



MAANTEEAMET

 Teede
Tehnokeskus

SAAREMAA JA HIIUMAA PRAAMIDE OOTEJÄRJEKORRA KUJUNEMISE JA LIIKLUSLOENDUSANDMETE SEOSTE VÄLJASELGITAMINE NING PROTOTÜÜBI KOOSTAMINE

Töö on koostatud Maanteeameti taristu arendamise osakonna tellimusel

Tallinn

2020

Projektijuht:

Tanel Jairus, AS Teede Tehnokeskus

Töös osalesid:

Tanel Jairus, AS Teede Tehnokeskus

Stanislav Metlitski, AS Teede Tehnokeskus

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. OLUKORRA KIRJELDUS.....	5
2. PRAAMIJÄRJEKORRA TUVASTAMINE.....	12
3. PRAAMIDE TÄITUVUSE ANDMED	16
4. LIIKLUSLOENDUSANDMETE PÕHINE MUDEL.....	17
5. ARVUTUSMUDEL	20
6. KOKKUVÕTE	22

SISSEJUHATUS

Praamid on Eesti transpordisüsteemi lahutamatu osa. Tegu on kahe maakonna – Saare ja Hiiu – peamise ühendusega nii omavahel kui ülejäänud Eestiga. Ainsateks alternatiivideks on tavaolukorras õhustransport või väikelaevad. Jäätel on kasutatavad ainult külmadel talvedel ja selliseid on jäänud järjest vähemaks. Seega on praamiühenduse puhul tegu eluliselt olulise ühendusega, kuna just sealt kaudu liiguvad kaubad, tööjõud ja turistid.

Iga transpordiühenduse puhul tekivad erinevad probleemid, kui nõudlus ja pakkumus ei ole tasakaalus. Igapäevaselt ei ole mõtet transpordivõimekust üle dimensioneerida, samas selle hoidmine tavalisel nõudluse tasemel ei välista olukordi, kus kõiki soovijaid ei jõuta teenindada. Nii juhtubki, et suurürituste või suurte pühade eel tekivad sadamatesse järjekorrad.

Käesoleva töö sisuks on praamijärjekordade ennustamine liiklusloendusandmete põhjal. Eesti riigiteedele on rajatud püsiloenduspunktid, mis loevad liiklust 24/7. Sellised punktid on ka teedel, mis viivad Virtsu, Kuivastu, Rohuküla ja Heltermaa sadamatesse. Töö eesmärgiks on välja selgitada, kas loendusandmete pealt on võimalik järjekorra tekkimist ette ennustada ja koostada selleks arvutusmudeli prototüüp.

1. OLUKORRA KIRJELDUS

Praamiühendus Saaremaa ja Hiiumaaga toimub Virtsu ja Rohuküla sadamate kaudu. Ühel juhul on tegu põhimaantee nr 10 Risti – Virtsu – Kuivastu – Kuressaare mõttelise osaga, teine ühendab põhimaanteed nr 9 Ääsmäe – Haapsalu – Rohuküla tugimaanteeaga 80 Heltermaa – Kärddla – Luidja. Nendel teedel paiknevate püsiloenduspunktide (PLP) jaotus on toodud järgmisel joonisel.



Joonis 1. Püsiloenduspunktid maanteedel 9, 10 ja 80.

Praamijärjekorda mudeli loomisel on tähtis, et alusandmed võimalikult hästi kirjeldaksid kogu sadamasse suunduvat liiklusvoogu. Selle jaoks kasutati tõmbekeskuste mudelit¹ hindamaks, millist teed pidi liiklusvood praamile suunduvad. Selle põhjal saab hinnata, kui hästi püsiloenduspunktide andmestik praamile jõudvat voogu iseloomustavad. Eraldi mudel moodustati Hiiumaa ja Saaremaa suuna jaoks näitamaks kuidas praamile tulev liiklus jaotub. Iga teelõik näitab, mitme protsendiga üleveetud mahust on tegu. Konkreetsetl vaadeldaval kohal (loenduspunkti või praami asukohas) on sellest tulenevalt 100%, mujal vastavalt ümberjaotumistele vähem.

