



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EESTI MEREAKADEEMIA
Merenduskeskus

Sofia Stepanova

**Riia sadama laevatee projekteerimine suuremate reisilaevade
teenindamiseks**

Lõputöö

Juhendaja: dotsent Inga Zaitseva-Pärnaste;

Kaasjuhendaja: Pärtel Keskküla

Tallinn 2022

Olen koostanud töö iseseisvalt.

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

Sofia Stepanova

(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

Üliõpilase kood: 183524VDVR

Üliõpilase e-posti aadress: sofia21stepanova@gmail.com

Juhendaja dotsent Inga Zaitseva-Pärnaste:

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmiskomisjoni esimees dotsent Inga Zaitseva-Pärnaste

Lubatud kaitsmisele

(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

JOONISTE LOETELU	5
TABELITE LOETELU	6
ANNOTATSIOON.....	7
KASUTATUD LÜHENDID	8
SISSEJUHATUS	10
1 UURIMISALA KIRJELDUS	12
1.1 DAUGAVA JÕE ISELOOMUSTUS RIIA SADAMA LAEVATEE ALAL	14
1.2 PRAEGUSE LAEVATEE KIRJELDUS	15
1.3 PRAEGUSE LAEVATEE GEOMEETRIA	17
1.4 METEOROLOOGILISED-HÜDROLOOGILISED TINGIMUSED	18
1.4.1 HÜDROLOOGILISED ANDMED	18
1.4.2 METEOROLOOGILISED ANDMED	22
1.5 RIIA VABASADAMA ARENDUS	23
1.6 LAEVALIIKLEMISE ISELOOMUSTUS	24
2 LAEVATEE PROJEKTEERIMISE PÕHIMÕTTED	26
2.1 PIANC REGULATSIOONID.....	26
2.2 SADAMA PIIRANGUD	27
2.3 PROJEKTLAEV NING LÄHTEANDMED.....	29
3 LAEVATEE PROJEKTEERIMINE ArcGIS PRO TARKVARAGA	31
3.1 LAEVATEE PARAMEETRITE MÄÄRAMINE.....	31
3.2 PROJEKTEERIMISE PROTSESS ArcGIS PRO-S.....	33
3.3 NAVIGATSIOONIMÄRKIDE PROJEKTEERIMINE.....	39
4 TULEMUSED JA ETTEPANEKUD EDASPIDISEKS	41
4.1 EESMÄRGI JA ÜLESANNETE SAAVUTAMINE.....	41
4.2 ETTEPANEKUD	49

KOKKUVÕTE	50
SUMMARY.....	52
VIIDATUD ALLIKAD	54
LISA 1. OLEMASOLEVA LAEVATEE TELJE KOORDINAADID	56
LISA 2. DAUGAVA JÕE BATÜMEETRIA ANDMED	57
LISA 3. OLEMASOLEVAD NAVIGATSIOONIMÄRGID	58
LISA 4. ARVUTUSED	60
LISA 5. LAEVATEE TELJE, KÜLGEDE JA UJUVMÄRKIDE KOORDINAADID	61

JOONISTE LOETELU

Joonis 1. Riia sadama asukoht	12
Joonis 2. Daugava jõgi.....	14
Joonis 3. Kanalite asukohad	15
Joonis 4. Olemasolevate navigatsioonimärkide ja telje paiknemine	17
Joonis 5. Põhikonfiguratsioon. Praeguste sügavuste jaotus Eksportosta sadama läheduses	18
Joonis 6. Konfiguratsioon 1	19
Joonis 7. Konfiguratsioon 2.....	19
Joonis 8. Kvantitatiivsete kiiruste võrreppunktid. Põhikonfiguratsioon	20
Joonis 9. Riia tuuleroos	22
Joonis 10. Läänemere AIS kaart.....	24
Joonis 11. MSC Preziosa peamised parameetrid	29
Joonis 12. Punktpilv	34
Joonis 13. Intervallide jaotus	35
Joonis 14. Laevatee projekteerimise algus	36
Joonis 15. Laevatee koostamise protsess.....	37
Joonis 16. Teljele lisatud puhver	38
Joonis 17. Projekteeritavat navigatsioonimärgistus.....	40
Joonis 18. Projekteeritud laevatee	42
Joonis 19. Projekteeritud laevatee	43
Joonis 20. Projekteeritud laevatee	44
Joonis 21. Projekteeritud laevatee	45
Joonis 22. Pöördeala	46
Joonis 23. Pöörderingi näide	46
Joonis 24. Telgede võrdlemine	47
Joonis 25. Navigatsioonimärkide paiknemise võrdlemine	48
Joonis 26. Daugava jõe batümeetria andmed	57
Joonis 27. Arvutustabel 1	60
Joonis 28. Arvutustabel 2	60

TABELITE LOETELU

Tabel 1. Keskmised õhu temperatuurid Riias.....	22
Tabel 2. Projektlaeva lähteandmed.....	30
Tabel 3. Kruvide, rooli, põtkurite lähteandmed.....	30
Tabel 4. Laevatee telje paiknemine	56
Tabel 5. Olemasolevad navigatsioonimärgid	58
Tabel 6. Laevatee telje koordinaadid.....	61
Tabel 7. Laevatee külgede koordinaadid	61
Tabel 8. Ujuvmärkide koordinaadid	62

ANNOTATSIOON

Riia vabasadamat reisilaevadega tulevate külastajate arv kasvab aastast aastani. Turismi valdkonna uuringute põhjal on näha, et nii lühi- kui ka pikaajalises perspektiivis selline turistide arvu kasvamise tendents ei muutu. Edasine areng nõuab olemasoleva laevatee muutmist, et võimaldada suurematel laevadel sadamasse tulla.

Käesoleva lõputöö eesmärk on projekteerida Riia sadama laevatee suuremate reisilaevade teenindamiseks.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks on tarvis arvutada laevatee projekteerimiseks vajalikud parameetrid ning nende parameetrite põhjal teha projekti ArcGIS PRO tarkvaras.

Lõpptulemusena projekteeriti laevateed, mis mahub sisse projektlaeva MSC Preziosa.

Antud töö on hea sisend järgmiste tööde uurimuste jaoks.

Märksõnad: *Eksportosta, Riia vabasadam, hüdrograafia, laevatee, pöördering, projektlaev*

KASUTATUD LÜHENDID

TalTech	Tallinna Tehnikaülikool
PIANC	Maailma Veetransporditaristu Liit
MSC	Mediterranean Shipping Co.
COLREG	Rahvusvaheline laevakokkupõrgete vältimise eeskiri
VTMIS	Laevaliikluse korraldamise ja infosüsteem
IMO	Rahvusvaheline merendusorganisatsioon
HELCOM	Helsingi komisjon
LoA	Laeva kogupikkus
LBP	Laeva loodsirgete vaheline pikkus
GT	Laeva kogumahutavus
B	Laeva suurim laius
DWT	Laeva kandevõime
LWT	Tühja laeva veeväljasurve
DISP	Laeva veeväljasurve
T	Laeva süvis
Cb	Laeva kere üldine täidlustegur
V	Laeva kiirus
TPC	Tonnide arv ühe sentimeetri süvise kohta
HEJ	Hüdroelektrijaam
PAIC	Procesu analīzes un izpētes centrs
f	Sagedus
TIN	Triangulated irregulaar network (Ebaregulaarne kolmnurkvõrk)
Wnav	Sõiduriba laius
Wj	Laeva juhitavuse tegur
Wk	Laeva kiiruse tegur

Wt	Külgtuule tegur
Wh1	Külghoovuse tegur
Wh2	Vastu-/taganhoovuse tegur
Wi	Lainetuse tegur
Wm	Laevatee märgistuse tegur
Wp	Põhja ebatasasuse tegur
Wv	Varuvee suuruse tegur
Fnh	Froude'i arv
g	Raskuskiirendus
Co	Laevakere kujust tulenev kordaja
ht	Kanali nõlva kõrgus
Ks	Laevatee ristlõike kuju arvestatav tegur
As	Laeva ristlõikepindala
Ac	Laevatee ristlõikepindala
S	Kiirusvaje
K1	Tegur, mis vähendab laevatee ristlõike blokeerituse väärtust
n	Laeva ristlõikepindala ja laevatee ristlõikepindala kattuvuse suhe
D	Pöörderingi läbimõõt
AIS	Laevade automaatse identifitseerimise süsteem

SISSEJUHATUS

Riia vabasadam on multifunktsionaalne sadam, kus käideldakse erinevaid lastitüüpi näiteks puistlast või toornafta, teenindatakse igasuguseid laevu nagu kruisilaevad ja tankerid, puistlastilaevad ja konteinerlaevad. Läti külastajad tulevad kruisiga rohkem kui 100 erinevatest riikidest ning see arv näitab tendentsi suureneda iga aasta. Näiteks summaarne reisijate arv (kruisidega tulevad külastajad ja parvlaevade reisijad) oli umbes 662 000 ja kasvas üle 837 000 viimaste 13 aastate jooksul ja selline turistide arvu suurenemine jätkub.

Selle järgi edasine kruiside valdkonna areng nõuab Riia laevatee muutmist ehk nii selle laiendamist kui ka süvendamist suuremate reisilaevade teenindamiseks ja üldiselt vabasadama reisijateveo parandamist.

Selleks välja töötati arendusplaan, mille nimeks on „Riia vabasadama arenguprogramm 2019-2028“. Arenguprogramm annab mitmekülgset ülevaadet praegusele sadamal olevale olukorrale, võimalikud prognoosid nii turistide kasvule kui ka kaubaveole, turuanalüüsid ja mitme etapilane arengustrateegia ning ka sellega kaasnevad igasugused kriteeriumid ja näitajad. Vastavalt positiivsele prognoosile kirjeldatud arenguprogrammis nii lühi- kui ka pikemas perspektiivis laevaliiklus sadamas suureneb.

Töö eesmärgiks on projekteerida laevatee suuremate reisilaevade teenindamiseks ArcGIS PRO tarkvaras. Ning sinna peab mahtuma sisse projektläev MSC Preziosa. Projekt annab ülevaate, kuidas võib paigutada uuendatud laevatee vastavalt nõuetele, kuidas muutub põhjareljeef ja uue pöörebasseini arvutus ja paiknemine.

Eesmärgi täitmiseks on vaja arvutada vajalikud laevatee projekteerimiseks parameetrid ning arvatud parameetrite alusel projekteerida laevateed.

Esimeses peatükis on uurimisala kirjeldus, mis sisaldab andmeid merepõhja iseloomust, on antud ülevaade laevatee nii kirjeldusest kui ka selle geomeetriast, kirjeldatud hüdrooloogilised ja meteoroloogilised tingimused, iseloomustatud ka laevaliiklus ja tutvustatakse arendusplaane.

Teine peatükk sisaldab järgmisi laevatee projekteerimise punkte: PIANC soovitusel ning täpsed soovitusel peatükid, sadama piirangud ehk Riia vabasadama reeglid ja piirangud ja lähteandmed projektläeva kohta.

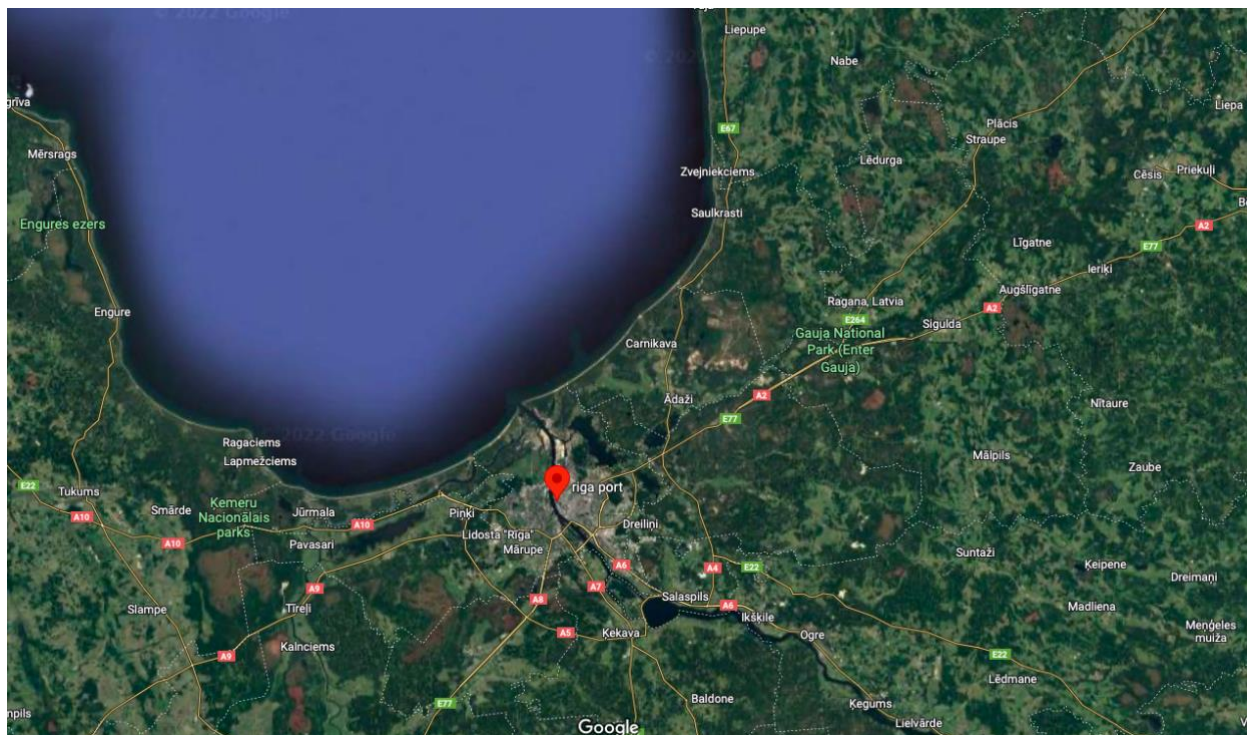
Kolmandas peatükis on kirjeldatud esimeses ja teises peatükis kasutatud uuringute metoodika ja sellega kaasnev valiku põhjendus.

Neljandas peatükis on leitav samm sammult kirjeldatud laevatee projekteerimise protsess ArcGIS PRO tarkvaras, mis omakorda jaguneb 3 osadeks, mis haaravad: laevatee parameetrite määramist ja arvutamist ning sellega kaasnevad valemid ja arvutused; laevatee projekteerimine GIS tarkvaras ja iga käskude kirjeldamine ja nende põhjendamine; navigatsioonimärkide projekteerimist ning tabelit, mis näitavad millised märgid olid esmasel laevateel ja kuidas märgistus muutub uuendatud laevateel.

Viendas peatükis on esindatud tulemuseks saadud tabelid uute laevatee pöörepunktide, alg- ja lõpupunktide asukohtadega ning asemele tulevatate navigatsioonimärkide paigaldamise koordinaatidega ja projekteeritud laevatee vaated erineva kaartidena ning ka järeldused, mis tulid välja projekti lõpetamisel.

1 UURIMISALA KIRJELDUS

Riia vabasadam asub Läänemere idarannikul Liivi Lahes, täpsemalt Riias ehk Lāti pealinnas. (Vaata Joonis 1) Sadam ulatub 15 kilomeetrit mööda Daugava jõe ning haarab nii vasakut kui ka paremat pealinna kallast.



Joonis 1. Riia sadama asukoht

(Google, 2022)

Uurimisala iseloomustamiseks on kirjeldatud erinevad aspektid, mis annavad mitmekülgset ülevaadet sellest piirkonnast täis pilti saamiseks.

Riia vabasadama kirjeldamiseks vaadatakse üle Daugava jõe põhja iseloom, et ette teada, millised sügavused on pakutud veealal. See on esimene aspekt.

