

Maarius Utso

**KANALITE HOOLDUSE PLANEERIMINE EESTIS
LÄHTUVALT BATÜMEETRILISTE MUUTUSTE JA
LAEVALIIKLUSE TIHEDUSE ANALÜÜSIST**

Magistritöö

Juhendaja: PhD Inga Zaitseva-Pärnaste

Tallinn 2020

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Maarius Utso

.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 183072VAAM

Üliõpilase e-posti aadress: maariusutso@gmail.com

Juhendaja PhD Inga Zaitseva-Pärnaste:

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: /tiitel, ees- ja perekonnanimi/

Lubatud kaitsmisele

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

Sisukord

Annotatsioon.....	5
Kasutatud mõisted ja lühendid	6
Sissejuhatus	8
1 Merepõhja muutumine ja süvenduste teostamine laevateedel.....	10
1.1 Merepõhja pikaajalised muutused	10
1.1.1 Ajaloolised kaardid.....	10
1.1.2 Mõõdistamine	11
1.1.3 Varem tehtud uuringud	13
1.2 Laevateede hoolduse planeerimise praktika Eestis ja mujal	15
1.2.1 PIANC-i juhendid.....	15
1.2.2 Soome näide	17
1.2.3 Ungari näide	18
1.2.4 Olukord Eestis	19
1.3 Süvendamisega seotud tööd Saareotsa, Rukki, Eesti Värava ja Praaga kanalites	23
1.3.1 Saareotsa kanal	23
1.3.2 Rukki kanal	26
1.3.3 Eesti Värava kanal	33
1.3.4 Praaga kanal	38
2 Metoodika	41
2.1 Sügavusandmete töötlemise metoodika	41
2.1.1 Andmed Hüdrograafia Infosüsteemist	41
2.1.2 Andmete töötlemine programmiga ArcGIS Pro.....	42
2.2 Metoodika laevaliikluse intensiivsuse hindamiseks Eesti kanalites.....	43
2.3 Arhiivandmete kogumine, sortimine ja üldistamine.....	44
3 Analüüs.....	45
3.1 Saareotsa kanal	45
3.2 Rukki kanal.....	50
3.3 Eesti Värava kanal	58
3.4 Praaga kanal	61
4 Tulemused ja ettepanekud edaspidiseks	64
4.1 Saareotsa kanal	64
4.2 Rukki kanal.....	64

4.3	Eesti Värava kanal	66
4.4	Praaga kanal	66
4.5	Üldised ettepanekud.....	67
	Kokkuvõte	69
	Summary	70
	Viidatud allikad	72
	Lisad.....	79
	Lisa 1. Alla laetud mõõdistusandmete parameetrid.....	79
	Lisa 2. Mõõdistuste ajad uuritavates kanalites	79
	Lisa 3. Sügavusandmete toomine programmi ArcGIS	80
	Lisa 4. Kõrgusüsteemilt BK77 kõrgusüsteemile EH2000 üleminekul toimunud muutused.....	80
	Lisa 5. Mõõdistusandmed esitatud punktidenä.....	81
	Lisa 6. TIN-i loomine ArcGIS-is.....	81
	Lisa 7. TIN-ide võrdlemine	82
	Lisa 8. Tööriista <i>Summary Statistics</i> kasutamine	82
	Lisa 9. Mahu erinevuste kuvamine ArcGIS-is	83
	Lisa 10. Tööriista <i>Pairwise Intersect</i> kasutamine ArcGIS-is.....	83

Annotatsioon

Laevateede osaks olevate süvendatud kanalite hooldus on oluline osa laevateede korrashoiust. Laevatee on veeteede osa, mis on veeliikluseks sobivaim ning navigatsiooniteabes avaldatud ja vajaduse korral looduses tähistatud (MSOS 2001). Kui peetakse vajalikuks luua tingimused suurema süvisega laevade liikumiseks, süvendatakse veekogu põhja renn, mida nimetatakse kanaliks. Eestis asuvad üldkasutataval laevateel nt Praaga, Eesti Värava, Rukki ja Saareotsa kanal, mida vaadeldakse käesolevas töös lähemalt.

Laevateed on võimalik projekteerida, vajadusel tähistada navigatsioonimärkidega, süvendada ja lõpuks avaldada vastav info navigatsiooniteabes vaid juhul, kui on olemas piisavalt informatsiooni põhja omaduste ja veeteede kasutajate kohta. Laevatee loomise ja korrashoiu üheks peamiseks eelduseks on merepõhja tundmine. Eestis on Veeteede Amet liigeldavamates paikades teostanud hüdrograafilisi mõõdistusi järjepidevalt alates 1999. aastast ning riiklike vahenditega süvendatud kanaleid mõõdistatakse igal aastal. Varasemad mõõdistused on kehva resolutsiooniga ning ei anna adekvaatset ettekujutust batümeetria (merepõhja topograafia) kohta.

Käesoleva magistr töö eesmärk on koondada ja üldistada olemasolevaid andmeid põhiliste kanalite (Praaga, Eesti Värava, Rukki ja Saareotsa) batümeetriast ning välja selgitada, kas olemasolevaid andmeid võrreldes ja analüüsid on võimalik teha järeldusi kanalites toimuvate merepõhja muutuste kohta ja kavandada nende hooldamist tulevikus. Kui mõõdistusandmed välja arvata, siis kanalites teostatud tööde kohta pole süstemaatiliselt andmeid säilitatud. Andmed tuli analüüsi tarbeks kokku koguda erinevatest allikatest. Sügavuste muutumist kirjeldavate andmete adekvaatselt hindamiseks tuli välja selgitada kõik kanalites tehtud süvendustööd ja läbi töötada kanalite kohta olemas olevad dokumendid ja allikad. Nelja kanali batümeetrilisi muutusi, olemasolevaid dokumente ja laevaliikluse tihedust analüüsid loob käesolev magistr töö alusmaterjali kanalite (sh erasektori ja väiksemate kanalite) hooldamise planeerimiseks.

Võttesõnad: süvendamine, kanalite hooldus, batümeetria, ArcGIS, laevaliikluse tihedus

Kasutatud mõisted ja lühendid

1. AIS - laevade automaatse identifitseerimise süsteem (*the automatic identification system*)
2. ASCII - ameerika informatsioonivahetuse standardkood (*American Standard Code for Information Interchange*)
3. Batümeetria - veekogude sügavusemõõtmine
4. BK77 - Balti 1977. aasta kõrgussüsteem
5. CEMT - Euroopa transpordiministrite konverents (*European Conference of Ministers of Transport*)
6. EH2000 - Euroopa kõrgussüsteem
7. HIS - Veeteede Ameti hüdrograafia infosüsteem
8. HO - Veeteede Ameti hüdrograafia ja navigatsioonimärgistuse teenistuse hüdrograafiaosakond
9. IALA - Rahvusvahelise Tuletornide ja Meremärkide Administratsioonide Assotsiatsioon (*International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*)
10. IHO - Rahvusvaheline Hüdrograafiaorganisatsioon (*International Hydrographic Organization*)
11. IMO - Rahvusvaheline Mereorganisatsioon (*International Maritime Organization*)
12. Kanal - meres madalveeala põhja süvendatud renn läbipääsuks laevadele
13. Kanali kasutaja - laev, mis oma süvise tõttu ilma kanalita ei saa veekogu läbida
14. Kanali nõlvus - kanali nõlvade kalle väljendatuna nõlva laiuse ja kõrguse suhtarvuna
15. Laevatee - veeteede osa, mis on veeliikluseks sobivaim ning navigatsiooniteabes avaldatud ja vajaduse korral looduses tähistatud
16. PIANC - Maailma Veetransporditaristu Liit (*World Association for Waterborne Transport Infrastructure*)
17. Projektkanal - projektis määratud mõõtmete ja asukohaga kanal
18. Projektläev - laev, mille parameetritega saab laevatee projekteerimisel arvestada
19. MSOS - meresõiduohutuse seadus
20. Süvendamine - veekogu sügavamaks tegemine ja selle põhja kuju muutmine pinnase väljavõtmise või ümberpaigutamise abil
21. TIN - TIN-kõrgusmudel ehk pinna kolmnurkmudel (*triangulated irregular network*)
22. VA - Veeteede Amet
23. Veeluba - keskkonnaluba vee erikasutuseks
24. VeeS - veeseadus

25. Üldkasutatav veetee - veetee osa, mis asub väljaspool sadama akvatooriumi ja selle sissesõiduteed
26. WMS-teenus - kaarditeenus, mis võimaldab aluskaartide ja andmete kasutamist erinevate GIS-tarkvaradega reaalajas

Sissejuhatus

Laevateede korrashoid mängib olulist osa meresõiduohutuse tagamisel. Tihti ei ole laevatee terves ulatuses piisava sügavusega ning ohutu laevaliikluse tagamiseks tuleb rajada kanal. Kanali ehk laevatee madalamasse ossa kaevatud renni rajamine on kulukas ja aeganõudev protsess. Pärast kanali rajamise vajaduse tuvastamist tuleb koostada kanali ja vajadusel ka koos navigatsioonimärgistusega laevatee kui terviku projekt. Suuremate süvendusmahtude puhul tuleb kanali rajamiseks teostada keskkonnamõjude hindamine ning pinnase ja aluspõhja omaduste teada saamiseks geoloogilised uuringud. Tuleb leida ka sobiv kaadamisala, kuhu välja kaevatud pinnas ladustada. Kui kõik load ja projektid on olemas, tuleb leida süvendustöödega tegelev ettevõtte. VA puhul tähendab see riigihanke tegemist. Kuna süvendustehnikat Eestis napib, siis on sageli tegemist rahvusvahelise hankega. Enne hanke väljakuulutamist tuleb eelarvesse planeerida piisavad vahendid. Kuigi väiksemate kanalite rajamine on lihtsam ja ettevõtted paindlikumad, on süvendustehnika mobilisatsioon ehk kohale toimetamine igal juhul kulukas. Käesolevas magistritöös püüab autor välja selgitada, mis ulatuses oleks Eestis põhiliste laevatatavate kanalite puhul võimalik töid ühiselt planeerida ja sel moel kulusid optimeerida.

Kuna kanalid asuvad veekogu madalates osades, mis on tundlikud inimtegevuse suhtes, on keskkonna seisukohast eriti oluline tegevusi veekogu põhjas korrektselt planeerida. Kanali hooldamata jätmise tagajärjel juhtunud laevaõnnetus võib olla ohuks nii inimestele kui ka looduskeskkonnale. Puudulik kanalite hoolduse planeerimine võib viia parvlaevaühenduse katkemiseni saartega.

Kanali süvendustööd peavad olema kooskõlastatud Keskkonnaametiga ja projekt Veeteede Ametiga, aga konkreetsed nõuded projekti koostamiseks ja tööde läbiviimiseks puuduvad. Juhiseid pole ka kanalite hooldamiseks. Üheks käesoleva töö eesmärgiks on kaardistada kanalite rajamise ja hooldamisega seotud seadusandlikud piirangud Eestis. Võrdluseks on toodud mõned näited kanalite hooldamise põhimõtetest. Lisaks PIANC-i juhiste kirjeldatakse kanalite hooldamise praktikaid Soomes ja Ungaris.

Magistritöös uuritakse lähemalt nelja üldkasutataval veeteel asuvat kanalit: kaht Väinameres (Rukki ja Saareotsa) ning kaht sisevetel (Praaga ja Eesti Värav). Käesoleva töö oluliseks rakenduseks on sisendi loomine Veeteede Ametile kanalite hooldamise planeerimiseks.

Töö esimeses peatükis antakse ülevaade olemasolevatest ja autorile kättesaadavatest materjalidest merepõhjust ja süvendustööde teostamise kohta.

Töö teine peatükk kirjeldab sügavusandmete töötlemiseks ning laevaliikluse intensiivsuse hindamiseks kasutatud meetodikaid. Laevaliikluse tiheduse hindamiseks analüüsis autor AIS-andmeid.

Magistritöö kolmas peatükk keskendub navigatsioonikaartide võrdlemisele ja teostatud tööde kohta olemas olevate andmete analüüsile. Kui uute kanalite ehk Saareotsa ja Eesti Värava puhul on nende rajamise aeg selgesti tuvastatav, siis Rukki ja Praaga kanali puhul pole see nii lihtne. Selleks on töös uuritud nii vanu navigatsioonikaarte kui ka arhiivimaterjale. Viimaste aastakümnete kohta käiv info põhjas toimunud muutuste kohta põhineb täpsete standardite järgi kogutud mõõdistusandmetel. Valitud kanalite puhul vaadeldakse kõiki Veeteede Ameti hüdrograafialaevade viimase 25 aasta jooksul kogutud mõõdistusandmeid. Andmete põhjal on analüüsitud pikaajalisi põhja muutusi, kasutades ruumiliste andmete töötlemiseks loodud programmi ArcGIS Pro.

Neljandas peatükis annab autor ülevaate tulemustest ning teeb nende põhjal konkreetseid ettepanekuid kanalite hooldamise planeerimiseks tulevikus. Ühtlasi püütakse leida vastus küsimusele, kas kanalite hooldust on otstarbekas ka tulevikus planeerida seniste andmete ja praktikate kohaselt.

Veeteede Ameti strateegias 2020-2024 on kirjas veeteede hoiukava koostamine aastani 2035 ning käesolevat tööd saab kasutada sisendina selle kanalite hooldust puudutavale osale.

Autor on tänulik heade nõuannete ja abi eest Pärtel Keskkülale ja Ave Annistele, kes on käesoleva töö valmimisele kaasa aidanud. Autor soovib tänada ka juhendajat Inga Zaitseva-Pärnastet juhendamise eest.

1 Merepõhja muutumine ja süvenduste teostamine laevateedel

Peatükis antakse ülevaade veekogude põhja muutuste tuvastamisest, tuuakse näiteid laevateede planeerimisest ning antakse ülevaade vaadeldavates kanalites tehtud töödest.

1.1 Merepõhja pikaajalised muutused

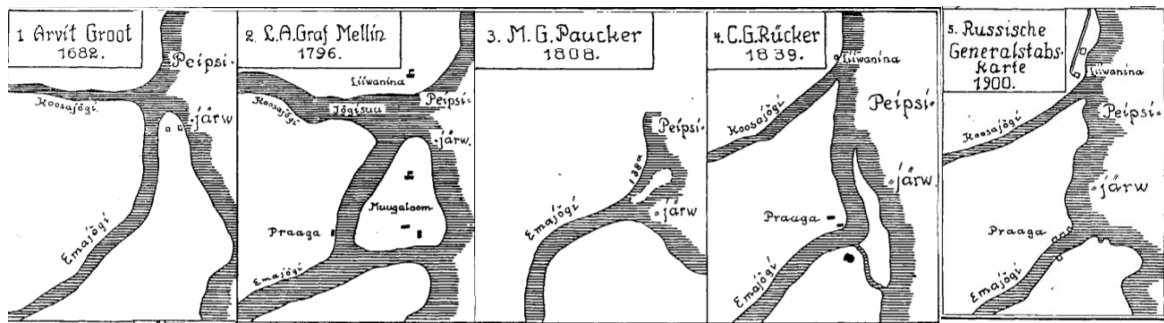
1.1.1 Ajaloolised kaardid

Kaardid võimaldavad mitmekülgse info edastamist kiiresti hoomataval kujul. Kaarte toodetakse väga erinevatel otstarvetel. Üks kaartide liike on navigatsioonikaardid, kus on olulisel kohal teave veekogu sügavuse kohta. Aegade jooksul on erinevatele navigatsioonikaartidele talletatud mitmesugust informatsiooni veekogu põhja kohta.

Tänapäevase merepõhja kaardistamise algus sattus samale ajale tänapäevase okeanograafia tekke, süvamere teadusliku uurimise alguse ning ettevõtete huviga paigaldada merepõhja telegraafikaableid. Sajandiga purunes ilmetu ja staatilise merepõhja kontseptsioon ja avastati üksikasjaliku batümeetria võimalused. Esimene sügavusandmetega kaart koostati ja avaldati Matthew Fontaine Maury poolt 1853. aastal. (Dierssen 2014)

Navigatsioonikaardid on väärtuslik andmete allikas, kui uuritakse morfoloogilisi muutusi jõgede suudmetes, kuna pakuvad batümeetrilist informatsiooni ning seda pika perioodi jooksul. Et aru saada põhja sügavuste muutustest ja hinnata mahtusid, on vaja usaldusväärseid järjestikuseid mõõdistusi. (Van der Wal, Pye 2003)

Selle töö kontekstis võib Eestis tehtud ajalooliste kaartide võrdlusena välja tuua A. Mieleri töö aastast 1926 (Mieler 1926). Mieler ei võrdle küll batümeetrilisi andmeid, kuid kaardid (vt Joonis 1) annavad aimu Emajõe suudmes toimunud muutustest viimase 300 aasta jooksul. Erineva mõõtkavaga kaardid on omavahel sobitatud ja viimaselt on juba selgesti näha Emajõe suudme täna ära tuntavad kontuurjooned.



Joonis 1. Emajõe suudme muutumine 1682-1900 (Mieler 1926)

Vanadelt kaartidelt on võimalik tuvastada madalike tekkimist, liikumist ja pinnase väljauhtumist ning kanalite ehituse algust. Tuleb siiski meeles pidada, et kui püüda leida pikaajalist mahtude muutumist, tuleb arvestada vigadega, mis on seotud mõõtmistehnoloogia, valimi koostamise ja kaardi koostamisega ning kokkuvõttes võib see viga olla reaalistest muutustest suurem. (Van der Wal, Pye 2003)

Järjestikused batümeetrilised kaardid võimaldavad pikaajaliste morfoloogiliste muutuste uurimist, seda eriti kohtades, kus muutlikkus on suur. (Van der Wal, Pye 2003) Leviksonarite jõudmine tsiviilkartograafia kasutusse, ligipääs tähelepanuväärselt täpsetele positsioneerimisandmetele, satelliitkõrgusmõõtmise kaugseire tehnoloogia areng ja arvutipõhine analüüs ja interpoleerimine on 20. sajandi teises pooles viinud batümeetrilise kaardistamise omakorda uute edusammudeni. (Dierssen 2014)

1.1.2 Mõõdistamine

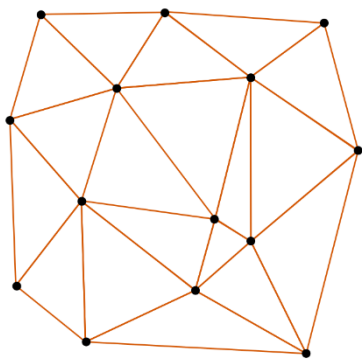
IHO on seadnud standardid, mida kasutatakse mõõdistamisel ja navigatsioonikaartide koostamisel üleilmselt. VA on Eestis IHO standarditele vastavat mõõdistamist teinud alates 1995. aastast.

Rahvusvahelisele standardile vastav kvaliteetne hüdrograafiline mõõdistamine ei ole mõeldav ilma kaasaegse tark- ja riistvarata. Nii kavandamine kui ka mõõdistamine toimub Eestis kohaliku firma AS R-Süsteemid loodud tarkvara RAN abil, andmetöötlus sama firma tarkvaraga AEGIR ja Kanada firma Universal Systems paketi CARIS abil. HO hüdrograafilise mõõdistussüsteemi riistvara moodustavad järgmised seadmed: kajaloodid, GPS seadmed, gürokompass, kõikumise registraator, helikiiruse mõõtja ja vajadusel ka külgvaatesonar. (VA HO 2020)

Peamised kriteeriumid süvendustööde töömahukuse hindamiseks on süvendatava pinnase mahu hindamine ning pinnase omadused. Süvendusmeetodi valimine, tootlikkuse hindamine, süvendamise kiiruse hindamine ning lõpuks süvendusprojekti maksumus sõltuvad kõik süvendatava pinnase mahu täpsest hindamisest. Süvenduse nõuete ja süvendajale makstava tasu määramiseks, kaadamisalade jälgimiseks ning tööde vastavuse ja saavutatud sügavuse hindamiseks kasutatakse alati hüdrograafilisi mõõdistusi. (El-Hattab 2014)

Süvendusmahtude määramiseks võib kasutada erinevaid meetodeid. Enamik meetoditest kasutab arvutamiseks ristlõike pindala, TIN-i või regulaarvõrgustikku, mis põhinevad digitaalsetel kõrgusmodelitel. Igal meetodil on oma eripärad, rakendamise tingimused ja erinev määramatuse tase. (Ibid.)

TIN-kõrgusmudel (vt Joonis 2) on kolmnurkadest moodustatud reljeefimudel. TIN moodustub kolmnurkadest, mille küljed võivad olla erineva pikkusega ja tipud asuvad erinevatel kõrgustel. See võimaldab kolmnurga tipud asetada reaalsete mõõtmistulemustega kohakuti või võimalikult nende lähedale. Nii peegeldab mudel paremini andmeid, kuid arvutused kipuvad olema keerukamad. Selline mudel luuakse enne reljeefianalüüsi ja see on üks kahest levinumast mudelist võrkumudeli (DEM) kõrval. (Jagomägi 1999)



Joonis 2. TIN-mudel (Wikipedia 2020)

TIN-id on olnud GIS-kogukonna poolt kasutuses juba aastaid ning need võimaldavad pinna morfoloogiat digitaalselt kujutada. On erinevaid interpoleerimise meetodeid kolmnurkade moodustamiseks, nagu Deluanay triangulatsioon või kauguste järjestamine. ArcGIS toetab Delaunay triangulatsiooni meetodit. (desktop.arcgis.com 2020)

TIN-mudelid leiavad rakendust väga erinevates kohtades.

Näiteks on TIN-i kasutatud Garajevac - Istok nimelises karjääris mahtude hindamisel (Borisov et al. 2019). Viidatud töös tõdetakse, et planeerijate, inseneride ja kohalike teenuste pakkujate seisukohast on oluline, et andmed oleksid pidevalt kättesaadavad ja uuendatud ning et selleks on vaja eraldi geoinfosüsteemi. Andmete täpseks kujutamiseks peetakse sobivaimaks just TIN-kõrgusmudelit.

Sügavusandmete töötlemiseks on ArcGIS-i kasutatud näiteks Sydney sadamate sissesõiduteede andmete ühtlustamiseks (Power et al. 2018). Andmed imporditi programmi x,y,z-kujul ning seejärel ühtlustati sügavusandmete parameetrid (koordinaatsüsteem jne). Üheks probleemiks andmete sidumisel kujunes asjaolu, et mõõdistusalade servad ei kattunud kõikjal. Tulemuseks on see, et ühtlustatud andmed on kõigile kättesaadavad ASCII-formaadis ArcGIS-iga kasutamiseks.

1.1.3 Varem tehtud uuringud

Rukki kanali merepõhja dünaamikat uuris R. Saarkoppel oma lõputöös (Saarkoppel 2018). Saarkoppel kasutas andmete töötlemiseks programme QGIS-i ja Fledermaus, tuvastas väikseima sügavusega kohad kanalis ning koostas kanali madalamate osade kohta ristlõiked, mille visuaalset võrdlust ka töös kirjeldas.

Batümeetrilist muutlikkust Kihnu Veeteel on uurinud M. Maripuu oma lõputöös „Pikaajaline batümeetriline muutlikkus Kihnu Veeteel“ (Maripuu 2019). Töös hinnati andmetööstarkvara Teledyne Caris Base Editor abiga koostatud pindade ja profiilide põhjal batümeetrilisi muutusi. Lisaks võrreldi kattuvaid mõõdistusalasid aastatelt 2000-2018 ning jõuti tulemuseni, et alal toimub vähene setete kuhjumine.

2020. aastal valmis Eesti Mereakadeemias kaks batümeetrilist muutlikkust käsitlevat lõputööd.

Olesja Voropajeva uuris Emajõe põhja reljeefi muutumist (Voropajeva 2020) ning visualiseeris tulemused programmiga ArcGIS Pro. Voropajeva koostas andmete põhjal TIN-mudelid ja võrdles neid visuaalselt. Lisaks valis ta välja jões asuvad punktid, võrdles nende muutusi aastate lõikes ning tuvastas, et setteid kuhjus aastatel 2000-2019 väga vähe (keskmine kuhjumine punktides 1,15 cm).

Teises 2020. aastal koostatud lõputöös, „Eesti Värava laevatee põhja muutumine aastatel 2001-2019“ (Lehiste 2020), on Dairi Lehiste kasutanud andmetöötlustarkvara CARIS BASE Editor. Töös kirjeldatakse ja hinnatakse CARIS BASE Editori sobivust tööks. Lehiste loob programmiga kanali põhjaprofiilid ja võrdleb erinevaid aastaid. Ta tuvastab, et uuritud perioodil on kanali mitmetes osades toimunud märkimisväärne kuhjumine: „Kuna mõnel aastal võib järvepõhja madalaim koht olla ainult 0,7 meetrit, ei saa laevad, mille süvis on suurem, kanalit läbida.“ Lehiste lõpetab tõdemusega: „Võttes aluseks saadud tulemused, võib järeldada, et setete kuhjumine jätkub ka järgnevatel aastatel, ning varsti on kanal nii kitsas, et ükski laev seal läbi ei pääse. Vajalik oleks laevatee süvendamine, et antud piirkond püsiks jätkusuutlikuna.“

Sisevete, sh Eesti Värava süvendamist ja sellega seonduvat probleematikat on oma magistritöös (Rebane 2015) käsitlenud Triin Rebane. Töös kirjeldatakse põhjalikult erinevat süvendustehnikat ning püütakse leida sisevetele sobiv tehnika. Programmiga Fledermaus on loodud kanali mudel ning arvutatud Praaga ja Eesti Värava kanalite süvendusmahud 2014. aasta seisuga. Lõpuks püüab Rebane saadud andmete põhjal hinnata süvendustööde maksumust. Töös tuvastati, et setete juurdekanne kanalitesse on pidev ja süvendusi vaadeldud perioodil (2011-2014) pole tehtud. Rebane on seisukohal, et väikelaevade arv kasvab ning turismi ja kohaliku majanduse seisukohast tuleb kanalid ära süvendada, ning et vajadusel peaks süvendustehnika soetama riik.

1.2 Laevateede hoolduse planeerimise praktika Eestis ja mujal

Seoses kaubamahtude pideva suurenemise ja laevade mõõtmete kasvuga on uute kanalite rajamine ja olemasolevate süvendamine maailmas igapäevane. Suurte kanalite rajamine on aga kallis ja ajamahukas tegevus, mille tasuvusaega on keeruline hinnata. Seetõttu on eriti oluline nii finantsiline kui ka tehniline planeerimine.

Arukas planeerimine hõlmab tervet rida kaalutlemise kohti ning eeldab geoloogiliste, geotehniliste, hüdroloogiliste, batümeetriliste ja muude keskkonnatingimuste tundmist. (Yell, Riddell 1995)

1.2.1 PIANC-i juhendid

Õigesti valitud pinnase- ja keskkonnauuringud määravad süvenduse edukuse nii tehnilisest kui ka majanduslikust seisukohast (PIANC 2014). PIANC-i dokumendis „Nõuded uuringutele süvendustööde asukohas“ (*Site investigation requirements for dredging works*) (PIANC 2000/2) on eraldi käsitletud geoloogiliste, geotehniliste, batümeetriliste, hüdroloogiliste ning teiste keskkonnauuringute läbiviimise praktikaid.