¹ <https://escholarship.org/content/qt7j0003j0/qt7j0003j0.pdf>



Joonis 2. Virtsu – Kuivastu liini liikluse ümberjaotumine.

Suurem osa Virtsu – Kuivastu liini sõidukitest liigub mööda põhimaanteed vastavalt Kuressaare ja Tallinna poole. Esimene suurem hargnemine Tallinna suunal on tee 16180 Karuse – Kalli juures, mida mööda liigub veerand mahust Pärnu suunas. Teisel pool on lahknemised väiksema osakaaluga, kuid pärast Muhu saart ja Orissaare teed on samuti veerand põhitrassilt lahkunud.



Joonis 3. Rohuküla – Heltermaa liini liikluse ümberjaotumine.

Rohuküla sadama juures on ümberjaotumist vähem, Haapsalu linna jääb alla 10% sõidukitest. Sellest lähtuvalt on selge, et liiklusloenduse andmestik ei saa anda täielikult ammendavat pilti, kuna liiklus jaotub olulisel määral ringi loenduspunkti ja sadamate vahel. Tabelites 1 ja 2 on toodud, liiklusmahu jaotuse osakaalud (st kui suur osa liiklusest jõuab praamini või teise loenduspunkti).

Tabel 1. Liikluse ühisosa Hiiumaa suuna punktides (%).

Sihtkoht	Ääsmäe	Risti	Herjava	Rohuküla	Rohuküla-Heltermaa	Partsi
Ääsmäe	100	96	79	78	78	77
Risti	78	100	82	80	80	80
Herjava	36	46	100	92	92	91
Rohuküla	8	10	20	100	100	100
Rohuküla-Heltermaa	7	9	18	87	100	100
Partsi	4	5	10	47	54	100

Hiiumaa suunal on selgeteks piiriks Risti ristmik ja Haapsalu linn. Ääsmäel olevast liiklusest on ainult 7% sellist, mis jõuab Saaremaale. Sealt omakorda pool jõuab Partsi loendurini. Seevastu Partsi loendurit läbiv liiklus on 100% laevale minemas või sealt tulemas.

Tabel 2. Liikluse ühisosa Saaremaa suuna punktides (%).

Sihtkoht	Ääsmäe	Risti	Koluvere	Lihula	Valuste	Virtsu-Kuivastu	Kuivastu	Valjala
Ääsmäe	100	96	80	85	65	62	62	61
Risti	78	100	83	89	68	64	64	64
Koluvere	30	39	100	89	68	65	65	64
Lihula	28	35	65	100	77	73	73	72
Valuste	19	24	44	66	100	73	73	72
Virtsu-Kuivastu	14	18	31	47	54	100	100	99
Kuivastu	14	18	31	46	53	99	100	99
Valjala	10	12	21	32	37	66	67	100

Teisel liinil on suurim kokkulangevus Kuivastu loenduri ja praami vahel. Analoogselt Partsi loenduspunktiga Hiiumaal on Valjala loenduspunkt selline, kus pea kogu läbivliiklus on seotud praamiga. Praami pealt jõuab sinna punkti aga ainult kaks

kolmandikku – ülejäänud suunduvad Orissaare poole või ei tulegi üle tammi ja jäävad Muhumaale. Järgnevalt on toodud kaartidel kõigi punktide liiklusvoo ümberjaotumine.