Teiseks teguriks on olesoleva laevatee paiknemine. Tegemist on keerulise alaga, mis omakorda koosneb mitmest kanalitest.

Järgmisena on vaja mainida laevatee geometriat, kuidas paikneb praegu olev laevatee. Täpsemalt kus see algab ja lõpeb ning selle tee murdumispunktid.

Laevaliikluse iseloomustus mängib olulist rolli, sellaga tuuakse näited, mis olukorral laevaliiklus võiks olla pidurdatud või raskendatud erinevate tingimuste tõttu.

Viiendaks teguriks on meteoroloogilised-hüdrooloogilised tingimused, mis omakorda mõjutavad laevaliiklust ja sadamatööd.

Lisaks üleval mainitud parameetriteks juurde tuleb ka sadama arenduse plaanid, kus kirjeldatakse põhjusi ja ideid, kuidas ja milleks arendust vaja on.

1.1 DAUGAVA JÕE ISELOOMUSTUS RIIA SADAMA LAEVATEE ALAL

Laevatee piirkonnas maksimaalse ja minimaalse sügavuse vahe on 26,09 m ehk minimaalne sügavus on -2,58 m ja maksimaalne sügavus võrdub -28,66 m.

Daugava jõe põhja iseloomustamiseks jagatakse selle kolmeks osadeks: vasak kallas, parem kallas ja jõe keskosa. (Vaata Joonis 2)

Daugava vasakul kalda ääres sügavused on 3,4 m ja 14,9 m vahel. Keskmine sügavus on 12 m.

Daugava paremal kalda ääres keskmine sügavus on 6 m aga varieerub 1,4 m kuni 9,7 m.

Jõe keskel sügavused varieeruvad 10,0 m kuni 13,7 m ning keskmine sügavus on 12,7 m. (Batümeetria, 2021) (Vaata 0)



Joonis 2. Daugava jõgi

(Siliņš, 2021)

1.2 PRAEGUSE LAEVATEE KIRJELDUS

Laevaliikluse ja meresõiduohutuse kontrolli operatiivjuhtimist sadama akvatooriumis ja VTMISS tegevusalal tagab sadamakapten vastavalt Läti Vabariigi seadusele, Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni määrustele, Helsingi konventsioonile ja Helsingi komisjoni soovitudele. Sadamakapten juhib Riia vabasadama sadamakapteni teenistust.

Riia vabasadama VTMISS-i tegevusala haarab kokku kogu sadama akvatooriumi ning ka välimised laevateed, mis on Daugavgrīva tuletornist 10 meremiili raadiuses. (Freeport of Riga, 2020)

Sadama peamised laevateed: (Vaata Joonis 3)

- Kanal jõe suudmesse (Daugava) vastuvõtmise poist „B“ ja kanal Daugava jõest Vanšu sillani (Antud töö raames projekteeritav laevatee);
- Milgravis kanal;
- Sarkandaugava kanal.



Joonis 3. Kanalite asukohad

(Maps, 2022)

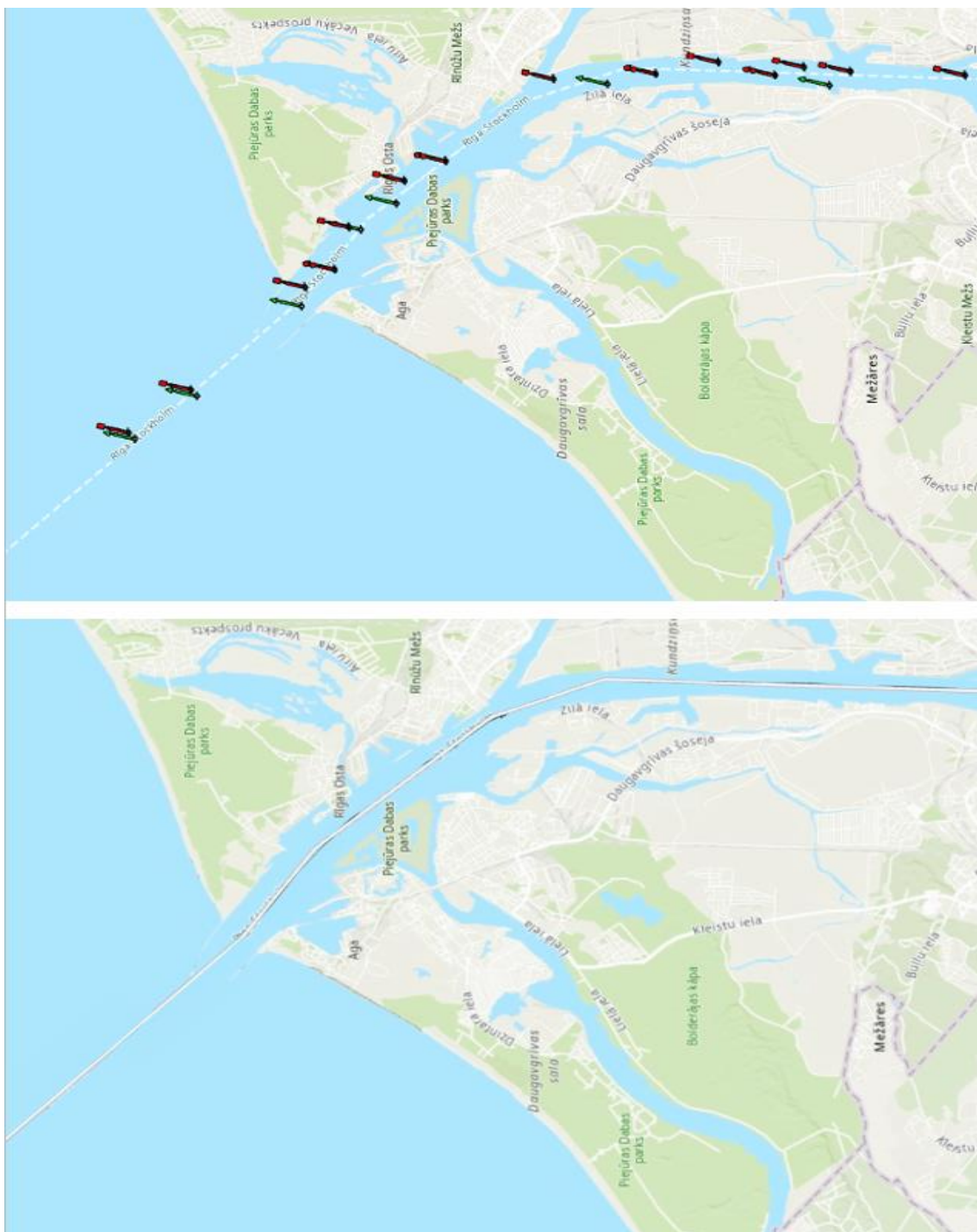
Sadama akvatoorium koosneb Daugava jõest ja teistest sadama piires olevaid veealadest ning välisteedest, mis on piiratud sirgjoonega $\varphi=57^{\circ}07.0$ N; $\lambda=23^{\circ}53.0$ E ja $\varphi=57^{\circ}07.0$ N; $\lambda=24^{\circ}05.0$ E vahel ja joontega lõunasse piki meridiaani nimetatud koordinaatidest kuni rannajooneni. (Linkaits, 2020)

1.3 PRAEGUSE LAEVATEE GEOMETRIA

Laevatee algab vastuvõttu teljejoiga „B“, mis asub $57^{\circ} 06.51360' N$

$23^{\circ} 56.96810' E$ ja lõppeb Vanšu silla juures ($56^{\circ} 57.02814' N$ $24^{\circ} 5.48928' E$ ja $56^{\circ} 57.10704' N$ $24^{\circ} 5.89488' E$). (Laevatee telje paiknemise koordinaadid on leitavad Tabel 4)

0 on praeguse navigatsioonimärkide nimetused, ID, tuleiseloom, koordinaadid ja kirjeldus.

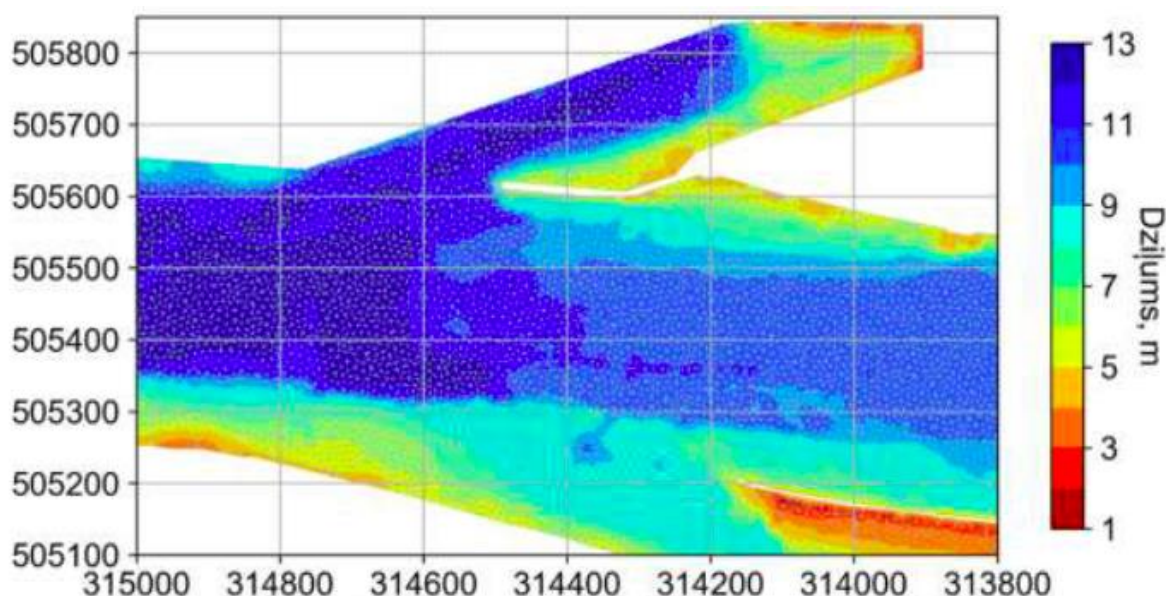


Joonis 4. Olemasolevate navigatsioonimärkide ja telje paiknemine

1.4 METEOROLOOGILISED-HÜDROLOOGILISED TINGIMUSED

1.4.1 HÜDROLOOGILISED ANDMED

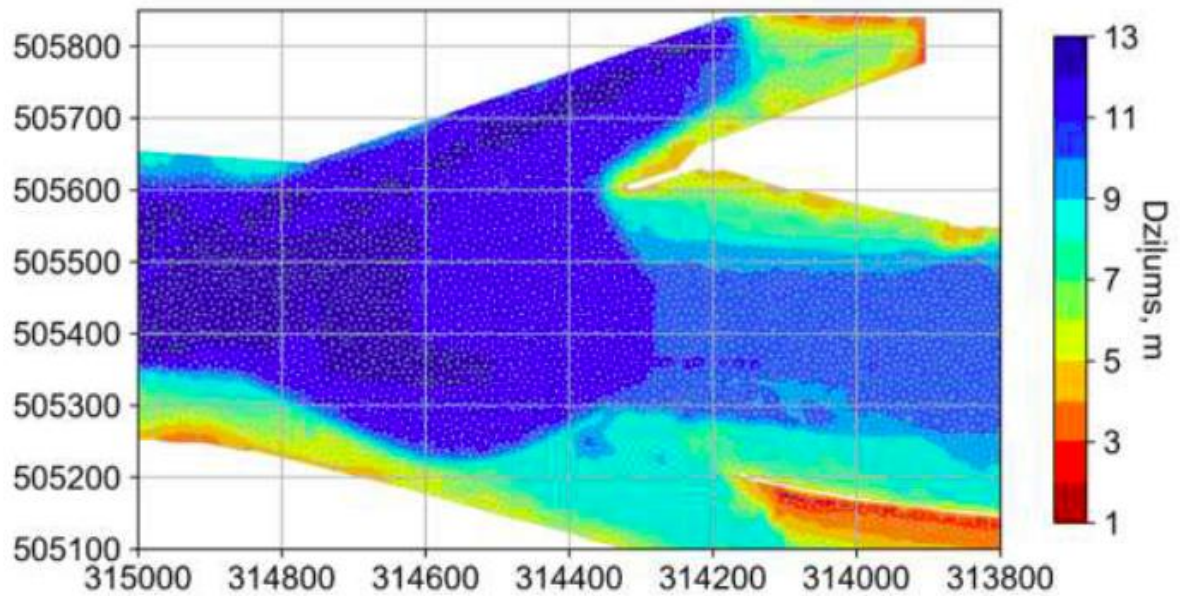
Aastal 2019 Riia Vabasadama Ameti poolt oli tellitud Riia vaabasadama akvatooriumi hüdrodinaamilise mudeli ja mudelarvutuste uuendamine, et selgitada välja Eksportosta sadama tammi demonteerimise ja sellega piirneva akvatooriumi süvendamise mõju Daugava jõe hüdrodinaamikale. Hüdrodünaamilise mudeli kaldajoone ja sügavusjaotuse uuendamiseks kasutati Riia Vabasadama poolt antud tegelikke sügavuse mõõtmisi. Nende andmete baasil oli koostatud põhikonfiguratsioon. (Vaata Joonis 5. Põhikonfiguratsioon. Praeguste sügavuste jaotus Eksportosta sadama läheduses)



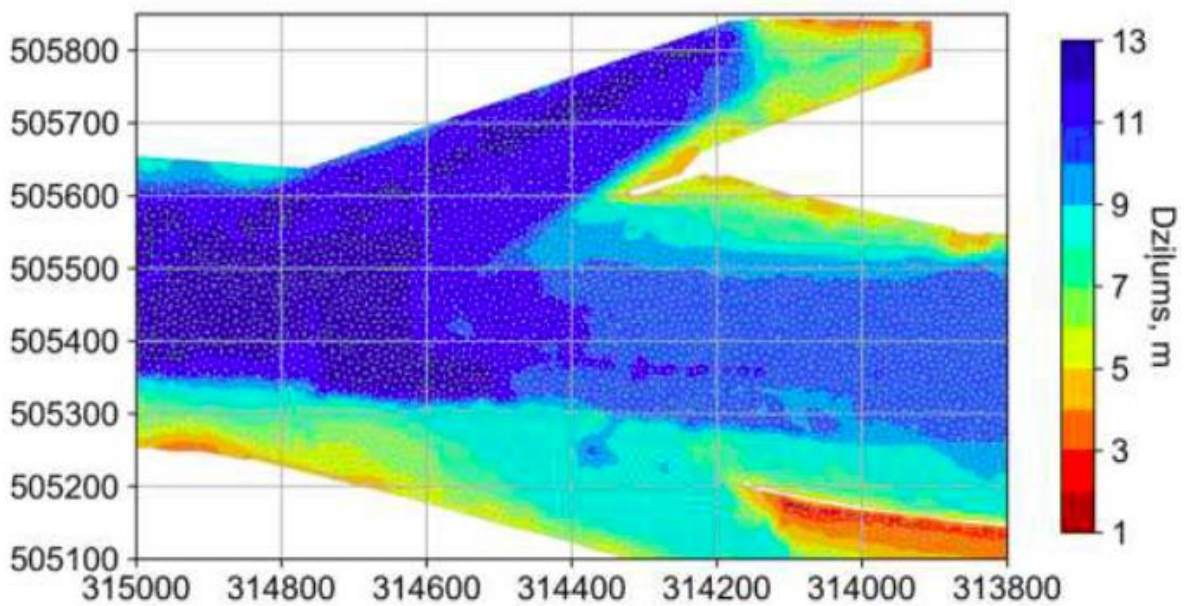
Joonis 5. Põhikonfiguratsioon. Praeguste sügavuste jaotus Eksportosta sadama läheduses