PIANC-i juhendi „Standardid siseveeteede kasutamiseks väikelaevadega“ (*Standards for the use of inland waterways by recreational craft*) (PIANC 2000/1) peamisteks lähtekohtadeks on kasutatavate huvilaevade mõõtmete tuvastamine ning nende mõõtmete sobitumine laevateede omadustega. Erinevalt kaubalaevadest on väikelaevade puhul varieeruvus väga suur ja seega on ebaotstarbekas eristada neid tüüpide kaupa, nagu on tehtud CEMT-i kokkuleppes (PIANC 2000/1). Peamisteks parameetriteks on valitud pikkus, laius, süvis ja kõrgus veepinnast. Väikelaeva defineerimisel on juhendis viidatud EL-i direktiivile 82/714/EEC aastast 1982, kus defineeritakse EL-is väikelaev kui 2,5 - 24 m pikkune laev. Lähtuvalt nendest mõõtmetest arutletakse laevateede mõõtmete ja ohutusvaru teemadel ning pakutakse välja lahendusi sobivate laevateede loomiseks.

Ilmselt kõige põhjalikum kanalite planeerimise ja projekteerimise juhend on PIANC-i 2014. aastal välja antud „Sadamate sissesõiduteede kanalite planeerimine“ (*Harbour Approach Channels Design Guidelines*) (PIANC 2014). Juhendis arutletakse peamiselt kanalite vertikaalsete ja horisontaalsete mõõtmete üle. Kanali vertikaalmõõtmete juures käsitletakse lisaks kanali

sügavusele ja seda mõjutavatele teguritele ka laevateed ületavate sildade, õhuliinide jms kõrguseid. Kanali horisontaalsed mõõtmed muutuvad oluliseks laevade suuruse kasvades, kuna triiv tuule tõttu kasvab ning käänakute mõõtmeid tuleb korrigeerida. Juhendis arutletakse kanalitüüpide ja laevaliikluse üle ning pakutakse valemeid, tehakse ettepanekuid muudatusteks ning antakse soovitusi kanalite projekteerimiseks. Tähelepanu on pööratud ka keskkonnahoiuga seotud teemadele, simulatsioonidele abivahendina kanali projekteerimisel, inimlikele vigadele, tulevaste laevade mõõtmetele ning riskide hindamisele.

Juhendi lisades on välja pakutud kiirusvaje (*squat*) arvutamise juhised ja antakse ülevaade erinevatest kiirusvaje arvutamise valemitest. Käsitletud on ka mudase põhjaga seotud probleematikat. Kuna paljude kanalite põhi on kaetud mudaga, on ühes lisas defineeritud navigatsiooniline sügavus (*nautical depth*): navigatsiooniline sügavus on selline tase, kus navigeerimiseks sobilik vedel muda lõppeb ja algab navigeerimiseks sobimatu põhi. Kuna põhi on kaetud sujuvalt tiheneva vedela mudaga, on põhja ühene määratlemine keeruline.

PIANCI-i juhend „Ökonoomsed meetodid kanalite hooldamiseks“ (*Economic Methods of Channel Maintenance*) (PIANC 1989) toob välja põhitõed kanalite hoolduse planeerimise kohta. Tõdetakse, et enne süvendamisotsuse tegemist on vaja teha kolm sammu.

1. Esiteks tuleb kehtestada normid – minimaalse navigeerimiseks sobiva sügavuse kehtestamine ja selle avaldamine. Kanali läbitavus ei pea olema võimalik 100% ajast. Oluline on leida tasakaal optimaalse läbitavuse ja süvendamise maksumuse vahel. Põhjapuute tõenäolisuse välja selgitamiseks pakutakse soovitusi simulatsioonide teostamiseks, kus võetakse arvesse veetaseme kõikumisi ja laevade mõõtmeid.
2. Teiseks tuleb valida kanali laius selliselt, et see arvestab ka tuleviku tendentsidega. Olemasolevate kanalite laiuse muutmine on alati väga kulukas protsess.
3. Viimase sammuna tuleb kanali rajamise hetkest alates olla valmis kasutajate nõudmiste muutumiseks. Selleks tuleb sisse seada kindlad protseduurid, et reageerimine laevaliikluse muutustele oleks kiire ja tõhus. Efektiivne organisatsioon ja protsessi ladus käitamine on olulised tegurid kulude piiramises.

1.2.2 Soome näide

Soomes on koostatud eraldi juhendid kaubalaevateede (Liikennevirasto 2014) ning vähem tähtsate ja väikelaevateede projekteerimise jaoks (Liikennevirasto 2017). Kaubalaevateede jaoks mõeldud juhendi põhimõtted ja struktuur põhinevad PIANCI-i kanalite projekteerimise juhendil (PIANC 2014). Laevatee planeerimisel ja projekteerimisel on juhendis lähtekohaks laevateele määratletud projektlaev, mille järgi määratakse laevatee mõõtmed ja geomeetria. Projektlaev on enamasti suurim laevateed korduvalt täislastis ja laevatee kogu sügavust ära kasutav laev, mille navigatsioonilised omadused on selle laevatuubi kohta keskpärased. (Liikennevirasto 2014)

Soome laevateede eest vastutava ameti dokumendis „Laevateede hoiu teenuse kirjeldus“ (Väylä 2019) on laevateed jagatud laevatee kasutamise eesmärgi järgi kuude klassi. Esimesed kaks on kaubalaevateed, mille all mõeldakse sellist laevaliiklust, mille eest makstakse veeteetasusid. 1. klassi laevateed on n-ö peamised laevateed, kus liigub enamus riigi meritsi veetavatest kaupadest. Nendel laevateedel võimaldatakse liiklus aastaringselt igasuguse nähtavusega. 2. klassi laevateed omavad kohalikku tähtsust ja on ühenduse pidamiseks peamiste laevateedega. 3., 4., 5. ja 6. klassi laevateed on peamiselt väikelaevade või muu kui kaubalaevade tarvis. Kõikide, v.a 6. klassi laevateede puhul on kaardile märgitud süvised, millest hoolduse tegemisel lähtutakse.

Laevateede sügavus avaldatakse Soomes sõidusügavusena (*kulkusyvyys*). Väylä kinnitab igale laevateele teatud sügavuse, mis avaldatakse ka navigatsiooniteabes (Liikennevirasto 2011). Navigeerimissügavus tähendab suurimat planeeritud sügavust, millega laev saab laevateed kasutada. Sügavus määratletakse pikaajalisest keskmisest veetasemest. Laevatee kasutamise eelduseks on, et navigatsiooniseadmes olev reaalne veetase kas lisatakse või lahutatakse avaldatud navigeerimissügavusest. Arvesse tuleb võtta veemõõtejaama asukohta ja võimalikku informatsiooni veetaseme muutumise kiirusest. Kuna kiilu alla jääva varuvee hindamine ja ohutusvaru määramine põhinevad projekteerimisel määratletud piirarvudel, ei tähenda navigeerimissügavus laevateel, et laev, mille süvis veetaset arvestades ei ületa avaldatud navigeerimissügavust, saab tingimata igas olukorras ja iga kiirusega kasutada laevateed ohutult ilma põhjapuuteta.

Lisaks laevateede tähtsusklassidele on laevateed jagatud kolme klassi (A, B ja C) ka navigatsioonimärgistuse hoolduse seisukohast (Väylä 2019). Klassiti erinevad ette võetavad tööd

ja nende teostamise ajalised nõuded. Klasside järgi on täpselt paika pandud, kui kiiresti millised navigatsioonimärgistuse vead tuleb vastava klassi laevateel kõrvaldada.

Omaette juhendid on Soomes koostatud laevateedega seotud uuringute läbiviimiseks ning nendega seotud protseduuride kohta (Liikennevirasto 2013). Eraldi on olemas juhend põhja uuringuandmete arhiveerimiseks (Väylä 2011), kus on täpselt kirjas mis kujul ja kuhu tuleb andmed salvestada.

1.2.3 Ungari näide

1992. aastal leppisid Euroopa transpordiministrid (CEMT) koostöö lihtsustamiseks kokku Euroopa siseveeteede klassifitseerimises (CEMT 1992). Vastavalt laevade maksimaalsele suurusele ja olemasolevale infrastruktuurile on laevateed jagatud 13 klassi. Riigid, mida laevatee läbib, on kohustatud laevateed hooldama nii, et see vastaks sellele määratud klassi nõuetele.

Ungaris, kus sisevetel asuvate laevateede pikkuseks on 1864 km (statista.com 2020), on laevateed jagatud klassidesse vastavalt eelpool mainitud klassifikatsioonile. Doonaul on kasutuses klassid VI/B ja VI/C (NEWADA 2011):

- Laevatee klass VI/B (arvestades laevade mõõtmeid) tähendab, et kindlustatud peab olema pidev kahesuunaline ööpäevaringne läbipääs neljast praamist koosnevale konvoile (Europe III) kogumahutavusega 4000-45000 tonni. Koosseisu pikkuseks on 185 m ja laiuseks 23 m.
- Laevateel klass VI/C peab olema tagatud liiklus kuue praamiga konvoile kogumahutavusega 4000-6200 tonni, pikkusega 275 m ja maksimaalse laiusega 34 m. Kui eemaldada teistest konvoidest möödumise piirang, peab see laevatee olema 120-180 m lai ja pöörderaadiusega 1000 m. (NEWADA 2011)

2011. aastal koostati Ungaris dokument „Riiklik strateegiline kava laevateede korrashoiu optimeerimiseks“ (NEWADA 2011). Selles dokumendis on lisaks nõuetele, millele peavad laevateed vastama, kirjeldatud ka puudujääke. Tuvastati, et Doonaul asuvad laevatee osad ei vasta nõuetele 50 punktis, kus ei ole tagatud sügavus ja/või laius. Peamiseks eesmärgiks sai nende „pudelikaelade“ eemaldamine.

1.2.4 Olukord Eestis

Laevatee rajamise ja hooldamise juures on oluline kanalite rajamine ja nende hooldamine, mis on sageli seotud süvendamisega. Süvendamine on Eestis ilmselt kõige selgemin seadusega reguleeritud laevateedega seotud tegevus.

Meresõiduohutuse seaduse § 47 punkt 3 (MSOS 2001) sätestab, et „Üldkasutataval veeteel korraldab navigatsioonimärgistuse ja laevateede projekteerimist, rajamist ning haldamist Veeteede Amet.“ Sellest võib järeldada, et üldkasutataval veeteel asuval laevateel oleva kanali süvendamine on VA kohustus.

Veeseaduse § 185 (VeeS 2019) sätestab, et avalikult kasutatava veekogu põhja selle süvendamise teel õiguslikul alusel rajatud laevakanalil, mis asub väljaspool sadama akvatooriumi piire, korraldab veeliiklust laevakanali valitseja. VeeS §23 kohaselt on Peipsi järv ja Emajõgi avalikud veekogud, kuid merealadest seal juttu ei ole. Sellest võib järeldada, et laevakanalite süvendamise, mis asuvad sisevetel, peab korraldama VA.

Sadamaseaduse (SadS 2009) § 4 punkt 2 sätestab: „Sadama pidaja peab tagama navigatsiooniteabes avaldatud sügavused akvatooriumil ja sissesõiduteel ning sügavuste mõõdistamise vastavalt meresõiduohutuse seaduse alusel kehtestatud korrale.“ Seega laevatee osa, mis on käsitletav sadamasse sissesõiduteena, on sadamapidaja vastutusalas.

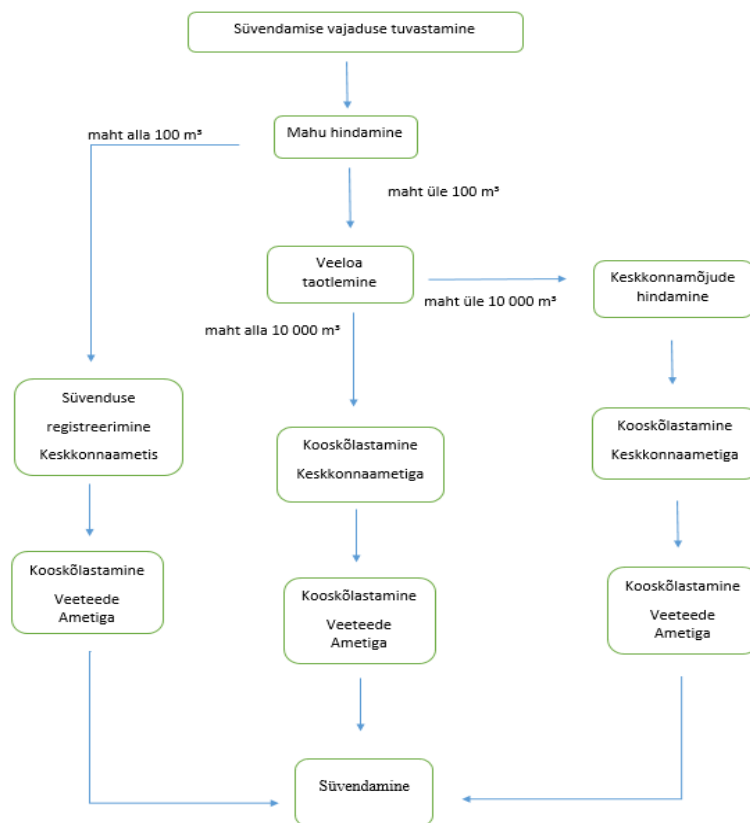
VeeS § 176 punkt 1 defineerib veekogu süvendamise järgmiselt: „Veekogu süvendamine käesoleva seaduse tähenduses on veekogu põhjast setendi eemaldamine, välja arvatud juhul, kui see toimub maaparandussüsteemi hooldamise käigus.“ Lisaks näeb see ette võimalikult väikese mõju tekitamist keskkonnale: „Vajaliku süvendamismahu määramisel peab võimaluse korral arvestama süvendamise vajadust ja mahtu tegevuse registreerimise või veeloa andmise ajal ning tulevikus selliselt, et veekogu oleks võimalikult vähe mõjutatud.“

VeeS § 187 kohaselt on veeloa taotlemine kohustuslik mh siis, kui süvendatakse või kaadatakse mahuga alates 100 kuupmeetrist või paigutatakse veekogu põhja süvenduspinnast mahuga alates 100 kuupmeetrist. Alla 100 m³ süvendustööd peab seaduse kohaselt registreerima Keskkonnaametis.

Ehitustegevust veeteel ja navigatsioonimärkide vahetus läheduses ning mõjupiirkonnas reguleerib määrus „Ehitustegevuse kord veeteel või navigatsioonimärgi vahetus läheduses või mõjupiirkonnas“. Lähtuvalt määrusest peab hüdrotehniliste tööde tellija esitama Veeteede Ametile läbivaatamiseks riigi merealadel ja laevatatavatel siseveekogudel kavandatud süvendustööde plaani koos projektdokumentatsiooniga. Pärast süvendustööde lõpetamist esitab tellija ühe kuu jooksul Veeteede Ametile süvendatud ala plaani (WGS-84 koordinaatide süsteemis) koos seletuskirjaga.

Eestis on võimalik laevatee ja süvendamise projekt koostada kellel tahes. Kooskõlastamise vajadus Keskkonnaametiga sõltub süvendatava pinnase mahust (vt Joonis 3). VA vaatab üle kõik esitatud projektid navigatsiooniohutuse seisukohast.

Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduse (KeHJS 2005) kohaselt tuleb tellida keskkonnamõjude hindamine olulise keskkonnamõjuga tegevusele (§ 6), milleks on „mere ning Peipsi järve, Lämmijärve ja Pihkva järve süvendamine alates pinnase mahust 10 000 m³“.



Joonis 3. Süvenduse kooskõlastamise skeem vastavalt seadustele

Lisaks süvendamisele on seaduses ära mainitud navigatsioonimärgistuse nõuded. Vastavalt MSOS § 51 lõikele 2³ tuleb laevateede navigatsioonimärgistuse planeerimise ja nende hooldamise puhul lähtuda IALA soovitudest: „Laevaliiklusteeninduse piirkond on Eesti mereala osa, kus osutatakse laevaliiklusteenuseid, lähtudes IMO ja IALA nõuetest ja soovitudest.“ Täpsemalt reguleerib navigatsioonimärgistust määrus „Navigatsioonimärgistuse kavandamise, rajamise, rekonstrueerimise, paigaldamise, järelevalve ja märgistusest teavitamise nõuded ning kord“ (2002).

Üldkasutatavate laevateede planeerimisega tegeleb Eestis VA laevateede osakond. Töö hõlmab nii navigatsioonimärgistuse projekteerimist, laevateede projekteerimist kui süvenduste projekteerimist. Tööde teostamise põhimõtteline järjekord on esitatud Joonisel 4.

1. vajaduse tuvastamine
2. eelprojekti koostamine
3. keskkonnamõjude hindamine (vajadusel)
4. põhjauuringud
5. projekti koostamine
6. riigihange (vajadusel)
7. süvendamine
8. navigatsiooniteabe avaldamine
9. regulaarne mõõdistamine ja seisukorra hindamine

Joonis 4. Süvenduseks vajalike tööde teostamise põhimõtteline järjekord VA-s

Viimaste aastate suurim laevateede planeerimisega ettevõtmine Eestis oli 2007-2010 läbi viidud Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondi rahastatud projekt „Tehniline abi laevateede süvendamiseks ja rekonstrueerimiseks Lääne-Eesti saarestikus“ (Ramboll 2008). Projekti tulemusena valmis Lääne-Eesti saarestiku jaoks kümne uue laevatee projekt (sh peamise Väinamerd läbiva laevatee süvendusprojekt). Muuhulgas teostati hulgaliselt uusi mõõdistusi ning valmis mitu navigatsioonimärkide rekonstrueerimise projekti. Projektiga valminud materjali on küll kasutatud

uue navigatsioonimärgistuse projekteerimisel ja laevateede projekteerimisel, kuid ühtegi projekti raames koostatud laevateede projekti pole täismahus rakendatud.

Suurim süvendamisega seotud projekt oli 2005-2009 läbi viidud Euroopa Regionaalarengu Fondi rahastatud projekt „Emajõe, Narva jõe ja Peipsi-Lämmijärve veeteede kaasajastamine ning eelduste loomine ohutu veeliikluse tagamiseks rekonstrueeritud veeteedel“ (VA 2009). Projekti tulemusena rajati Eesti Värava kanal uude asukohta ning loodi ka samanimeline laevatee koos navigatsioonimärgistusega. Lisaks valmisid Narva jõe ja Emajõe navigatsioonimärgistuse projektid, millest viimast on ka rakendatud.

Nagu eelnevast nähtub on teemat seadustes mõningal määral käsitletud ja laevateid on aja jooksul projekteeritud, kuid igapäevatoös laevateede korrashoiu planeerimiseks või korraldamiseks kasutatavaid juhendeid pole veel loodud. VA strateegia 2020-2024 (VA strateegia 2020-2024) näeb ette: „Töötame välja veeteede hoiukava aastani 2035, mille kaudu oleks tagatud jäämurde ja veeteede taristu kestlik arendamine ja hooldus“. Hoiukava ei ole veel valminud.

Eesti kontekstis võib võrdluseks välja tuua Maanteeameti, kus on kasutusel mitmeid juhiseid teede hooldamiseks, on seisundinõuded ja nõuded ehitamiseks. Kasutusel on ka dokument „Riigiteede teehoiukava aastateks 2020-2030“ (Riigiteede teehoiukava 2020-2030), kus on välja toodud suuremad tendentsid, põhimõtted ja eesmärgid. See dokument annab ülevaate, kuid võimaldab ka planeerida töid ning rahalisi vahendeid.

Hoiukava koostamiseks laevateedele on vaja kõigepealt teada, millised on olnud varasemad tegevused. Kui hooldamine/hoidmine hõlmab ka tegevusi laevateedel asuvate kanalitega, siis on oluline olla kursis seal teostatud tööde ning nendega saavutatud tulemustega.

1.3 Süvendamisega seotud tööd Saareotsa, Rukki, Eesti Värava ja Praaga kanalites

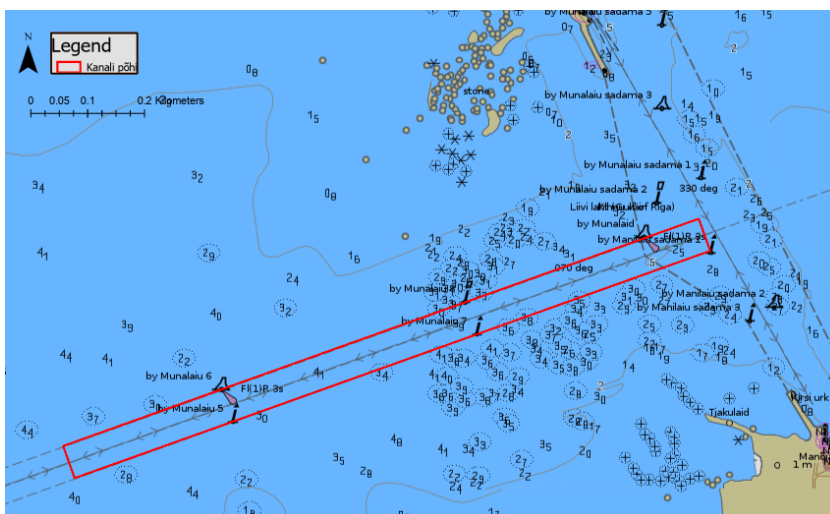
1.3.1 Saareotsa kanal

Saareotsa kanal asub Saareotsa laevateel Munalaiu ja Manilaiu vahel (vt Joonis 5). Laevatee on kanalis tähistatud 6 ujumärgiga, millest 2 on tulega poid ning sinna juhatab 2 sihimärki. Laevatee on üks osa Munalaiu ja Kihnu vahelisel veeteel.



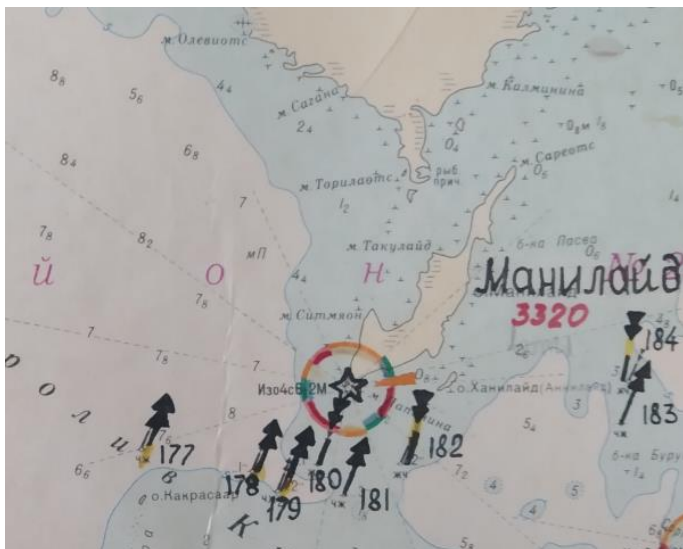
Joonis 5. Saareotsa kanali asukoht on tähistatud punasega

Sügavused kanali ümbruses on 2-4 m (vt Joonis 6), kanali sügavus on 4 m.



Joonis 6. Kanali asukoht Saareotsa laevateel on tähistatud punasega

1985. aasta navigatsioonikaardilt (vt Joonis 7) on näha, et kanalit pole veel rajatud.



Joonis 7. Jooniselt on näha, et 1985. aastal pole olemas ei Munilaiu sadamat ega Saareotsa kanalit (Väinameri 1985)

Munilaiu sadam valmis 1993. aastal ning samal aastal alustas AS Kihnu Liinid liiklemist Munilaiu ja Kihnu vahel parvlaevaga Jõnn (AS Saarte Liinid 2020).

1997. aastal kirjutas Äripäev: „Sadamat rajava OÜ Munilaid äriplaani näeb ette kaubalaevadele kai rajamise, kus võiksid silduda 300tonnise kandejõuga, 150 m pikkused, 22,5 m laiused ja kuni 5 m süvisega laevad. Äriplaani järgi oleks see kaubasadama rajamise esimene etapp.“ 1998. aastal, Tallinna Tehnikaülikooli professorite koostatud suvel valminud äriplaani kohaselt pidi Munilaiust saama arvestatav kaubasadam (Niitra 1998). Segastel asjaoludel jäid tööd pooleli.

2002. aastal koostati Mereakadeemias Kihnu, Manilaiu ja mandri vahelise ühenduse arengukava (Eesti Mereakadeemia 2002). Selle üks peamine tulemus oli, et Munilaiu ja Kihnu vahel liiklemiseks on vaja suuremat parvlaeva. Arengukavas pandi paika ka laeva optimaalsed parameetrid.

2006. aastal teostati kanali ehitusgeoloogilised uuringud (Merkolux OÜ 2007). Uuringu kohaselt esinevad kanali alal kuni 8 m paksuselt liivakas-aleuriitsed (aleuriit on terasuuruselt savi ja liiva vahepealne sete) setted, mille all lasub moreen. 2007. aastal koostas keskkonnamõtjude hindamise Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut, kuid seda tööd ei õnnestunud autoril leida.

2007. aastal valmis kanali projekt (Raig 2007). See nägi ette uue kanali rajamist kahes etapis: esimeses etapis rajataks 4 m sügavune ja 34 m laiune kanal, teises etapis viidaks laius 50 meetrini. 2009. aastal valmis kanal, mille laius oli 34 m ja sügavus 4 m. Kanal projekteeriti esimeses etapis ühesuunalisena ja plaaniti laiendada teises etapis kahe-suunaliseks. 2012. aastal sama projekti uuendati (Raig 2012) ning kanali laiust suurendati 60 meetrini. 2012. aastal süvendati kanal praeguste mõõtmeteni (vt Tabel 1).

Tabel 1. Saareotsa kanali projekteeritud. (Raig 2012)

Viimase projekti valmimise aeg	2012
Viimane süvendamine	2012
Kanali pikkus (m)	1175
Kanali laius (m)	60
Kanali sügavus (m, BK77)	4,0
Kanali nõlvus	1:5

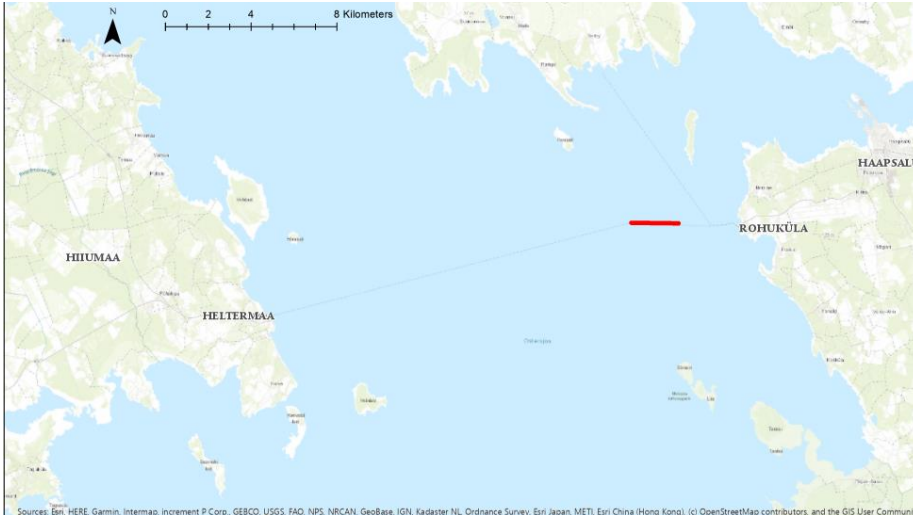
Alates 2015. aastast kasutab kanalit parvlaev Kihnu Virve, mille süviseks on täislastis 2,7 m. (veeteed.com 2020).