Joonis 4. Herjava püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



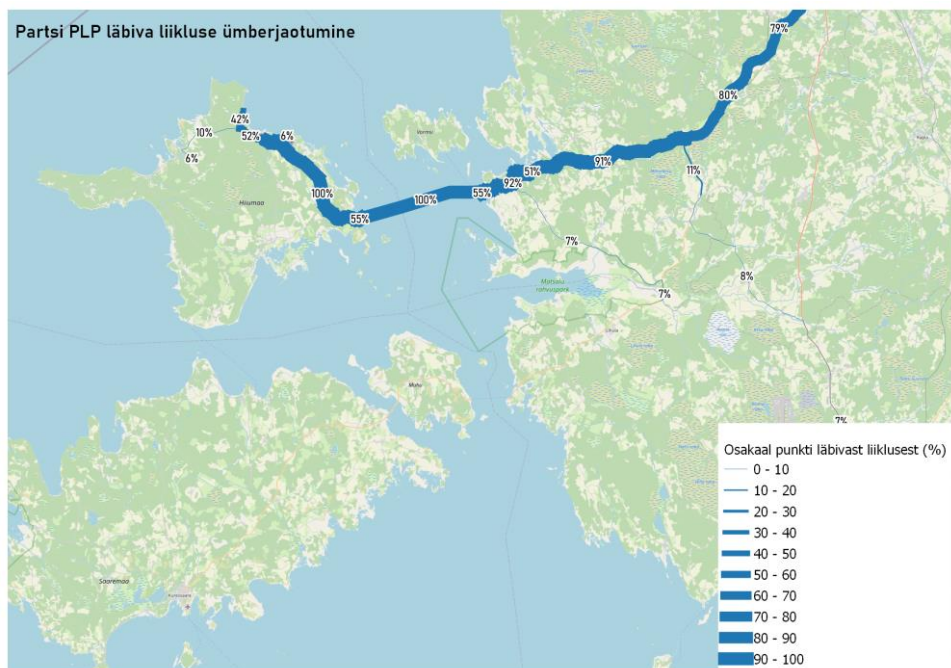
Joonis 5. Koluvare püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



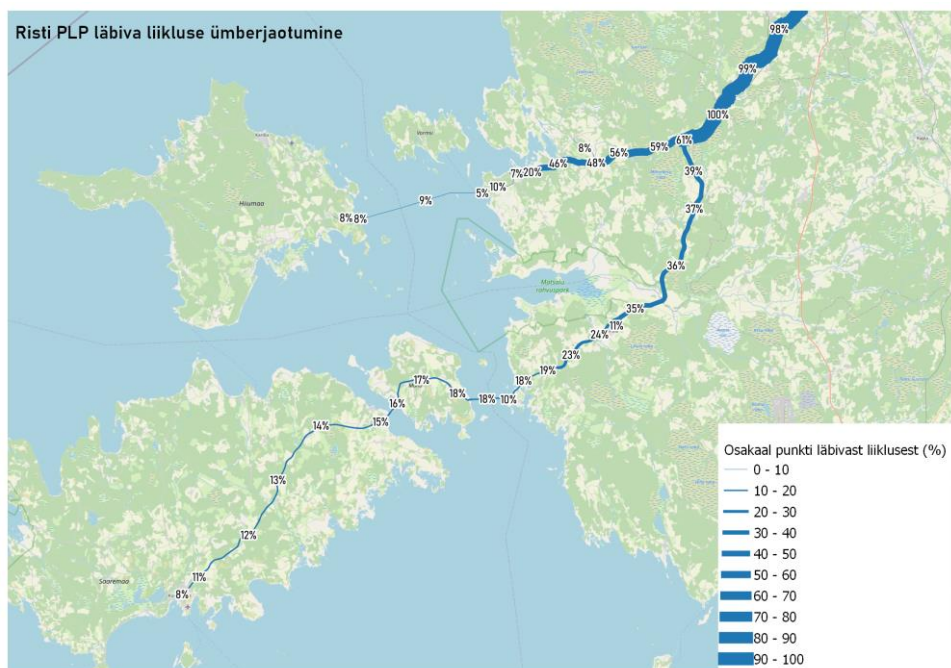
Joonis 6. Kuivastu püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



Joonis 7. Lihula püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



Joonis 8. Partsi püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



Joonis 9. Risti püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



Joonis 10. Valjala püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



Joonis 11. Valuste püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.