Selle uuringu tulemusel oli loodud kaks uut mudelkonfiguratsiooni:

1. Konfiguratsioon 1 – osaliselt demonteeritud Eksportosta sadama tammi ja kuni 11 m sügavune pöördebassein Eksportostaga külgnevas Daugava sängis. (Vaata Joonis 6)
2. Konfiguratsioon 2 – osaliselt demonteeritud Eksportosta sadama tamm ja kuni 11 m sügavused juurdepääsud Eksportosta sadama akvatooriumile ilma pöördebasseinita. (Vaata Joonis 7)



Joonis 6. Konfiguratsioon 1

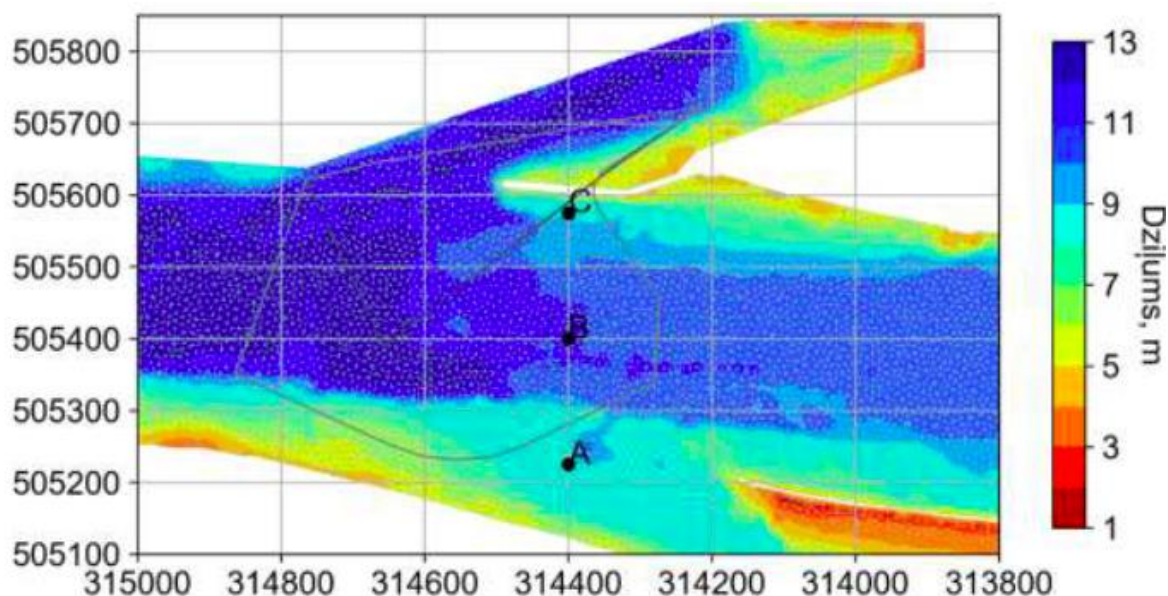


Joonis 7. Konfiguratsioon 2

Mudelarvutused viidi läbi PAIC-is välja töötatud 12 statsionaarse mudeli stsenaariumi jaoks, mis määravad vooluhulgad mudelala sisselaskepiiril (Lõunasilla suunas) ja veetasemed väljalaskepiiril:

1. Riia HEJ vooluhulgad, mis vastavad 2, 4, 6 hüdroagregadi tööle, samuti maksimaalne võimalik vooluhulk.
2. Väikese Jugla vooluhulgad on antud Mīlgrāvisē kanalis.
3. Mereveetasemed on -25 cm, 15 cm ja 55 cm süsteemis BAS-77.

Kokku viidi läbi 36 mudelarvutust. Kvantitatiivseid kiirusi võrreldi 3 punktis A (Daugava vasakul kaldal ääres), B (Daugava keskel) ja C (Daugava paremal kaldal). (Vaata Joonis 8)



Joonis 8. Kvantitatiivsete kiiruste võrrepunktid. Põhikonfiguratsioon

Tammi demonteerimise ja pöörderingi loomisega suurendatakse üldiselt Daugava jõe süngi ristlõiget, mille tõttu konfiguratsioonil 1 on veidi väiksem voolukiirus. Daugava keskpunktis väheneb voolu kiirus 2% võrra ja vasakul kaldal 8-18%, paremal kaldal isegi 19-28%.

Kui pöördelat mitte ehitada, siis konfiguratsioonil 2 suureneb voolukiirus vasakul kaldal 4-5%, B punktis 0,7-1,1% aga C alal väheneb 7-20%. See olukord on seletatud sadama sissepääsu juures keerise tekkimisega, mis põhjustab jõe peavoolu vasaku kallet.

Üldiselt selle uuringu põhjal on võimalik teha järgmised järeldused:

1. Daugava veetase oluliselt ei muutu tammiga või tammita.
2. Jões on järgmised muutused hüdrodünaamikas:
 - a. Tammi demonteerimine soodustab pöörise kujunemist aga see ei ole oluline ega mõjuta navigeerimist.
 - b. Pöörderingi loomise tõttu väheneb kiirus Daugava ojas Eksportosta sadama lähedal 2% võrra ja ristlõige suureneb.

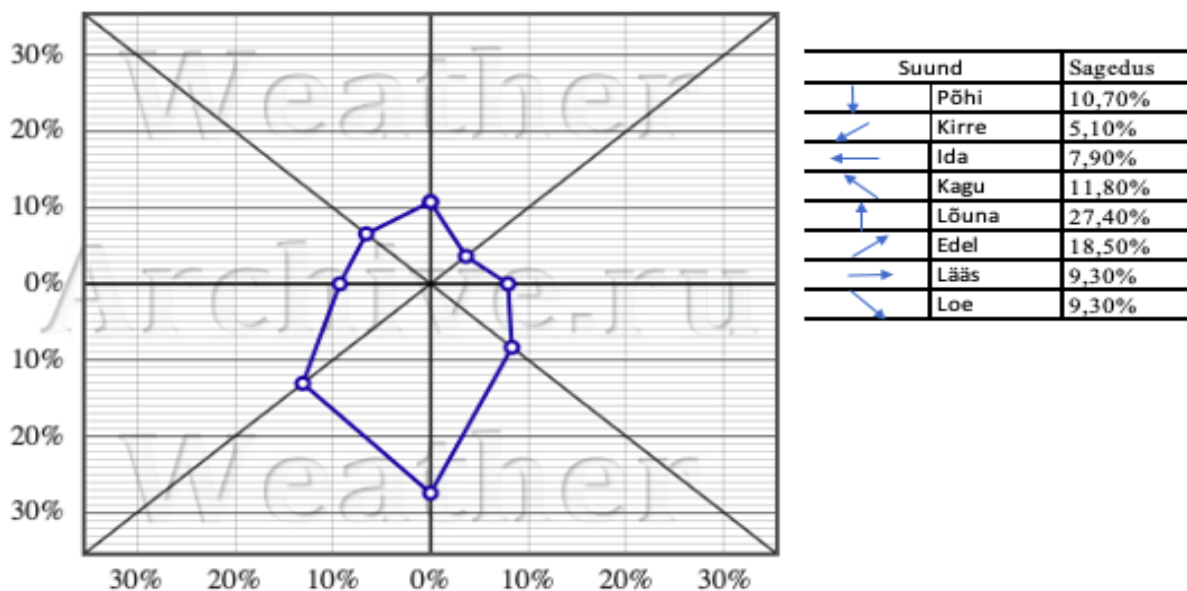
- c. Kui pöörderingi ei tekita, keeris nihutab põhivoolu vasakule, millega kaasneb vasaku kalda kitsenemine.
3. Mõju jääoludele ei ole märkimisväärne, kuna jää hulk ei muutu. Jää sissetoomine sadamasse ei suurene, kuna demonteeritud tammi piirkonnas voolusuund keerise tõttu on suunatud jõe keskmesse.
4. Mõju lainetele kaldal ei ole modelleeritud. Arvatavasti lainetus suureneb, kuna suureneb ka kokkupuude jõe põhisängiga.
5. Setete liikumine ka ei ole modelleeritud. Üldiselt pärast tammi demonteerimist setete vooluhulk jões väheneb vooluhulga vähenedes. (PAIC, 2019)

Riia sadamas ei esine ennustatavat või tsüklilisi veetaseme muutusi ega loodet. Veetaseme muutused on korrapäratud ja peamiselt sõltuvad tuule kiirusest ja suunast. Daugava jõe hoovuse intensiivsus sõltub hüdroelektrijaamast. (Freeport of Riga, 2020)

1.4.2 METEOROLOOGILISED ANDMED

Meteoroloogilised andmed sisaldavad info Riia ilma kohta alates 2014. aastast.

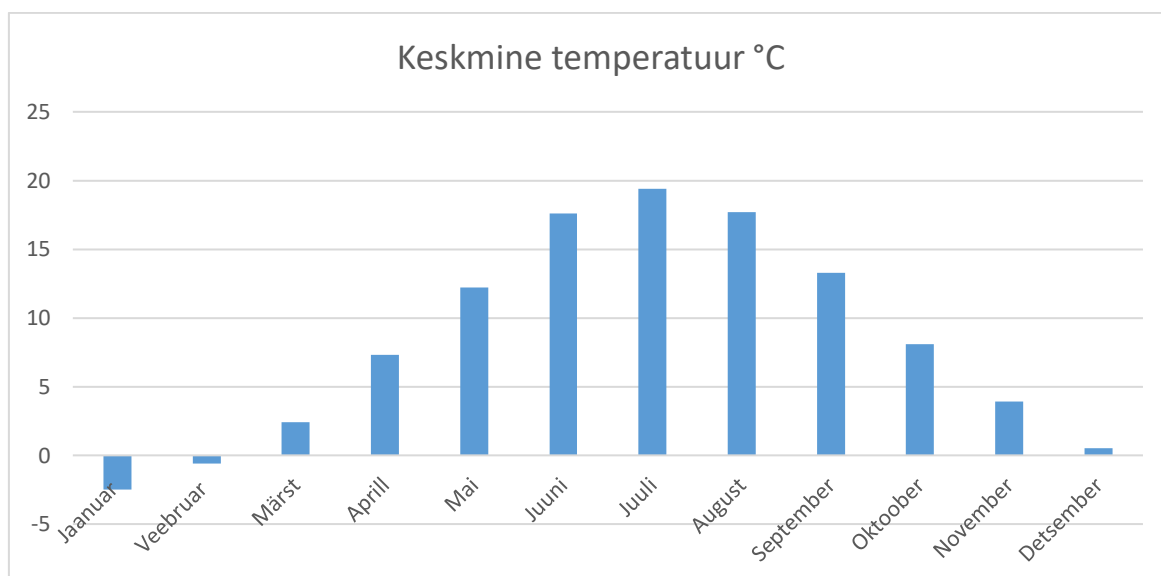
Nagu tuuleroosilt on näha, peamine tuulesuund Riias on lõuna tuul, mille sagedus on 27%, teine ja kolmas valdavad tuuled on edelast ja kagu tuul, mille vastav sagedus on 18,5% ja 11,8%. Kõige harvem tuulesuund on kirre tuul, mille sagedus on 5,1%. (Vaata Joonis 9)



Joonis 9. Riia tuuleroos

Keskmiselt Riias on temperatuurivahe on $-2,5^{\circ}\text{C}$ kuni $19,4^{\circ}\text{C}$. Minimaalne temperatuur on Jaanuaris ja maksimaalne on Juulis. (Weatherarchive, 2014-2022) (Vaata Tabel 1)

Tabel 1. Keskised õhu temperatuurid Riias



1.5 RIIA VABASADAMA ARENDUS

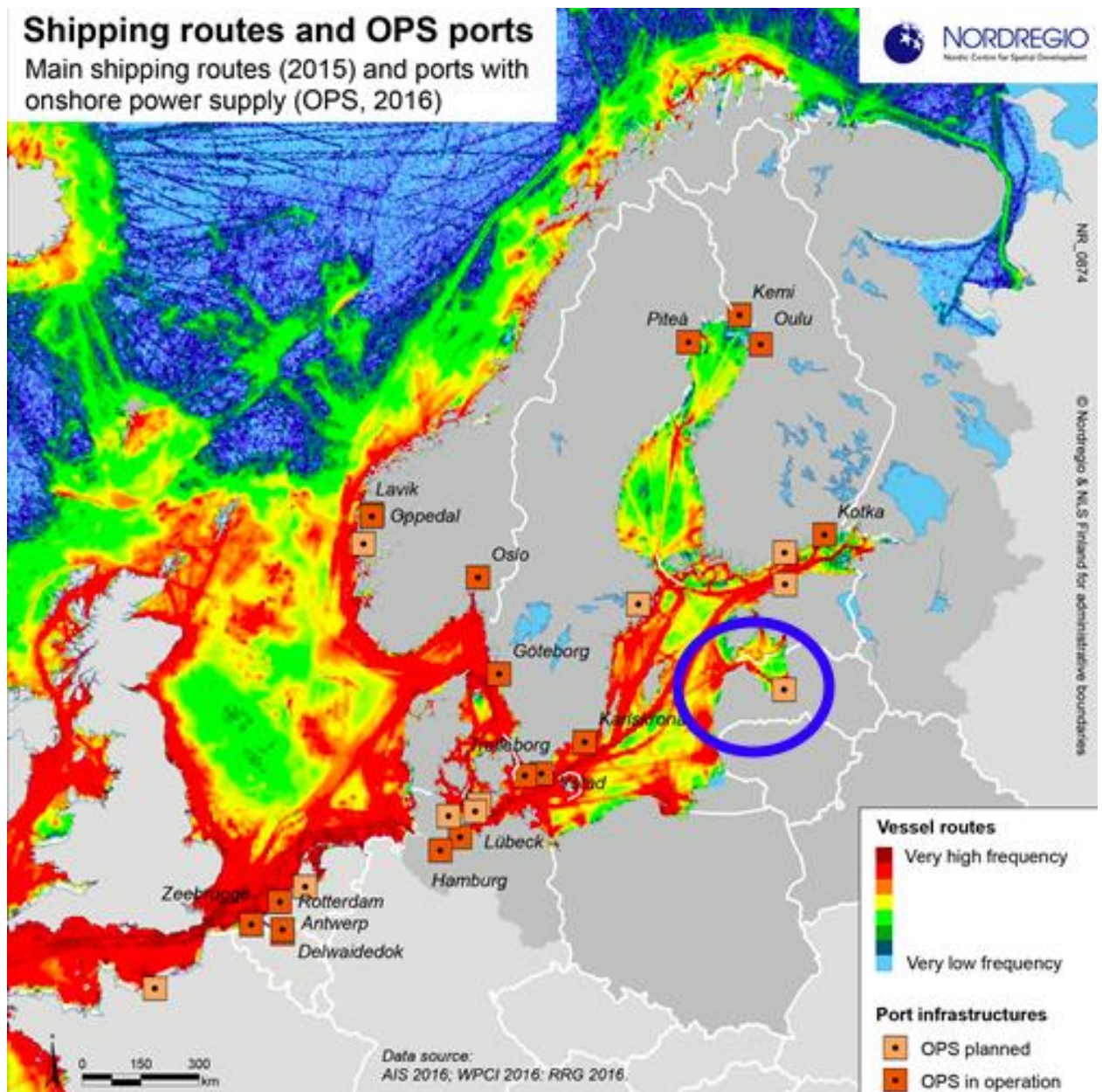
Ajalooliselt ja geograafiliselt vabasadam on Riia linna oluline osa, mis hõlmab 11% linna territooriumist. Riia vabasadam asub Daugava jõe nii paremal kui ka vasakul kaldal ja ulatub 15 km linna keskosas asuvast Vanšu sillast kuni Liivi lahe jõe suudmeni.

