



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Instituudi nimetus

SUURE MAHUTAVUSEGA AUTORONGIDE KASUTUSVÕIMALUSED EESTIS

WAYS TO UTILIZE HIGH CAPACITY TRANSPORT IN ESTONIA

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Marko Jürimaa

Üliõpilaskood: EALM204409

Juhendaja: PhD Dago Antov

Tallinn 2022

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

(kuupäev digiallkirjas)

Autor: Marko Jürimaa

(allkirjastatud digitaalselt)

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

(kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Dago Antov

(allkirjastatud digitaalselt)

Kaitsmisele lubatud

(kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmiskomisjoni esimees Jelizaveta Janno

(allkirjastatud digitaalselt)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Marko Jürimaa

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
SUURE MAHUTAVUSEGA AUTORONGIDE KASUTUSVÕIMALUSED EESTIS,

mille juhendaja on PhD Dago Antov

- 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.
-

(allkirjastatud digitaalselt)
(kuupäev digiallkirjas)

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 loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

TalTech Instituudi nimetus

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Marko Jürimaa, EALM 204409

Õppekava, peeriala: EALM02/20 – Logistika, Liikuvuskorraldus

Juhendaja(d): Dago Antov PhD, +372 5064603

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Suure mahutavusega autorongide kasutusvõimalused Eestis

(inglise keeles) Ways to utilize high capacity transport in Estonia

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tuvastada nõudlus suure mahutavusega autorongide kasutamiseks
2. Tuvastada suure mahutavusega autorongide nõuded taristule ning mõju liiklusele
3. Luua metoodika suure mahutavusega autorongide liikumiskoridoride loomiseks
4. Teostada analüüs ning tuvastada võimalikud suure mahutavusega autorongide liikumiskoridorid

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teooria osa kirjutamine	31.12.2021
2.	Metoodika kirjutamine	01.03.2022
3.	Empiirilise osa kirjutamine	01.04.2022
4.	80% tööst valmis, eelkaitsmised	09.05.2022

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "23" mai 2022a

Üliõpilane: Marko Jürimaa (allkirjastatud digitaalselt) (kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Dago Antov (allkirjastatud digitaalselt) (kuupäev digiallkirjas)

Programmijuht: Jelizaveta Janno (allkirjastatud digitaalselt) (kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

EESSÕNA	7
Kasutatavad mõisted	8
SISSEJUHATUS	10
1 EMS SÕIDUKID JA NENDE KASUTAMISE TINGIMUSED.....	13
1.1 EMS sõiduki kirjeldus	14
1.2 EMS sõidukid Euroopas.....	15
1.3 EMS sõidukite mõju	16
1.4 Kehtivad normatiivsed piirangud.....	17
1.5 Sõidukite liigitus	18
1.6 Sõidukite maksimaalsed mõõtmed ja massid.....	20
1.7 Laadimismeetrid ja tee kasutus	23
1.8 Uurimisprobleem	24
1.9 Uurimisküsimused.....	25
1.10 Esimese osa kokkuvõte	27
2 UURIMISTÖÖ METOODIKA JA ANDMESTIKUD	29
2.1 Metoodika kirjeldus	29
2.2 Vajadus, võimalused ja piirangud	32
2.3 Nõudlus.....	33
2.3.1 Nõudlus terminalide asukohtade alusel	33
2.3.2 Nõudlus liiklussageduse alusel	34
2.3.3 Geomeetrilised piirangud.....	35
2.3.4 Sõidukite liikumistrajektoori modelleerimine	36
2.3.5 Modelleerimisel kasutatud sõidukid.....	37
2.3.6 Tee geomeetria.....	39
2.3.7 Teekatte laius	40
2.4 Taristu piirangud	41
2.4.1 Kandevõime	42
2.4.2 Katend.....	43
2.4.3 Sillad	44
2.5 Liiklusest tulenevad piirangud	45
3 UURINGU TULEMUSED	49
3.1 Nõudlus.....	49
3.1.1 Nõudlus asukohtade järgi	49
3.1.2 Nõudlus liiklussageduse järgi	51
3.2 Teeregistri andmete töötlus	52
3.2.1 Tee kandevõime.....	52

3.2.2	Teede katendite tüübid	54
3.2.3	Katte laius.....	55
3.2.4	Sillad	57
3.3	Liiklussagedus ja liikluse tipuajad	57
3.4	EMS sõidukite liikumistrajektoori geomeetrilised mudelid	60
3.5	EMS sõidukite mõju kaasliiklejatele	62
3.5.1	Kaubaruumi mahutavus ja ruumi vajadus teel	63
3.5.2	Möödasõiduaeg ja -teepikkus.....	64
3.5.3	Liiklussageduse mõju möödasõitudele.....	65
3.6	EMS sõidukite võimalikud liikumiskoridorid.....	68
3.7	Kolmanda osa kokkuvõte	69
KOKKUVÕTE		70
SUMMARY.....		73
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU		76
LISAD		81
LISA 1 Sõidukite liigitus.....		82
LISA 2 Ringristmik ja mahasõit		85
LISA 3 Liiklusloenduse andmed		87
LISA 4 SNiP koormusmudelid		95
LISA 5 Modelleeritavad sõidukid		97
LISA 6 Teeregistri andmed.....		103
LISA 7 Terminalide asukohad		105
LISA 8 Sõidukite pöördegeomeetria		106
LISA 9 EMS sõidukite mõju		112

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö, SUURE MAHUTAVUSEGA AUTORONGIDE KASUTUSVÕIMALUSED EESTIS, teema on algatatud autori poolt tuginedes viimase kahe kümnendi jooksul korduvalt tõusetunud maanteekaubavedudega tegelevate ettevõtete soovile võtta kasutusele keskkonnasäästlikumad ja kulutõhusamad veovahendid. Põhilised algandmed on kogutud seadusandlusest ning nende riikide uuringutest ja tegevusaruannetest, mis on suurema mahutavusega sõidukid oma riigi teedele lubanud.

Euroopa Liidu suunitlus on energiatõhusama transpordi suunas ning selle tõttu on maanteetranspordi kuluefektiivsuse parandamiseks, süsinikuheitme vähendamiseks ja autojuhtide puuduse leevendamiseks vajalik leida lihtne, odav ja kiirelt teostatav meede. Samas sõidukite keskkonnasäästlikumaks muutmise piirid on lähedal, isesõitev sõiduk ei ole hetkel reaalsus, kuid lahendusi on vaja kiiresti.

Eesmärgiks on leida nõudlus suurema kaubaruumi sõidukite järgi ning läbi selle kirjeldada need teed ja geograafilised asukohad, kuhu on võimalik selliste sõidukitega liigelda.

Töös kasutatud liiklust iseloomustavad andmed on kogutud Transpordiameti liiklusloenduspunktidest, taristu andmed teeregistrist ning sõidukite andmed reaalsete sõidukite mõõtmise teel.

Võtmesõnad: gigalainer, EMS sõiduk, European Modular System, magistritöö

Kasutatavad mõisted

- Direktiiv 96/53/EÜ** – Euroopa Nõukogu direktiiv nr 96/53/EÜ, 25. juuli 1996, millega kehtestatakse teatavatele ühenduses liikuvatele maantesõidukitele siseriiklikus ja rahvusvahelises liikluses lubatud maksimaalmõõtmed ning rahvusvahelises liikluses lubatud täismass
- Määrus nr 42** – majandus- ja kommunikatsiooniministri 13. juuni 2011. a määrus nr 42 "mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele"
- Direktiiv 2007/46/EÜ** – EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2007/46/EÜ, 5. september 2007, millega kehtestatakse raamistik mootorsõidukite ja nende haagiste ning selliste sõidukite jaoks mõeldud süsteemide, osade ja eraldi seadmetike kinnituse kohta
- EMS** – *European Modular System* – Euroopa Moodulsüsteem, sõidukite moodulkontseptsioon
- EMS sõiduk** – Euroopa Moodulsüsteemi reeglitele vastav sõidukite kombinatsioon
- EMS koridor** – EMS sõidukitele sobilike parameetritega liikumistee
- EMS moodul** – nõuetele vastav sõiduk EMS sõiduki koosseisus
- Direktiiv 2018/858** – Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EL) 2018/858, 30. mai 2018, mootorsõidukite ja mootorsõidukite haagiste ning nende jaoks ette nähtud süsteemide, osade ja eraldi seadmetike tüübikinnituse ja turujärelevalve kohta, ning millega muudetakse määruseid (EÜ) nr 715/2007 ja (EÜ) nr 595/2009 ning tunnistatakse kehtetuks direktiiv 2007/46/EÜ

Määrus nr 106

- Majandus- ja taristuministri 5.08.2015. a määrus nr 106 „Tee projekteerimise normid“

Autorong

- vedukist ja haagisest/ haagistest koostatud liigendsõiduk

SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö teemavalik on ajendatud Eesti maanteetranspordi sektori mitmest olulisest probleemist, näiteks on vajalik leida lahendus järgmistele probleemidele: kuluefektiivsus, kliimaneutraalsus ning autojuhtide puudus.

Magistritöö eesmärgiks on tõestada, et kõigi nimetatud kolme probleemi ühe võimaliku lahendusena saab käsitleda suurema kaubaruumiga sõidukite kasutuselevõttu. Läbi selle on võimalik, et vähenevad nii kaubaühiku veo hind kui ka õhku paisatavate kahjulike ainete hulk, samuti autojuhtide vajadus.

Suurema kaubaruumiga sõidukite (edaspidi EMS sõiduk) liikluses osalemiseks on vajalik tuvastada olemasoleval teedevõrgul selliste sõidukite parameetritele vastavad transpordikoridorid (edaspidi EMS koridorid). EMS koridoride loomiseks on vajalik analüüsida nõudlust, ehk asukohti, kus on piisaval hulgal suurte kaubamahtude transportimise vajadust ning taristu võimalusi suuremaid sõidukeid taluda. Äärmiselt oluline on liiklusohutuse tagamine, kui kasutusele võetakse suuremad sõidukid. Selleks tuleb luua EMS sõidukite liikumisele mõistlikud piirangud, mis arvestavad nii kaupade vaba liikuvuse kui ka liiklusohutuse tagamisega. Piirangute mõjul peab olema tagatud vähemalt liiklusohutuse hetke tase, kuid eelistatud on liiklusohutuse parandamine läbi EMS sõidukite kasutuselevõtu.

Euroopa Liidu seadusandluses on liikmesriikidele antud võimalus EMS sõidukite kasutamiseks, nende kohta kasutatakse õigusaktides terminit moodulkontseptsioon või European Modular System (edaspidi EMS kontseptsioon). Liikmesriigis EMS sõidukite lubamisel peab kõikidele vedajatele tagama võrdsed konkurentsitingimused ning tuleb lubada kontseptsioonile vastavate sõidukite liiklemine sõltumata nende päritoluriigist [1]. Eesti seadusandluses EMS sõidukite kasutamist lubavat normi ei ole hetkel kehtestatud.

EMS sõiduk on koostatud veovahenditest, kui moodulitest. Kõige suurem moodul on poolhaagis kaubaruumi pikkusega 13,6 meetrit ning väiksemad kaubaruumid on veduk või täishaagis kaubaruumi pikkusega 7,82 pikkusega (edaspidi EMS moodul). Selliste moodulite kombineerimisel saab koostada autorongi kogupikkusega kuni 25,25 meetrit [2]. EMS mooduleid on võimalik kombineerida vähemalt viiel erineval viisil ning lühemate moodulite kasutamisel suureneb kombinatsioonide arv veelgi, oluliseks piiranguks on üksnes täispikkus ning asjaolu, et rohkemate moodulite lisamisel peab jääma moodulite vahele rohkem ruumi ning kasuliku kaubaruumi pikkus on selle võrra väiksem.

EMS kontseptsioonile vastavaid sõidukeid nimetatakse erinevates allikates ka terminitega gigaliner (gigaliner), High Capacity Transport (HCT) – suure mahutavusega vedu, High Capacity Vehicle (HCV) – suure mahutavusega sõiduk, EuroCombi jne [3].

Lisaks eelnevalt toodud probleemide lahendamisele on EMS sõidukite kasutuselevõtuga võimalik kõrvaldada ka oluline probleem standardsete sõidukite kombineerimisel lubatust pikemate autorongide tekkimisel. Sellised autorongid on näiteks kõikidele nõuetele vastava gaasimootoriga veoki ja standardse poolhaagise kombinatsioon, mis veoki ehituslike eripärade ja pikendatud teljevahe tõttu ei vasta täispikkuse nõudele.

Uuringutes on jõutud järeldusele, et suurendatud mahutavusega autorongide kasutamine on tugevaks argumendiks maanteetranspordi süsinikuheite vähendamisel. Samuti on järeldatud, et kaubaveol pikemate sõidukite kasutamine parandab transpordi kuluefektiivsust ning liiklusohutust, kuid ei eelda vaadeldud riikides taristu suuremahulist ümberehitust [4] [5] [6].

Euroopa Liidu ja Majanduspiirkonna üleselt on sõidukite mõõtmed ja massid piiratud. Piirangud kehtivad nii siseriikliku kui ka rahvusvahelise kaubaveo korraldamisel sarnastel alustel konkurentsitingimuste loomiseks. Samas on mitmed riigid, näiteks Soome ja Rootsi, taotlenud erandeid sõidukite pikkusele ja kõrgusele ning nendes riikides on siseriiklikul kaubaveol lubatud kasutada pikemaid ja kõrgemaid sõidukeid. Seega Soome ja Rootsi standardsed sõidukid ei ole samade mõõtmetega, mis Eestis või mõnes teises Euroopa riigis kasutatavad standardsed sõidukid. Sõidukite tegelike masside ja teljekoormuste osas on siseriiklikud nõuded iga liikmesriigi otsus, kuid piiriülesel transpordil kehtivad ka massidele Euroopa Liidu ülesed reeglid. Kuna EMS kontseptsioon kujutab endast standardsetest veovahenditest kombineeritud suure mahutavusega autorongi, on standardsete veovahendite kirjeldamisele pandud käesolevas töös olulist rõhku.

Käesoleva töö uurimisküsimused on sõnastatud järgmiselt:

1. Millised on EMS sõidukite nõuded taristule?
2. Milline mõju kaasneb EMS sõidukite liiklusesse lubamisega kaasliiklejatele?
3. Milliseid piirkondi tuleb EMS koridoride loomisel esmajärjekorras ühendada?
4. Millised on EMS sõidukite liiklemise võimalikud koridorid ja nende piirangud?

Käesolevas magistritöös on sõidukite modelleerimiseks kasutatud Autodesk Civil 3D 2021 tarkvara ning AutoTURN 11 modelleerimistarkvara. Modelleeritud sõidukid on

programmi sisestatud reaalsete sõidukite mõõtmiste kaudu. EMS koridoride loomisel on võetud aluseks teeregistris saadaolevad andmed ning neid töödeldud kasutades MS Excel tabelarvutustarkvara. EMS koridorid ning teeregistri geograafilist tõlgendust võimaldavad andmed on visualiseeritud Arcgis online kaarditarkvara abil. Liiklusloenduse andmed on saadud Transpordiameti püsiloenduspunktidest ning andmeid töödeldi MS Excel tabelarvutus tarkvara kasutades.

1 EMS SÕIDUKID JA NENDE KASUTAMISE TINGIMUSED

Euroopa transpordipoliitikas on seatud oluliseks eesmärgiks selliste transpordilahenduste loomine, mis võimaldavad suuremate kaubakoguste ja reisijatehulkade vedamist kõige tõhusamate transpordiliikidega. Selle saavutamiseks on vajalik sõidukite energiatõhususe suurendamine, logistikasüsteemide optimeerimine ning transpordi ja taristu tõhusam kasutamine [7]. Samas on Euroopa Liidu liikuvuspaketi raames loodud olukord, kus sõidukite kasulik kasutusvõimalus väheneb ning autojuhtide vajadus suureneb veelgi [8].

Juhtivate autoinseneride ja tehnoloogiaettevõtete liitude hinnangul on hetkel kasutusel olevate maanteekaubaveo sõidukite keskkonnasõbralikumaks muutmise ressurss ammendumas ning lisaks tehnoloogilistele uuendustele on järjest enam vajalik leida alternatiivseid lahendusi [9]. Üldjuhul on kaubaveoks konstrueeritud sõidukite veovõime normidega lubatust oluliselt suurem. Seega ei kasutata sõidukite ressursi maksimaalsel määral, mis omakorda on keskkonnakaitse eesmärkide täitmise mõttes ebamõistlik. EMS sõiduki kaubaruum on ca 50% suurem, kui hetkel kasutusel oleva kõige suurema kaubaruumiga autorongil. EMS sõidukite kasutuselevõtuga saab ennekõike vähendada autorongide, kui suurima kauba mahutavusega ja rahvusvahelisel veol kõige rohkem kasutatavate kombinatsioonide, osakaalu liikluses. Tõenäoline on, et soodsate tingimuste loomisel võetakse aja jooksul maksimaalse hulga poolhaagisega autorongide asemel kasutusele EMS sõidukid, eriti sellisel juhul, kui Euroopa Liidu siseselt hakatakse lubama EMS sõidukite piiriülest liiklust.

Magistritöö esimeses osas on keskendutud probleemi ja lahenduse laiapõhjalisele selgitusele. Muuhulgas selgitusele, millistel põhjustel on otstarbekas kasutusele võtta suurema kaubaruumiga EMS sõidukid. Kirjeldatud on hetkel kehtivaid norme ning nende tõlgendusi, seejuures hetkel kasutusel olevaid sõidukeid ning sõidukite kombinatsioone ja selliste sõidukite kaubaruumide suurus. Samuti on vaadeldud varasemalt nii Eestis kui ka teistes Euroopa riikides läbi viidud uuringuid ning leitud nendest võimalikke probleemi lahenduskäike ning samuti takistusi EMS sõidukite kasutusele võtuks.

Varasemalt on suurema mahutavusega autorongidega seonduvalt koostatud mitmeid magistritöid. Ann-Kristin Pajus, TTÜ on 2020 aastal kaitsnud magistritöö teemal „Ülipikad autorongid Eesti maanteedel“, milles on kaardistatud huvi- ja sidusgrupe, sõidukite mõju transpordisüsteemile ning võimalikke vajadusi. Bosse Sool, TTÜ on 2020 aastal kaitsnud magistritöö teemal „Veoautojuhtide tööjõupuudus Eestis“, kus on

uuritud Eesti veokijuhtide ealist jaotust ning transpordituru väljavaateid veokijuhi ametist sõltuvalt.

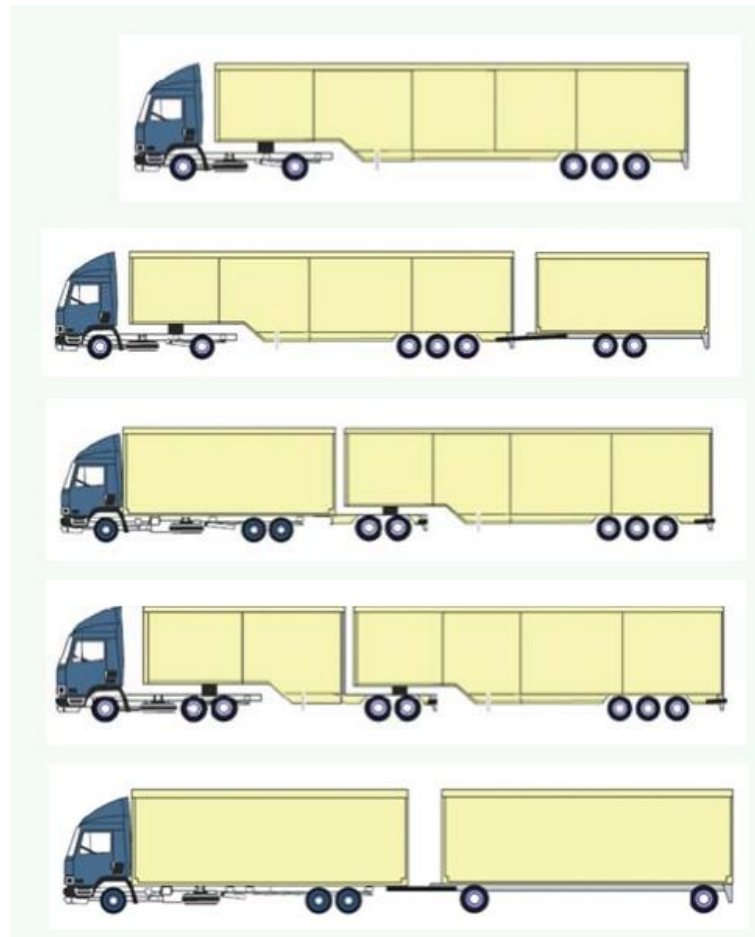
Valik pikemate autorongidega seotud madalama astme lõputöödest:

- Marko Kuldsaar TTK 2021 EU NÕUETELE VASTAVAD VEOAUTOJUHTIDE PUHKEALAD
- Marten Jõesaar TTK 2021 25,25 meetrise autorongi tasuvus ja sobivus Eestis,
- Carl-Caspar Kohv TTK 2020 MUUTUSED PIKKADE JA RASKETE AUTORONGIDE TEELE LUBAMISEL,
- Aivar Sauk TTK 2020 PIKKADE AUTORONGIDE TEHNILISED TINGIMUSED EESTIS.

1.1 EMS sõiduki kirjeldus

EMS sõiduk on sõidukite kombinatsioon, mille maksimaalne pikkus on 25,25 meetrit, maksimaalne täismass 60 tonni ning mis on koostatud standardsetest veovahenditest – EMS moodulitest [1]. Standardsed veovahendid on regulatsioonidele vastavad sõidukid, millele liikumisele ei ole seatud piiranguid ning mis vastavad seadusandluses toodud reeglitele. Seega ei saa EMS sõiduki koosseisus kasutada ebastandardseid, suurendatud kaubaruumi või pikkusega, sõidukeid. Sama sõiduki kirjeldamiseks kasutusel olev termin *gigalainer* on Euroopa Liidu direktiivi alusel ehitatud autorong, mille maksimumpikkus võib olla 25,25 m ja täismass 60 t. Lastiruumide pikkus võib olla kokku 21,42 m. Gigalainerite kasutamine katseliselt on lubatud alates 1996. aastast. Tänu oma pikkusele ja sildade arvule suudab *gigalainer* vedada kaupa nii kaalult kui mahult kuni poolteist korda rohkem kui tavalise eurohaagisega veduk. Gigalainerite kasutamisega väheneb tonnkilomeetri, eriti aga laadimismeeter-kilomeetri veokulu. Neid kasutatakse katseliselt Saksamaal, Taanis, Soomes ja Rootsis [10]. Kaubaruumi mõõtmed on piiratud direktiivi 96/53/EU ning selle alusel kehtestatud määrus 42 nõuetega. Kaubaruumi arvestuslikud mõõtmed on poolhaagisel 13,6 LDM ning täishaagisel ja veokil 7,82 LDM. Nii poolhaagise kui ka täishaagise ja veoki puhul on seadusandluses välja toodud maksimaalne esiseina ja tagaseina vaheline kaugus ning selle tõttu võivad erinevate tootjate sõidukite parameetrid vähesel määral erineda. Siiski on peamiseks kaubaruumi pikkuse määrajaks standardse euroaluse mõõtmed 0,8 m x 1,2 m, mille maksimaalse mahutavuse järgi on kaubaruum dimensioneeritud. Teiseks määravaks suuruseks kaubaruumi mõõtmete määramisel on standardne 20 jalane merekonteiner, mis mahub kaubaruumi poolhaagisel kaks korda ja täishaagisel ning veokil ühe korra. 20 jalase standardse merekonteineri välismõõtmed on pikkus 6,10 m

x laius 2,44 m x kõrgus 2,59 m ning nendest mõõtmetest väiksema kaubaruumiga sõidukeid üldjuhul pikamaa vedudel ei kasutata. Sõidukite omavahelise kombineerimise tehnilistele eriomadustele antud töö raames ei ole tähelepanu pööratud, kuna sõidukite tehniliste parameetrite osas on võimalik lähtuda sõidukite täismassidele ja haakeseadmete omadustele kehtestatud normidest ning selle kaudu leida optimaalsed sõidukite kombinatsioonid [11]. Võimalikud EMS sõidukid on kirjeldatud Joonis 1.



Joonis 1. EMS sõidukite võimalikud koosseisud [12]

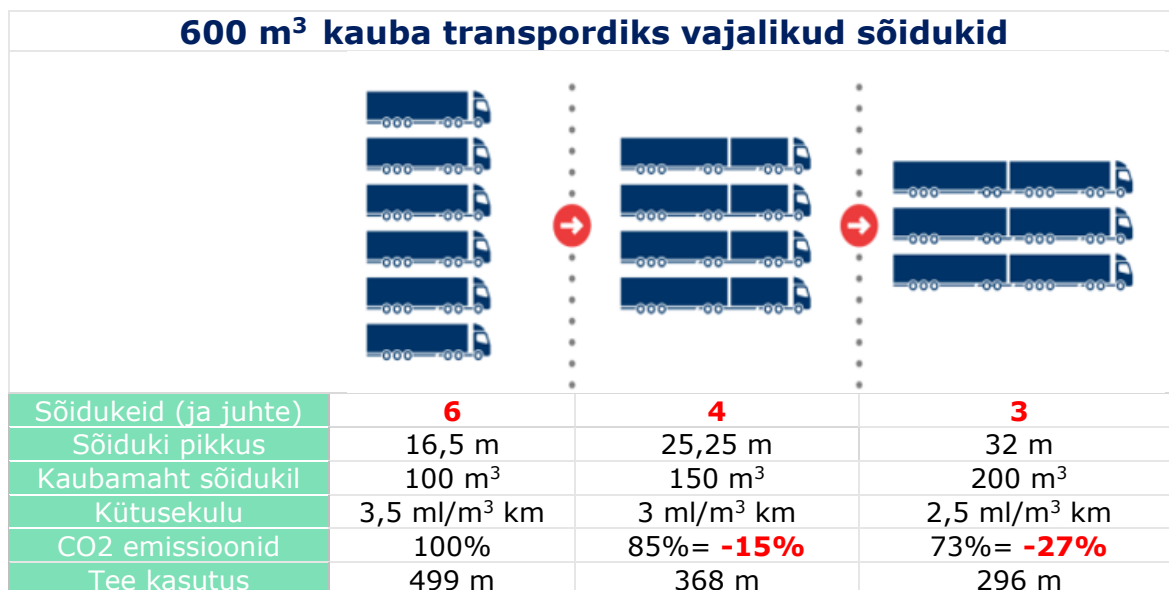
1.2 EMS sõidukid Euroopas

25,25 meetri pikkused ja 60 tonnise täismassiga EMS sõidukid on lubatud Soomes alates 1995. aastast ning Rootsis 1998. EMS sõiduki täismassi piirang on Rootsis 74 t ja Soomes 76 t. Mõlemas riigis analüüsitakse veokite pikkuse ja täismassi piirangute täiendavat suurendamist [13]. Hollandis analüüsiti EMS sõidukite mõju pilootprojekti raames 2008.–2011. aastal ning tänaseks on 25,25 m ja 60 t autorongid Hollandis lubatud. Taanis algatati EMS sõidukite uurimiseks 2008. aastal pilootprojekt ning see on endiselt käimas. Olulise näitajana peab välja tooma, et Euroopas on EMS sõiduki

liikumiskiirus 80 km/h. Eestis, kus on ka raskeveokitele lubatud suurim kiirus 90 km/h, võib liiklusvoolust aeglasemalt liikuv tavalisest pikem sõiduk kujutada endast lisaohu. Samas pidurdusteeekonna ja kütusekulu osas on 80 km/h oluliselt turvalisem ja säästlikum kiirus. Kuna takistusjõudude valemis on kiirus ainuke teises astmes komponent ning kiiruse vähendamisel 10 km/h võrra 90-lt km/h 80-le km/h väheneb takistusjõud ja selle läbi ka kütusekulu ja emissioonide väärtus ca 10%, oleks mõistlik siiski kaaluda EMS sõidukite kiiruse piirangut 80 km/h. Samuti on kütusekulu võimalik kokku hoida kaasaegsete sõidukite kasutuselevõttuga, millele on muuhulgas paigaldatud positsioneerimisega püsikiirushoidja. Sellise lisaseadmega varustatud sõidukite kasutamisega on võimalik Eesti taolises, suhteliselt sileda pinnamoega ja ilma suurte tõusude ja langusteta, geograafilises piirkonnas saavutada kütuse kokkuhoid ca 10-15% [14] [15].

1.3 EMS sõidukite mõju

EMS sõidukite liiklusesse lubamisega kaasnevalt on võimalik vaadelda mitmeid mõjutatud osapooli ja olukordi. Suurim mõju on kahtlemata kaasliiklejatele, seda nii läbi möödasõitude kui ka psühholoogilise suurema sõiduki tajumise, mis realiseerub liiklusohutuses. Liiklusohutuse seisukohast on kahtlemata kõige suuremaks probleemiks möödasõiduaja ja -teekonna pikenemine. Seega on oluline leida võimalused, kuidas on võimalik suurimal määral vähendada möödasõiduaega ja -vajadust. Samuti on oluline mõju kaupade liikuvusele ning kaubaühiku veo hinnale. Kaupade liikuvuse paranemise ja veohinna vähenemise peamiseks muutujaks on veovahendite ja veoautojuhtide vähenemine. Kuna sama kaubakoguse transpordiks on vajalik kolme mootorsõiduk asemel vajalik kasutada kahte, on juba ühe veoauto, kui kõige kulukama transpordivahendi vajaduse ära kadumine, olulise mõjuga kaubaühiku veohinnale. Kolmandaks võib välja tuua olulise mõjuna kütuse kokkuhoiu kaubaühiku transpordikilomeetri kohta ning sellest tulenevalt kasvuhoonegaaside õhkupaiskamise vähenemise [16]. Kasvuhoonegaasid tekivad kütuse põlemisel samas suurusjärgus kütuse kogusega. Seega iga põletamata jäänud kütuse liiter mõjutab positiivselt roheeesmärkide täitmist. Kütusekulu vähenemist saab vaadelda kaubaühiku, mitte sõiduki põhiselt ehk kuigi EMS sõiduki kütusekulu on ca 30% suurem, kui sama mootorsõidukiga tavamõõtmetes autorongil, on veetava kauba kogus ca 50% suurem. Kaubaühiku kohta on seega kütuse kokkuhoid minimaalselt 10% [17] [18]. Üks võimalikke kütusekulu ja sõidukite vähenemise selgitusi on toodud Joonis 2.



Joonis 2. Sõidukite vähenemine ja kütuse kokkuhoid [19]

1.4 Kehtivad normatiivsed piirangud

Suurema mahutavusega autorongide, ehk EMS sõidukite, kasutuselevõttuga kaasnevate võimaluste ja probleemide kirjeldamiseks on eelnevalt vajalik vaadelda hetkel kehtivaid norme ning nendest tulenevaid piirmõõtmeid ning masse. Oluline on luua selged kriteeriumid, mille alusel võrrelda olemasolevat ja uut, EMS sõidukite kasutuselevõttuga kaasnevat, olukorda. Samuti on oluline kehtivate normide juures leida üldtunnustatud parameetrid, millest ei tohi ka pikemad sõidukid kõrvale kalduda. Hetkel kehtivatest normidest on vaatluse alla võetud sõidukite liigitus ning lubatud maksimaalsed mõõtmed ja massid.

Kehtivatele normidele vastavatele sõidukitele ei ole üldiselt kehtestatud liikumispiiranguid, välja arvatud need, mis on kehtestatud liikluskorraldusvahenditega. Selle tõttu on selgelt eristatav, millised sõidukid võrdlusesse kuuluvad ning milliste osas EMS kontseptsioon ei ole kohaldatav. EMS sõiduk koosneb standardsetest sõidukitest. Seega ei ole antud raamistikus võimalik koostada ja teeliikluses kasutada neid sõidukeid, mis ei vasta määruses 42 ja direktiivis 96/53/EÜ kehtestatud üldnormidele.

Kõik sõidukid on jaotatud kategooriatesse ja klassidesse nende kasutusotstarbe ja eriomaduste järgi. Sõidukite omavahelisel kombineerimisel liigendsõidukiks peavad kombinatsiooni erinevad sõidukid üksteisega sobituma. Sellise kombinatsiooni koostamise lihtsustamiseks on võimalik kasutada muuhulgas seadusandluses olemasolevaid klassifikaatoreid, nagu sõidukite kategooriad, keretüübid ja kere nimetused. Sõidukid liigitatakse kategooriatesse nende üldiste omaduste alusel. Peamisteks määratlusteks on sõiduki kasutusotstarve ning lubatud täismass. Kategooria

tähises kasutatakse esimesel kohal tähte ning teisel kohal numbrit, näiteks N3 ja O4. Kategooria tähise kolmandale kohale on võimalik lisada sõiduki üldist omadust täpsemalt kirjeldav tähis „G“, kui tegemist on maastikusuutliku sõidukiga. Keretüüpide alusel liigitatakse sõidukid ennekõike nende eriomaduste alusel. Sõidukile omistatud keretüübi tähis koosneb kahest tähest. Kaubaveol kasutatavate sõidukite kere nimetused on leitavad LISA 1. Kere nimetus on peamiselt siseriiklikult kasutusele võetud sõnaline sõiduki eriomaduste kirjeldus, näiteks sadul- või madel-. Eestis väljastatud registreerimistunnistustel kantakse kerenimetus lahtrisse „keretüüp“ ning antud juhul ei lähe lahtri nimetus ja lahtri sisu juriidilises mõttes kokku. Kere nimetuse järgi ei ole võimalik tuvastada, kas sõidukid ka tegelikkuses omavahel sobituvad, kuid kombineerides kategooriaid, keretüüpe ja kere nimetusi on võimalik tuvastada, millise kauba veoks on koosseis sobilik ning millistele tehnilistele tingimustele vastab nendest sõidukitest koostatud autorong.

Õigusaktides toodud liigitus ei ole käesolevasse lõputöösse toodud täielikult, vaid ennekõike kaubavedudel kasutatavatest sõidukitest lähtuvalt.

1.5 Sõidukite liigitus

Sõidukid liigitatakse Eesti seadusandluses kategooriatesse määruse nr 42 lisas 5 toodud reeglite järgi. Kategooriate alusel jagunevad sõidukid M, N, O ja L kategooria sõidukiteks. Kaubavedudel kasutatakse peamiselt N ja O kategooria sõidukeid. M-kategooriasse kuuluvad inimeste veoks ette nähtud vähemalt neljarattalised mootorsõidukid (sõiduaudod, bussid), N-kategooriasse kuuluvad kaubaveoks ette nähtud vähemalt neljarattalised mootorsõidukid (veokid, väikeveokid), O-kategooriasse haagised (pool-, täis- ja kesktelghaagised) ning L-kategooria mootorrattad. Nagu näha, siis O-kategooriasse kuuluvad sellised sõidukid, mis ei ole mootorsõidukid ehk millel puudub võime iseseisvalt liikuda. Selliste sõidukite puhul on oluline, et nende liikuma panemiseks on vajalik nende külge haakida sobiliku haakeseadmega ja piisava tehnilise võimekusega mootorsõiduk. Haagised liigitatakse poolhaagisteks, täishaagisteks ja kesktelghaagisteks. Nende oluline erinevus seisneb selles, millised on kasutusel olevad haakeseadmed ning kui suurt haagise ja veose massi kantakse üle vedavale sõidukile. Poolhaagise, keretüübiga DA, haakimiseks on vajalik sadulhaakeseadme ning selle tõttu sobib ta kokku ainult sadulveokiga, keretüübiga BC, või eelikuga, keretüübiga SJ. Samuti on võimalik poolhaagise haakimine erilahendusega poolhaagisega, millele on lisatud haagise tagaosasse sadulhaakeseadme. Poolhaagiselt kantakse vedavale sõidukile üle märkimisväärne osa haagise ja veose massist. Täishaagis keretüübiga DB ja kesktelghaagis keretüübiga DC on haakeseadmete mõttes sarnased, kuid nende puhul on oluliseks erinevuseks vedavale sõidukile ülekantav

haagise ja veose mass. Täishaagise puhul on üle kantav mass väga väike, koorma massi vedavale sõidukile üle ei kanta ja kogu koormus on haakeseadme enda mass koos tiisliga. Kesktelghaagise puhul kantakse vedavale sõidukile üle kuni 1 000 kg massi. Arvestades, et kaubaveol on kasutusel suured haagised, kantakse üle väga väike hulk veose ja haagise massist. Levinumad kesktelghaagised on täismassiga 16 – 18 tonni, seega 1 tonn ülekantavat massi moodustab alla ca 5% täismassist. Täis- ja kesktelghaagist saab vedada vedukiga, mille keretüüp on BA või BD. Eriotstarbeliste sõidukite puhul, mille keretüübi tähis algab S tähega, ei ole selgelt võimalik eristada, kas tegemist on kaubaveoks konstrueeritud sõidukiga või mitte ning selle tõttu ei ole võimalik eelpool toodud loogikat rakendada eriotstarbeliste sõidukitega, välja arvatud eelik, mis on oma olemuselt täishaagise või kesktelghaagise lähedane sõiduk, kuid mis ei ole konstrueeritud kaubaveoks, vaid millele on paigaldatud sadulhaakesead poolhaagise täishaagiseks tegemiseks.

Lisaks keretüübile jagunevad N ja O kategooria sõidukid masside järgi alamkategooriatesse. Nende kasutamine on vajalik selleks, et saaks tuvastada sõidukite veovõime. Keretüübi DC järgi liigitatud sõiduki kandevõime ja täismass tulevad välja alamkategooriate kaudu. N- kategooria sõidukid jagunevad täismassist sõltuvalt N1...N3 kategooriasse. N1 kategooria sõiduki maksimaalne täismass on 3500 kg, N2 kategooria sõidukil vahemikus 3501 – 12 000 kg ning N3 kategooria sõidukil üle 12 000 kg. Edaspidi vaatleme veokina N3 kategooria sõidukeid täismassiga üle 12 000 kg. O- kategooria sõidukid jagunevad täismassist sõltuvalt O1...O4 kategooriasse. O1 kategooria haagise täismass ei ületa 750 kg ning tegemist on kerghaagisega. O2 kategooria haagise täismass on vahemikus 751 – 3500 kg, O3 kategooria haagise täismass on vahemikus 3501 – 10 000 kg ning O4 kategooria haagise täismass on üle 10 000 kg. Keretüübi järgi liigitus on toodud direktiivi 2007/46/EÜ II lisas. Keretüübi tähises kasutatav esimene täht näitab muuhulgas, millisesse kategooriasse sõiduk kuulub.

Keretüübi esimese tähe järgne liigitus:

A – M1 kategooria sõiduk, sõiduauto

B – N kategooria sõiduk

C – M2 ja M3 kategooria sõiduk, buss

D – O kategooria sõiduk, haagis

S – eriotstarbeline sõiduk, kategooriasse liigitamine vastavalt massile ja muudele tingimustele.

Eriotstarbelisi sõidukeid liigitatakse kere nimetuste järgi vastavalt direktiivi 2018/858 I lisas sätestatule ning sõiduk on konstrueeritud ühe kindla töö või tegevuse teostamiseks.

Kere nimetus on kasutusel siseriiklikult sõiduki ehituslike eripärade kirjeldamiseks peamiselt sõidukite perioodilisel kontrollil ja teel kontrollil ebaseadusliku ümberehituse tuvastamiseks ning seeläbi sõiduki tootja poolt heaks kiidetud kasutamise tagamiseks. Kere nimetus ja sõiduki kategooria ei ole omavahel seotud. Seega ei saa sarnaselt keretüübile klassifitseerida sõidukit kere nimetuse järgi kindlasse kategooriasse. Valdavalt on kere nimetusega kirjeldatud sõiduki kaubaruumi tüüp.

Siseriiklik liigitus on järgmine:

- FURGOON – kinnise, tugevdatud kaubaruumiga sõiduk
- KALLUR – kallutatava kaubaruumiga sõiduk
- KONTEINERVEOK – konteinerite transpordiks konstrueeritud sõiduk, millel puudub tõsteseade konteineri peale- ja mahalaadimiseks
- KÜLMIK – külmutusseadmega ja/või soojendusseadmega varustatud kaubaruumiga sõiduk
- MADEL – kinnise kaubaruumiga portedega sõiduk, mida saab kasutada nii lahtisena kui ka ilma portedeta
- METSAVEOK – ümarpuidu veoks konstrueeritud sõiduk
- PAAK – vedellasti veoks kohaldatud sõiduk
- RUNG – pealisehituseeta sõiduk
- SIHTOTSTARBELINE – sõiduk, mis on ehitatud kindlaks tööks
- VAHETUSKERE – sõiduk, mis on võimeline iseseisvalt vahetama pealisehitust.
- KRAANA – sõiduk, mis ei ole kohandatud kaubaveoks, vaid on varustatud kraanaga
- SADUL – sõiduk, mis on varustatud sadulhaakeseadega poolhaagise haakimiseks.

EMS kontseptsiooni juures on võimalik eelnevalt kirjeldatud sõidukite omavaheline kombineerimine vastavalt keretüübile. Sõidukite tehnilised parameetrid peavad EMS sõiduki koostamisel vastama koosseisu parameetritele. Seda nii veduki ja haagiste veovõime ja masside osas kui ka haakeseadmete ning pöörete karakteristikute juures [1] [11] [20]. Täpsem sõidukite liigitus on toodud LISA 1.

1.6 Sõidukite maksimaalsed mõõtmed ja massid

Sõidukite mõõtmed ja massid on piiratud kahel põhjusel. Esiteks on oluline tagada teede arvestuslike koormuste ja tegelike koormuste kooskõla ning teiseks tagada kaubaveol sarnased konkurentsitingimused. Vastavalt direktiivile 96/53/EÜ ning määruse nr 42 nõuetele kehtivad Eestis sõidukite mõõtmetele ja massidele alljärgnevad piirangud: sõiduki pikkus, seda nii mootorsõiduki kui ka haagise puhul, on 12,0 meetrit.