Joonis 12. Ääsmäe püsiloenduspunkti liikluse ümberjaotumine.

2. PRAAMIJÄRJEKORRA TUVASTAMINE

Käesolevas töös on vaatluse all Virtsu, Rohuküla, Kuivastu ja Heltermaa sadamad. Kõiki neid haldab riigile kuuluv ettevõtte Saarte Liinid AS. Kõigis sadamates on kaamerad, mis võimaldavad jälgida järjekorra tekkimist. Kaamerad teevad pilte 10-minutilise intervalliga. Käesoleva töö tarbeks oli võimalik kasutada pilte alates 2018. aasta jaanuarist.



Joonis 13. Kaamerapiltide näidised.

Kaamerapiltide töötlemiseks kasutati masinnägemise algoritmi YOLO² koos eeltreenitud mudeliga *common-objects-in-context (COCO)*³. Kuna eesmärgiks on tuvastada järjekorras olevad sõidukid, kasutati järgmisi objektiklasse:

- *Car* – sõiduauto;
- *Bus* – buss, hõlmab ka sõiduautul põhinevaid väikebusse;
- *Truck* – veoauto, tähistab nii kastiga sõiduautosid kui autoronge.



Joonis 14. COCO andmestiku näide bussi, veoauto ja sõiduautoga.

Töötluse käigus analüüsiti 581 849 pilti, millelt tuvastati 3 145 147 sõidukit. Neist 53 527 olid bussid, 2 809 532 sõiduautod ja 282 088 veoautod. Tuvastuste jaotus sadamate lõikes on toodud tabelis.

Tabel 3. Automaattuvastatud sõidukite arvud sadamates.

LIIK	HELTERMAA	KUIVASTU	ROHUKÜLA	VIRTU	KOKKU
BUSS	2474	36969	10777	3307	53527
SÕIDUAUTO	1130211	675249	589781	414291	2809532
VEOAUTO	27519	137896	83791	32882	282088
KOKKU	1160204	850114	684349	450480	3145147

² <https://arxiv.org/abs/1506.02640>

³ <https://cocodataset.org/>

Kõigi sadamate peale oli tuvastatusi enim Heltermaa sadamas, järgnesid Kuivastu ja Rohuküla. Tuvastuste arv ei tähenda samas, et sadamat oleks läbinud rohkem sõidukeid, kuna parkiv sõiduk järjestikustel piltidel läks kirja eraldi tuvastusena. Praamijärjekorra pikkuse hindamiseks on seega otstarbekam hinnata, kas tuvastused on selles piirkonnas, kus tavaolukorras sõidukid ei seisa. Näitena on joonisel toodud Kuivastu sadamas tuvastatud sõidukite keskkohad.



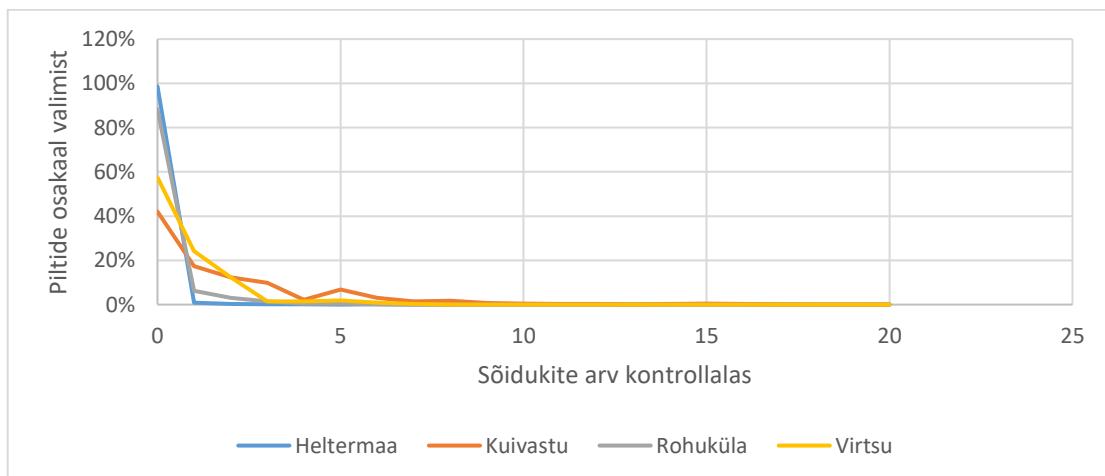
Joonis 15. Kuivastu sadamas tuvastatud sõidukite keskkohade jaotus.