Osa Saareotsa kanalist asub Munalau ja Manilau sadamate ühises akvatooriumis, kus teostab hooldussüvendusi sadamate pidaja AS Saarte Liinid. Nende süvendamistega pole käesolevas töös arvestatud.

2020. aastal teostas Eesti Geoloogiateenistus Saareotsa kanalis geofüüsikalise uuringu (Eesti Geoloogiateenistus 2020) põhjaprofiilaatorite ja kahesagedusliku külgvaatesonariga. Uuringu tulemustes tõdeti, et liivakad-aleuriitsed setted halvendavad oluliselt seismiliste lainete levikut, mistõttu Saareotsa kanalis signaal sumbub ja moreenipealse kompleksi siseseid peegeldusi on võimatu eristada.

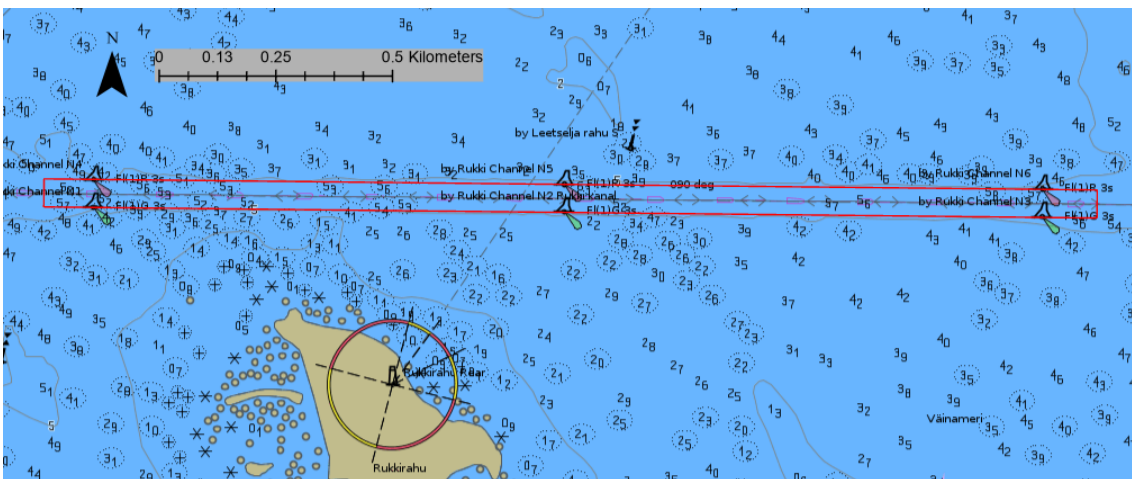
1.3.2 Rukki kanal

Rukki kanal asub Rohuküla sadamasse viival laevateel ning läbib Vormsi ja Puisse vahel kulgevat madalat leetseljakut (vt Joonis 8 ja 9). Kanali osas on laevatee tähistatud kuue tulega poiga.



Joonis 8. Rukki kanali asukoht on tähistatud punasega

Kanali ümbruses on sügavused 2-4 m (vt Joonis 9).



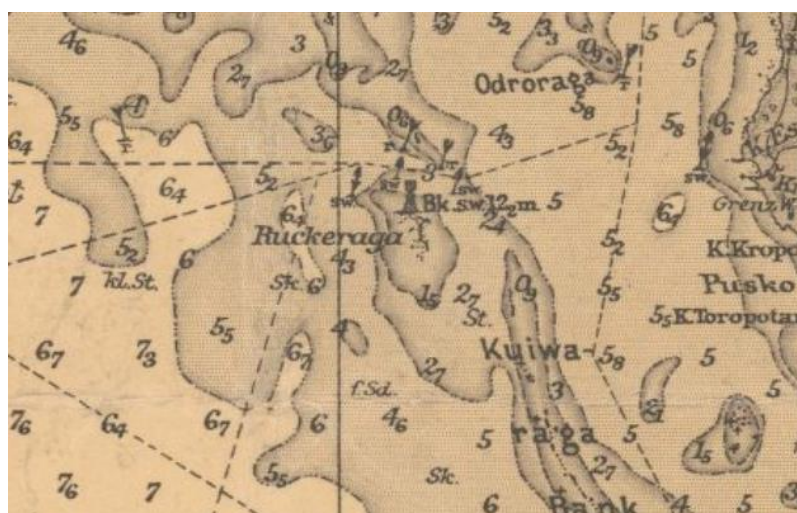
Joonis 9. Rukki kanali piirid on tähistatud punasega

Rukki kanali projekteeritud andmed on esitatud Tabelis nr 2.

Tabel 2. Rukki kanali projekteeritud andmed (OÜ EstKONSULT 2013)

Viimase projekti valmimise aeg	2013
Viimane süvendamine	2020
Kanali pikkus (m)	2257
Kanali laius (m)	60
Kanali sügavus (m, EH2000)	5,2
Kanali nõlvus	1:5

1914. aasta navigatsioonikaardilt (Moon-Sund 1914) on näha, et kanalit pole veel rajatud (vt Joonis 10), kuid sügavam koht on ujumärkidega tähistatud.



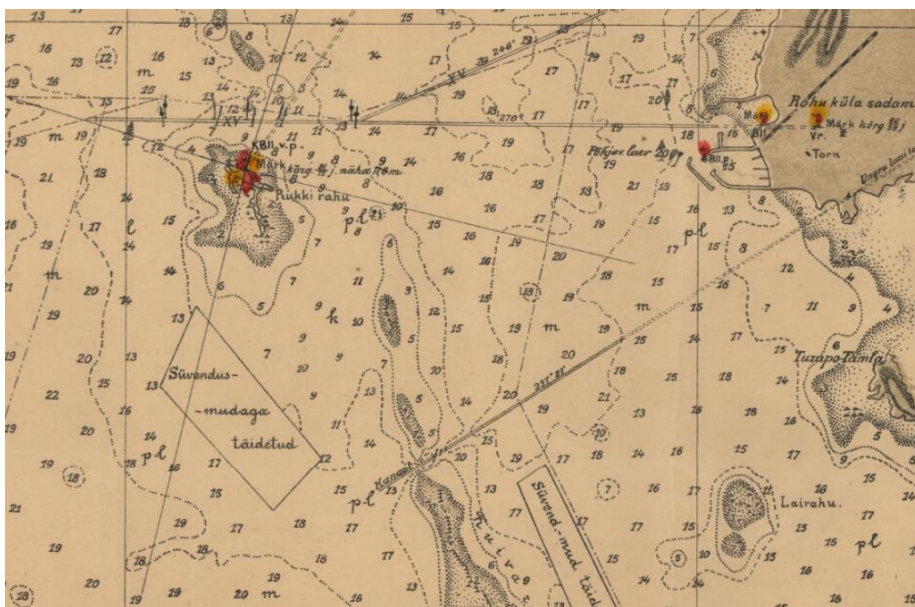
Joonis 10. Rukki kanali asukoht Moon-Sundi kaardil 1914. a. (Moon-Sund 1914)

Rohuküla sadama laevateed hakati põhjalikumalt süvendama ja kujundama Esimese maailmasõja ajal, mil tsaari määruse alusel ehitati sinna 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. (Mey 1925)

Kanali rajamine toimus 1915-1916 (Vali 2015). Peatselt pärast kanali valmimist, 1917. aastal, hävitasid taganevad vene väed rajatud mereväebaasi (Wikipedia 2020). Uusi sadamarajatisi teadaolevalt ei rajatud.

1922. aastal kirjutas Johan Mey ajakirjas Laevandus Rukki kanali kohta: “Ka siin tegivad plaanitegijad ja kavatsejad vigu, kanaal Rohu sadamast väina oleks pidanud Kuivarahu juurest läbi minema, mis lühem ja otsem oleks olnud ja rutem oleks valmis saanud. Hiljem tulidki selle mõtte peale ja alustati süvendamist, kuid sakslaste ilmumisega väina jäeti töö pooleli.”

Navigatsioonikaardil aastast 1922 (vt Joonis 11) on Rukki kanali kohale trükitud rooma numbrita XV ehk 15 jalga, mis on u 4,5 meetrit. Kui kanal oli üle mõõdetud, siis polnud sinna 5 aasta jooksul setteid märgatavalt kuhjunud.



Joonis 11. 1922. aasta navigatsioonikaardilt on näha, et kanal on juba rajatud ja ujumärkidega tähistatud (Muhu väina keskmine jagu 1922)

1925. aastal ilmunud koguteoses „Eesti loodus“ toob Johan Mey Rukki kanali mõõdud välja järgmiselt: pikkus 2,5 km, laius 43 m ja sügavus 4,5 m. (Mey 1925)

Nõukogude aja kohta kättesaadavaid andmeid ei leidunud, kuid võib eeldada, et suuremaid süvendusi ette ei võetud, kuna sügavus oli tollastele laevadele piisav. 1957. aastal tulid Rohuküla-Heltermaa liinile parvlaevad Sõprus, Suurupi ja Severodvinsk (saaremaa.ee 2020), mille süvis oli 2,9 m. (Laevaregistri aastaraamat 1995) 1985-1987 toodi liinile laid-tüüpi laevad (Ahelaid, hiljem

sõitis Vohilaid), mille süvis oli 3,1 m. Lisaks hakkas 1985. aastal sõitma parvlaev Hiiumaa, süvis 2,96 m. (Mereleksikon 1996)

Rohuküla-Heltermaa vahelise laevatee süvendamine kerkis päevakorda AS Saaremaa Laevakompanii (SLK) juhatuse nõupidamisel 17.02.1997 (AS Saaremaa Laevakompanii 1999).

1998. aastal tõi SLK Rohuküla-Heltermaa liinile parvlaev Ofelia, mille süvis oli 3,9-4,0 m. 1997-2016 sõitis liinil episoodiliselt parvlaev Regula (süvis 4,2 m). (Merewiki 2020)

1998. valmis Keskkonnaekspertiisi akt (OÜ Eesti Geoloogiakeskus 1998), milles tõdeti, et „Hiiumaa ja Mandri-Eesti vahelise laevatee korrastamine ja laevaliikluse parandamine on möödapääsmatu“. Aktis tõdetakse ka, et ekspertiis koostati OÜ Hydro-Big poolt koostatud eelprojekti kohta, milles on kasutatud 1980ndate teisel poolel läbi viidud hüdrogeoloogiliste uurimistööde andmeid. Pärast selle akti valmimist telliti eelprojektile keskkonnamõjude hindamine (Eesti Mereinstituut 1998).

1998. aastal teostati Heltermaa ja Rukki kanalis süvendamine, mille eesmärgiks oli saavutada sügavuseks 5,0 m. Töö teostaja avaldas pärast tööde lõppu, et eemaldas Rukki kanalist 160 000 m³ pinnast ja saavutas nõutud parameetrid (Екогидротехника ЛТД 1998).

1999. aastal koostas SLK dokumendi, milles soovitatakse Rukki kanal üle süvendada (AS Saaremaa Laevakompanii 1999). Tõdetakse, et Rohuküla-Heltermaa laevatee korrastamine koos süvendustöödega on vajalik liini teenindavate kaasaegsemate parvlaevade ohutu liikluse tagamiseks kasvava liikluse tingimustes. Sama dokumendi kohaselt tegi SLK VA-le ettepaneku vastavasisuliste uuringute teostamiseks.

1999. aasta juulis-augustis mõõdistas Mereuuringute talitus (VA) Rohuküla-Heltermaa laevatee 1998. aastal süvendatud kanaleid vastavalt IHO S-44 standardi eriklassile. Mõõdistamisel kasutati lisaks traalimist. Mõõdistuse ja traalimise andmetele tuginedes on Rohuküla-Heltermaa laevatee (kanalite) vähim sügavus 4,5 m (BK77 süsteemis), laius kitsamas kohas mitte rohkem kui 55 m, tõdeb J. Lutt seletuskirjas (Lutt 2000a). Tuvastati ka, et selleks, et saavutada sügavuseks 5 m ja laiuks 65 m, tuleb eemaldada veel 307 m³ pinnast. Seletuskirja autor mainib, et temal ei ole õnnestunud tutvuda projektiga, mille alusel teostati 1998. aasta süvendustööd. Ka käesoleva töö autoril ei õnnestunud seda leida.

2000. aasta kevadel teostas VA Rukki kanalis jäiga traaliga traalimise ja kontrollmõõdistuse laevaga EVA-320. Tööde aruandes (Lutt 2000b) tuvastati, et kanali väikseimad sügavused olid 4,5 m, et kanal oli planeeritust kitsam ning nõlvad järsud (nõlvus 1:3-1:4) ja hambulised ning potentsiaalselt ohtlikud. Leiti, et „normaalse“ või soovitud 5 m sügavuse garanteerimiseks oli vajalik remontsüvendus ning et 1998. a süvendus oli mitmete asjaolude kokkulangemise tulemusena ebaõnnestunud. Samas leiti, et remontsüvenduse mahuarvestust saab teha vaid täpsete andmete olemasolul kanali asukoha ja parameetrite kohta. Tõdeti ka, et keeruka või vähetuntud geoloogilise ehitusega aladel tuleb kohustuslikult teha geoloogilised uuringud. Laeva EVA-320 ei peetud jäiktraalimiseks sobilikuks.

2000. aastal valmis geotehniline uuring „Puurtööd Rukki ja Heltermaa kanaleis“ (IPT Projektijuhtimine OÜ 2000). Uuring tuvastas, et kanali põhja pinnakate moodustub järgmistest kihtidest :

1. Veerised, kruus – kaasaegsed meresetted, tõenäoliselt laevaliikluse poolt välja pestud purdsete, jämedama fraktsiooni materjal, kihi paksus 0,05-0,1 m;
2. Savi – voolava konsistentsiga viirsavi, kihi paksus väga muutlik;
3. Tolmliiv – halli värvusega tihe tolmliiv, paksus kuni 1,2 m;
4. Saviliivmoreen – halli värvusega plastne kuni kõva;
5. Jämepeurdmoreen – jämepeuru sisaldus 50-80%.

Moreen esineb viirsavisse ulatuvate kõrgendikena, alates 4,8 m sügavusest.

2000. a koostati riigihanke tehniline kirjeldus, mille eesmärk oli saavutada kanali sügavuseks 5 m, laiuseks 60 m ja nõlvuseks 1:5 (Riigihange 2000). Plaanis oli hange läbi viia sama aasta sügisel. Andmeid selle kohta millal ja kuidas süvendus täpselt toimus, ei õnnestunud leida.

2002-2017 sõitis liinil parvlaev St Ola (süvis 4 m) (Merewiki 2020). 2011. aastal asus Rohuküla-Heltermaa liinile 2007. aastal tellitud AS Saaremaa Laevakompanii uus laev Muhumaa (süvis 4,2 m).

2013. aastal leiti mõõdistusandmete põhjal, et on vaja uuesti süvendada. Täiendavate tuukriuringute (Tuukritööde OÜ 2014) käigus avastati kanali põhjast hulgaliselt kive (vt Joonis 12). Samas selgus, et nõlvade varisemise oht on nende lauguse tõttu vähene ning mingisugust pinnase valgumist kanali nõlvalt süvendisse sonari failidelt ei täheldatud.



Joonis 12. Foto kividest Rukki kanali põhjas (Tuukritööde OÜ 2014)

Leiti, et laevade liikluse tagamiseks madala veetasemega on vajalik olemasoleva kanali süvendamine vähemalt 5,4 meetrini. 2013. aastal koostas OÜ EstKONSULT Rukki kanalile uue projekti. Süvendatava pinnase mahuks hinnati 2013. aastal 1000 m³. Kõik järgmised süvendused on olnud hooldussüvendused, mille eesmärk on olnud taastada selles projektis ette nähtud mõõtmed kanalis.

2013. aastal kukkus hange pakkumiste puudumisel läbi, aga 2014. aastal süvendati kanal vastavalt projektile (Riigihange 2014).

2016. aastal võttis TS Laevad OÜ mandri ja Lääne-Eesti saarte vahelise laevaliikluse korraldamise Saaremaa Laevakompaniilt üle ning alustas liiklust uute parvlaevadega Leiger ja Tiiu, mille maksimaalseks süviseks on 4 m (Wikipedia 2020).

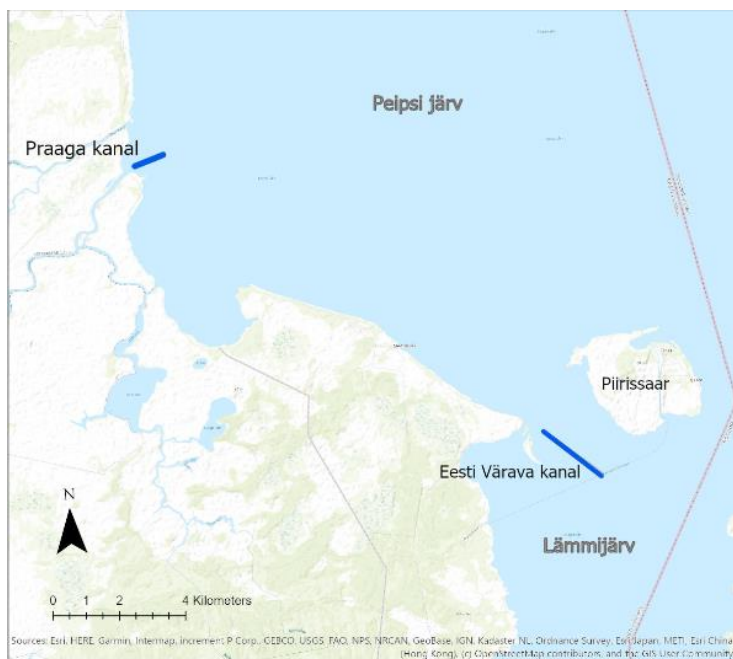
2016. a teostati kanalis põhja silumine traalimise teel ja selle käigus välja tulnud kivid eemaldati tuukritööde käigus. Tööde tulemusena saavutati minimaalseks sügavuseks 5,4 m (EH2000 kohaselt 5,2 m). (Roosna 2016) Süvenduse mahu kohta andmed puuduvad.

2018. aastal selgus, et Rukki kanali sügavus on mitmes kohas väiksem kui 5,2 m (EH2000) (EstKONSULT 2018). Telliti uus geofüüsikaline uuring (Eesti Geoloogiateenistus 2018) ja koostati uus süvendusprojekt (OÜ EstKONSULT 2018). Seejärel viidi läbi riigihange ning kanal süvendati projektis ette nähtud sügavuseni (Riigihange 2018). Tööde käigus välja kaevatud kivide ja süvenduspinnase maht oli 5060 m³ (Insenerihituse AS 2018). 2018. aasta süvendusprojekti seletuskirjas on öeldud, et kavandatud süvendustööde intervalliks on 2 aastat.

2020. aastal koostati kanalile mõõdistusandmete põhjal VA laevateede osakonnas hooldussüvenduse projekt (VA 2020). Selle põhjal telliti süvendustööd, mille tulemusena taastati projektis ettenähtud sügavus (Riigihange 2020).

1.3.3 Eesti Värava kanal

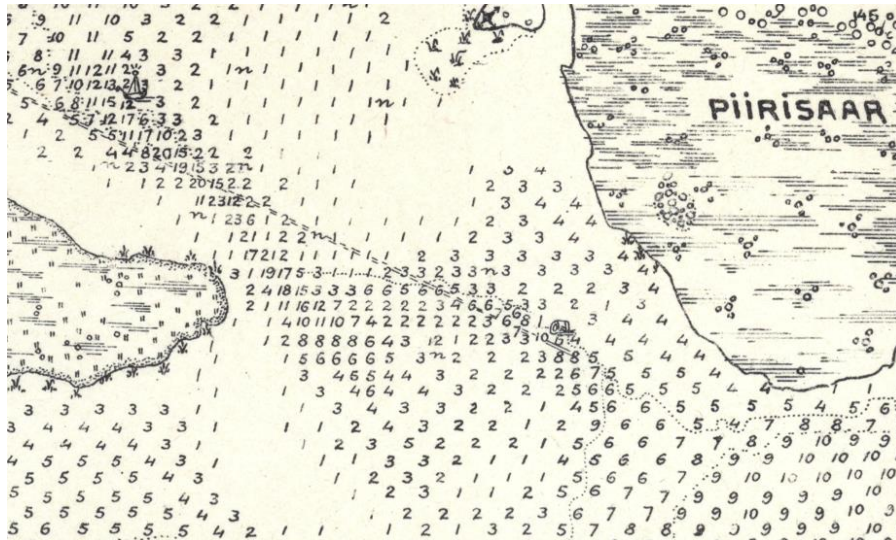
Eesti Värava loode-kagu-suunaline kanal on Eesti vetes ühendusteeks Peipsi ja Lämmijärve vahel (vt Joonis 13). Kanal asub Peipsiveere looduskaitsealal, mis toob kaasa piirangud kaadamisala valikul. Algselt asus kanal praegusest kanalist kirde pool.



Joonis 13. Eesti Värava ja Praaga kanalite paiknemine

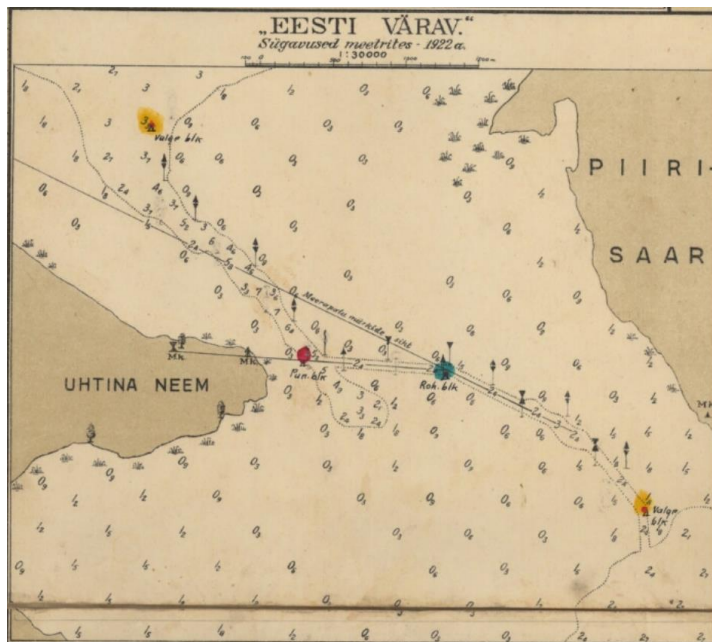
1925. aastal kirjutas Johan Mey: „Piirissaare ja maismaa vahelisel n.-n. Eesti väraval läheb järv päris madalaks; siit käib kitsas süvendatud faarvaater 1,8 m sügavusega läbi. Sama madal faarvaater käib ka Vene pool Piirissaart Vene värava kaudu. Mõlemad laevateed võimaldavad Pihkva ja Peipsi järve laevasõidu ühendust.“ (Mey 1925)

1919. aasta kaardil (vt Joonis 14), mille sügavusandmed pärinevad 1913. aastast, äratuntavaid kanali piirjooni ei ole ja tähistatud laevateel on väikseim sügavus 5 jalga ehk 1,5 meetrit.



Joonis 14. Eesti Värava asukoht 1919. aasta kaardil (Peipsi vete piirkond 1919)

1923. aasta kaardil (vt Joonis 15) on Eesti Värava kanal oma vanas asukohas selgesti äratuntav ning tähistatud. Sügavused on tähistatud nii täpselt, et kanali piirjooned on selgesti eristatavad. Kanali ümbrus on juba 1919. aasta kaardiga võrreldes väga madal. Võib järeldada, et kanalit on 1919. ja 1923. aasta vahel süvendatud. Toona võeti ette üsna ulatuslikke ümberkorraldusi: jõgede madalaid kohti süvendati, järsemaid käänakuid õgvendati, kaevati kanaleid, paigaldati navigatsioonimärgistust jms (Kaivo 2012).



Joonis 15. Eesti Värava kanal 1923. aastal (Peipsi. Soejärv. Paberkaart. 1923)

Sisevee teed on aegade jooksul olnud olulised kaupade ja inimeste transportimise seisukohast ning nende keskpunktiks on olnud Tartu. 1923. aastal sõitsid nii Peipsi kui Võrtsjärve suunas erinevatel liinidel 10 aurulaeva. 1929. aastal Peipsil ja Emajõel 72 lotja. Peamised sihtpunktid Peipsi järve lõunaosas olid Lämmijärve ja Pihkva järve kallastel. Tartust väljus 11 laevaliini, mis vedasid üle 50000 reisija aastas. 1970- 80ndatel toimus põhiline reisijate vedu Tartust Piirissaarele, Pihkvasse, Narva ja Slantsõsse. (Adamson 2020)

Esimese iseseisvuse ja nõukogude ajal toimunud tiheda laevaliikluse põhjal järeltab autor, et sisevete kanaleid on pidevalt hooldatud. On võimalik, et settimine oli tänu tihedale laevaliiklusele vähene. Eesti Värava kanalit süvendati u 1990. aastal (Pärnat 1998). Pärast taasiseisvumist ja Vene-Eesti piiri sulgemist on laevaliiklus vähenenud.

Kuna kanal täitus setetega, siis otsustati 1990ndate lõpus kanalit uuesti süvendada. 1998. aastal valmis Merin AS poolt koostatud Praaga-Piirissaare laevatee süvendusprojekt (Merin AS 1998). Projektis tõdetakse, et põhjasetetena on piirkonnas valdavalt mitmesuguse terajämedusega liivad, mis järvevee sügavuse suurenedes lähevad üle peeneteralisteks seteteks. Liiva fraktsioon on valdavalt 2-0,05 mm. Valmis ka Eesti Põllumajandusülikooli Zooloogia ja Botaanika instituudi koostatud keskkonnaekspertiis (EPMÜ 1998). Peamiselt rahanappuse tõttu lükkus süvendamine edasi (Saar 1998). 2003. aastal alustati lõpuks süvendamist, kuid tööd jäid süvendusettevõtja ja VA tüli tõttu pooleli (Niitra 2005). Ajaleheartiklis tõdetakse, et süvendustööde tellijale esitatud projektis olid mahud reaalsest oluliselt väiksemad.

Lisaks tekkisid kahtlused vana kanali asukoha sobilikkuse osas: "Selle trassi ida-läänesuunaline lõik on pideva setete pealetungi mõju all, mistõttu ei ole ühelgi kevadel teada, kas trass on peale sügis-talvist perioodi laevatatav või mitte" (Raig 2007). Veeveede Amet otsustas 2005. aastal, et iga-aastasest probleemist saab vabaneda vaid uue trassi valiku läbi (Raig, A. 2007). 2006. aastal valmis VA tellitud ja Eesti Meresüsteemide instituudi koostatud Eesti Värava optimaalse asukoha detailuuring (Raudsepp, U. et al. 2006). Uuringus pakuti setete liikumise modelleerimise tulemusena välja neli alternatiivi. Valituks osutus alternatiiv nr 2, mis oli kõige väiksema setete kogukuhjumisega alternatiiv.

