada geograafilise ruumiga

seonduvatele küsimustele sobivaid vastuseid ning langetada selle alusel kaalutletumaid otsuseid (Arcgis 2018).



Joonis 13. Fledermausi Abijuhend (Fledermaus)

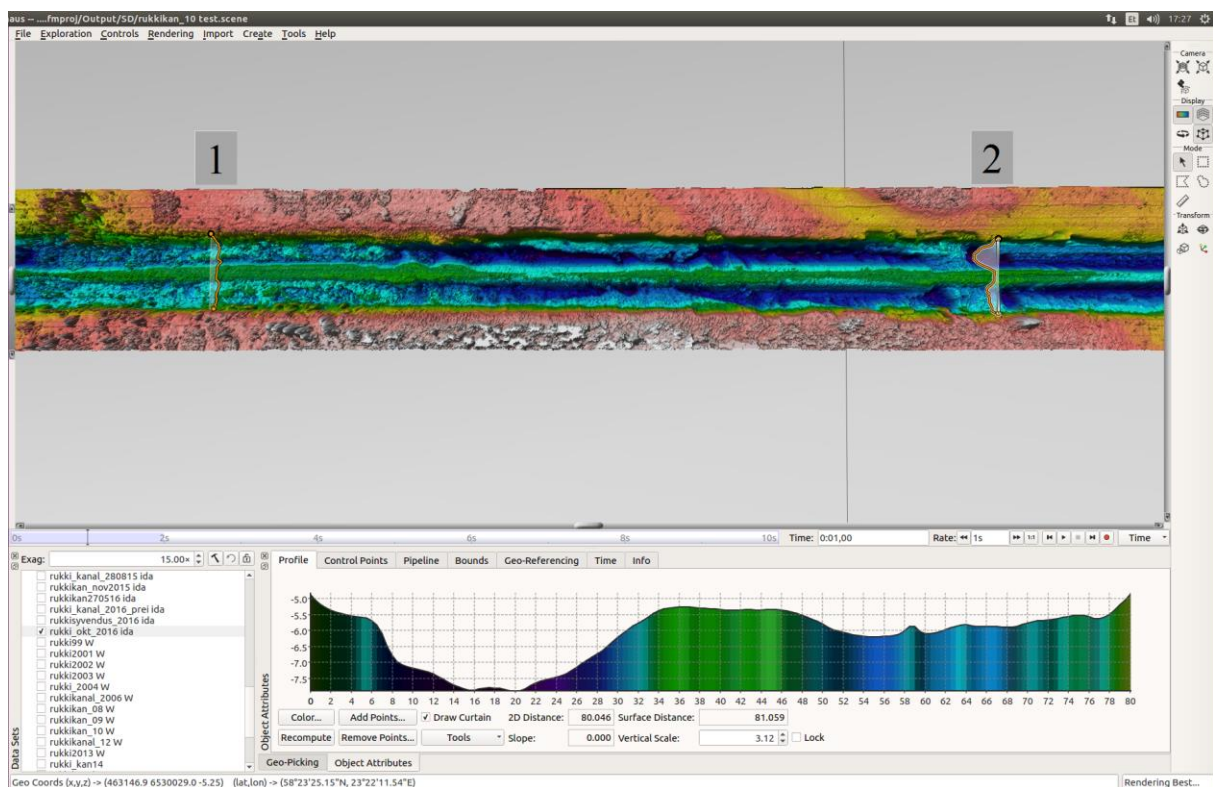
Töö alustamiseks oli tarvis tarkvara QPS ehk Fledermaus arvutisse paigaldada. (Jooniselt 13) on näha, kuidas programmis õppis autor tundma Fledermausi juhendi abil, mis asub aadressil <https://confluence.qps.nl/display/FM740/Fledermaus>. Abi sai küsitud ka hüdrograafiaosakonna juhatajalt Peeter Välingult ning teistelt vanemhüdrograafidelt.

Analüüsiks kokku kogutud mõõdistusandmed, mis on vastavuses, et hüdrograafiliste mõõdistustööde teostamisel Eesti merealadel ja laevatatavatel siseveekogudel lähtutakse Rahvusvahelise Hüdrograafiaorganisatsiooni poolt kehtestatud standardist S-44 (IHO 2008) saadi Veeteede Ameti andmepangast hüdrograafia infosüsteemis HIS, veebiaadressil: <https://his.vta.ee:8443/HIS/Avalik?REQUEST=Main&WIDTH=1920&HEIGHT=925>, kus autoril tuli sisse logida enda isikliku kasutaja ja parooliga.

3.2 Ristlõike ajaline muutlikkus 1999-2016

Rukki kanali Ristlõike profiilide (Lisa 3) ja (Lisa 4) üheks eesmärgiks on erinevatele moodsustakuupäevadele andmeid anda võrrelda sobiva üldistatud informatsiooni edastamiseks kanali alast, võttes arvesse ilmastiku andmeid nagu veetase ning tuule suund. Seetõttu koostas autor koondtabeli (Lisa 2) analüüsitud andmetest, et kasutajad saaksid lõputööd kasutada sisendiks järgmiste uurimuste jaoks.

Programmiga Fledermaus valmistati kõikidest võimalikest meremõõdistus tulemustest ristlõike pildid aastast 1999 kuni 2016 aasta oktoobri mõõdistuseni. Antud töö tulemusena valmistati igast meremõõdistus andmetest eraldi merepõhjast 3D pilt ning kanalist läbivad ristlõiked nii läänest joonisel märgitud numbriga 1 kui ka idast number 2 nagu on näha (Jooniselt 14)



Joonis 14. Pealtvaade ristlõike ajalisest muutlikkusest 1999-2016 (Fledermaus)

Valmistatud ristlõike profiilidega on võimalik väga hästi võrrelda visuaalselt, kuidas kanali põhi on muutunud eelmiste aastatega võrreldes, milliselt kanaliosalt on setteid rohkem kuhjunud ning millisel kulunud. Samuti on ristlõike profiilidelt kerge lugeda kanali sügavus andmeid, et tulevikus teada, millist kanali osa oleks parem süvendada.

Koondtabelist toodi andmeid veetaseme ja valdava tuule kohta Haapsalu sadama ilmajaama andmetest, mis annab ülevaate Rukki kanali merepõhja tingimustest aastatest 1999- 2016 Andmete koondtabelid koostati Riigi Ilmateenistuselt päritud mõõdistusandmete põhjal (Tabel 3). Mõõdistusjaamade valiku kriteeriumiks oli vähemalt 8-aastane mõõdistusperiood. Sellega kindlustatakse võimalikult pikal ajaperioodil läbiviidud mõõdistuste kaasamine analüüsi. Riigi ilmateenistuselt päritud mõõdistusandmete ajalugu ulatus kuni 2008 aastani.