Järjekorra tuvastamisel oli määravaks sõidukite olemasolu kaamerapildi selles osas, mis jääb sadama väravatest kaugemale, nõ järjekorra alas. Selleks määrati igale kaamerapildile selline ala, kuhu sõidukid ei pargi ja kuhu ei satu laevalt tulevad sõidukid.



Joonis 16. Kontrollitava ala piir Rohuküla sadama näitel.

Kuna Rohuküla sadamast väljub ka Vormsi praam, siis arvestati ainult Hiiumaa praamile suunduvat järjekorda. Järjekorra tuvastamise aluseks keskmistati ootejärjekorra tsoonis olevate sõidukite arv tundide kaupa. Niimoodi saab kõrvaldada üksikud sõidukid, mis on pildi tegemise ajal lihtsalt läbi sõitmas.



Joonis 17. Kontrollalas tunni keskmise sõidukite arvu jaotus.

Tunni keskmisena on kõige rohkem selliseid kus on (ümardatult) null sõidukit, kõik muu võib lugeda järjekorra olemasoluks. Sellised päevad on näiteks jaanipühadele eelnev.

3. PRAAMIDE TÄITUVUSE ANDMED

Väinamere suursaarte ja mandri vahelist praamiliiklust teostav ettevõtte TS Laevad edastab igakuiseilt Maanteeametile aruande praamide täituvuse kohta. Iga sõidu kohta märgitakse laevale jõudnud sõidukite arv, laeva täituvus protsentides ja hinnang maha jäänud sõidukite arvu kohta. Täpsemalt on tegu mahajäänud rajameetritega. Töösse kaasati andmed aastatest 2017-2020.

Tabel 4. Mahajäänud rajameetrid liinide kaupa.

LIIN	PIKIM JÄRJEKORD RAJAMEETRITES	KESKMINE JÄRJEKORD RAJAMEETRITES	SÕITE
VIRTUSU - KUIVASTU	664	13.5	27448
KUIVASTU - VIRTUSU	639	13.7	27446
HELTERMAA - ROHUKÜLA	416	4.2	10336
ROHUKÜLA - HELTERMAA	446	5.3	10333
HELTERMAA - VIRTUSU	74	3.2	23
VIRTUSU - HELTERMAA	0	0.0	23

Heltermaa ja Virtsu vahel sõitsid praamid ajutiselt seoses madala veeseisuga Rukki kanalis. Sellest tulenevalt neid sõite analüüsis täpsemalt ei käsitleta. Samuti oli üksikuid sõite vanematel Laid-tüüpi praamidel, mida enam ei kasutata. Täpsem laevade jaotus on toodud tabelis.

Tabel 5. Sõitude ja üle veetud sõidukite arv laevade lõikes.

LAEV	MAKSIMAALNE SÕIDUKITE ARV	KESKMINE SÕIDUKITE ARV	SÕIDUKITE MEDIAANARV	SÕITUDE ARV
LEIGER	155	49	42	10348
REGULA	202	32	29	2419
KÕRGELAID	2	1	1.5	9
HIUMAA	149	8	42	4051
MERCANDIA	68	36	33	68
TIIU	148	50	44	9328
TÖLL	164	48	43	23108
HARILAID	25	15	15	6
PIRET	165	49	44	26272

Põhiline koormus on täna laevadel Töll, Tiiu, Piret ja Leiger. Seega tuleb töös arvestada just nende mahutavusega. Varulaev Regula on võimelina kandma rohkem sõidukeid, seega ei häiri selle kasutamine graafikujärgse veomahu määramist. Ühe graafikujärgse laeva veomaht on seega 150 autot ehk 750 rajameetrit.