Uuel asukohal 2006. aastal teostatud geotehniliste tööde (IPT Projektijuhtimine 2006) tulemusena selgus, et põhjasetted koosnevad põhiliselt liivpinnasest, mis vaheldub orgaanilise aine sisalduse,

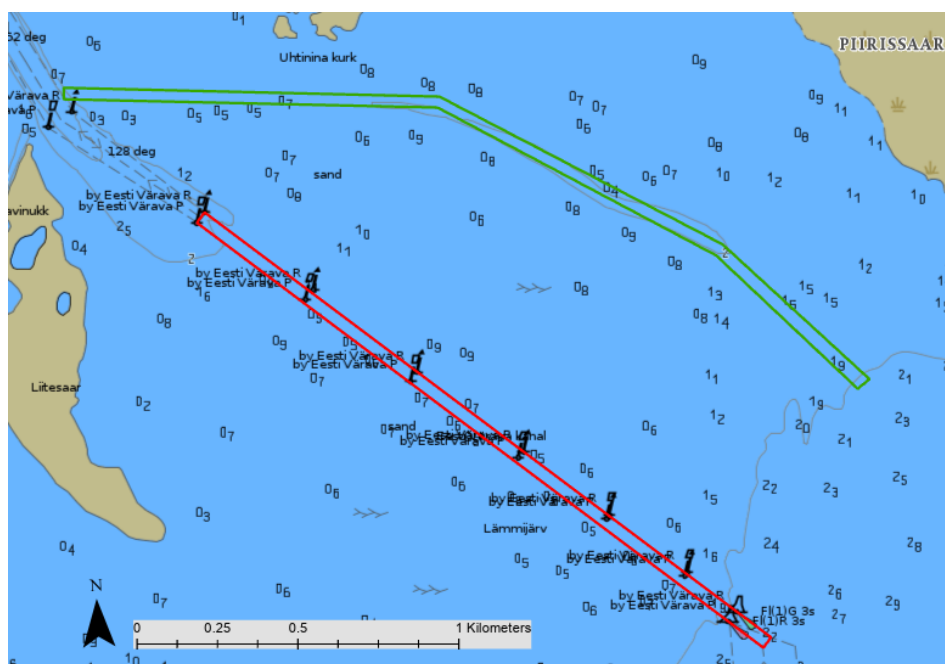
tiheduse ja mõnevõrra teralisuse poolest. Valdavaks settetüübiks on jämetolmliiv, paikset peenliiv ja harvem keskliiv.

2007. aastal teostas keskkonnamõjude hindamise TÜ Eesti Mereinstituut (Järvik 2006). KMH-s tõdetakse, et korraliku laevatee olemasolu on peamiseks eelduseks Piirissaare püsielanikkonna säilimisele ja leitakse, et see on riikliku tähtsusega küsimus.

2007. aastal valmis ka uue kanali süvendustööde projekt (Raig 2006) ja alustati süvendamist, kuid tööd jäid pooleli. Riigihanke lepingute sõlmimisel tekkinud probleemid ja ebasoodsad ilmastikuolud takistasid tööde tähtaegset lõpetamist (Rudi 2008). Kanal süvendati projektis ette nähtud mõõtmeteni 2008. aasta sügiseks. Pärast 2008. aasta süvendamist ei ole kanalis teadaolevalt midagi tehtud.

2009. aastal valmis Laaksaare sadam ja reisijate vedu Piirissaarele hakati korraldama sealt. Seni oli Eesti Värava kanal ainus ühendustee mandri ja Piirissaare vahel - Tartu ja Piirissaare vaheline liiklus kulges läbi selle.

2019. aastal on Eesti Värav kaardil sirge kanal, mis ühendab Peipsi- ja Lämmijärve (vt Joonis 16). Kanali projekteeritud andmed on esitatud Tabelis 3. Laevatee on kanali osas tähistatud 10 hooajalise ujumärgiga. Kanali kõrval on sügavused 0,2–1,0 m.

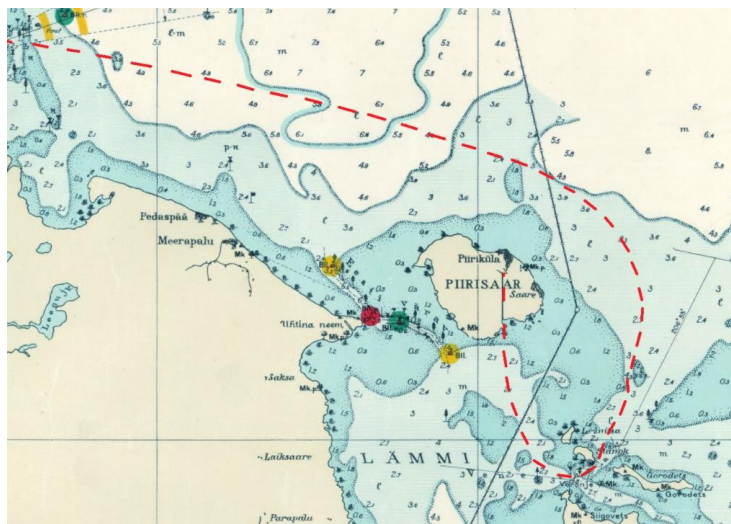


Joonis 16. Eesti Värava kanali projekteeritud piirjooned on tähistatud punasega ja vana kanali trass rohelisega

Tabel 3. Eesti Värava kanali üldandmed (Raig 2006)

Viimase projekti valmimise aeg	2007
Viimane süvendamine	2008
Kanali pikkus (m)	2100
Kanali laius (m)	40
Kanali sügavus (m, BK77)	2,1
Kanali nõlvus	1:7

Lisaks omal käel liiklejatele korraldavad Peipsile huvireise mh Seto Line Reisid OÜ ja MTÜ Emajõe Lodjasetls. Seto Line Reaside suurima laeva m/s Alfa süvis on 1 m (Olmaru 2013) ja Emajõe Lodjasetlsi suurima laeva Jõmmu süvis on 0,9 m (lodi.ee 2020). Suurima süvisega Veeteede Ameti laev on hüdrograafialaev EVA-301, mille süvis on 1 m (Saar 2007). Eesti Värava kanalit kasutab ainsasse sobivasse dokki Kallastele sõitmiseks Laaksaare-Piirissaare liinil sõitev parvlaev Koidula, mille süviseks on 0,9 m (veeteed.com 2020). Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi uurimislaeva Emili-007 suurim süvis on 1,2 m. (Mereinstituut 2020). Laevadel on madala veetaseme korral kokkuleppel piirivalvega võimalik mööduda Piirissaarest ka ida poolt, kasutades Vene Väravat (vt Joonis 17), kui PPA lepib Vene poolega kokku, saadab piirini ja tuleb teisel pool vastu.



Joonis 17. Skemaatiline joonis Vene Värava läbimise kohta 2020. aasta sügisel (Pae 2020)

2008. aastal koostatud „Siseveetee arengukontseptsioon“ (Eesti siseveetee arengukontseptsioon 2008) näeb ette, et Eesti Väravas on tagatud sügavus 1,5 m.

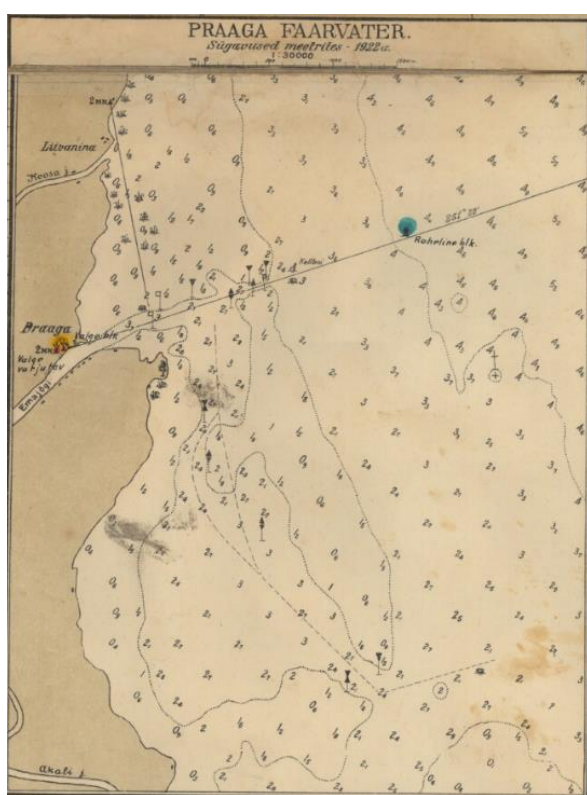
Talvisel ajal jääkate korral kanalis veeliiklust ei toimu.

1.3.4 Praaga kanal

Praaga kanal on edela-kirde-suunaline kanal Emajõe suudmes Peipsi järves (vt Joonis 18).

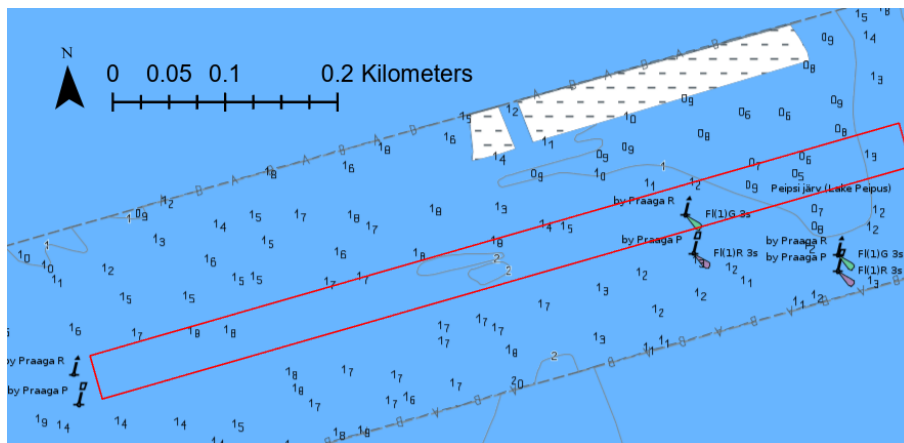
Laevatee on kanali osas tähistatud 6 ujumärgiga. Kanal asub Peipsiveere looduskaitsealal, mis toob kaasa piirangud kaadamisala valikul.

1922. aasta navigatsioonikaardil, mis põhineb 1908. aasta kaardil, on kanal selgelt tuvastatav (vt Joonis 18). Kanali vanuse kohta sellisel kujul täpseid andmeid ei ole, kuid esimese Eesti iseseisvuse ajal on kanalit pidevalt süvendatud. Ajakiri Laevandus kirjutab 1922. aasta jaanuaris: „1921. a. oli Peipsi süvendajal esimene töö Praaga farwaateri süvendamine.“ (Laevandus 1922).



Joonis 18. Praaga 1923. aastal (Peipsi. Soejärv 1923)

Viimane süvendus tehti Praaga kanalis aastal 2000, mil süvendati sirge 900-meetrine, 2,5 m sügavune ja 46 meetri laiune kanal (vt Joonis 19 ja Tabel 4). Süvendamise tarbeks koostati 1998. a projekt (Merin AS 1998) ja tehti keskkonnamõjude hindamine (Järvik 2007). Lisaks tehti Emajõe suudmealale projekteeritud kanali uhtumise-settimisprotsesside matemaatiline modelleerimine (Corson OÜ 1999). Projektlaevaks valiti projekteerimisel 28 m pikkune, 5 m laiune ja 1,3 m süvisega laev, mis saaks ohutult navigeerida ka veetasemega -0,60 cm navigatsioonikaardi nulltasemest, milleks oli BK77 puhul 29,5 m (EH2000 puhul 29,68 m).



Joonis 19. Punase värvi on tähistatud kanali põhja projektijärgne asukoht

Tabel 4. Praaga kanali projektijärgsed andmed (Raig 2011)

Viimase projekti valmimise aeg	2012
Viimane süvendamine	2000
Kanali pikkus (m)	750
Kanali laius (m)	2,1
Kanali sügavus (m)	2,1
Kanali nõlvus	1:10

2012. aastal valmis uus Praaga kanali projekt (Raig 2011), kus sügavus oli vähendatud 2,1 m peale ja laius 40 meetri peale. Uut KMH-d ei koostatud. 2012 ja 2013 korraldatud riigihanked Praaga kanali süvendamiseks kukkusid läbi, kuna ei laekunud ühtegi pakkumust. 2012. aastal välja antud vee erikasutusluba aegus 2017. aastal.

2019. aastaks oli kanal olulisel määral täitunud setetega (vt Joonis 19). Toodrid on oma algsetest asukohtadest korduvalt sügavamatesse kohtadesse ümber tõstetud. Praagal on kaks kanalisse juhatavat sihimärki, kuid mõlemad on 2020. aasta seisuga kanali läbimatusse tõttu tühistatud (NMA 2020). 2019. aasta mõõdistuse kohaselt oli väikseim sügavus kanalis 0,57 m.

Kuna Praaga kanal asub looduskaitsealal, on kaadamise korraldamine selle võrra keerulisem. Pinnas tuli eelmise projekti (Raig 2011) kohaselt kaugemale Peipsi järve transportida. Selleks aga pole nähtavasti olemas sobilikku tehnikat

Kui Koidula ja kevadised kalalaevad välja jätta, kasutavad Eesti Väravat ja Praaga kanalit samad kasutajad. Talvisel ajal jääkatte korral kanalis veeliiklust ei toimu.

2020. aastal koostas AB Artes Terrae OÜ rahandusministeeriumi tellimusel dokumendi „Peipsi, Pihkva ja Lämmijärve, Emajõe ning seotud jõgede kalda- ja veealade kasutamise uuring“, mille eesmärgiks oli Peipsi-Emajõe piirkonnas kvaliteetse koha- ning vajaduspõhise sisendi andmine kohalike omavalitsuste (üld)planeeringutesse piirkonna kalda- ja veealade tervikliku ning strateegilise arengu ruumiliste vajaduste määramiseks ja planeerimiseks (AB Tartes Terrae 2020). Uuringus tõdesid nii omavalitsused kui ka paadi- ja laevaomanikud, et üks suuremaid laevaliiklust takistavaid tegureid on veeteede halb hooldus ehk täissettimine. Suurimateks „pudelikaeltaks“ nimetati Emajõe suuet Praagal, Eesti Väravaid Piirissaare juures ning kitsast veeteed Kolpino saare kõrval ja Värskla lahe suudmes. Varem aktiivses tegevuses olnud reisi- ja kaubalaevandus on peaaegu hääbunud (AB Tartes Terrae 2020). Tõdetakse, et tulevikus on kõige suuremas kasvutrendis tõenäoliselt huvipaaside kasutamine.

2 Metoodika

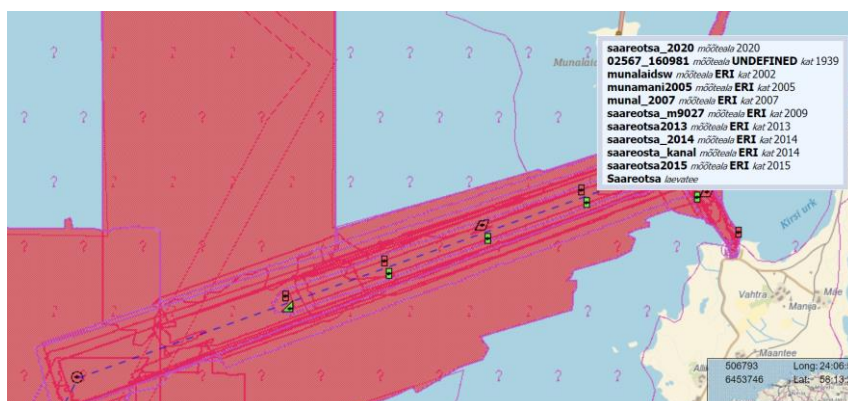
Selles peatükis antakse ülevaade kasutatud uurimismeetoditest.

2.1 Sügavusandmete töötlemise metoodika

2.1.1 Andmed Hüdrograafia Infosüsteemist

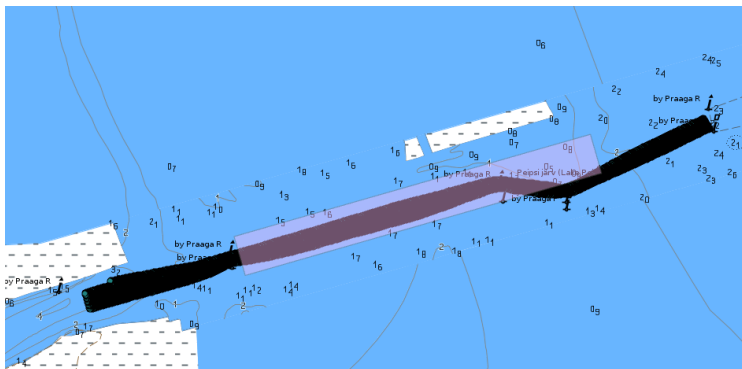
Magistritöös käsitletavates kanalites teostab Veeteede Amet hüdrograafilisi mõõdistusi igal aastal. Andmed on kättesaadavad hüdrograafia osakonna hallatavast Hüdrograafia Infosüsteemist (HIS), mis sellisel kujul on kasutatav ainult VA siseselt.

Mõõdistusandmed on HIS-is esitatud mõõtealadena (vt Joonis 20). HIS-is saab kasutaja andmete alla laadimiseks joonistada ala piirid, mille kohta mõõdistusandmeid soovitakse, kuid sellisel juhul saab alla laadida ainult kõige värskemaid andmeid. Kohtades, kus joonistatud aladel uusimad mõõdistusandmed puuduvad, kuvatakse vanemate mõõdistuste andmed. Funktsiooni, mis võimaldaks väiksemas alas alla laadida valitud ajavahemikus teostatud mõõdistused, süsteemis pole. Seega tuli erinevate mõõdistuste andmed ühekaupa alla laadida. Sügavusandmed on alla laetud punktidena ning kõige suurema võimaliku tihedusega Lisas 1 kujutatud parameetritega. Kasutatud on mõõdistusandmeid, mis vastavad IHO hüdrograafiliste mõõdistustööde standardi S-44 eriklassi nõuetele. Rukki kanali 1995. aasta mõõdistus on kõigist vaadeldud mõõdistustest ainus, mis vastab 1A klassi nõuetele.



Joonis 20. Kuvatõmmis HIS-i kasutamisest.

Mõõdistuste, mis ei katnud kanalit täielikult (vt Joonis 21), andmeid ei kasutatud. Erandiks on sellised mõõdistused, mis lõppesid kanali otstes, kus sügavused olid kanali projektsügavusest suuremad.



Joonis 21. Praaga kanali mõõdistus aastast 2014, kus on näha kanali põhja ja mõõdistatud ala mittetäielik kattumine. Heledaga on tähistatud kanali põhi ja tumedaga mõõdistatud ala

Andmed pärinevad VA laevadega aastatel 1995-2019 tehtud mõõdistustest (Vt Lisa 2). Kõikides kanalites pole igal aastal mõõdistamist tehtud. Kui mõnel aastal on mõõdistatud enam kui üks kord, mis on viimastel aastatel Rukki kanali puhul tavaline, on valitud kõige viimase mõõdistuse andmed.

2.1.2 Andmete töötlemine programmiga ArcGIS Pro

Andmete töötlemiseks valiti ruumiandmete töötlemiseks mõeldud tarkvara ArcGIS Pro, mis võimaldab andmeid koguda, töödelda, visualiseerida ja levitada. Andmete ruumiliseks töötlemiseks kasutati programmi laiendust *3D Analyst*.

Aluskaardiks valiti WMS-teenusena elektrooniline navigatsioonikaart (elektronkaartide levitamise tegevuse ettevõtte Primar serverist) ning samuti WMS-teenusena topograafiline kaart Maa-ameti geoportaalist (Maa-ameti geoportaal). Sügavusandmed imporditi ArcGIS-i ASCII-formaadis xyz-punktidenä (vt Lisa 3). Tasapinnaliseks ristkoordinaatide süsteemiks valiti L-EST97 ning kõrgussüsteemiks Euroopa kõrgussüsteem 2007. Kui andmed olid varasemalt kõrgussüsteemis BK77, siis need konverteeriti vastavalt Lisas 4 esitatud joonisele kõrgussüsteemi EH2000. BK77 kõrgussüsteemis antud kanali projektsügavused konverteeriti samuti EH2000 kõrgussüsteemi.

Kui andmed olid toodud programmi ArcGIS, sai mõõdistuspunkte töödelda ja visualiseerida (vt Lisa 5). Igal punktil oli oma sügavusinfo. Järgmiseks moodustati ASCII-punkidest uus TIN-i kiht (vt Lisa 6). Et mahu muutuseid saaks võrrelda, võeti igale kanalile viimasest projektist projektikanal ja koostati selle põhjal põhjal ArcGIS-is kanali mudel (TIN). Mudeli ja valitud aasta TIN-i võrdlemisel arvutati erinevuse geomeetriline maht (vt Lisad 7 ja 8).

2.2 Metoodika laevaliikluse intensiivsuse hindamiseks Eesti kanalites

Laevaliikluse tiheduse teada saamiseks on töös kasutatud AIS-andmeid, mis on pärit Veeteede Ameti laevaliikluse korraldamise osakonna AIS-rakendusest Sii Tech Web VTS Pro Plus (vts.siitech.com 2020). Kuna ajavahemikuks valiti terve 2018. aasta ja andmeid oli ühes aastas väga palju, siis rakendus teostab ise algoritmi põhjal hõrenduse. Andmed on alla laetud csv-formaadis ja seejärel imporditud tabelina ArcGIS-i. Tabelis on kujutatud kõik AIS-i asukohapunktiga kaasas käivad andmed eraldi lahtrites, sh aeg ja koordinaadid.

Andmed on tabelis joonte ja punktidenä. Autor lõi ArcGIS-is uue kihi, kus tõmbas kanali keskele ühest servast teise ulatuva joone. Tööriist *Pairwise Intersect* (vt Lisa 10) loob kõikide laeva liikumisest jäänud punktidest loodud joonte ja risti üle kanali tõmmatud joonte ristumiskohtadesse punkti. Selle punkti alusel koostas programm tabeli, kus igal real on joont läbinud laevade andmed. Ridade arvu kokku liites saadi tulemuseks joont ületanud laevade arv.

Seda meetodit saab kasutada ainult kanalites, mis asuvad merel, kuna sisevetel AIS kasutusel ei ole.

2.3 Arhiivandmete kogumine, sortimine ja üldistamine

Kuna Eestis puudub andmebaas, mis koondaks informatsiooni laevateede ja nende kohta koostatud dokumentide kohta, tuli andmeid otsida erinevatest kohtadest.

Suur osa viimase 20 aasta jooksul koostatud dokumentidest on olemas erinevates VA kogudes, kust need tuli välja otsida ja ajaliselt järjekorda seada. Ajalise järjekorra loomisel aitasid VA arhiivi kirjavahetuste väljavõtted, allkirjastatud lepingud ja tööde vastuvõtmise aktid. Oluline on märkida, et projekti olemasolu ei tähenda veel seda, et töö ka realselt tehtud oleks. Google'i otsingumootorit kasutades leiti ohtralt lisainformatsiooni kanalites toimunu kohta.

Oluline aeg kulus veendumisele, et üht või teist dokumenti, millele teistes dokumentides on viidatud, enam ei eksisteeri või pole kunagi olnudki. Nõukogude ajast pärit dokumente pole kasutatud, kuna need ei olnud autorile kättesaadavad.

Uuemate süvenduste kohta on infot saadud Riigihangete portaali hangete registrist. Vanad navigatsioonikaardid on pärit Rahvusraamatukogu digitaalarhiivist Digar ja autori isiklikust kogust. Digarist on pärit ka töös kasutatud ajaloolised ajaleheartiklid. Iga kanali kohta töötati läbi võimalikult palju allikaid.

Iga kanali kohta on läbi töötatud järgmised andmed:

- Süvendusprojektid
- Põhja- ja muud teostatud uuringud
- Keskkonnamõjude hindamised
- Tehtud tööde aktid
- Andmed riigihangete kohta
- Ajaleheartiklid süvenduste kohta
- Andmed laevade ja nende süviste kohta
- Ajaloolised kaardid kanalite asukohast
- Eestis kanalite kohta tehtud teaduslikud uurimustööd

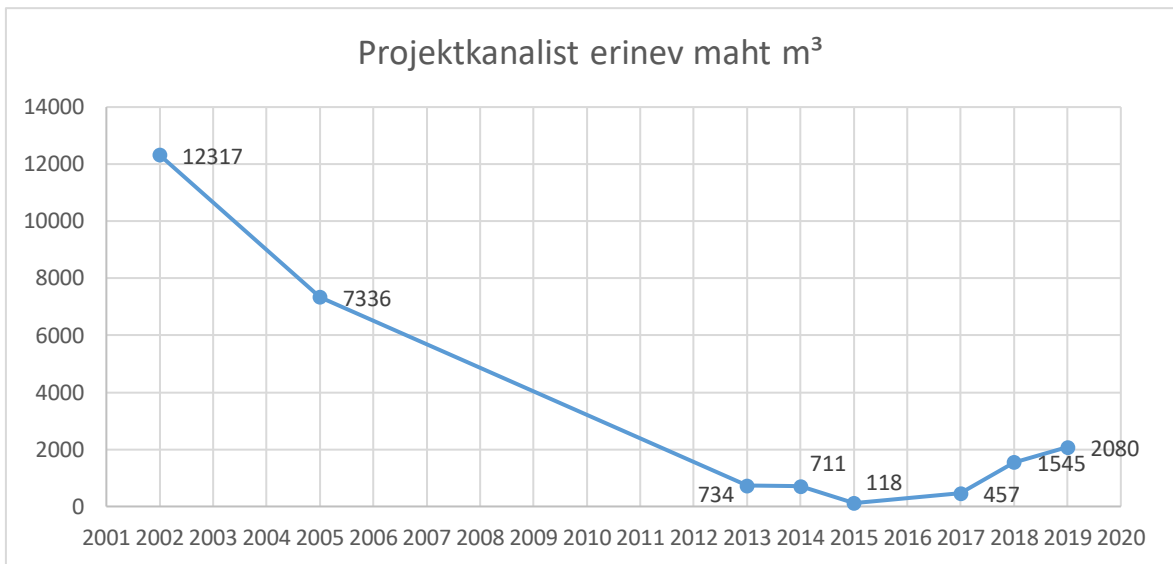
3 Analüüs

Selles peatükis tuuakse välja peamised tähelepanekud kanalitega seotud andmete töötlemise kohta.

3.1 Saareotsa kanal

Saareotsa kanali kohta oli VA teostatud süvendustega seotud dokumentatsioon enamjaolt olemas. Kuna Saareotsa kanal rajati suhteliselt hiljuti, on kanali rajamise ja planeerimise protsess tagantjärele üsna hästi taastatav ning näib ka loogiline. Et parvlaevaliiklus Kihnu saare ja mandri vahel ei vastanud ootustele, valmis 2002. a arengukava (Eesti Mereakadeemia 2002), kus selgitati välja inimeste liikumisega seotud vajadused ja tendentsid. 2006. a teostati ehitusgeoloogilised uuringud (Merkolux 2007) ja tehti KMH ning 2007. a valmis projekt (Raig 2007), mille teostus oli planeeritud kahes etapis. 2009. aastal valmis kanal projekti esimese etapi kohaselt. 2012. aastal projekti uuendati (Raig 2012) ja kanal süvendati praeguste mõõtmeteni. Mõlema süvenduse kohta on olemas tööpäevikud. Praeguse kanali kohta on dokumentatsioon säilinud rahuldavalt. Autoril ei õnnestunud leida vaid 2007. aastal koostatud KMH-d ja mitte ainsatki dokumenti 2000. aasta süvenduse kohta, mistõttu jäid selgusetuks n-ö sügavama kanali loomise ja poolelijätmise asjaolud.