Jaam	veetase			Valdav tuul		keskmine kiirus (m/s)	Maksimum kiirus (m/s)
	keskmine	miinimum	maksimum	suund (°)	ilmakaar		
Haapsalu sadam	-19.87	-60	18	179	S	8.8	38

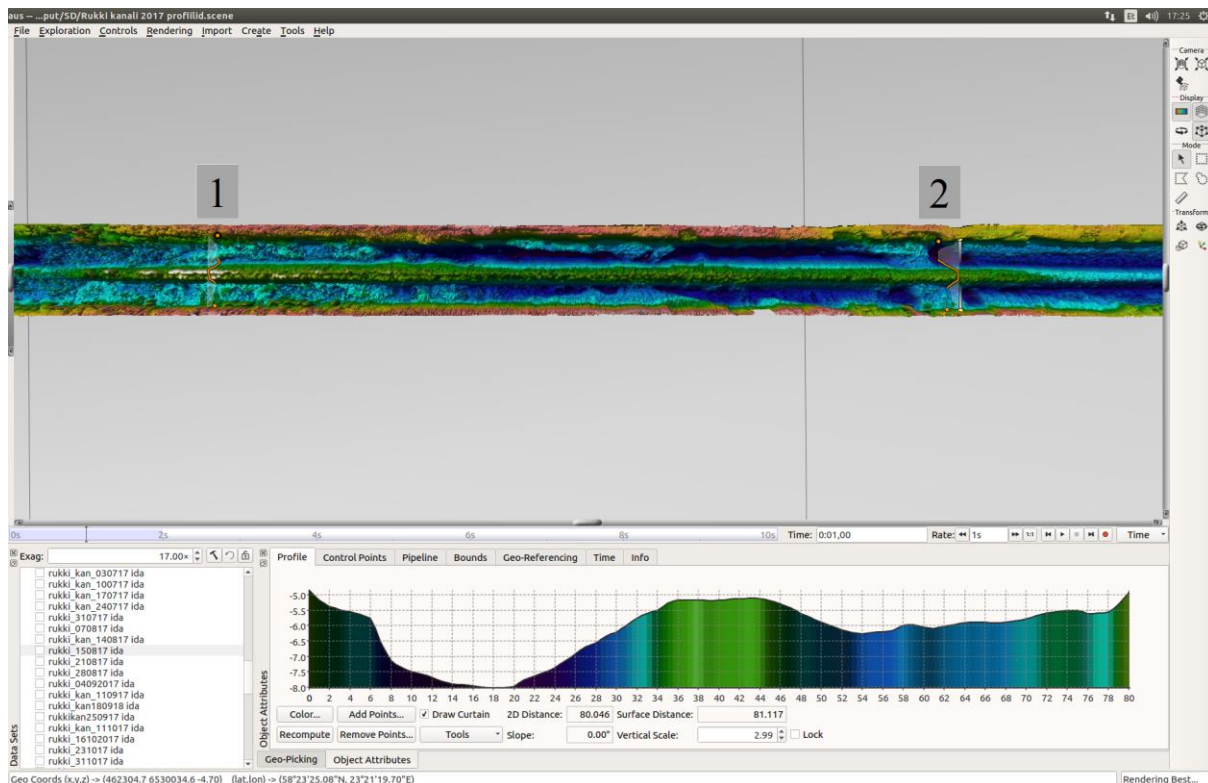
Tabel 3. Riigi ilmateenistuse veetaseme ja tuuleandmed 2008-2016 (Keskkonnaagentuur 2016)

Antud tabeli näite pealt võib hinnata, et veetaseme kõikumine jääb meie rannikul enamasti suurusjärku -1 meeter ja +1 meetrit, mis annab ettekijutise, kuidas praamlaevad saavad kanalit läbida ka madala veetaseme korral.

3.3 Ristlõike ajaline muutlikkus 2017

Rukki kanali Ristlõike profiilide (Lisa 5) ja (Lisa 6) üheks eesmärgiks on samuti tänu erinevatele mõõdistuskuupäevadele andmeid anda võrreldes sobiva üldistatud informatsiooni edastamiseks kanali alast, võttes arvesse ilmastiku andmeid nagu veetase ning tuule suund. Seetõttu koostas autor koondtabeli (Lisa 2) analüüsitud andmetest, kus on lisatud ka 2017 aasta mõõdistusandmed et kasutajad saaksid lõputööd kasutada sisendiks järgmiste uurimuste jaoks.

Programmiga Fledermaus valmistati kõikidest võimalikest meremõõdistus tulemustest ristlõike pildid alates kuupäevast 18.04,2017 kuni 19.12.2017 mõõdistusandmetest. 2017 aasta andmeid on võrreldes varasematega rohkem, kuna 2017 aastal otsustati hakata Rukki kanalit üle mõõdistama iga nädala tagant. Varem mõõdistati 1 kord aastas, 2014, 2015 ja 2016 mõõdistati kolm korda aasta kohta. Antud töö tulemusena valmistati igast meremõõdistus andmetest eraldi merepõhjust 3D pilt ning kanalist läbivad ristlõiked nii läänest joonisel märgitud numbriga 1 kui ka idast number 2 nagu on näha (Jooniselt 15)



Joonis 15. Pealtvaade ristlõike ajalisest muutlikkusest 2017 (Fledermaus)

2017. aasta valmistatud ristlõike profiilidega on võimalik väga hästi võrrelda visuaalselt, kuidas kanali põhi on muutunud eelmiste aastatega võrreldes, millisel kanalisalt on setteid rohkem kuhjunud ning millisel kulunud.

Koondtabelist toodi andmeid veetaseme ja valdava tuule kohta Haapsalu sadama ilmajaama andmetest, mis annab ülevaate Rukki kanali merepõhja tingimustest iga nädala kohta kuupäevast 18.04.2017 kuni 19.12.2018. Andmete koondtabelid koostati Riigi Ilmateenistusel päritud mõõdistusandmete põhjal (Tabel 4).

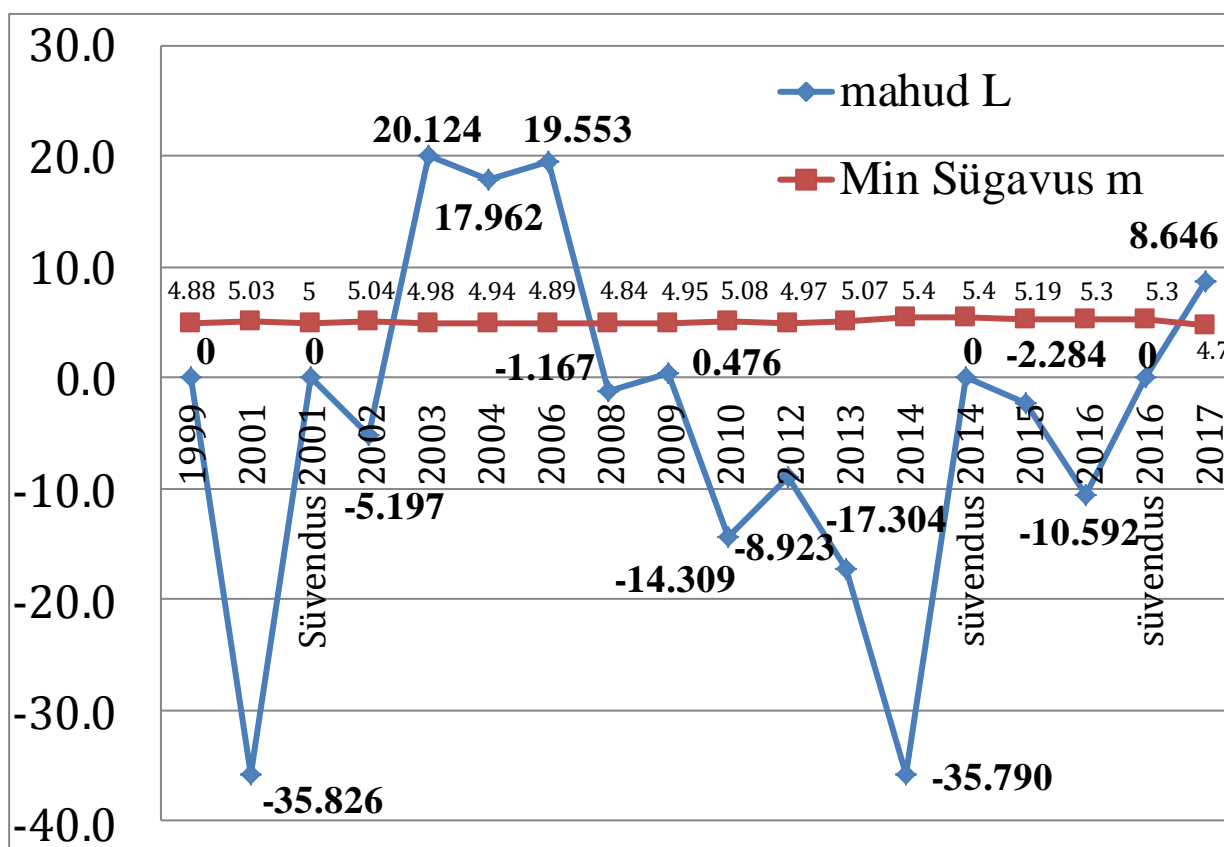
Jaam	veetase			Valdav tuul		keskmine kiirus (m/s)	Maksimum kiirus (m/s)
	keskmine	miinimum	maksimum	suund (°)	ilmakaar		
Haapsalu sadam	8.48	-27	44	208	SSW	7.1	13.3