4. LIIKLUSLOENDUSANDMETE PÕHINE MUDEL

Eelnevalt on kirjeldatud, mis mahus jõuavad loenduspunkte läbivad liiklusvood praamile ja vastupidi. Selline jaotumine on tavapärane ja praamigraafikute koostamisel on sellega arvestatud. Seega on vaja mudelis leida erakorralised sündmused ja nende puhul tekkiv täiendav üleveomaht. Selleks tuleb lisaks loendustulemuste absoluutnumbritele arvestada suhet keskmise liiklusega.

Testimisel andsid kõige paremaid tulemusi (korrelatsioon vähemalt 0,4) järgmised parameetrid:

- Tunni jooksul loenduspunkti sadama suunas läbinud sõidukite arv
- Eelmise päeva sama aja ± 1 tunni keskmise sõidukite arvu suhtes olnud kasv
- Aasta sõidukite arvu mediaanväärtuse suhtes olnud kasv

Otsitavaks väärtuseks on kogu üleveedu ootavate sõidukite kogupikkus rajameetrites. Lahutades sellest sõiduplaanis olevate laevade mahutavuse, saamegi praamisaba eeldatava pikkuse. Lisaparameetrina võeti arvesse ka ajalist nihet tundides, uurimaks kui pikaks ajaks on võimalik järjekorra tekkimist mõistliku veaga ennustada.

Üleveomahu saamiseks korrutati tunni jooksul üleveetud sõidukite arv 5-ga ja liideti maksimaalne mahajääva osa pikkus. Sedamoodi normaliseeritud andmestiku peal rakendati masinõppealgoritmi *Scikit-learn*⁴. Tulemuseks saadi lineaarvõrrandid erinevate kombinatsioonide kohta, kus varieerusid loenduri asukoht, laevaliin ja ajaline nihe tundides. Mudelite hindamiseks kasutati keskmist viga (*MAE* – *mean average error*). Iga kombinatsiooni puhul arvutati 20 võrrandit nii, et 90% valimist oli treenimiseks ja 10% testimiseks. Iga kombinatsiooni puhul võeti kasutusele see, mis näites testis madalaimat viga. Parimate mudelite keskmised vead olid võrreldavad 10-15% ühe laeva mahutavusest.

⁴ <https://scikit-learn.org/stable/>

Tabel 6. Mudeli järgi ennustatud üleveomahtude keskmine viga rajameetrites.

LOENDUS- PUNKT	HELTERMAA – ROHUKÜLA	KUIVASTU – VIRTU	ROHUKÜLA – HELTERMAA	VIRTU – KUIVASTU
ÄÄSMÄE	97	157	84	120
RISTI	100	160	73	106
HERJAVA	108		101	
ROHUKÜLA	107		72	
KOLUVERE		172		109
LIHULA		151		97
VALUSTE		154		97
KUIVASTU		135		189
VALJALA		118		139
PARTSI	90		104	

Hiiumaa suuna sadamate vead olid väiksemad, mille põhjuseks on väiksemad üleveomahud. Kuna saarel on ainult üks loenduspunkt, mis katab ainult pool liiklusvoost, siis on mandrile suunduva ennustuse viga arusaadavalt suurem. Teisel pool on kõige suurem viga Herjava punktil. Sellel on kaks tõenäolist põhjust. Ühelt poolt on tegu Haapsalu linna mõjuga ja lisaks oli konkreetsetes punktis tehnilised probleemid, mis vähendas kasutatavat valimit.