Riia vabasadama arenduse plaan näeb ette uute kaupade meelitamist ja mitmekesistamist, sadama infrastruktuuri arendamist, reisijateveo arendamist, samuti ka sadama juhtimismudeli paranemist, mis teeb laevareisijate viibimist Riias mugavamaks, tööd operaatorite jaoks tulusamaks ning linnaelanike elu muutub keskkonnasõbralikumaks vähendades suurte laevade mõju keskkonnale. Selle programmi järgi on vaja rajada Eksportosta sadamaalale uue, kaasaegse kai- ja terminalitaristu suurte reisilaevade teenindamiseks. (Freeport of Riga, 2020)

Tulevikus Riia vabasadam saab nii öelda pööringusadamaks, kust reisijad võivad enda reisi/kruisi nii alustada kui ka lõpetada. Kuna vastavalt Rail Baltica plaani kiirraudtee ühendab Balti riikide pealinnad Põhja-Euroopa linnadega nagu Berlin, Hannover, Amsterdam ja muud ning omakorda Riia pearaudteejaama ühendatakse Riia lennujaamaga, mis võimaldab reisijaid jõuda Riia lennujaamast Riia sadamasse 20 minutiga. (Rail Baltica, 2016)

1.6 LAEVALIIKLEMISE ISELOOMUSTUS

Riia vabasadam on alati laevadest täis ehk Läänemeres sadam Riias on üks enim külastatavatest. (Vaata Joonis 10)



Joonis 10. Läänemere AIS kaart

(Wang, 2016)

Jooniselt on näha, et Riia sadam on tähistatud punase värviga. Punane võrk tähendab suure sagedusega laevaliiklust.

Laevaliiklus Riia sadamas on korraldatud vastavalt Riia vabasadama eeskirjale, mis on välja töötatud kooskõlas Läti Vabariigi ja Euroopa Liidu seadusandlusega ning rahvusvaheliste organisatsioonide määruste ja soovitude alusel. (Freeport of Riga, 2020)

Riia sadama akvatooriumis olevad laevad peavad järgima COLREG-i eeskirjad.

Ohutu laevaliikluse tagamiseks peavad kõik Riia sadamas olevad laevad pidama raadiosidet VHF kanalil 9 või 16.

Vastavalt navigeerimistingimustele kõik laevad sadama akvatooriumis peavad järgima ohutut kiiruspiirangut. Iga laev, mille pikkus ületab 24 meetrit, peab järgima maksimaalset kiirust:

- Daugava jõe peamisel laevateel ei tohi maksimaalne kiirus ületada 8 sõlme;
- Milgravis ja Sarkandaugava kanalites ei tohi ületada maksimaalne kiirus 6 sõlme.

Milgravis ja Sarkandaugava kanalites on keelatud:

- Teise laeva mööda sõitmine;
- Kahesuunaline liikumine.

Laevade endi läbisõidukiiruse vähendamine minimaalse manööverduskiiruseni tingimused:

- Laeva läbimine ankrus olevaid laevu;
- Laeva läbimine olemasolevaid Ujuvkraanasid;
- Süvendajate läbimine;
- Vee all olevate töö viimise ajal.

Laevaliiklus sadamas võib piirata juhul kui:

- Tuule kiirus >14 m/s;
- Nähtavuskaugus on väiksem kui neljakordne LOA meetrites;
- Teistel juhtudel, mis on määratud sadamakapteniga. (Freeport of Riga, 2020)

2 LAEVATEE PROJEKTEERIMISE PÕHIMÕTTED

Vastavalt olukordadele laevateed projekteeritakse erinevate printsiipide järgi sõltuvalt tellijate nõuetele, asukohale, vajadusele ja teiste aspektidele.

Antud projekti raames töö põhineb kolmetel punktidel.

Esimene põhimõtte on PIANCI soovitusel. Järgmisena vaadetakse üle Riia sadama piirangud. Kolmandaks printsiibiks on projektlaeva mõõdud.

2.1 PIANC REGULATSIOONID

PIANC on ülemaailmne organisatsioon, mille moodustavad parimad erialaspetsialistid erinevatest riikidest ühendatud koos, et anda ekspertinfot ja juhiseid erinevates valdkonnades näiteks tehnilised aspektid, majanduslikud küsimused, keskkonnaga seotud vastuolud, mis on seotud veetranspordi infrastruktuuriga. (PIANC, 2015)

Antud lõputöö kirjutamiseks on võetud arvesse järgmised PIANC-i soovitusel:

- 2. Tehnilised andmed
- 4. Veeteede projekteerimise soovitatavad meetodid
- 5.3 Faarvaatri mõõtmed jões
 - 5.3.2 Jõgede ideekavand
 - 5.3.3 Jõgede laiendatud kontseptsioon/praktika
 - 5.3.4 Praktiline lähenemine jõgedele
 - 5.3.5 Jõgede detailplaneering
- Lisa A: Kokkuvõtte olemasolevatest juhistest
- A.4.6 Pöörderingid ja ristmikud (PIANC, 2019)

2.2 SADAMA PIIRANGUD

Sadama piirangud on õiguslik alus, mida tavaliselt annab sadama valdaja. Need piirangud on läbimõeldud määrad, mis sisaldavad regulatsioone laevade käitumise, ohutuse ja korra kohta sadamaalal ning keskkonnakaitse, lootsi kutsumise, reisijatega seotud dokumentatsiooni, kaupade käsitlemise ja ohutuse korraldamise kohta info. (PPIAF, -)

Vastavalt sadama asukohale ja otstarbele piirangud on erinevad erinevates riikides, isegi võivad need erineda samas riigis erinevates sadamates.

Laevatee projekteerimiseks on kasutusele võetud järgmised Riia sadama reeglid ja eeskirjad:

1. *The Freeport of Riga Regulations:*

- Üldsätted: 1.2 Määruste tähendused;
- Laevade laevateed ja andmed kaide kohtade kohta: 4.17;
- Navigeerimise ja manöövrivate ohutus sadamas 5.4: 55, 65, 66, 68, 70, 75.
 - 5.4.55 – Laevakere ja merepõhja vaheline sügavusvaru kai ääres peab olema vähemalt 0,5 m, kai lähenedes – vähemalt 10% ja laevateedel – vähemalt 15% laeva suurimast lubatud süvisest.
 - 5.4.65 – Laevaliiklus põhifaarvaatril toimub ainult ühes suunas, kui:
 - 5.4.65.1 – Laev veab ohtlikku lasti või lastiruumid sisaldavad selle lasti jääke;
 - 5.4.65.2 – Laeva pikkus ületab 150 m või süvis on üle 7 m;
 - 5.4.65.3 – Sadamasse siseneb või sealt väljub kruisilaev või teise riigi sõjalaev;
 - 5.4.65.4 – Laev, mis pukseerib teist laeva või ujuvvahendit, sisenedes või väljudes sadamast.
 - 5.4.66 – Laevaliiklus on piiratud ehk peatatud, kui:
 - 5.4.66.1 – Tuule kiirus ületab 14 m/s;

- 5.4.66.2 – Nähtavuskaugus on väiksem kui ühe ja sama laeva neljakordne LOA.
- 5.4.68 – Laevad peavad järgima ohutut kiirust, olenevalt sõidutingimustest:
 - 5.4.68.1 – Laeva maksimaalne kiirus Daugava jõe peamisel laevateel ei tohi ületada 8 sõlme;
 - 5.4.68.2 – Laeva maksimaalne kiirus Milgravise ja Sarkandaugava kanalis ei tohi ületada 6 sõlme;
 - 5.4.68.3 – Peamisel laevateel Milgravise ja Sarkandaugava kanalites on teisest laevast möödasõit on keelatud.
- 5.4.70 – Laevade, ujuvkraanade, süvendajate ja veealuste töökohtade kaist möödumisel tuleb laevade endine kiirus vähendada minimaalse manööverduskiiruseni.
- 5.4.75 – Sadamas liigeldes ei tohi laeva kreeninurk ületada 3°. (Linkaits, 2020)

2.3 PROJEKTLAEV NING LÄHTEANDMED

Iga laevatee projekteerimiseks on vaja valida projektlaeva. Projektlaev – on veealus, mille mõõtude alusel arvutatakse parameetreid laevatee tegemiseks. Tavaliselt projektlaevaks valitakse kas suurimate mõõtmetega veealust või sadamat enim külastatavaga laevaga.

Antud lõputöö raames projektlaevaks on valitud reisilaev MSC Preziosa, mis peab saama suurimaks Riia sadama külastavaks laevaks.

MSC PREZIOSA on kaasaegne ilus laev, mille peamised parameetrid on suurim pikkus (LOA) 333,33 m; laius (B) 37,92 m ja maksimaalne süvis on 8,678 m. (Vaata Joonis 11)



Joonis 11. MSC Preziosa peamised parameetrid

(3dshtorm, 2018)

MSC Preziosa andmed muud parameetrid on leitavad Tabel 2 ja tehnilised parameetrid (kruvid ja muu) on välja toodud Tabel 3. (MSC Cruise Management UK LTD, 2013(upd 2021)) (Salvatore, 2022)

Tabel 2. Projektlaeava lähteandmed

(Vaata K)

Lähteandmed	Arv
LBP	296 m
GT	139072
LDT	55498 t
DWT	11754 t
DISP	67252 t
C _b	0,708
V _{max}	24,21 Kn
TPC	100,88 t/cm

Tabel 3. Kruvide, rooli, pötkurite lähteandmed

Kruvid/ /Rool/ Pötkurid	Kogus	Tüüp
Sõukruvi	2	Jäiga sammuga viie labaga sõukruvi, läbimõõt 6,0 m
Varusõukruvi	-	-
Rool	2	Rolls Royce-st Beker tüüpi
Vööri-pötkur	4	Wärtsilä 4 x 3100 kw
Ahtripötkur	2	Wärtsilä 2 x 3100 kw

3 LAEVATEE PROJEKTEERIMINE ArcGIS PRO TARKVARAGA

Autori poolt laevatee projekteerimiseks oli valitud ArcGIS PRO, sest see programm on töökoostajale tuttav (selles rakenduses olid läbitud igasugused ülesanded erinevate ainete raames) ja mugav, kuna siit esineb vajalikke funktsioone, mõõteriistu ja meremärke.

ArcGIS PRO on GIS rakendus, mis toetab andmete visualiseerimist, analüüsimist ja selle kuvamist 2D, 3D ja 4D vormis ning mainitud tarkvara võimaldab salvestada kaarte, paigutust, tabeleid ja diagramme ühte projekti ja muuta neid eraldi. (Esri, 2022)

3.1 LAEVATEE PARAMEETRITE MÄÄRAMINE

Laevatee on projekteeritud vastavalt sadama reeglitele ja PIANC-i soovitusetele ning laevatamise tingimused on arvatud PIANC-i C kategooria järgi ehk raskendatud laevatamise tingimused. Ja laevatee parameetrite arvutamiseks võeti kasutusele Saksamaa ja Hollandi näited.

Lisaks sellele peame arvestama, et tegu on kahesuunalise laevateega.

Laeva juhitavus on mõjutatud kolme parameetritega:

- Laeva segamine;
- Kursil püsivus;
- Pööramisomadused.

Projektlaeva juhitavus üleval mainitud parameetrite hinnangu järgi on hea, kuna tegemist on kaasaegse kruisilaevaga.

Muude parameetrite kirjeldus sõiduriba laiuse määramisel:

- Laeva kiirus (W_k) – keskmine, maksimaalne lubatud kiirus kanali laevatamiseks on 10 sõlme. (Eelnevalt oli mainitud, et 8 sõlme on lubatud laevakiirus aga Riia sadama arenguplaanis on plaanid selle seadust ära muuta 10 sõlmedeks)
- Külgtuul (W_t) – mõõdukas, kuna selle tugevus ei ületa tavaliselt 10 m/s.

- Külghoovus (Wh1) – mõõdukas hoovus, see parameeter sõltub veetammist ning režiimist, kuidas lastakse vett välja.
- Vastu-/ taganthoovus (Wh2) – selle töö raames on arvestatud 0, kuna selle mõju on liiga nõrk ($>0,7$ m/s)
- Lainetus (Wi) – ei ole oluline, kuna lainetus laevateel sõltub külgtuulest.
- Laevatee märgistus (Wm) – eriti hea märgistus. Selle tagavad laevatee märgid mõlematel külgedel ja lisaks on VTS.
- Põhja ebatasasus (Wp) – antud projektil on tegemist süvendatud alaga ehk põhi on sile.
- Varuvee suurus (Wv) – kanali vee sügavus ületab laevatee süvist rohkem, kui 1,5 T.
- Küljearu – terve kanali mööda on kõrgem nõlv.

Pöördering on samuti arvestatud PIANC-I C kategooria järgi ning tegemist selle töö raames on vaba pöörega, mis omakorda annab laevale võimaluse iseseisvalt manööverdada. Vaba pööre - laeva ahter ei ole kinnitatud sadamasillaga ning pöörab ainult kasutades enda kruve ja põtkureid. Ehk laeva ohutu pööramiseks on vaja arvestada 1,2 laeva pikkusega. C kategooria põhjuseks on see, et selline pööre nõuab täiendavate tõukurite kasutamist, et lükata pöördepunkt laeva geomeetrilise keskpunktini.

3.2 PROJEKTEERIMISE PROTSESS ArcGIS PRO-S

Laevatee on projekteeritud ArcGIS PRO tarkvaras.

ArcGIS PRO on GIS rakendus, mis toetab andmete visualiseerimist, analüüsimist ja selle kuvamist 2D, 3D ja 4D vormis. Ning mainitud tarkvara võimaldab salvestada kaarte, paigutust, tabeleid ja diagramme ühte projekti.

Laevatee joonistamiseks oli täidetud järgmised sammud:

1. Sügavusandmetest sügavuspunktide tegemine.

Selleks oli kasutatud käsk *ASCII 3D to Feature Class*.

Kasutatud sügavusandmed olid antud XYZ faili formaadis. XYZ formaat on tekstifail, mis sisaldab geomeetrilisi andmeid näidatud XYZ koordinaatides. Väljundfunktsiooni klassi tüüp on mitmepunktiline funktsioon, mis näitab mitut punkti, mis omakorda sisaldab palju punkte ja atribuute funktsiooni kohta.

Z väärtuseks oli valitud -1, kuna sügavusandmete hulgas kõik sügavused on positiivse väärtusega. Miinusmärk on vaja panna see tõttu, et mudel tuleks välja õigetpidi, näiteks selle töö raames sügavused suureneksid allapoole.

Selle käsku tulemuseks tekkis punktpilv. (Vaata Joonis 12)



Joonis 12. Punktpilv

2. Koordinaatsüsteemi määramine

XY koordinaatsüsteemiks oli valitud BAS-77, sest sügavusandmete XYZ fail on selles süsteemis.

3. Pinnamudeli tegemine

Selle etapi valmistamiseks kasutusele võetud olid järgmised käsud:

- *Create TIN*

Esimesel sammul saime punktpilve ning sellest teeme kolmnurkadest koosneva merepõhja kõrgusmudeli ehk TIN mudeli.

Kolmnurkne ebaregulaarne võrk esindab pinna morfoloogiat. TIN on vektoripõhised digitaalsed geoandmed ehk punktid ühendavad nii, et moodustavad kolmnurkade võrgustiku.

- *Delineate TIN Data Area*

Selle käsku on vaja kasutada, sest mõõdistusala on keerukama kujuga ja mudel saab ilusamaks ja õigemaks ning jätab välja sisenurkade ja muu mõõdistamata alade.

Külje pikkus valitakse suurem kui mõõdistusala sügavuspunktide suurim vahekaugus ja väiksem kui sadamakaide, ala sisenurkade ja nii edasi mõõdistamata alade laius.