Tabel 4. Riigi ilmateenistuse veetaseme ja tuuleandmed 2017 (Keskkonnaagentuur 2017)

Antud tabeli näite pealt võib hinnata, et veetaseme kõikumine jääb meie rannikul enamasti suurusjärku -0.8 meeter ja +1.2 meetrit ning domineeriv tuulesuund mis Rukki kanali peal puhub on edelast, mille tõttu läbivad setted kanalit regulaarselt kuhjates osa lõuna poole osa kanalist ja kulutades põhja poolset osa.

4. Andmemahtude tulemus

Alustades andmete võrdlemist, pidi kõik kaardikihid algselt sisse lülitama. Selleks tuli teha kihi eesolevasse kastikesse ristike., et näha kõiki meremõõdistus andmeid. Kogutud andmetest tehti programmiga Fledemaus andmemahtudest kokkuvõte, kus oleks näha, kuidas aastast 1999 kuni 2017 andmemahud ning miinimumsügavused kanalis on muutunud. Autor otsustas võtta arvu 0 mahu alguspunktiks kuna enne süvendusi on alguspunkt teadmata.



Joonis 16. Rukki kanali andmemahtude graafik koos miinimumsügavusega (Fledermaus)

(Joonise 16) Järgi sai autor kokkuvõtlikku graafiku, millel on korrektselt näha, millistel aastatel on andmemahud suurenenud, millistel vähenenud. Samas arvestades, et mahtude arvud sõltusid 1999, 2001, 2014 ja 2016 aasta süvendus tulemustest kus 0 mahu alguspunkt on teadmata.

Nagu on näha (Jooniselt 17). Seoses olukorraga, kus madala veetaseme korral võib esineda probleeme parvlaevaliiklusega Hiiumaa ja mandri vahel, plaanib riik sel aastal Rohuküla laevateel Rukki kanalis hooldus-süvendustöid. Navigatsiooniinfos kajastub praegu minimaalne sügavus Rukki kanalis 4,7 meetrit. Kui veetase langeb, võib olla parvlaevadel seal sõitmisel probleeme. Graafiku andmete järgi ei annaks traalimistöid kanalis enam tulemusi, mistõttu on otstarbekas seal planeerida hooldus-süvendustöid, mille eesmärk on tagada kanali minimaalne sügavus 5,3 meetrit (Veeteede Amet 28.02.2018)

KOKKUVÕTE

Põhjust, miks antud töö on vajalik ning on ka hetkel aktuaalne, on see et aastast 2016 alates on pidanud praamlaevad ära jätma plaanitud reise, kuna madala veetaseme tõttu, ei ole kanal piisavalt sügav olnud.

Töö koostamiseks kasutas autor enamasti kahte andmete analüüsimise tarkvara. Nendesks oli QGIS ning Fledermaus. Antud programmid aitasid autoril saada ülevaade andmete mahtudest erinevatel aastatel, ning saada visuaalne 3D mudel kanalist, kus oleks näha millistes piirkondades on kanalis sügavusega probleeme.

Käesoleva lõputöö eesmärk oli analüüsida Rukki kanali merepõhja dünaamikat aastatest 1999 kuni aastani 2017. Selleks kogututi hüdrograafia infosüsteemist varasemaid meremõõdistusandmed Rukki kanali kohta ning nende andmete mahte hakati omavahel võrdlema. Arvestades ilmastikust sõltuvate muutustega nagu näiteks tuul ja veetase. Samuti on Rukki kanali merepõhja mõjutanud varasemad 3 süvendustööd aastatest 1999, 2001 ning 2014. Aastal 2016 teostati aga traalimistööd, kus saavutati kanali miinimum sügavuseks 5,3 meetrit BK 77 kõrgussüsteemis. Lõputöö eesmärk saavutati täites järgmiselt toodud ülesanded:

- 1) Koostati ülevaade alast ning veeala kirjeldusest.
- 2) Valmistati meregeoloogiline kirjeldus Rukki kannali alast ning tema ehitusest.
- 3) Kirjeldati potentsiaalset ohtu laevaliiklusele kui kanalit ei süvendataks.
- 4) Toodi esile Rukki kanalis esinev probleemaatika.
- 5) Toodi ülevaade varasemalt teostatud kanali süvendustest aastatest 1999, 2001, 2014 ning traalimistööst 2016.
- 6) Koostati tabel praamlaevades, mis läbivad Rukki kanalit kõige regulaarsemalt.
- 7) Koostati andmebaaside analüüs tarkvara programmiga Fledermaus.
- 8) Tehti ülevaade Rukki kanali ristlõike ajalisest muutlikkusest aastatel 1999-2016.
- 9) Ristlõike ajaline muutlikkus 2017. aasta kohta.
- 10) Saadi andmemahtude lõplik tulemus

Lõputöö tulemusena valmis terviklik ja mahukas analüüsitud andmetest koondtabel nagu on näha (Lisa 2). Olulisemad andmed mida tabelis kasutati olid: Veeteede Ameti poolt teostatud Meremõõdistusandmete kronoloogiline järjestamine mõõdistusküüpäevade järgi, Kanali lääne ning ida osas saadud miinimum sügavused meetrites, Riigi ilmteenistusest päritud veetaseme andmed, Tuule suund ning maksimaalne tuule kiirus iga aasta kohta Samuti meremõõdistustest saadud mahuandmed täiendati informatsiooni koondtabelina.

Antud lõputöö Rukki kanalist on protsess, mis ei ole veel lõppenud, vaid on sisend järgmise uurimustööde jaoks.

SUMMARY

The dynamics of Rukki channel seabed in period 1999-2017

Raigo Saarkoppel

The reason why this work is necessary and is still topical is that from the year 2016, the ferry boats have been supposed to be dropped out of the planned trip, due to the low level of water, the channel has not been deep enough.

In most cases, the author used two data analysis software. These were QGIS and Fledermaus. These programs helped the author to get an overview of the volumes of data in different years, and to get a visual 3D model of the channel to see where the channels are deep in the channel.

The purpose of this thesis was to analyze the dynamics of Rukki channel seabed in period 1999- 2017. To this end, the hydrography information system collected historical measurements of the Marine data on the Rukki channel, and the volumes of these data began to be compared. Considering weather-dependent changes such as wind and water level. The Rukki channel has also been influenced by previous 3 dredging operations from 1999, 2001 and 2014. In 2016, trawling was carried out, with a minimum depth of 5.3 meters in the BK 77 altitude system. The goal of the graduation thesis was achieved by completing the following tasks:

- 1) An overview of the area and description of the water area was made.
- 2) A geological description of the Rukki channel area and its construction was prepared.
- 3) A potential danger to shipping was described if the channel was not deepened.
- 4) The problem with the Rukki channel was highlighted.
- 5) An overview of the channel dredges carried out from 1999, 2001, 2014 and bottom trawling operations in 2016 was reviewed.

6) A table was drawn up on the ferry boats, which pass the Rukki channel most regularly.