Kõige madalama täpsusega on Saaremaa poolt Kuivastu sadamasse liikumine. Kuna seal on võimalik valida mitmeid trajektoore, mis väldivad Valjala loenduspunkti, ongi viga suurem. Kuivastu näol on tegu endise perioodilise loenduspunktiga, mis annab pidevalt andmeid alles 2019. aastast.

Et mudeli täpsus pole juhuslik, näitab võrdlus enne ja pärast praami. Kõige suurema veaga on Kuivastu punkti ennustus (189 rajameetrit) selle kohta, mitu autot peaks laevaga üle tulema – ligi kaks korda suurem kui Valuste hinnangul (97 rajameetrit) pealeminejate kohta.

Kaasates ajalise nihke andmed, saab hinnata, kui hästi andmed ennustavad ülevedu ootavaid rajameetreid järgmiste tundide jooksul.

Tabel 7. Vea suuruse muutus ennustuse pikkuse järgi rajameetrites.

LIIN	AJALINE NIHE TUNDIDES						
	0	1	2	3	4	5	6
HELTERMAA-ROHUKÜLA	84	90	101	100	97	102	107
KUIVASTU-VIRTSU	118	127	154	175	179	186	186
ROHUKÜLA-HELTERMAA	73	72	86	101	111	116	119
VIRTSU-KUIVASTU	97	97	119	139	163	173	181

Kõige täpsem on Rohuküla sadama ennustus sama või järgmise tunni kohta. Mida kaugemale aeg läheb, seda ebatäpsemaks lähevad ka ennustused. See on loogiline, kuna tolleks hetkeks ennustatakse liiklusvoogu, mis pole loenduspunkti veel jõudnud. Seega oleks mõistlik ennustada maksimaalselt järgneva kolme tunni üleveo nõudlust. Sama tunni omal pole jällegi mõtet, kuna see on juba sadamas nähtav. Et tasandada võimaliku ühe loenduspunkti anomaaliaid, on otstarbekas arvutada üleveo nõudlus kõigi punktide põhjal ja tulemustest võtta mediaan.

Võrdlus koguvalimi kohta näitas, et mudel hindab väikeseid mahte pigem üle ja suuremaid mahte pigem alla. Seetõttu tehti uus mudel, kus sisendiks oli logaritmitud veomaht. Selle arvutuse käigus koostati samamoodi lineaarvõrrandid, aga nende tulem võeti võrdluseks arvu e astendajaks. Arvutuse kiirendamise huvides tehti ennustus kuni 3 tunni peale ja jäeti kõrvale loenduspunkti-laevaliini kombinatsioonid, mis ei olnud sisuliselt loogilised, näiteks Partsi ja Virtsu – Kuivastu. Logaritmivõrranditega mudeli keskmised vead on järgmised:

Tabel 8. Ennustatud veomahu keskmine viga rajameetrites ajalise nihke järgi.

LIIN	AJALINE NIHE TUNDIDES		
	1	2	3
HELTERMAA-ROHUKÜLA	72	83	87
KUIVASTU-VIRTSU	157	179	192
ROHUKÜLA-HELTERMAA	74	86	96
VIRTSU-KUIVASTU	77	87	102

Nagu tabelite võrdlusest selgub, et kohati vead suurenenud. Asi on selles, et eelmises tabelis oli tegu mudeli treenimisel hinnatud veaga, mis on arvutatud ainult 10% valimist moodustava testandmestiku peal. Tabelis 8 on aga kontroll kogu andmestiku pealt.

5. ARVUTUSMUDEL

Nagu eelpool kirjeldatud, leiab arvutusmodel tunni üleveo nõudluse. Kui samas mahus sõidukeid laevale ei lähe, tekib järjekord. Kui arvutusliku üleveo hulk ületab samasse päeva jäänud graafikujärgsete sõitude mahutavuse, on vaja lisalaeva. Et mudel saaks korrektselt toimida, peab olema pidev liidestus infosüsteemiga, mis teavitaks vabagraafikust või lisareisist.