Poolhaagise puhul on erisus, et 12,0 meetrit on haakeseadme ja haagise tagaseina vahekaugus ning haagise tegelik pikkus on ca 14 meetrit. Täpse poolhaagise pikkuse saamiseks tuleb kõrvutada haakeseadme kauguse nõue ja etteulatuva osa maksimaalse raadiuse nõue. Poolhaagise veopoldi ja haagise esiosa mistahes punkti vahe ei tohi ületada 2,04 m [20]. Poolhaagise kaubaruumi pikkus on 13,6 meetrit. Kaasaegse poolhaagisega autorongi lubatud suurim pikkus on 16,5 m ning täis-, kesktelg- või tugihaagisega autorongi suurim pikkus 18,75 m. [20]

Erandina on lubatud kasutada pikemaid sõidukeid ja sõidukite kombinatsioone siseministeeriumi ja kaitseväge sõidukitel, kus sõiduki pikkus on piiratud 15,0 meetriga ning autorongi pikkus 20,50 meetriga. Samuti on lubatud autorongi pikkuse ületamine kuni 150 mm võrra 45-jalase ISO konteineri või 45-jalase vahetusveovahendi vedamisel. [20]

M2, M3, N2, N3 ja O kategooria mootorsõidukid ja autorongid peavad suutma liikuda ringristmikul, mille välisraadius on 12,50 m ja siseraadius on 5,30 m. Kui seisva sõiduki esirattad on pööratud välja 12,5 m raadiusega ringis liikumisele, siis ei tohi sellest asendist liikuma hakkamisel sõiduki ükski punkt väljuda kaugemale kui 0,8 m kujutletavast vertikaalpinnast, mis ühtis seisva sõiduki küljega (edaspidi väljaulatus). Kui N kategooria sõiduki toestatud teljed on üles tõstetud või kandvad teljed ei ole koormatud, siis on lubatud väljaulatuse suurus 1,0 m. Alates 1. oktoobrist 2004. a esmaregistreeritud M2 ja M3 kategooria sõiduk peab pöördel täitma direktiivi 2003/19/EÜ nõudeid. [20]

Lisaks eelpool nimetatule on tehtud erand jagatava veose veoks eriloaga majandus- ja taristuministri 04.09.2015 määruse nr 114 „Eriveo tingimused ning eriveo teostamise ja erilubade väljaandmise kord ning tee omanikule tekitatud kulutuste hüvitamise, eriloa menetlustasu ja eritasu määrad“ §4 lõikes 4 kirjeldatud juhtudel.

Eriveona võib vedada sõidukeid sadulveokist ja sihtotstarbelisest poolhaagisest koosneva autorongiga, mille pikkus veosega või veoseta ei ületa 20,75 m ning sõidukite tegelikud massid ja tegelikud teljekoormused ei ületa sõidukite registrimasse ja registriteljekoormusi ning autorongi tegelik mass ei ületa liiklusseaduse § 80 lõike 3 alusel kehtestatud suurimaid lubatud suurusi [21].

Kõikide kaubaveol kasutusel olevate sõidukite laius on piiratud 2,55 meetriga, välja arvatud isothermilise kaubaruumiga sõidukid, mille suurim lubatud laius on 2,60 meetrit. Isothermilise kaubaruumiga sõidukitel on lubatud laiust suurendatud paksema kaubaruumi seina tõttu ning selliselt ei vähene sõiduki kaubaruumi laius võrreldes tavasõidukite kaubaruumiga. Nõue kehtib nii riigisisiselt Eestis kui ka rahvusvahelisel

kaubaveol Euroopa Liidu ja majanduspiirkonna piires. Eriotstarbelistele sõidukitele on tehtud erand ning nende maksimaalne laius võib olla 3,00 meetrit. Kuna eriotstarbelise sõiduki erand tuleneb üldnormist, siis on sellise sõiduki kasutamine EMS sõiduki koosseisus aktsepteeritav eeldusel, et kaubaruumi pikkus ei ületa lubatud.

Sõidukite maksimaalne kõrgus on 4,00 meetrit, välja arvatud siseministeeriumi ja kaitseväe sõidukid ning loomaveokid, mille suurim lubatud kõrgus on 4,40 meetrit. Veose maksimaalne kõrgus tee pinnast on 4,50 meetrit [20].

Teeliikluses osalevate sõidukite massid ja teljekoormused ei tohi ületada registrimasse ning registriteljekoormust. Registrimassid ja -teljekoormused on kirjeldatud määruses nr 42. Mootorsõidukite puhul on maksimaalsed registrimassid kaheteljelisel sõidukil 18 tonni, kolme teljelisel sõidukil 25 tonni, nelja teljelisel sõidukil 32 tonni ning viie teljelisel sõidukil 36 tonni. Täis- ja kesktelghaagiste suurimad registrimassid on kaheteljelisel haagisel 18 tonni, kolmeteljelisel haagisel 24 tonni ning neljaiteljelisel haagisel 30 tonni. Autorongide maksimaalsed lubatud massid antakse veduki ja haagise telgede arvu ja telgede vahekauguste kaudu ning maksimaalsed väärtused on neljateljelisel autorongil 36 tonni, viieteljelisel autorongil 40 tonni ning kuueteljelisel autorongil 44 tonni. Maksimaalsed registriteljekoormused on vedaval teljel 11,5 tonni ning mittevedaval teljel 10,0 tonni [20].

Lisaks eelpool nimetatule on tehtud erand jagatava veose veoks eriloaga liiklusseaduses §34¹ lõikes 8 ning majandus- ja taristuministri 04.09.2015 määruse nr 114 „Eriveo tingimused ning eriveo teostamise ja erilubade väljaandmise kord ning tee omanikule tekitatud kulutuste hüvitamise, eriloa menetlustasu ja eritasu määrad“ §4 lõikes 2 kirjeldatud juhtudel. Muudel juhtudel on eriloaga lubatud vedada üksnes jagamatut veost.

Erivedu võib teostada ainult siis, kui puudub võimalus vältida liiklusseaduse § 80 lõike 3 alusel kehtestatud nõuete ületamist või kui tegemist on jagamatu veosega. Jagatavat veost võib eriveona vedada lisaks määruses 114 kehtestatud juhtudele, kui korraga on täidetud kõik järgmised tingimused:

- 1) täidetud on määruse 114 alusel kehtestatud nõuded;
- 2) erivedu teostatakse autorongiga, mille veduk kuulub EURO V või vähem saastavasse EURO-heitgaasiklassi;
- 3) autorongi koosseisus olevate sõidukite kõik teljed, välja arvatud veduki pööratavate ratastega teljed, on varustatud paarisratastega;

4) autorongi tegelik mass ei ületa 3-teljelisest vedukist ja 3-teljelisest haagisest koosneval autorongil 48 000 kilogrammi või 3-teljelisest vedukist ja vähemalt 4-teljelisest haagisest või 4-teljelisest vedukist ja vähemalt 3-teljelisest haagisest koosneval autorongil 52 000 kilogrammi [22].

1.7 Laadimismeetrid ja tee kasutus

Kaubaveol on kõige olulisemaks kaubaruumi mahutavuse parameetriks laadimismeeter (edaspidi LDM), mis on kaubaruumi või kaubaruumide maksimaalne kasutatav pikkus. Kaubaruumi laius on üldjuhul 2,45 m ning kõrgust üldjuhul LDM juures ei arvestata. Standardne poolhaagis mahutab 13,6 LDM, täishaagis 7,82 LDM ning vedukauto 7,82 LDM. Kaubaalustele ümber arvestatult mahutab poolhaagis 33-34 euroalust, mille mõõtmed on 800 x 1 200 cm, täishaagis 18-20 euroalust ning vedukauto samuti 18-20 euroalust. EMS kombinatsiooni LDM arv on 21 – 22 ning kaubaaluste mahutavus 51 – 54. Teiseks oluliseks määrajaks EMS sõidukite kasutuselevõtul on sõiduki suurema mahutavuse kaudu tee kasutuse vähenemine.

106 kaubaaluse transpordiks vajalik sõidukite arv				
Sõidukite arv	Tee kasutus	Sõiduki täismass		
2	133 m	40 t	2 x EMS sõiduk	
3	172 m	40 t	2 x 16,5 1 x 18,75	
6	300 m	26 t		
9	432 m	18 t		
16	755 m	12 t		
20	903 m	7,5 t		

Joonis 3. Sõidukite tee kasutus [23]

Läbi viidud uuringutes on olukorda analüüsitud, kuid Eestisse nimetatud analüüse otse üle kanda ei õnnestu. Peamiseks piiranguks andmete ülekandmisel on liikumiskiirus, mille juures on tee kasutus välja arvatud. Erinevalt Eestis lubatust on kasutusel kiirus 80 km/h. Selle tõttu on täpsete, Eestis kehtivate, andmete leidmiseks vajalik sõidukite teekasutuse hindamiseks arvutustes asendada liikumiskiirused. Üks võimalikest kaubaruumi suuruse ja tee kasutuse võrdlustest on toodud Joonis 3.

1.8 Uurimisprobleem

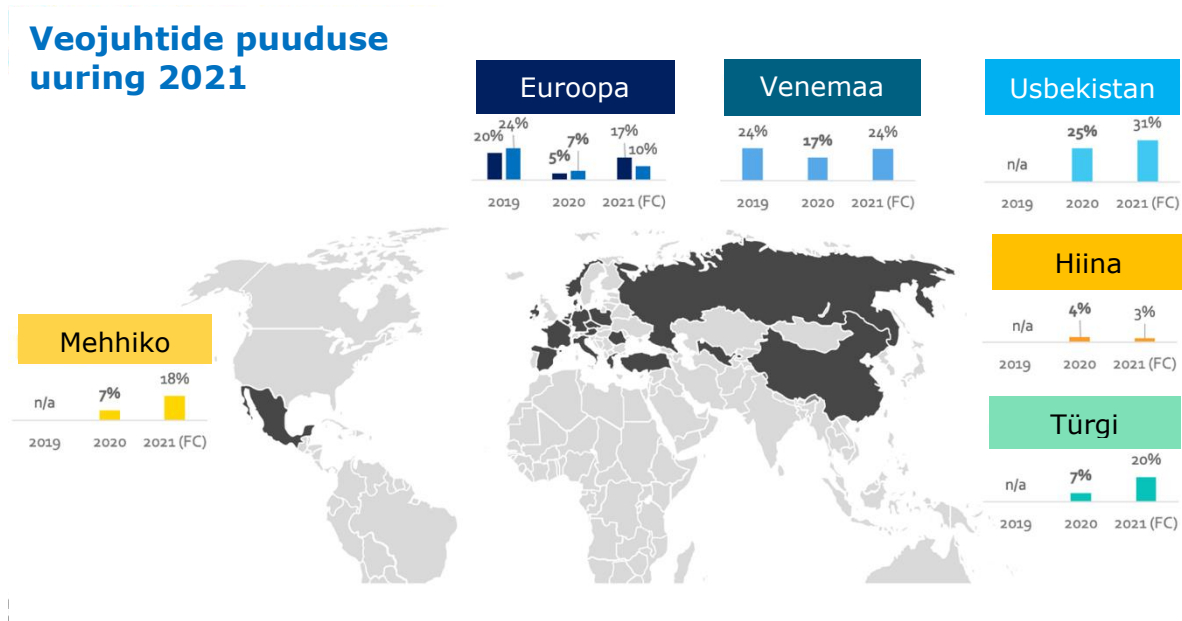
Eesti riigiteede pikkuseks seisuga 01.01.2020 on 16 609 km, millest 1 609 km on põhimaanteed, 2 405 km tugimaanteed, 12 479 km kõrvalmaanteed ning muud riigiteed ja 116 km ühendusteed [24]. Eesti teedevõrgu hulka kuuluvad ka E- teed ja TEN-T teed. E- tee on ÜRO Majandus- ja Sotsiaalnõukogu nimetatud maantee ehk Euroopa teedevõrgu maantee. TEN-T tee on Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruses (EÜ) nr 1315/2013 nimetatud Eesti territooriumil asuv üle- Euroopalise transpordivõrgu tee. Riigiteedest on E- teid kokku 950 km ja TEN-T teid kokku 1291 km [25]. Selliste teede projekteerimisel ja väljaehitamisel on olulised nõuded raskeliikluse läbilaskvusele ning on tõenäoline, et olemasolevat taristu ressursi ei kasutata ära täies mahus ning tegelikkuses oleks võimalik teatud teedel ja teelõikudel kasutada ka pikemaid ja raskemaid autoronge.

Tuginedes Euroopa Liidu kliimapoliitika seisukohtadele ning autojuhtide puudusest tingitud kaupade liikumist pidurdavatele probleemidele on vajalik leida kaupade transportimiseks sellised lahendused, mis vähendaks kütusekulu ja seeläbi kasvuhoonegaaside emissiooni ning mille kasutuselevõtul oleks võimalik vähendada autojuhtide vajadust. Euroopa Liit on võtnud endale kohustuseks vähendada 2030. aastaks kasvuhoonegaaside heidet 20% võrreldes 2008. aasta tasemega [7]. See tähendab ennekõike oluliselt keskkonnasõbralikumate sõidukite kasutuselevõttu ning kaubavoogude maksimaalset raudteele suunamist. Sisepõlemismootoriga sõidukitele on kehtestatud normid, nn euronormid [26], mille järgi ei tohi sõidukite tootjad ja müüjad teatud ajahetke möödumisel turule lasta euronormidele mittevastavaid sõidukeid. Sellise lähenemisega on võimalik kohustuslikult muuta keskkonnasõbralikumaks uued sõidukid, kuid vanemate, endiselt kasutusel olevate, sõidukite osas nimetatud meetmel mõju puudub. Teiseks puuduseks on keskkonnasõbralikumate sõidukite hind, mis iga lisanduva heitgaaside puhastusseadme lisamisega kallineb oluliselt. Erinevate sõidukite puhul on heitgaaside puhastussüsteemide hind erinev, kuid võib väita, et suurusjärgu 10% sõiduki hinnast moodustavad sõidukile paigaldatud heitgaaside puhastusseadmed ning nende käitamiseks vajalikud seadmed [27].

Veoautojuhtide puudus, teine EMS sõiduki kasutamise lubamiseks oluline argument, on üha suurenev probleem. Suurimaks määrajaks on veokijuhtide üha suurenev keskmine vanus, mis on Euroopas ca 44 eluaastat [28]. Samuti vähendab hõivet ameti ebapopulaarsus nooremate inimeste hulgas, ennekõike kasinate töötingimuste ja garantiide puudumise osas. Veoautojuhtide tervise osas ei ole läbi viidud laiapõhjalist terviseuuringut, mis omakorda põhjustab teadmatuse nende tervisliku seisundi kohta ning ühest küljest võib vähendada keskmist eluiga ja teisest küljest muuta ameti veelgi

ebapopulaarsemaks. Kogu Euroopas on 2020 aasta seisuga täitmata üle 20% veoautojuhi ametikohtadest ning selle tõttu pikenevad kaupade tarneajad ning kallineb transpordi hind [29].

Veoautojuhtide puuduse kohta on Rahvusvaheline Maanteetranspordi Liit (*The International Road Transport Union* – IRU) läbi viinud mitmeid uuringuid. Viimane nendest kajastab 2021 aasta andmeid ning selles on tuvastatud kogu Euroopa üleselt veoautojuhtide puudujääk 10% ning jätkuv alla 25 aastaste juhtide osakaalu vähenemine veoautojuhtide hulgas. Uuringusse oli kaasatud 800 transpordi ettevõtet 20-st riigist ning uuringu tulemusena tuvastati kõige suurem veoautojuhtide puudus Euraasias, kus sisuliselt oli täitmata iga viies veoautojuhi ametikoht [28]. Uuringus tuvastatud veokijuhtide puudust näitavad tulemused on toodud Joonis 4 kus on piirkondade kaupa välja toodud täitmata veoautojuhtide ametikohtade osakaal kõikidest veoautojuhi ametikohtadest piirkonnas.



Joonis 4. Veoautojuhtide puudus [28]

1.9 Uurimisküsimused

Lõputöö eesmärgiks on leida võimalused EMS sõidukite kasutamiseks ning läbi selle kaubaveo kulude vähendamiseks. Kulude vähendamiseks on lihtsaim lahendus sõidukite koormussageduse vähendamine, mis tähendab konstantse kaubakoguse korral kaubaruumide suurendamist. EMS sõidukite kasutuselevõtuks on vajalik eelnevalt analüüsida nõudlus selliste sõidukite kasutamiseks, võimalused selliste sõidukitega liiklemiseks ning piirangud, mis takistavad EMS sõiduki kasutamist. Piirangud on võimalik jaotada kaheks, füüsilised piirangud, näiteks sildade kandevõime, teede

kandevõime ja teede geomeetria ning tunnetuslikud, näiteks liikluskeskkond. Eesmärgiks on kaardistada EMS sõidukite võimalikud liikumiskoridorid, kus on piisav nõudlus ning maksimaalselt võimalikul tasemel tagatud on taristu säilimine. Samuti on liiklusohutuse huvides eesmärgiks kirjeldada EMS sõidukite liikumiskiirangud, mis peamiselt on tingitud liikluse intensiivsusest kindlatel ajahetkedel ööpäevas ja nädalas.

EMS sõidukite liiklusesse lubamine tekitab mõju nii liikluskeskkonnale kui ka teedele. Liikluskeskkonnale tekitatav mõju on võimalik kirjeldada läbi liiklussageduse ning möödasõiduvajaduse. Teedele tekitatava mõju hindamine ei ole võimalik ilma täiendavate uurimusteta ning selle tõttu on võimalik EMS koridoridesse integreerida ainult need teed ja teelõigud, millele suuremad koormused mõju ei avalda või mille väljaehitamisel on suuremaid koormuseid juba arvesse võetud.

Oluline on tuvastada, kus saavad EMS sõidukid sõita ja millised mõjud see kaasa võib tuua ning kus on tagatud piisav nõudlus, et koridorid ennekõike tagada. Samuti on oluliseks küsimuseks, kuhu saaks pärast esmaste koridoride kirjeldamist veel EMS koridore laiendada. Eeldada võib, et pärast EMS sõidukite tee lubamist suurenevad ka kasutamise soovid ning seeläbi nõudlus ja selle tõttu vaatame otsa lisaks hetke nõudlusele ka võimalikele EMS koridoride laiendamise võimalustele. Tulu-kulu analüüsi (*CBA – Cost Benefit Analysis*) antud lõputöös ei ole koostatud, kuna seda on varasemalt vähesel määral uuritud ning muuhulgas on leitud ka EMS sõidukite tee lubamisega kaasnev koormussageduse vähenemine ning positiivne mõju tee elueale ja teatud määral ka liiklusohutusele [30]. Eesti andmetele tuginev analüüs koostati Transpordiameti poolt 2021 aastal, kus EMS mõjude hindamises keskenduti otsestele majanduslikele, keskkonnavalastele ja liiklusohutuse mõjudele, mis on seotud autorongide läbisõidu vähenemisega [13] [31] [32] ning olulise negatiivse mõjuna toodi välja muudatuse kaudne mõju modaalkaotusele [33], kus autovedajate konkurentsivõime suurenemine tingib omakorda maantee kaubavedude osakaalu suurenemise. Analüüsi tulemusena jõuti järeldusele, et keskmiselt jääb EMS sõidukite liiklusesse lubamisel toimumata kolm inimkannatanuga liiklusõnnetus aastas (s.o ca 0,3 hukkunut ja 4,2 vigastatut) [34].

Kõige kuluefektiivsem on pikemate vahemaade läbimine suurema kaubakogusega. Terminalide vahelistel vedudel oleks parimaks lahenduseks raudtee kasutamine, kuid Eesti tingimustes ei ole see suhteliselt lühikeste vahemaade ja hõreda raudteevõrgustiku tõttu parim valik. Samal ajal terminalidest laialiveol on oluline optimeerimine kauba koguse ja kaubaruumi suuruse vahel. Ilmselt ei pretendeeri EMS sõiduk mitte mingil juhul kaotusvedude sõidukiks ning sellega ei ole vajalik pääseda iga üksiku poe või lõpptarbija asukohta. Samas peaks olema tagatud koridorid

suuremate tootjate, terminalide ja sadamate vahel, kus on olemas kaubaruumi mahutavusele vastavad kaubakogused.

Lisaks kuluefektiivsusele on EMS sõidukite kasutuselevõtuga võimalik kõrvaldada ka oluline probleem standardsete sõidukite kombineerimisel lubatust pikemate autorongide tekkimisel. Sellised autorongid on näiteks kõikidele nõuetele vastava gaasimootoriga sadulveoki ja standardse poolhaagise kombinatsioon, mis veoki ehituslike eripärade ja pikendatud teljevahe tõttu ei vasta täispikkuse nõudele. Samasugune probleem, kus standardsete sõidukite kombineerimisel tekib pikem autorong, avaldub 6x4 veoskeemiga sadulveoki ja standardse poolhaagise kombineerimisel. 6x4 veoskeemiga sadulveokil on kasutusel pikem raam, kui tavapärasel 4x2 veoskeemiga sadulveokil, seetõttu ei ole võimalik koostada pikkuse nõuetele vastavat autorongi. Probleemi saab lahendada ebaseandardse poolhaagise kasutamisega autorongi koosseisus, kus haakeseadme asukoht ja haagise tugijalad on nihutatud, kuid selliste haagiste kasutamine on pigem erand kui reegel ning seda ennekõike erilahenduse kõrgema hinna tõttu. Lisaks ei saa muudetud haakeseadme asukoha tõttu kasutada selliselt konstrueeritud haagiseid tavaliste, 4x2 veoskeemiga sadulveokite, haakes.

Seega on käesoleva töö uurimisküsimused sõnastatud järgmiselt:

1. Millised on EMS sõidukite nõuded taristule?
2. Milline mõju kaasneb EMS sõidukite liiklusesse lubamisega kaasliiklejatele?
3. Milliseid piirkondi tuleb EMS koridoride loomisel esmajärjekorras ühendada?
4. Millised on EMS sõidukite liiklemise võimalikud koridorid ja piirangud?

1.10 Esimese osa kokkuvõte

EMS sõidukite ja EMS koridoride kohta on erinevates riikides läbi viidud mitmeid uuringuid ning Euroopa Liidu seadusandluses on selliste sõidukite kasutamiseks loodud võimalused, kuid üldistavalt võib välja tuua, et uuringud ei ole üheselt üle kantavad Eesti teedele. Selle tõttu tuleb teatud muutujad Eesti tingimustesse ülekandmiseks uuesti välja arvutada. Vastasel korral võib tõlgendada olulisi parameetreid, näiteks tee kasutus, tunduvalt positiivsemana. Varasematele uuringutele tuginedes võib väita, et EMS sõidukite kasutamise kohta ei ole esitatud väga palju vastuargumente, seega on ilmselt tegemist ühe tulevikku vaatava transpordivõimalusega. 2022 aasta neljandas kvartalis on Euroopa Komisjon planeerinud alata avalikud konsultatsioonid direktiivi 96/53/EU muutmiseks. Algatuse raames hinnatakse, kas normidega on tagatud ühtse turu toimimine, kas tänu normidele paraneb sõidukite keskkonnatoime ja samal ajal on

tagatud liiklusohutus. Nende järelduste põhjal hindab komisjon väljaselgitatud reguleerimispuudujääkide ja turutõrgete kõrvaldamise võimalusi muuhulgas EMS sõidukite piiriülese transpordi lubamiseks [35]. EMS koridoride loomine Eestis on eelnevale tuginedes vajalik ning lisaks keskkonnanäesmärkide täitmisele kaasa aitamisele parandab EMS sõidukite liiklusesse lubamine transpordisektori konkurentsivõimet ja kaupade liikuvust.

2 UURIMISTÖÖ METOODIKA JA ANDMESTIKUD

Metoodika osas on vajalik leida saadaolevad andmed, mille alusel on võimalik EMS sõidukite ja tee ning kaasliiklejate omavaheline sidumine ühte süsteemi. EMS sõidukite ja tee omavahelisel võrdlemisel on vajalik sõidukid kirjeldada ning leida nende liikumiskoridorid, pöörete geomeetrilised karakteristikud. Teiseks on vajalik tee parameetrite ja EMS sõiduki parameetrite omavahelise vastastikmõju leidmine. EMS sõidukite ja kaasliiklejate vaheliste konflikti kohtade leidmiseks tuleb vaadelda liikluse tavapärasest dünaamikast ning tavaliikluses uudse EMS sõiduki lisandumisel tekkivat liikluse dünaamika muutust. Vaatluse alla tuleb võtta need teede kohta saadaval olevad andmed, mida on aastakümneid kogutud ja talletatud teeregistrisse. Sellest andmekogust on leitavad peamised tee elukaart iseloomustavad arvandmed koos geograafiliste asukoha andmetega. Sõiduki andmete saamiseks tuleb vaadelda olemasolevaid sõidukeid nii kohapealse mõõtmise kui ka liiklusregistri andmete alusel. Sõidukite osas hilisemal modelleerimisel vajalikud parameetrid ei ole liiklusregistrist saadaval ning selle tõttu tuleb teatud mõõdetavad andmed reaalseste sõidukite peal tuvastada. Kaasliiklejate ja liikluse tavapärase kulgemise andmete leidmiseks on kasutusel muuhulgas teeregistris salvestatud liiklusloenduse andmed, kuid kuna teeregistris on andmed üldistatud ning osaliselt modelleeritud, tuleb võtta vaatluse alla ka Transpordiameti liiklusloenduspunktidest saadaolevad toorandmed.

2.1 Metoodika kirjeldus

EMS sõidukite kasutusvõimaluste analüüsimiseks oli esmajärjekorras vajalik tuvastada võimalused ja piirangud, millega on vajalik arvestada hetkel kehtivatele normidele vastavatest sõidukitest pikemate, raskemate ja suurema kaubaruumiga EMS sõidukite kasutamisel. Võimalused ja piirangud on kirjeldatud peatükis 2.2. EMS koridoride loomine on jagatud tinglikult kolme etappi:

1. Nõudluse kaardistamine, kus tuvastati nõudlus EMS sõidukite kasutamise ja koridoride loomise vajaduse osas.
2. EMS sõidukite modelleerimine ja mudelite võrdlus teeregistri andmetega, mille käigus leiti koridorid, kus saab tagada teede säilimise.
3. EMS sõiduki mõju hindamine, kus leiti mõju kaasnevale liiklusele.

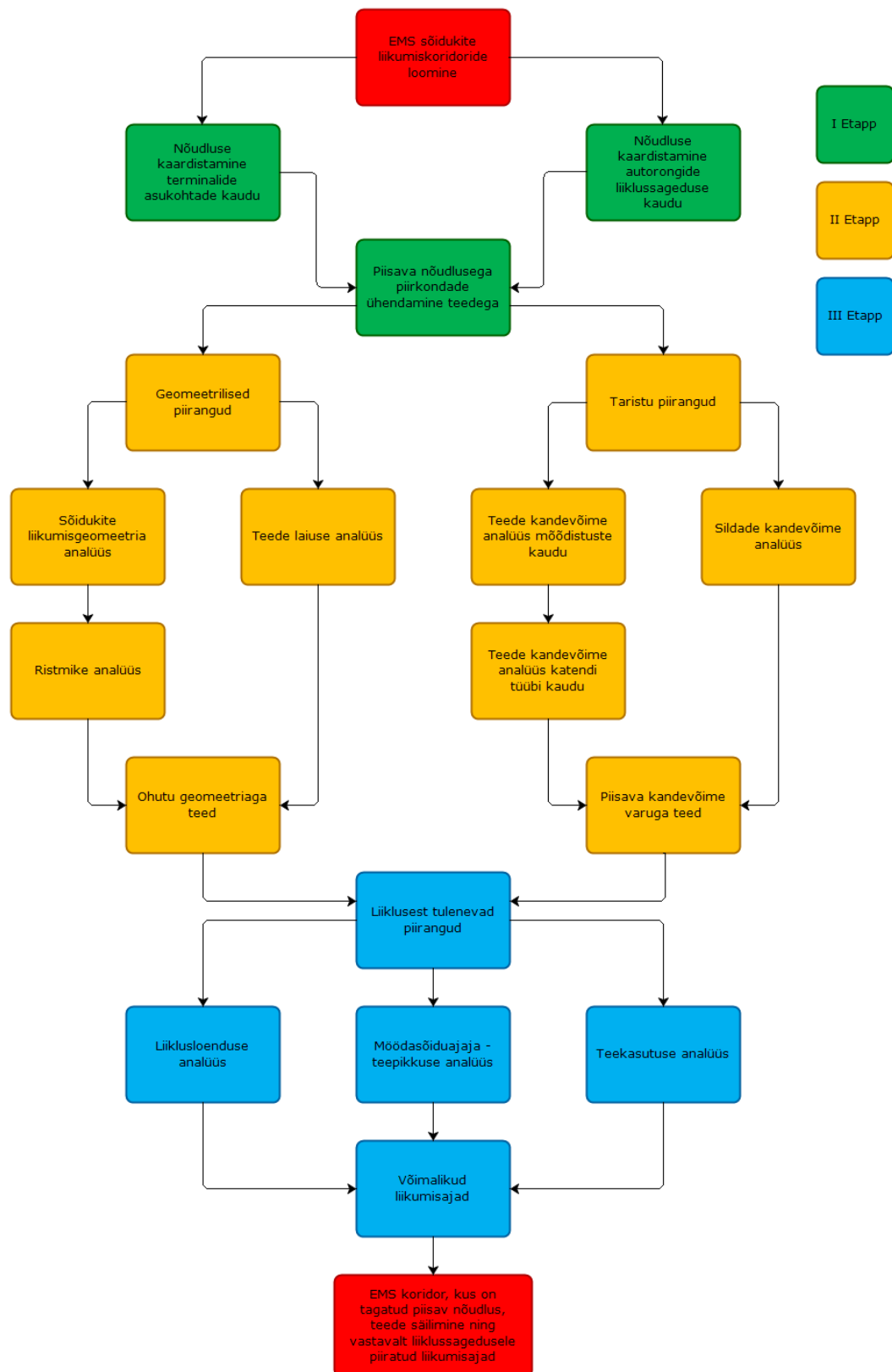
EMS sõidukite kasutusvõimaluste leidmiseks Eesti teedel ning EMS koridoride loomiseks võeti esimeses etapis aluseks nõudluse kaardistamine. See viidi läbi kahes paralleelses

töövoos, nõudluse kaardistamine terminalide asukohtade järgi (peatükk 2.3.1) ning nõudluse kaardistamine autorongide liiklussageduse järgi (peatükk 2.3.2). Omavahel ühendati teedega piisava nõudlusega geograafilised asukohad, millele lisati EMS koridoride kirjeldusse juurde suure autorongide liiklussagedusega teed. Esimese etapi lõpptulemusena on kirjeldatud teed, millel on suurim vajadus EMS sõidukite kasutamiseks.

Teises etapis analüüsiti esimeses etapis saadud teede geomeetrilisi omadusi ning kandevõimet, et välistada sellised teelõigud, kus EMS sõiduk ei saa ohutult liigelda ning mille kasutamisel ei ole tagatud taristu säilimine. Geomeetriliste piirangute analüüsimisel keskenduti sõiduki pöördegeomeetria ning ristmike analüüsile (peatükk 2.4). Analüüsimisel kasutati sõidukite modelleerimist (peatükk 2.4.1) ning ringristmiku ja erineva raadiusega pöörete korral tekkivate pöördekoridoride võrdlusanalüüsi hetkel kehtivatele normidele vastavate sõidukite pöördegeomeetria. Teise osana leiti EMS sõiduki laiuse kaudu minimaalne ohutu tee laius, kus kaks omavahel kohtuvat EMS sõidukit mahuvad ilma suurendatud ohuta üksteisest mööduma (peatükk 2.4.4). Geomeetrilise analüüsi lõpptulemusena välistati esimeses etapis kirjeldatud teedest need, mis ei vasta EMS sõiduki geomeetria nõuetele. Teede kandevõimet analüüsiti samuti kahes paralleelses töövoos, kus ühes on keskendutud katendi kandevõimele läbi möödistustulemuste (peatükk 2.5.1) ja katendi liikide (peatükk 2.5.2) analüüsi ning teises sildade kandevõime ja koormusmudeli ning EMS sõiduki tekitatava koormuse võrdlusanalüüsile (peatükk 2.5.3). Kandevõime analüüsi lõpptulemusena on välistatud esimeses etapis leitud teedest need, mille osas ei ole kandevõime EMS sõiduki talumiseks piisav. Teise etapi järgselt on kirjeldatud need teed, millel on piisav nõudlus, kandevõime ja geomeetria ning mida on võimalik kasutada EMS koridoridena.

Kolmandas etapis olid vaatluse all EMS koridoride kasutamise ajalised piirangud, mis on tingitud ennekõike kaasneva liikluse intensiivsusest. Asjakohaste ja piisavate piirangute leidmiseks on analüüsitud liikluse intensiivsust Transpordiameti liiklusloenduspunktide andmete alusel (peatükk 2.6), EMS sõiduki tee kasutust kaubaruumi mahutavuse ja sõiduki pikkuse võrdluse kaudu ning möödasõiduaja ja -teepikkuse muutust võrreldes hetkel kehtivatele normidele vastavaid sõidukeid ning EMS sõidukeid. Kolmanda etapi lõpptulemusena on võimalik välja tuua EMS sõidukite liikumiseks kõige sobilikumad kellaajad.

Kolme etapi kokkuvõttes tekkis EMS koridor, milles on tagatud nõudlus ning teede säilimine ning mille ulatuses on EMS sõidukitele määratud liiklemiseks ohutud ajavahemikud. EMS koridoride loomise metoodika on kirjeldatud Joonis 5 ning kasutatavad andmed on toodud Tabel 1.



Joonis 5. Käesoleva uuringu läbiviimise metoodiline skeem

Tabel 1. Kasutatavad andmed

Etapp	Analüüsitud parameeter	Kasutatavad andmed
1	Terminalide asukohtade kaardistamine	Laopindade asukohad läbi Eesti Logistika ja Ekspedeerimise Assotsiatsiooni, Autoettevõtete Liidu ning Eesti Kaubandus Tööstuskoja liikmete nimekirja, millele on lisatud läbi äriregistri infosüsteemi aadressiandmed
	Autorongide liiklussageduse kaardistamine	Transpordiameti liiklusloenduspunktide andmestik
2	Pöördegeomeetria analüüs	Reaalsete sõidukite mõõdetud parameetrid, tee projekteerimise normid
	Tee laius	Teeregister, kate laius
	Tee kandevõime	Teeregister, kandevõime
	Tee katendi liik	Teeregister, kate
	Sildade kandevõime	Teeregister, sild
3	Liiklussagedus	Transpordiameti liiklusloenduspunktide andmestik
	Tipptunnid	Transpordiameti liiklusloenduspunktide andmestik

2.2 Vajadus, võimalused ja piirangud

Kõige olulisem EMS koridori asukoha valikut mõjutav piirang on nõudlus, sest vaatamata võimalusele EMS koridori loomiseks ei ole selle edaspidine analüüs vajalik, kui puudub nõudlus. Peamiste piirangutena on vaatluse alla võetud teeregistri andmestikust saada olevad füüsilised piirangud. Peamine eesmärk on piisava nõudlusega piirkondade ühendamine piisava kandevõime ja piisavate geomeetriliste parameetritega EMS koridoridega. Kandevõime puhul peab võtma arvesse, et kõikidel teedel ei ole läbi viidud kandevõime mõõdistust ning täpsed andmed ei ole selle tõttu täielikud. Analüüsis tuleb lisaks mõõdetud kandevõime andmetele võtta aluseks ka tunduvalt üldistavamad kate liikide andmed. Katte liigid on oluliselt piiravam andmehulk ning seal kirjeldatud andmed ei ole nii täpsed, kui mõõdistatud andmed. Suurimaks ohuks on, et tegelikult piisava kandevõimega teelõiku ei ole võimalik EMS koridoris kasutada, kuna kate liik ei ole selleks sobilik. Selliste teelõikude koridoriga liitmiseks on ainuke lahendus teostada kandevõime mõõtmised.

Teine oluline kandevõime osa on sildade kandevõime. Eesti riigiteedel on suur hulk Nõukogude Liidu ajal projekteeritud ja ehitatud sildasid ja viadukte, mille kandevõime puhul on arvestatud oluliselt madalamate koormustega, kui hetkel teid kasutab. Tavaliiikluskooormuse mudelid imiteerivad valdavalt 24 või 30 tonniste sõidukite kolonni silla ületamist ning eriveoki mudel 60 tonnise tanki või 80 tonnise militaarsõiduki silla ületamist. Lisaks nimetatule on endiselt kasutusel ka 30 tonniste eriveokite järgi

dimensioneeritud sillad, mille osas on äärmiselt kaheldav EMS sõiduki poolt tekitatava koormuse ja silla kandevõime tasakaalus oleku võimalus. Hilisemal ajal ehitatud sillad ja viaduktid on nn Eurokoodeksi koormusmodelitega ning nende puhul on kõige kergem eriveok 120 tonnine [36]. Seega võib öelda, et kaasaegse koormusmodeliga sildade ületamisel EMS sõidukiga probleeme ei ole.

EMS-sõidukite liikumistrajektoori geomeetria kontrollimiseks on vajalik sõidukid mõõta ning sisestada saadud tulemused AutoTurn modelleerimistarkvara mudelitesse. Seejärel on võimalik kontrollida sõidukite täisringi teostamise võimekust ning sellega kaasnevalt leida minimaalsed sisemise ja välimise pöörderingi raadius. Samade modelitega on võimalik lisaks modelleerida olemasolevaid, normidele vastavaid, ristmike ning pöördeid. Lisaks mudelite loomisele on vajalik hetkel kasutusel oleva sõiduki ning EMS sõiduki pöördekarakteristikute võrdlemine.

Pärast koridoride loomist on vajalik analüüsida hetke liiklusolusid samadel teedel ning EMS sõiduki mõju kaasliiklejatele. Seejärel saab leida sellised ajavahemikud, kus EMS sõidukite liiklemine tekitab kõige vähem lisaohtu. Samas ei tohi EMS sõidukite liikumist liigselt piirata, sest veoautojuhid alluvad tööajale kehtestatud reeglitele, ning liigne piiramine ei võimalda sõidukite maksimaalset ekspluatatsiooni. Ilma erandeid rakendamata võib veoautojuht tegeleda sõitmiseha ööpäevas 9 tundi [22], millele lisandub iga 4,5 tunni järgselt 45 minutiline puhkepaus. Sellele tuginedes peaks olema võimalik EMS koridorides liikuda minimaalselt 10 tundi ööpäevas.

2.3 Nõudlus

2.3.1 Nõudlus terminalide asukohtade alusel

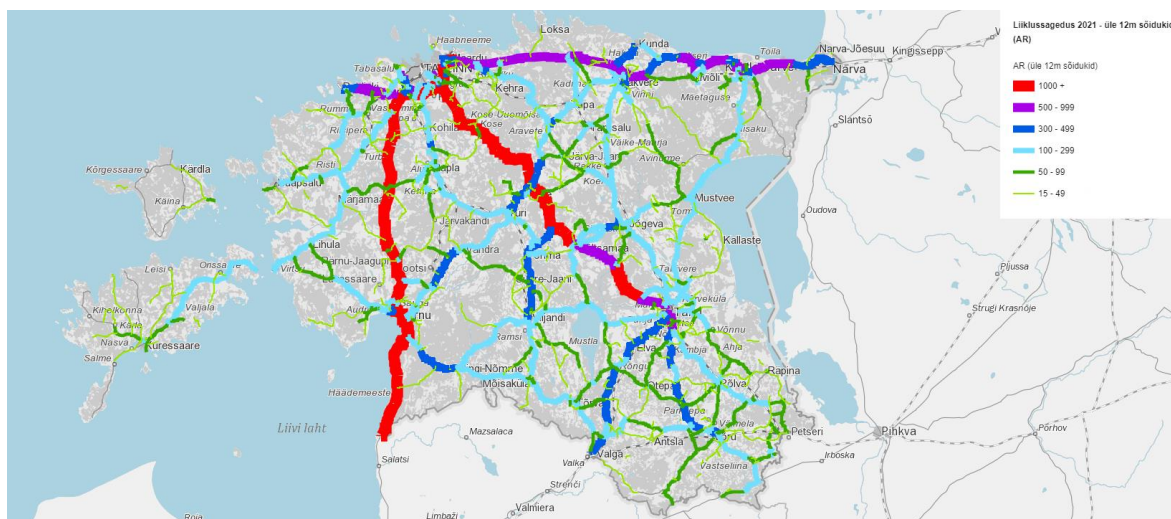
Peamise EMS koridoride asukoha määrajana on võetud vaatluse alla nõudlus, sest kaubavedude toimumiseks on lisaks veovahenditele oluline kauba ja terminalide olemasolu. EMS sõidukite spetsiifikast tulenevalt on esmasteks klientideks terminalid ja terminalide vahelised veod. Terminalidena on käsitletud kaupade käitlemiseks ja ladustamiseks ette nähtud rajatisi, sealhulgas sadamaid ja maanteepiiripunkte.