7) Database analysis was developed with the Fledermaus software.

8) An overview of the temporal variability of the cross section of Rukki channel in 1999-2016 was made.

(9) The temporal variability of the cross section in 2017.

10) The final result of the data volumes

As a result of the final thesis, a comprehensive and comprehensive summary table of the data analyzed is presented (Annex 2). The most important data used in the table were: Chronological ordering of Marine survey data by the Maritime Administration on the basis of observation nights, the minimum depths in meters in the west and east of the Channel, the water level data inherited from the Estonian weather service, the wind direction and the maximum wind speed for each year. Also the volume data from maritime surveys was supplemented by a summary table of information.

The final thesis on Rukki channel is a process that is not yet over, but is an input for the future research.

VIIDATUD ALLIKAD

Alphagis. arcmap

<http://www.alphagis.ee/tooted/esri/arcgis-for-desktop/> (12.05.2018)

Fledermaus. Qps.nl

<http://www.qps.nl/display/fledermaus/main> (16.06.2018)

Keskkonnaagentuur. 2016. „Tuul ja meretasemed Haapsalu sadam 2007-2016.“ Tallinn

Keskkonnaagentuur. 2017. „Tuul ja meretasemed Haapsalu sadam 2017.“ Tallinn

Lutt, J (2010). Eesti loodus

http://www.eestiloodus.ee/artikkel3132_3110.html (05.05.2018)

Mõõdistustehnika. Hüdrograafiaosakond 2018. Veeteede Amet

<http://adam.vta.ee/teenused/hnt/yldinfo/tehnika.html> (15.05.2018)

Praamid.ee

<https://www.praamid.ee/wp/leiger/> (07.05.2018)

Rahvusvahelise Hüdrograafiaorganisatsiooni hüdrograafiliste mõõdistustööde standard. (2008). IHO normdokument S-44.

Rukkirahu. (1996). – Mereleksikon. 1 kd. Eesti Entsüklopeediakirjastus, lk 372

Rukkirahu (2018) – Keskkonnaagentuur.

http://loodus.keskkonnainfo.ee/eelis/default.aspx?comp=objresult=saar&obj_id=1962737386 (13.05.2018)

R.Süsteemid. Ülesanded ja ajalugu. Hüdrograafiaosakond. Veeteede Amet

<http://adam.vta.ee/teenused/hnt/yldinfo/index.html> (15.05.2018)

Sedman, P. IPT Projektijuhtimine OÜ (2000). Puurtööd Rukki ja Heltermaa kanaleis geoloogiline uuring. Tallinn. Veeteede Amet Arhiiv.

Veeteede Amet artikkel (2009). Selgitus Rohuküla-Heltermaa laevatee sügavusandmete kohta

<http://www.vta.ee/index.php?id=12057&highlight=rukki> (28.04.2018)

Veeteede Amet rubriik (2014). Rukki kanali süvendustööd on lõppenud
<http://www.vta.ee/rukki-kanali-suvendustood-on-lopetatud/> (29.04.2018)

Veeteede Amet artikkel (28.02.2018). Riik tellib Rukki kanali süvendustööd
<http://www.vta.ee/riik-tellib-rukki-kanali-suvendustood-tanavu-suvel/> (28.04.2018)

Ülesanded ja ajalugu. Hüdrograafiaosakond 2018. Veeteede Amet
<http://adam.vta.ee/teenused/hnt/yldinfo/index.html> (15.05.2018)

LISAD

Lisa 1 Analüüsid andmete andmereal

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
id	Nimi	Staat	IHO kategooria	Pindala	Mööleage	Sisestusaeg	Laev											
2	426	rukk99	valmis	ERI	141.1	04.07.1999	08.02.2005	EVA										
3	584	rukk99	valmis	ERI	144.54	13.08.2000	19.11.2006	EVA										
4	276	rukk99	valmis	ERI	347.3	27.08.2000	25.02.2004	EVA										
5	271	rukk2001	valmis	ERI	52.12	21.05.2001	25.02.2004	EVA										
6	450	rukk2002	valmis	ERI	22.41	15.04.2002	06.06.2005	EVA										
7	273	rukk2003	valmis	ERI	29.5	12.04.2003	25.02.2004	EVA										
8	4708	rukkj_2004	valmis	ERI	75.13	29.05.2004	07.02.2011	EVA										
9	4711	rukkkanal_2006	valmis	ERI	30.81	08.08.2006	07.02.2011	EVA										
10	5106	rukkj_02	valmis	ERI	44.7	02.09.2006	31.07.2011	EVA										
11	4706	rukkkan_08	valmis	ERI	38.9	04.07.2008	07.02.2011	EVA										
12	646	rukkkan_09	valmis	ERI	56.99	28.03.2009	22.05.2009	EVA										
13	4710	rukkkan_10	valmis	ERI	57.6	10.08.2010	07.02.2011	EVA										
14	6570	rukkkanal_12	valmis	ERI	41.46	10.06.2012	23.07.2012	EVA										
15	6708	rukk2013	valmis	ERI	58.65	07.04.2013	10.04.2013	EVA										
16	6832	rukkj_kan14	valmis	ERI	59.49	07.04.2014	20.09.2014	EVA										
17	6909	rukkkanal_2014_m14112	valmis	ERI	59.3	30.10.2014	05.11.2014											
18	6957	rukkkan_15	valmis	ERI	31	24.03.2015	16.05.2015	EVA										
19	6966	rukkkan_2015mai	valmis	ERI	18.1	07.04.2015	16.05.2015	EVA										
20	7093	rukkj_kanal_200815	valmis	ERI	10.05	28.07.2015	14.08.2015	Jakob Prei										
21	7135	rukkkan_09-2015	valmis	ERI	14.88	06.10.2015	04.11.2015	Jakob Prei										
22	7198	rukkkan270516	valmis	ERI	27.25	27.04.2016	15.05.2016	EVA										
23	7257	rukkj_kanal_2016_prei	valmis	ERI	11.6	18.07.2016	31.07.2016											
24	7299	rukkj_0kt_2016	valmis	ERI	45.7	20.09.2016	02.10.2016	KAJA										
25	7301	rukkj_0kt_2016	valmis	ERI	21.4	25.09.2016	25.09.2016	KAJA										
26	7322	rukkj_2017	valmis	ERI	54.72	18.03.2017	05.04.2017	KAJA										
27	7490	rukkj_150817	valmis	ERI	23.25	15.07.2017	17.07.2017	KAJA										
28	7494	rukkj_210817	valmis	ERI	410.1	21.07.2017	21.07.2017	Jakob Prei										
29	7498	rukkj_04092017	valmis	ERI	410.1	04.08.2017	05.08.2017	Jakob Prei										
30	7506	rukkkan_150917	valmis	ERI	5.34	25.08.2017	27.08.2017	Jakob Prei										
31	7510	rukkj_kan_111017	valmis	ERI	7.6	11.09.2017	12.09.2017	EVA										
32	7525	rukkj_221117	valmis	ERI	4.65	22.10.2017	24.10.2017	Jakob Prei										
33	7544	rukkj_kan_191217	valmis	ERI	7.04	19.11.2017	19.11.2017	KAJA										