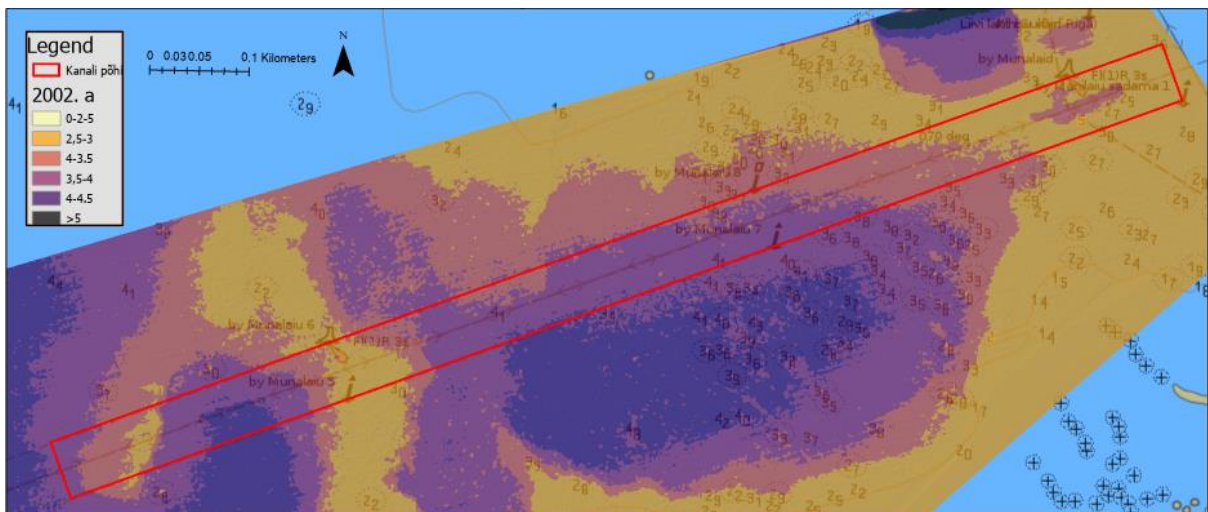
Saareotsa kanali puhul oli vähe projektkanaliga kattuvaid mõõdistusandmeid enne 2013. aastat. Mõõdistusi on tehtud, kuid erinevate aastate mõõtealade ühendamise ei oleks eesmärgipärane, kuna vahepeal on kanali põhjas tõenäoliselt toimunud muutuseid. Ajavahemikus 2002-2005 süvendusi ei toimunud, kuid pinnase maht kanali põhjas on sellest hoolimata vähenenud (vt Joonis 22). 2002. ja 2005. aasta põhja võrdlemisel näeme, et sügavused on suurenenud eriti kanali keskosas. Pinnas on võinud liikuda seoses jää liikumisega. Üheks põhjuseks võib olla 2002/2003 aasta talv, mis oli oma jääkatte ulatuse poolest karm (Sooäär 2006).



Joonis 22. Projektkanali mahte ületavad mahud Saareotsa kanalis aastatel 2002-2019

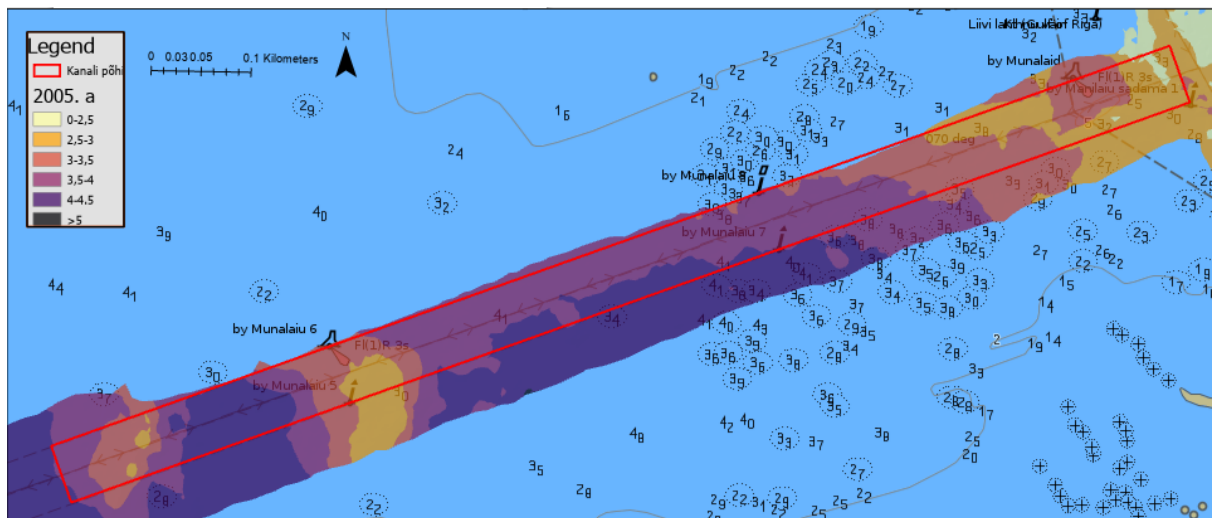
2009. ja 2012. aasta süvendamised kajastuvad ilmselt 2013. aasta andmetes, kuna maht on märgatavalt vähenenud. Ka 2014-2015 on setete maht vähenenud, kuid sel ajal süvendusi teadaolevalt ei toimunud. Kahjuks polnud võimalik võrrelda andmeid aastatest 2009-2012, kuna mõõdistatud alad ei kattunud kanali piiridega.

2002. aastal (vt Joonis 23) on selgelt kollasega näha süvendamist vajavad kanali osad, kus sügavused jäävad alla 3 m.



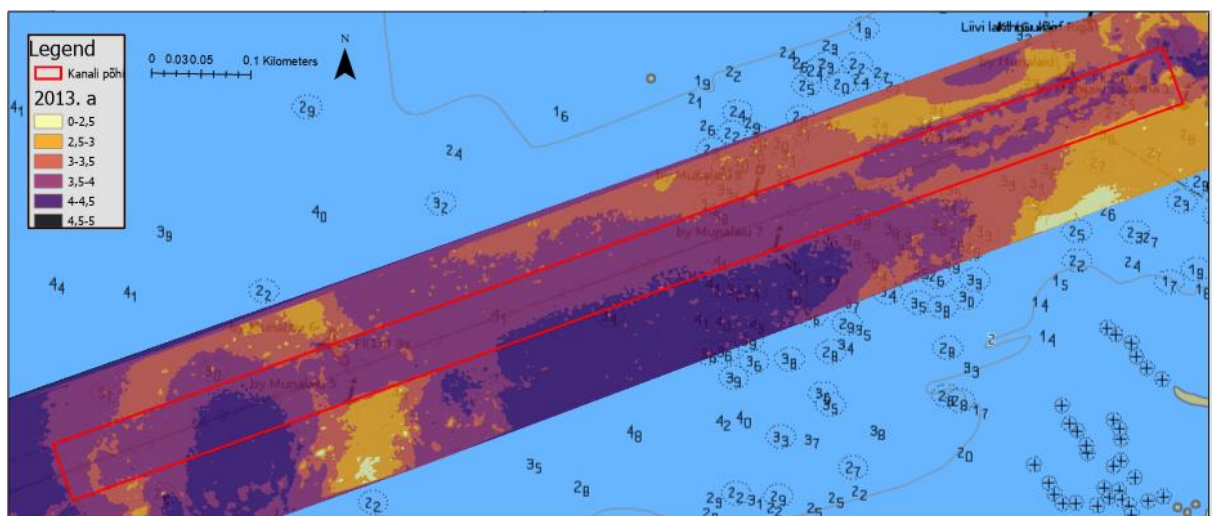
Joonis 23. Saareotsa kanali põhi 2002. a, kanali põhja piirjooned on märgitud punasega

Joonisel 24 on kanal kujutatud 2005. aastal enne süvendamist. Siingi on selgelt eristatavad madalamad kohad.



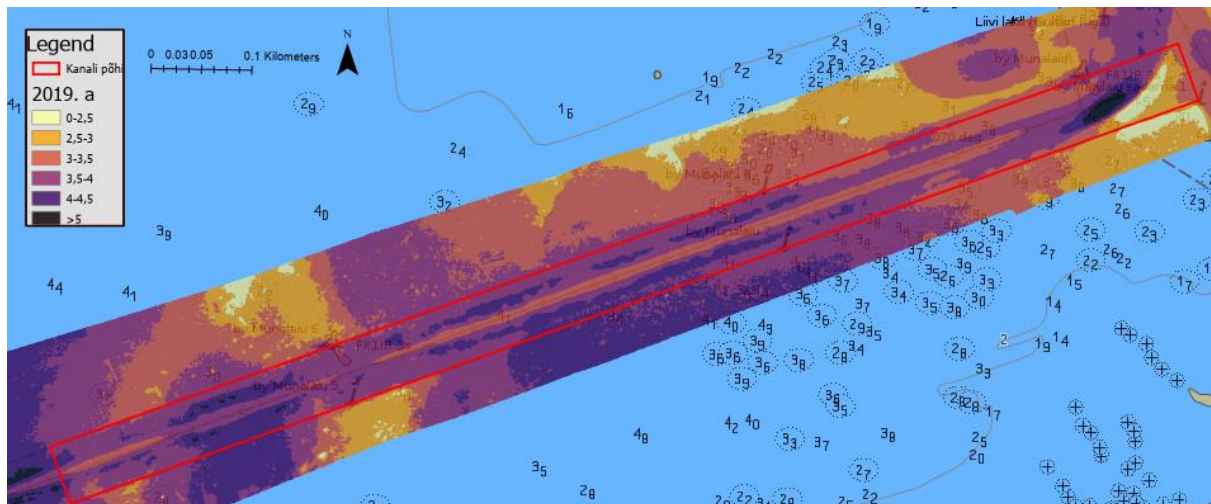
Joonis 24. Saareotsa kanali põhi 2005. aastal

2013. aasta pildilt (vt Joonis 25) on näha, et kanal on süvendatud uute mõõtmeteni.



Joonis 25. Saareotsa kanali põhi 2013. aastal

2019. aasta jooniselt (vt Joonis 26) on näha, et setted kuhjuvad kanali idapoolsesse nurka (helekollane ala). See on koht, kus parvlaev Kihnu Virve pöörab kanalist Munalaiu sadamasse ja vastupidi. Nagu oli näha jooniselt 24, on seal ka looduslikult kanali servades sügavused väiksemad.

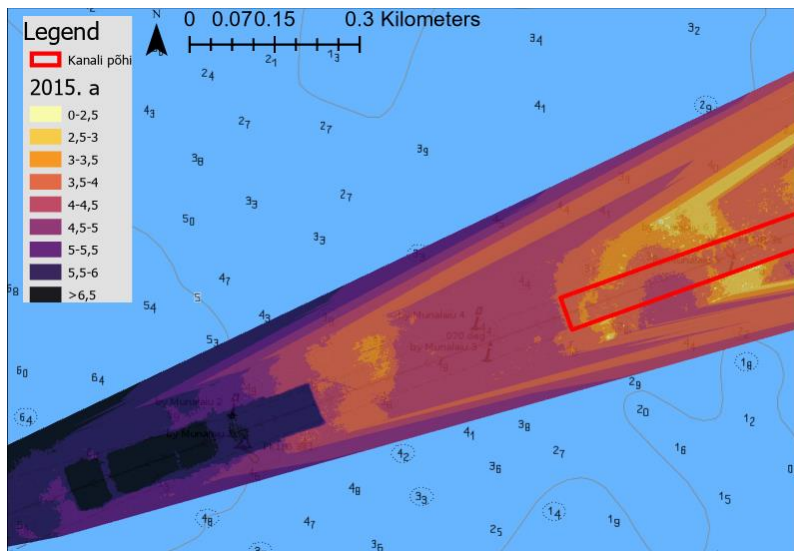


Joonis 26. Saareotsa kanali põhi 2019. aastal

Kanali keskel on eristatav pisut kõrgem vall. 2015. aasta kaardil (vt Joonis 34) valli veel näha ei ole, kuid 2019. aastal on see selgesti tuvastatav. Seega algas valli kuhjumine pärast Kihnu Virve liinile tulekut.

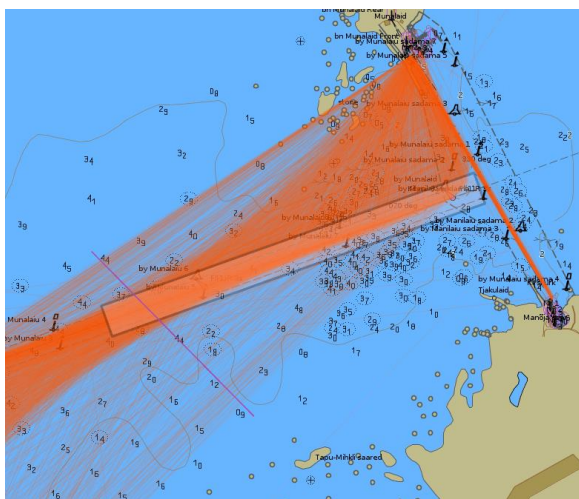
Kui vaadelda kanali keskosas sügavust valli kohal, siis 2017. aastal on see 4 m, 2018. aastal 3,9 m ning 2019. aastal 3,8 m. See ei tähenda kindlasti, et vall kanali keskel kasvab ühtlaselt kanali ja aastate lõikes, kuid asjaolu väärrib kindlasti lähemat uurimist ning sellega peaks ka süvenduste planeerimisel arvestama.

Kui vaadata kanali asukohast pisut kaugemale, torkab 2015. aasta andmete põhjal koostatud jooniselt (vt Joonis 27) silma sügav osa kanalist u 450 m edelas. See on ilmselt 2000. aastal kaubasadama jaoks alustatud kanal, mille rajamine jäi pooleli. Süvendatud osa on 75 meetrit lai, 460 meetrit pikk ning selle sügavus on 6-6,9 m. Süvendi servades on sügavused kuni 2 m madalamad. Kui kanal oli plaanis süvendada 6,5 meetrini, mis näib olevat valdav keskmine sügavus sügavamas osas, siis võib öelda, et suurim settimine on olnud 15 aastaga 25 cm.



Joonis 27. Saareotsa kanalit lääne poole jääv ala koos pooleli jäänud kanaliga 2015. a

Joonisel 28 on näha, et laevade liikumise AIS-andmetel põhinevad jooned asuvad väljaspool laevateed. See on tõenäoliselt seotud rakenduse Sii Tech Web VTS Pro Plus andmete allalaadimisel teostatud hõrendusega, kuid tööriistaga Pairwise Intersect risti tõmmatud joone abil on kõik liikumised loendatud. Selgus, et Saareotsa kanalit läbis 2018. aastal 1924 AIS-transponderiga laeva, millest oli Kihnu Virve osa 1827 korda ehk 95 %.

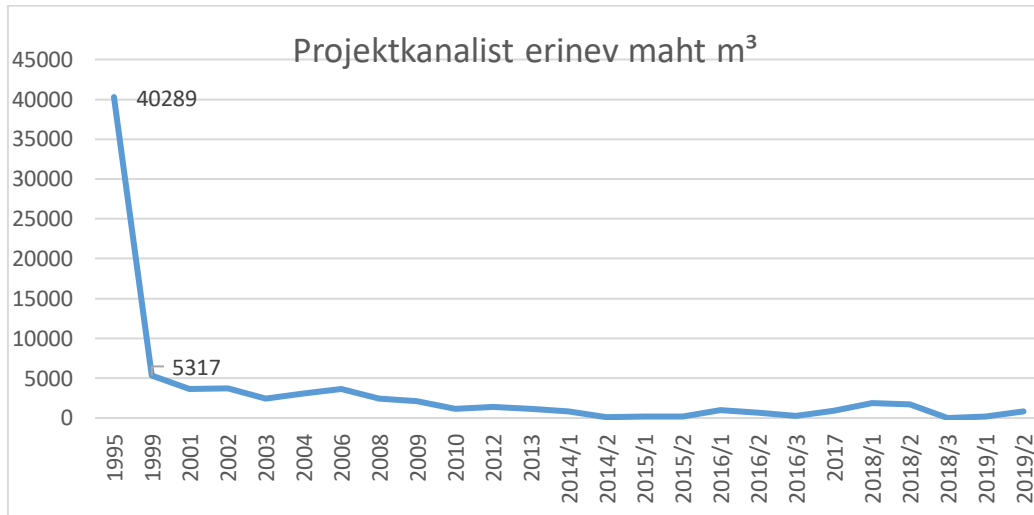


Joonis 28. AIS-andmetel põhinevaid laevade liikumise jooni (oranž) läbib tööriistaga *Pairwise Intersect* risti tõmmatud laevade loendamise joon

Kanalis toimuvad mahu muutused ka looduslike protsesside tulemusena, kuid Kihnu Virvega on ilmselt seotud vall kanali keskel ning võib olla seotud kuhjumine pöördekohas. Kuna viimane asub Munalau ja Manilau sadamate ühises akvatooriumis, siis selle eest vastutab sadama pidaja ehk 2019. a seisuga AS Saarte Liinid, samas kui ülejäänud kanali hoolduse eest vastutab VA.

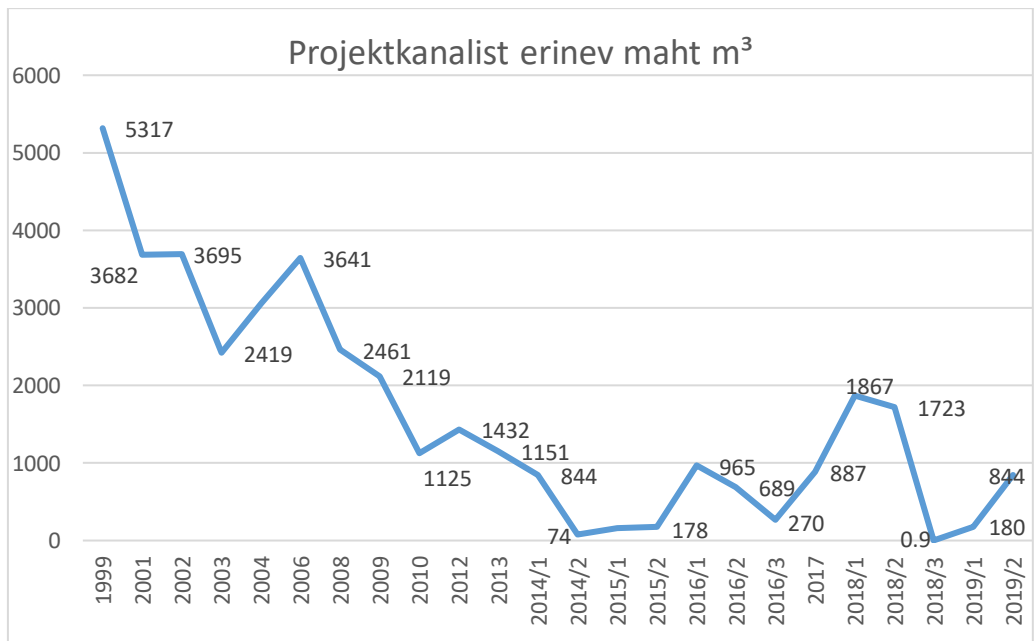
3.2 Rukki kanal

1998. aasta süvendus avaldub joonisel (vt Joonis 29) märkimisväärse mahtude muutumisena 1999. aastaks: kukkumine on ca 35000 m³. Jäeb arusaamatuks, kust oli pärit 1998. aasta süvendustööde teostaja deklareeritud 160000 m³ pinnast. Kuigi 1995. aasta mõõdistus ei vasta IHO standardi S-44 erinõuetele, siis selle täpsuses ei ole põhjust kahelda.



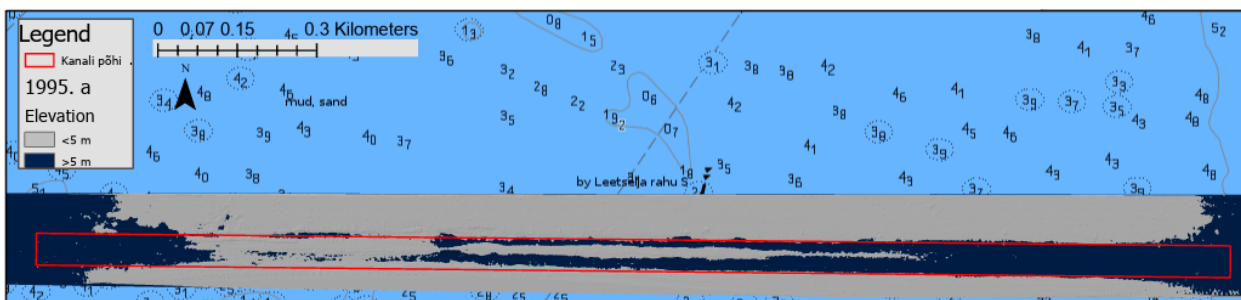
Joonis 29. Projektkanali mahte ületavad mahud Rukki kanalis aastatel 1995-2019

Joonisel 30 on 1999. ja 2001. aasta võrdlemisel näha projektkanalist erinevate pinnasemahtude märgatav vähenemine. See on seletatav 2000. aastal toimunud süvendusega.

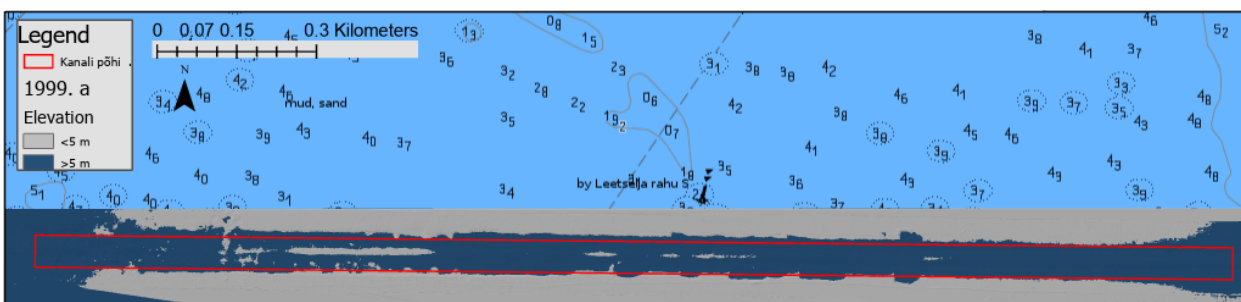


Joonis 30. Projektkanali mahte ületavad mahud Rukki kanalis aastatel 1999-2019

Jooniste 31 ja 32 võrdlemisel on tuvastatav sügavuste muutumine 1998. aasta süvendamise tulemusena. Samas on kanalis süvenduse järel näha mitmeid kohti, mis ei vasta eesmärgiks olnud 5-meetrisele sügavusele (Joonis 32). Näib vähetõenäoline, et tegemist on vaid ühe aastaga kogunenud setetega.

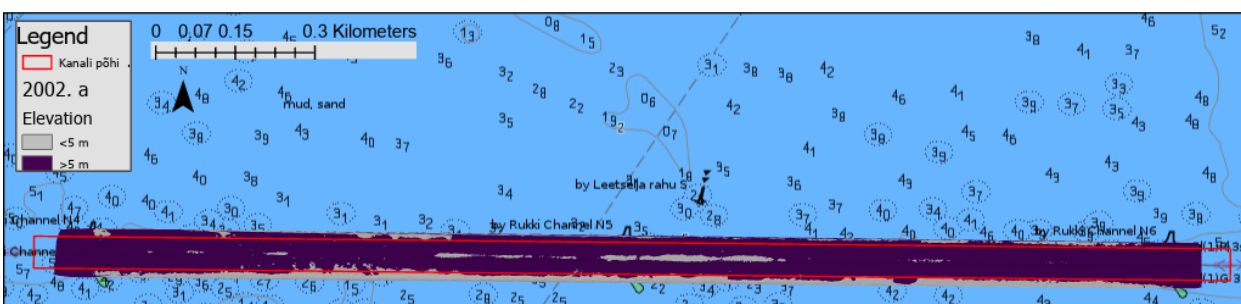


Joonis 31. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 1995. a



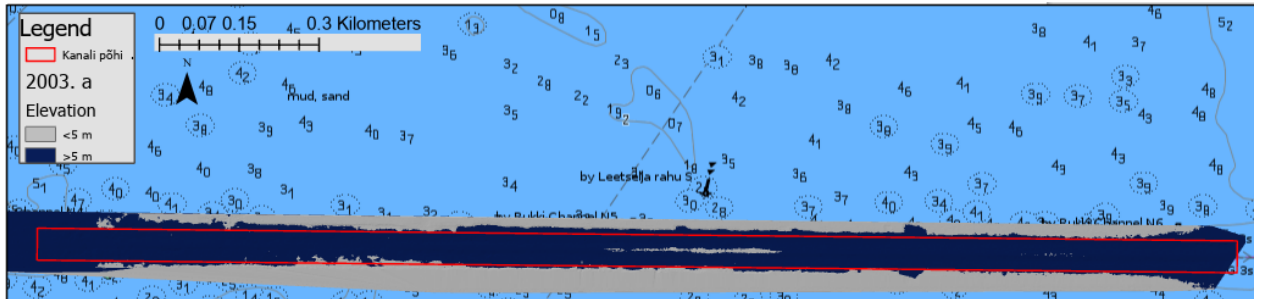
Joonis 32. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 1999. a

1999. aasta (vt Joonis 32) ja 2002. aasta (vt Joonis 33) seisu võrdlemisel näeme samuti, et madalaid kohti on vähem. See on seletatav 2000. aastal toimunud süvendamisega.



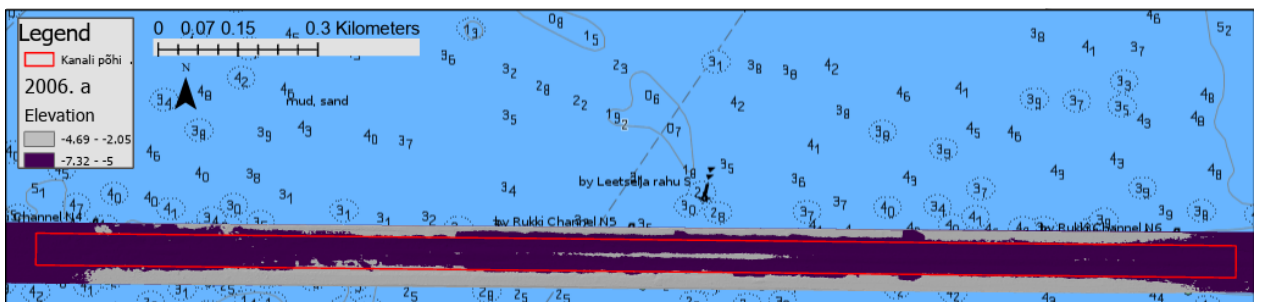
Joonis 33. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2002. a

Huvitav on pinnase mahu vähenemine 1276 m³ võrra aastate 2002 ja 2003 võrdlemisel, kuna teadaolevalt ei toimunud sellel ajal ühtegi süvendust. Ka joonistelt 33 ja 34 on arusaadav, et vall kanali keskosas on oluliselt väiksem, kuigi süvendusi ei toimunud.