Terminalide kaardistamiseks on teostatud analüüs suuremate kauba käitlejate ja vedajate laopindade asukohtade leidmiseks. Suuremate kaubakoguste käitlemisega tegelevate ettevõtete leidmiseks on kasutatud Eesti Logistika ja Ekspedeerimise Assotsiatsiooni (ELEA), Autoettevõtete Liidu (AL) ning Eesti Kaubandus Tööstuskoja liikmete nimekirja, millele on lisatud läbi äriregistri infosüsteemi aadressiandmed. Lisaks sellele on kasutatud Harju maakonnaplaneeringut ning Tallinna ja Tartu lähialade detailplaneeringuid sellisel määral, kui nende ajakohased ja adekvaatsed versioonid läbi

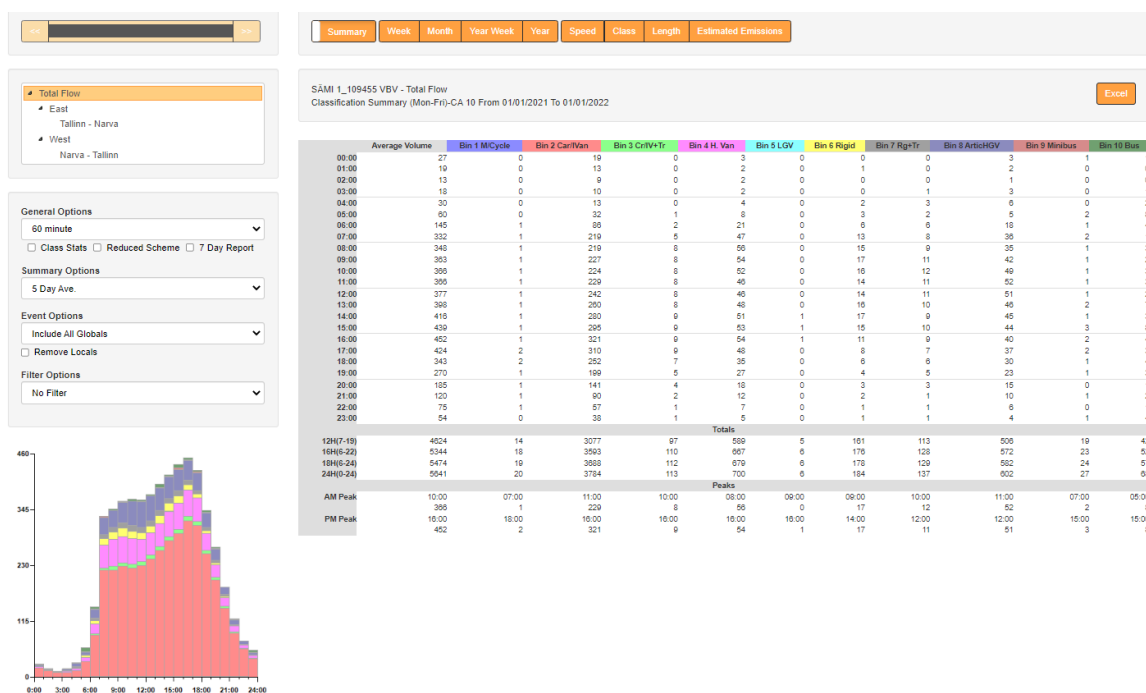
avalike kanalite leitavad olid. Leitud terminalide asukohad on toodud Joonis L50. Analüüsist nähtub, et peamised terminalid on koondunud suuremate linnade lähedusse. Põhimagistraalide ja terminalide vaheliste ühendusteade valikul on järgnevates analüüsides eelistatud riigimaanteed, kuna riigimaanteed kohta on olemas süstematiseeritud ja järjepidevalt uuendatud ehituslik ja seisukorda iseloomustav informatsioon, mis kohalike omavalitsuste teede ja tänavate kohta on pahatihti puudulik või puudub täielikult.

2.3.2 Nõudlus liiklussageduse alusel

Nõudluse kaardistamiseks on lisaks terminalide asukohtadele võimalik vajalikud andmed saada ka hetkel kõige suurema kaubaveo vahendite liiklussageduse asukohtadest. Selleks on vajalik analüüsida liiklussageduse andmeid ning nendest välja filtreerida kaubaveo sõidukid. Kuna Transpordiameti püsiloenduspunktides liigitatakse sõidukid kümnesse klassi, saab ilmselt kaubaveo sõidukina tuvastada liigituse alusel autorongid (ArticHGV), mis loendab poolhaagisega sõidukeid. Teise liigina on võimalik kasutada täishaagisega sõidukite loendust (Rg+Tr), kuid nende osakaal on oluliselt madalam, kui poolhaagisega autorongide oma. Samuti on poolhaagistega veetava kauba EMS sõidukite koosseisus vedamiseks tunduvalt suurem tõenäosus, sest EMS sõiduki üks veovahenditest on valdavalt poolhaagis. Üldistatud liiklussageduse mudelis on seevastu kasutusel kolme liiki sõidukid, sõiduautod ja pakiautod, veoautod ja autobussid ning autorongid. Seega on edasistes analüüsides võetud aluseks autorongide liiklussageduse andmed üldistavatest mudelitest ja poolhaagisega autorongid detailsetest andmestikest. Kasutatavate andmete näidisena on välja toodud Transpordiameti Sämi püsiloenduspunkti 2021 aasta koondandmed Joonis 7, millelt on võimalik näha aasta keskmisi liiklussageduse andmeid sõiduki liikide kaupa. Mudelite kaudu loodud raskeveokite liiklussageduse andmed on võimalik tuvastada Transpordiameti poolt koostatud veebikaardilt, mis on toodud Joonis 6.



Joonis 6. Raskeveokite liiklussagedus 2021 [37]

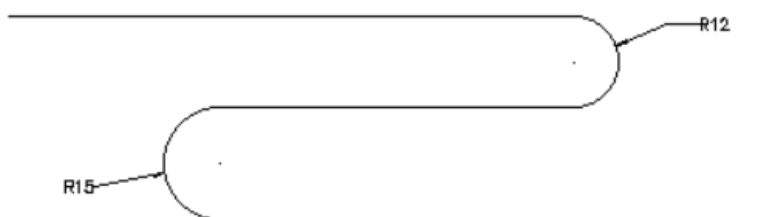


Joonis 7. Sämi loenduspunkti 2021 aasta summaarsed andmed

2.3.3 Geomeetrilised piirangud

Geomeetriliste piirangute analüüsimisel tuleb kasutada sõidukite ning tee geomeetria omavahelist võrdlust ning EMS sõiduki ja hetke nõuetele vastava sõiduki omavahelist võrdlust. Geomeetria analüüsi teostamiseks on vajalik modelleerida EMS sõidukid ning nõuetele vastavad sõidukid ning nende pöördekarakteristikuid omavahel võrrelda. Selleks tuleb luua direktiivis 96/53/EU toodud ring, mille sisemine raadius on 5,3 meetrit ja välimine raadius 12,5 meetrit, ning võrrelda sõidukite ringi läbimise võimekust.

Järgnevalt tuleb geomeetria võrdlemiseks luua virtuaalne katselõik, mis koosneb kolmest sirgest ning kahest 180° pöördest raadiustega R12 meetrit ja R15 meetrit, mis on toodud Joonis 8. Katselõigul tuleb samuti võrrelda erinevate sõidukite pöördegeomeetriat ning kurvi läbimise võimet. Katselõigu loomisel on lähtutud ristmike tüüplahenduste geomeetriast. Ringristmiku tüüpjoonis on toodud Joonis L26 ning mahasõitude tüüplahendused on toodud Joonis L27. Geomeetrilisi piiranguid on võimalik leevendada EMS sõidukile juhitud telgede lisamisega [38], kuid antud töö kontekstis on vaatluse all kõige konservatiivsemad sõidukid.



Joonis 8. Virtuaalne katselõik, mõõtmed meetrites

2.3.4 Sõidukite liikumistrajektoori modelleerimine

EMS sõiduki koostamiseks on mitmeid erinevaid võimalusi, kuid eesmärgiks on suurendada maksimaalselt kaubaruumi mõõtmeid seejuures ületamata lubatud suurimat pikkust, teljekoormust, kõrgust, laiust ja täismassi. EMS sõiduk peab olema koostatud standardsetest veovahenditest, mille mõõtmed ja massid vastavad kehtestatud nõuetele. Seega ei saa suurendada kasutatavate sõidukite pikkust. Näiteks sihtotstarbelisena registreeritud sõidukeid, mis ei vasta kehtestatud normidele, kuid mille registreerimiseks on ette nähud erandid, EMS sõiduki koosseisus kasutada ei ole lubatud.

EMS sõiduki maksimaalne pikkus on 25,25 meetrit [1]. Sellest lähtuvalt ei ole võimalik koostada autorongi, mis koosneb rohkem kui ühest poolhaagisest. Kahe 13,6 m pikkuse poolhaagise kogupikkus on suurem, kui lubatud 25,25 meetrit. Massi osas ei ole täpset määratlust antud, kuid laiemalt on kasutusel ja testimisel EMS sõidukid täismassiga 60 tonni või rohkem. Kaubaruumi pindala ja ruumala suurendamisel on igati mõistlik suurendada ka lubatud täismassi, vastasel korral ei ole teatud kaubagruppide veol võimalik tagada autorongi maksimaalset kaubaruumi kasutust ning suurema kaubaruumi sõiduki kasutamine on seega ebamõistlik. Modelleerimiseks on välja valitud

EMS sõiduki koostamiseks vajalike üksikute sõidukite spetsifikatsioonid. Nende sõidukite parameetrid on tuvastatud vahetult sõidukeid mõõtes ning kõrvutades saadud andmeid registreerimistunnistuste andmetega. Mudelites on kasutatud reaalsete sõidukite parameetreid sellisel määral, nagu need saadaval on. Modelleerimisel on kasutatud AutoTurn 11 tarkvara. Mudelis täidetav minimaalne andmestik on toodud Joonis 9.

EMS sõiduki koostamiseks on võimalikud variandid toodud Joonis 1. Kombinatsioonide maksimaalsed pikkused on: sadulveoki ja poolhaagise kombinatsiooni korral 17,8 meetrit [12], piiranguks saab sellise kombinatsiooni puhul pöörderaadius; sadulveokist, poolhaagisest ja kesktelghaagisest ning veokist, eelikust ja poolhaagisest koostatud kombinatsiooni korral 25,25 meetrit; sadulveokist, b-link poolhaagisest ja poolhaagisest koostatud kombinatsiooni korral samuti 25,25 meetrit ning veoki ja täishaagise kombinatsiooni korral 24,0 meetrit. Sõidukite lubatud maksimaalsete mõõtmete kõrvutamisel on näha, et normidele vastava veoauto pikkus on 12,0 meetrit ja normidele vastava täishaagise pikkus on samuti 12,0 meetrit. Neid tingimusi täitva veduki ja täishaagise kombinatsioon ei saa seega EMS kontseptsiooni järgi, kus viidatakse standardsetele sõidukitele, olla pikem, kui 24,0 meetrit ja sellega on erisus põhjendatav. Erinevate kombinatsioonide täismassile kohalduvad järgmised reeglid: sadulveoki ja poolhaagise kombinatsiooni täismass on viie teljelise koosseisu korral 40 tonni ning kuue või enama teljelise koosseisu korral 44 tonni; suuremate telgede arvuga kombinatsioonide korral on maksimaalne täismass 60 tonni, kuid selle juures on oluline, et ühtegi sõiduki registrimassi ega registriteljekoormust ei ole lubatud ületada.

2.3.5 Modelleerimisel kasutatud sõidukid

Loodavate sõidukite mudelite maksimaalsele tegelikkusele vastavuse saavutamiseks on mudelites vajalik kasutada olemasolevaid sõidukeid, mille mudelite mõistes olulised parameetrid on võimalik tuvastada sõidukite mõõtmise teel. Lisaks on vajalik mõõtmistulemusi võrrelda sõidukite registreerimisdokumentidega. Vaatluse alla on võetud üks kolme teljeline veok, kaks kolme teljelist sadulveokit ning üks kaheteljeline sadulveok, kaks poolhaagist, üks eelik ning üks kesktelghaagis ja üks täishaagis. Kolme teljeline veok, eelik ja üks poolhaagis olid mõõtmise hetkel ühendatud EMS sõidukiks.

Vaadeldud 6x4 veoskeemiga sadulveok on pikendatud teljevahega, mistõttu ei ole sellise sõiduki kasutamisel normidele vastava poolhaagise veol võimalik mahtuda lubatud autorongi pikkuse 16,50 meetrit sisse. 6x4 veoskeem kujutab endast kolme teljelist sõidukit, millel on kaks veotelge ehk kuuest rattast/ rattapaarist on vedavad neli. Sõiduki andmed on toodud Tabel L5 ning sõiduki visuaalne kujutis on toodud Joonis L43. Lisaks tabelis toodule on mõõdetud sõiduki laius koos peeglitega, mis on 3,00

meetrit, ning sadulhaakeseadme haakimispunkti asukoht, mis asub sõiduki eest 5,18 meetri kaugusel ning teise telje tsentrist 0,38 meetrit tagapool. Sõiduki haakesse on sobilik ainult poolhaagis (DA). Esiteljel on kasutusel üksikrattad ning mõlemal veoteljel paarisrattad.

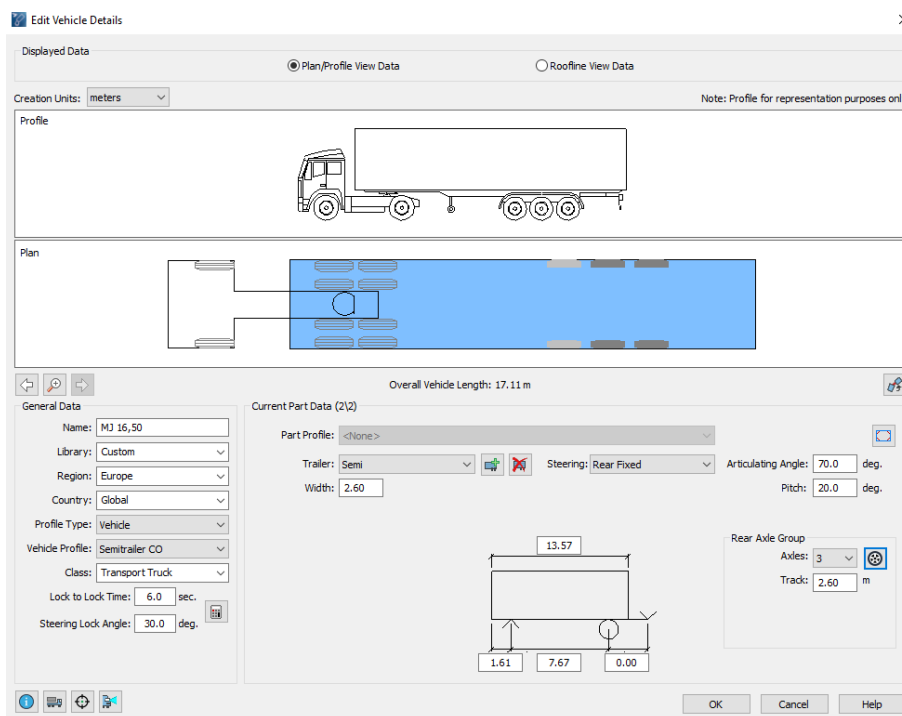
Kolm erinevat sõidukit on ühendatud EMS sõidukiks. Omavahel on ühendatud sõidukid keretüüpidega BD + SJ + DA. Simulatsioonis on kasutatud eelikut LIMETEC VPA 218, vedukit SCANIA R500 ning poolhaagist SCHMITZ CARGOBULL SCB*S3T. Eeliku andmed on toodud Tabel L6, veduki andmed Tabel L7 ning poolhaagise andmed Tabel L8. Eraldiseisvalt on lisaks vaadeldud poolhaagist SCHMITZ CARGOBULL SCS 24/L-13.62 EB, et tuvastada sarnaste sõidukite omavaheline analoogia. Sõiduki andmed on toodud Tabel L9 ning sõiduki visuaalne kujutis Joonis L45.

Vaadeldud 6x2 veoskeemiga sadulveok on tava pikkuses teljevahega ehk sõiduki haakimisel kehtivatele normidele vastava poolhaagisega on võimalik mahtuda lubatud pikkuse nõuetesse. 6x2 veoskeem kujutab endast kolme teljelist sõidukit, millel on üks veotelg ehk kuuest rattast/ rattapaarist on vedavad kaks. Sõidukil on kasutusel tõstetav abitelg, milleks on teine telg. Sõiduki andmed on toodud Tabel L10 ning sõiduki visuaalne kujutis on toodud Joonis L43. Lisaks tabelis toodule on mõõdetud sõiduki laius koos peeglitega, mis on 3,00 meetrit ning sadulhaakeseadme haakimispunkti asukoht, mis asub sõiduki eest 4,71 meetri kaugusel ning teisest teljest 0,47 meetrit tagapool. Sõiduki haakesse on sobilik ainult poolhaagis (DA). Esimesel ja teisel teljel on kasutusel üksikrattad, kolmandal teljel paarisrattad.

B-link poolhaagis kujutab endast poolhaagist, mille haakesse käib poolhaagis. Tegemist on spetsiaalselt EMS kontseptsiooni nõuete täitmiseks konstrueeritud sõiduki tüübiga. Poolhaagise kaubaruumi pikkus on võrdne täishaagise kaubaruumi pikkusega. Valdavalt on B-link poolhaagiste puhul kasutusel vähemalt üks juhitud telg, et võimaldada paremaid pöördearakteristikuid. Vaatluse all oleval B-link poolhaagisel on kõik teljed jäiga kinnitusega ning ei ole juhitud. Selle tõttu on käesoleva töö raames loodud B-link poolhaagisega EMS sõiduki mudel kõige konservatiivsema pöörete sooritamise võimega. B-link poolhaagise tehnilised andmed on toodud Tabel L11 ning visuaalsed kujutised Joonis L47 ning Joonis L48.

Kesktelghaagis on täishaagis, mille telg või teljed asuvad sõiduki raskuskeskme lähedal. Tavapärase kaubaveol kasutatav kesktelghaagis on kahe teljeline ning registrimassiga kuni 19 tonni. Võrdluseks võib tuua, et tavapärased kerghaagised on ehituslikus mõttes samuti kesktelghaagised. Kesktelghaagise andmeid on mudelites vajalik kasutada nii EMS sõiduki puhul kui ka kehtivatele normidele vastava sõiduki modelleerimisel. Kesktelghaagise tehnilised andmed on toodud Tabel L12.

4x2 veoskeemiga sadulveok on kõige tavalisem maanteekaubavedudel kasutatav veduk. Selliste sõidukite laialdase kasutuse peamiseks argumendiks on asjaolu, et direktiivi 96/53/EU nõuetele vastava poolhaagisega autorongi maksimaalne täismass on 40 tonni ning see eeldab 5- teljelist autorongi. Kuna tüüpilisel haagisel on 3 telge, on kõige optimaalsem kasutada kaheteljelist vedukit. 4x2 veoskeemiga sadulveokit on mudelites kasutatud üksnes normidele vastava sõiduki modelleerimisel. Sõiduki tehnilised andmed on toodud Tabel L13.

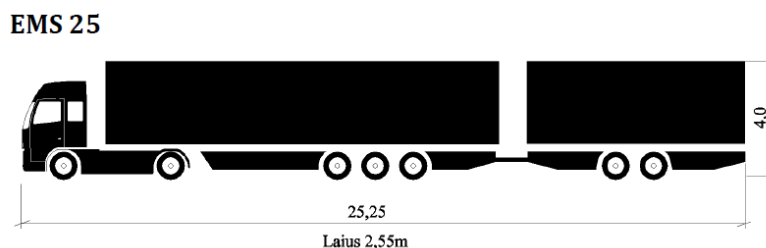


Joonis 9. Kuvatõmmis, sõiduki modelleerimine

2.3.6 Tee geomeetria

Tee projekteerimise normides ei ole tähelepanu pööratud EMS sõidukitele, kuid linnatänavate standardis EVS 843:2016 on 25,25 meetri pikkune sõiduk kasutusel ning toodud Joonis 10. Teel liikudes ei ole EMS sõidukiga tajutavaid probleeme näha, kui katte laius on piisav, kuid geomeetrilised probleemid võivad tekkida mahasõitudel ja ristmikel. Eriti kriitilise tähtsusega on EMS sõiduki ringristmike läbimise võime. Geomeetriliste pöördekoridoride osas peab EMS sõiduk olema võimeline läbima normide järgi projekteeritud ringristmikke, mille tüüpjoonis on toodud Joonis L26 ning mahasõite, mille tüüpjoonis on toodud Joonis L27. Pöörete geomeetria EMS sõidukil peab olema selline, et ristmike aladel ei lõikaks sõiduk kõrval asuvat sõidurada või vastassuuna sõidurada. Samas ristmike pööretele projekteeritud laiendustele võib EMS sõiduk kalduda. EMS sõidukite suurima takistusena tajutavate ringristmike

väljaehitamise peamiseks põhjusteks on suhteliselt odav hind ning oluline mõju liiklusohutusele [39].



Joonis 10. EMS sõiduk linnatänavate standardis [40]

2.3.7 Teekatte laius

Teeregistris on võimalik leida üldistatud andmeid katte laiuse kohta. Kokku on teeregistris katte laiuse kohta 24 113 kirjet. Katte laiust mõõdetakse koos kindlustatud peenraga, tugipeenar ei ole mõõtmisesse sisse arvatud. Läbi katte laiuse saab kindlalt välistada teelõigud, mis ei ole piisava laiusega, et kaks EMS sõidukit saaks üksteisest ohutult mööduda. Selliseid lõike ei saa EMS koridorides kajastada. Katte laiuse teeregistri nädisandmed ühe teeosa kohta on toodud Joonis 11.



Joonis 11. Teekatte laiuse nädisandmed teeregistris

Liiklusohutuse huvides on oluline, et teel liikuvate sõidukite liikumiskoridorid ei kattuks. Selleks peab sõidukite liikumiskoridoride ja tee laius olema võrdne või suurem. Minimaalsed veoauto ohutuspiirmõõtmed ning läbi selle ka võimalikud katte laiused on toodud Tabel 2. Tabelist saab välja lugeda, et maantee kiirusel liikuva veoauto või autoringi korral on ohutu katte laius kahe rajalisel teel 9,00m. Veoauto kiiruse piiramisel 80 km/h-le on võimalik kasutada ka 8,00m laiust katet. Neljarajalisel teel ei ole minimaalset katte laiust antud tabelis nimetatud. Samas on vajalik arvesse võtta lisaks arvutuslikule autole ka veoki tegelikku gabariiti ning haagise külgsuunalist liikumist

veoki taga sõiduki otseliikumisel. Veoki tegelik laius koos peeglitega ei ületa 3,00m [1]. Minimaalne katte laius ei saa selle tõttu olla kahesuunalisel teel alla 6,00m. Alternatiivina oleks võimalik lubada veoautode liiklus ainult ühes sõidusuunas, kuid see on raskesti teostatav ja ei ole üldise kaupade ja reisijate liikuvuse kontseptsiooniga kooskõlas [7].

Tabel 2. Minimaalsed veoauto ohutuspiirmõõtmed [41]

Maantee klass	V(km/h)	Veoauto laius (m)	Sõiduvärgi laius 2e (m)	Ohutusribad		Katte laiused	
				c (m)	O (m)	2-	4-
KT	140	2,55	0,85	0,70	1,00;	-	2x11,50
I	120	2,55	0,85	0,70	1,00;	-	2x11,00
II	100	2,55	0,85	0,70	2,25	12,00	-
III	100	2,55	0,65	0,60	1,00	9,00	-
IV	80	2,55	0,25	0,40	1,00	8,00	-
V	60	2,55	0,25	0,40	0,50	7,00	-
VI	40	2,55	0,20	0,30	0,10	6,00	-

2.4 Taristu piirangud

Taristu kohta kogutud ja korrastatud andmed on leitavad teeregistrist. Teeregister on ehitusseadustiku §103 lõike 2 alusel Vabariigi Valitsuse määrusega loodud andmekogu, mille vastutav töötleja on Maanteeameti õigusjärglasena Transpordiamet. Teeregistri andmed on õiguslikus tähenduses informatiivsed. Registrisse peab kandma riigiteed ja kohalikud teed ning võib kanda metsateed ning erateed (nii avalikkusele ligipääsetavad kui ka mitte ligipääsetavad) [42].

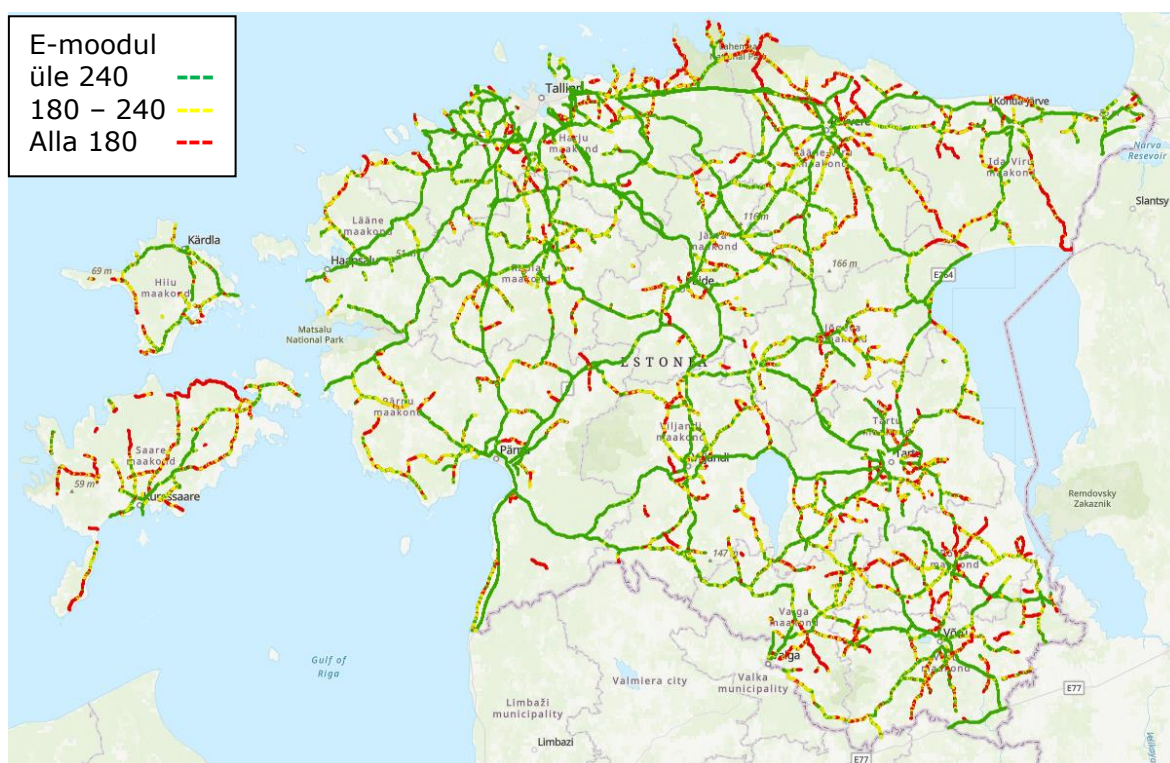
Käesoleva lõputöö kontekstis on oluline teeregistri andmete töötlemise kaudu tuvastada need teed, teelõigud ja rajatised, mille kasutamine seni lubatust pikema ja raskema autorongiga on tee või rajatise seisundi tõttu välistatud või mille kasutamisega kaasnevad teede või rajatiste hooldus- ja remondikulude olulised suurenemised. Samuti saab teeregistri andmetele tuginedes leida need teed ja teelõigud, kus liiklusloenduse andmete kohaselt on kõige suurem nõudlus suurendatud mahutavusega kaubaruumiga sõidukite kasutamiseks. Liiklusohutuse osas on kõige olulisem teede laius. Lisaks on Eesti teedevõrgu sildade keskmine vanus 40 aastat [43] ning riigiteede katete keskmine vanus ca 20 aastat [24] ning ilma täiendava analüüsita ei ole ka põhimaanteed kasutamine EMS koridoridena mõistlik.

EMS transpordikoridoride loomisel on võetud aluseks teeregistrist saadaolevad andmed ning neid töödeldud kasutades MS Excel tarkvara ja visualiseeritud ArcGIS kaarditarkvara abil. Teeregistrisse kantud andmeliikidest on kasutusele võetud

kandevõime, kate, katte laius, liiklussagedus, piire, sild, suvine seisunditase, talvine seisunditase ning valgustus.

2.4.1 Kandevõime

Riigiteede kandevõimet mõõdetakse FWD (*Falling Weight Deflectometer*) meetodil 100 m lõikude kaupa ning väljendatakse e-mooduli väärtuse kaudu. 09.03.2022 seisuga on teeregistris 76 590 kirjet kandevõime mõõtmiste kohta ning mõõtmised on läbi viidud nii põhi- kui ka tugi- ja kõrvalmaanteedel. Teeregistrist leitavad kandevõime andmed on toodud Joonis 12 elastsusmoodulite järgi, rohelisega püsikatendid, kollasega kergkatendid ja punasega siirdekateendid. Kandevõime analüüsimisel tuleb leida parameetrid, millele peab EMS koridor vastama ning vastavalt nendele luua graafiline joonis piisava kandevõimega teedest.



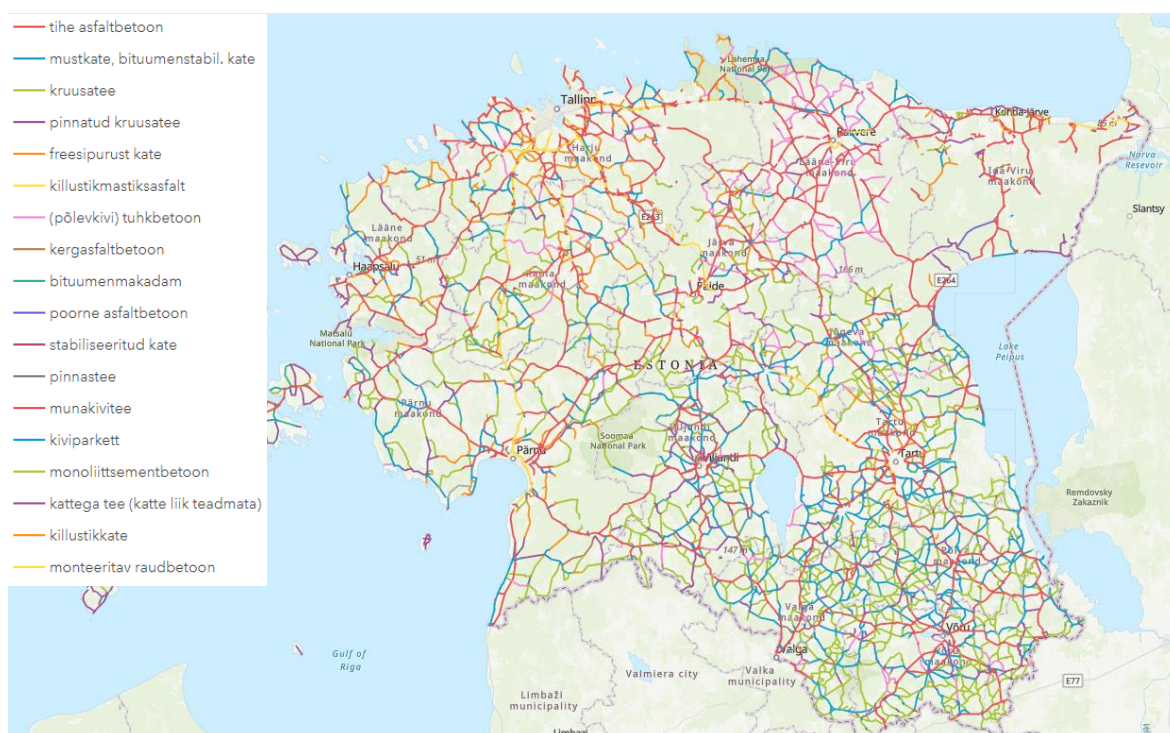
Joonis 12. Riigiteede kandevõime, kõik mõõdistatud teelõigud

Tabel 3. Katendi vähimad nõutavad elastsusmoodulid [41]

Maantee klass	e-moodul		
	Püsikatend	Kergkatend	Siirdekate
Kiirtee	260		
I	240	200	
II	220	180	
III	180	160	
IV	180	140	130
V	180	130	130
VI	180	130	130

2.4.2 Katend

Teeregistris on katted jaotatud kuueteistkümnesse liiki, mis on toodud Tabel L14. Katte liikide järgi on võimalik tuvastada katendi tüüp ning üldistatult tuvastada need teed ja teelõigud, millele EMS koridori loomisel on suur tõenäosus, et kate vananeb ette nähtust oluliselt kiiremini ning EMS sõidukite kasutamine sellistel teedel ei ole otstarbekas. Katte liigid kaardil on toodud Joonis 13. Katte liikide kaudu on vajalik kajastada joonistel ainult need teed, mille osas ei ole teostatud kandevõime mõõdistust, kuid mille liitmine EMS koridori on oluline.



Joonis 13. Riigiteede katted teeregistris

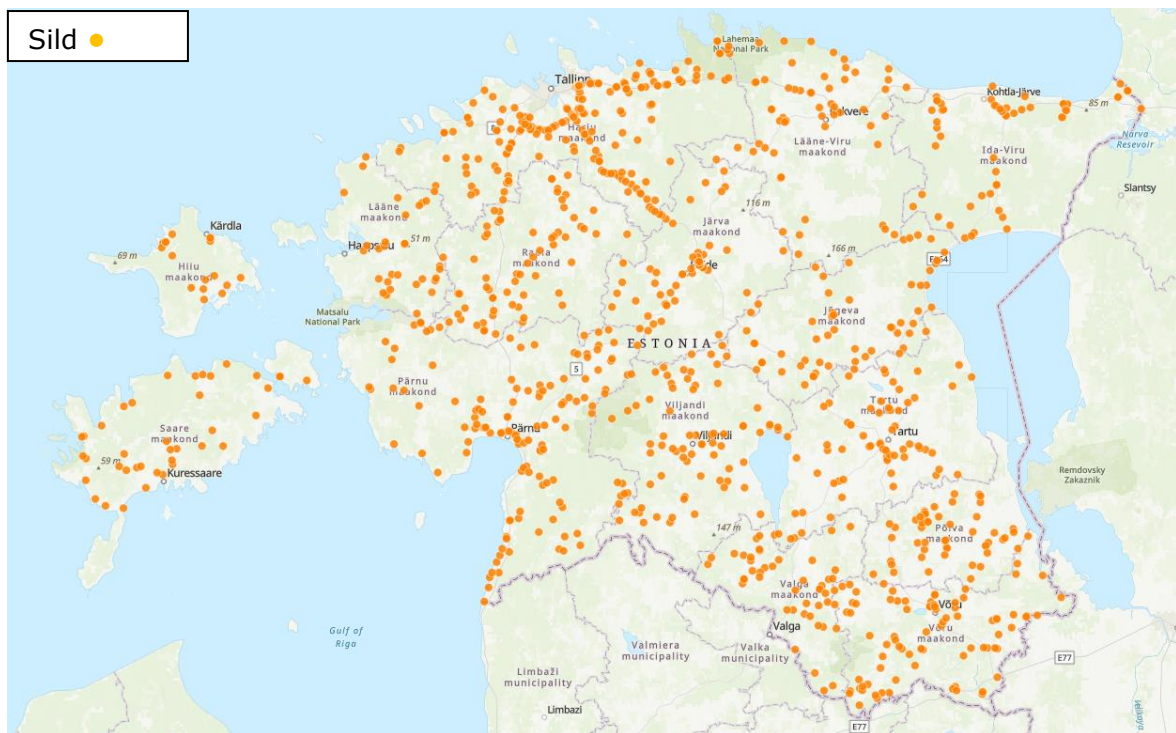
2.4.3 Sillad

Eesti riigiteedel on 2021 aasta lõpu seisuga 1048 silda ja viadukti. Lisaks nendele kohalike omavalitsuste haldusalas olevad sillad ja viaduktid. Analüüsis on arvesse võetud ainult riigiteede sildade andmed, kuna kohalikele omavalitsustele kuuluvate sildade kohta puuduvad adekvaatsed andmed nii seisukorra kui ka koormusmodelite osas. Sildade analüüsimisel on kasutatud koormusmodelite võrdlust EMS sõiduki koormusandmetega ning sildade seisundiindeksit tugelel ja taladel [44].

Sildade koormusmodelid ja arv on toodud Tabel L15 ning sildade geograafiline paigutus on toodud Joonis 14. Nõukogudeaegsete koormusmodelite graafilised kujutised on toodud LISA 4. Sildade sobilikkuse hindamisel EMS koridori osana on esimeses järjekorras vajalik leida silla pikkuse ja EMS sõiduki baaside summa omavaheline suhe. Oluline on, et silla ühte avasse ei langeks korraga suurem koormus, kui on silla projekteeritud koormus, mis tuleb välja kandevõime mudelist [45]. Järgnevalt, kui on oht, et silla pikkus on suurem, kui EMS sõiduki pikkus, on vajalik koormusmodeli ja EMS sõiduki poolt tekitatavate paindemomentide ja toereaktsioonide võrdlemine. Võrdluseks on võimalik kasutada analüütilist MS Excel põhist tarkvara. Hinnangu andmiseks kasutatakse lihtsustatud meetodit, kus võrreldakse vaadeldavast raskeveokist tekkivaid kandepiiriseisundi koormustulemeid (paindemoment, põikjõud, toereaktsioon) projektijärgsest liikluskooormusest tekkivate koormustulemetega ning omavahel võrreldakse seejuures ainult vertikaalseid liikluskooormuseid. Kandevõime lihtsustatud hinnang määratakse ainult peatalade kandevõimest lähtuvalt, kusjuures vundamentide, sammaste, põiktalade ja sillateki plaadi kontrolli ei teostata. Koormuste ja sisejõudude jagunemisel kasutatakse pigem konservatiivseid meetodeid. Lihtsustatud (st veaga tagavara kasuks) meetodi kasutamine on põhjendatav sellega, et programmi kasutajalt ei eeldata projekteerija pädevust, kuid vajalik on insenertehniline ettevalmistus [46].

Peamised mõju avaldavad koormusmodelid on Nõukogudeaegsete sildade SniP-i liikluskooormuse modelid:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. autokolonn SniP-H-8 | 6. autokolonn SniP-A-8 |
| 2. autokolonn SniP-H-10 | 7. autokolonn SniP-A-11 |
| 3. autokolonn SniP-H-13 | 8. eriveok NG-30 SniP-NG-30 |
| 4. autokolonn SniP-H-18 | 9. eriveok NG-60 SniP-NG-60 |
| 5. autokolonn SniP-H-30 | 10. eriveok NK-80 SniP-NK-80 [47] |



Joonis 14. Riigiteedel asuvad sillad

2.5 Liiklusest tulenevad piirangud

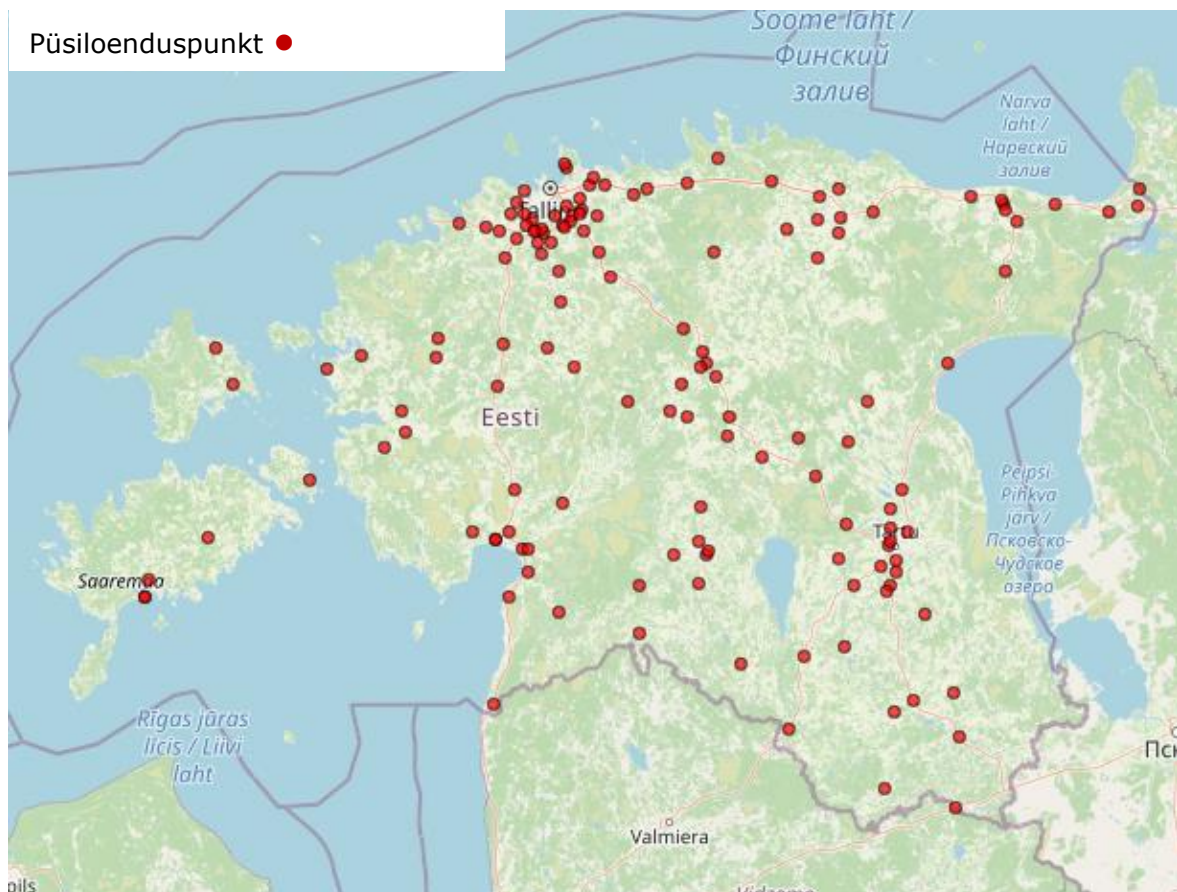
Eesti riigimaanteedel on 119 püsiloenduspunkti ning 29 perioodilist loenduspunkti. Püsiloenduspunktid ja perioodilised loenduspunktid on varustatud induktsioonanduritega, mille abil tuvastatakse sõiduki magnetiline jälg ning selle kaudu klassifitseeritakse sõiduk ning tuvastatakse selle kiirus ja suund. Kasutusel on ka teisaldatavad loenduspunktid, mis paigaldatakse lokaalse liikluse seire teostamiseks valitud asukohtadesse lühiajaliselt ning peamiselt kiiruste monitooringu eesmärgil. Teisaldatava loenduspunkti seadmel on radarandur, mille abil on võimalik sõiduk klassifitseerida ning tuvastada selle liikumise suund ja kiirus. Samuti tuvastab seade sõidukite omavahelise intervalli. Püsiloenduspunktide asukohad on toodud Joonis 15. Sõidukite klassifitseerimise nõuded loenduspunktide hooldushanke tehnilistest tingimustest on toodud Tabel L16.