Lisa 2 Analüüsitud andmete koondtabel

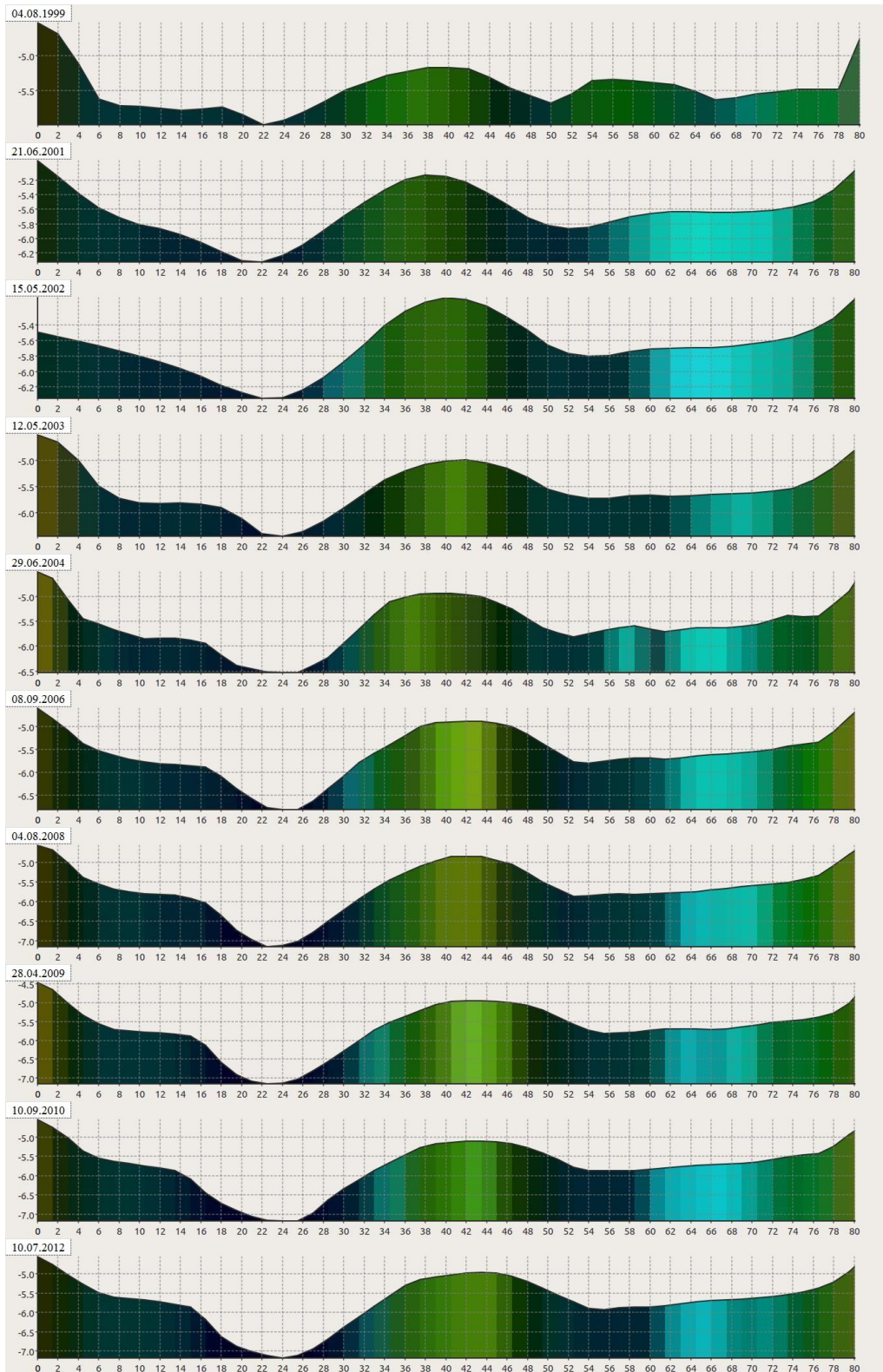
The screenshot shows an Excel spreadsheet with a data table and two summary tables. The data table has columns for Name, Date, Min sogavus Lääs (m), Min sogavus lide (m), Veetase BK77 (cm), Tuule suund (°), and Max tuule kiirus (m/s). The summary tables provide statistical analysis for two groups: 'Maaaru radar' and 'Maaaru radar'.

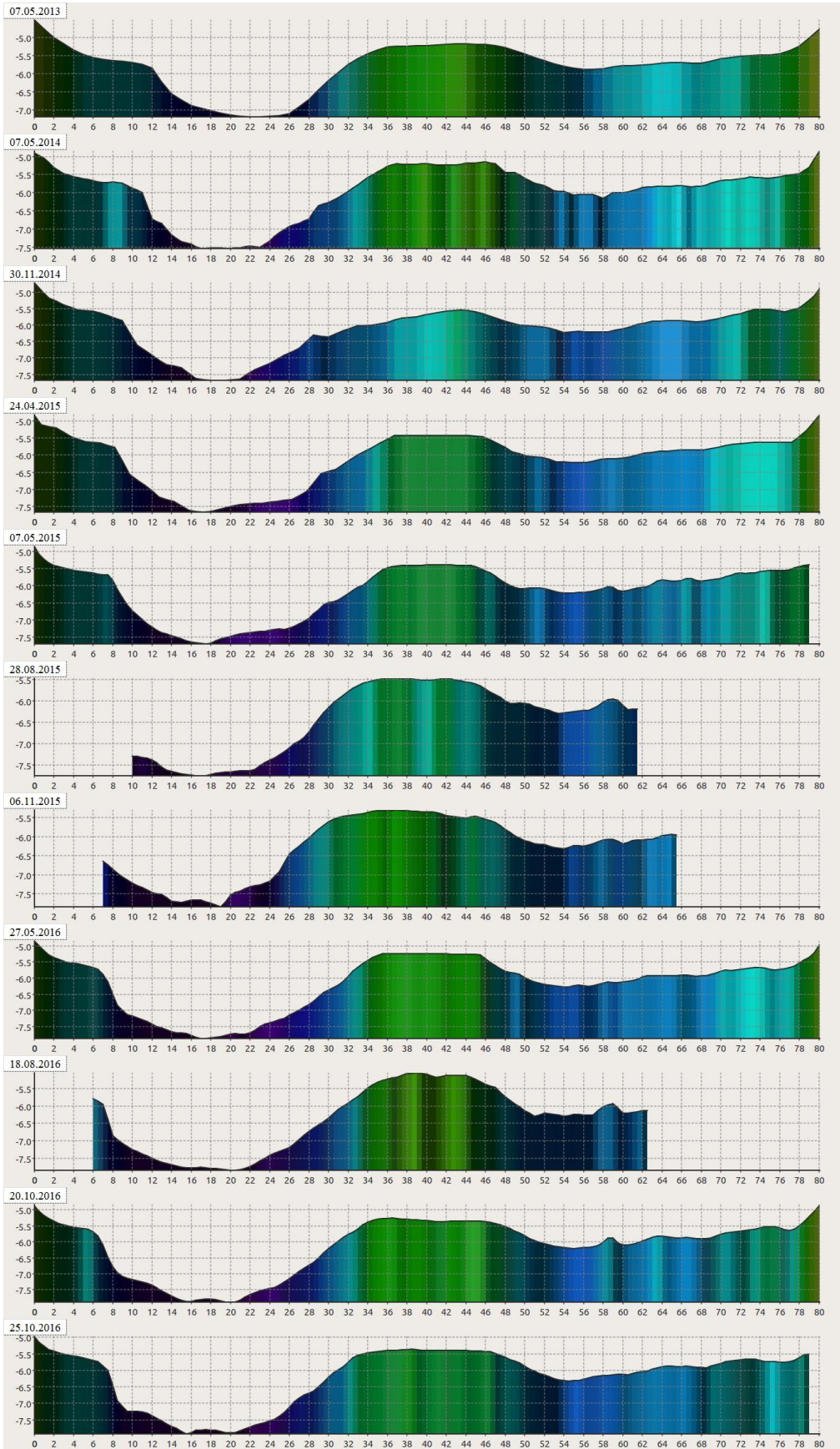
Nimi	Aasta kuupäev	Min sogavus Lääs (m)	Min sogavus lide (m)	Veetase BK77 (cm)	Tuule suund (°)	Max tuule kiirus (m/s)
1	04.08.1999	4.88	5.24			
2	21.06.2001	5.35	5.03			
3	15.05.2002	5.4	5.04			
4	12.05.2003	5.45	4.98			
5	29.06.2004	5.43	4.94			
6	08.09.2006	5.42	4.89			
7	04.08.2008	5.49	4.84	-4	110	7.3
8	28.04.2009	5.46	4.95	-28	135	4.8
9	10.09.2010	5.53	5.08	-26	136	8.7
10	10.07.2012	5.52	4.97	1	243	5.4
11	07.05.2013	5.43	5.07	-17	236	6.5
12	07.05.2014	5.48	5.18	-34	129	8.7
13	30.11.2014	5.44	5.51	-43	102	38
14	24.04.2015	5.42	5.45	-4	314	5.8
15	07.05.2015	5.17	5.43	-6	287	5.7
16	28.08.2015	5.36	5.48	-16	303	4.8
17	06.11.2015	5.19	5.38	-21	158	5.4
18	27.05.2016	5.36	5.27	-10	185	7.7
19	18.08.2016	5.22	5.12	18	133	10.1
20	20.10.2016	5.18	5.27	-58	122	8.5
21	25.10.2016	5.4	5.5	-60	97	5
22	18.04.2017	5.26	5.28	-9	44	8.3
23	16.05.2017	5.28	5.22	-27	49	5
24	22.05.2017	5.24	5.1	-19	289	5
25	29.05.2017	5.23	5.16	-4	328	8
26	05.06.2017	5.22	5.14	-1	185	4
27	12.06.2017	5.17	5.08	0	192	6.3
28	19.06.2017	5.16	5.12	11	283	5.3
29	26.06.2017	5.24	5.22	44	243	9.7
30	03.07.2017	5.28	5.23	23	251	7.1
31	10.07.2017	5.24	5.21	15	188	5.5
32	17.07.2017	5.32	5.25	20	254	7.6
33	24.07.2017	5.09	5.11	-6	333	6.2
34	31.07.2017	5.11	5.14	-4	224	5.4
35	07.08.2017	5.18	5.21	29	283	9.4
36	14.08.2017	4.94	5.16	7	295	5.3
37	15.08.2017	4.83	5.14	0	195	5.4
38	21.08.2017	4.89	5.03	3	192	4.4
39	28.08.2017	4.92	4.94	0	336	3.4
40	04.09.2017	4.95	4.84	-27	90	13.1
41	11.09.2017	4.98	4.87	2	185	7
42	18.09.2017	5.09	4.92	-17	32	12.8
43	25.09.2017	5.13	4.86	-14	127	9.2
44	02.10.2017	5.11	4.98	35	317	7.2
45	09.10.2017	4.87	4.95	38	234	9.4
46	16.10.2017	5.02	4.98	-10	116	6.4
47	23.10.2017	5.05	4.96	21	358	11
48	30.10.2017	5.01	4.93	26	249	5.3
49	06.11.2017	4.89	4.78	29	263	4.8
50	13.11.2017	4.87	4.96	29	155	5.2
51	20.11.2017	4.88	4.96	29	155	5.2
52	27.11.2017	4.88	4.96	29	155	5.2