Nõutava üleveomahu arvutamine käib järgmiselt:

$$maht = e^{tunni\ liiklus \times a} \times e^{eelmise\ päeva\ tunni\ liiklus \times b} \times e^{+aasta\ mediaanne\ liiklus \times c} \\ \times e^{+vahe\ mediaaniga \times d} \times e^{+vahe\ eelmise\ päeva\ liiklusega \times e}$$

Parameetrid a,b,c,d ja e on leitud empiiriliselte iga loenduspunkti ja sadama kombinatsiooni jaoks eraldi iga tunnise vahe kohta. Tabelis 9 on näitena toodud Virtsu sadama üleveomahu arvutamise parameetrid Lihula loenduspunkti järgi.

Tabel 9. Virtsu sadama üleveomahu arvutamise parameetrid.

AJA NIHE (H)	0	1	2	3	4	5	6
A	0.375	0.383	0.377	0.382	0.386	0.386	0.390
B	0.222	0.203	0.217	0.209	0.200	0.200	0.192
C	0.817	0.822	0.844	0.872	0.897	0.917	0.933
D	-0.442	-0.439	-0.467	-0.490	-0.511	-0.531	-0.544
E	0.153	0.180	0.160	0.173	0.186	0.186	0.197

Mudeli järgi arvutati 2018-2020 kohta selliste tundide arv, kus antakse hoiatus ja võib tekkida vajadus lisalaeva järele. Hoiatuse eelduseks oli kaamerapildil tuvastatud järjekord ning arvutatud mahu ja tulevate laevade mahutavuse vahe üle 700 rajameetri.

Tabel 10. Modelleeritud hoiatuste jaotus sadamate lõikes.

SADAM	HOIATUSTE ARV	LISALAEVU	LAEVU GRAAFIKUS	HOIATUSTE OSAKAAL TUNDIDEST	LISALAEVAD E OSAKAAL
Kuivastu	553	11	13149	5%	0.08%
Rohuküla	79	14	5062	2%	0.28%
Virtsu	629	9	13169	6%	0.07%
Heltermaa	2	16	5262	0%	0.30%

Virtsu ja Kuivastu sadamate suunas oli hoiatuste arv sarnases suurusjärgus – 5...6 protsenti kogu ajast. Rohuküla ja Heltermaa suunal oluliselt vähem. Samas oli ka

Rohuküla suunas vähem lisareise tellitud ja Heltermaa - Rohuküla mudel ühe punkti põhisena ebatäpne. Et hoiatused ei realiseeru lisalaevana, on arusaadav – tipptunni ajal tekib järjekord, kuid enne laevade tööpäeva lõppu koormus langeb ja päeva lõpuks jõutakse sõidukid üle vedada. Konkreetsete episoodide võrdlus näitas, et mudeli puuduseks on tipptunnijärgse aja ülehindamine pikema ennustuse korral.

6. KOKKUVÕTE

Töö käigus selgus, et praamijärjekorra ennustamine on tehniliselt võimalik. Mudelid eksisid keskmiselt 15% ühe laeva mahu ulatuses. Selline täpsus ei ole piisav täisautomaatse süsteemi jaoks, kuid sobib hästi teavitamiseks. Kas siis ühistranspordi korraldajatele teate andmine, et vaja võib olla lisalaeva või siis liiklusjuhtimiskeskuse informeerimine sellest, et muutuvteabega märgi abil peaks liiklejaid hoiatama.

Tulevikule mõeldes on kaks aspekti, millega saab kindlasti lahendust parendada. Esiteks sadama kaamerasüsteemi täiendamine. Paigaldades samadele postidele kaamerad, mis vaataks ka järjekorra kaugenevat suunda, tekib võimalus valideerida ennustatud järjekorda ja teha reaajas parandusi. Teiseks saab kaasata mobiilpositsioneerimise andmeid, mis näitavad täpsemini liiklusvoogude jagunemisi. Nende lahenduste abil on võimalik mudelit oluliselt täpsemaks teha.