- Isobaatide joonestamine ja sügavusalade värvimine

Antud etappi valmistamiseks *Symbology* aknas tuli teha aktiivseks *Symbolize layer using surface* ning valida *Manual intervall* ja seada *Class breaks* väärtus iga täismetri peale vastavalt algselt tabelis näha olevate sügavusväärtuste vahemikule nii, et kõik sügavused olid kajastatud. Automaatselt pakutud read olid parandatud vastavalt tööle ja lisatud uued read. Skeemi värv oli valitud vastavalt üldreeglite järgi ehk värvigramm muudab enda värvid sinisest punaseni ning sügavamast madalale. Kergema kaardi legendi lugemiseks ja arusaamiseks tulbas *Label* värvidele vastavad sügavusvahemikud olid pandud kirja meetrites ehk numbrites kõrval on ühikud “m”. (Vaata Joonis 13)

Symbol	Upper value	Label
	≤ 0,0	-3 - 0 m
	≤ -3,0	-5,0 - -3,0 m
	≤ -5,0	-10,0 - -5,0 m
	≤ -10,0	-14,0 - -10,0 m
	≤ -14,0	-17,0 - -14,0 m
	≤ -17,0	-22,0 - -17,0 m
	≤ -22,0	-27,0 - -22,0 m
	≤ -27,0	-27,0 m

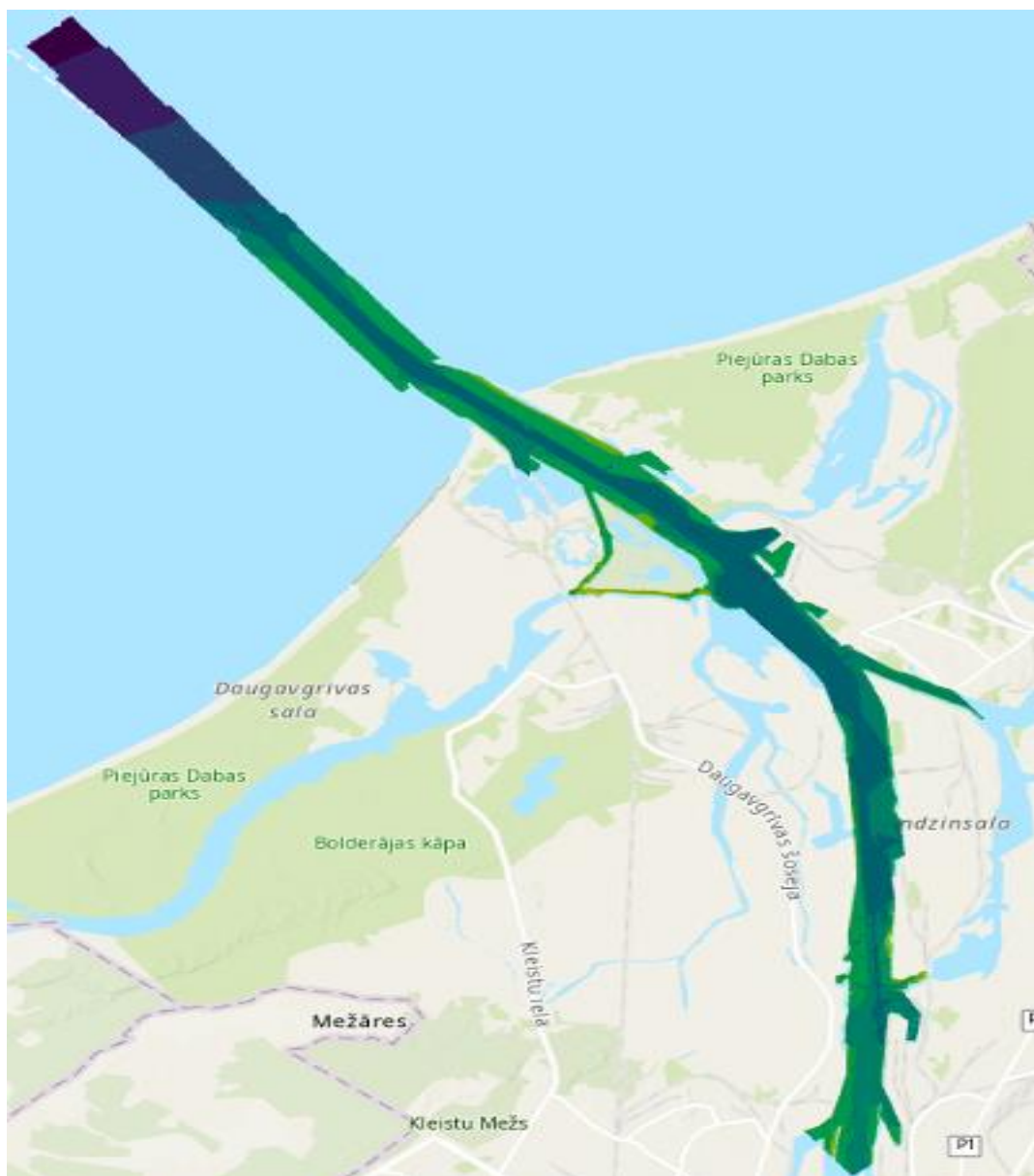
Joonis 13. Intervallide jaotus

Samasügavusjoonte tegemiseks valiti *Symbolize your layer using contours*.

Reference height ehk sügavus, mille samajoon on teist värvigi võrreldes muu joontega. Antud lõputöö raames on see suurima teel katkematut piisava laiusega läbipääsu võimaldava sügavuse ehk tee miinimumsügavuse isobaat. See on valitud sellisena, et isobaadi vahel mahuks ohutu läbisõitmise tee ehk selle väärtus on -10,5.

Index factor näitab iga mitmes samajoon teise värviga. *Index factor*-i väärtus on 5, selles töös olevatest sügavuste vahemikust selgelt suurem väärtus, kuna on vaja eristada ainult ühte samasügavusjoont.

Et liigseid isobaate ei tekkiks, *contour interval* võrdub 10. Muid isobaate joonestamine on mõttetu, kuna sellega kaasnevad ainult segadused. (Vaata Joonis 14 ja Joonis 15)



Joonis 14. Laevatee projekteerimise algus



Joonis 15. Laevatee koostamise protsess

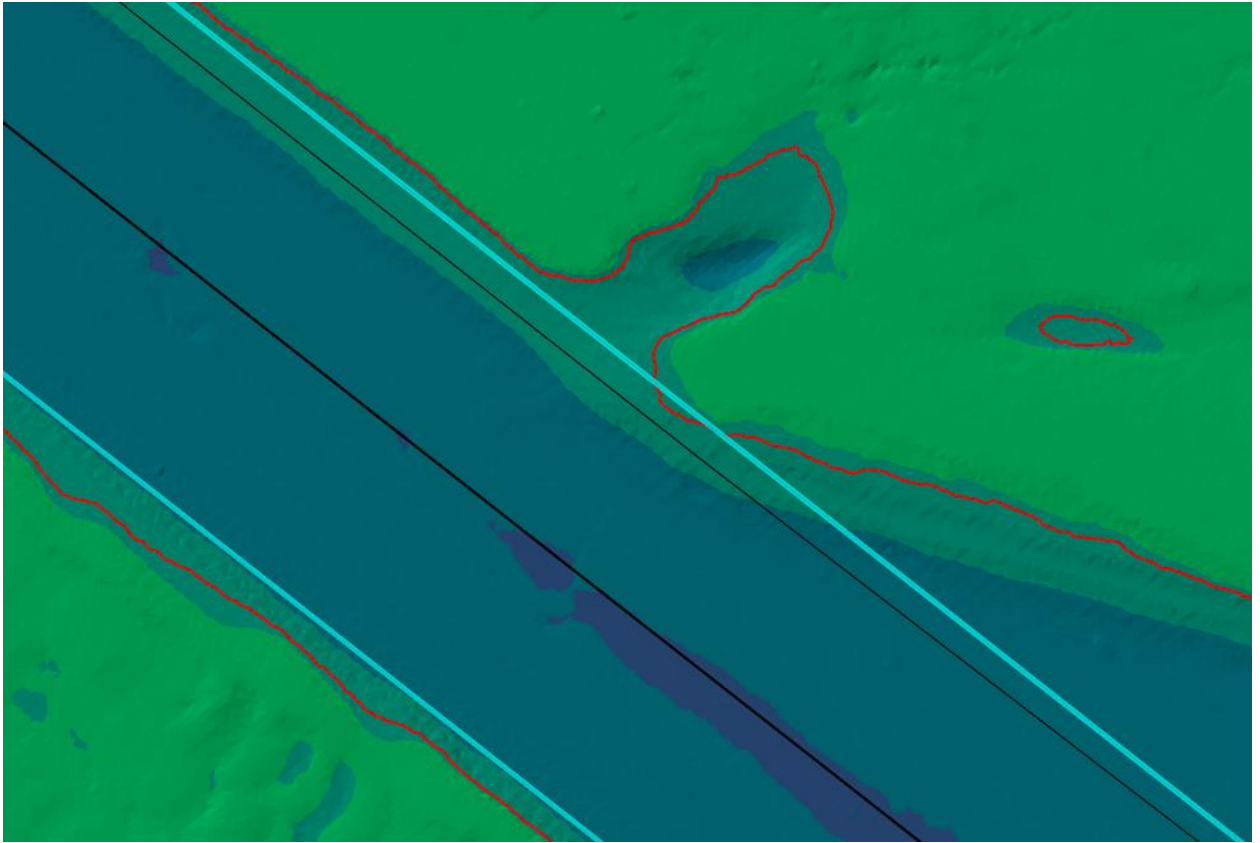
1. Laevatee lisamine

Kui kõik sügavused on pandud paika, on vaja sättida tee telg ja küljed nii, et oleksid arvestatud tee miinimumsügavuse samasügavusjoone ja tee minimaalse ja maksimaalse laiusega ehk töös lähtume antud sügavusandmetest. Võimalikult tee peab olema sirge ning välditakse ebavajalike lisapunkte kandmist nii külgedele kui ka laevatee teljele. Veel on vaja laevatee küljed kanda projektile nii, et need jäid *Reference contour*-i sissepoole. Sellist külgede paiknemist põhjustab see, et arvestatakse ka ujumärkide tsirkulatsioonraadiuse ja lisaks veel nende paigaldustäpsus.

Ise laevatee projektile kandmine toimub üle käsku *Create Features* ning klõpsatakse laevatee telje ja külgede asukohades, mis sobivad nii sügavuse kui ka tee asendi parameetrite poolest, ja punktide vahel moodustuvad jooned.

Järgmisena kantakse laevatee teljele puhver, mis aitab saada ühtlase laiusega teed ning korrigeerida selle vajadusel ära. (Esri, 2022)

Laevatee külgede joonestamiseks teljele oli lisatud puhver laiusega 75 m. Puhveri lisamine aitas paigaldada laevatee külge nii, et tagada piisavalt ruumi laevatamiseks paremal ja vasakul sõidualadel. Pärast laevatee külgede kaardile kandmist puhver eemaldatakse ära. (Vaata Joonis 16)



Joonis 16. Teljele lisatud puhver

Saadud laevatee telje üldine pikkus on 16,47 km, mille moodustavad 12 segmenti. Laevateed moodustavad 15 teljepunkte ja 31 küljepunkte. (Vaata Tabel 6 ja Tabel 7)

3.3 NAVIGATSIOONIMÄRKIDE PROJEKTEERIMINE

Antud laevateel on märgistatud küljemärgid ja teljemärk, mis asendava olemasolevaid ujuvmärke. Küljemärk – lateraalmärk, sellega tähistatakse laevatee paremat ja vasakut külge. Parema küljemärk on rohelist värvi, kujuks on tooder ja topimärk on roheline koonus teravikuga ülesse. Selle tule iseloom on *Fl G 3s* ehk roheline plinkiv tuli. Vasaku küljemärk on punast värvi, kujuks on ka tooder ja topimärk on punane silinder. Tule iseloom on *Fl R 3s* ehk punane plinkiv tuli.

Teljemärk – on kanali keskel olev märk, mis tähendab ohutut vett. Selle meremärgi tunnuseks on punased ja valged vertikaalsed triibud ning topimärk on punane kera. Tule iseloom on *Fl (2) W* ning valge plinkiv tuli. (Riigiteataja, 2002)

- Küljemärke paigaldatakse laevatee alguse ja lõpu, tee murdepunktidesse ja juhul, kui on vajadus tagada nähtavust, neid pannakse murde-/alg- või lõpp punktide vahel ühtlase vahega.

Paremakülje märgid on rohelist värvi ja vasakukülje märgid on punased vastaval IALA A regioonile. Lisaks sellele küljemärgid on nummerdatud reegli järgi ehk roheline värvi märgid on paaritu numbriga ja vasakukülje märgid on paaris.

- Teljemärgiga tähistatakse tee algust. Selline märk asub laevatee algusest eemal, et laevad ei sõitnud mööda kitsast väravat.
- Teljepoid asuvad laevatee teljel, et eraldada liiklusvoogusid. (Hartikainen, 2014)

Kokku projekteeriti 26 küljemärke. Nende paigaldus peab olema piisav, et tagada nähtavust ja lisa vahemärke lisamise vajadus puudub. Selle põhjuseks on väike vahekaugus murdepunktide vahel. Suurim küljemärkide vahekaugus on 4 km.

Teljemärke hulk on 1, mis asub laevatee alguses. Selles piirkonnas liiklus ei ole nii tihe, et see vajaks püsivat eraldamist ujuvmärkidega. Teiseks põhjuseks on laevatee laius. See võiks olla päriselt kitsas suuremate laevade jaoks ning on võimalus, et teljemärgid takistavad laevade liiklemist.

Kuna saadud märgistus on päriselt tihe ja sellega saab tagada ohutut laeva liikumist mööda laevateed lisa märgistuse vajadus puudub. (Vaata Tabel 8 ja Joonis 17)

4 TULEMUSED JA ETTEPANEKUD EDASPIDISEKS

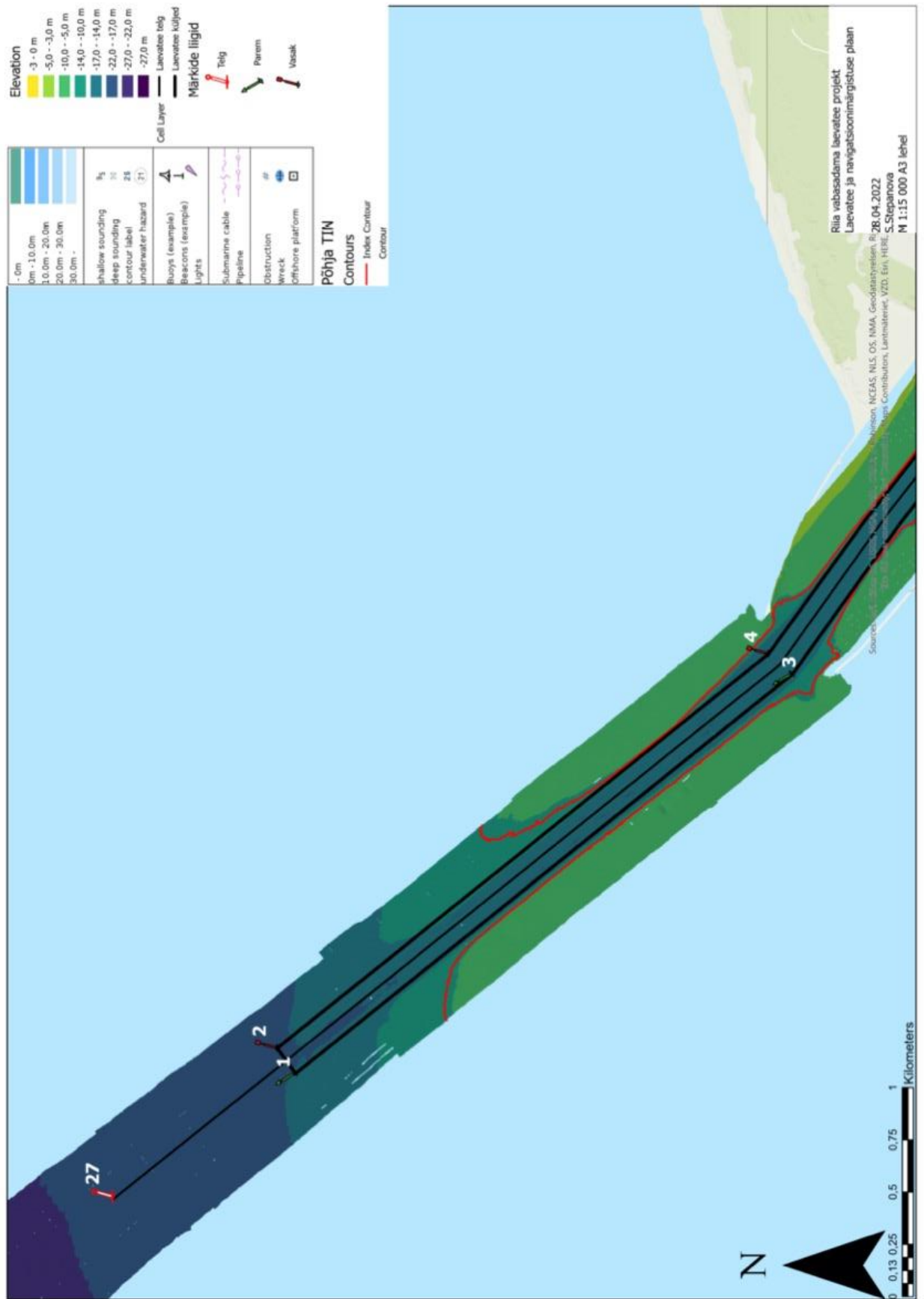
Selles peatükis on välja toodud saadud tulemused ja kas saavutati või mitte sissejuhatuses mainitud eesmärgid ja ülesanded.