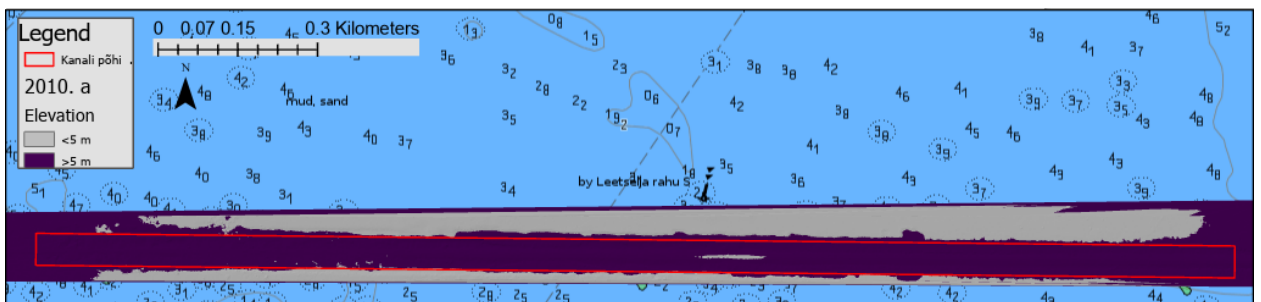
Joonis 34. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2003. a

Võrreldes 2003. aastaga on pinnast 2006. aastaks sama palju (1222 m³) lisandunud nagu seda aastatel 2002-2003 vähenes. Joonist 35 uurides tundub, et see on lisandunud kanali keskele valli.



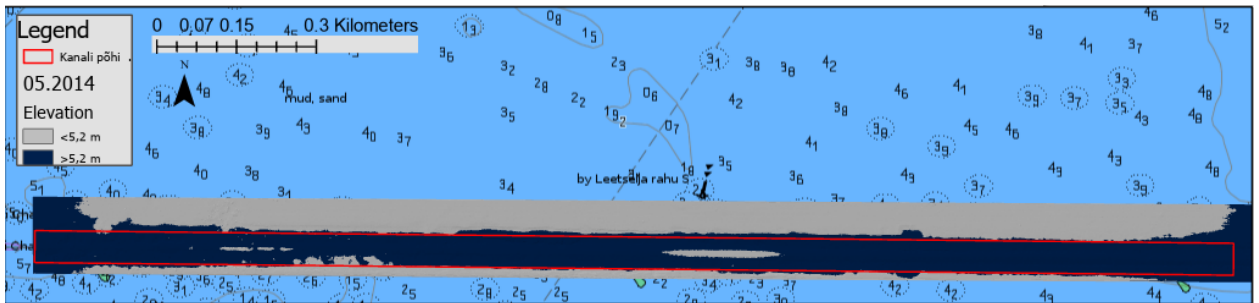
Joonis 35. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2006. a

2010. aastaks (vt Joonis 36) on maht võrreldes 2006. aastaga märgatavalt vähenenud (-2516 m³). Süvendusi vahepeal teadaolevalt ei toimunud. Jooniselt 44 on näha, et 2006. aastal 450 m pikkune vall kanali keskosas on 2010. aastaks lühenenud vaid 130 m pikkuseks.



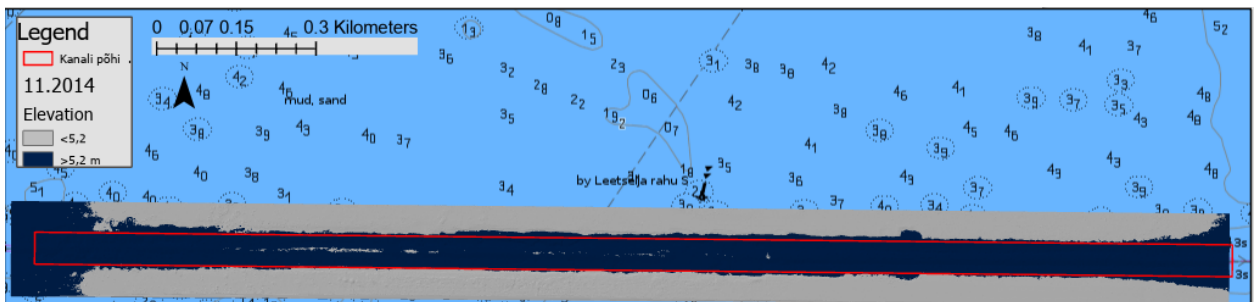
Joonis 36. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2010. a

2014. a otsustati kanalit uuesti süvendada, kuna taas kanali keskele kuhjunud setetest vall takistas parvlaevaliiklust madala veetaseme korral. (vt Joonis 37).



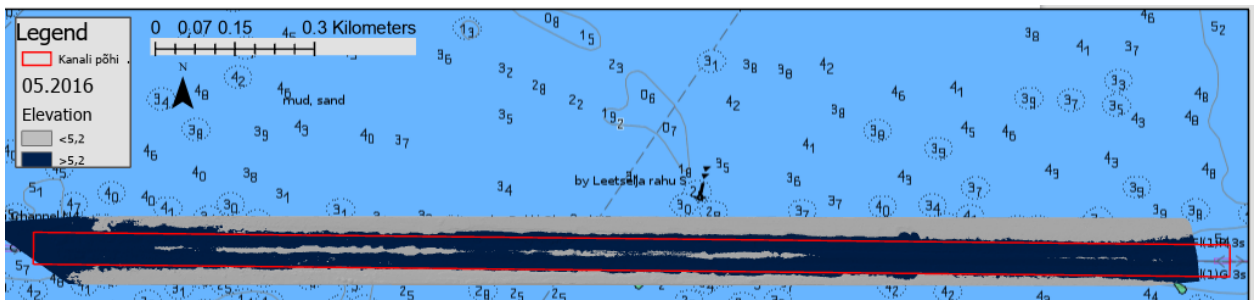
Joonis 37. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2016. a mais

2014. aastal oli eesmärk süvendada kanal 5,4 meetrini (BK-77) ehk EH2000 kõrgussüsteemis 5,2 meetrini. Jooniselt 38 on näha, et kuigi sügavused on enamjaolt 5,2 meetrit, siis süvendatud kohtade vahetuses on nõutud tasemest kõrgem vall endiselt alles.



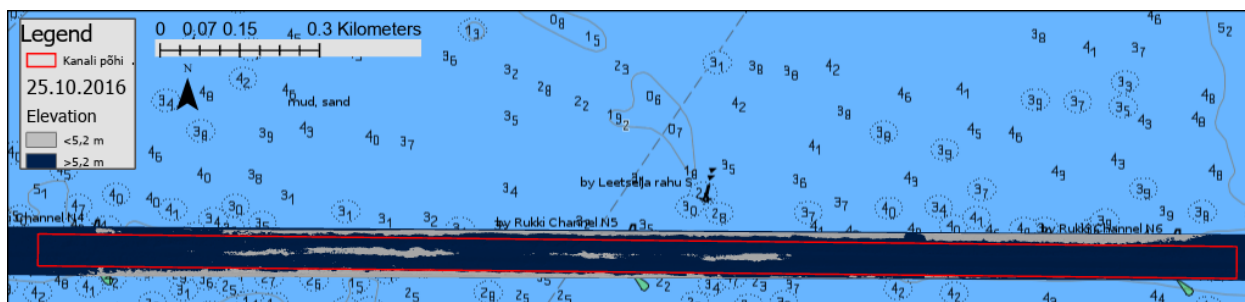
Joonis 38. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2014. a novembris

2016. aastal tõdeti, et sügavused on kanalis taas väiksemad kui 5,2 m. Jooniselt 39 on näha, et taas on toimunud settimine valli kanali keskosas.



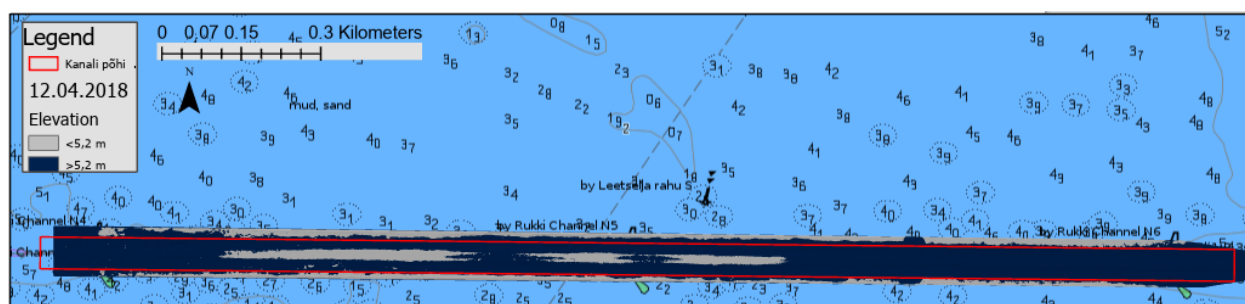
Joonis 39. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2016. a mais

Kuigi 2016. aastal eemaldati traaliga silumise teel kanali põhjast 695 m³ setteid, siis sama aasta sügisel teostatud möödistuste kohaselt (vt Joonis 40) oli vall kanali keskosas jälle tagasi. Vaja oleks olnud eemaldada veel 270 m³ pinnast.



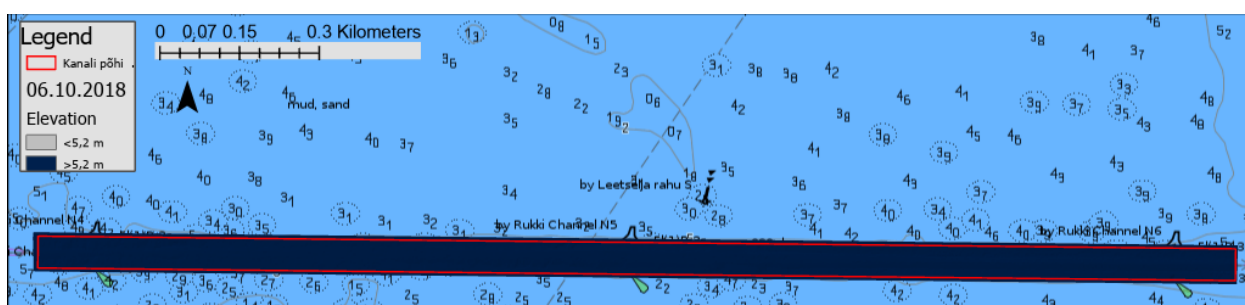
Joonis 40. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2016. a novembris

2018. aastal tõdeti taas, et kanal ei vasta projektmõõdmetele (vt Joonis 41) ning otsustati liigne pinnas eemaldada. Tööd toimusid 2018. a suvel. Kuigi mõõdistusandmete põhjal hinnati üleliigse pinnase mahuks 1723 m³, siis deklareeris süvendaja süvendatud pinnase mahuks 5060 m³. Et eemaldati ka suuri kive, siis võis maht tulla osaliselt nende arvelt. (Insenerihituse AS 2018)



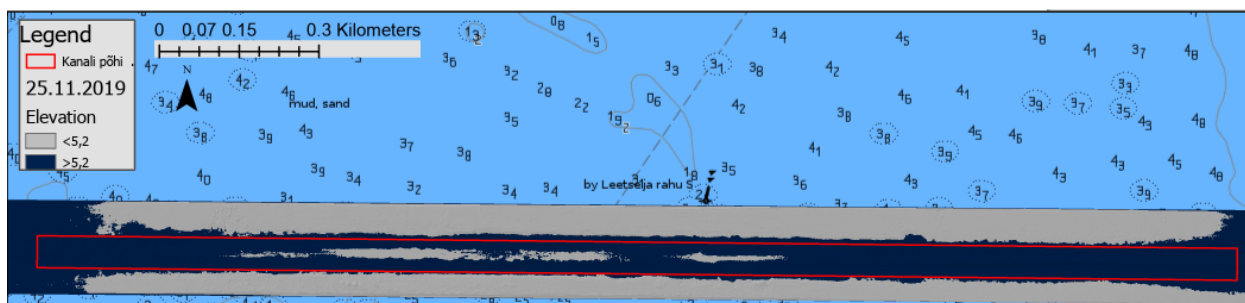
Joonis 41. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2018. a aprillis

Pärast suvist süvendust jäi kanalisse vaid 0,9 m³ projektsügavust ületavat pinnast, mida pole jooniselt 42 isegi märgata.



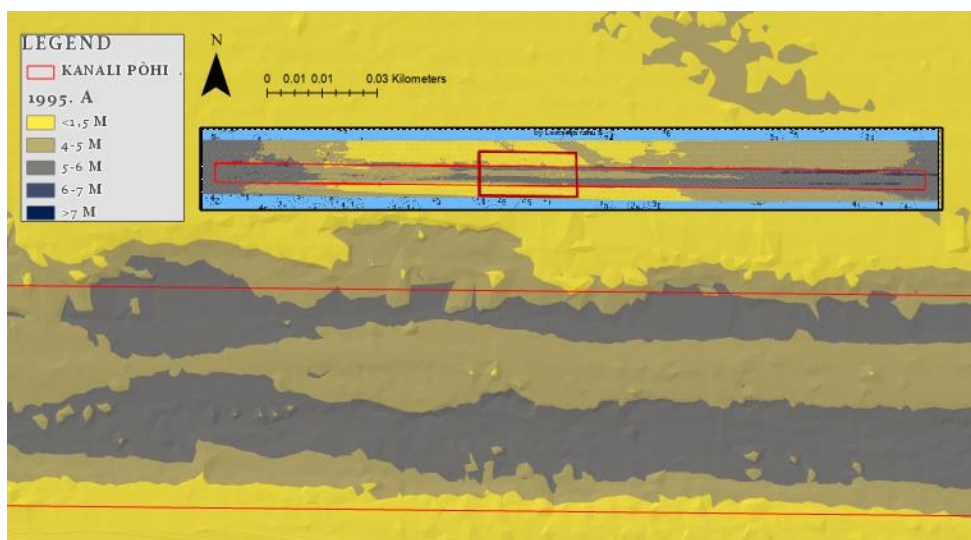
Joonis 42. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2018. a oktoobris

2019. aasta sügiseks on kanalisse taas 844 m³ pinnast, mis ületab projektsügavust (vt Joonis 43). Sügavused valli peal on 5-5,1 m.



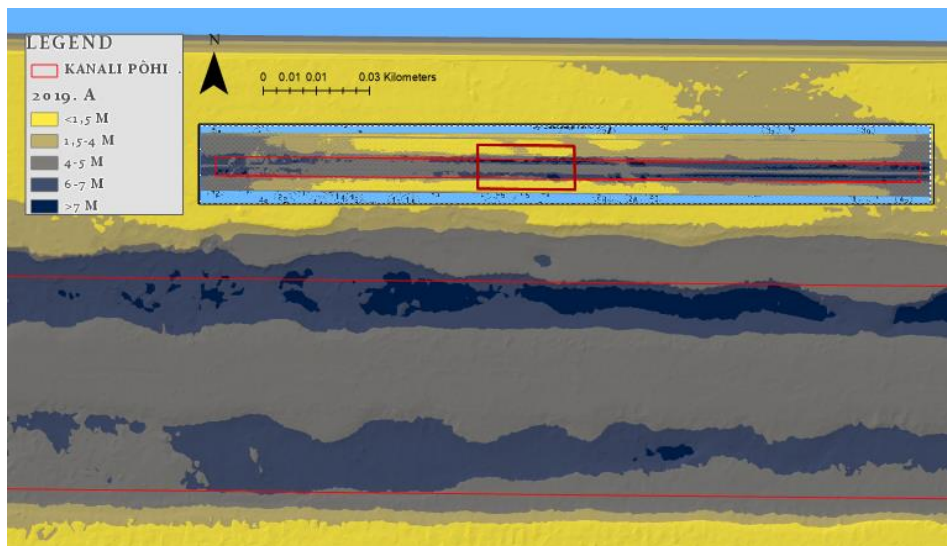
Joonis 43. Rukki kanali projektsügavust ületavad kohad 2019. a novembris

1995. aastast pärit kanali keskosa väljavõttest (vt Joonis 44) on näha, et vall eksisteeris ka enne süvendamisi ja moodsamate ning kiiremate laevade kasutusele võtmist.



Joonis 44. Väljavõte kanali keskosast 1995. aastal

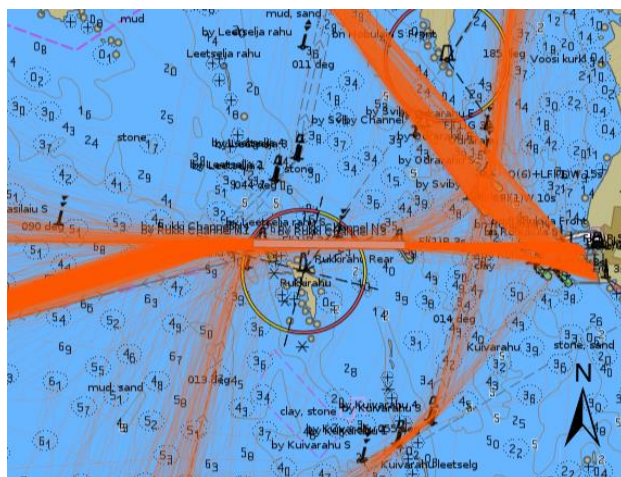
Sama koha väljavõttest aastal 2019 (vt Joonis 45) on selgelt näha, et sügavused valli külgedel on oluliselt suuremad kui 1995. aastal.



Joonis 45. Väljavõtte kanali keskosast 2019. aastal

Valli servadel on sügavamad kohad, mis näivad ajaga sügavamaks muutuvat. Valli suhteline kõrgus nendes kohtades on kuni 3 meetrit.

2018. aastal läbis Rukki kanalit 5121 AIS-transponderiga laeva. 4702 neist ehk 92% olid parvlaevad Leiger ja Tiiu (vt Joonis 46 ja Tabel 5). Võib öelda, et kanalit kasutavad peamiselt parvlaevad.



Joonis 46. Laevaliiklus AIS-andmete põhjal Rukki kanalis 2018. aastal. Oranžiga on tähistatud laevade liikumise jooned

Tabel 5. Rukki kanalit läbinud laevad 2018. aastal

AIS kategooria	Laeva nimi	Läbisõitude arv	
Passenger ship			4710
	Leiger	2330	
	Tiiu	2372	
Cargo ship			28
Fishing			82
Sailing			57
Law enforcement			55
Other			104
Muud kategooriad			85
		Kokku	5121

Andmed Rukki kanali süvenduste kohta enne 2014. aastat, mille dokumendid on Riigihangete portaalist lihtsasti leitavad, on kas täielikult või osaliselt kadunud. Mille alusel toimus 1998. aasta süvendus ja mis olid süvendustöödele seatud eesmärgid, jäi selgusetuks.

Viimastel aastatel on Rukki kanalit möödistanud kogu kanali ulatuses vähemalt kaks korda aastas. Sügavused kanalis muutuvad ka ilma süvendamiseta, kuid põhiliseks süvendamist vajavaks kohaks on viimastel aastatel olnud eelpool kirjeldatud vall.

Kui 2018. aasta süvendusele vahetult järgnenud periood välja arvata, siis tekkis peatselt pärast süvendamist kanalis taas projektsügavusele mittevastavaid kohti. Arvestades pidevat kuhjumist valli ja tihedat laevaliiklust kanalis, tuleb protsesse jälgida ja teostada piisavalt tihedalt möödistusi. Arvestades 2013. aasta juhtumit, mil riigihange kukkus läbi, on võimalik, et kanalile ei leita edaspidigi õigeaegselt süvendustööde teostajat.

Kui Saareotsa kanalis oli selgesti tuvastatav valli tekkimine pärast uue parvlaeva kasutuselevõttu, siis Rukki kanalis oli vall olemas juba vanemate laevade ajal. Kuni 2010. aastani toimus kanalis setete kogumahu vähenemine ja lisandumine ka ilma süvendamiseta. See on seotud kas teist tüüpi laevadega või on see looduslike protsesside tulemus. Vall on kuhjunud ka enne 2010. aastat, kuid hiljem on see toimunud kiiremini. Valli kuhjumine on ilmselt seotud intensiivsema ja kiirema laevaliiklusega, kuid selle tekkemehhanismid vajavad täpsemat uurimist.

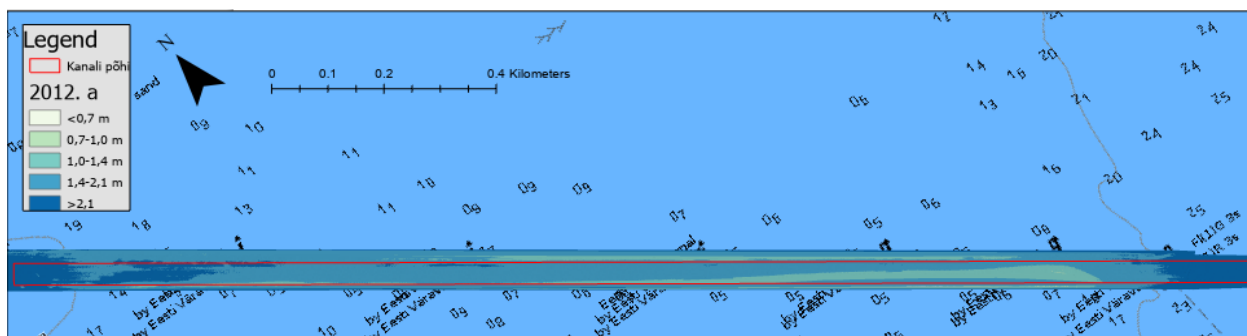
3.3 Eesti Värava kanal

Kui 2011. aastani oli Eesti Värava kanal 2008. aasta süvenduse tulemusel suhteliselt puhtana püsinud, siis 2012. aastal oli seal setteid juba 24363 m³. Vahemikus 2011-2019 Eesti Värava kanalis pinnase maht kasvas (vt Joonis 47).



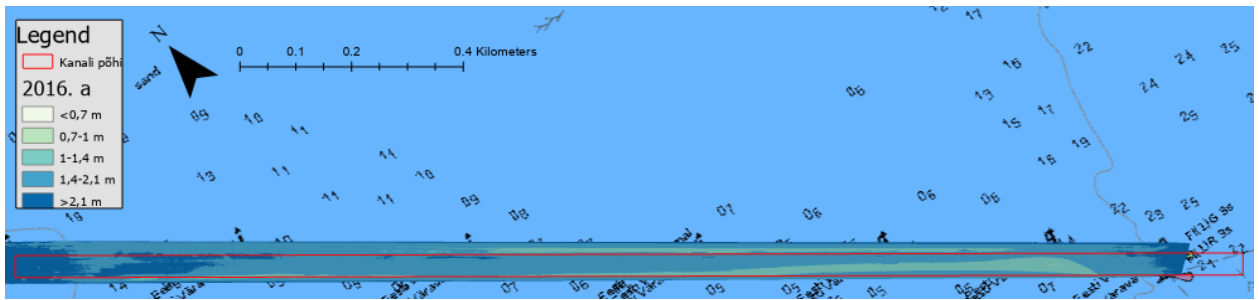
Joonis 47. Projektkanali mahte ületavad mahud Eesti Värava kanalis aastatel 2011-2019

Projektkanali 2,1 meetrile vastasid sügavused kanalis vaid vähestes kohtades (vt Joonis 48).



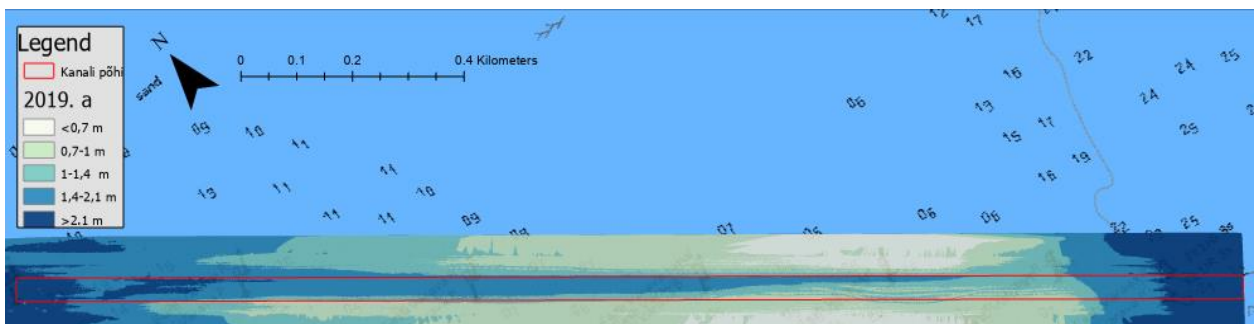
Joonis 48. Eesti Värava kanali põhi 2012. aastal

Jooniselt 48 on selgesti näha, et kanali sügavaim osa ei asu 2012. aastal kanali keskel. Setted on kiiremini kogunenud kanali kagupoolses otsas. 2016. aastaks on kanal veelgi rohkem setetega täitunud (vt Joonis 49).



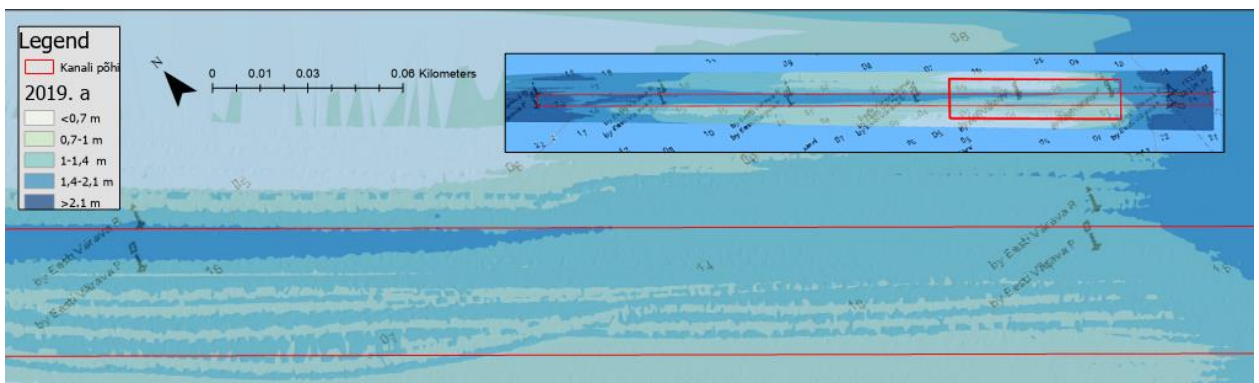
Joonis 49. Eesti Värava kanali põhi 2016. aastal

2019. aastaks on sügavused kanali madalamas osas juba väga väikesed (vt Joonis 50).



Joonis 50. Eesti Värava kanali põhi 2019. aastal

Jooniselt 51 on näha, et toodrite vahed on väga väikesed ning need on paigutatud kanali võimalikult sügavasse ossa, mis kohati jääb juba algsest kanalist väljapoole. Joonisel olevate vasakpoolsete toodrite vahe on 14 m ja parempoolse paari vahe 12 m. Vasakpoolsete toodrite vahel on sügavus 1,6 m ja parempoolsete vahel 1,2 m, kusjuures kanali algne sügavus oli kogu laiuses 2,1 m.



Joonis 51. Eesti Värava kanali madalaim osa 2019. aastal

Kanali setetega täitumise tõttu on ujuvmärke ümber tõstetud (vt Joonis 61), et tähistatav tee oleks võimalikult sügav. Olukorda hinnatakse igal kevadel pärast esimest mõõdistust ja VA paigutab navigatsioonimärgid vajadusel uude sobivamasse asukohta. Minimaalset sügavust pole kanalis määratletud.