Loenduspunktide andmestikust on võimalik tuvastada iga üksiku sõiduki punkti läbimine ning sõiduki kiirus, suund, klassifikaator ning punkti läbimise aeg. Perioodi jooksul punkti läbinud sõidukite analüüsimiseks on võimalik andmed summerida ning leida iga üksiku päeva liikluse intensiivsus. Samuti on võimalik pikema ajaperioodi jooksul võrrelda omavahel erinevaid nädalapäevi. Liikluse tipuaegade leidmiseks on võetud 2021 aasta kõik loenduspunkti läbimised mõlemas sõidusuunas ning nende kaudu

tuvastatud nädalapäevade aasta keskmised liiklussagedused ning liikluse tipuajad. Pikema perioodi kasutamine analüüsiks ei ole vajalik, kuna keskmistatud andmetes ei esine olulisi muutusi, kui kasutada 2020 – 2021 aasta kõikide läbimiste andmeid. Tegelike intervallide leidmine kõikides valitud loenduspunktides ei ole võimalik, kuna selle koha püsiloenduspunktid andmeid ei kogu. Tegelike intervallide saamiseks on vajalik kasutada teisaldatavate loenduspunktide andmeid ning võrrelda teisaldatavate loenduspunktide ja püsiloenduspunktide loendustulemusi. See omakorda vähendab andmekvaliteeti, kuna kahe erineva tehnoloogia ja klassifikaatorite kasutamisel kannatab andmete kvaliteet. Selle tõttu ei ole tegelikke intervalle käesolevas lõputöös käsitletud.

Liiklussageduse muutuse leidmiseks on võetud aluseks Transpordiameti püsiloenduspunktide andmed, mis on toodud Tabel 4. Andmete võrdlemisel on näha, et viimase nelja aasta jooksul ei ole liiklussagedus suurel määral muutunud ning selle tõttu saab kasutada 2021 aasta liiklusloenduse andmed, mis on võrreldes eelnevate aastatega oluliselt parema kvaliteediga, see tähendab töödeldavate andmete puudumist vähem kui ühel päeval aastas. Tabel 4. Raskeveokite liiklussagedus (AKÖL), autot/ööpäevas

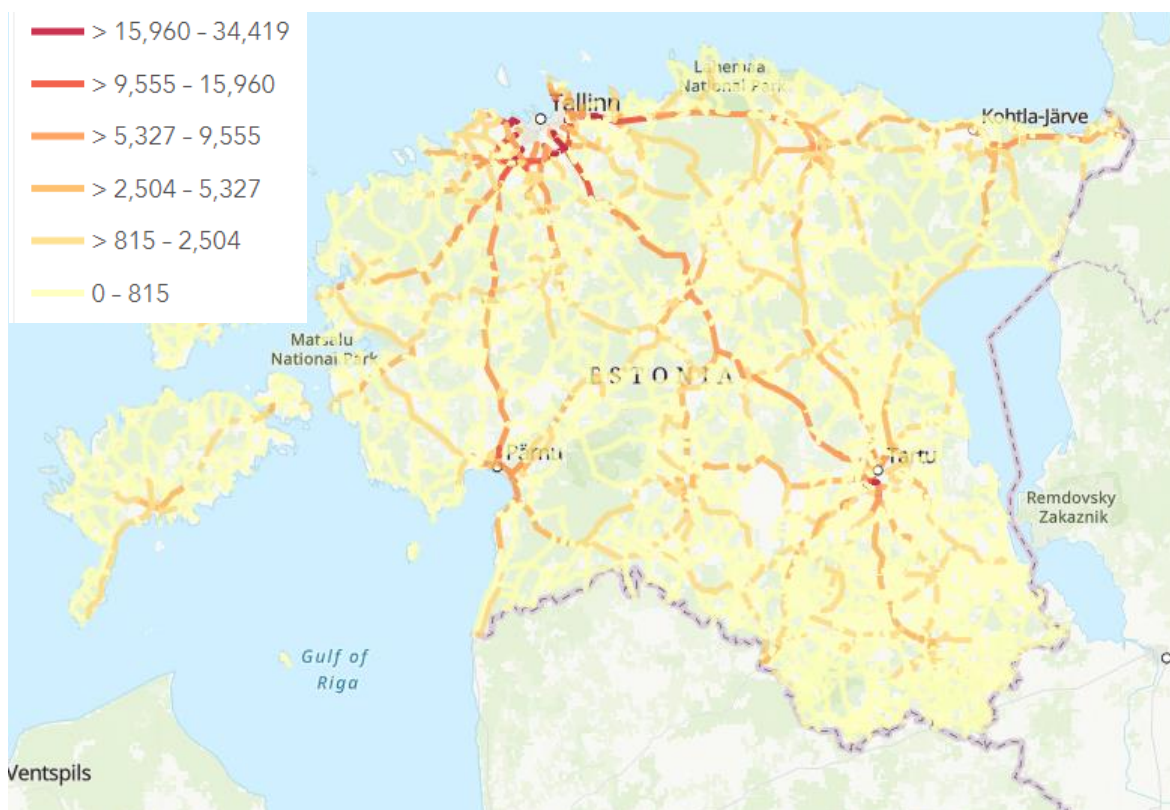
Aasta	T-4 Võiste	T-4 Jõgisoo	T-8 Keila	T-11 Luige	T-1 Vao	T-1 Sõmeru	T-94 Kroodi
2018	1572	1683	713	2386	1858	605	937
2019	1598	1721	720	2294	1642	615	1031
2020	1585	1716	694	2179	1512	557	1072
2021	1740	1705	704	2521	1504	595	1025



Joonis 15. Transpordiameti püsiloenduspunktid [48]

Liikluse tipuajad on äärmiselt olulised EMS sõidukite liikumisaegade planeerimisel. Eesmärk on leida sellised perioodid päevas, kus liiklus on piisavalt madala intensiivsusega, et lubada EMS sõidukid suuremate liiklussagedustega teedele. Liikluse tipuaegade leidmiseks ja võrdlemiseks on analüüsitud järgmiste püsiloenduspunktide andmeid: T-8 Tallinn-Paldiski mnt Kloogaranna loenduspunkt asukohaga 59.3394,24.2103, T-4 Tallinn-Pärnu-Ikla mnt Kanama loenduspunkt asukohaga 59.2928,24.5458, Vaimõisa loenduspunkt asukohaga 58.9832,24.471, Pärnu loenduspunkt asukohaga 58.42247,24.49456, Võiste loenduspunkt asukohaga 58.22982,24.50109, T-11 Tallinna ringtee Kurna loenduspunkt asukohaga 59.3451,24.8563, T-1 Tallinn-Narva mnt Prügila risti loenduspunkt asukohaga 59.4513,25.0444, Viitna loenduspunkt asukohaga 59.4631,26.0084, Konju loenduspunkt asukohaga 59.3936,27.6263, T-2 Tallinn-Tartu mnt Lehmja loenduspunkt asukohaga 59.3630, 24.8672, Aruvalla loenduspunkt asukohaga 59.2519,25.0145, Mäeküla loenduspunkt asukohaga 58.8868,25.6808, Pikknurme loenduspunkt asukohaga 58.5924,26.2519 ning Kandiküla loenduspunkt asukohaga 58.3836,26.6717. Püsiloenduspunktide valiku esimeseks kriteeriumiks oli asukoht ning teiseks maksimaalselt hea andmekvaliteet ehk minimaalsel hulgal loendusest puuduvaid sõidukeid. Püsiloenduspunktidest saadud

graafikud on toodud LISA 3. 2021 aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus on toodud Joonis 16.



Joonis 16. Liiklussagedus, kõik sõidukid, AKÖL

3 UURINGU TULEMUSED

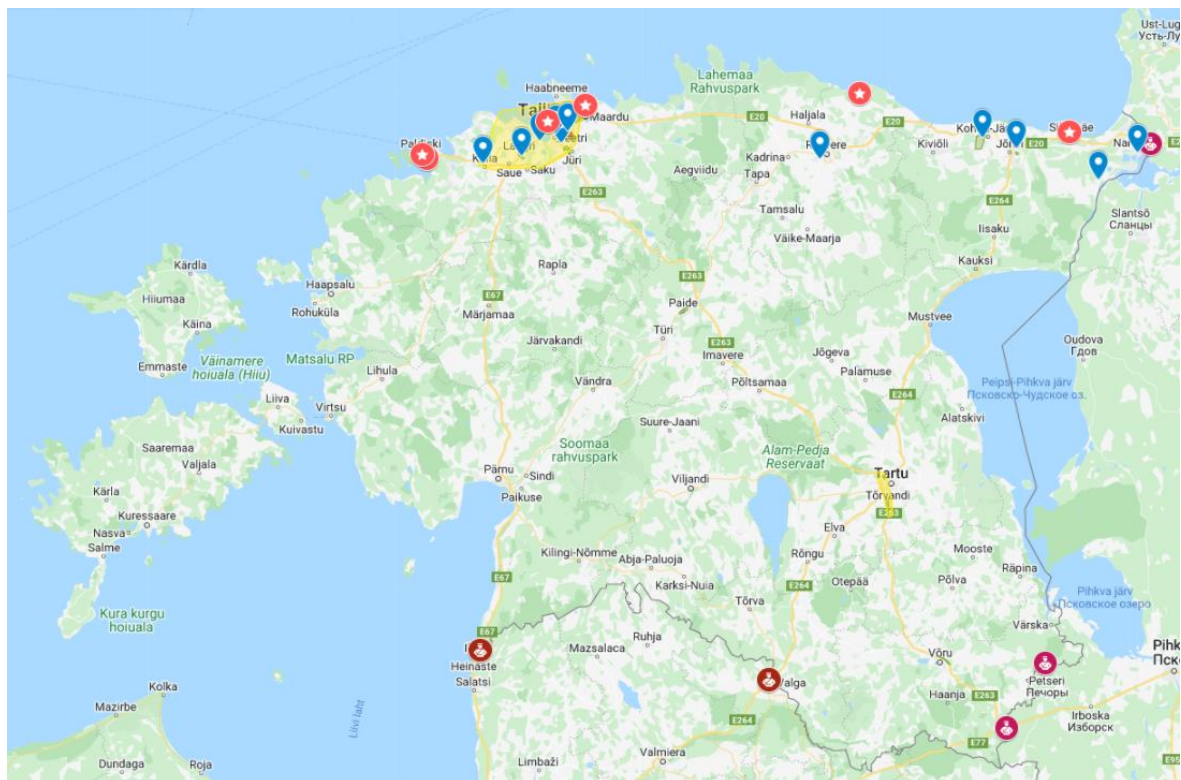
Käesolevas, töö empiirilises osas on eesmärk omavahel seostada võimalused ja piirangud ning meetodika osas kirjeldatud andmed. Peamiselt on keskendutud EMS koridoride esmast vajadust rahuldavatele teedele ning suurema nõudlusega geograafilistele asukohtadele. Teede ja sõidukite parameetreid on võrreldud kahel erineval moel. Esiteks teedele ja sildadele edasi kantav koormus, mis on leitud sildade koormusmodelite ning tee ehituslike parameetrite ja EMS Sõiduki omavahelisel võrdlemisel. Teiseks teede geomeetria ja EMS sõiduki geomeetria omavahelisel võrdlemisel. Selleks on sisestatud EMS sõidukid modelleerimistarkvarasse AutoTurn 11 ning modelleeritud tee geomeetria mõjutavad pöörete koridorid pealtvaates. 3D vaates modelite liikumist käesoleva magistritöö raames ei ole vaadeldud, kuna kasutatavaid taustsüsteemi väljendavaid tee mudeleid ei ole sellise analüüsi teostamiseks piisavalt. Geomeetria võrdluses on kaks võimalikku lähenemist, üksikute tee osade valideerimine mudeliga või kehtivatele normidele vastavate sõidukite ja EMS sõiduki omavaheliste pöördekoridoride võrdlemine. Modelleerimise käigus on esmalt tuvastatud tee osade tüüplahenduste ja normidele vastavate sõidukite omavaheline sobitumine ning seejärel võrreldud EMS sõiduki ja normidele vastava sõiduki geomeetrilisi karakteristikuid. EMS sõiduki mõju liikluse sujuvusele ja liiklusohutusele on vaadeldud ennekõike läbi möödasõiduvajaduse, tee kasutuse ning möödasõidu aja ja teepikkuse. Esiteks on võrreldud kehtivatele normidele vastava sõiduki ja EMS sõiduki ruumivajadust teel, seejärel võrreldud omavahel möödasõiduaega ja teepikkust ning lõpuks leitud möödasõidu vajaduse tekkimise tüüpilised mustrid. Seejärel on võrreldud omavahel liiklussagedusest tingitud möödasõidu vajaduse tekkimist ning liikluse intensiivsust liiklusloenduspunktides. Nende kahe andmestiku omavahelise võrdlemise kaudu on tuvastatud EMS sõidukite liikumist piiravad liikluskoormused ning kellaajad, millal EMS sõiduk ei suurenda olulisel määral ohtu teistele liiklejatele.

3.1 Nõudlus

3.1.1 Nõudlus asukohtade järgi

Terminalide kaardistamiseks teostas autor geograafilise analüüsi. Leitud andmete alusel koostas autor huvi pakkuvate ettevõtete suurema kontsentratsiooniga piirkondade kohta Joonis 17 toodud kaardi. Peamine nõudlus koondub Tallinna ja Tartu lähiümbrusesse, seega peab Tallinna ja Tartu ühendus olema kindlasti EMS koridorina kasutusel. Esmase valikuna põhimaantee nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa kaudu. Kuna suured kaubakogused ei liigu ainult kahe linna vahel, vaid ka sadamate ja maanteepiiripunktide kaudu, tuleb ka need lisada võimalike suure kontsentratsiooniga

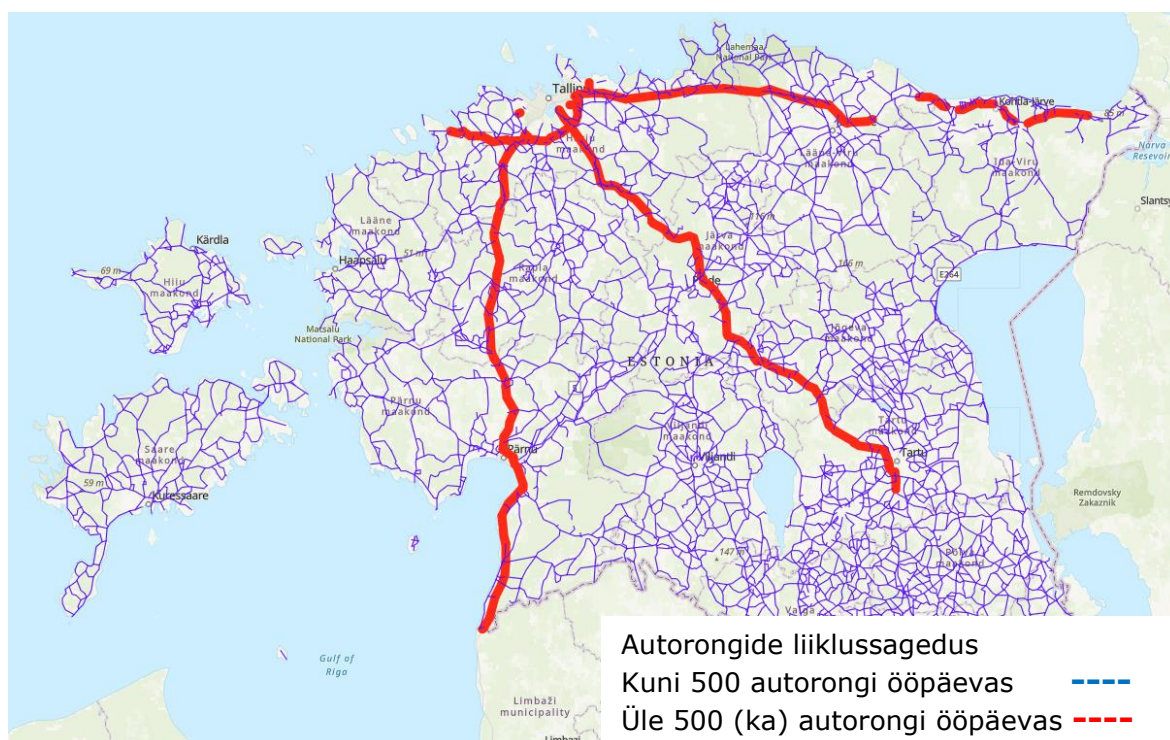
nõudluse asukohtadeks. Sellise käsitlemise järgi muutuvad oluliseks põhimaantee nr 8 Tallinn-Paldiski lõigul Paldiski – Keila ning põhimaantee nr 11 Tallinna ringtee kogu ulatuses. Samuti on vajalik EMS koridoriga ühendada kirdes asuvad Sillamäe ja Kunda sadam ning Muuga sadam. Vastavalt tuleb liita koridori põhimaantee nr 1 Tallinn-Narva ning tugimaantee nr 94 Muuga sadama tee. Maanteepiiripunktide ühenduse tagamiseks on vajalik Ikla piiripunkti ja Tallinna ühendamine põhimaantee nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla kaudu ning Luhamaa piiripunkti ja Murati piiripunkti ühendamine põhimaantee nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa ning põhimaantee nr 7 Riia-Pihkva kaudu. Nimetatud EMS koridoridega ongi mõistlik edasist analüüsi jätkata, kuna Valga piiripunkti kasutamisel tekitab tugev konkurents raudteega ning Narva piiripunkt asub kohaliku omavalitsuse territooriumil. Lisaks eelpool nimetatud EMS koridoridele on vajalik pöörata tähelepanu ka diagonaalis Eestit läbivatele teedele, näiteks Ikla ja Rakvere ühendamisele põhimaantee nr 5 Pärnu-Rakvere-Sõmeru kaudu ning Jõhvi ja Tartu ühendamisele põhimaantee nr 3 Jõhvi-Tartu-Valga kaudu. Mõlemal viimati nimetatud ühendusel on olulised puudused, kuna nimetatud põhimaanteed on teatud lõikudes kohalike omavalitsuste haldusalas. Seega tuleb leida ümbersõidud kohalikele omavalitsustele kuuluvatest teelõikudest riigiteede kaudu.



Joonis 17. Terminalide asukohad

3.1.2 Nõudlus liiklussageduse järgi

Tuginedes nõudlusele ja raskeveokite liiklussagedusele saab eeldada, et EMS transpordikoridori loomise vajadus tekib esmalt nendel teedel, kus on suurim raskeveokite liiklussagedus. Raskeveokite liiklussagedus on suurim viiel põhimaanteel: Tallinn-Pärnu-Ikla (T-4), Tallinn-Paldiski (T-8) Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa (T-2), Tallinn-Narva (T-1) ja Tallinna ringtee (T-11) ning ühel tugimaanteel, Muuga sadama tee (T-94). Visualiseeritud raskeveokite liiklussagedus on toodud Joonis 6, kus on suurimad sagedused märgitud punaste ja violetsete joontega. Andmete töötlemisel on autorongide arv teelõikudel liigitatud kaheks, et tekitada selgem eristamine, alla 500 ja üle 500 autorongi ööpäevas. Töödeldud andmed on toodud Joonis 18, kus punasega on märgitud teelõigud, mille autorongide ööpäevane keskmine liiklussagedus on üle 500 ja sinisega teelõigud, mille autorongide ööpäevane keskmine liiklussagedus on alla 500. Jooniselt nähtub, et üle 500 autorongi liikleb päevas Paldiski linnast mööda Tallinn-Paldiski maanteed Keilani, Ikla piiripunktist mööda Tallinn-Pärnu-Ikla maanteed Tallinna ringteeni, Reolast mööda Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteed Tallinna linnapiirini, Sillamäelt mööda Tallinn-Narva maanteed Tallinna linnapiirini, Tallinna ringteel ning Muuga sadama teel ja Tallinn-Lagedi maanteel. Kuna aluseks võetud liiklusloenduse andmed ei ole suuna kaupa eristatavad, siis samadel lõikudel võib liiklus olla ka teises suunas.



Joonis 18. Autorongide liiklussagedus 2021 aastal

Võrdluseks on toodud sõidu- ja pakiautode (edaspidi SAPA) liiklussagedus samal perioodil Joonis L42, kus suurimat liiklussagedust näitab tumedam toon ning väiksemat liiklussagedust heledam toon. Joonis 18 ja Joonis L42 võrdlemisel võib öelda, et suurem liiklussagedus langeb samadele teelõikudele nii raskeveokite kui ka sõiduautode puhul. Samade teelõikude kasutamine nii sõiduautode kui ka oluliselt suurema õnnetuste riskiga veokite puhul on otseselt liiklusohutusele mõjuv probleem. Konfliktide vältimiseks on võimalikud mitmed lahendused. Ühe variandina võiks kaaluda raskeveokite ja sõiduautode liikumiskoridoride eraldamist, kuid sellise lähenemise valimisel jääb küsimus, millist liikleja gruppi peaks eelistama. Tunduvalt lihtsam ja kergemini selgitatav on EMS sõidukite liikumise kellaaegade piiramine kas liikluse tipuaegadel või muude parameetrite kaudu selgitatavatel ajavahemikel. Kõige selgemate piiridega on EMS sõidukite liikumisaegade piiramine liikluse tipuaegadel. Samas ei tohi unustada, et veoautojuhtide töö eripära tõttu peab olema teed võimalik kasutada minimaalselt 10 tunni katkematu perioodi vältel ööpäevas.

3.2 Teeregistri andmete töötlus

Käesoleva lõputöö kontekstis on oluline teeregistri andmete töötlemise kaudu tuvastada need teed, teelõigud ja rajatised, mille kasutamine seni lubatust pikema ja raskema autorongiga on tee või rajatise seisundi tõttu välistatud või mille kasutamisega kaasnevad teede või rajatiste hooldus- ja remondikulude olulised suurenemised. Samuti on teeregistri andmetele tuginedes leitud need teed ja teelõigud, kus liiklusloenduse andmete kohaselt on kõige suurem nõudlus suurendatud mahutavusega kaubaruumiga sõidukite kasutamiseks. Liiklusohutuse osas on oluline teede laius. EMS transpordikoridoride analüüsimisel on võetud aluseks teeregistrist saadaolevad andmed ning neid töödeldud kasutades MS Excel tarkvara ja visualiseeritud ArcGIS kaarditarkvara abil. Teeregistrisse kantud andmeliikidest on kasutusele võetud kandevõime, kate, katte laius, liiklussagedus ning sild. Analüüsis on keskendutud ennekõike nõudluse ja liiklussageduse kaudu ilmnenu EMS koridoridele.

3.2.1 Tee kandevõime

Riigiteede kandevõimet mõõdetakse FWD meetodil 100 m lõikude kaupa ning väljendatakse e-mooduli väärtuse kaudu. Teekonstruktsiooni kandevõime määramisel kasutab Teede Tehnokeskus langeva raskusega koormusseadet Dynatest FWD-8002 nii elastsete kui ka komposiitsete ja jäikade katendite katsetamisel. Nimetatud seadmega katsetuste läbiviimisel uuritakse teekonstruktsiooni ilma seda lõhkumata. Seade simuleerib liikuva veoki ratta poolt tekitatud koormust teatud kõrguselt teatud kaaluga koormuse langemisega 300 mm läbimõõduga koormusplaadile. Koormuse mõjul tekkinud teekatte deformatsiooni mõõdetakse seitsme anduriga, milledest üks on

paigutatud koormusplaadi keskpunkti ja ülejäänud viimasest vastavalt 300, 600, 750, 900, 1200 ja 1500 mm kaugusele. Saadud andmete alusel määratakse e-moodul [49].

Kandevõime e-mooduli väärtuste klassidesse jaotamiseks viis autor läbi intervjuu Transpordiameti Taristu korraldamise osakonna juhtivinsener Taavi Tõntsiaga. Tema hinnangul on võimalik kandevõime hindamisel katendite liigitusest püsi-, kerg- ja siirdekattenditeks ning lähtudes EMS teoreetilistest teljekoormustest ja telgede vahekaugustest on transpordikoridoris aktsepteeritav e-moodul kolme klassi jaotatuna:

1. Alla 180 MPA – joonisel märgitud punasega – nõrk konstruktsioon, kerg- ja siirdekatted
2. 180 – 240 MPa – joonisel märgitud kollasega – keskmise tugevusega konstruktsioon
3. Üle 240 MPa – joonisel märgitud rohelisega – tugev konstruktsioon, püsikatted

Üldiselt peaks EMS transpordikoridoris olema tagatud 3. klassi e-moodul, kuid kuni kahel järjestikusel 100 m lõigul võib olla 2. klassi e-moodul ning kuni ühel 100 m lõigul 1. klassi e-moodul eeldusel, et sama kilomeetri sees on üks madalama kandevõimega lõik. Kindlasti ei tohi FWD väärtus jääda alla 70 mistahes aastaajal ja väliste tingimuste koosmõjul [50]. Kandevõime kohta teeregistrist saada olevad andmed seisuga 09.03.2022 on toodud Joonis 12. EMS koridorides kasutatavate lõikude leidmiseks on teeregistri andmeid töödeldud ning liiga madala FWD väärtusega lõigud peidetud. Saadud tulemus on toodud Joonis 19.

Eelnevalt välja valitud EMS koridoride esmases versioonis toodud teedel on FWD mõõtmised läbi viidud ning seega kandevõime võimaldab need koridorid kasutusele võtta. Samas koridoride laiendamise soovi korral on näiteks riigitee nr 3 Jõhvi-Tartu-Valga osas andmed puudulikud ning selle tee EMS koridoriga liitmise analüüsimiseks tuleb kasutada teisi andmeid.



Joonis 19. Piisava kandevõimega teelõigud

3.2.2 Teede katendite tüübid

Kuna teede kandevõime mõõtmisi ei ole läbi viidud väga paljudel teedel, tuleb leida tee EMS koridori nõuetele vastavuse hindamiseks leida alternatiivne andmestik, mis annaks edasi sarnaseid väärtusi, kui kandevõime. Oluliselt üldistavam ning ebatäpsem on katte liigi kaudu teede valiku tegemine ja teede EMS koridoriks sobilikkuse hindamine.

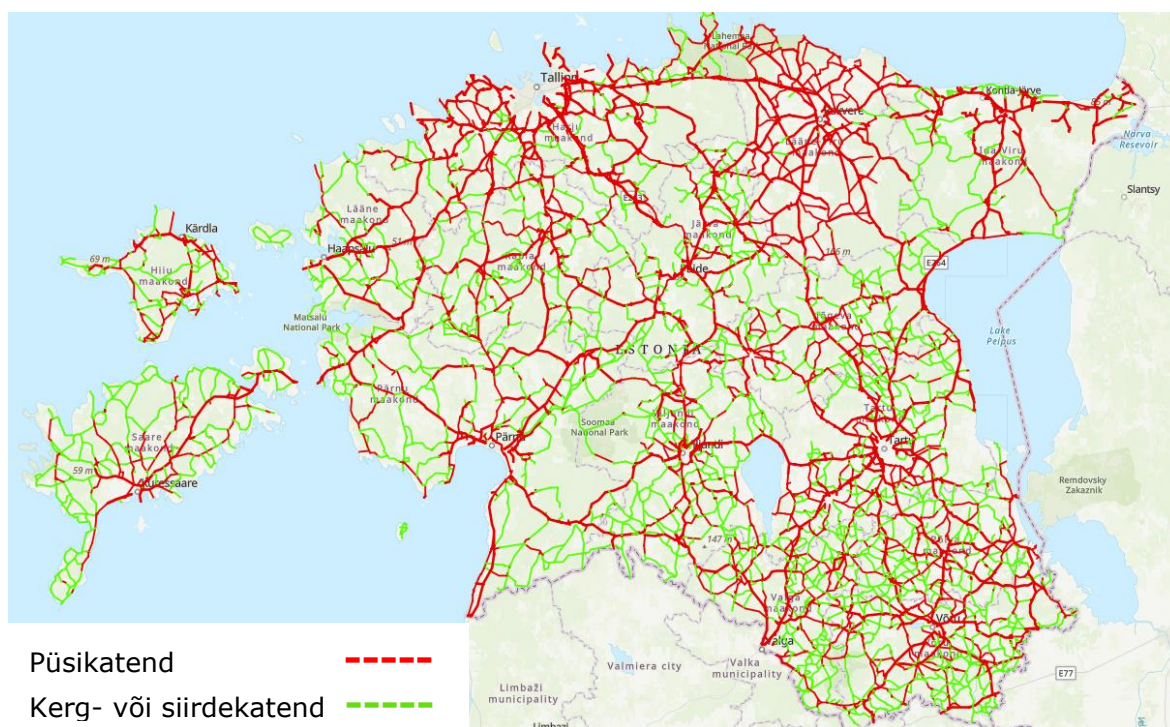
Tee katte liigi valik EMS koridorides tuleneb vajadusest vähendada kaubaveol kaubaühiku transportimiseks vajalikku kulu, samas teedele lisakulu tekitamata. Kuna EMS sõiduki puhul on lisaks mõõtmetele suurem ka täismass, ei saa sellist sõidukit ilma täiendavate katendi analüüsides lubada kõikidele teedele [50]. Kandevõime ja katte liigi võrdlusel ilmneb, et mitte kõigil püsikatendiga teelõikudel ei ole tagatud nõutud kandevõime väärtus. Sellised lõigud tuleb samuti võimalikest EMS koridoridest välja jätta. Katendite kaupa visualiseeritud teelõigud on leitavad Joonis 20, kus püsikatendid on kujutatud punase joonega ning kõik teised katte liigid rohelise joonega.

EMS transpordikoridorides saab kasutusele võtta ennekõike püsikatenditega teed. Samas tuleb äärmisel juhul, kui koridori liigendamine seda nõuab, võtta kasutusele ka siirdekateenditega teelõigud. Teiste katte tüüpide, kui püsikatend, korral oleks tee säilimise huvides vajalik enne lõpliku EMS koridoriga liitmise otsuse tegemist viia läbi kandevõime mõõtmised.

Katendi tüübid ja katte pealiskihi liigid on [41]:

- 1) püsikatend, mille katte pealiskihi liigid on monoliittsementbetoon, monteeritav raudbetoon, asfaltbetoon;
- 2) kergkatend, mille katte pealiskihi liigid on pinnatud mustsegu, pinnatud stabiliseeritud segu, sillutiskate;
- 3) siirdekate, mille katte pealiskihi liigid on pinnatud freespuru, killustik, kruus, pinnatud kruus, bituumenmakadam, sideainetega töödeldud pinnas;
- 4) lihtkatend, mille kate on juhusliku terakoostisega materjalist

Kandevõime ja katte liigi jooniste võrdlemisel võib kinnitada, et püsikatendiga teelõikudel on tagatud EMS koridoris nõutav e-mooduli väärtus ning EMS koridoride mõttes huvi pakkuvatel lõikudel, mille kohta puudub teeregistris kandevõime mõõdetud väärtus, on välja ehitatud püsikatend.

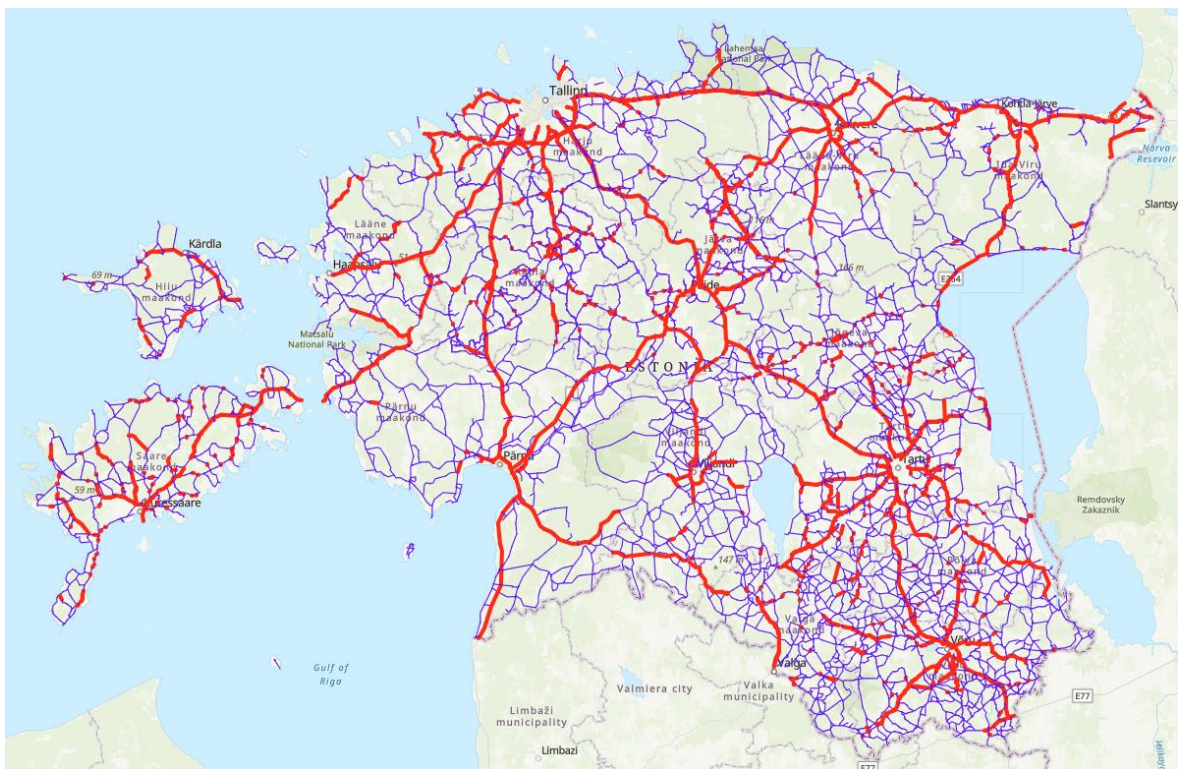


Joonis 20. Püsikatendid ja kerg- või siirdekatendid

3.2.3 Katte laius

Liiklusohutuse huvides on oluline, et teel liikuvate sõidukite liikumiskoridorid ei kattuks. Selleks peab sõidukite liikumiskoridoride laius olema võrdne või väiksem tee laiusest. Minimaalsed veoauto ohutuspiirmõõtmed ning läbi selle ka võimalikud katte laiused on toodud Tabel 2. Tabelist saab välja lugeda, et maantee kiirusel liikuva veoauto või auturongi korral on ohutu katte laius kahe rajalisel teel 9,00 m. Veoauto kiiruse

piiramisel 80 km/h- le on võimalik kasutada ka 8,00 m laiust katet. Neljarajalisel teel ei ole minimaalset katte laiust antud tabelis nimetatud. Samas on vajalik arvesse võtta lisaks arvutuslikule autole ka veoki tegelikku gabariiti ning haagise külgsuunalist liikumist veoki taga sõiduki otseliikumisel. Veoki tegelik laius koos peeglitega ei ületa 3,00m [1]. Minimaalne katte laius ei saa selle tõttu olla kahe-suunalisel teel alla 6,00m. Alternatiivina oleks võimalik lubada veoautode liiklus ainult ühes sõidusuunas, kuid see on raskesti teostatav ja ei ole üldise kaupade ja reisijate liikuvuse kontseptsiooniga kooskõlas [7]. Katte laiuse analüüsimisel välistame esmalt need teelõigud, mille laius on vähem kui 6,0 meetrit. Välistatud teelõigud, mille katte laius on alla 6,0 meetri, on toodud Joonis L49. Järgnevalt filtreerime andmed selliselt, et oleks võimalik eristada veoauto ohutuspiirmõõtmetele vastavat katte laiust, mis on minimaalselt 8,0 meetrit ning 6,0 ja 8,0 meetri vahemikku jäävad katte laiused. Üle 6,0 meetrise katte laiusega teelõigud on toodud Joonis 21, kus punasega on märgitud katted laiusega üle 8,0m ning sinisega vahemikus 6,0-8,0m.



Joonis 21. Katte laius > 6,0m

Katte laiuse analüüsi tulemusena saab välistada EMS koridorid nendel teelõikudel, mis katte tüübi ja kandevõime omaduste poolest on sobilikud.

Üldistavalt võib öelda, et peamiselt saab EMS koridoride loomisel ilma suuremahuliste täiendavate uuringuteta kasutusele võtta põhimaanteed ning teatud vähesel määral kõrval- ning tugimaanteed ja ühendusteid. Ühendusteade osas on võimalik tuvastada,

et nende kandevõime ja katend vastavad neile teedele, mille ühenduseks nad on välja ehitatud, põhimaanteed juurde kuuluvad ühendusteed on põhimaanteega sama kandevõime ja katte liigiga ning tugimaanteed juurde kuuluvad ühendusteed peamiselt tugimaanteed kandevõime ja katte liigiga.

3.2.4 Sillad

Sildade hindamisel on aluseks võetud nende koormusmodelid ning sõiduki sillal paiknemisel tekitatav kõige ebasoodsam olukord. Saadud paindemomente ja toereaktsioonide omavahelisel võrdlemisel on välistatud EMS koridori osana need sillad, mille ületamisel EMS sõiduk ületab silla 50% lubatud paindemomenti või toereaktsioone, kuna kasutatav simulatsioonitarkvara vaatleb sõidukite liikumist ühes sõidusuunas. Analüüsis oli kasutusel EMS sõiduk teljevahedega 3,4+1,37+6,60+1,31+6,60+1,31+1,31 meetrit (esimese ja viimase telje vahe 21,90 meetrit) ning teljekoormused 6,0+8,0+8,0+7,0+7,0+8,0+8,0+8,0 tonni (täismass 60,0 tonni). Vastavalt koormusmodelite ja sildade peavaa sildepikkustele andis analüüs teadmise, et alla 7 meetri pikkuste sildade puhul ei ole võimalik ühtegi silla koormusmodeli paindemomenti ja toereaktsiooni $\frac{1}{2}$ väärtust EMS sõidukiga ületada. Pikemate sildade puhul on oluline koormusmodeli analüüs. Üle 7,0 meetrise pikkusega NG-30 koormusmodeliga sildadele ei ole võimalik EMS koridori laiendada, NG-60 koormusmodeliga sildade puhul ei tohi silla pikkus ületada 20,0 meetrit ning NK-80, KM3 1200, KM3 2400 ning KM3 3600 koormusmodelite korral on EMS sõidukiga võimalik ületada mistahes pikkusega silda ilma paindemomenti ja toereaktsiooni $\frac{1}{2}$ väärtust ületamata. Sildade hindamisel ei ole tähelepanu pööratud silla seisukorda väljendavatele seisundiindeksitele, kuna nende kohta ei ole võimalik avalikest andmekogudest andmeid leida. Sildade analüüsi tulemusena saab väita, et sildade tõttu ei ole vajalik eelnevalt kirjeldatud EMS koridoride asukohti korrigeerida.

3.3 Liiklussagedus ja liikluse tipuajad

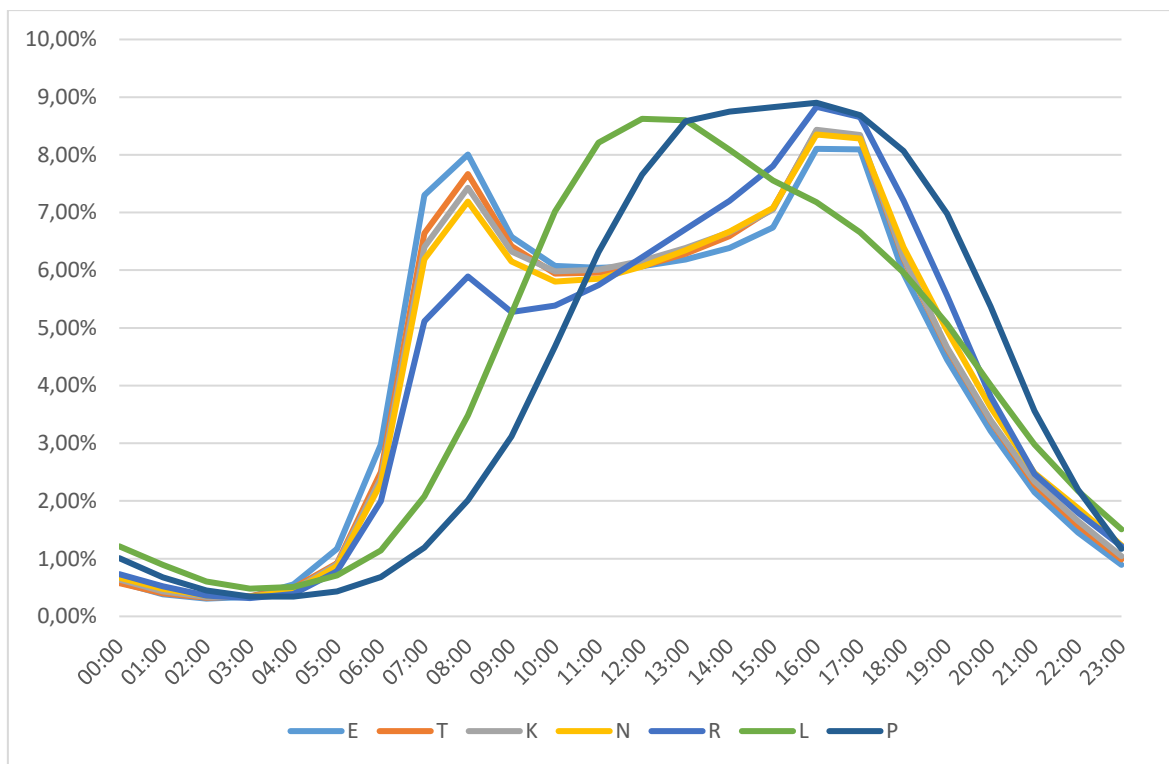
Ohutuse tagamise huvides on oluline, et pikemad sõidukid ei kasutaks liikumiseks suure liiklussagedusega perioode, sest see toob endaga kaasa üldiselt närvilisema liikluskeskkonna ning möödasõitude vajaduse rohkuse. Kõikides loenduspunktides saab eristada tööpäevade ja puhkepäevade erinevad tipuajad. Suure liiklussagedusega perioodide leidmiseks analüüsis autor Transpordiameti 2021 aasta püsiloenduspunktide liiklusloenduse andmeid, millest huvipakkuvate loenduspunktide andmed on toodud LISA 3. Analüüsi objektiks on võetud suuremate linnade lähiümbrused ning suurimate autorongide osakaaluga teelõigud.