Tehakse ka ettepanekud edaspidiseks töö arenguks ning kirjeldatakse, kuidas saaks selle tööd parendada ja täita.

4.1 EESMÄRGI JA ÜLESANNETE SAAVUTAMINE

Eesmärgi täitmiseks oli vaja arvutada vajalikud laevatee projekteerimiseks parameetrid ning arvutatud parameetrite alusel projekteerida laevateed. Mõlemad ülesanded on edukalt läbitud ehk laevatee parameetrid on arvutatud (Vaata 0) ja nende parameetrite alusel laevatee on projekteeritud. Ning arvutatud parameetrite alusel projekteeritud laevatee mahub sisse projektlaeva.

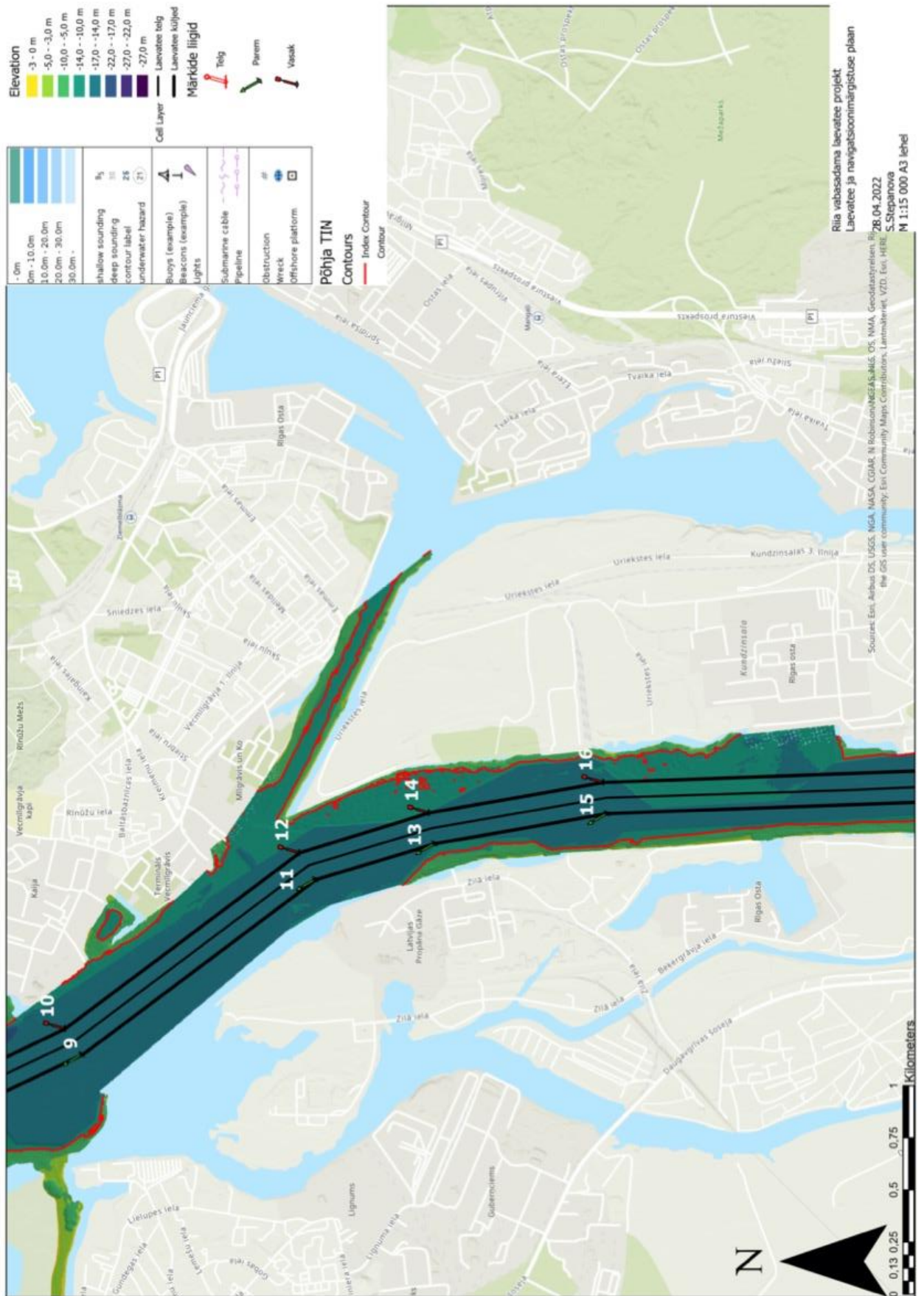
Töö eesmärgiks oli vaja projekteerida laevatee suuremate reisilaevade teenindamiseks ArcGIS PRO tarkvaras. Autor arvab, et töö eesmärgi saavutamine õnnestus ja laevatee on edukalt projekteeritud. (Vaata Joonis 18, Joonis 19, Joonis 20, Joonis 21)



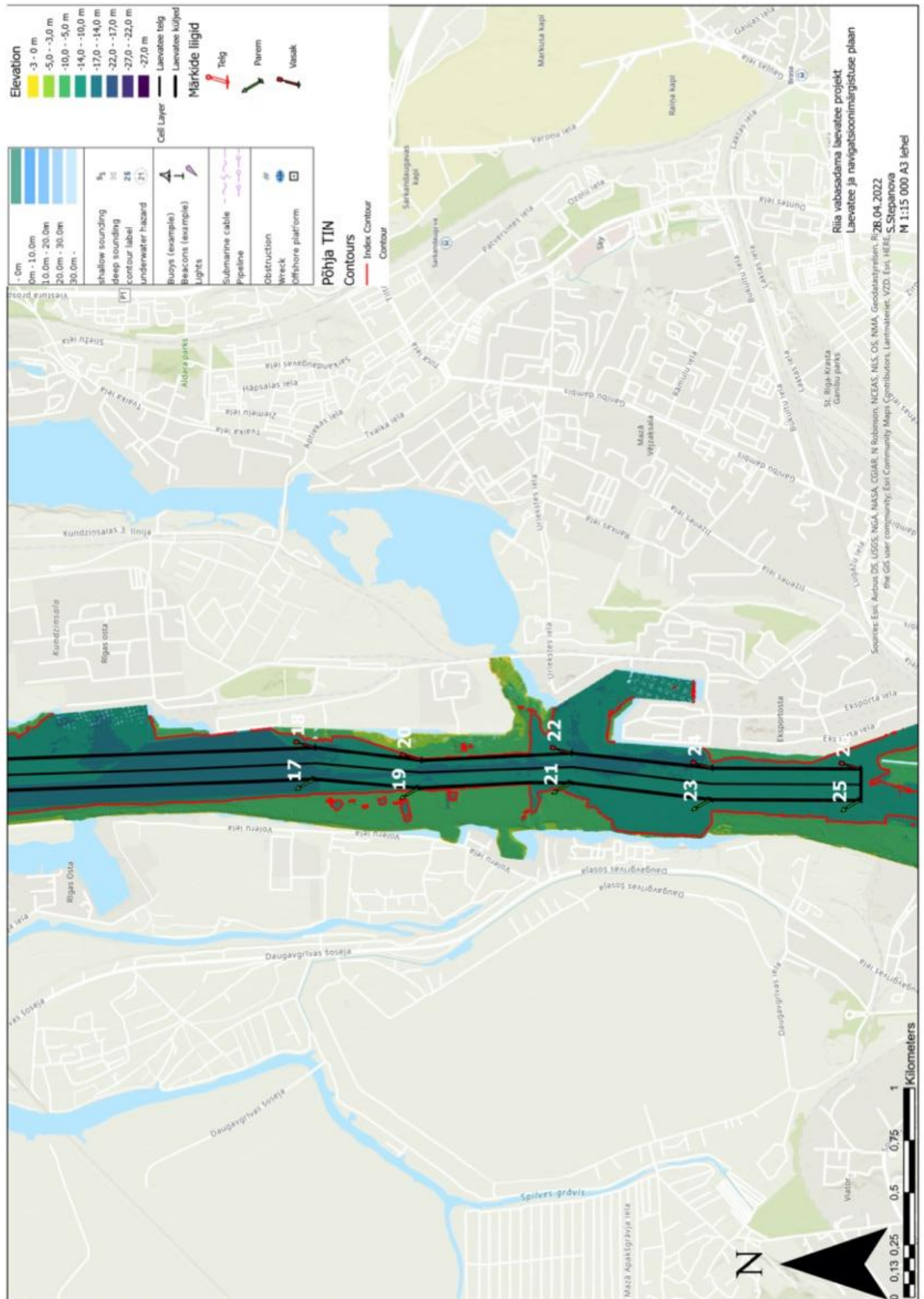
Joonis 18. Projekteeritud laevatee



Joonis 19. Projekteeritud laevatee

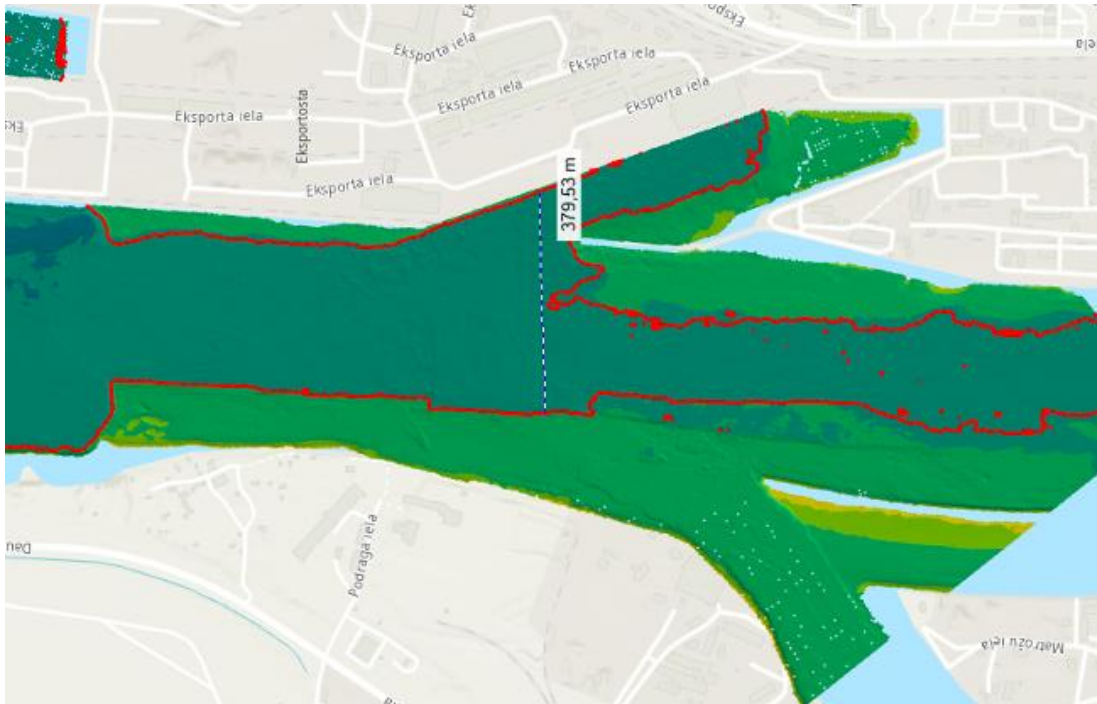


Joonis 20. Projekteeritud laevatee



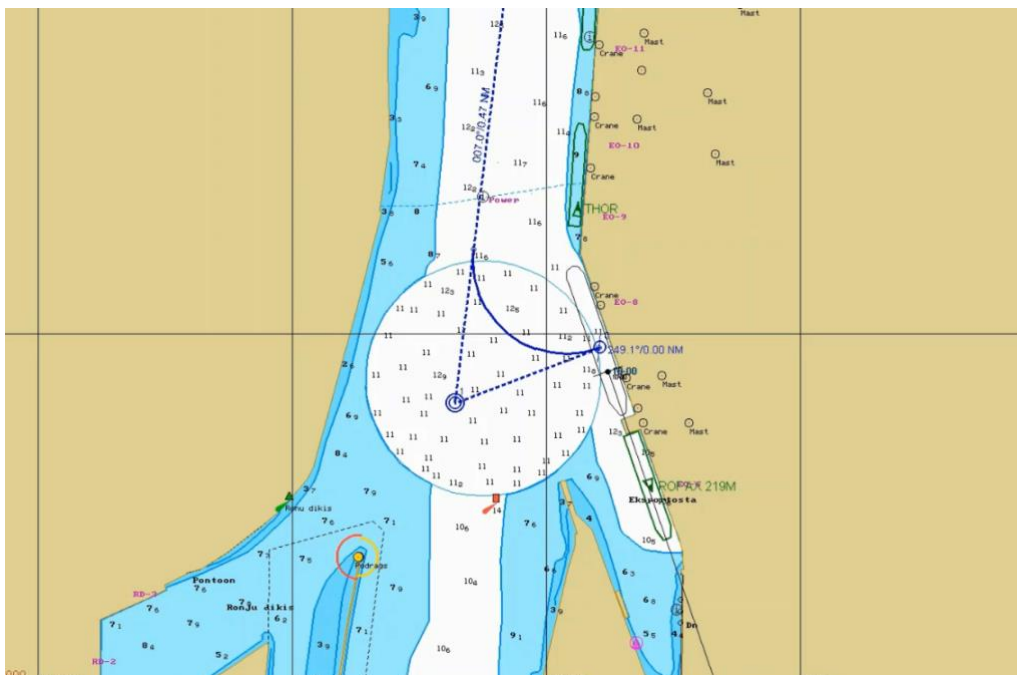
Joonis 21. Projekteeritud laevatee

Arvutatud pöörderingi läbimõõt on 399,99 m ning projekteeritud laevatee sügavus ei võimalda laeval pöörata. (Vaata Joonis 22)