veetase	Väljastatud						
Jaan	sediment	minimium	maksimum	suund	shakar	sedime kiirus (m/s)	Maksimum kiirus (m/s)
Maaaru radar	-13.07	-60	93	179	S	8.8	38

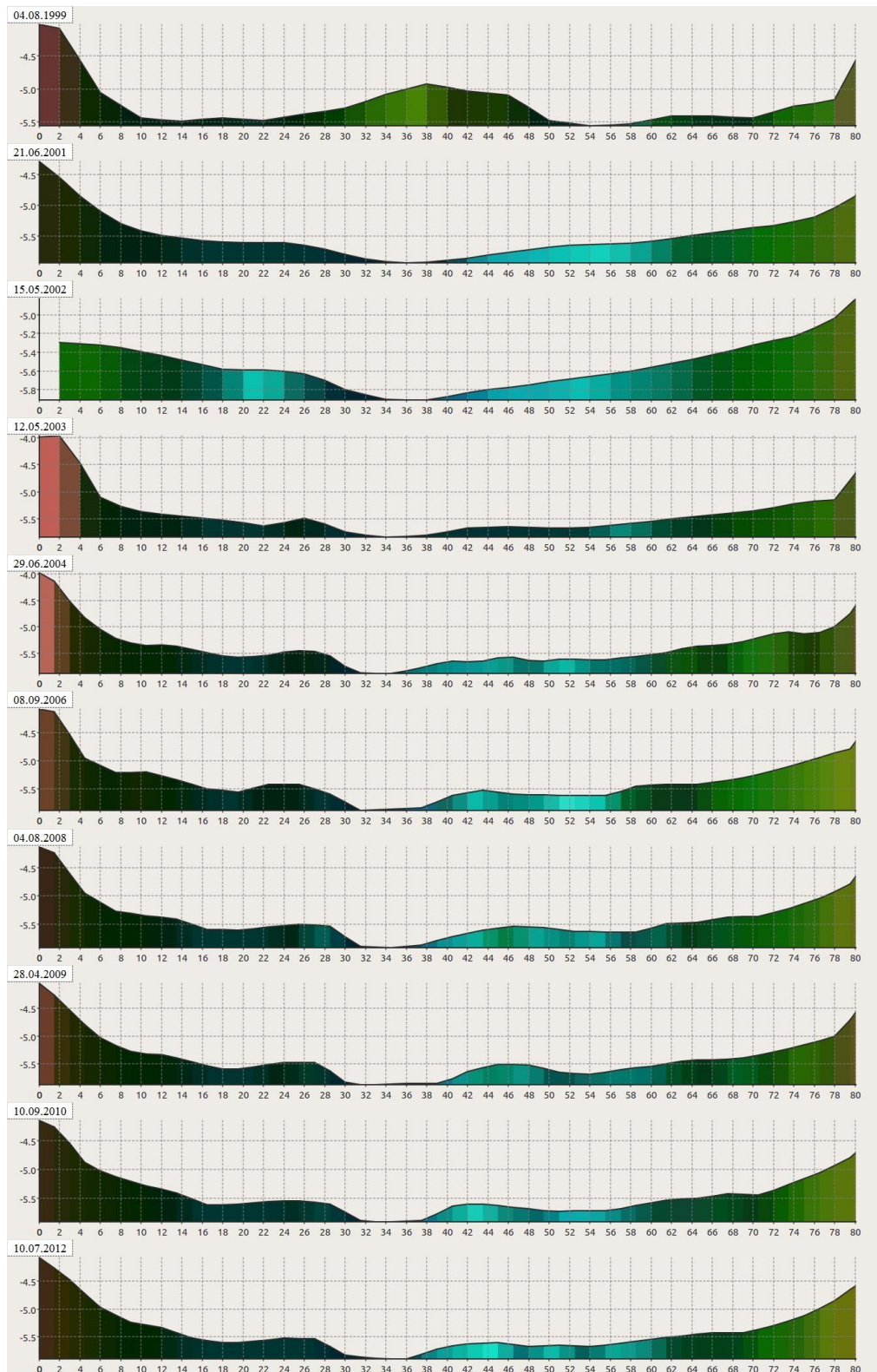
veetase	Väljastatud						
Jaan	sediment	minimium	maksimum	suund	shakar	sedime kiirus (m/s)	Maksimum kiirus (m/s)
Maaaru radar	8.40	-27	44	208	SSW	7.1	13.3