Liikluse tipuaegade leidmiseks on võrreldud LISA 3 toodud graafikuid. Tipptunnid on käesoleva magistritöö kontekstis perioodid, mille jooksul on ühe tunni liiklussagedus vähemalt 7% ööpäevasest liiklussagedusest ning madala liiklussagedusega periood, kus ühe tunni liiklussagedus ei ületa 2% ööpäevasest liiklussagedusest. Võrdluse tulemusena saab öelda, et liikluse tipuajad on tööpäevadel ja nädalavahetustel erinevatel aegadel. Tööpäevade tipud on ajavahemikul 07.00-09.00 hommikul ning 16.00–18.00 õhtul. Nädalavahetuse tipud on seevastu ajavahemikul 10.00–18.00 laupäeval ning ajavahemikul 10.00–19.00 pühapäeval. Kõige suurema liiklussagedusega teed on Tallinna lähiümbruses, kus arvestuslik keskmine ööpäevane liiklussagedus (AKÖL) on üle 20 000 sõiduki. Valdavalt on samas tegemist eraldusribaga vähemalt neljarajaliste teedega, kus tee läbilaskevõime on oluliselt parem, kui kahe- ja kolmearajalistel teedel.

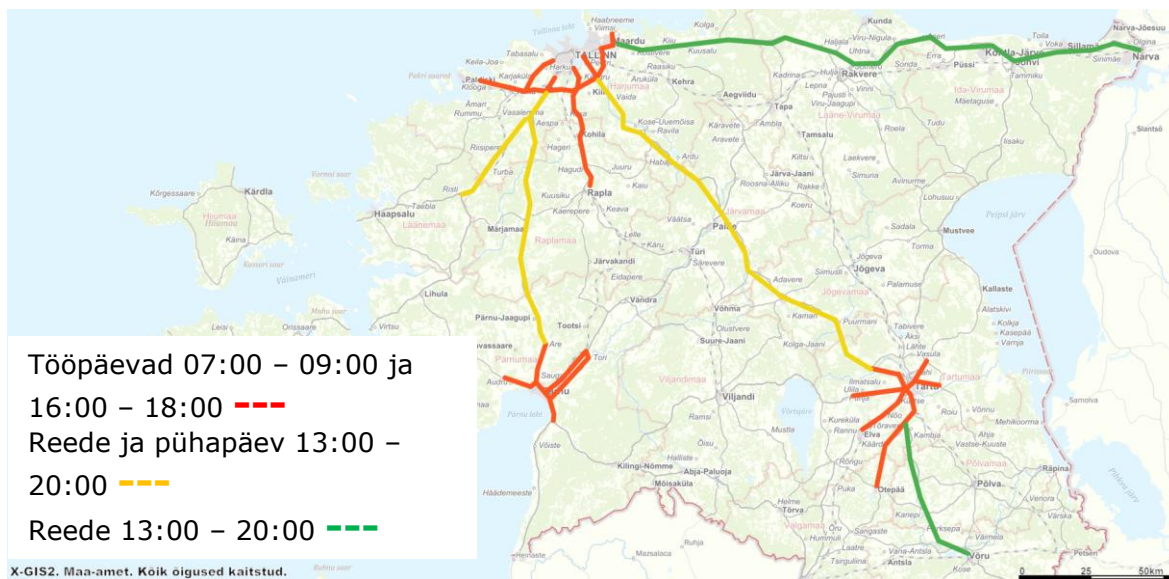
Liiklussageduse joonistel on selgelt eristatavad madala ja kõrge liikluse perioodid. Kella 06.00 alates on kõikide vaadeldud loenduspunktide graafikutel oluline AKÖL tõus, mis päeva jooksul muutub, kuid saavutab varahommikuse taseme uuesti alles alates 19.00. Alates kella 22.00 on AKÖL ligikaudu 1 – 2 % ööpäevasest liiklussagedusest ning selle väärtuse AKÖL ületab alles kella 05.00 ajal varahommikul. Kõikide vaatluse all olevate loenduspunktide keskmiste andmete järgi koostatud liiklussageduse protsentuaalse ööpäevase jaotuse graafik on toodud Joonis 22.

Joonis L42 saab järeldada, et liiklussagedus, millel on ka oluline mõju liiklusohutusele, ilmneb Tallinna, Tartu ja Pärnu lähiümbruses ning Tallinn-Tartu mnt, Tallinn-Narva mnt, Tallinn-Pärnu mnt ning Tallinna ringtee ulatuses. Sellest on tingitud ka loenduspunktide asukohad, millest saadud liiklussageduse andmete alusel on koostatud LISA 3 joonised.

Maanteel ja linnade lähiümbruses on tipuajad küll kellaajaliselt sarnastel perioodidel, kuid eristuvalt on suurema liiklussageduse erinevusega tipu- ja tavaajal linnade lähedal kogutud andmed. Loendusandmete kõrvutamisel on võimalik väita, et kõikides loenduspunktides on liiklussageduse oluline suurenemine alates kella 06:00 hommikul ja oluline vähenemine peale kella 19:00 õhtul. Sellest saab omakorda järeldada, et mistahes suurema ohu tasemega sõidukiga on kõige ohutum liikluses osalemise ajavahemik 22:00 – 06:00, kuid kõige optimaalsem ja seejuures ohutu ajavahemik 19:00 – 06:00. Viimasega on ka tagatud minimaalne, vähemalt 10 tunnine katkematu EMS sõiduki kasutamise võimalus ööpäevas. Kindlasti on EMS sõidukitega liiklemiseks välistatud liikluse tipuajad, mis on toodud Joonis 23.



Joonis 22. Protsentuaalne liiklussageduse jaotus



Joonis 23. Tipptunnid riigiteedel, aluskaart: Maa-amet

3.4 EMS sõidukite liikumistrajektoori geomeetrilised mudelid

Sõidukite geomeetriliste mudelite loomiseks on kasutatud programmi AutoTurn 11. Mudelid on konstrueeritud autori poolt ning valideeritud programmides olemasolevate mudelite kaudu. Samuti on kasutatud 2020 aastal läbi viidud EMS sõiduki sõidukitse andmeid ning näidis sõidukeid.

EMS sõiduki pöördel liikumise modelleerimiseks on vajalik luua tegelikkusele lähedased sõidukite mudelid. Mudelite loomiseks on kasutatud LISA 5 kirjeldatud sõidukeid. Sõidukite põhiandmed on sisestatud modelleerimistarkvarasse. Sõiduki mudelisse sisestamise dialoogiaken on toodud Joonis 9. Sõidukite sisestamisel on kasutatud programmis olemasolevaid sarnaseid sõidukeid, mille parameetrid on muudetud vastavaks uuritud sõidukitele. Kõik pööretel liikumised on modelleeritud kiirusel 20 km/h ning rooli vasakust lõppasendist parema lõppasendini (*lock-to-lock*) pööramise aeg on 6 sekundit. Rooli pöördenurk on mudelites, 27° - 37° ning autorongi haakeseadme maksimaalne pöördenurk $70,0^{\circ}$ - $90,0^{\circ}$. Selguse huvides on modelleeritavad EMS sõidukid ning nõuetele vastavad autorongid nimetatud ainult käesolevas magistritöös kasutatavate sümbolitega, mis on toodud Tabel L17.

Sõidukite pööramisel tekitatakse kujutletav pöördekontuur. Selliste kontuuride kaudu saab tuvastada, kas teel paikneva rajatise piirangud ja sõiduki pöördekoridor on omavahel kooskõlas või mitte. Käesoleva magistritöö raames analüüsitakse sõidukite pöördekarakteristikuid, et võrrelda omavahel nõuetele vastavate sõidukite kombinatsioonide ning EMS sõiduki liikumist pööretel. Nõuetele vastava sõiduki mudelites on muuhulgas võetud aluseks programmis olemasolev, direktiivile 96/53/EU vastav, sõiduk. Analüüsi aluseks on kehtivatele normidele vastava sõiduki pöörde geomeetria. On oluline, et EMS sõiduk oleks võimeline sooritama mistahes pöoret regulatsioonidele vastavates tee osades, näiteks ringristmikel, kus pöörde sooritamise võimekus on olemas regulatsioonidele vastavatel sõidukite.

Esmalt vaatleme, kas regulatsioonidele vastavad sõidukite mudelid on suutelised läbima direktiivis 96/53/EU toodud ringi, mille sisemine raadius on 5,3 meetrit ja välimine raadius 12,5 meetrit. Tegemist on äärmiselt konservatiivse nõudega, millele peavad vastama kõik Euroopa Liidus registreeritavad sõidukid. Ringi läbimise vaatlemiseks loome programmi vastavate parameetrite järgi ringi ning modelleerime normidele vastavate sõidukite pöördekoridorid. Saadud tulemus on nähtav Joonis L51. Järgnevalt kontrollime samadele parameetritele vastavas pöördekoridoris EMS sõidukite pöörde sooritamise võimekust. EMS 1 sõiduki puhul on näha, et pöördekoridor lõikab siseringi.

Välisringi osas on ületamine sarnane nõuetele vastava sõiduki tulemusega. Modelleerimisel ei ole võimaline EMS 2 sõiduk ringi läbima. Sisemise ringi lõikamine on oluliselt suurem, kui EMS 1 sõidukil ning ilma rooli pöördenuks suurendamata ei ole sellise sõidukiga ringi võimalik läbida. EMS 3 sõiduki puhul on olukord halb, välimise ringi osas see mahub lubatud piiridesse, kuid sisemist ringi lõikab täies ulatuses. Ringilt väljasõidul ületab EMS 3 sõiduk ringi keskosa. EMS 4 sõiduk läbib ringi normidele vastava sõiduki sarnaselt ning ei lõika siseringi ning välisringi ületamine on lubatu piires.

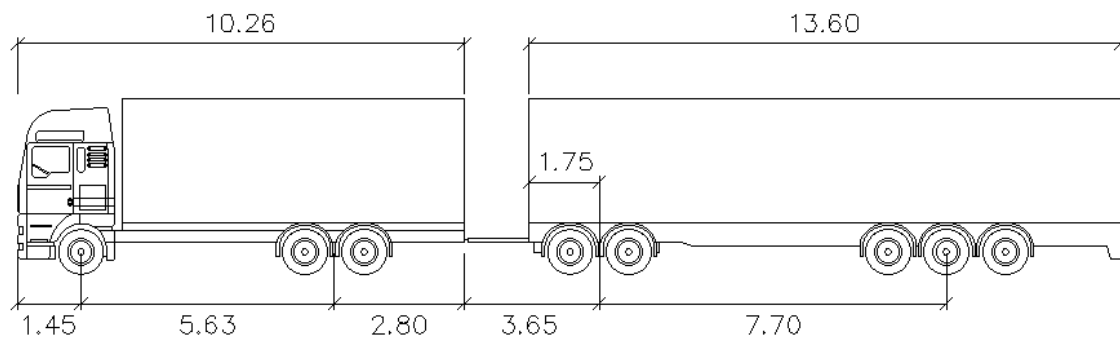
EMS 5 sõiduki pöördekoridor sarnaneb EMS 1 sõidukiga, ka selle puhul on näha, et pöördekoridor lõikab siseringi. Välisringi osas on ületamine sarnane nõuetele vastava sõiduki tulemusega.

EMS sõiduki pöördegeomeetria võrdlemiseks nõuetele vastava autorongi pöördegeomeetriaga tegelikule tee geomeetria lähedasemas olukorras on sisestatud programmi kahe kurviga trajektoori, mis on toodud Joonis 8. Kurvide raadiused on 12,0 meetrit ja 15,0 meetrit. Järgnevalt on modelleeritud kolme nõuetele vastava autorongi pöörded, 16,5 meetri pikkuse poolhaagisega autorongi ning 18,75 meetri pikkused täishaagisega autorongi ja kesktelghaagisega autorongi. Pööretel liikuva sõiduki pikitelg on asetatud liikumistrajektoori keskjoonele. Tekkinud liikumiskoridor on võetud edasiste analüüside aluseks, kuna nõuetele vastavate autorongide pöörete võimalused peavad olema teedel tagatud. Kolme normidele vastava autorongi liikumiskoridor on toodud Joonis L57.

Järgnevalt on lisatud liikumiskoridori joonisele EMS 1 sõiduk rohelise jäljega, mille läbipaistvuseks on valitud 50%. Modelleeritav EMS sõiduk on toodud Joonis 24 ning pöördekoridoride võrdlus Joonis L58. EMS sõiduki jälg ületab sisekurvis normidele vastavate sõidukite kombineeritud pöördekoridori jälge R12 korral 46 sentimeetrit ning R15 korral 37 sentimeetrit. Samas väliskurvis on EMS sõiduki jälg seespool normidele vastavate sõidukite kombineeritud pöördekoridori jälge vastavalt 9 ja 11 sentimeetrit. Kõige laiemas pöördekoridori osas on EMS sõiduki jälg tavasõiduki jäljest laiem 81 sentimeetrit mõõdetuna kurvi keskpunkti suunas. Järgnevalt on viidud läbi sama geomeetriline analüüs teiste EMS sõidukitega.

Analüüsi tulemusena võib kinnitada, et EMS sõidukite pöördekoridor on laiem, kui lubatud nõuetele vastavatel sõidukitel, kuid muuhulgas selgus simulatsiooni käigus, et ka nõuetele vastavate sõidukite pöörete geomeetria ei ole kooskõlas kehtivate tüüpmahasõitude nõuetega. Tüüp I mahasõidul ei ole võimalik ühegi modelleeritud sõidukiga sooritada pööret selliselt, et sõiduk ei kaldu vastassuuna sõidurajale. Tüüp II mahasõitudel on vastassuuna sõidurajalt läbisõit pigem tõenäoline ning Tüüp III mahasõitudel probleemi ei ole ja sõidukid, nii kehtivatele normidele vastavad kui ka

EMS sõidukid, sooritavad pöörde ilma vastassuuna sõidurajalt läbi sõitmata. Mahasõitude tüübid on toodud Joonis L27.



Joonis 24. EMS 1 sõiduki mõõtmed mudelis

EMS 2 sõiduk kaldub siseringi poole tunduvalt rohkem, kui EMS 1 sõiduk. Vastavalt R12 korral 2 meetrit ning R15 korral 1,5 meetrit. Samas pöördekoridori keskel asuva 5,3 meetrise raadiusega ringjoont pöördekoridor ei lõika ning pöördekoridorist välja ei kaldu. EMS 2 sõiduki pöörde geomeetria on toodud Joonis L59.

EMS 3 sõiduki korral on kaldumine siseringi poole oluliselt suurem, sõiduki pöördekoridor on siseringi pool R12 korral 3,6 meetrit ning R15 korral 2,8 meetrit. Välisringist EMS 3 sõiduk välja ei kaldu, kuid lõikab pöörde keskel asuvat ringjoont R5,3. EMS 3 sõiduki pöörde geomeetria on toodud Joonis L60.

EMS 4 sõiduk ei kaldu R12 ja R15 korral normidele vastavate sõidukite pöördekoridoridest välja Joonis L61 ning EMS 5 korral on siseringi suunas kaldumine sarnane EMS 2 sõidukile, R12 korral 1,5 meetrit ning R15 korral 1,2 meetrit Joonis L62.

Pöördekoridoride analüüsi tulemusena saab väita, et ehkki teatud tüüpi EMS sõidukid ei ole sama heade pöörete läbimise omadustega, kui normidele vastavad sõidukid, ei ole siiski nende kõrvalekalded suurte raadiuste korral liiga suured. Põhi- ja tugimaanteede osas kasutusel olevad mahasõitude tüüplahendused võimaldavad EMS sõidukite kasutamist.

3.5 EMS sõidukite mõju kaasliiklejatele

EMS sõidukite mõju kaasliiklejatele saab leida matemaatiliselt, arvestades ruumivajadust teel ning möödasõidu dünaamikat. Mida suurem on sõidukite ruumivajadus teel, seda suuremat mõju avaldavad nad kaasliiklejatele.

3.5.1 Kaubaruumi mahutavus ja ruumi vajadus teel

EMS sõidukite ja hetkel kasutatavate sõidukite võrdlemiseks on vajalik leida nende ühised parameetrid. Üheks selliseks, et mitte öelda kõige olulisemaks, on kaubaruumi mõõtmed ja mahutavus. Järgnevalt on võrreldud EMS sõiduki ja erinevate kasutusel olevate sõidukite ja sõidukite kombinatsioonide kaubaveo võimet.

Referentsiks on võetud kaubakogus 1000 kaubaalust mõõtmetega 800 mm x 1 200 mm ja kaaluga 800 kg. Kirjeldatud kaubaaluseid mahub ühte veokisse või täishaagisesse 11 (veose mass 8 800 kg) ja poolhaagisesse 33 (veose mass 26 400 kg). Nimetatud kaubakoguse transpordiks vajalike sõidukite arv on leitav valemist 3.1.

(3.1)

$$A = \frac{R_{alus}}{S_{sõiduk}},$$

kus

A	- Vajalik sõidukite / kombinatsioonide koguhulk	[tk]
R_{alus}	- Kaubaaluste koguhulk	[tk]
$S_{sõiduk}$	- Kaubaruumi aluste mahutavus	[tk]

Veose mass on aluste arvu ja ühe aluse arvestusliku kaalu korrutis. Vajalike sõidukite või sõidukite kombinatsioonide arv ning veose kogumass sõiduki või kombinatsiooni kohta on toodud Tabel L18. Järgnevate arvutuste lihtsustamiseks võtame aluseks sõidukite arvestuslikud tühimassid vastavalt Tabel L19 toodule. Järgnevalt on võimalik leida sõidukite või sõidukite kombinatsioonide tegelik mass koos veosega valemist 3.2.

(3.2)

$$m_t = m_{s1} + m_{s2} + \dots + m_{sn} + m_{k1} + m_{k2} + \dots + m_{kn},$$

kus

m_t	- Tegelik mass	[kg]
m_s	- Üksiku sõiduki tühimass	[kg]
m_k	- Kauba kaal sõiduki kohta	[kg]

Vastavalt sõidukite kombinatsioonides kasutatavatele sõidukitele on tühimassid ja tegelikud massid toodud Tabel L20

Sõidukite ruumivajadus teel sõltub sõidukite pikkusest, pikivahest, mis peab maanteel olema minimaalselt 3 sekundit [22], vajalike sõidukite arvust ja liikumiskiirusest ning on leitav valemist 3.3.

(3.3)

$$S_r = L_s + S_{pv} \cdot V \cdot 3 \cdot A_s,$$

kus

S_r	- Summaarne ruumi vajadus teel	[m]
S_{pv}	- Minimaalne pikivahe	[m]
A_s	- Sõidukite arv	[tk]
V	- Sõidukite keskmine kiirus	[m/s]

Sõidukite ruumivajadus teel 1000 kaubaaluse transpordiks kiirusel 80 km/h on toodud

Tabel L21. Ruumivajadus sama koguse kauba transportimisel Eestis kehtivate normide järgse kiirusega on toodud Tabel L22. Saadud tulemustest võib järeldada, et EMS sõidukite kasutamisel väheneb suumivajadus teel võrreldes kõige levinuma poolhaagisega autorongiga ligi 19% ning võrreldes veokiga 71%.

3.5.2 Möödasõiduaeg ja -teepikkus

Möödasõiduaeg ja -teepikkus kujunevad matemaatiliselt kahe sõiduki omavahelise kiiruse erinevusest, sõidukite pikkusest ning pikivahest enne- ja peale möödasõitu. Arvutustes on kasutatud kiirema sõidukina sõiduautot ning möödasõidul konstantset kiirust. Möödasõidule kuluva teepikkuse saame leida valemist 3.4 [51] ning möödasõiduaja valemist 3.5 [51].

(3.4)

$$s_k = s_1 + s_2 + l_1 + l_2 + t_u - \frac{v_L}{3,6} = \frac{t_k \cdot v_H}{3,6} = \frac{s_H \cdot v_H}{v_H - v_L},$$

kus

s_k	- Möödasõidu teepikkus	[m]
$s_1; s_2$	- Ohutu pikivahe	[m]
$l_1; l_2$	- Sõiduki pikkus	[m]
t_k	- Möödasõiduaeg	[s]
v_L	- Aeglasema sõiduki kiirus	[km/h]
t_k	- Möödasõidu aeg	[s]
v_H	- Kiirema sõiduki kiirus	[km/h]
s_H	- Kiirema sõiduki läbitud relatiivne teepikkus	[m]

(3.5)

$$t_k = \frac{3,6 \cdot s_k}{v_h - v_l},$$

EMS sõidukitest möödasõidule kuluva aja ja teepikkuse võrdluseks on toodud võrdlusandmed hetkel kehtivatele normidele vastavate sõidukite samade parameetrite kohta. Vähendades möödasõidetava sõiduki kiirust väheneb ka möödasõidu aeg ja teepikkus. Sama tulemuse annab ka mööda sõitva sõiduki kiiruse suurendamine. Sõidukite maksimaalne kiirus on piiratud 90 km/h [22].

Möödasõit poolhaagisega autorongist. Poolhaagisega autorong on koostatud vedukist ja poolhaagisest, mille keretüübid on BC ja DA. Teisi võimalusi reeglitele vastava poolhaagisega autorongi koostamiseks ei ole. Koosseisu maksimaalne lubatud pikkus on 16,50 m. Möödasõidu aeg ja teepikkus on toodud autorongi kiiruse 70 km/h korral Tabel L23, autorongi kiiruse 80 km/h korral Tabel L24 ning autorongi kiiruse 90 km/h korral Tabel L25. Möödasõit täishaagisega autorongist. Täishaagisega autorong on koostatud vedukist ja poolhaagisest, mille keretüübid on BC ja DA. Koosseisu maksimaalne lubatud pikkus on 18,75 m. Möödasõidu aeg ja teepikkus on toodud autorongi kiiruse 70 km/h korral Tabel L26, autorongi kiiruse 80 km/h korral Tabel L27 ning autorongi kiiruse 90 km/h korral Tabel L28. Möödasõiduaeg ja -teepikkus 24,0 meetri pikkusest EMS sõidukist kiiruse 70 km/h korral on toodud Tabel L29, kiiruse 80 km/h korral Tabel L30 ning kiiruse 90 km/h korral Tabel L31. Möödasõiduaeg ja -teepikkus 25,25 meetri pikkusest EMS sõidukist kiiruse 70 km/h korral on toodud Tabel L32, kiiruse 80 km/h korral Tabel L33 ning kiiruse 90 km/h korral Tabel L34.

3.5.3 Liiklussageduse mõju möödasõitudele

Liiklussagedusel ja möödasõitude arvul on otsene seos, sest mida suurem on liiklussagedus, seda rohkem on sõidukeid, mis soovivad liiklusvoolust aeglasemalt liikuvatest sõidukitest möödasõitu sooritada. Matemaatiliselt on võimalik tuvastada möödasõitude summaarne teepikkus aeglasema sõiduki läbitud teepikkuse kohta, kui on teada kaasneva liikluse keskmine kiirus ja aeglasema sõiduki keskmine kiirus ning samas sõidusuunas liikuvate sõidukite arv. Esmalt tuleb leida aeglasema sõiduki kogu marsruudi läbimise aeg valemi 3.6 abil.

(3.6)

$$T_{as} = \frac{L_{tp}}{V_{as}},$$

kus

L_{tp}	-	Läbitav marsruudi pikkus	[m]
T_{as}	-	Teepikkusele kuluv aeg	[m]
V_{as}	-	Aeglasema sõiduki kiirus	[m/s]

Teepikkuse 200 km läbimiseks aeglasemal sõidukil kuluv aeg keskmise kiiruse kohta on toodud Tabel L35. Järgnevalt tuleb leida samasuunalise liikluse keskmisest liikumiskiirusest ja liiklussagedusest tulenev sõidukite intervall. Intervalli saame leida keskväärtusena valemist 3.7.

(3.7)

$$I_{kl} = \frac{H_{KLS}}{KLS},$$

kus

I_{kl}	- Keskmine intervall samas suunas	[autot/s]
KLS	- Keskmine liiklussagedus samas suunas	[autot/h]
H_{KLS}	- Aeg	[s]

Keskmine intervall erinevate keskmiste kiiruste ja liiklussageduste korral on leitav Tabel L36. Täpset intervalli ei ole matemaatiliselt võimalik tuvastada ning selleks on vaja läbi viia täiendavad maanteekatsed. Käesoleva magistritöö raames ei ole sellise täpsusastmega andmed vajalikud ning piisab keskmiste väärtuste analüüsist. Intervalli leidmine on oluline, kuna selle kaudu on võimalik tuvastada, kas järele jõuab üks sõiduk korraga või toimub aeglasema sõiduki taga teoste sõidukite kohtumine. Samuti on intervall oluline, et selgitada, kas järele jõudnud sõidukil on piisavalt aega möödasõidu sooritamiseks. Keskmise samas suunas liikuvate sõidukite omavahelise distantssi saame leida valemist 3.8.

(3.8)

$$S_p = \frac{V_{kl} \cdot I_{kl}}{3,6},$$

kus

S_p	- Keskmine sõidukite vahe	[m]
V_{kl}	- Samasuunalise liikluse keskmine kiirus	[km/h]

Keskmine samas suunas liikuvate sõidukite vahe meetrites keskmise liikumiskiiruse korral on toodud Tabel L37. Sõidukite vahe meetrites on oluline teada, kui kiirem sõiduk alustab möödasõitu. Möödasõidu distantss peab ohutu möödasõidu sooritamiseks olema lühem, kui vastassuunas liikuvate sõidukite vahe. Samas suunas liikuvate sõidukite puhul peab pikivahe olema normaaltingimustel linnas vähemalt kaks sekundit ja asulavälisel teel vähemalt kolm sekundit [22]. Minimaalne pikivahe on võimalik leida valemist 3.9.

(3.9)

$$S_{min} = \frac{V \cdot I_{min}}{3,6},$$

kus

S_{min}	-	Minimaalne pikivahe	[m]
V	-	Sõiduki kiirus	[km/h]
I_{min}	-	Minimaalne intervall	[s]

Minimaalne pikivahe ees liikuva sõidukiga erinevatel kiirustel on leitav Tabel L36. Selleks, et tuvastada möödasõidu vajaduse tekkimine peame leidma aeglasemale sõidukile järele jõudvate sõidukite arvu. Aeglasemale sõidukile järele jõudvate sõidukite koguarv on leitav valemist 3.10.

(3.10)

$$R_{kl} = \frac{I_{kl}}{S_{as} - S_{kl}},$$

kus

R_{kl}	-	Järele jõudvate sõidukite arv	[tk]
S_{as}	-	Aeglase sõiduki läbitud teepikkus ajaühikus	[m/min]
S_{kl}	-	Samasuunalise liikluse läbitud teepikkus ajaühikus	[m/min]

Läbitava teepikkuse sõltuvus kiirusest on toodud Tabel L39, kus on kirjeldatud kiiruste esitamine erinevate mõõtühikute kaudu. Tabeli väärtuste valemisse asendamisel on võimalik leida seosed aeglase sõiduki ja sama suunalise liikluse keskmiste kiiruste alusel. Läbitava teepikkuse vahe minutis on leitav Tabel L40 ning liiklussagedusest ja liikumiskiiruste vahest sõltuv aeglasele sõidukile minutis järele jõudvate sõidukite arv Tabel L41.

On ilmselge, et mida suurem on kiiruste ja mida suurem on liiklussagedus, seda rohkem sõidukeid jõuab aeglasele sõidukile järele ning soovib alustada möödasõitu. Lisaks aja jooksul järele jõudvate sõidukite hulgale leiame visualiseerimise huvides ka teepikkuse kohta järele jõudvate sõidukite arvu. Järele jõudvate sõidukite arvu teekonna kohta R_{tp} saame leida valemist 3.11.

(3.11)

$$R_{tp} = R_{kl} \cdot T_{as}$$

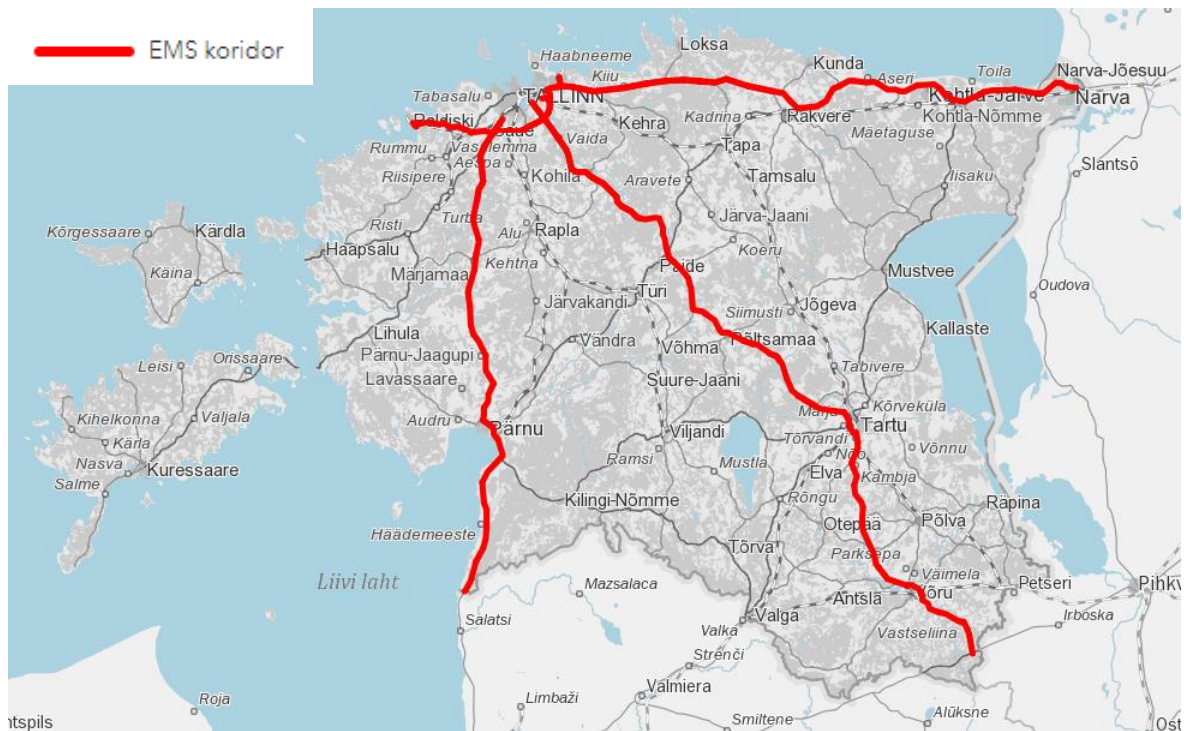
Aeglasema sõiduki poolt 100 km läbimise jooksul järele jõudvate sõidukite arv on toodud Tabel L42.

Kõrvutades omavahel möödasõidu aja ja teepikkuse andmeid ning möödasõidu sooviga sõidukite andmeid saab jõuda järeldusele, et suurema kiiruse vahega on järele jõudjate arv suurem ning summaarne möödasõidu aeg teekonna kohta on sama liiklussageduse juures lühem. Seega on oluline leida tasakaalupunkt, millisel juhul on olukord ohutum, kas siis, kui kiiruste vahe on väiksem ning möödasõidule läheb vähem kiiremaid sõidukeid, kuid möödasõidu aeg ja teepikkus on suuremad või vastupidi, kiiruste vahe on suurem, mööda sõita soovijate arv on suurem, kuid möödasõidu aeg on lühem.

Arvutuste tulemusena võib väita, et EMS sõidukiga samaaegselt liiklevate sõidukite liiklussagedus kahe rajalisel teel ei tohiks olla üle 100 sõiduki tunnis, keskmiselt 50 sõidukit samas suunas ja 50 sõidukit vastassuunas. Äärmisel juhul, kui ei ole võimalik seda tagada, on aktsepteeritav ka kuni 200 sõidukit tunnis, keskmiselt 100 sõidukit samas suunas ja 100 sõidukit vastassuunas. Seejuures ei ole oluline, kas EMS sõiduk liigub kiirusega 80 km/h või 90 km/h. Neljarajalistel teedel on oluline, et EMS sõidukid ei kasutaks liikumiseks tiptunde, vt. Joonis 23.

3.6 EMS sõidukite võimalikud liikumiskoridorid

Võrreldes omavahel liiklussageduse andmeid ning EMS sõiduki ohutu liiklussageduse arvutuste tulemusi, saab kinnitada, et EMS sõidukite liikumist võib lubada ajavahemikul 19:00–06:00 iga päev. Suurema nõudlusega asukohtadele ja teeregistri andmetele tuginedes on võimalik visualiseerida esmased EMS koridorid, ehk teed, millel ei ole kandevõime ja geomeetria probleeme ning millel on piisav nõudlus. Kindlasti on võimalik kasutada EMS koridoridena Joonis 25 toodud teid ja teelõike, rohkemate teede ja teelõikude EMS koridoridesse kaasamiseks on vajalik iga lisanduvat teed ja teelõiku vaadelda eraldiseisvalt. Ennekõike on vajalik tuvastada nõudlus ning seejärel hinnata tee geomeetriat, kasutades olemasolevaid mudeleid ning vajadusel teostada täiendavaid mõõtmisi kandevõime ja geomeetria osas. Äärmisel juhul on võimalik teatud teede kasutamine EMS koridoride osana täismassi piiranguga, kui ei ole tagatud 60 tonnise täismassiga EMS sõiduki vajadustele vastav kandevõime või EMS sõiduki tüüpe piirates, kui üks või mitu tüüpi EMS sõidukeid ei ole võimalised tee geomeetriast tulenevalt loodavat EMS koridori läbima. Järgnevalt on oluline EMS koridoride lähialadel läbi viia ristmike geomeetria uuringud või EMS sõidukiga maanteeekatsed, et kinnitada ristmike ja sõidukite omavaheline sobilikkus.



Joonis 25. EMS esmased koridorid

3.7 Kolmanda osa kokkuvõte

EMS sõidukite kasutuselevõtu ja EMS koridoride loomise osas on olemas piisav nõudlus ning ilma oluliste sõidukite ümberehitusteta on võimalik EMS sõidukid kasutusele võtta suhteliselt väikese lisakuluga. Sobilikud sõidukid on Eestis olemas ning nende kasutamiseks hetkel kehtivatele normidele vastavate sõidukite asemel EMS kontseptsioonis sobilike sõidukitega ei ole olulisi piiranguid. Kuna viimase kolme aasta raskeveokite liiklussagedus valitud püsiloenduspunktidest, mis on toodud Tabel 4, ei ole olulisel määral muutunud, võib muuhulgas oletada kaubaveo võimaluste ammendumist ning sõidukite puudumist kaubaveo nõudmiste tagamiseks. Järgnevalt tuleb Eesti teedevõrgul läbi viia nii kandevõime kui ka geomeetria analüüs, et vähendada EMS sõidukite kasutamise piiranguid ning taristu ebamõistlikult kiiret vananemist. Käesoleva töö raames ei ole kontrollitud EMS koridoride lähialade ristmike ja teede vastavust EMS sõidukite nõuetele ning seetõttu on oluline EMS koridoride lähialadel läbi viia ristmike geomeetria uuringud või EMS sõidukiga maanteeuuringud, et kinnitada ristmike ja sõidukite omavaheline sobilikkus.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö käigus võrreldi suurema kaubaruumiga EMS sõidukite ja tee ning EMS sõidukite ja normidele vastavate sõidukite andmeid. Analüüside tulemusena saab kinnitada, et EMS sõidukid on võimalik Eesti teedel kasutusele võtta, kuid ilma täiendavaid uuringuid ja analüüse läbi viimata ainult kindlatel teedel ning määratud ajavahemikel. Peamisteks sobilike liikumiskoridoride valiku kriteeriumiteks on EMS sõiduki massist tulenevad teede kandevõime omadused ning pöörete sooritamise võimekusest tulenevad geomeetrilised piirangud. Täiendavate kandevõime mõõtmiste ning geomeetriliste analüüside järgselt on tõenäoliselt võimalik oluliselt suurendada EMS koridoridena kasutatavate teede hulka, et vähendada EMS sõidukite kasutamise piiranguid ning samas välistada taristu ebamõistlikult kiiret vananemist.

EMS sõidukite kohta on erinevates riikides läbi viidud mitmeid uuringuid ning üldistavalt võib välja tuua, et teistes riikides teostatud sõidukite ja taristu omavahelise võrdluse uuringud ei ole üheselt üle kantavad Eesti teedele. Selle tõttu oli vajalik teatud muutujad uuesti välja arvutada. Vastasel korral oleks võimalus tõlgendada olulisi parameetreid, näiteks tee kasutus, tunduvalt positiivsemana. Varasematele uuringutele tuginedes võib väita, et EMS sõidukite kasutamise kohta ei ole esitatud väga palju vastuargumente, seega on ilmselt tegemist ühe maanteetranspordi tulevikulahendusega.

Uurimisküsimuste vastused

1. Millised on EMS sõidukite nõuded taristule?

Geomeetriliste nõuete osas on EMS sõidukid pöörete sooritamise omaduselt halvemas seisus kui normidele vastavad sõidukid. Ennekõike ristmikel vajavad EMS sõidukid rohkem ruumi. Valdavalt ei ole see probleemiks põhi- ja tugimaanteedel, kus on kasutusel ristmike tüübid, mis vastavad muuhulgas ka EMS sõiduki parameetritele. Väiksematel teedel on aga oht, et EMS sõiduk ei ole võimeline pöördeid sooritama ning selle tõttu ei ole võimalik ilma täiendavate uuringute ja analüüsideta lubada selliste sõidukite liiklust kõikidel teedel. EMS sõiduki suurema massi tõttu on oluline, et kasutusele ei võeta neid teid, mille osas ei ole tagatud tee või teel paiknevate rajatiste säilimine. Samuti kui geomeetria osas, ei ole suurematel teedel kandevõimega probleeme, kuid väljaspool käesolevas töös tuvastatud EMS koridore on vajalik viia läbi täiendavad analüüsid ka kandevõime osas.

2. Milline mõju kaasneb EMS sõidukite liiklusesse lubamisega kaasliiklejatele?

Peamine mõju kaasliiklejatele väljendub möödasõiduaja pikenemises. Hetke nõuetele vastava sõiduki maksimaalne pikkus on 18,75 meetrit, EMS sõiduki pikkus aga 25,25 meetrit. Lisanduva 6,50 meetri tõttu pikeneb möödasõidu aeg kuni 3 sekundit eeldusel, et mööda sõitev sõiduk ei ületa kiirust ja EMS sõiduk liigub kiirusega 80 km/h. Samuti nõuab pikema sõiduki manööverdamine ristmikel rohkem aega, mis mõjutab näiteks foritsüklite tööd või tekitab liiklusmärkidega reguleeritud teeandmise kohustusega pööretel pikema ooteaja.

3. Milliseid piirkondi tuleb EMS koridoride loomisel esmajärjekorras ühendada?

EMS sõidukite kasutuselevõtu esimeseks eelduseks on nõudluse olemasolu. Seega on esmajärjekorras vajalik ühendada EMS koridoridega need piirkonnad, kus paiknevad suuremad lao- ja kaubanduspinnad ning tööstused. Lisaks piirkondadele analüüsiti käesolevas magistritöös ka autorongide liiklussagedust ning võib öelda, et suurim autorongide liiklussagedus on kõige suurema nõudlusega piirkondade vahel.

4. Millised on EMS sõidukite liiklemise võimalikud koridorid ja piirangud?

Möödasõiduajale viidates on vajalik määrata EMS sõidukitele liikumiskiirangud, mis samas minimaalselt avaldaks mõju kaupade vabale liikumisele. Selleks analüüsiti liikluse intensiivsust nendel teedel, mis ühendavad omavahel suurima nõudlusega piirkondi. Analüüsi tulemusena saab öelda, et EMS sõidukite kasutamiseks on kõige ohutum ajavahemik, sõltumata nädalapäevast, 19:00 – 06:00. Autojuhi töö spetsiifikast tingituna ei tohi EMS sõiduki summaarne lubatud liikumisaeg olla lühem kui 10 tundi ning sellele nõudele ajavahemik ka vastab.

Käesoleva töö osas püstitatud eesmärgid said täidetud ning leidis kinnitust, et EMS sõidukite kasutuselevõtt Eestis on võimalik. Lisaks keskkonnanäesmärkide täitmisele kaasa aitamisele parandab EMS sõidukite liiklusesse lubamine transpordisektori konkurentsivõimet ja kaupade liikuvust. EMS sõidukite kasutuselevõtu ja EMS koridoride loomise osas on olemas piisav nõudlus ning ilma oluliste sõidukite ümberehitusteta on võimalik EMS sõidukid kasutusele võtta suhteliselt väikese lisakuluga. Sobilikud sõidukid on Eestis olemas ning nende kasutamiseks EMS kontseptsioonis ei ole olulisi piiranguid. Kuna viimase kolme aasta raskeveokite liiklussagedus ei ole olulisel määral muutunud, võib muuhulgas kahtlustada kaubaveo võimaluste ammendumist ning sõidukite või juhtide puudumist kaubaveo nõudmiste tagamiseks.