Joonis 22. Pöördeala

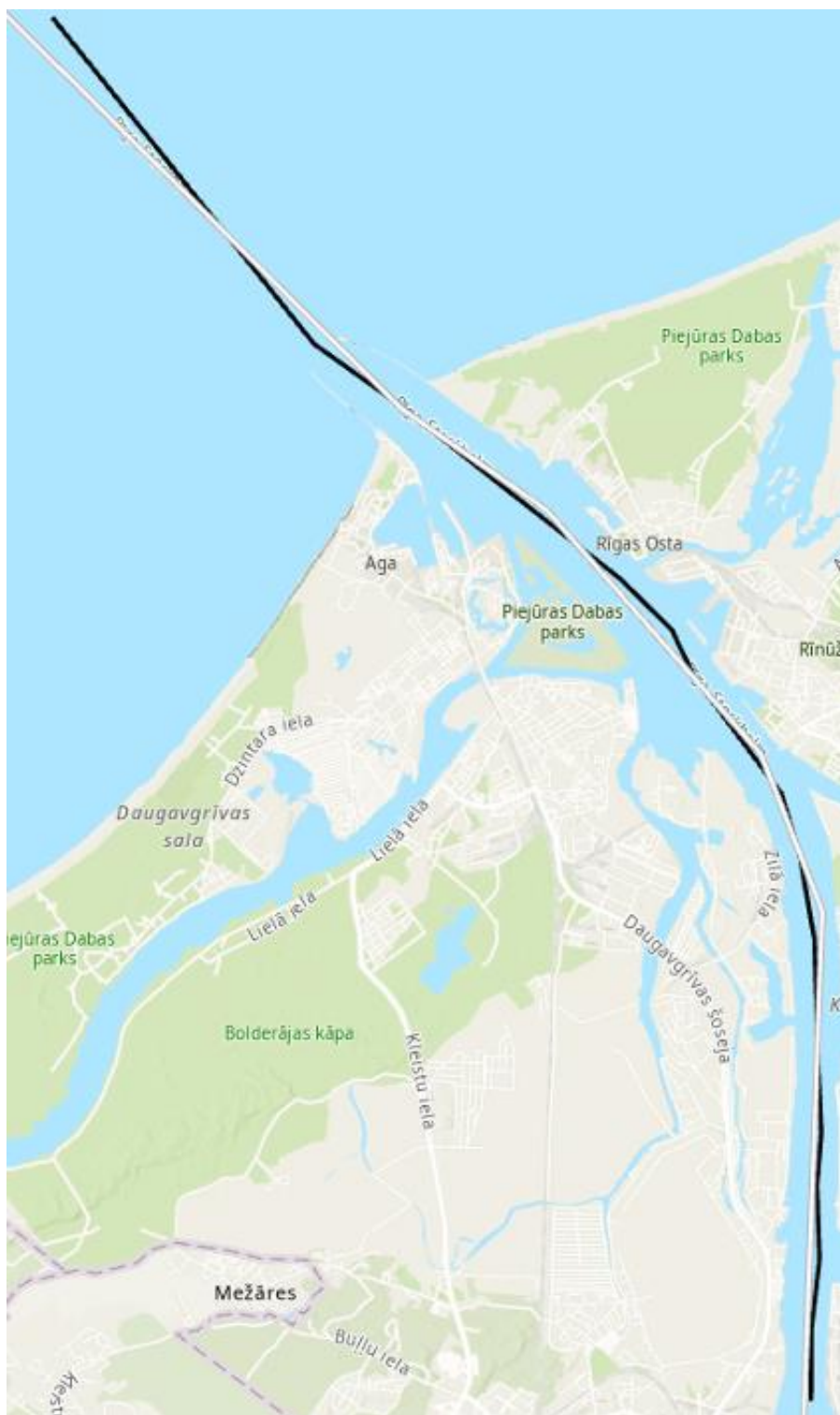
Eksportosta sadama ala tuleb viia süvendustööd nii vasaku kui ka parema kalda ääres, et laeval oleks piisavalt ruumi teha vabapöoret. (Vaata Joonis 23)



Joonis 23. Pöörderingi näide

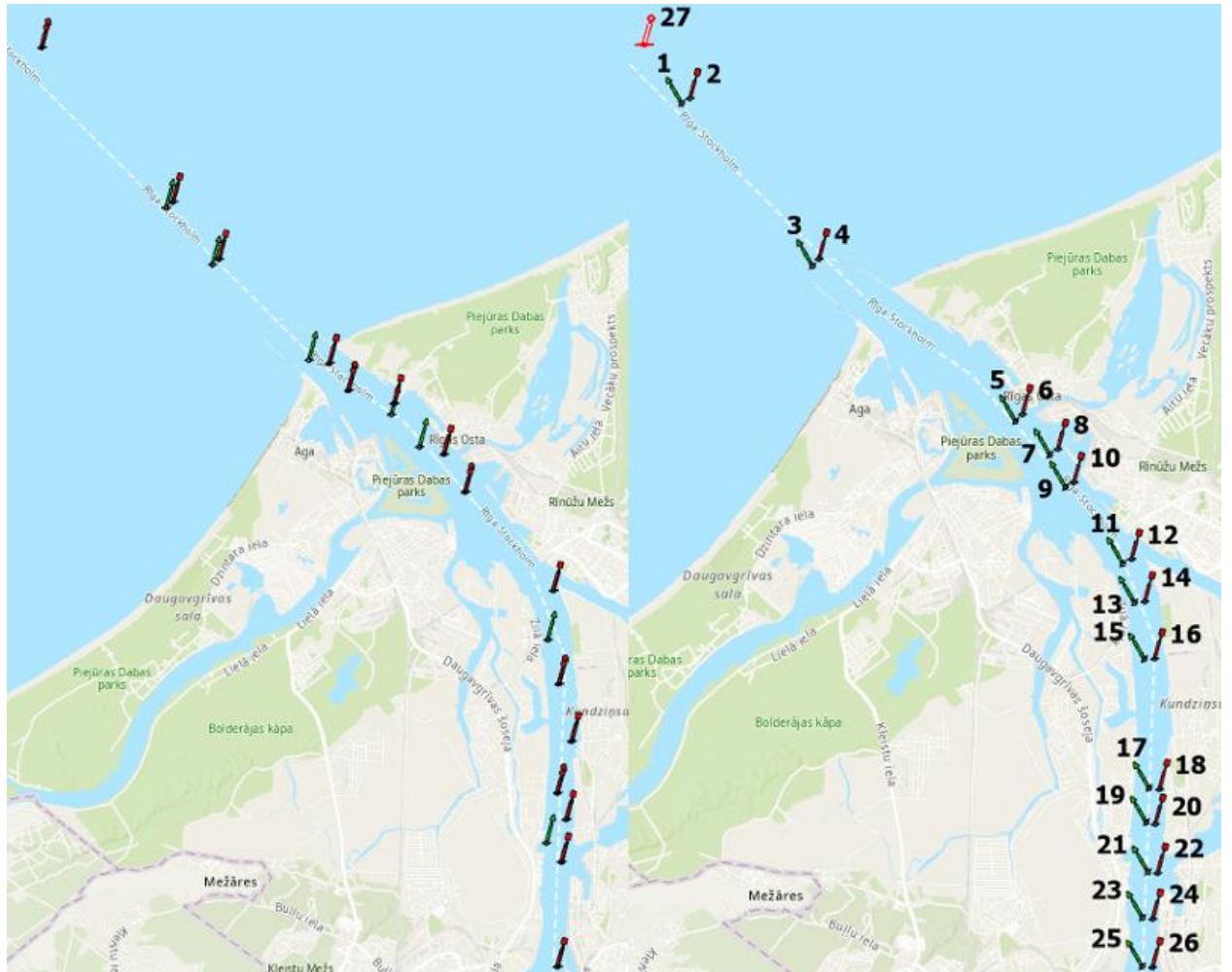
(Pööring, 2022)

Alloleval pildil on näidatud, kuidas erinevad olemasoleva ja projekteeritava laevatee telje paigaldus ja murdepunktid. Musta värviga on tähistatud projekteeritav laevatee telg ja valge on praegusel hetkel olev telg. (Vaata Joonis 24)



Joonis 24. Telgede võrdlemine

Joonis 25 näitab, kuidas erinevad olemasolevad ja projekteeritava laevatee navigatsioonimärgistus. Praegu laevateel on 21 märk, millest 7 parema külje märke, 10 vasaku külje märke ja 4 teljemärke. Projekteeritava laevatee märgistus koosneb 27 märgist, mille moodustavad 1 teljetooder, 13 vasaku külje ja 13 parema külje navigatsioonimärke.



Joonis 25. Navigatsioonimärkide paiknemise võrdlemine

4.2 ETTEPANEKUD

Autori hinnangul on tarvis läbi viia simulatsioonid vastavalt IALA riski analüüsi tööriistu, mis võimaldab omakorda teha sügavamad ja põhjalikumad uuringud laevaliikluses ja navigatsioonimärgistuses. Selle simulatsiooni abil on võimalik saada mitmekülgset ülevaadet laevatatavale alale ja laevatee lõigule, mis vajab mingisugust muutmist või võivad olla ohtlikud laevatamiseks.

Autor arvab, et selle töö põhjal on võimalik edasiselt Milgravis-e ja Sarkandaugava kanaleid projekteerida ja siduda neid pealaevateega, kuna mõlemad kanalid on laevatatavad. Ligipääs kanalitesse toimub läbi Daugava jõel oleva laevateed ning selle sidumiseks tuleb eraldi projekteerida ristmikud. Antud lõputöö raames need kanalid jäid kasutamata. Selle põhjuseks on see, et mainitud kanalid ei ole mõeldud kruisilaevade laevatamiseks ning antud töö raames need on teisejärgulised.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks on projekteerida Riia sadama laevateed suuremate reisilaevade teenindamiseks. Antud eesmärgi saavutamiseks on vaja arvutada laevatee parameeter. Arvutatud parameetrite põhjal projekteerida Riia sadama laevateed.

Eelnevalt mainitud ülesanded ja eesmärk on saavutatud. Tulemuseks on arvutatud vajalikud parameetrid laevatee projekteerimiseks, näiteks, vajalik minimaalne laevatee laius. Nende andmete baasil on koostatud Riia sadama laevatee projekt. Antud projekteeritavale laevatele on tähistatud laevatee telg, laevatee küljed ja navigatsioonimärgid.

Olemasolevate laevatee sügavuste andmete baasil selgus, et Eksportosta sadama alal projektlaeval ei ole piisavalt ruumi vabapööre tegemiseks. Arvutatud pöörderingi läbimõõt peab olema umbes 400 m aga projekteeritav ala mahub sisse ainult 380 m. Selle järgi autori poolt on 2 ettepanekud:

- Valida projektlaevaks kruisilaevu väiksemate mõõtmetega.

Väiksemate parameetritega laeva pöörderingi läbimõõt väheneb. See lahendus ei nõuta süvendamistöid ega projekti muutmist.

- Süvendada Eksportosta sadama ala.

Selle lahenduse raames tuleb süvendada nii parema kui ka vasaku kalla ala selleks, et projektlaeval MSC Preziosa oleks piisavalt ruumi manööverdada ja mitte jääda kinni oma süvisest.

Antud töö on hea sisend järgmiste tööde uurimuste jaoks. Käesoleva tööd on võimalik kasutada erinevate valdkonnadega seotud lõputööde kirjutamiseks. Näiteks:

- Selle lõputöö raames projekteeritud laevateed on võimalik täita Milgravis-e ja Sarkandaugava kanalitega. Siduda need kanalid pealaevateega ja juurde projekteerida ristmikud. Milgravis-e ja Sarkandaugava kanalid on laevatatavad ning ligipääs nende kanalitesse on läbi peamist Daugava jõel oleva laevateed.
- Navigatsioonimärgistuse nähtavuskauguse määramine ja majakate lisamine.
- On võimalik ka juurde projekteerida pontoone, kraane ja maste.
- Teha sadama asendiplaan.

- Kasutades IALA Riski analüüsi tööriista on võimalik kontrollida, kas projekteeritav navigatsioonimärgistus on piisav, et tagada ohutu laeva liikumist. Juhul, kui ole piisa, projekteerida juurde meremärke. Olukorras, kui projekteeritavad märgid võivad segada laevatamist, neid ära kustuda. Üldiselt mainitud analüüs võimaldab teha sügavamad ja põhjalikumad uuringud laevaliikluses ja navigatsioonimärgistuses. Selle simulatsiooni abil on võimalik saada mitmekülgset ülevaadet laevatatavale alale ja laevatee lõigule, mis vajab mingisugust muutmist või võivad avastada ohtlikke probleeme laevatamiseks.

SUMMARY

Channel design for the Port of Riga for accommodating larger passenger ships

Sofia Stepanova

The work is written in Estonian language.

Keywords: turning basin, Daugava River, ArcGIS PRO, passenger ship, channel design.

Page quantity: 64.

Picture quantity: 28.

Table quantity: 8.

Additional attachments: 5.

Used sources: 24.

In this research is represent a possible channel design for the Port of Riga for accommodating larger passenger ships. The Port of Riga is a multifunctional port that handles various types of cargo, such as bulk or crude oil, and serves all king of ships, for example, container vessels and cruise ships. Visitors come to Latvia by cruise from more that 100 different countries. The total number of passengers was around 837 000 in 2020. And this number continues to grow instantly. According to this fact, the further development of the cruise industry on Latvia demands the waterway modification of the Riga waterway. For this purpose, there is a development plan “Riga Free Port Development Program 2019-2028”. The Port Development Program provides a comprehensive assessment of the current situation in the port, possible forecasts for both tourists and transport, market analyses and multi-stage development strategy.

According to the analyses, the work relevant and important for the completing a positively projected development as in long- or short-term period.

The aim of the works is to design a channel for accommodating larger passenger ships using ArcGIS PRO software. The projected channel must be suitable for the project ship MSC Preziosa.

To fulfil the aim of the work, it is essential to calculate the necessary parameters for the design of the channel. The second task to complete the project is to design the channel based on the calculated parameters.

The work was completed by using ArcGIS PRO software and different information about the area, such as existing channel geometry, bathymetry information, meteorological and hydrological conditions. Also, the channel was designed according to PIANC regulations, local port authority restrictions and sizes of the project ship.

As a result, both tasks were completed to fulfil the aim of this diploma. The goal of the work is successfully achieved. And projected channel has the possibility to accommodate MSC Preziosa. The only thing that is failed to make is the turning basin due to the lack of free space needed for the ship manoeuvre.

To complete the turning basin author of this work proposes to deepen the Daugava River from the side of right and left banks around the Port of Eksportosta.

Secondly, in authors opinion, it is possible to design two more channels Milgravis and Sarkandaugava. Both channels are connected to the Daugava River and the entrances to both these channels are laying through the main shipping channel of the Daugava River.

Moreover, author supposes that it will be useful to make simulations according to IALA risk analyses tool to get a deeper and more through research in case of getting a comprehensive overview of the navigable area.