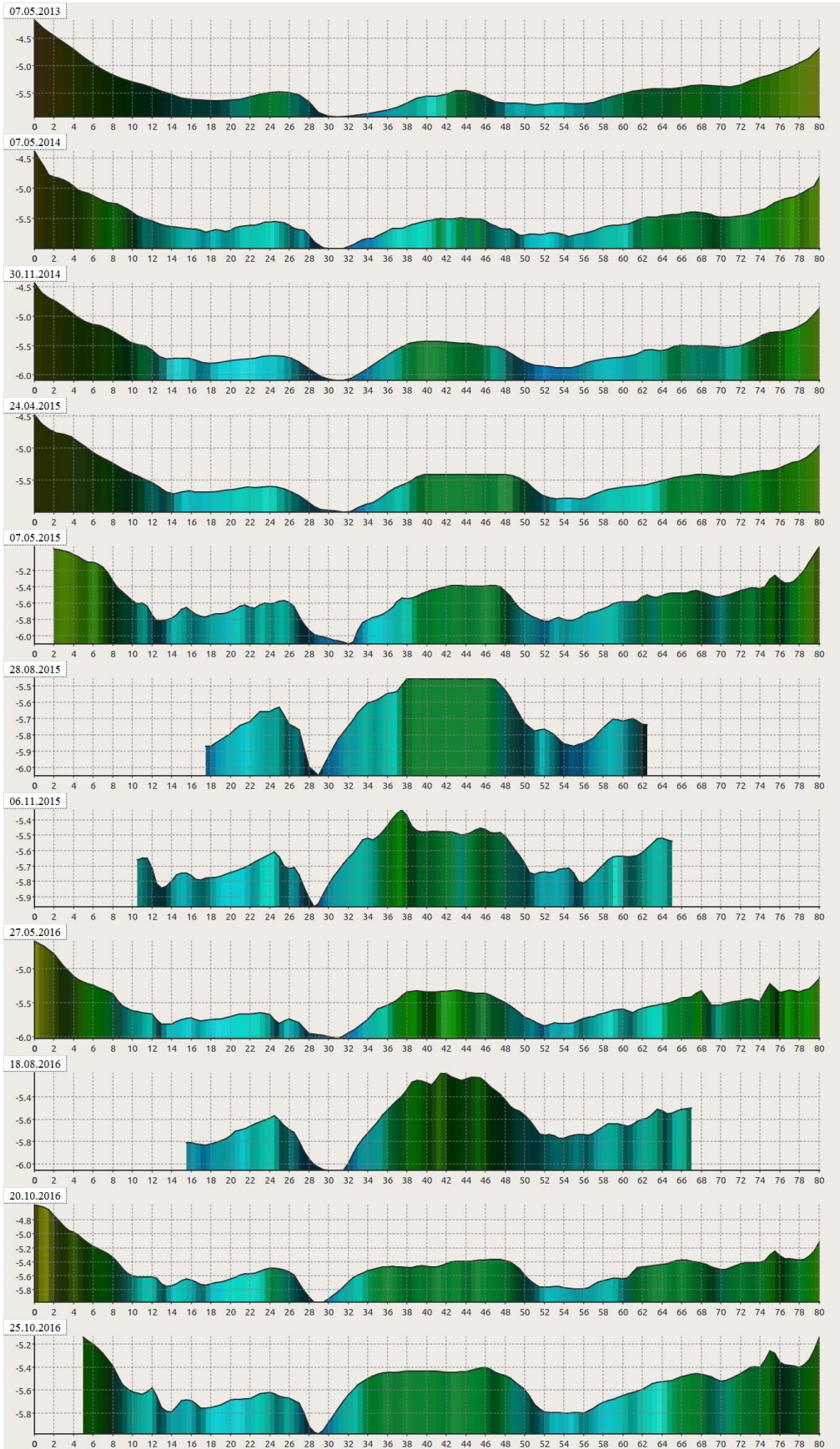
Lisa 3 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 1999-2016 ida osa