Euroopa Liidu seadusandluses on EMS sõidukite kasutamiseks loodud võimalused, kuid esialgu ainult siseriiklike eranditena. 2022 aasta neljandas kvartalis on Euroopa

Komisjon planeerinud algetada avalikud konsultatsioonid direktiivi 96/53/EU muutmiseks. Algatuse raames hinnatakse EMS sõidukite piiriülese transpordi lubamise võimalust.

Piiriülese EMS sõidukite liikumise lubamisel on oluline, et EMS koridorid ja nendes kehtivad nõuded oleks kirjeldatud ja juurutatud ning selle saavutamiseks on oluline võimalikult kiirelt lubada suurema kaubaruumiga sõidukid Eesti teedele.

SUMMARY

In this Master's thesis, the author analysed whether vehicles whose cargo holds are bigger than usual (high-capacity vehicles, henceforth HCVs) conform to the parameters of existing roads, and compared the data of higher capacity vehicles to those conforming to current rules and regulations. Based on the analysis, it can be confirmed that, without additional surveys and analyses, it is possible to use high-capacity road trains on Estonian roads, but only on certain roads and for limited periods of time. The main criteria for the selection of suitable transport corridors include the load bearing capacity of Estonian roads (due to the weight of HCVs) and geometrical limitations (due to manoeuvring difficulties). After an additional assessment of load bearing capacities, and geometrical analyses, it will probably be possible to increase the number of roads used for high-capacity transport (HCT) considerably and therefore reduce the limitations set for the utilization of HCVs, while also avoiding the unreasonably fast deterioration of the infrastructure.

Different countries have conducted numerous surveys analysing the use of HCVs, and it can generally be said that surveys analysing the compatibility of vehicles and infrastructure, which have been conducted in other countries, cannot be applied to Estonian roads by default. Therefore, certain variables had to be re-calculated. Otherwise, it would be possible to interpret important parameters, such as the exploitation rates of any given road, far more positively. Based on previous surveys, it can be said that the utilization of HCVs does not seem to have many counter-arguments, which means that we are probably talking about one of the future solutions of road transport.

Questions posed in this research paper, with answers

1. Which requirements do HCVs pose for the infrastructure?

As to the geometric requirements, the manoeuvring capabilities of HCVs are worse than those of regular vehicles. HCVs need more room, especially on intersections. In general, this does not pose problems on main roads or main connecting roads, where the intersections are suitable for the parameters of HCVs. On smaller roads, however, HCVs might not be able to manoeuvre – therefore, it is impossible to allow the use of HCVs on all roads, without additional surveys and analyses. Due to the bigger mass of HCVs, it is important not to use roads where the preservation of the road itself or its structures (e.g., bridges) is not guaranteed. As stated before, geometrical limitations do not pose problems for main roads, and the same can be said about load-bearing capacity;

however, outside the HCT corridors specified in the present thesis, load-bearing capacities shall have to be analysed additionally as well.

2. How does the inclusion of HCVs in everyday traffic affect other road users?

The main effect is that it takes more time to pass HCVs. At the moment, the maximum vehicle length is 18.75 meters, but an HCV is 25.25 meters long. Due to the additional 6.50 meters, it takes up to 3 seconds longer to pass the vehicle, given that the passing vehicle sticks to the speed limit and the HCV moves at the speed of 80 km/h. On intersections, the manoeuvring time of longer vehicles is longer as well, which affects traffic light cycles and might extend the queue waiting time on turns regulated by traffic signs requiring the driver to stop and give way.

3. Which areas should be connected with HCT corridors first?

The most important prerequisite for the utilization of HCVs is demand. Therefore, the first areas that need to be connected with HCT corridors are areas housing big storage and commerce spaces and industrial facilities. In addition to different areas, the present thesis analysed the traffic volume of road trains, and it can be said that the volume of traffic is highest between areas where the demand is biggest.

4. What are the potential traffic corridors and limitations when it comes to HCVs?

Keeping in mind that it takes more time to pass HCVs, it is necessary to establish limitations for HCVs that would, at the same time, have minimum impact on the free movement of goods. To that end, the thesis analysed the traffic intensity on roads connecting areas where the demand is highest. As a result of this analysis, it can be said that the safest time period for the utilization of HCVs is between 7 PM and 6 AM, irrespective of the day of the week. Due to the requirements set for drivers, the sum total of the allowed driving time of an HCV cannot be less than 10 hours, and the time period mentioned above adheres to that requirement.

The goals of the present thesis were met and it was confirmed that the utilization of HCVs is indeed possible in Estonia. In addition to helping to fulfil environmental goals, the inclusion of HCVs in everyday traffic improves the competitiveness of the transport sector and the movement of goods. There is sufficient demand for the utilization of HCVs and the creation of HCT corridors, and it is possible to start using HCVs without having to modify the vehicles substantially, and the additional costs would be comparatively low. Suitable vehicles already exist in Estonia and there are no substantial obstacles preventing the replacement of regular heavy-goods vehicles with vehicles complying to the concept of HCT. Seeing that the traffic volume of heavy-goods vehicles has not

changed considerably over the past three years, it can be assumed, among other things, that the potential for the carriage of goods has been exhausted, and the lack of either vehicles or drivers makes it impossible to meet the demand for the carriage of goods.

The legislation of the European Union makes it possible to use HCVs, but at the moment only as an exception granted to a specific member state. In the fourth quarter of 2022, the European Commission is planning to initiate public consultations for the amendment of directive 96/53/EU. The consultations will involve an assessment of the impact of allowing cross-border movement of HCVs.

When allowing HCVs to cross borders, it is important to establish and implement suitable HCT corridors and all the necessary requirements. To achieve that, it is important to allow vehicles with larger cargo holds on Estonian roads as soon as possible.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] J. Varn, G. Eucalitto ja S. Gander, *Planning for state transportation revenue in a coming era of electric vehicles*, National Governors Association Center for Best Practices, Washington, DC, 2020.
- [2] Euroopa Nõukogu, *Nõukogu direktiiv 96/53/EÜ, 25. juuli 1996, millega kehtestatakse teatavatele ühenduses liikuvatele maanteesõidukitele siseriiklikus ja rahvusvahelises liikluses lubatud maksimaalmõõtmed ning rahvusvahelises liikluses lubatud täismass*, Official Journal L 235 , 17/09/1996 P. 0059 - 0075, 1996. [Online] Loetud aadressil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX%3A31996L0053>. Kasutatud 05.veebruar 2022.
- [3] Euroopa Komisjon, *Valge Raamat Euroopa ühtse transpordipiirkonna tegevuskava – Konkurentsivõimelise ja ressursitõhusa transpordisüsteemi suunas*, Euroopa Komisjon, Brüssel, 2011. [Online] Loetud aadressil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/et/TXT/?uri=CELEX:52011DC0144>. Kasutatud 11.märts 2022.
- [4] Euroopa Parlament ja Nõukogu, *EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV (EL) 2020/1057*, [Online]. Loetud aadressil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:32020L1057>. Kasutatud 10.mai 2022.
- [5] H. Pålsson et al., „Longer and heavier road freight vehicles in Sweden: Effects on tonne- and vehicle-kilometres, CO2 and socio-economics,” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 47 No. 7, pp. 603-622 doi: <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2017-0118>.
- [6] U. Seidenova, J. Hundenborn, S. Keuchel, *Costs and capabilities of innovative concepts of long and heavy vehicles in Germany*, Westphalian University, Saksamaa [Online] Loetud aadressil <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100518>. Kasutatud 29. märts 2022.
- [7] I. Åkerman ja R. Jonsson, *European Modular System for road freight transport – experiences and possibilities*, TransportForsk AB / UNECE, STOCKHOLM, 2007, [Online]. Loetud aadressil: doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.023>. Kasutatud 11.märts 2022.
- [8] A. Dzioba ja J. Gutsche, "Analysis of modular transport systems functioning in selected European countries", in *19th International Conference Diagnostics of Machines and Vehicles "Hybrid Multimedia Mobile Stage*, MATEC Web of Conferences 332, 01008 (2021). loetud aadressil: doi:10.1051/matecconf/202133201008. Kasutatud 10.mai 2022.
- [9] European Automobile Manufacturers Association, *High Capacity Transport Smarter policies for smart transport solutions* mai 2019. [Online]. Loetud aadressil https://www.acea.auto/uploads/publications/ACEA_Paper-High_Capacity_Transport.pdf. Kasutatud 12. märts 2022.
- [10] Eesti Ettevõtluskõrgkool Mainor, *Logistikasõnaraamat*, [Online]. Loetud aadressil: <http://logistika.eek.ee/?page=sona&t=G>. Kasutatud 29. märts 2022.

- [11] A. Sauk, „Pikkade autorongide tehnilised tingimused Eestis,” [Bakalaureusetöö], Tehnikainstituut, Tallinna Tehnikakõrgkool, Tallinn, Eesti, 2020.
- [12] M. Irzik, "Trial on Longer Trucks in Germany 01.01.2012 to 31.12.2016", *Chinesische Konferenz zur Umsetzung des Aktionsplans „Grüne Logistik”*, Berlin, 2017 Loetud aadressil: https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-lang-lkw/Praesentation-17052017.pdf?__blob=publicationFile&v=1. Kasutatud 05. aprill 2022.
- [13] H. Liimatainen, M. Pöllänen ja L. Nykänen, "Impacts of increasing maximum truck weight – case Finland European" *Transport Research Review*, 2020. Loetud aadressil: <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00403-z> .Kasutatud 01. märts 2022.
- [14] Transpordiamet, „EMS sõidukite maanteekatsed,” Tallinn, 2021.
- [15] J. Pavlovic et al., *How accurately can we measure vehicle fuel consumption in real world operation?*, Ispra, Itaalia 2020 doi:10.1016/j.trd.2020.102666
- [16] E. Larrodéa ja V. Muerza, „European Modular Systems performances comparison in freight,” *XIV Conference on Transport Engineering*, Burgos, 2021. Loetud aadressil: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.023>. Kasutatud 15. märts 2022.
- [17] E. den Boer, M. Hoen ja S. Hausberger, *Monitoring heavy-duty vehicles' CO2 emissions and their costs*, CE Delft, Delft, 2016 [Online] Loetud aadressil: https://ec.europa.eu/clima/system/files/2017-06/monitoring_heavy_duty_vehicles_co2_emissions_en.pdf. Kasutatud 16. märts 2022.
- [18] T. Nokes et al., *Preparation for collection and monitoring of real-world fuel consumption data for light and heavy duty vehicles*, Ricardo-AEA Ltd, London, 2019. 340201/2018/7878749/SER/CLIMA.C.4 [Online] Loetud aadressil https://ec.europa.eu/clima/system/files/2019-10/report_fuel_consumption_en.pdf. Kasutatud 16. märts 2022.
- [19] L. Cider ja L. Larsson, „Duo trailer an innovative transport solution co-optimizing multi vehicle combinations,” *HVTT15*, Rotterdam, Holland, 2018 [Online] Loetud aadressil <https://hvttforum.org/wp-content/uploads/2019/11/Larsson-DUO-TRAILER-AN-INNOVATIVE-TRANSPORT-SOLUTION.pdf>. Kasutatud 05. aprill 2022.
- [20] Majandus- ja kommunikatsiooniminister, 13.06.2011 määrus nr 42 Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele, RT I, 16.06.2011, 8 <https://www.riigiteataja.ee/akt/117052022006>.
- [21] Majandus- ja taristuminister, 04.09.2015 määrus nr 114 „Eriveo tingimused ning eriveo teostamise ja erilubade väljaandmise kord ning tee omanikule tekitatud kulutuste hüvitamise, eriloa menetlustasu ja eritasu määrad, RT I, 09.09.2015, 2 <https://www.riigiteataja.ee/akt/110082021004>.
- [22] Liiklusseadus, RT I, 17.03.2011, 21 <https://www.riigiteataja.ee/akt/122032022004>.

- [23] Initiative für Innovative Nutzfahrzeuge , *Faktenpapier zum Feldversuch mit dem Lang-Lkw*, Berlin, 2011 [Online] Loetud aadressil <https://www.ihk-nuernberg.de/de/media/PDF/Standortpolitik-und-Unternehmensfoerderung/Verkehr/Verkehrspolitik/Faktenpapier-Lang-Lkw.pdf>. Kasutatud 17.märts 2022.
- [24] Vabariigi Valitsus, Riigiteede teehoiukava 2021–2030 kinnitamine, RT III, 15.12.2020, 7 <https://www.riigiteataja.ee/akt/315122020007>.
- [25] Transpordiamet, *Rahvusvahelised teed*, [Online]. Loetud aadressil <https://transpordiamet.ee/rahvusvahelised-teed>. Kasutatud 25. märts 2022.
- [26] Euroopa Parlament ja Nõukogu, *Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 715/2007, 20. juuni 2007 , mis käsitleb mootorsõidukite tüübikinnitust seoses väikeste sõidautode ja kommertsveokite (Euro 5 ja Euro 6) heitmetega ning sõidukite remondi- ja hooldusteabe kättesaadavust (EMPs kohaldatav tekst)*, [Online]. Loetud aadressil <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32007R0715>. Kasutatud 27. märts 2022.
- [27] A. Lukk, *Sõidukite hinnastamine*. Intervjuu 23 aprill 2022.
- [28] B. Sool, „Veoautojuhtide tööjõupuudus Eestis“, [Magistritöö], Inseneriteaduskond, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, Eesti 2020 [Online]. Loetud aadressil <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/7ccdc123-9535-4b52-88ca-ebc07721082f>.
- [29] IRU, *New IRU survey shows driver shortages to soar in 2021*, [Online]. Loetud aadressil <https://www.iru.org/news-resources/newsroom/new-iru-survey-shows-driver-shortages-soar-2021>. Kasutatud 27. märts 2022.
- [30] David Lindqvist et al., A cost benefit model for high capacity transport in a comprehensive line-haul network, *European Transport Research Review* 12, 60 (2020), [Online] Loetud aadressil <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00451-5>. Kasutatud 05. märts 2022.
- [31] International Transport Forum, *High Capacity Transport: Towards Efficient, Safe and Sustainable Road Freight*, International Transport Forum Policy Papers, No. 69, OECD Publishing, Paris, 2019. [Online] Loetud aadressil <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/high-capacity-transport.pdf>. Kasutatud 05. aprill 2022.
- [32] M. Kindt, A. Burgess, *Longer and heavier vehicles in practice, Economic, logistical and social effects*, Holland, 2011. [Online] Loetud aadressil https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_138585_31. Kasutatud 07. aprill 2022.
- [33] H. Palsson, H. Sternberg „LRN 2016 SPECIAL – high capacity vehicles and modal shift from rail to road: combining macro and micro analyses,“ *International Journal of Logistics Research and Applications* Volume 21, 2018 [Online] Loetud aadressil <https://doi.org/10.1080/13675567.2018.1430232>. Kasutatud 29. märts 2022.
- [34] Transpordiamet, *Pikemate ja raskemate autorongide mõjude hindamine*, Tallinn, 2021.

- [35] Euroopa Komisjon, *Avaldatud algatused - Tarbesõidukid – mass ja mõõtmised (hindamine)*, [Online]. Loetud aadressil https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13278-Tarbesoidukid-mass-ja-mootmed-hindamine-_et. Kasutatud 24. märts 2022.
- [36] Maanteeamet, *Riigiteedel asuvate sildade, viaduktide, truupide, tunnelite ja ökoduktide konstruktsioonidele mõjuvate liikluskoormuste täpsustamise juhised*, Tallinn, 2018. [Online] Loetud aadressil <https://transpordiamet.ee/media/2725/download>. Kasutatud 24. märts 2022.
- [37] Transpordiamet, *Liiklussagedus riigiteedel, 2022*. [Online]. Loetud aadressil <https://transpordiamet.ee/maanteed-veeteed-ohuruum/eesti-teedevork/liiklussagedus>. Kasutatud 09. aprill 2022.
- [38] K. Kural, „Analysis of high capacity vehicles for Europe: application of performance based standards and improving manoeuvrability“ [Doktoridissertatsioon], Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Holland 2019 [Online] Loetud aadressil doi:10.13140/RG.2.2.27671.52646. Kasutatud 26. märts 2022.
- [39] Inseneribüroo Stratum, *Ringristmike kasutuspraktika analüüs ja soovitusend nende rajamiseks*, Tallinn, 2007.
- [40] *Linnatänavad*, Eesti standardikeskus, Tallinn, 2016.
- [41] Majandus- ja taristuminister, 05.08.2015 määrus nr 106 Tee projekteerimise normid, RT I, 07.08.2015, 14 <https://www.riigiteataja.ee/akt/107082015014>.
- [42] Vabariigi Valitsus, 07.01.2016 määrus nr 1 Teeregistri põhimäärus RT I, 12.01.2016, 1 <https://www.riigiteataja.ee/akt/112012016001>.
- [43] Transpordiamet, *Sillad riigiteedel*, [Online]. Loetud aadressil <https://www.mnt.ee/et/tee/eesti-teedevork/sillad-riigiteedel>. Kasutatud 25. märts 2022.
- [44] Transpordiamet, *Sildade pingeriid*, Tallinn, 2021.
- [45] E. Reinsalu, „Nõukogudeaegsete tüüpsildade kandevõime viimine vastavusse euronõuetega ja võimalike tugevdamise ning laiendamise meetodite analüüs,“ [Magistritöö], Inseneriteaduskond, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2017.
- [46] M. Kiisa et al., *Raskeveokite mõju sildadele. Nende koormuste valideerimine reaalsetel koormustel ning mõju analüüs*, Tallinna Tehnikakõrgkool, Tallinn, 2020 [Online] Loetud aadressil https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/raskeveokite_moju_sildadele_l_opparuanne_2020-03-23.pdf. Kasutatud 27. märts 2022.
- [47] A. Funk et al., *Raskete eriveoste mobiilsuse ning taristu uuringu lõpparuanne*, Eesti Teadusagentuur, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2020.
- [48] Transpordiamet, *Loenduspunktide asukohad*, Tallinn, 2022. [Online]. Loetud aadressil <http://tmc-ca-vdanet/VDAForms/TMSiteForms/TMSiteList>. Kasutatud 09. aprill 2022.

- [49] Teede Tehnokeskus, FWD mõõtmine, [Online]. Loetud aadressil <https://teed.ee/teenused/katsetamine-ja-mootmine/mootmine/kandevoime/fwd-mootmine/>. Kasutatud 27. märts 2022.
- [50] T. Tõnts, *Transpordiameti Taristu korraldamise osakonna juhtivinsener*. [Intervjuu]. 07. aprill 2022.
- [51] Robert Bosch GmbH, *Electronic Automotive Handbook 1. Edition*, Robert Bosch GmbH, 2002.
- [52] Maanteeamet, *Kasutus- ja hooldusjuhendi koostamise põhimõtted*, Tallinn, 2015.
- [53] Maanteeamet, *Tehniline kirjeldus ja tüüpjoonised*, Tallinn, 2011.

LISAD

LISA 1 sõidukite liigitus

LISA 2 Ringristmik ja mahasõit

LISA 3 Liiklusloenduse andmed

LISA 4 SNiP koormusmodelid

LISA 5 Modelleeritavad sõidukid

LISA 6 Teeregistri andmed

LISA 7 Terminalide asukohad

LISA 8 Sõidukite pöördegeomeetria

LISA 9 EMS sõidukite mõju

LISA 1 Sõidukite liigitus

N- kategooria sõidukite liigitus keretüübi järgi

BA – veoauto – mootorsõiduk, mis on projekteeritud ja valmistatud ainult või peamiselt kaupade veoks. Sõiduk võib olla varustatud haakeseadmega ning vedada haagist.

BB – kaubik – veoauto, milles juht ja veos asuvad samas ruumis;

BC – sadulveok – veduk, mis on projekteeritud ja valmistatud ainult või peamiselt poolhaagiste veoks;

BD – vedukauto – veduksõiduk, mis on projekteeritud ja valmistatud ainult või peamiselt muude haagiste kui poolhaagiste veoks;

BE – pikap - sõiduk, mille täismass ei ületa 3 500 kg ning, milles juht ja veos ei asu samas ruumis;

BX - kabiiniga või kapotiga šassii - mittekomplektne sõiduk, mille puhul on kokku monteeritud vaid kabiin (täielikult või osaliselt), šassii talad, jõuseade ja teljed, ning millele on kavas lisada veoettevõtja vajadustele vastav kerekonstruktsioon.

O- kategooria sõidukite liigitus keretüübi järgi

DA – poolhaagis - veduki või eelikuga haagitav haagis. Vedukile kantakse üle märgatav osa haagise massist. Haakimiseks kasutatakse sadulhaakeseadeldist või veopolti. Tegemist on peamise kaubavedudel kasutatava haagise tüübiga.

DB – täishaagis - haagis, millel on vähemalt kaks telge, millest vähemalt üks on juhitud. Haakesead peab olema haagise suhtes vertikaalsuunas liigutatav ning haakeseadme maksimaalne vertikaalkoormus on piiratud 100 daN- ga.

DC – kesktelghaagis – nagu ka nimetus ütleb on tegemist haagise raskuskeskme keskel paikneva telje või teljerühmaga haagisega. Teljed peavad olema ühtlaselt koormatud ning antud tüüpi haagis võib kanda haakeseadme kaudu vedukile üle maksimaalselt 10% haagise täismassist või 1 000 daN koormust, viimasest kahest väiksema väärtuse.

DE - jäiga haakeseadmega haagis – tegemist on ühe telje või teljerühmaga haagisega, mille teljed ei asu haagiseraskuskeskmes ning mille jäiga haakeseadme kaudu kantakse vedukile üle kuni 4 000 daN koormust. Nimetatud haagisel ei tohi olla kasutusel sadulhaakeseadist ega veopolti ning haagis ei tohi vastata kesktelghaagise määratlusele.

Eriotstarbeliste sõidukite liigitus keretüübi järgi

Eriotstarbelised sõidukid võivad, kuid ei pea olema standardsed. Seega on allpool toodud keretüüpidega sõidukite puhul võimalus, et neid saab kasutada EMS sõiduki koostamisel, kuid iga üksikjuhtu tuleb vaadelda eraldiseisvalt.

SA - Autoelamu - majutusvõimalusega M-kategooria sõiduk

SB - Soomussõiduk - veetavate reisijate või kauba kaitseks ettenähtud kuulikindla soomusega sõiduk

SC - Kiirabiauto - M-kategooria sõiduk, mis on ette nähtud haigete või vigastatud inimeste veoks ja millel on selleks vajalik erivarustus

SD - Matuseauto - M-kategooria sõiduk, mis on ettenähtud surnute transportimiseks ja millel on vastav erivarustus

SH - Ratastooliga juurdepääsetav sõiduk - M1-kategooria sõiduk, mis on konstrueeritud või ümber ehitatud nii, et seda saab maantee sõidul kasutada üks või mitu ratastoolis istuvat isikut.

SE - Haagissuvila - O- kategooria sõiduk, nagu on määratletud rahvusvahelise standardi ISO 3833:1977 punktis 3.2.1.3.

SF - Liikurkraana - N3-kategooria sõiduk, mis ei ole kohandatud kaubaveoks, vaid on varustatud kraanaga, mille tõstemoment on vähemalt 400 kNm.

SG - Eriotstarbeline sõiduk – eriotstarbeline sõiduk, mis ei sobi käesoleva osa ühegi muu määratluse alla.

SJ - Eelik - O-kategooria sõiduk, mis on varustatud sadulhaakeseadega poolhaagise haakimiseks, mis võimaldab muuta poolhaagise haagiseks. Eelik võib lisaks kuuluda ka DC või DE keretüübi alla.

SK - Erakorraliste raskevedude haagis - Jagamatu lasti veoks ettenähtud O4-kategooria sõiduk, millele on

tema mõõtude tõttu kehtestatud kiirus- ja liikluspiirangud. Siia kuuluvad ka hüdraulilised moodulhaagised olenemata moodulite arvust.

SL - Erakorraliste raskevedude mootorsõiduk - N3-kategooria sadulveduk või poolhaagise veduk, mis vastab kõigile järgmistele tingimustele:

a) sõidukil on rohkem kui kaks telge ja vähemalt pooled telgedest

(kolmeteljelise sõiduki puhul kaks telge kolmest, viieteljelise sõiduki puhul kolm telge viiest) on projekteeritud nii, et neid saab panna üheaegselt vedama, sõltumata sellest, kas ühe või mitu veotelge saab mootorist lahutada;

b) sõiduk on projekteeritud erakorralisteks raskevedudeks ettenähtud O4-kategooria haagise pukseerimiseks;

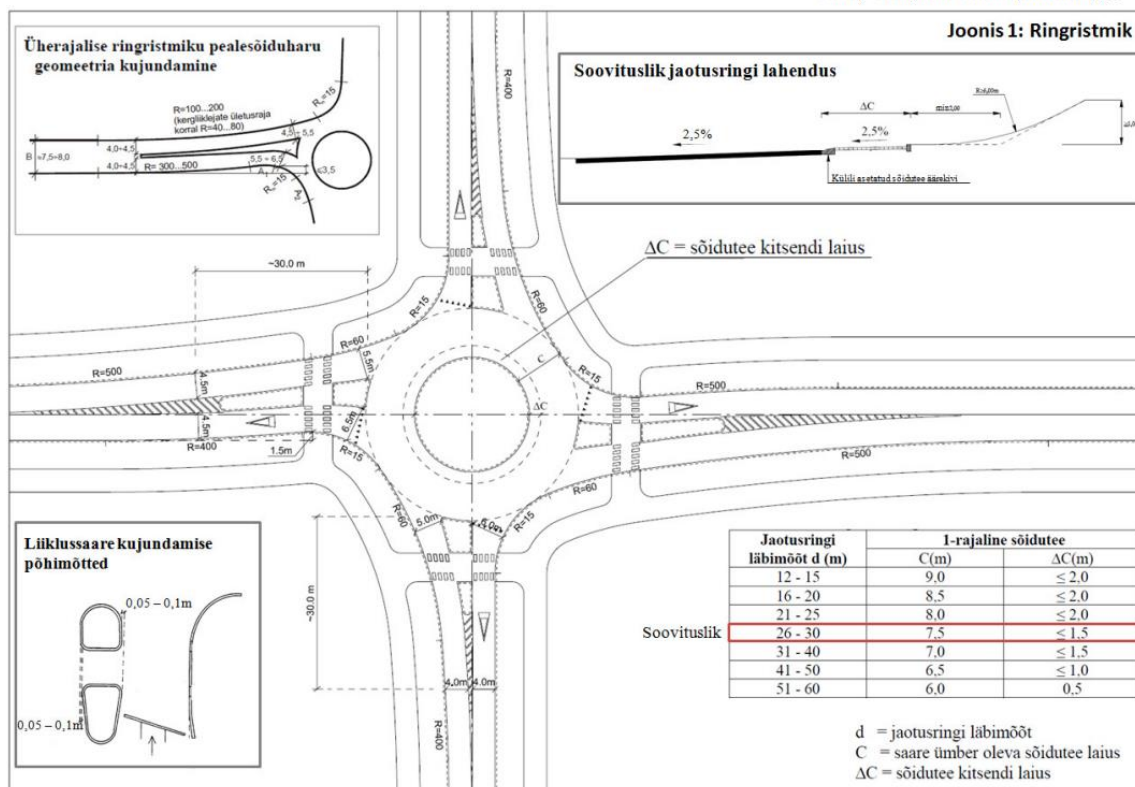
c) sõiduki vähim mootorivõimsus on 350 kW ja

d) sõidukile saab paigaldada täiendava eesmise haakeseadise raskete pukseeritavate masside jaoks.

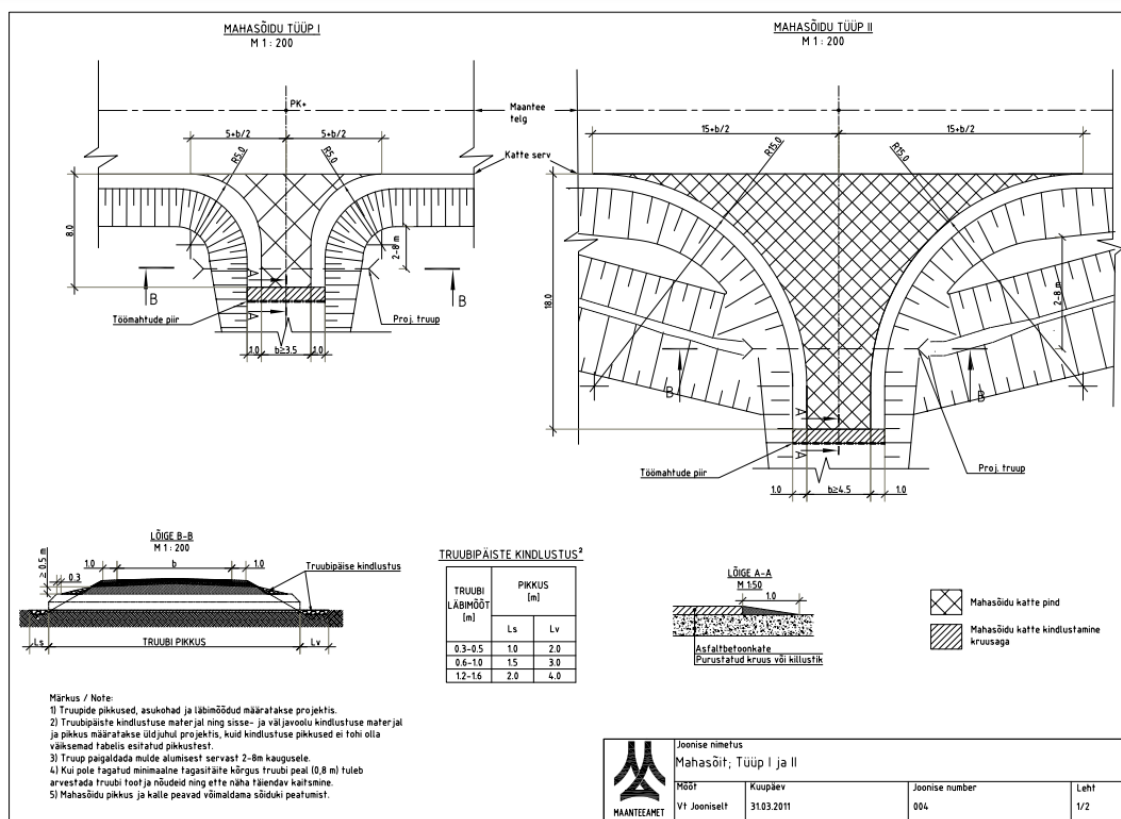
SM - Mitmeotstarbeline sõiduk - N- kategooria maastikusõiduk mis on projekteeritud ja ehitatud teatavate vahetatavate seadmete tõmbamiseks, lükkamiseks, vedamiseks ja käivitamiseks.

LISA 2 Ringristmik ja mahasõit

"Kasutus- ja hooldusjuhendi koostamise põhimõtted" Lisa 1

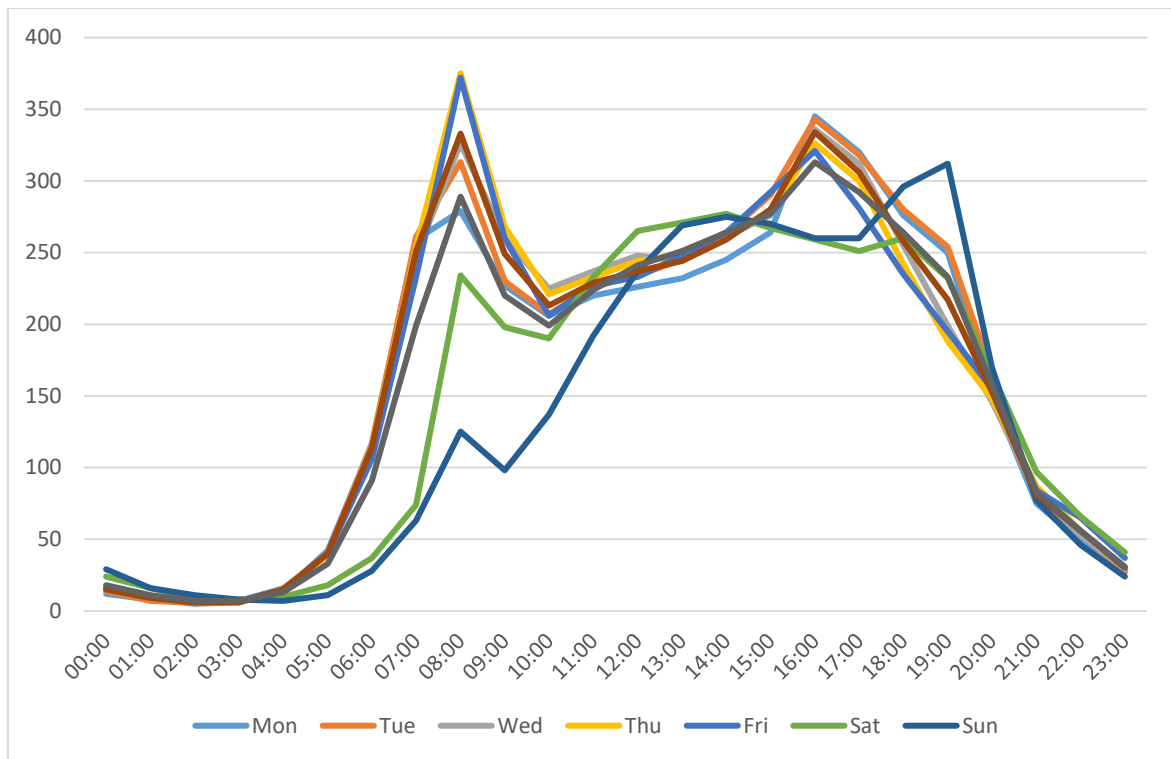


Joonis L26. Ringristmiku projekteerimise põhimõtted [52]

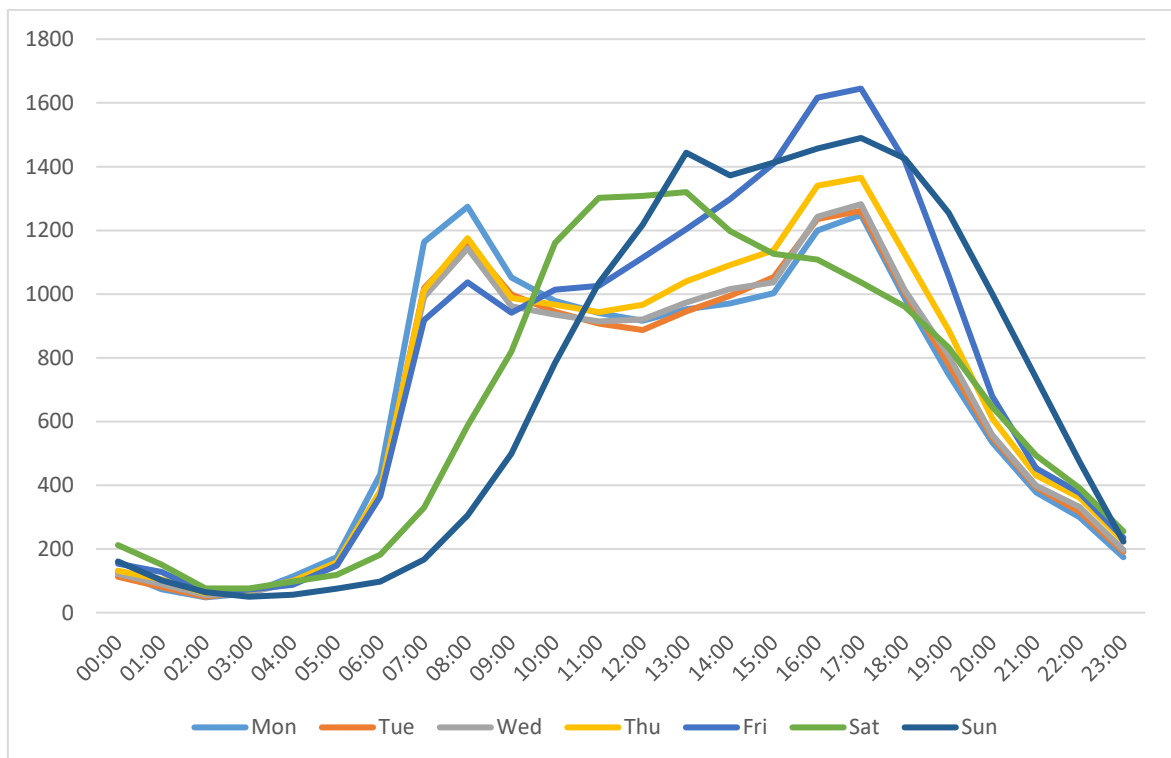


Joonis L27. Tüüpjoonised mahasõit tüüp I ja II [53]