VIIDATUD ALLIKAD

1. Freeport of Riga. (-. - 2020. a.). *rop.lv*. Allikas: Freeport of Riga: <https://rop.lv/en/cruise>
2. Rail Baltica. (-. - 2016. a.). *Info.railbaltika.org*. Allikas: Rail Baltica: <https://info.railbaltika.org/en/interactive-map/points/riga-central-station-terminal>
3. Freeport of Riga. (-. - 2020. a.). . Allikas: Freeport of Riga: <https://rop.lv/en/vessel-traffic>
4. Freeport of Riga. (-. - 2020. a.). Allikas: Freport of Riga: <https://rop.lv/en/regulations>
5. Freeport of Riga. (2020). *rop.lv*. Allikas: Freeport of Riga: <https://rop.lv/en/vessel-traffic-0>
6. Linkaits, T. (2020). *The Freeport of Riga*. Riga: Ministerium of Transport.
7. MSC Cruise Management UK LTD. (2013(upd 2021)). *M/v MSC PREZIOSA*. -: -.
8. Salvatore, V. (12. 03 2022. a.). MSC Preziosa . (S. Stepanova, Intervjueerija)
9. PAIC. (2019). *Eksportostas hidrodinamiskā modeļa izstrāde*. Riga: PAIC.
10. Weatherarchive. (2014-2022). *WeatherArchive.ru*. Allikas: Погода в Риге: <http://weatherarchive.ru/Pogoda/Riga>
11. PIANC. (2019). *DESIGN GUIDELINES FOR INLAND WATERWAY DIMENSIONS*. Belgia: PIANC Secrétariat Général.
12. Esri. (30. 03 2022. a.). *esri.com*. Allikas: ArcGIS PRO: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>
13. ArcGIS, P. (30. 03 2022. a.). *pro.arcgis.com*. Allikas: Esri.com: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/get-started/get-started.htm>
14. Hartikainen, J. (03. 11 2014. a.). *Moodle Taltech*. Allikas: <https://moodle.taltech.ee/course/view.php?id=31143>
15. Batümeetria. (2021). *Batümeetria*. Riga: -.
16. Google. (2022). *Google Maps*. Allikas: Imagenery: <https://www.google.com/maps/place/riga+port/@57.1137928,24.2009416,60859m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x46eecdcca6d42c7:0x27fce2e808569947!8m2!3d56.9575584!4d24.0975311>
17. Maps, G. (2022). *Google Maps*. Allikas: <https://www.google.com/maps/@57.0159239,24.1137298,13z>
18. Siliņš, K. (05. 03 2021. a.). *Delfi*. Allikas: <https://rus.delfi.lv/turgid/turisms/foto-velikolepnye-ledyanye-uzory-na-daugave-voze-ekabpilsa.d?id=52995539>
19. PLOT. (2016). *ais.lv*. Allikas: ais PLOT: <http://www.ais.lv/PLOT/>

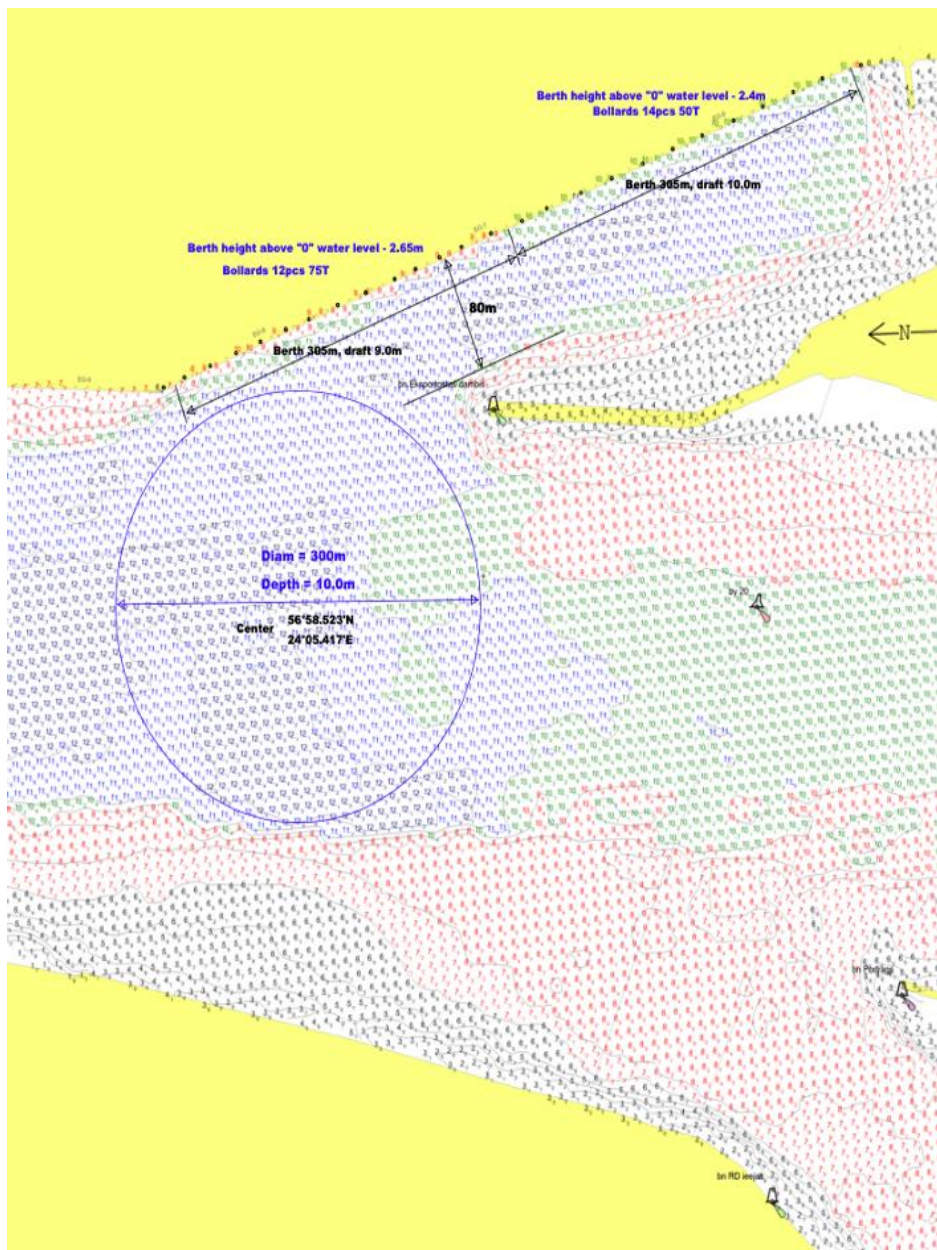
20. PIANC, M. (2015). *pianc.ee*. Allikas: MTÜ PIANC EESTIS: <https://pianc.ee/mis-on-pianc/>
21. PPIAF. (-). *Port Reform Tool Kit*. Allikas: Port Regulations: https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/Portoolkit/Toolkit/module4/port_regulations.html
22. 3dshtorm. (5. 1 2018. a.). *Turbosquid*. Allikas: Cruise Ship MSC PREZIOSA 3d model: <https://www.turbosquid.com/3d-models/cruise-msc-preziosa-ship-3d-1240181#>
23. Riigiteataja. (2. 12 2002. a.). Allikas: <https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1301/2201/0019/lisa1.pdf>
24. (2022). *Pööring*. Riga.

LISA 1. OLEMASOLEVA LAEVATEE TELJE KOORDINAADID

Tabel 4. Laevatee telje paiknemine

Punktid	Koordinaadid
Algpunkt	57° 06.51360' N 23° 56.96810' E
1 Pöördepunkt	57° 02.56320' N 24° 04.03930' E
2 Pöörepunkt	57° 01.72530 N 24° 05.10360' E
3 Pöörepunkt	57° 01.37220 N 24° 05.38190' E
4 Pöörepunkt	56° 59.31710 N 24° 05.45290' E
5 Pöörepunkt	56° 58.30010 N 24° 05.28570' E
Lõpupunkt	56° 57.06820 N 24° 05.66260' E

LISA 2. DAUGAVA JÕE BATÜMEETRIA ANDMED



Joonis 26. Daugava jõe battümeetria andmed

LISA 3. OLEMASOLEVAD NAVIGATSIOONIMÄRGID

Tabel 5. Olemasolevad navigatsioonimärgid

Nimetus	ID	Tule iseloom	Koordinaadid
Port of RĪGA reception safe water light-buoy "B"	84	Mo(A)W.10s 01.0+(01.0)+03.0+(05.0)	57° 06.51360' N 23° 56.96810' E
Port of RIGA entrance channel starboard hand light-buoy No 3	92	Fl.G.3s 00.5+(02.5)	57° 04.57730' N 23° 59.76040' E
Port of RIGA entrance channel port hand light-buoy No 4	95	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	57° 04.62740' N 23° 59.87500' E
Port of RIGA Daugava starboard hand light-buoy No 5	108	Fl.G.3s 00.5+(02.5)	57° 03.72600' N 24° 01.34000' E
Port of RIGA Daugava port hand light-buoy No 6	111	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	57° 03.69900' N 24° 01.63700' E
Port of RIGA Daugavgrīva harbour starboard hand light-buoy No D1	136	Fl(2)G.6s 00.7+(01.1)+00.7+(03.5)	57° 03.42700' N 24° 01.68200' E
Port of RIGA Daugavgrīva harbour entrance port hand light-buoy No D2	139	Fl(2)R.6s 00.7+(01.1)+00.7+(03.5)	57° 03.39200' N 24° 01.84300' E
Port of RIGA Daugava starboard hand light-buoy No 7	112	Fl.G.3s. 00.5+(02.5)	57° 03.45700' N 24° 01.99100' E
Port of RIGA Daugava port hand light-buoy No 8	115	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	57° 03.24200' N 24° 02.69000' E
Port of RIGA Daugava starboard hand light-buoy No 9	118	Fl.G.3s 00.5+(02.5)	57° 02.95260' N 24° 03.14970' E
Port of RIGA Daugava port hand light-buoy No 10	121	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	57° 02.88830' N 24° 03.55420' E
Port of RIGA Audupe starboard hand light-buoy No A1	168	Fl(2)G.6s 00.7+(01.1)+00.7+(03.5)	57° 02.89200' N 24° 03.79000' E
Port of RIGA Daugava starboard hand light-buoy No 11	126	Fl.G.3s 00.5+(02.5)	57° 02.55310' N 24° 03.90090' E

Port of RIGA Daugava port hand light-buoy No 12	192	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	57° 01.67340' N 24° 05.34150' E
Port of RIGA Daugava starboard hand light-buoy No 13	258	Fl.G.3s 00.5+(02.5)	57° 01.42440' N 24° 05.24400' E
Port of RIGA Daugava port hand light-buoy No 14	263	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	57° 00.84000' N 24° 05.43000' E
Port of RIGA Daugava starboard hand light buoy No 15	280	Fl.G.3s 00.5+(02.5)	56° 59.86900' N 24° 05.40200' E
Port of RIGA Daugava port hand light-buoy No 16	275	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	56° 59.63240' N 24° 05.54740' E
Port of RIGA Daugava port hand light-buoy No 18	290	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	56° 59.34800' N 24° 05.58300' E
Port of RIGA Daugava starboard hand light-buoy No 17	288	Fl.G.3s 00.5+(02.5)	56° 59.25390' N 24° 05.46630' E
Port of RIGA Daugava hand light-buoy No 20	298	Fl.R.3s 00.5+(02.5)	56° 58.32000' N 24° 05.39800' E

LISA 4. ARVUTUSED

Riia vabasadam	Loa(m)	B	Tmax	
Kruisilaev	333,33		37,92	8,678
Laius		1 B=		37,92 m
Wj		0,3 hea, kruisilaev		
Wk		0 keskmine, 10 sõlme		
Wt		0,4 mõõdukas, 10 m/s		
Wh1		0 nõrk		
Wh2		0,2 mõõdukas hoovus		
Wi		0		
Wm		0 eriti hea, VTS, siht, küljemärgid mõlemal küljel		
Wp		0,1 sile (süvendatud)		
Wv		0,4 vee sügavus > 1,1T		
küljevaru x2		1 Kõrgem nõlv		
kanali min laius kokku	3,4	B=		128,93 m
LoA	333,33	m		
B	37,92	m		
T	8,68	m		
C0	2,4	Enamasti = 2,4		
Cb	0,8			
V	4,12	m/s		8 kn
sügavus h	12,7	m		
W	128,93	m		
nõlv 1	2,5	m		
hT	3,8	m		
kanali kõrval h	10,85	m		
hT/h	0,30	m		
Fnh	0,37			
As	329	m ²		
Ac	2041	m ²		
n	0,16			
K1	4,5	Vastavalt Huuska-Gulievi tabelile		
s1	0,04	s1>0,03 (ristlõiketüüp B ja C)	Ks=	7,45*s1+0,76
Ks	1,03			
s	0,28	m ²		

Joonis 27. Arvutustabel 1

L	333,33	m	
D	1,2*L	m	Laevatamise kvaliteet on C
D	399,996	m	on pöörderingi läbimõõt

Joonis 28. Arvutustabel 2

LISA 5. LAEVATEE TELJE, KÜLGEDE JA UJUVMÄRKIDE KOORDINAADID

Tabel 6. Laevatee telje koordinaadid

Nimetus	X koordinaadid	Y koordinaadid
1	498094,37	6328095,66
2	500652,07	6324904,93
3	501378,19	6324388,27
4	503624,04	6322626,5
5	504140,7	6322121,47
6	504364,13	6321649,03
7	505211,26	6320520,29
8	505388,72	6319930,75
9	505534,18	6319094,38
10	505570,54	6317948,91
11	505603,27	6317196,17
12	505559,63	6316694,35
13	505585,09	6315967,06
14	505505,09	6315301,6
15	505501,45	6314588,86

Tabel 7. Laevatee külgede koordinaadid

Nimetus	X koordinaadid	Y koordinaadid
1	498818,43	6327310,94
2	500703,45	6324959,38
3	501341,11	6324500,19
4	502727,14	6323409,94
5	503674,99	6322681,54

6	504192,52	6322174,5
7	504428,06	6321687,36
8	505270,64	6320564,7
9	505462	6319942,99
10	505607,46	6319106,62
11	505677,66	6317195,56
12	505616,55	6316686,05
13	505650,48	6315968,09
14	505579,45	6315296,31
15	505575,84	6314587,87
16	505425,84	6314588,64
17	505429,48	6315301,37
18	505509,32	6315969,64
19	505511,69	6316168,72
20	505484,12	6316697,6
21	505527,52	6317197,19
22	505458,77	6319086,12
23	505314,99	6319912,85
24	505142,68	6320485,31
25	504303,53	6321603,4
26	504078,05	6322076,64
27	503573,93	6322569,4
28	501332,67	6324327,57
29	500607,98	6324843,21
30	498696,88	6327222,75
31	498818,43	6327310,94

Tabel 8. Ujuvmärkide koordinaadid

Märgi nimi	Märgi liik	X koordinaadid	Y koordinaadid
1	Parem	498696,88	6327222,75
2	Vasak	498818,43	6327310,94
3	Parem	500607,98	6324843,21
4	Vasak	500703,45	6324959,38
5	Parem	503573,93	6322569,4

6	Vasak	503674,99	6322681,54
7	Parem	504078,05	6322076,64
8	Vasak	504192,52	6322174,5
9	Parem	504303,53	6321603,4
10	Vasak	504428,06	6321687,36
11	Parem	505142,68	6320485,31
12	Vasak	505270,64	6320564,7
13	Parem	505314,99	6319912,85
14	Vasak	505462	6319942,99
15	Parem	505458,77	6319086,12
16	Vasak	505607,46	6319106,62
17	Parem	505527,52	6317197,19
18	Vasak	505677,66	6317195,56
19	Parem	505484,12	6316697,6
20	Vasak	505616,55	6316686,05
21	Parem	505509,32	6315969,64
22	Vasak	505650,48	6315968,09
23	Parem	505429,48	6315301,37
24	Vasak	505579,45	6315296,31
25	Parem	505425,84	6314588,64
26	Vasak	505575,84	6314587,87
27	Telje	498094,37	6328095,66

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Sofia Stepanova:

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Riia sadama laevatee projekteerimine suuremate reisilaevade teenindamiseks“, mille juhendaja on Inga Zaitseva-Pärnaste:
 - 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

20.05.2022

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.