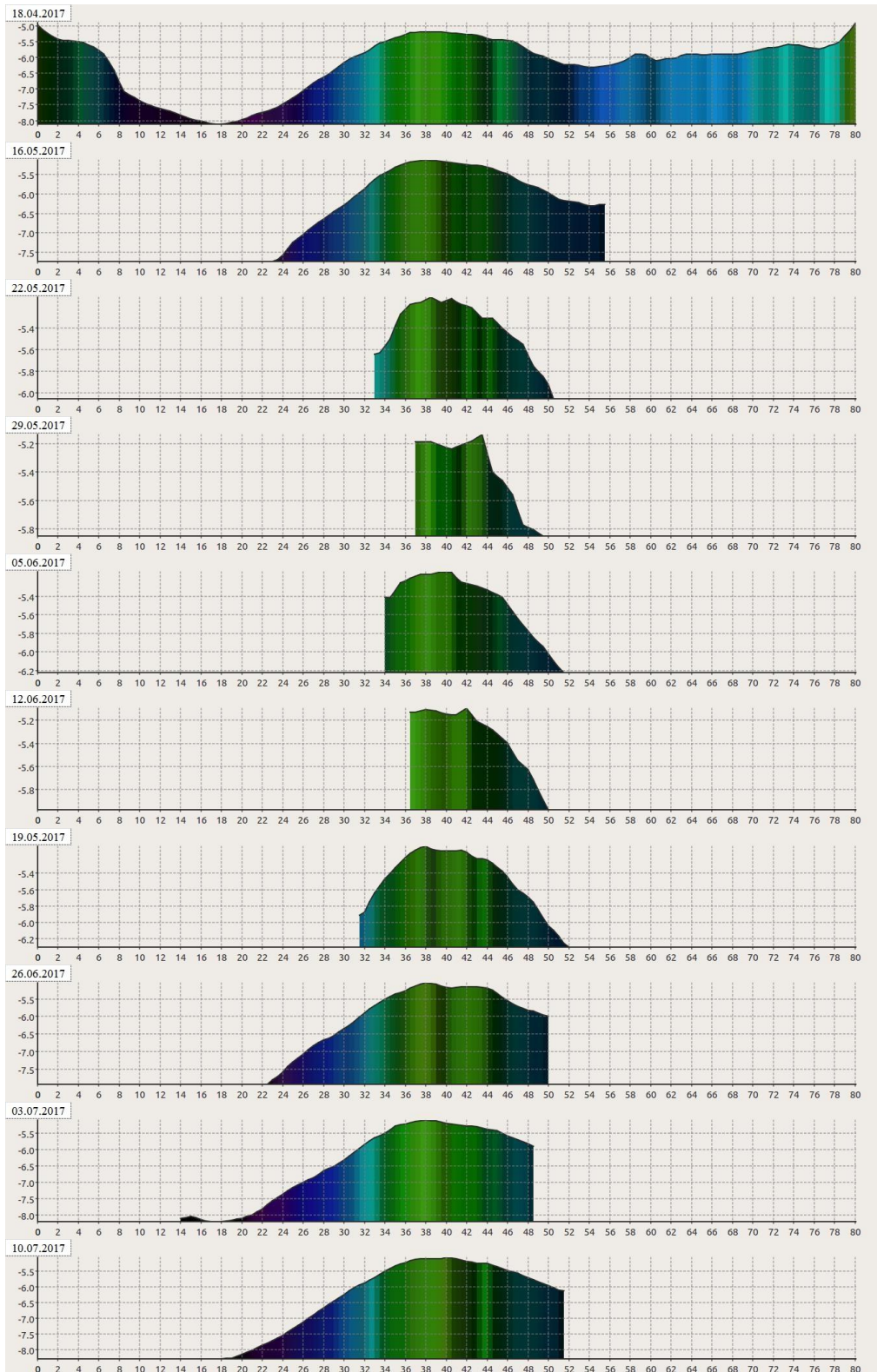


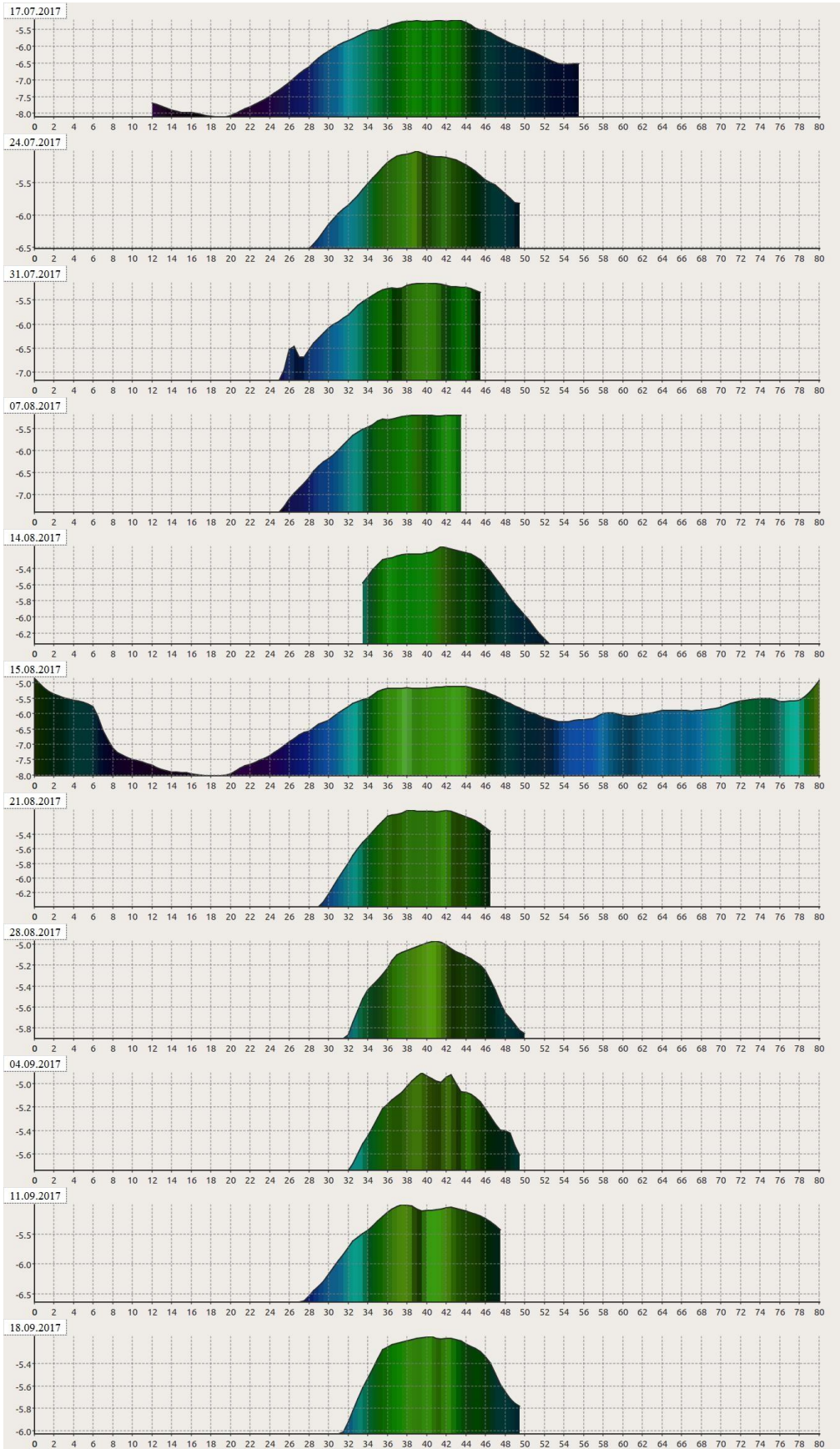
Lisa 4 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 1999-2016 lääne osa

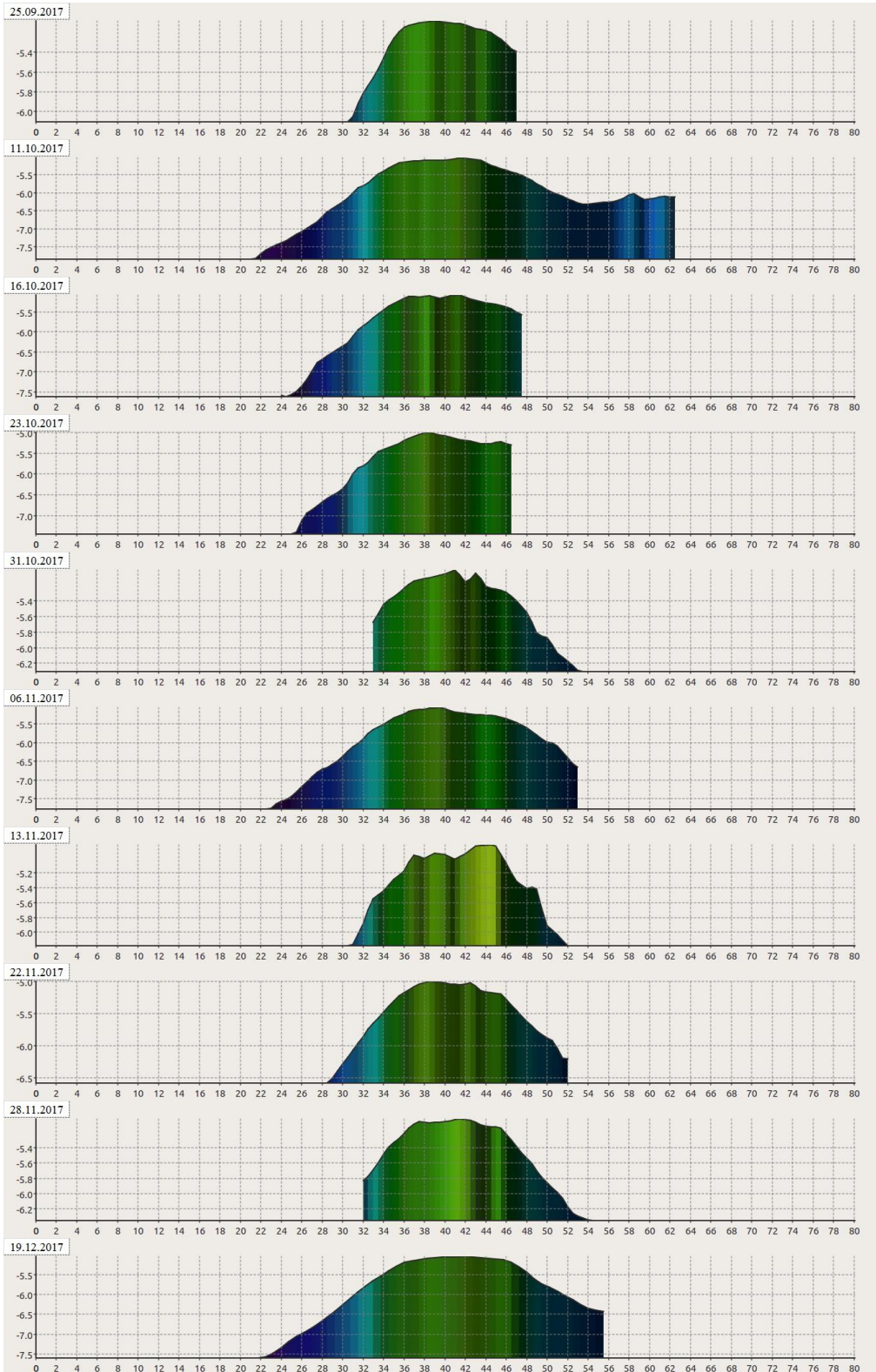




Lisa 5 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 2017 ida osa







Lisa 6 Rukki kanali ristlõike ajaline muutlikkus 2017 lääne osa