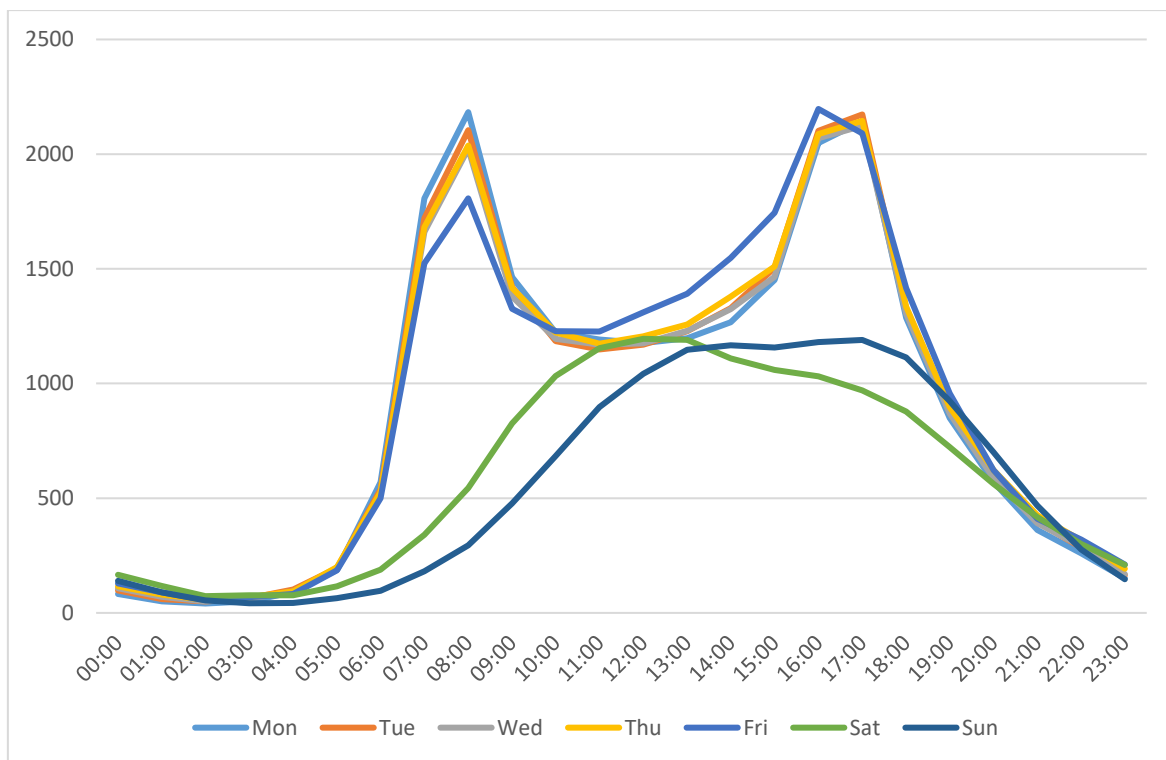
LISA 3 Liiklusloenduse andmed



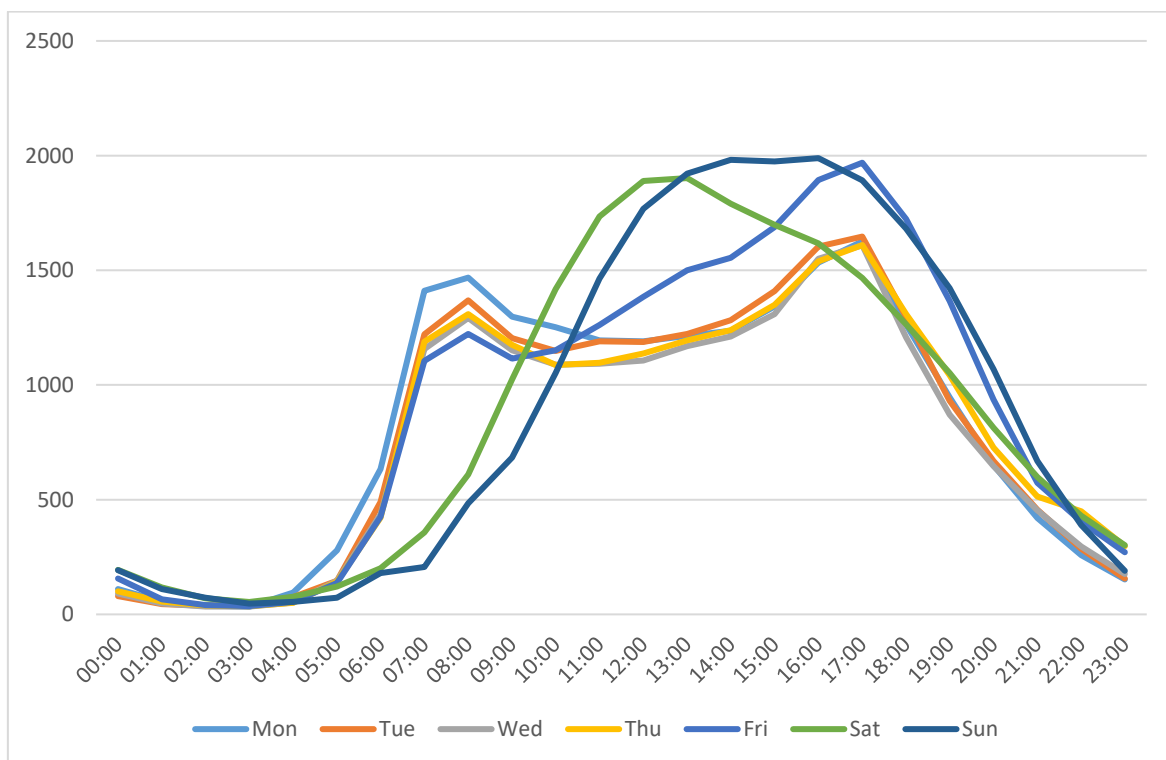
Joonis L28. Kloogaranna loenduspunkt



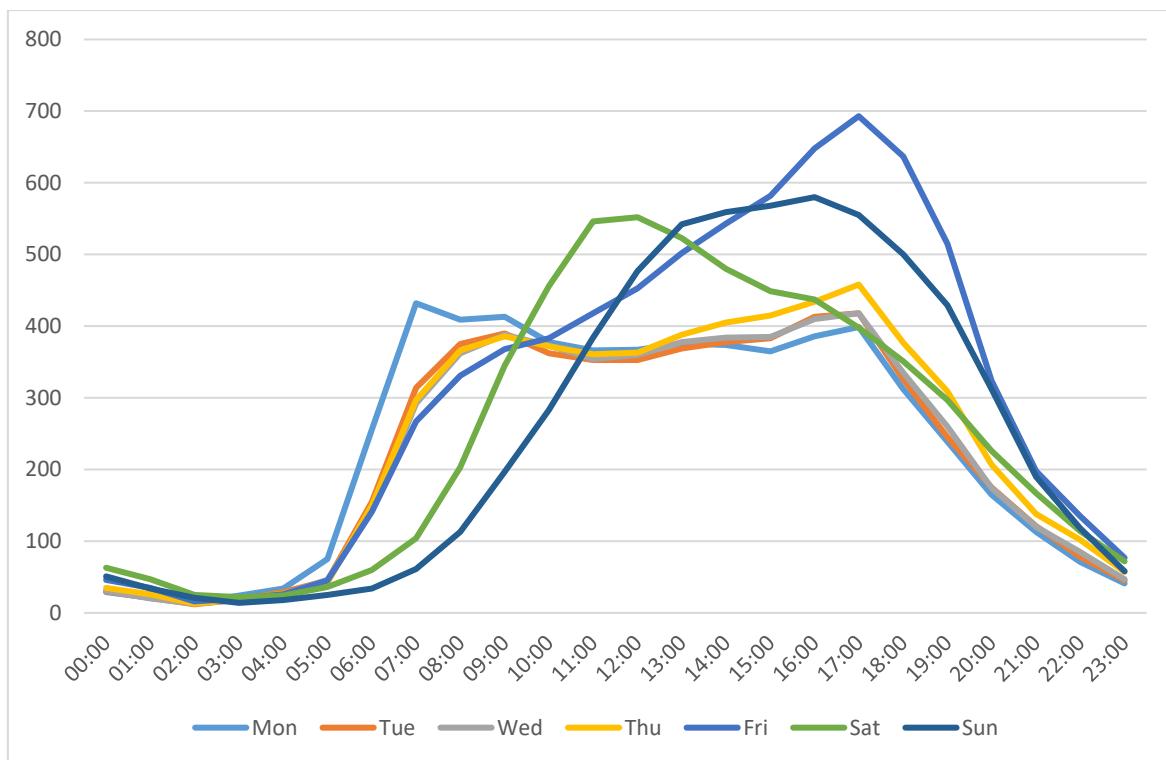
Joonis L29. Kanama loenduspunkt



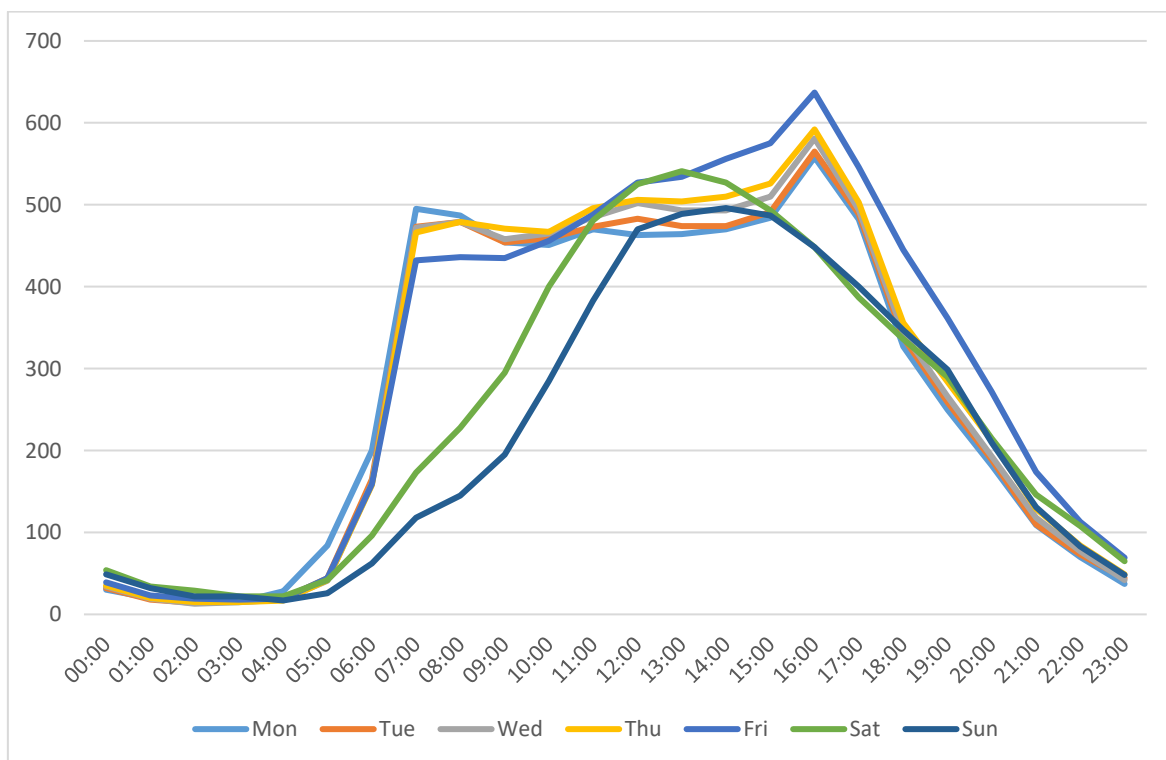
Joonis L30. Kurna loenduspunkt



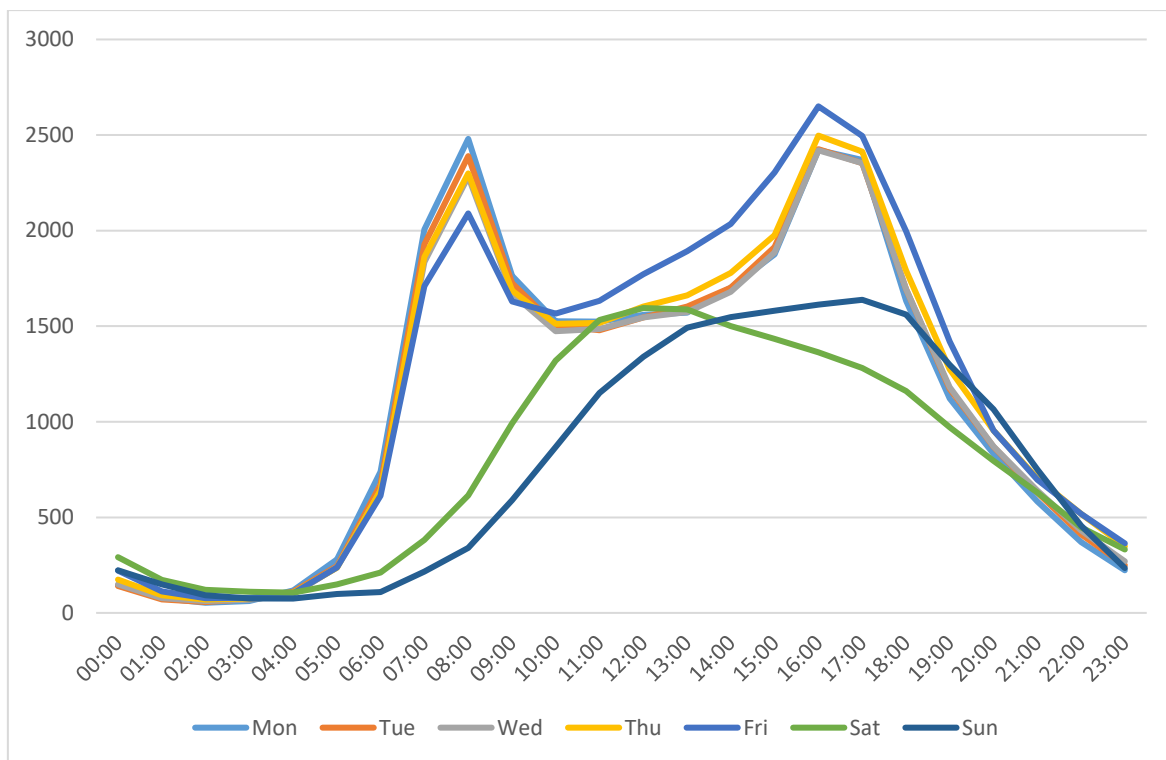
Joonis L31. Prügila rist loendusandmed



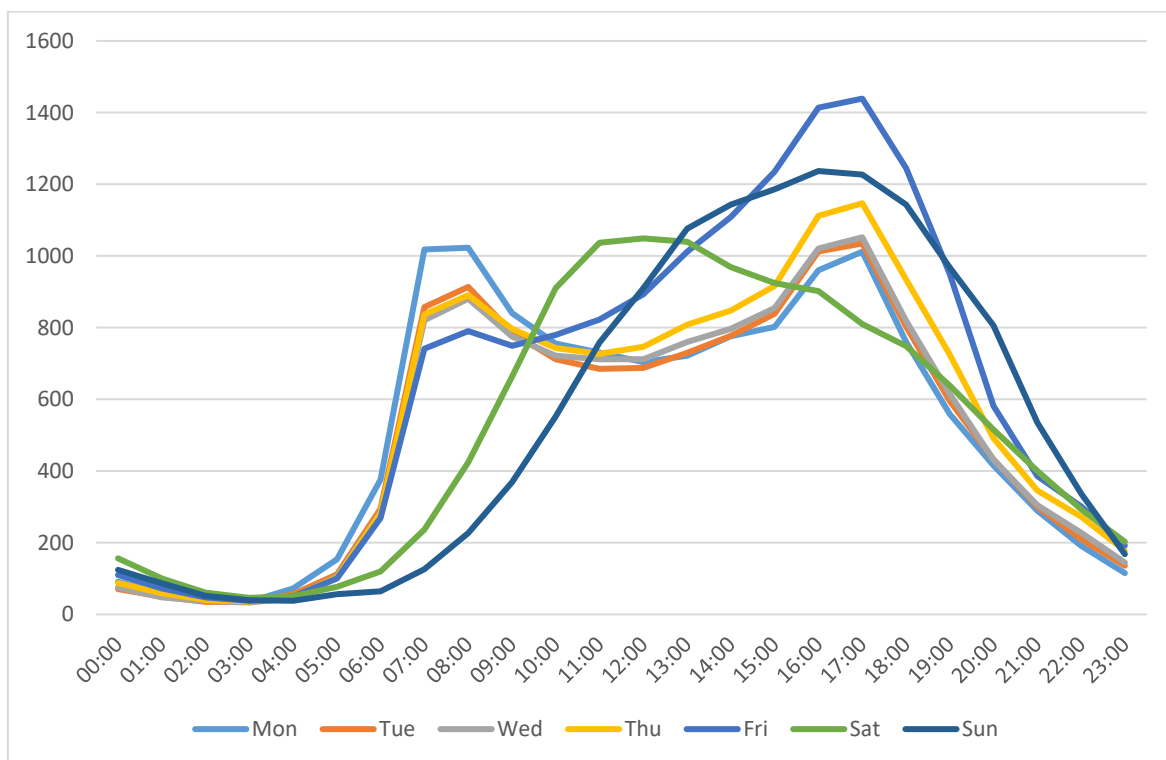
Joonis L32. Viitna loendusandmed



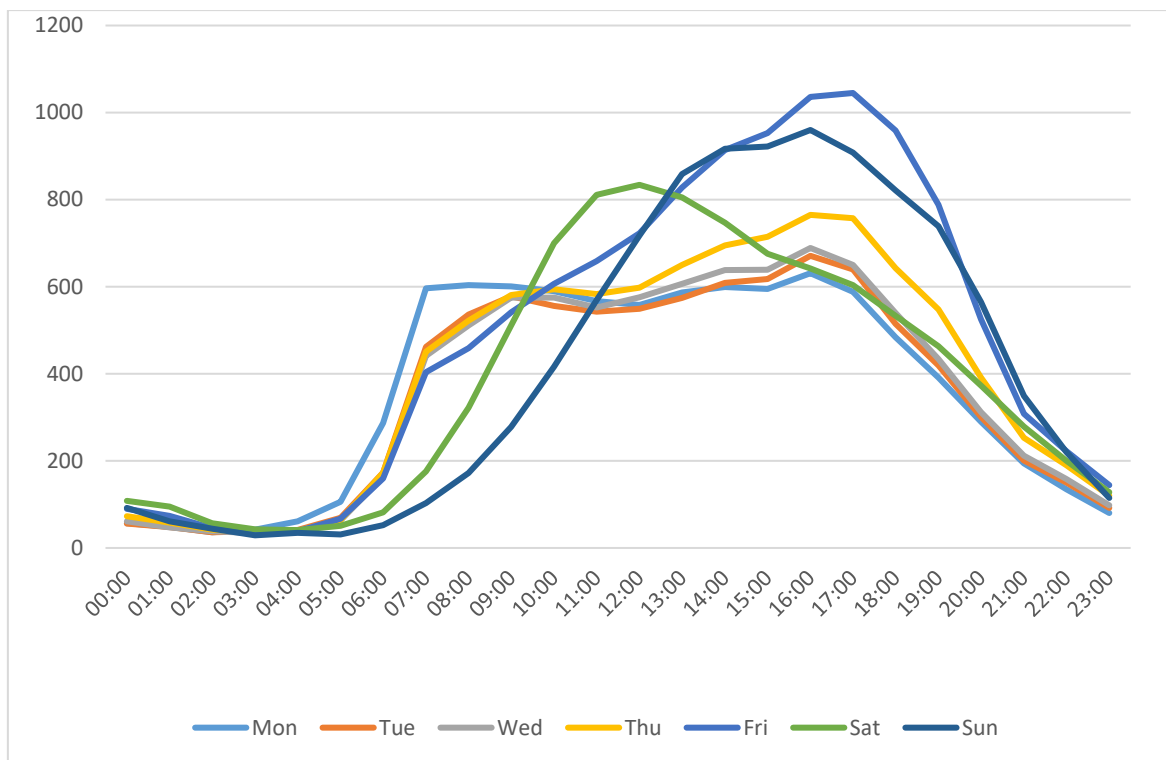
Joonis L33. Konju loenduspunkt



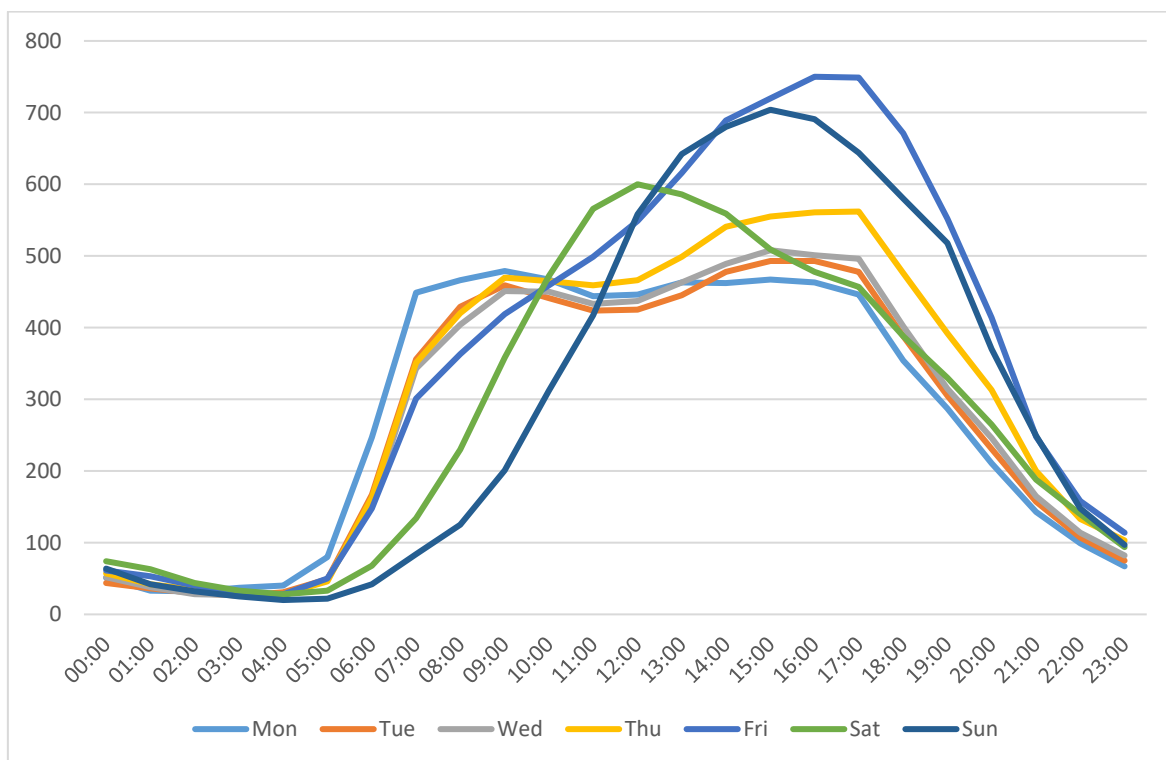
Joonis L34. Lehmja loenduspunkt



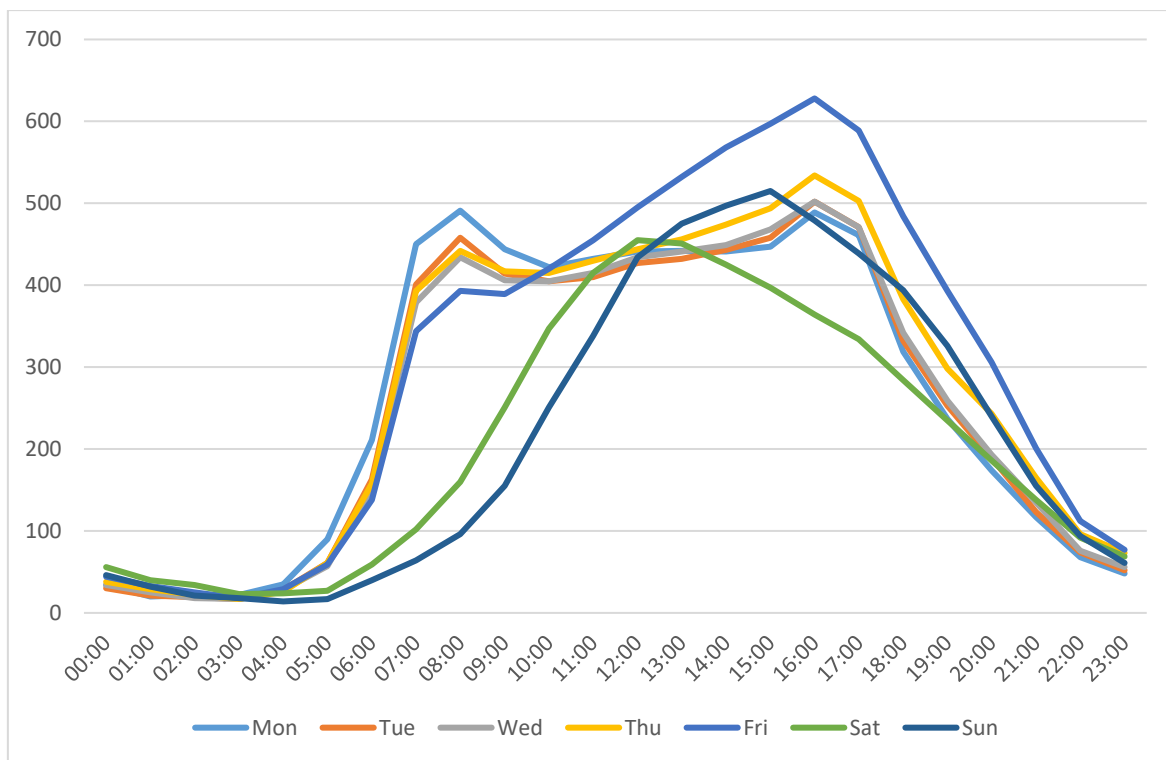
Joonis L35. Aruvalla loenduspunkt



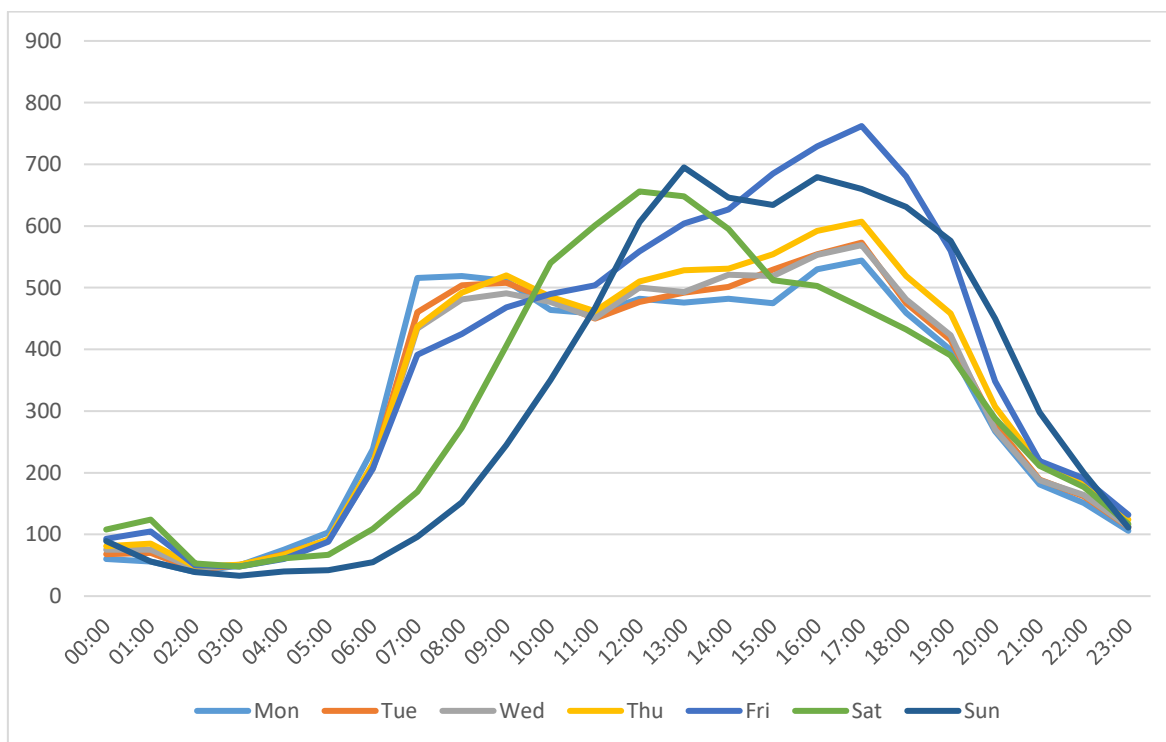
Joonis L36. Mäeküla loenduspunkt



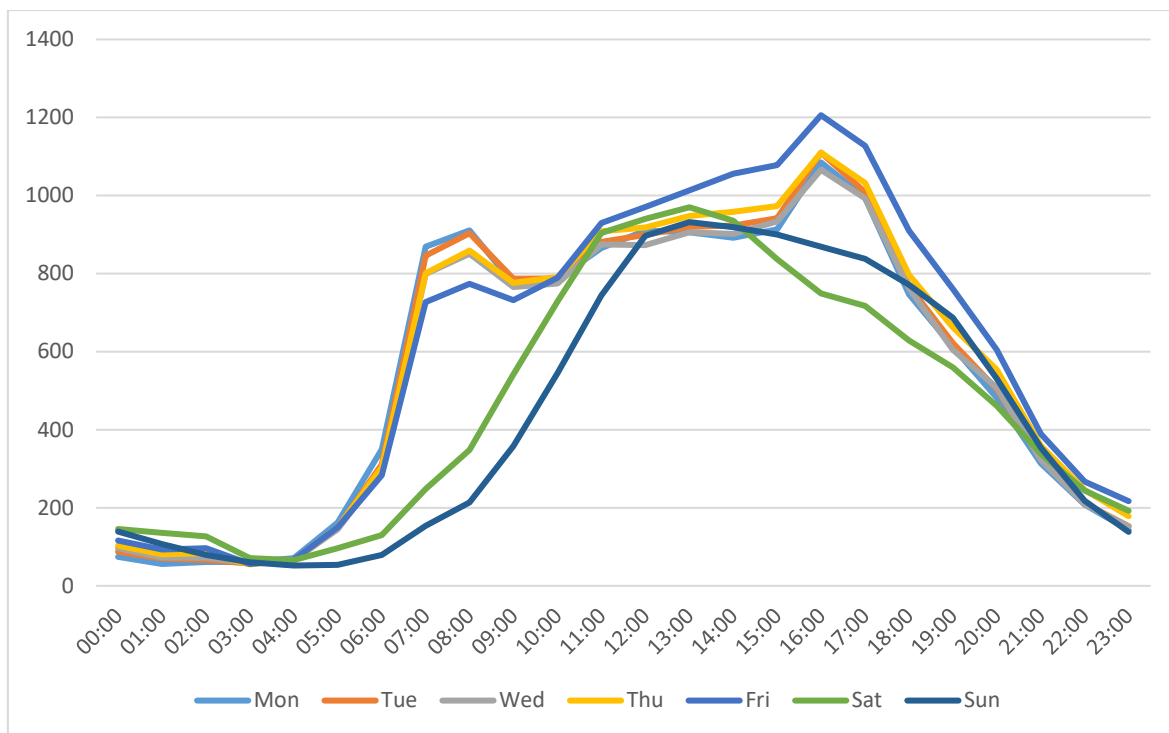
Joonis L37. Pikknurme loenduspunkt



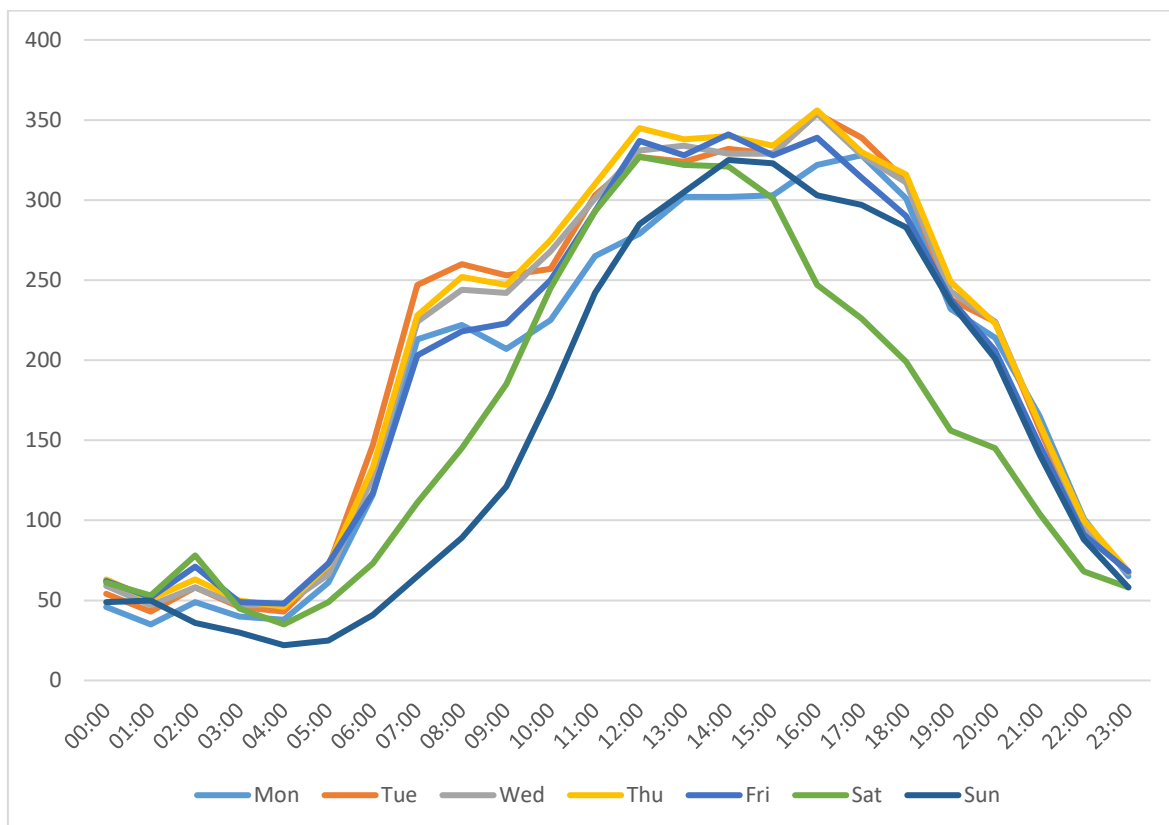
Joonis L38. Kandiküla loenduspunkt



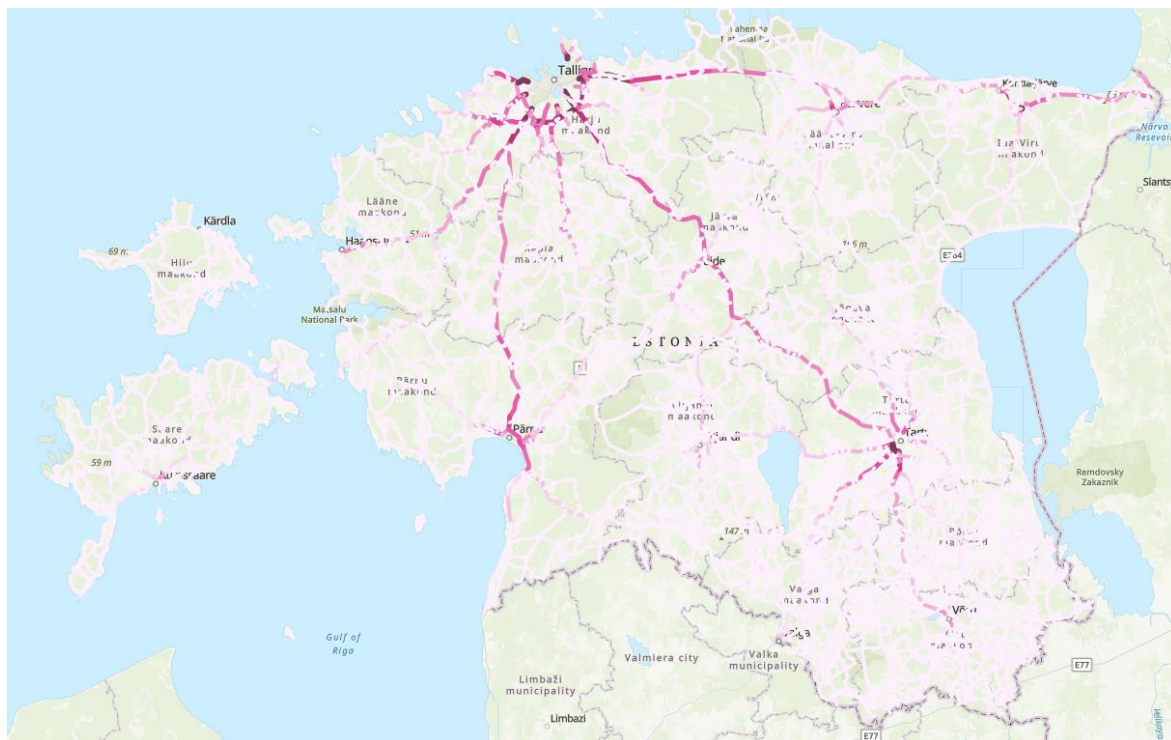
Joonis L39. Vaimõisa loenduspunkt



Joonis L40. Pärnu loenduspunkt

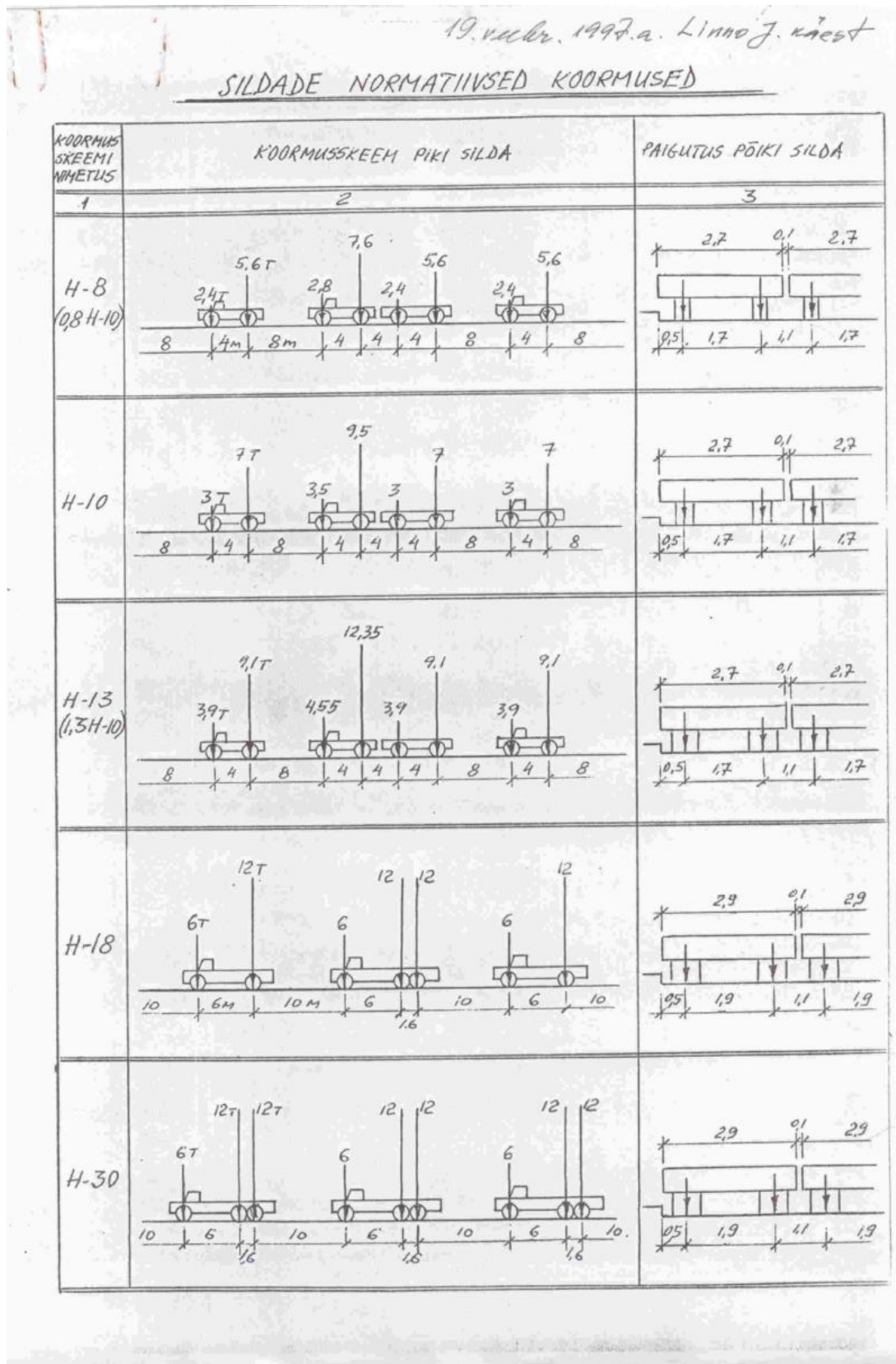


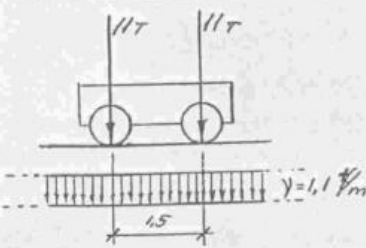
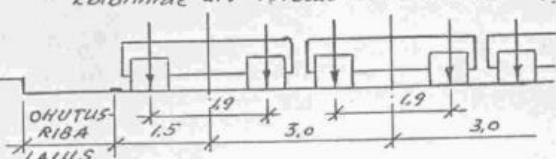
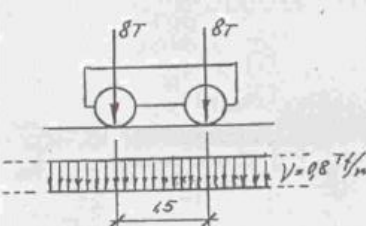
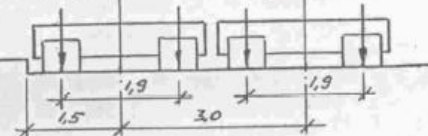
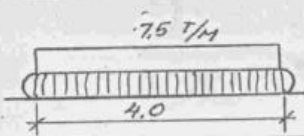
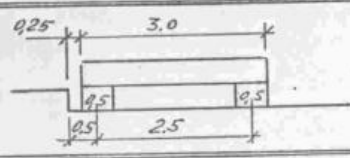
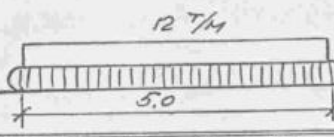
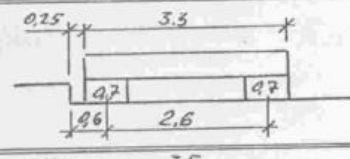
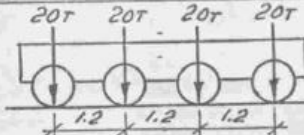
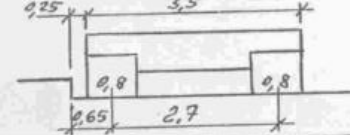
Joonis L41. Võiste loenduspunkt



Joonis L42. SAPA liiklussagedus 2021

LISA 4 SNiP koormusmodelid



1	2	3
A11		<u>I PAIGUTUS</u> kolonnide arv võrdub lukkusradade arvuga 
A8		<u>II PAIGUTUS</u> max. 2 kolonni (üherajalisel sillal 1 kolonn) 
HR-30		
HR-60		
HK-80		
	HuTY 128-55	CH200-62
Jalakäigete sildade koormus	400 kg/m ²	400 kg/m ²
Autotussildade kõnniteede koormus	300 kg/m ²	400 kg/m ²
		CHuT 2.05.03-84
Lülekoormustegur CH200-62 H-10; H-30 $n = 1,41$ HR-60; HK-80 $n = 1,1$; CHuT 2.05.03-84 A11; A8 vanker $\beta_F = 1,5$, kui $\lambda = 0$; $\beta_F = 1,2$, kui $\lambda \geq 30m$ lihtlaselt joetatud koormus $\beta_F = 1,2$; üksik telg $\beta_F = 1,2$; HK-80; HR-60; $\beta_F = 1,0$; Dünaamikategur CH200-62 H-30; H-10; teras $1+A = 1 + \frac{15}{37,5 + \lambda}$ 1b $\lambda \leq 5m$, $1+A = 1,3$ vahel. $\lambda \geq 45m$ $1+A = 1,0$ interp. HK-80; HR-60; $1+A = 1,0$ CHuT 2.05.03-84 A11; A8; $1+A = 1 + \frac{45 - \lambda}{135}$, kuid mitte alla 1,0 HK-80 $1+A = 1,3$, kui $\lambda = 1,0m$ vahelised interpoodidakse $1+A = 1,1$, kui $\lambda \geq 5,0m$ HR-60 $1+A = 1,1$		

LISA 5 Modelleeritavad sõidukid



Joonis L43. Sadulveok 6x4 veoskeemiga



Joonis L44. EMS sõiduk, veok eeliku ja poolhaagisega



Joonis L45. Poolhaagis



Joonis L46. Sadulveok 6x2 veoskeemiga



Joonis L47. B-link poolhaagis eestvaade



Joonis L48. B-link poolhaagis tagantvaade

Tabel L5. 6x4 sadulveoki tehnilised andmed

Mark ja mudel	VOLVO FH-580
VIN- kood	YV2AUF0D88A672849
Keretüüp	BC
Kere nimetus	SADUL
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	14.06.2008 / 14.06.2008
Pikkus x laius x kõrgus	6 937 mm x 2 550 mm x 4 000 mm
Täismass / registrimass	35 000 kg / 26 000 kg
Tühimass	10 800 kg
Telgede arv / rataste arv	3 / 10
Registri teljekoormused	9 000 kg + 9 500 kg + 9 500 kg
Telgede vahekaugused	3 400 mm + 1 370 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	15 200 kg

Tabel L6 Eeliku tehnilised andmed

Mark ja mudel	LIMETEC VPA 218
VIN- kood	YG9VPA218MF037884
Keretüüp	SJ
Kere nimetus	EELIK
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	04.01.2021 / 04.01.2021
Pikkus x laius x kõrgus	5 127 mm x 2 500 mm x 1 120 mm
Täismass	18 000 kg / 18 000 kg
Tühimass	2 280 kg
Telgede arv / rataste arv	2 / 4
Registri teljekoormused	9 000 kg + 9 000 kg
Telgede vahekaugused	3 050 mm + 1 310 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	1 000 kg
Haakeseadmete vaheline kaugus	3 650 mm