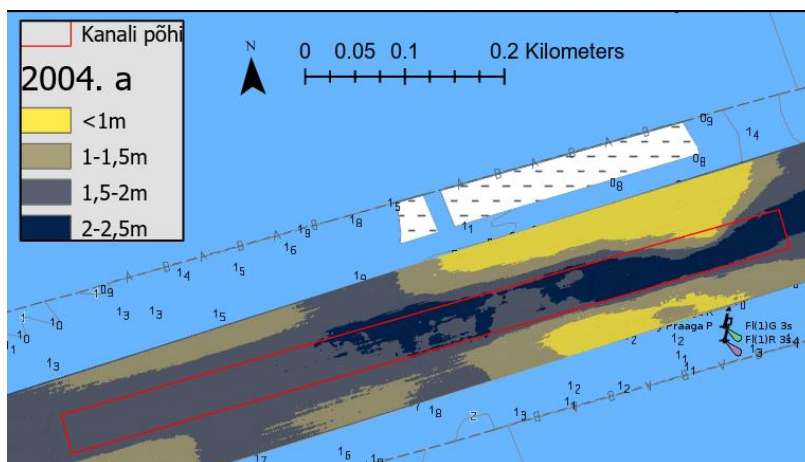
3.4 Praaga kanal

Pärast 2000. aastal toimunud süvendamist on setete maht Praaga kanalis pidevalt suurenenud (vt Joonis 52).



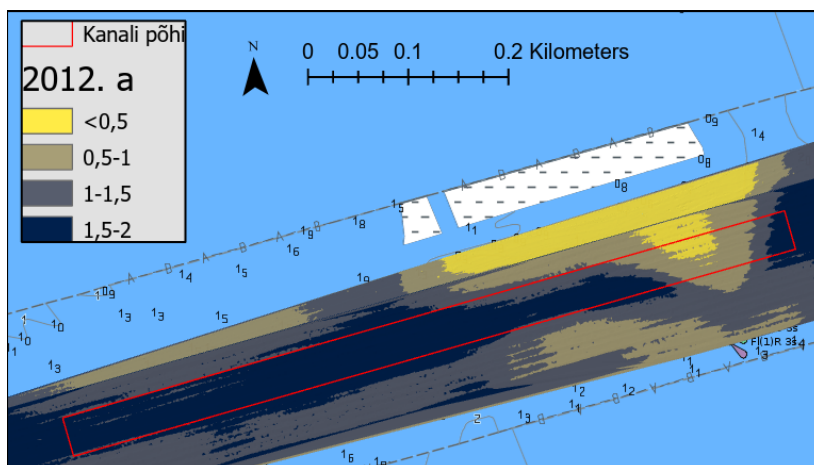
Joonis 52. Projektkanali mahte ületavad mahud Praaga kanalis aastatel 2002-2019

2002. ja 2003. aasta mõõdistuste järgi on settimine olnud minimaalne. Alates 2004. aastast on kanali idaosas tuvastatav pinnase settimine põhja poolt lõuna suunas (vt Joonis 53).



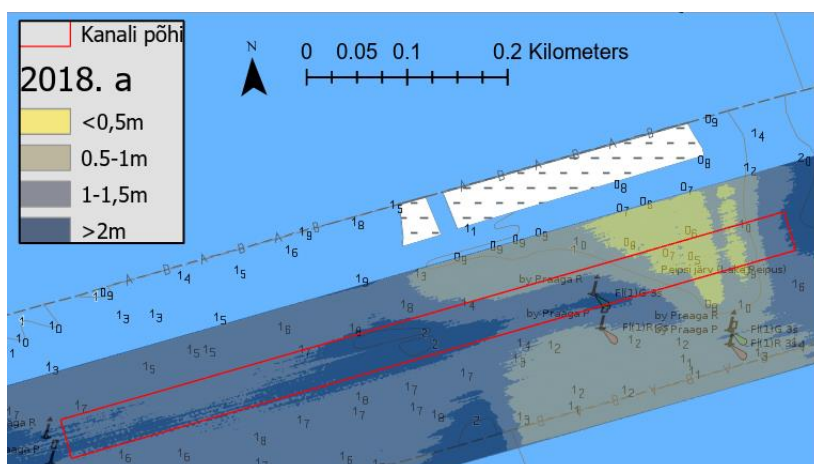
Joonis 53. Praaga kanali põhi 2004. a

2012. aastaks ulatub põhjast peale tulev osa juba üle laevatee ning sügavaim koht projekteeritud kanali madalaimas osas on alla meetri (vt Joonis 54).



Joonis 54. Praaga kanali põhi 2012. a

2018. aastaks oli kanal oma algses asukohas läbimatu ka alla poole meetrise süvisega alustele (vt Joonis 55).



Joonis 55. Praaga kanali põhi 2018. a

Lisaks on jooniselt 55 näha, et kanalit tähistanud toodrid on nihutatud algsest kanalist kõrvale. Kuid ka toodrite paari vahel on sügavus vaid 1,4 m. Kui kanalit lähitulevikus ei süvendata, saab toodrid veel edasi lõuna poole tõsta, kuid üle 1,4 meetri ei lange sügavus sealgi. On raske öelda, kas Joonisel nr 1 kujutatud 1839. aasta kaardil kujutatud saar Emajõe suudmes asub samas kohas Praaga kanali tänapäeval probleemse kohaga, kuid selge on see, et intensiivsed muutused toimuvad selles piirkonnas ka praegu.

Praaga kanali alla laetud 15 mõõdistusest olid võrdlemiseks sobilikud 8. Ülejäänud kas ei katnud kogu kanalit või olid tehtud lihtsalt kanalisse sisse ulatuvast madalamast osast, sügavamast

kohast möödudes. Andmete võrreldavuse jaoks oleks vajalik mõõdistada põhi igal aastal kogu kanali ulatuses, vajadusel siis kõrgema veetaseme või väiksema laevaga.

4 Tulemused ja ettepanekud edaspidiseks

Sügavusandmete analüüsimisel on kõikides kanalites tuvastatavad üsna selged tendentsid. Selles peatükis tuuakse välja neist olulisemad ning tehakse nende põhjal ettepanekuid edasiseks.

4.1 Saareotsa kanal

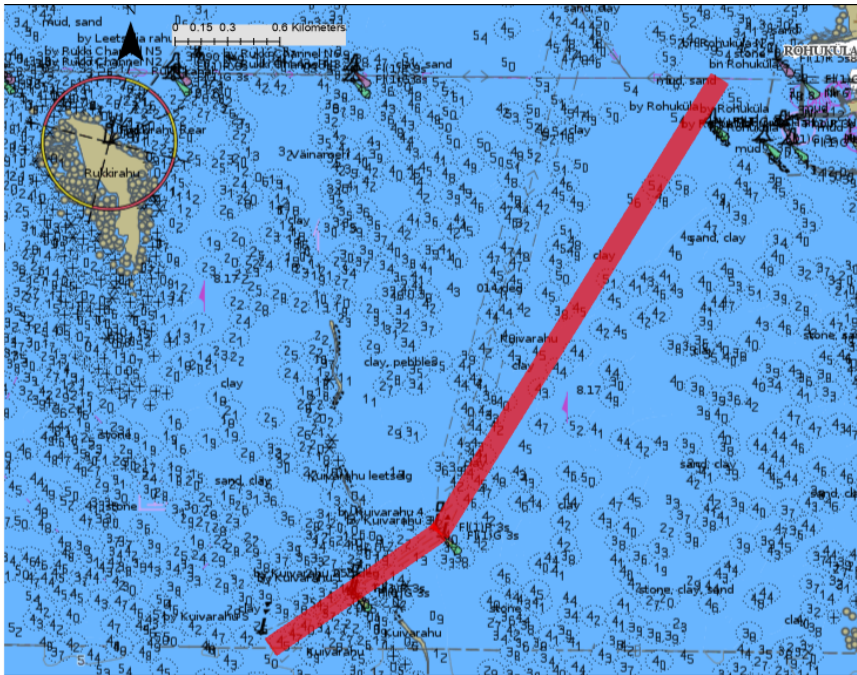
Kanali projektsügavust ületav maht 2019. aasta andmetel oli 2080 m³. Pärast Kihnu Virve liinile tulekut 2015. aastal on setete hulk üsna stabiilselt kasvanud. 2019. aasta mõõdistusandmete analüüsi põhjal võib arvata, et kriitilisteks kujunevad lisaks üksikutele madalamatele kohtadele kanali idaosas asuv pöördekoht ja vall kanali keskel.

Saareotsa kanalis kogunevad setted laeva pöördekohas Manilaiu sadama läheduses. Lisaks kuhjub kanali keskele vall. Valli kuhjumine on küll oluliselt aeglasem kui Rukki kanalis, kuid nõuab siiski tähelepanu. Saareotsa hooldussüvenduse saaks tõenäoliselt ühildada Rukki ja Kuivarahu kanalite süvendamisega. Nii Saareotsa kui ka Rukki kanali setete maht on aastate jooksul vähenenud ka ilma inimese otsese sekkumiseta, mistõttu on hooldust ainult varasemate aastate batümeetriliste muutuste põhjal keeruline planeerida.

4.2 Rukki kanal

Rukki kanali keskele kuhjub ilmselt seoses parvlaevade liikumisega vall, millega tuleb regulaarselt tegelda. Rukki kanalit ongi viimastel aastatel iga kahe aasta tagant süvendatud.

Kuna Rukki kanal on Rohuküla-Heltermaa liinil liikuvatele laevadele ainus pääs sügavamasse vette ning selle pideva süvendamisega kaasnevad riskid parvlaevaliikluse järjepidevusele, võiks autori arvates kaaluda alternatiivina Johan Mey 1922. aastal soovitatud Rukkirahust 2 km lõuna poole jääva Kuivarahu kanali (vt Joonis 56) süvendamist varukanaliks (Mey 1922). Kuivarahu laevateel asuva potentsiaalse kanali asukoha kohta tehti 2020. aastal esialgne geofüüsikaline uuring (Eesti Geoloogiateenistus 2020), mis annab ülevaate setete kihtidest madalsagedusliku kajaloe andmete põhjal. Autori hinnangul tasuks selle potentsiaalse kanali puhul teha ka pilti täpsustavad geoloogilised uuringud.



Joonis 56. Punasega on kujutatud Kuivarahu laevatee võimalikku süvendatavat ala

Kuivarahu kanal võiks olla Rukki kanalist pisut sügavam (sügavus nt 5,5 m), et vältida olukorda, kus väga madala veetaseme korral pole kumbki kasutatav. Kuivarahu sügavuse viimine 5,5 meetrini peaks olema ka odavam kui Rukki kanali süvendamine sama sügavuseni, sest Kuivarahu on Rukki kanalist lühem.

Tulevikus oleks võimalik korraldada Rukki ja Kuivarahu kanali hooldussüvendus selliselt, et ühe kanali oodatust kiirem täitumine või riigihanke läbikukkumine ei ohusta parvlaevaliikluse toimimist. Kahe kanali olemasolu võimaldaks parvlaevadel kasutada teist kanalit, kui ühes toimub süvendamine või on teel muu takistus. Kui planeerida hooldussüvendused järjestikusele ajale, hoiaks sellega kokku mobilisatsiooni pealt.

Lisaks oleks valli mõlemal küljel asuva süvendiga otstarbekas arvestada ujuvate navigatsioonimärkide paigaldamisel. Kuna sügavuse erinevused on suured, võib ujumärgi ankur libiseda sügavamale ja liikuda valesse asukohta. Kui arvestada asjaoluga, et aastaringsed ujumärgid vajavad oluliselt massiivsemat ankrut ning riskiga, et ankur võib liikuda, ei ole autori arvates sobilik paigaldada aastaringseid ujumärke kanali keskossa, kuhu ei saa suure poilaevaga ligi.

4.3 Eesti Värava kanal

Eesti Värava kanalis on toimunud üsna kiire setete kogunemine pärast kanali rajamist 2008. aastal. Kuna Praaga kanali süvendamise riigihange on kaks korda läbi kukkunud, siis pole ilmselt peetud võimalikuks ka Eesti Värava süvendaja leidmist ning hankeid pole korraldatud.

Kui Praaga kanalis saab veeliikluse ujuvmärke nihutades probleemsest kohast kõrvale juhtida ja saavutada sel moel laevateel suurema sügavuse (1,4 m), siis Eesti Värava kanali kõige madalamas ja kitsamas osas on laevatee laius 12 m ja sügavus 1,2 m. Seniste tendentside jätkudes on sügavus seal peagi väiksem kui 1 m, mis kujuneb probleemiks nii parvlaev Koidulale, mis peab Kallastele dokki sõitma, kui ka VA poilaevadele.

2019. aastaks oli Eesti Värava kanali mõõtmete taastamiseks hinnanguline süvendusmaht 55600 m³. Süvendusest 2008. aastal kuni märkimisväärse settimiseni 2012. aastal kulus 4 aastat. Kui settimine toimuks ka tulevikus sarnaselt ja eesmärk oleks säilitada projektkanalile ligilähedane sügavus, tuleks kanalit süvendada iga 4 aasta tagant. Süvendamise ja kaadamise puhul tuleb arvestada sellega, et kanal asub Peipsiveere looduskaitsealal.

Eesti Väravale alternatiivseks laevateeks võib lugeda Vene Väravat ja seni on seda vajadusel ka õnnestunud kasutada. Kuid et asjaajamine Vene ametivõimudega võib olla aeganõudev ja et see on keerulisem riikliku taustaga aluste puhul, ei ole tegemist mõistliku alternatiiviga. Kui Eesti Värava kanalile head alternatiivi ei leita ja kanali olemasolu peetakse vajalikuks, tuleks autori hinnangul seda regulaarselt süvendada.

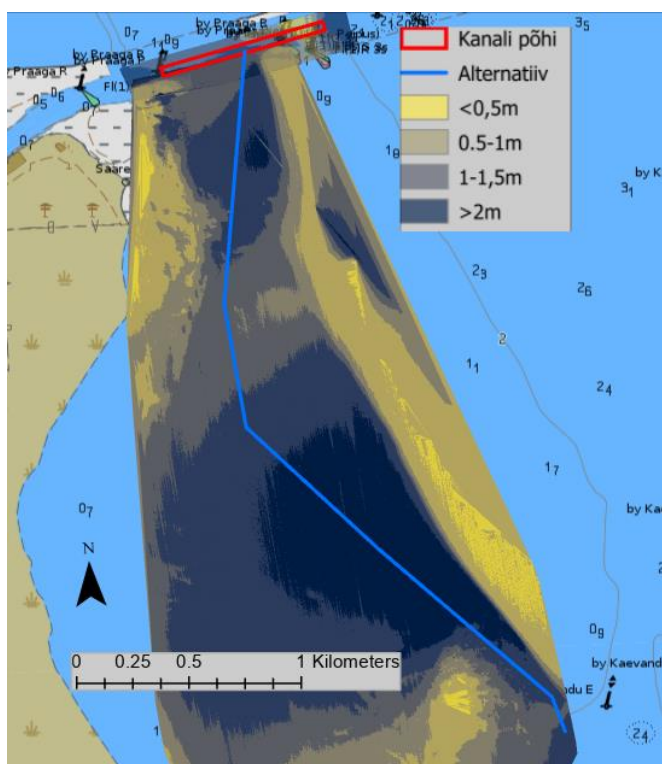
Autori hinnangul tasuks kaaluda setete liikumise modelleerimist tänapäevaste vahenditega ning püüda sel moel leida alternatiivi kanali asukohale või lahendust selle kaitsmiseks setete pealetungi eest.

4.4 Praaga kanal

Praaga kanali idaosas liiguvad setted põhjast lõunasse, kandudes selle käigus ka kanalisse. Praaga kanali süvendamiseks korraldati 2012. ja 2013. aastal riigihange, kuid see kukkus mõlemal aastal läbi. Sai selgeks, et ei leidu ettevõtet, kes suudaks või tahaks sellisel hankel osaleda. Peamiseks põhjuseks oli ilmselt sobiva tehnika puudumine. Pärast seda pole enam hankeid korraldatud. Kui

settimine jätkub sarnaselt senisele ka tulevikus ja kanalit soovitakse hoida samas kohas läbitavana sisevete suurimatele alustele, on seda siiski vaja umbes viie aasta tagant süvendada.

Autorile jäi silma looduslikult sügavam veetee osa kanalist lõuna pool (vt Joonis 57). Joonisel on kokku pandud 2018. aasta kanalit kattev mõõdistus ja 2003. aasta mõõdistus selle osa kohta, mis jääb kanalist lõunasse. Kui olukord pole drastiliselt muutunud, saab võib-olla ka praegu Praaga kanalist lõunasse keerates jõuda Peipsi järve. Teekonna väikseim sügavus on joonisel 1,8 m ning teekonna pikkus 1,95 km. Ei saa eeldada, et sügavused on samasugustena säilinud, kuid autori hinnangul väärib ala üle mõõdistamist ning kaalumist alternatiivse laevatee asukohana.



Joonis 57. Praaga kanalist lõunasse jääv looduslikult sügavam ala, mis võib sobida alternatiivse laevatee asukohaks

4.5 Üldised ettepanekud

Saareotsa ja Rukki kanali puhul võiks autori hinnangul lähtuvalt projektsügavusest ja parvlaevade parameetritest viia läbi simulatsioonid, et välja selgitada põhjapuute tõenäosus erinevate veetasemete korral. Seejärel saaks määrata kanalite kasutatavuse. Kanali kasutajate vajaduste ja nõudmiste muutumisega arvestamiseks võiks sisse seada protseduurid, mis tagaksid kiire ja efektiivse reageerimise laevaliikluse muutustele. Edaspidised hooldustööd võiks kanalites

korraldada lähtuvalt hoolduskavas toodud hoolduse intervallist, kasutatavuse eesmärkidest ning seatud protseduuridest.

Kui Saareotsa ja Rukki kanalis on meresõiduohutuse tagamiseks vaja arvestada parvlaevade mõõtmega, siis sisevetel projektlaeva ei ole ning selline tuleks autori hinnangul valida.

Üks võimalus hooldustööde planeerimise lihtsustamiseks sisevetel oleks sarnaselt Soome praktikale laevateede klassidesse jaotamine. Valitud projektlaev peaks saama liikuda kogu mõtteliselt ühendatud laevateel. Kuigi igale laevateele oleks seatud n-ö sõidusügavus, oleks liikleja kohustus jälgida veetaset ja uuendatud navigatsiooniteavet. Kuna süvendustööde teostaja leidmine sisevetele on keeruline, siis tuleks vastavalt laevatee klassile seatud parameetritele tuvastada ka ülejäänud süvendamist vajavad kohad ning ka need ühe riigihanke käigus vastavalt klassile ära süvendada. Sellise planeerimise osana võiks mõtteliselt ühendatud laevatee regulaarselt üle mõõdistada.

Kuna autorile teadaolevalt on olemas ka maismaad mööda liigutatavat süvendustehnikat, võiks seda omavate ettevõtetega eelnevalt tutvuda ja seejärel korraldada riigihange selliselt, et nendel ettevõtetel oleks võimalus ja huvi hankel osaleda. Hanke planeerimise käigus saaks kaasata ka teised huvilised ja nii tuleks mobilisatsiooni kulu suhteliselt väiksem. Teine variant oleks soetada riigile sobilik pargas, nagu soovitas oma magistritöös Triin Rebane (Rebane 2015).

Sisevetel AIS-süsteemi hetkel kasutusel ei ole, kuid igal piiriveekogule minejal on kohustus oma minekust ja lahkumisest teavitada PPA-d. Järelikult on PPA-l andmed liiklejate kohta olemas. Autori hinnangul võiks neid andmeid laevaliikluse tiheduse hindamiseks tulevikus võimalusel ära kasutada.

Batümeetriliste andmete kasutamise kohta võib kokkuvõttes tõdeda, et andmete analüüs on väärtuslikuks infoks setete liikumise ja sügavuste muutumise kohta ning abiks tööde planeerimisel laevateedel, kuid eriti uute süvenduste puhul tuleks ebameeldivate üllatuste vältimiseks tööde alustamisel alati tellida ka geotehnilised ja geoloogilised uuringud.

Kokkuvõte

Töö koostamise käigus ilmnas, et Eesti süvendatud kanalite kohta käivaid dokumente on aegade jooksul koostatud ja hoiustatud väga erinevalt. Kui nõukogude perioodi kohta käiv info puudub üldse või pole kättesaadav, siis pärast Eesti taasiseseisvumist teostatud süvendusi puudutavad materjalid on erinevates kohtades laiali. Kõikide töös vaadeldud kanalite kohta oli siiski võimalik leida piisavalt materjali, et tuvastada nende rajamise aeg, viimase 25 a jooksul teostatud süvendused ning viimaste süvenduste aluseks olnud dokumentatsioon. Kuigi viimastel aastatel tehtud tööde kohta on materjalid (veel?) kättesaadavad, siis nende salvestamise ja arhiveerimise kohta juhised puuduvad. Tulevikus tasuks autori hinnangul kaaluda kõikide süvenduste kohta käivate materjalide (sh nendega seotud uuringute) kokku kogumist ja arhiveerimist selgete juhiste järgi.

Laevateede hooldamine ei ole Eestis kuigi selgelt reglementeeritud. Kanalitest räägitakse peamiselt nende süvendamise kui keskkonnamõjude vaatenurgast. Meresõiduohutuse seaduses ja veeseaduses on mainitud Veeteede Ameti kohustusi, kuid täpsem tegevusraamistik puudub. PIANC on koostanud hulgaliselt juhendeid, mida nt Soomes on kohalikele vajadustele vastavaks kohandatud. Eestis pole seni juhendeid laevateede projekteerimiseks ega hooldamiseks koostatud.

Olemasoleva materjali analüüs näitas, et süvendustöid on kanalites korraldatud erineval moel. Saareotsa rajati uus kanal, et saaks kasutada suurema süvisega parvlaeva. Praagal on teostatud hooldussüvendusi. Eesti Värava kanal otsustati rajada uude, eeldatavasti eelmisega võrreldes soodsamasse asukohta. Rukki kanali viimased süvendused on olnud seotud suuremate laevade kasutusele võtmisega sellel sajandil.

Analüüsi põhjal jõutakse töös konkreetsete tulemuste ja ettepanekuteni kanalite hooldustööde efektiivsemaks planeerimiseks ja ümberkorraldamiseks. Autor soovib erinevaid tegevusi, mis võimaldaksid nii kulude optimeerimist kui ka aja kokkuhoidu.

Ehkki VA-s on kahtlemata tööl inimesed, kes suudavad hooldussüvendusi olemasolevate andmete põhjal planeerida ja läbi viia, siis ei ole seda autori hinnangul siiski otstarbekas teha ilma selgelt seatud eesmärkide ja normideta. Kanalite hoolduskava koostamisel oleks mõistlik lähtuda põhjalikest uuringutest ning uute tööde planeerimisel arvestada reaalseid rahalisi võimalusi.

Summary

CHANNEL MAINTENANCE PLANNING IN ESTONIA BASED ON THE ANALYSIS OF BATHYMETRIC CHANGES AND VESSEL TRAFFIC DENSITY

Maarius Utso

This thesis is presented in Estonian on 83 pages. It consists of 57 diagrams, 5 tables and 10 appendices. 117 sources are cited.

Maintenance of fairways is one of the key elements from the perspective of ensuring safe vessel traffic. Dredging a channel into the shallow part of a fairway is a time consuming and expensive activity. The author of the thesis aims to find out to what extent the maintenance of navigable channels in Estonia could be combined and whether that would lead to cost optimization.

One of the objectives of this thesis is to give an overview of practices related to building and maintaining channels in Estonia. Recommendations of PIANC and corresponding practices in Finland and Hungary are compared and examined.

Four of the Estonian navigable channels are examined more precisely: Rukki, Saareotsa, Praaga and Eesti Värav. Historical nautical charts and documents related to the channels are analyzed. Data from hydrographic surveys is used to calculate bathymetric changes in channels. If possible, data collected by AIS is used to get an estimation of traffic density. All data processing is done with ArcGIS Pro software.

The process of data collection proved that there are no regulations for archiving the data about dredging and related activities. Also, it was concluded that the process of fairway maintenance is not strictly regulated in Estonia. Related activities carried out in the past have been the result of alternating circumstances rather than foresightful and comprehensive planning.

The final chapter provides recommendations based on the analysis. It also discusses whether the methods used are suitable for planning channel maintenance in future.

It is expected that this paper will be a valuable input for planning channel maintenance in Estonia. The paper concludes, that even though the chosen methods give an expressive overview of processes that take place in channels, it is still recommended to carry out thorough surveys of areas concerned before making dredging decisions.

Keywords: dredging, channel maintenance, bathymetry, ArcGIS, vessel traffic density

Viidatud allikad

- Adamson, A. (2020). Peipsi vesikonna olemusest ja ajaloost. Tartu. https://www.tartu.ee/sites/default/files/research_import/2020-04/Lisa%202.%20Vesikonna%20ajalugu.%20A.Adamson.pdf (01.12.2020)
- ArcGIS for Desktop. Esri koduleht. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/tin/fundamentals-of-tin-surfaces.htm> (05.03.2020)
- AS Kihnu Veeteed koduleht. <https://new.veeteed.com/#/et/content/fleet/pl-koidula> (22.04.2020)
- AS Kihnu Veeteed koduleht. <https://new.veeteed.com/#/et/content/fleet/p-l-kihnu-virve> (22.10.2020)
- AS Saaremaa Laevakompanii. (1999). Tõnis Rihvki kiri Veeteede Ametile 12.04.1999.
- Borisov, A., Simić, R., Petrović, V., Bojović, B. (2019). Analysis of the capacity changes in the "Garajevac-Istok" excavation by applying the GIS technology - DOI: 10.5937/vojtehg67-19650; <https://doi.org/10.5937/vojtehg67-19650> EBSCOhost. Academic Search Complete (01.02.2020)
- CEMT. (1992). Ateena. Euroopa Transpordiministrite Konverents. Resolution No. 92/2 On New Classification of Inland Waterways. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/wat19922e.pdf> (26.01.2020)
- Der Moon-Sund. (1914). Berlin. Reichs-Marine-Amt. <https://searchworks.stanford.edu/view/12436253> (19.11.2020)
- Dierssen, H. (2014). Bathymetry: History of Seafloor Mapping - DOI: 10.1081/E-ENRW-120047531 EBSCOhost. Academic Search Complete (01.02.2020)
- Eesti laevaregistri aastaraamat. (1995). Tallinn. Veeteede Amet.
- Eesti siseveetee arengukontseptsioon. (2008). Tallinn. Veeteede Amet.
- Eesti Värava ja Praaga kanalid Peipsi järvel, geotehnilise uuringu B osa. (2006). Tallinn. Geotehnika aruanne. IPT Projektijuhtimine OÜ
- Eesti Värava laevatee optimaalse asukoha detailuuring. (2006). Tallinn. TTÜ Meresüsteemide Instituut.
- Ehitustegevuse kord veeteel või navigatsioonimärgi vahetus läheduses või mõjupiirkonnas. Määrus. Vastu võetud Riigikogus 06. detsembril 2002 nr 26. RTL 2002, 138, 2022.
- El-Hattab, A. (2014). Investigating the Effects of Hydrographic Survey Uncertainty on Dredge Quantity Estimation - DOI: 10.1080/01490419.2014.892910 EBSCOhost. Academic Search Complete (01.02.2020)
- Eesti Värava ja Praaga kanalid Peipsi järvel, geotehnilise uuringu B osa. (2006). Tallinn. Geotehnika aruanne. IPT Projektijuhtimine OÜ.

- Emajõe, Narva jõe ja Peipsi-Lämmijärve veeteede kaasajastamine ning eelduste loomineohutu veeliikluse tagamiseks rekonstrueeritud veeteedel. (2009). Tallinn. Euroopa Regionaalarengu Fondi projekt. Veeteede Amet.
- Emajõe suudmealale projekteeritud kanali uhtumise-settimisprotsesside matemaatiline modelleerimine. (1999). Tallinn. Corson OÜ.
- Heltermaa-Rohuküla laevatee süvendamisega seotud keskkonnamõtjude hindamine. (1998). Tallinn. Eesti Mereinstituut.
- Hüdrograafia Infosüsteem.
<https://his.vta.ee:8443/HIS/Avalik?REQUEST=Main&WIDTH=1280&HEIGHT=610>
 (02.03.2020)
- Jagomägi, T. (1999). Geoinfosüsteemid praktikule. Tartu. Regio. 18.
- Järvik A. (2006) Eesti Värava ja Praaga kanalite süvendamise keskkonnamõtju hindamine. Tallinn: TÜ Eesti Mereinstituut.
- Kaivo L-L. (2012) Eesti laevatatavad siseveeteed: Emajõgi. Eesti Loodus. http://www.eestiloodus.ee/artikkel4784_4760.html (19.11.2020)
- KeHJS. Keskkonnamõtju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus. Vastu võetud Riigikogus 22.02.2005. RT I, 21.12.2019, 7.
- Keskkonnaekspertiis Praaga-Piirissaare laevatee süvendusprojektile. (1998). Tartu. Eesti Põllumajandusülikool (EPMÜ). Zooloogia ja Botaanika instituut.
- Keskkonnaekspertiisi akt Rohuküla-Heltermaa laevatee süvendustöödele. (1998). Tallinn. OÜ Eesti Geoloogiakeskus.
- Kihnu, Manilaiu ja mandri vahelise ühenduse arengukava. (2002). Tallinn. Eesti Mereakadeemia.
- Kihnu-Munalaiu laevatee Saareotsa siht. Ehitusgeoloogilise uuringu aruanne. (2007). Tallinn. Merkolux OÜ.
- Liikennevirasto. (2011). Helsingi. Ohje. Laevateede klassifitseerimise üldjuhend. Vesiväyläluokitusten yleisohjeet. https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Vesiv%C3%A4yl%C3%A4luokitus_lopullinen.pdf (20.11.2020)
- Liikennevirasto. (2011). Helsingi. Ohje. Laevateede navigeerimissügavuse põhimõtted. Väylien kulkusyvyyskäytännön periaatteet. https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Kulkusyvyyskaytanto_fi.pdf (22.11.2020)
- Liikennevirasto. (2013). Helsingi. Liikenneviraston ohjeita 18/2013. Juhend uuringute teostamiseks veeteel. Vesiväylätutkimusten yleisohjeet. https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-18_vesivaylatutkimusten_yleisohjeet_web.pdf (12.09.2020)

- Liikennevirasto. (2014). Helsinki. Liikenneviraston ohjeita 31/2014. Kaubalaevateede planeerimine. Laivaväylien suunnitteluohjeet. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-31_laivavaylien_suunnitteluohjeet_web.pdf (21.11.2020)
- Liikennevirasto. (2017). Helsinki. Liikenneviraston ohjeita 38/2017. Väikelaevateede planeerimise juhend. Veneväylien suunnitteluohjeet. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-38_venevaylien_suunnitteluohjeet_web.pdf (30.03.2020)
- Lunqvist, E. (2017). Clear Channels, Special Report: The Commercial Maritime Industry -Sea Power 60 (9), 26-29. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=5&sid=d4c572e0-6e0b-43dfba548814e38676f3%40sessionmgr4008&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=126011168&db=f5h>
- Lutt, J. (2000a). Seletuskiri Rohuküla-Heltermaa laevatee kanalite remontsüvenduse mahuarvutuse juurde. Tallinn. Veeteede Amet.
- Lutt, J. (2000b). Rohuküla-Heltermaa laevatee traalimine ja kontrollmöödistus. Tallinn. Veeteede Amet.
- Lutt, J. (2010). Miks Hiiumaa praam kipub merepõhja kinni jääma?. Eesti Loodus. http://www.eestiloodus.ee/artikkel3132_3110.html (12.11.2020)
- Maaameti geoportaal. http://gis.vta.ee/maaamet_proxy/primar.xml (12.09.2020)
- Maripuu, M. (2019). Batümeetriline muutlikkus Kihnu Veeteel: lõputöö. Tallinn : Tallinna Tehnikaülikool.
- Mey, J. (1922). Laevandus. 3-4 , 37. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:318095/276268/page/8> (21.11.2020)
- Mey, J. (1925). Eesti Loodus. Äratrükk koguteosest Eesti. Tartu. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:274297/248029/page/32> (21.11.2020)
- Mieler, A. (1926). Ein Beitrag zur Frage des Vorrückens des Peipus an der Embachmündung und auf der Peipusinsel Pirisaar in dem Zeitraum von 1682 bis 1900. Tartu : Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli toimetused. Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis.
- MSOS. Meresõiduohutuse seadus. Vastu võetud Riigikogus 12.detsembril 2001. a. RT I 2002, 1,1.
- Muhu väina keskmine jagu, lõuna pool Vormsi saart (1921). Topograafia ja Hüdrograafia Osakond. <http://www.ra.ee/kaardid/index.php/et/map/view?id=101122> (15.01.2020)
- Munalaid-Kihnu liini avamine: <http://www.kihnumereselts.ee/2013/20-aastat-munalaid-kihnu-liini-avamisest/>
- Munalaiu sadama ajalugu. AS Saarte Liinid koduleht. <http://www.saarteliinid.ee/ports/munalaid/?articleID=149> (23.10.2020)
- Munalaiule uus kaubasadam (1997). Äripäev. <https://www.aripaev.ee/uudised/1997/08/21/munalaiule-uus-kaubasadam> (11.11.2020)
- MTÜ Emajõe Lodjaseltsi koduleht. <https://lodi.ee/lodjaseltsist/tooted/laevad> (12.03.2020)

- Mõnda Peipsist. (1922). Laevandus. 1, 19-20. <http://www.digar.ee/id/nlib-digar:319520> (23.10.2020)
- Navigatsioonimärkide andmekogu (NMA). Veeteede Amet. <https://nma.vta.ee/aton/> (12.11.2020)
- Navigatsioonimärgistuse kavandamise, rajamise, rekonstrueerimise, paigaldamise, järelevalve ja märgistusest teavitamise nõuded ning kord. Määrus. Vastu võetud Riigikogus 02. detsembril 2002 nr 18. RT I 2002, 61, 375.
- NEWADA. (2011). Ungari. Network of Danube Waterway Administrations (NEWADA). Riiklik strateegiline plaan laevateede hooldamise optimeerimiseks. <http://www.southeast-europe.net/document.cmt?id=347?> (21.11.2020)
- Niitra, N. (1998). Munalaiu sadam saab detailplaneeringu. Postimees. <https://www.postimees.ee/2534781/munalaiu-sadam-saab-detailplaneeringu> (10.10.2020)
- Niitra, N. (2005). Rein Kilk kaotas miljoneid Peipsi mutta. Postimees. <https://www.postimees.ee/1491753/rein-kilk-kaotas-miljoneid-peipsi-mutta> (21.11.2020)
- Nõukogudeaegne Väinamere paberkaart. (1985). ГУННО.
- Olmaru, J. (2013). Emajõe saabub kevadel uus reisilaev. Tartu Postimees. <https://tartu.postimees.ee/2603202/emajoele-saabub-kevadel-uus-reisilaev> (22.02.2020)
- Pae, T. (2020). Skemaatiline joonis Vene Värava läbimise kohta.
- Parvlaev Tiiu. Wikipedia. [https://et.wikipedia.org/wiki/Tiiu_\(parvlaev\)](https://et.wikipedia.org/wiki/Tiiu_(parvlaev)) (12.11.2020)
- Peipsi, Pihkva ja Lämmijärve, Emajõe ning seotud jõgede kalda- ja veealade kasutamise uuring. (2020). Tartu. AB Artes Terrae OÜ. https://www.tartu.ee/sites/default/files/research_import/2020-03/1977MT1%20Peipsi%20uuring%20l%C3%B5pparuanne.pdf (08.10.2020)
- Peipsi. Soejärv. (1923). Paberkaart. Topograafia-Hüdrograafia Osakonna väljaanne ja trükk.
- Peipsi vete piirkond. Paberkaart. (1919). Sõjaväe topograafia jaoskonna väljaanne.
- Peter, J., Wheeler, J., Peterson, J., Gordon-Brown, N. (2010). Channel Dredging Trials at Lakes Entrance, Australia: A GIS-Based Approach for Monitoring and Assessing Bathymetric Change - DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-09-00043.1 EBSCOhost. Academic Search Complete (01.02.2020)
- PIANC (1989). Brüssel. Belgia. Ökonoomsed meetodid kanalite hooldamiseks. Economic Methods of Channel Maintenance.
- PIANC (2014). Brüssel. Belgia. Sadamate sissesõiduteede kanalite planeerimine. Site investigation requirements for dredging works.
- PIANC. (2000/1). Brüssel. Belgia. Standardid siseveeteede kasutamiseks väikelaevadega. Standards for the use of inland waterways by recreational craft.
- PIANC. (2000/2). Brüssel. Belgia. Nõuded uuringutele süvendustööde asukohas. Site investigation requirements for dredging works.

- Power, H., Wilson. M. (2018). Seamless bathymetry and topography datasets for New South Wales, Australia. -Nature. Scientific Data 5:180115. DOI: 10.1038/sdata.2018.115. <https://www.nature.com/articles/sdata2018115> (21.10.2020)
- Praaga Piirissaare laevatee süvendusprojekt. (1998). Merin AS Konsulterivad insenerid, arhitektid ja planeerijad. Tallinn.
- Primar GDS WMS. <https://services.ecc.no> (23.11.2020)
- Puurtööd Rukki ja Heltermaa kanaleis, geotehniline uuring. (2000). Tallinn. IPT projektijuhtimine0
- Pärnat, A. (1998). Postimees. <https://www.postimees.ee/2535637/valmis-piirissaare-laevatee-suvendamise-projekt> (23.11.2020)
- Raig, A. (2007). Eesti Värava kanal. Süvendustööd. Tallinn. Aavo ja Riina Raig Projekt OÜ.
- Raig, A. (2007). Saareotsa kanal ja Kihnu väina kitsuse laevatee süvendustööd. Eelprojekt. Tallinn. Aavo ja Riina Raig Projekt OÜ.
- Raig, A. (2011). Praaga kanali süvendustööde ehitusprojekt. Tallinn. Aavo ja Riina Raig Projekt OÜ.
- Raig, A. (2012). Saareotsa kanali ehitustööde süvendusprojekt. Tallinn. Aavo ja Riina Raig Projekt OÜ.
- Tehniline abi laevateede süvendamiseks ja rekonstrueerimiseks Lääne-Eesti saarestikus. (2008). Tallinn. Ramboll Eesti AS.
- Raudsepp U., Väli G., Alari V., Jervan G., Kõuts T. (2006). Eesti Värava laevatee optimaalse asukoha detailuuring. Tallinn. TTÜ Meresüsteemide instituut.
- Rebane, T. (2015) Süvendustööde ja -tehnika vajadus Eesti sisevetel. Magistritöö. Tallinn. Tallinna Tehnikaülikool.
- Riigiteede teehoiukava 2020-2030 (2019). Tallinn. Maanteeamet.
- Rohuküla sadam. https://et.wikipedia.org/wiki/Rohuk%C3%BCla_sadam (21.11.2020)
- Rohuküla sadama kai nr 1 akvatooriumi ja Rukki kanali süvendamine. (2014). Riigihange. Veeteede Amet. <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/569267/general-info> (24.11.2020)
- Rohuküla-Heltermaa laevatee traalimise ja kontrollmõõdistuse aruanne. (2000) Tallinn. Veeteede Amet.
- Rohuküla ja Heltermaa kanalite ülesüvendustööd (2000). Ülesüvendustööde ülesanne. Riigihange. Tallinn. Veeteede Amet.
- Rohuküla-Heltermaa liin. (1996). Mereleksikon. Tallinn. Eesti Entsüklopeediakirjastus.
- Roosna, H. (2016). Rukki kanali sügavus pärast puhastamist 5,2 meetrit. Hiiu Leht. <http://www.hiiuleht.ee/2016/11/rukki-kanali-sugavus-parast-puhastamist-52-meetrit/> (23.11.2020)

- Rudi, A. (2008). Eesti värava süvendustööd lükkusid edasi. Postimees
<https://www.postimees.ee/1750019/eesti-varava-suvendustood-lukkusid-edasi>
 (23.11.2020)
- Rukki ja Heltermaa kanalite süvendamise tehniline ülesanne. (2000). Tallinn. Veeteede Amet.
- Rukki kanali geofüüsikaline uuring. (2018). Rakvere. Eesti Geoloogiateenistus.
- Rukki kanali hooldussüvenduse projekt. (2020). Tallinn. Veeteede Amet.
- Rukki kanali hooldussüvendustööd. (2018). Riigihange. Veeteede Amet.
<https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/725855/general-info> (12.10.2020)
- Rukki kanali hooldussüvendustööd. (2018). Riigihange. Veeteede Amet.
<https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/1942172/general-info> (12.10.2020)
- Rukki kanali hooldussüvendustööde teostusdokumentatsioon. (2018). Tallinn. Insenerihituse AS.
- Rukki kanali süvendusprojekt. (2014). Tallinn. OÜ EstKONSULT
- Rukki kanali süvendusprojekt. (2018). Tallinn. OÜ EstKONSULT
- Rukki kanalis teostatud süvendustööde akt. (1998). Tallinn. Екогидротехника ЛТд.
- Saaremaa Laevakompanii. Wikipedia. https://et.wikipedia.org/wiki/Saaremaa_Laevakompanii
 (12.03.2020)
- Saar, J. (1998). Rahanappus takistab töid Piirissaare laevateel. Postimees. 22.10.1998.
- Saar, J. (2007). Tartu sai kaks uut laeva korraga. Postimees.
<https://www.postimees.ee/1668633/tartu-sai-kaks-uut-laeva-korraga> (12.11.2020)
- Saarkoppel, R. (2018). Rukki kanali merepõhja dünaamika perioodil 1997-2017: lõputöö. Tallinn. Tallinna Tehnikaülikool.
- SadS. Sadamaseadus. Vastu võetud Riigikogus 15.06.2009 a. RT I, 15.03.2019, 13.
- Siitech Web VTS Pro Plus. <http://vts.siitech.com/> (20.02.2020)
- Sooäär, J (2006). Eesti rannikumere jäärežiimi ajalisruumiline muutlikkus ajavahemikus 1950/51-2004/5. Magistritöö. Tartu. Tartu Ülikool.
<http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/597/sooaarjekaterina.pdf> (22.11.2020).
- Statista.com. Ungari laevateede pikkus. <https://www.statista.com/statistics/451610/length-of-inland-waterways-in-use-in-hungary/> (11.11.2020)
- TIN-mudel. Wikipedia.
https://en.wikipedia.org/wiki/Triangulated_irregular_network#/media/File:Delaunay-Triangulation.svg (11.11.2020)
- Tuukriuringud Rukki kanalis Rohuküla-Heltermaa laevateel. (2014). Tallinn. Tuukritööde OÜ.
- TÜ Eesti Mereinstituudi koduleht. <https://mereinstituut.ut.ee/et/instituudist/emili007> (12.02.2020)
- Vali, J. (2015). Ajalooline ülevaade Väinamere kohandamisest laevaliikluseks. Lõputöö. Suuremõisa. Hiiumaa Ametikool.

- Van der Wal, D., Pye, K. (2003) The use of historical bathymetric charts in a GIS to assess morphological change in estuaries. *Geographical Journal*, 169 (1), 21-31. https://www.jstor.org/stable/3451537?seq=1#metadata_info_tab_contents. JSTOR. Academic Search Complete (01.02.2020)
- VeeS. Veeseadus. Vastu võetud Riigikogus 30.01.2019 a. RT I, 06.05.2020, 44.
- Veeteede Ameti Hüdrograafiaosakonna koduleht. <http://adam.vta.ee/teenused/hnt/yldinfo/tehnika.html> (23.10.2020)
- Veeteede Ameti koduleht: https://veeteedeamet.ee/sites/default/files/content-editors/ohutusjuurduse_aruanne_eva-301.pdf (02.03.2020)
- Veeteede Ameti strateegia 2020-2024. (2020). Tallinn. Veeteede Amet.
- Väinaliikluse ajalugu. [saaremaa.ee](http://www.saaremaa.ee). http://www.saaremaa.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=1379&Itemid=532&lang=et (24.11.2020)
- Väinamere (Kuivarahu kanal, Sviby kanal, Kesse siht) ja Pärnu lahe (Saareotsa kanal) laevateede geofüüsikalised uuringud. (2020). Rakvere. Eesti Geoloogiateenistus.
- Väylä. (2011). Helsingi. Ohje. Põhja uuringute arhiveerimine. Pohjatutkimusten arkistointi. https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf3/pohjatutkimusten_arkistointi.pdf (03.10.2020)
- Väylä. (2019). Helsingi. Väyläviraston ohjeita 18/2019. Laevateede hoiuteenuse kirjeldus. Väylänhoidon palvelukuvaus. https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2019-18_vaylanhoidon_palvelukuvaus_web.pdf (22.11.2020)
- Yell, D., Riddell, J. (1995). London. ICE design and practice guides: dredging. The Institution of Civil Engineers. Thomas Telford.

Lisad

Lisa 1. Alla laetud mõõdistusandmete parameetrid

The screenshot shows a web browser window with the URL `his.vta.ee:8443/HIS/Plan?REQUEST=SearchForm&TABLE=plan_mooiteal...`. The page is titled "Mõõteplaani genereerimine".

Mõõteplaani tabel:

Mõõteala nimi	IHO_kat	Mõõtkava	Pindala
eesrvt_2016	ERI	1:1000	0,1

Mõõteplaani pindala: 10 ha
Kasutame mõõtealasi mõõtkavaga kuni: 1:1000

Mõõteplaani genereerimine:

Soovitatav info: ainult sügavuspunktid

Väljundvorming: XYZ

Plaani mõõtkava: 1:1000, punktide vahe 2 - 4 m

Sügavuspunktide vahekaugus m: 1

Koordinaatsüsteem: Koordinaadid LEst

Minimaalne objekti kõrgus: [input field]

Kivide generaliseerimisega:

Sügavused hõredamalt:

Sügavused grupeerida:

Isujooned teha: max mõõtkavas

Isujoonte intervall: 1,0 2, 5, 10, 15, 20, 50, 100, 200 Choose File No file chosen

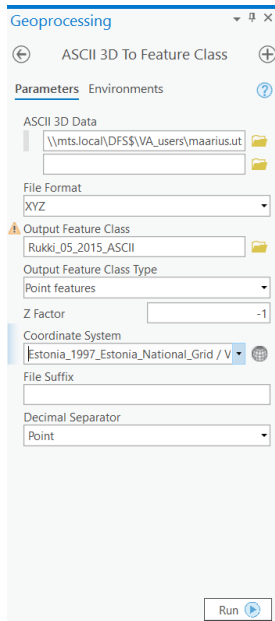
Isujoonte generaliseerimine:

Buttons: Faili allalaadimine, Uus plaan

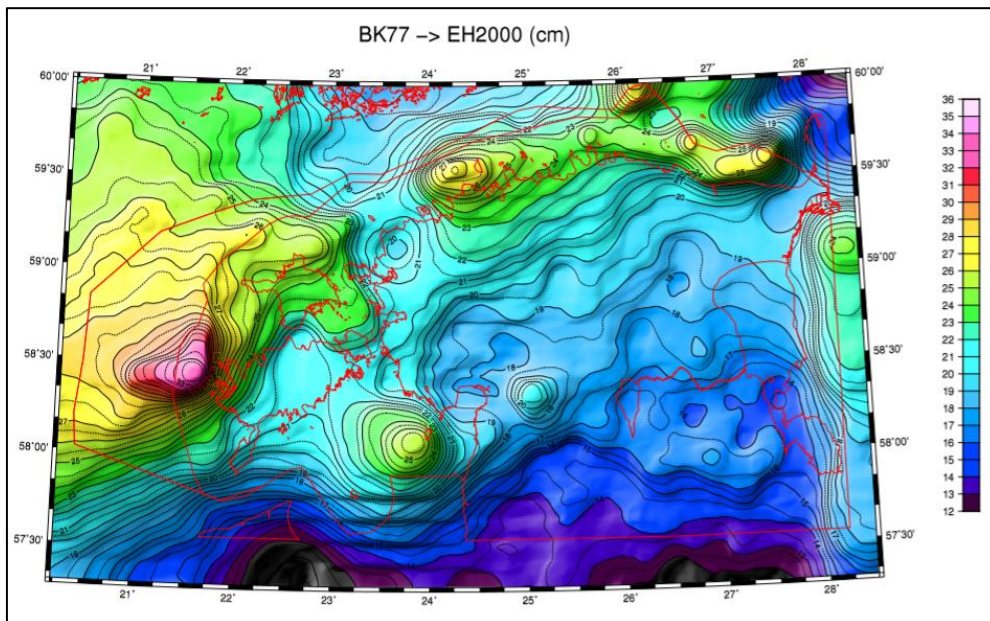
Lisa 2. Mõõdistuste ajad uuritavates kanalites

Kanal	Mõõdistuse aasta, sulgudes mõõdistuste arv
Rukki	1995, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014(2), 2015(4), 2016(4), 2017(8), 2018(8), 2019(4)
Saareotsa	2006, 2011, 2012(2), 2013, 2014(2), 2015(2), 2016, 2017, 2018, 2019
Praaga	2000, 2002, 2003, 2004, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012(2), 2013, 2014(2), 2015(2), 2016, 2017, 2018, 2019
Eesti Värav	2002, 2005, 2009, 2013, 2014 (2), 2015, 2017, 2018, 2019

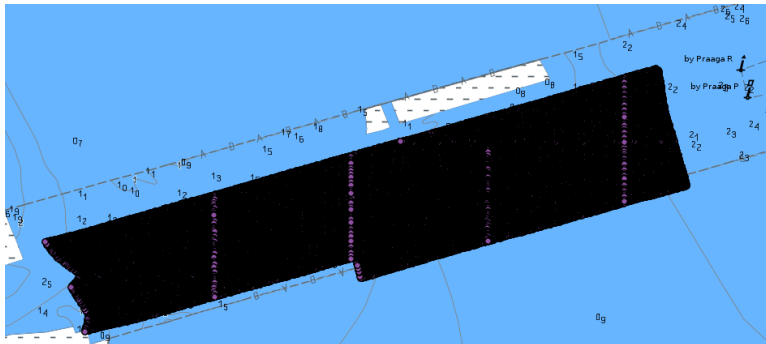
Lisa 3. Sügavusandmete toomine programmi ArcGIS



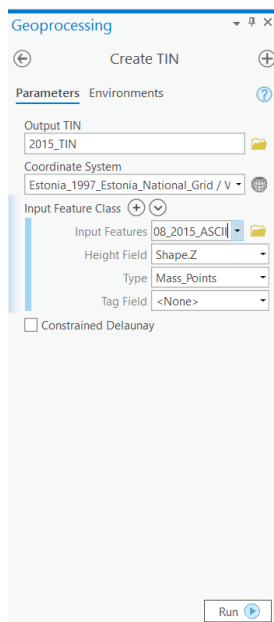
Lisa 4. Kõrgusüsteemilt BK77 kõrgusüsteemile EH2000 üleminekul toimunud muutused



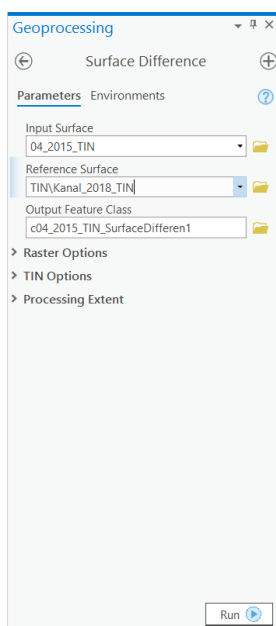
Lisa 5. Mõõdistusandmed esitatud punktidenä (Praaga kanal 2018. aastal)



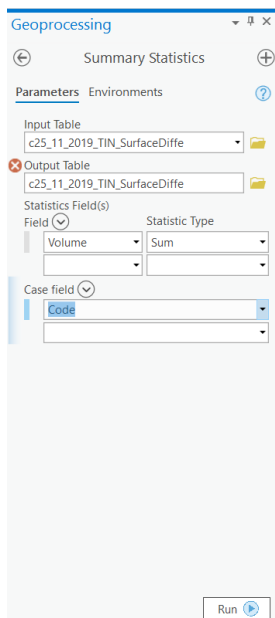
Lisa 6. TIN-i loomine ArcGIS-is



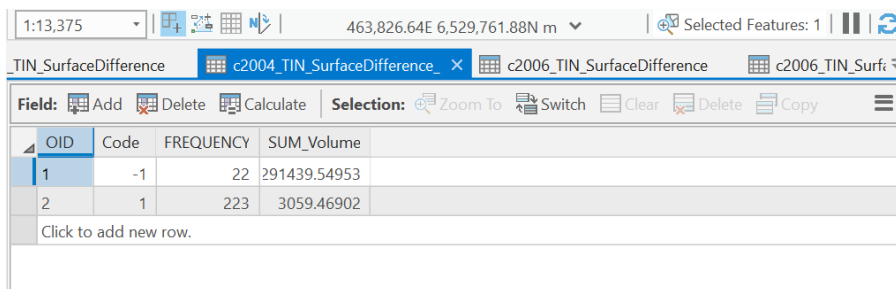
Lisa 7. TIN-ide võrdlemine tööriistaga *Surface Difference*



Lisa 8. Tööriista *Summary Statistics* kasutamine



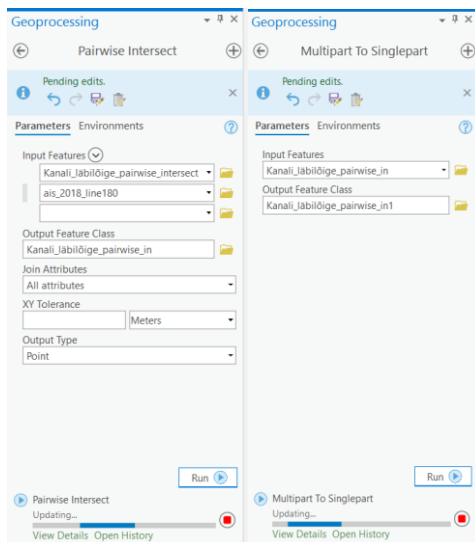
Lisa 9. Mahu erinevuste kuvamine ArcGIS-is pärast *Summary Statistics* kasutamist



OID	Code	FREQUENCY	SUM_Volume
1	-1	22	291439.54953
2	1	223	3059.46902

Click to add new row.

Lisa 10. Tööriista *Pairwise Intersect* kasutamine ArcGIS-is



Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina Maarius Utso (sünnikuupäev: 29.01.1983)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kanalite hoolduse planeerimine Eestis lähtuvalt batümeetriliste muutuste ja laevaliikluse tiheduse analüüsist, mille juhendaja on Inga Zaitseva-Pärnaste

1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.