Tabel L7. Veduki tehnilised andmed

Mark ja mudel	SCANIA R500
VIN- kood	YS2R6X200L2171893
Keretüüp	BD
Kere nimetus	FURGOON
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	23.04.2020 / 23.04.2020
Pikkus x laius x kõrgus	10 261 mm x 2 550 mm x 4 000 mm
Täismass / registrimass	28 000 kg / 26 000 kg
Tühimass	12 290 kg
Telgede arv / rataste arv	3 / 8
Registri teljekoormused	9 000 kg + 11 500 kg + 7 500 kg
Telgede vahekaugused	4 950 mm + 1 350 mm
Autorongi mass	70 000 kg
Haakeseadmete vaheline kaugus	3 650 mm

Tabel L8. Poolhaagise tehnilised andmed

Mark ja mudel	SCHMITZ CARGOBULL SCB*S3T
VIN- kood	WSM00000003360282
Keretüüp	DA
Kere nimetus	MADEL
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	22.02.2021 / 22.02.2021
Pikkus x laius x kõrgus	13 886 mm x 2 550 mm x 3 710 mm
Täismass / registrimass	28 000 kg / 26 000 kg
Tühimass	12 290 kg
Telgede arv / rataste arv	3 / 6
Registri teljekoormused	9 000 kg + 9 000 kg + 9 000 kg
Telgede vahekaugused	6 390 mm + 1 310 mm + 1 310 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	15 000 kg
Haakeseadmete vaheline kaugus	3 650 mm

Tabel L9. Poolhaagis

Mark ja mudel	SCHMITZ CARGOBULL SCS 24/L-13.62 EB
VIN- kood	WSM00000003230416
Keretüüp	DA
Kere nimetus	MADEL
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	06.10.2015 / 06.10.2015
Pikkus x laius x kõrgus	13 886 mm x 2 550 mm x 4 000 mm
Täismass / registrimass	39 000 kg / 39 000 kg
Tühimass	6 848 kg
Telgede arv / rataste arv	3 / 6
Registri teljekoormused	9 000 kg + 9 000 kg + 9 000 kg
Telgede vahekaugused	6 390 mm + 1 310 mm + 1 310 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	15 000 kg

Tabel L10. 6x2 veoskeemiga sadulveok

Mark ja mudel	SCANIA R 420 LA6X2/4MNA
VIN- kood	XLER6X20005168667
Keretüüp	BC
Kere nimetus	Sadul
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	22.02.2021 / 22.02.2021
Pikkus x laius x kõrgus	13 886 mm x 2 550 mm x 3 710 mm
Täismass / registrimass	28 000 kg / 26 000 kg
Tühimass	12 290 kg
Telgede arv / rataste arv	3 / 6
Registri teljekoormused	9 000 kg + 9 000 kg + 9 000 kg
Telgede vahekaugused	6 390 mm + 1 310 mm + 1 310 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	15 000 kg
Haakeseadmete vaheline kaugus	3 650 mm

Tabel L11. B-link poolhaagise tehnilised andmed

Mark ja mudel	BODEX NN3
VIN- kood	SVSNN3000HS000021
Keretüüp	MADEL
Kere nimetus	DA
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	13.04.2018 / Soome registris
Pikkus x laius x kõrgus	11 375 mm x 2 540 mm x 4 000 mm
Täismass / registrimass	51 000 kg / 44 000 kg
Tühimass	7 500 kg
Telgede arv / rataste arv	3 / 10
Registri teljekoormused	8 500 kg + 8 500 kg + 7 000 kg
Telgede vahekaugused	1 310 mm + 1 410 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	20 000 kg

Tabel L12. Kesktelggaagise tehnilised andmed

Mark ja mudel	NOR-SLEP PHV/18S
VIN- kood	D2934
Keretüüp	DC
Kere nimetus	FURGOON
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	07.10.2003 / 30.08.2018
Pikkus x laius x kõrgus	8 500 mm x 2 550 mm x 4 000 mm
Täismass / registrimass	20 000 kg / 18 000 kg
Tühimass	4 760 kg
Telgede arv / rataste arv	2 / 8
Registri teljekoormused	10 000 kg + 10 000 kg
Telgede vahekaugused	1 810 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	1 000 kg
Haakeseadme kaugus esitljest	4 360 mm

Tabel L13. 4x2 sadulveoki tehnilised andmed

Mark ja mudel	SCANIA R124 LA4X2NA 420
VIN- kood	YS2R4X20001266169
Keretüüp	SADUL
Kere nimetus	BC
Esmane registreerimine / Eestis registreerimine	16.11.2000 / 29.06.2004
Pikkus x laius x kõrgus	5 950 mm x 2 500 mm x 3 950 mm
Täismass / registrimass	19 000 kg / 18 000 kg
Tühimass	7 000 kg
Telgede arv / rataste arv	2 / 6
Registri teljekoormused	7 500 kg + 11 500 kg
Telgede vahekaugused	3 700 mm
Lubatud koormus haakeseadmele	10 932 kg

LISA 6 Teeregistri andmed

Tabel L14. Katte liigid teeregistris

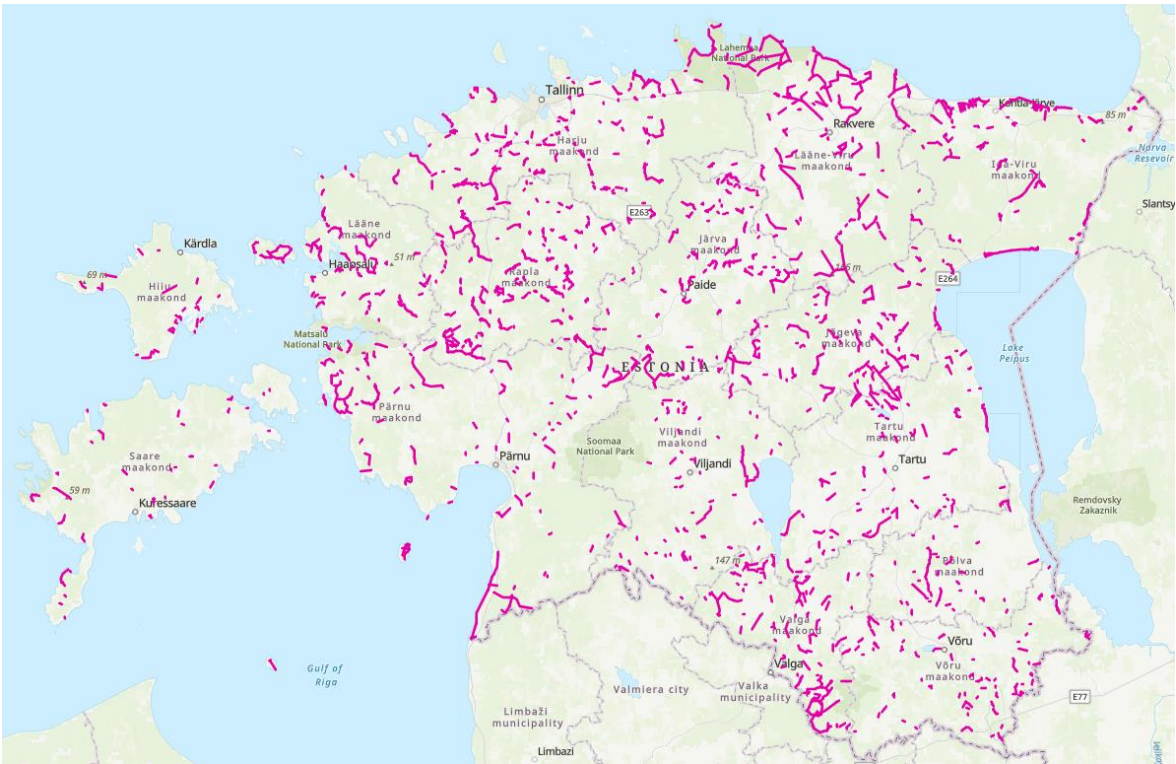
1	killustikmastiksasfalt
2	tihe asfaltbetoon
3	kergasfaltbetoon
4	mustkate, bituumenstabil, kate
5	(põlevkivi) tuhkbetoon
6	stabiliseeritud kate
7	pinnatud kruusatee
8	poorne asfaltbetoon
9	bituumenmakadam
10	freesipurust kate
11	kruusatee
12	killustikkate
13	munakivitee
14	kiviparkett
15	monteeritav raudbetoon
16	pinnastee

Tabel L15. Sildade koormusmudelid ja arv registris

Koormusmudel	Sildade arv	Koormusmudel	Sildade arv
N-30/NK-80	234	N-13/NK-80	12
N-13/NG-60	202	N-8/NG-60	12
N-10/NG-60	93	N-10/NG-30	10
KM1/KM3 3600	63	N-18/NG-60	8
N-18/NK-80	57	NG-30/NK-80	6
KM3 1200	42	N-10/NK-80	5
Teadmata	35	A8/NG-60	3
KM1/KM3 1200	33	NG-60	3
KM3 3600	30	KM2/KM3 1200	2
KM1/KM3 2400	23	N-8/NG-30	2
KM2	23	15/20	1
KM1/KM2	17	A11/NG-60	1
KM3 2400	17	LM71/SW-2/C14	1
KM4	17	N-10	1
A11/NK-80	15	N-13/ NG-60	1
NK-80	15	N-24	1
N-30/NG-60	13	N-30/NG-80	1
KM1	12		

Tabel L16. Sõidukite klassifitseerimine loenduspunktides

Teede register liigituskeem	SAPA	VAAB	AR
Sõiduki pikkus X, m	0<X<6	6<X<12	12<X
PLP, PerLP (CA10)	Klass 1 + Klass 2 + Klass 3 + Klass 4 + Klass 5 + Klass 9	Klass 6 + Klass 10	Klass 7 + Klass 8
Klass 1 Motor rattas			
Klass 2 Sõiduauto			
Klass 3 Sõiduauto + haagis			
Klass 4 Pakiauto			
Klass 5 Väike veoauto			
Klass 6		Veoauto	
Klass 7			Veoauto + haagis
Klass 8			Sadulrõng
Klass 9 Väikebuss			
Klass 10		Buss	
TLP (FHWA13)	Klass 1 + Klass 2 + Klass 3	Klass 4 + Klass 5 + Klass 6 + Klass 7	Klass 8 + Klass 9 + Klass 10 + Klass 11 + Klass 12 + Klass 13
Klass 1 Mootorrattas			
Klass 2 Sõiduauto, Sõiduauto + haagis			
Klass 3 Pakiauto, Väikebuss, Väike veoauto			
Klass 4		Buss	
Klass 5		Veoauto, 2 telge	
Klass 6		Veoauto, 3 telge	
Klass 7		Veoauto, 4 ja rohkem	
Klass 8			Sadulrõng, kuni 4
Klass 9			Sadulrõng, 5 telge
Klass 10			Sadulrõng, 6 ja rohkem
Klass 11			Veoauto + haagis, kuni 5
Klass 12			Veoauto + haagis, 6 telge
Klass 13			Veoauto + haagis, 7 ja rohkem
	PLP - püsiloenduspunkt		
	PerLP - perioodiline loenduspunkt		
	TLP - teiseldatast loenduspunkt		



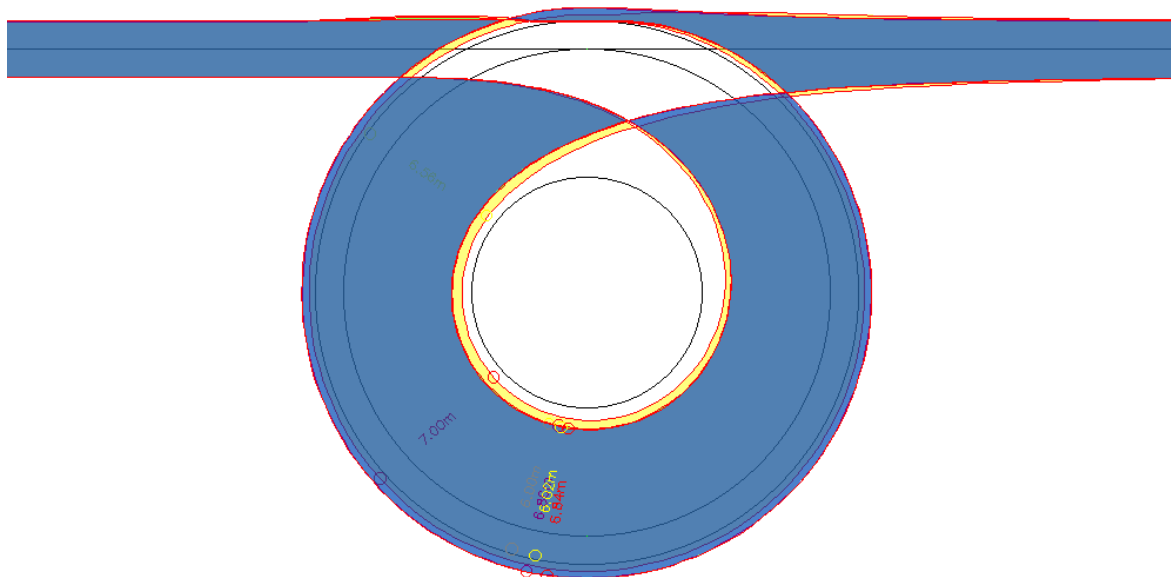
Joonis L49. Katte laius < 6,0m

LISA 7 Terminalide asukohad

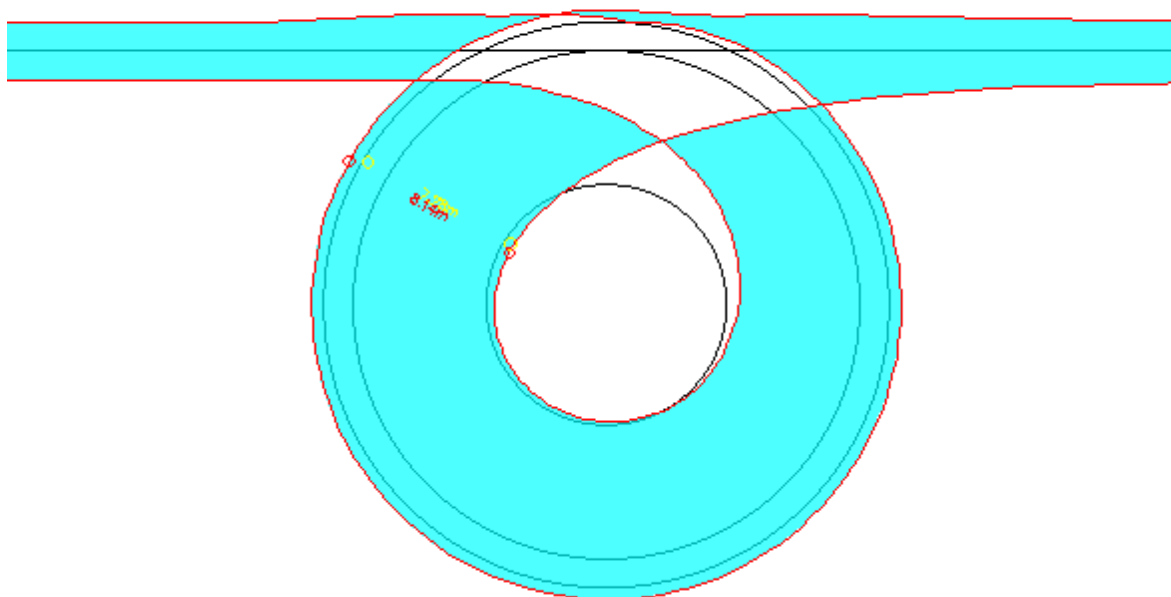


Joonis L50. Terminalide asukohad

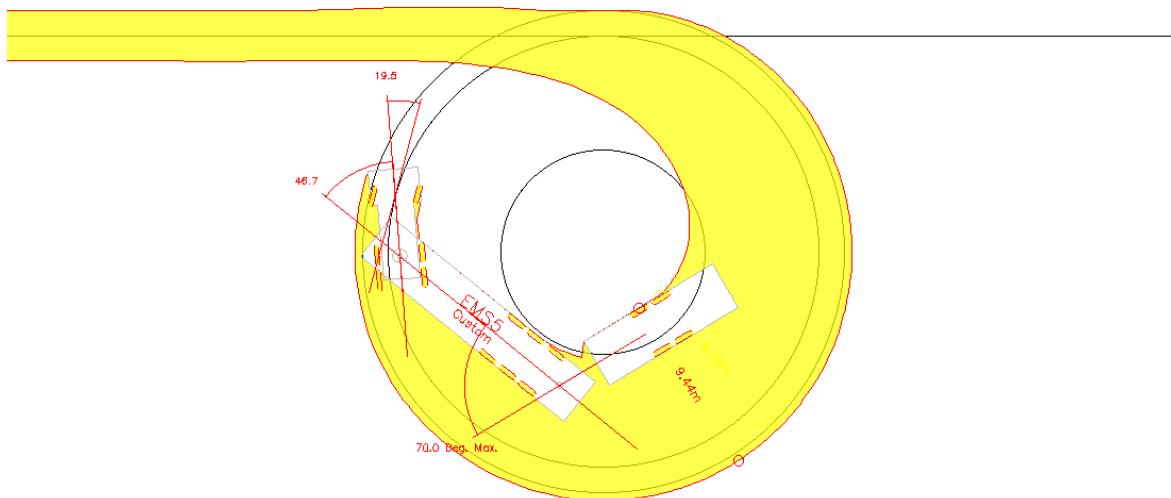
LISA 8 Sõidukite pöördegeomeetria



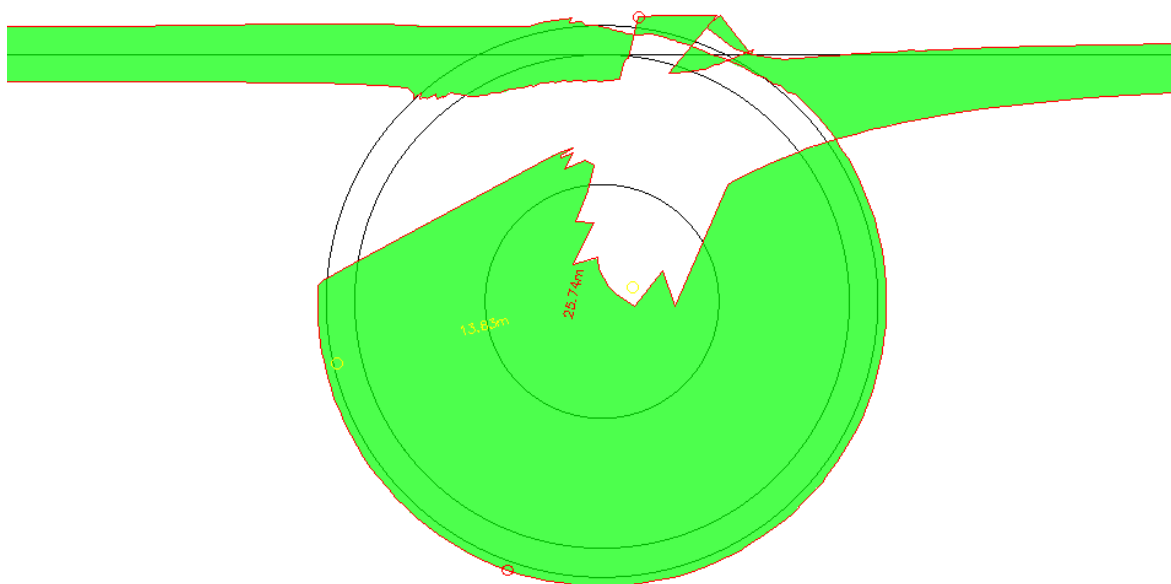
Joonis L51. Ringi läbimine, nõuetele vastavad sõidukid



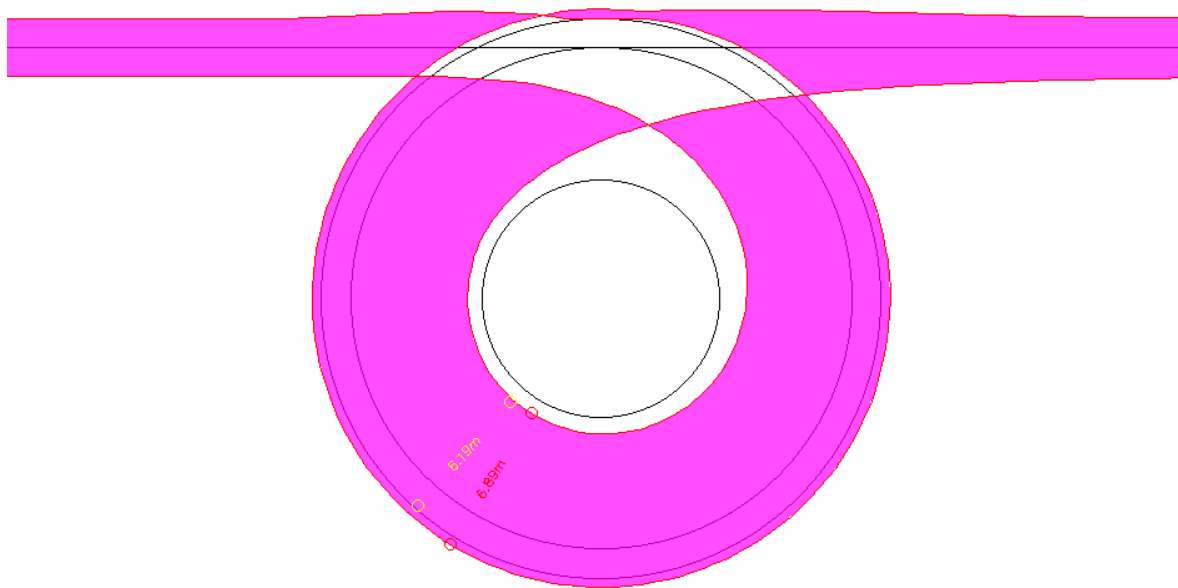
Joonis L52. Ringi läbimine, EMS 1 sõiduk



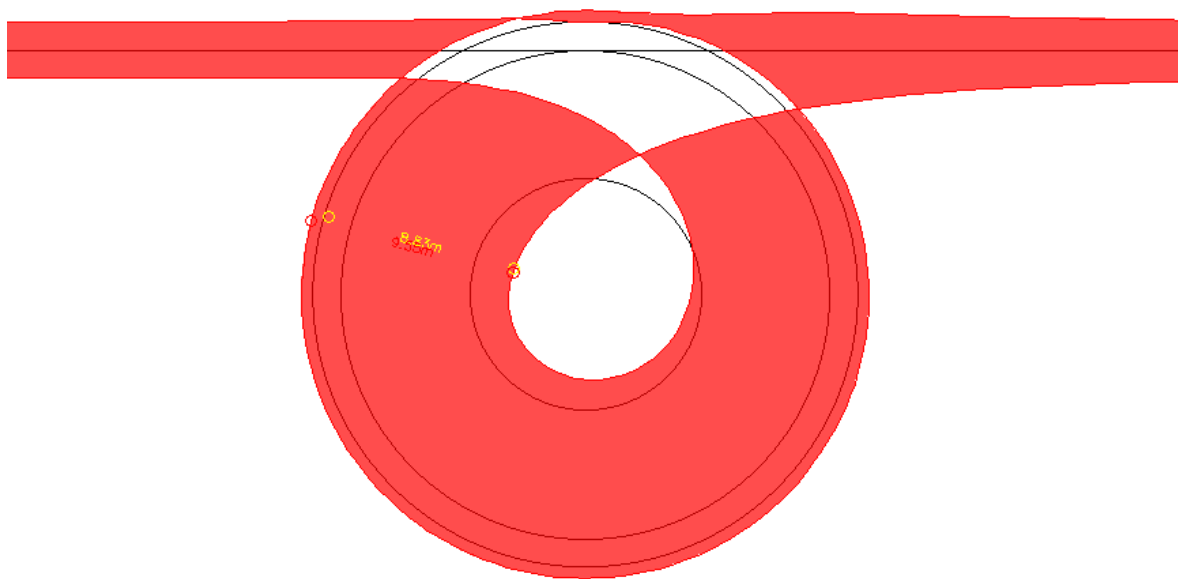
Joonis L53. Ringi läbimine, EMS 2 sõiduk



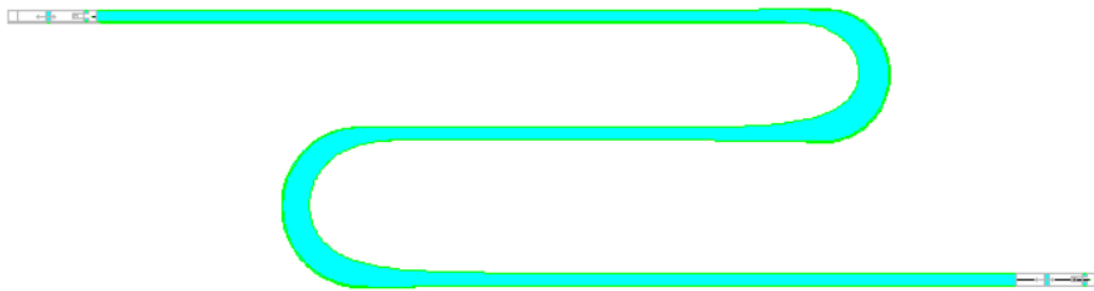
Joonis L54. Ringi läbimine, EMS 3 sõiduk



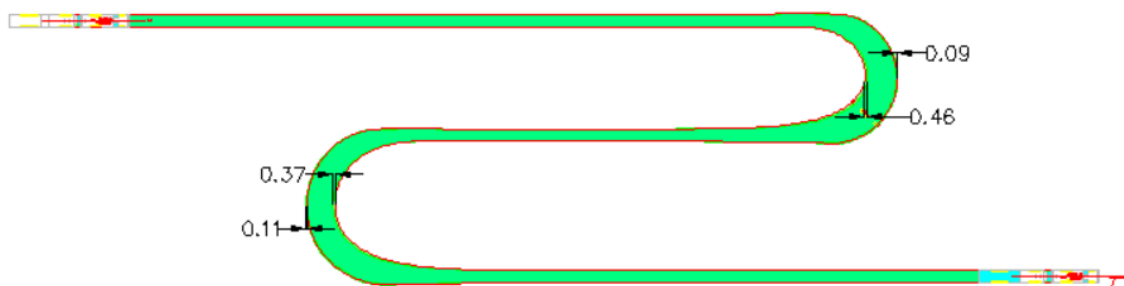
Joonis L55 Ringi läbimine, EMS 4 sõiduk



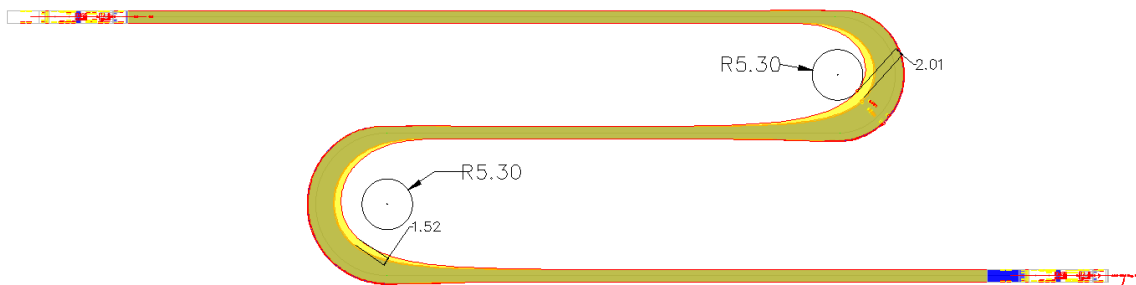
Joonis L56. Ringi läbimine, EMS 5 sõiduk



Joonis L57. Normidele vastavate autorongide liikumiskoridor



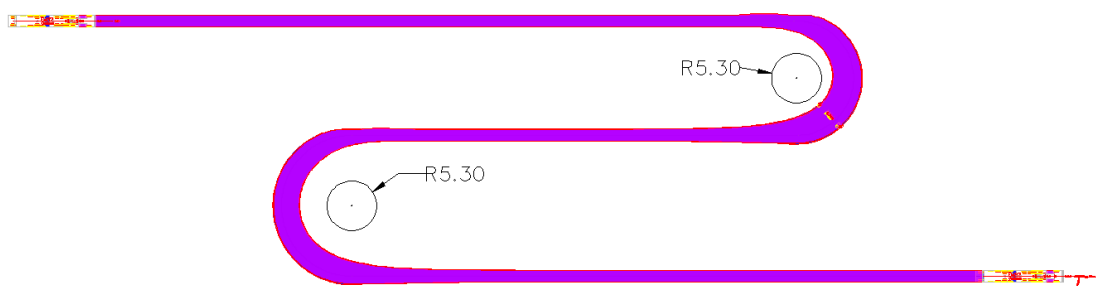
Joonis L58. EMS 1 sõiduki kõrvalekaldest liikumiskoridorist, mõõtmised meetrites



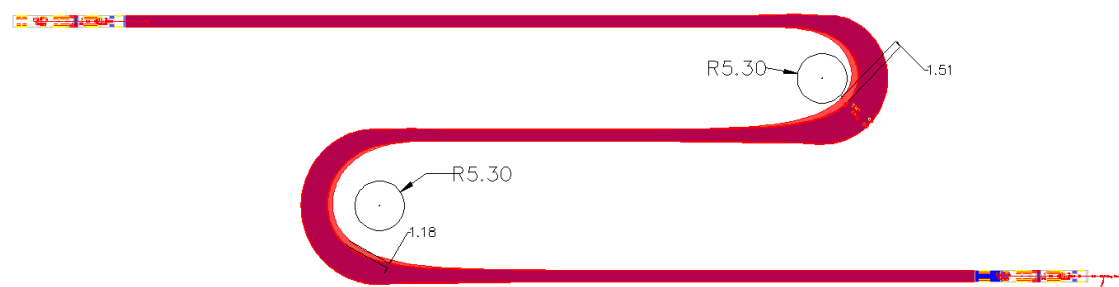
Joonis L59. EMS 2 sõiduki kõrvalekaldest liikumiskoridorist, mõõtmised meetrites



Joonis L60. EMS 3 sõiduki kõrvalekaldest liikumiskoridorist, mõõtmised meetrites



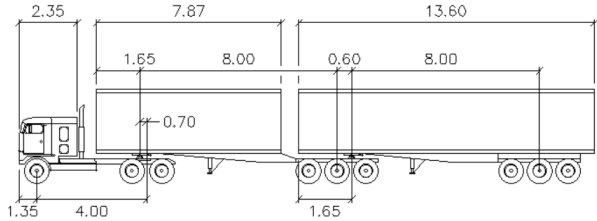
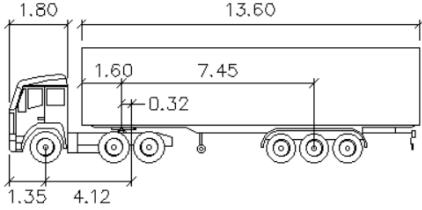
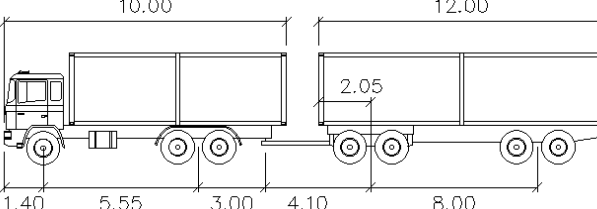
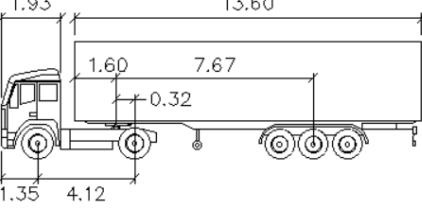
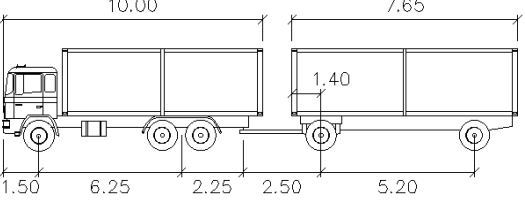
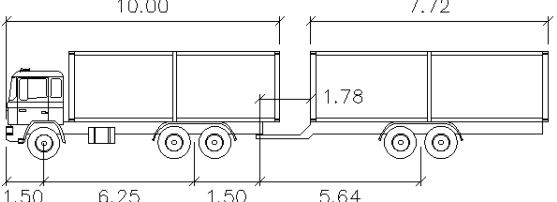
Joonis L61. EMS 4 sõiduki kõrvalekalde liikumiskoridorist, mõõtmised meetrites



Joonis L62. EMS 5 sõiduki kõrvalekalde liikumiskoridorist, mõõtmised meetrites

Tabel L17. Sõidukite nimetamine mudelites

EMS 1	25,25m pikkune EMS sõiduk Veduk + dolly + poolhaagis	
EMS 2	25,25m pikkune EMS sõiduk Sadulveok + poolhaagis + kesktelehaagis	

EMS 3	25,25m pikkune EMS sõiduk Sadulveok + B-link poolhaagis + poolhaagis	
EMS 4	17,9m pikkune sadulautorong	
EMS 5	24m pikkune EMS sõiduk Veok + täishaagis	
EU 1	16,5m pikkune poolhaagis autorong	
EU 2	18,75m pikkune kesktelghaagisega autorong	
EU 3	18,75m pikkune täishaagisega autorong	

LISA 9 EMS sõidukite mõju

Tabel L18. Sõidukite arv ja veose mass

Sõiduk / kombinatsioon	Mahutavus aluseid	Sõidukite arv	Kauba kaal, kg
Veok	11	91	8 800
Täishaagisega autorong	22	45	17 600
Poolhaagisega autorong	33	30	26 400
EMS	44	23	35 200

Tabel L19. Sõidukite arvestuslikud tühimassid

Sõiduk	Tühimass, kg
Veok	8 000
Poolhaagis	6 000
Täishaagis	8 000
Veduk	8 000
Eelik	2 000

Tabel L20. Sõidukite tegelikud massid

Sõiduk / kombinatsioon	Tühimass, kg	Veose mass, kg	Tegelik mass, kg
Veok	8 000	8 800	16 800
Täishaagisega autorong	16 000	17 600	33 600
Poolhaagisega autorong	14 000	26 400	40 400
EMS	16 000	35 200	51 200

Tabel L21. Sõidukite ruumivajadus teel 80 km/h

	Pikkus, m	Kiirus, km/h	pikivahe, s	sõidukite arv, tk	ruumi vajadus, m
Veok	12	80	3	91	7159
Täishaagisega autorong	18,75	80	3	46	3930
Poolhaagisega autorong	16,5	80	3	31	2579
EMS	25,25	80	3	23	2115

Tabel L22. Sõidukite ruumivajadus teel 90 km/h

	Pikkus, m	Kiirus, km/h	Kiirus, m/s	pikivahe, s	sõidukite arv, tk	ruumi vajadus, m
veok	12	90	25,00	3	91	7917
täishaagisega autorong	18,75	90	25,00	3	46	4313
poolhaagisega autorong	16,5	90	25,00	3	31	2837
EMS	25,25	90	25,00	3	23	2306

Tabel L23. Möödasõit 70 km/h liikuvast poolhaagisega autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	70	70	70	70
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	84	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	59	59	59	59
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	16,5	16,5	16,5	16,5
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	174	165	161	157
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	16	20	23	28
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	304	385	450	548
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	478	551	612	706

Tabel L24. Möödasõit 80 km/h liikuvast poolhaagisega autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	80	80	80	80
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	84	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	67	67	67	67
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	16,5	16,5	16,5	16,5
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	182	174	169	165
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	22	31	41	60
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	485	694	903	1322
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	667	868	1072	1487

Tabel L25. Möödasõit 90 km/h liikuvast poolhaagisega autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95
aeglasema auto kiirus [km/h]	90	90	90
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	75	75	75
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	16,5	16,5	16,5
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	190	182	178
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	34	65	128
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	856	1637	3198
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	1046	1819	3376

Tabel L26. Möödasõit 70 km/h liikuvast täishaagisega autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	70	70	70	70
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	58	58	58	58
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	18,75	18,75	18,75	18,75
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	176	168	163	159
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	16	20	24	29
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	308	391	457	557
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	483	558	620	716

Tabel L27. Möödasõit 80 km/h liikuvast täishaagisega autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	80	80	80	80
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	67	67	67	67
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	18,75	18,75	18,75	18,75
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	184	176	172	167
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	22	32	41	60
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	491	703	915	1339
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	675	879	1087	1507

Tabel L28. Möödasõit 90 km/h liikuvast täishaagisega autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95
aeglasema auto kiirus [km/h]	90	90	90
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	75	75	75
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	18,75	18,75	18,75
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	192	184	180
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	35	66	130
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	866	1657	3239
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	1058	1841	3418

Tabel L29. Möödasõit 70 km/h liikuvast 24m pikkusest autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	70	70	70	70
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	58	58	58	58
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	24	24	24	24
möödasõiduks vajalik teepikkus [m]	181	173	169	164
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	16	21	24	30
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	317	403	472	575
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	498	576	640	739

Tabel L30. Möödasõit 80 km/h liikuvast 24m pikkusest autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	80	80	80	80
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	67	67	67	67
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	24	24	24	24
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	189	181	177	173
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	23	33	42	62
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	505	724	943	1381
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	694	905	1120	1554

Tabel L31. Möödasõit 90 km/h liikuvast 24m pikkusest autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95
aeglasema auto kiirus [km/h]	90	90	90
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	75	75	75
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	24	24	24
möödasõiduks vajalik teepikkus [m]	198	189	185
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	36	68	133
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	890	1704	3333
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	1088	1893	3518

Tabel L32. Möödasõit 70 km/h liikuvast 25,25m pikkusest autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	70	70	70	70
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	58	58	58	58
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	25,25	25,25	25,25	25,25
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	182	174	170	166
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	16	21	24	30
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	319	406	475	580
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	501	580	645	745

Tabel L33. Möödasõit 80 km/h liikuvast 25,25m pikkusest autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95	90
aeglasema auto kiirus [km/h]	80	80	80	80
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79	75
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	67	67	67	67
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	25	25	25	25
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	191	182	178	174
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	23	33	43	63
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	508	729	950	1391
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	699	911	1128	1565

Tabel L34. Möödasõit 90 km/h liikuvast 25,25m pikkusest autorongist

kiirema auto kiirus [km/h]	110	100	95
aeglasema auto kiirus [km/h]	90	90	90
ohutu pikivahe enne möödasõitu [m]	92	83	79
ohutu pikivahe pärast möödasõitu [m]	75	75	75
kiirema auto pikkus [m]	7	7	7
aeglasema auto pikkus [m]	25	25	25
möödumiseks vajalik teepikkus [m]	199	191	186
muutumatu kiirusega möödasõidu aeg [s]	36	69	134
aeglase auto läbitav teepikkus möödasõidu jooksul [m]	895	1715	3356
möödumiseks kuluv teepikkus [m]	1094	1906	3542

Tabel L35. 200 km läbimise aeg

kiirus [km/h]	aeg [min]
50	240
60	200
70	171
80	150
90	133

Tabel L36. Minimaalne pikivahe erinevatel kiirustel

Kiirus, km/h	pikivahe, m
50	41,67
60	50,00
70	58,33
80	66,67
90	75,00
100	83,33
110	91,67
120	100,00

Tabel L37. Keskmise liikumiskiiruse ja liiklussageduse võrdlus

Keskmise liiklussagedus samas suunas [autot/h]	keskmise kiirus, [km/h]						
	80	85	90	95	100	105	110
100	800,00	850,00	900,00	950,00	1000,00	1050,00	1100,00
200	400,00	425,00	450,00	475,00	500,00	525,00	550,00
300	266,67	283,33	300,00	316,67	333,33	350,00	366,67
400	200,00	212,50	225,00	237,50	250,00	262,50	275,00
500	160,00	170,00	180,00	190,00	200,00	210,00	220,00
600	133,33	141,67	150,00	158,33	166,67	175,00	183,33
700	114,29	121,43	128,57	135,71	142,86	150,00	157,14
800	100,00	106,25	112,50	118,75	125,00	131,25	137,50
900	88,89	94,44	100,00	105,56	111,11	116,67	122,22
1000	80,00	85,00	90,00	95,00	100,00	105,00	110,00

Tabel L38. Keskmine intervall samas suunas

Keskmine liiklussagedus samas suunas [autot/h]	Keskmine intervall samas suunas [s]
100	36,0
200	18,0
300	12,0
400	9,0
500	7,2
600	6,0
700	5,1
800	4,5
900	4,0
1000	3,6

Tabel L39. Kiiruse teisendamine

Kiirus		
km/h	m/min	m/s
75	1250,00	20,83
80	1333,33	22,22
85	1416,67	23,61
90	1500,00	25,00
95	1583,33	26,39
100	1666,67	27,78
105	1750,00	29,17
110	1833,33	30,56
115	1916,67	31,94
120	2000,00	33,33

Tabel L40. Läbitava teepikkuse vahe minutis

Aeglase sõiduki kiirus km/h	Kiirema sõiduki kiirus km/h						
	80	85	90	95	100	105	110
75	83,33	166,67	250,00	333,33	416,67	500,00	583,33
80	0	83,33	166,67	250,00	333,33	416,67	500,00
85		0	83,33	166,67	250,00	333,33	416,67
90			0	83,33	166,67	250,00	333,33
95				0	83,33	166,67	250,00
100					0	83,33	166,67

Tabel L41. Järele jõudvate sõidukite arv minutis

Liiklussagedus a/h	Kiiruste vahe, km/h						
	35	30	25	20	15	10	5
100	16,2	13,9	11,6	9,3	6,9	4,6	2,3
200	32,4	27,8	23,1	18,5	13,9	9,3	4,6
300	48,6	41,7	34,7	27,8	20,8	13,9	6,9
400	64,8	55,6	46,3	37,0	27,8	18,5	9,3
500	81,0	69,4	57,9	46,3	34,7	23,1	11,6
600	97,2	83,3	69,4	55,6	41,7	27,8	13,9
700	113,4	97,2	81,0	64,8	48,6	32,4	16,2
800	129,6	111,1	92,6	74,1	55,6	37,0	18,5
900	145,8	125,0	104,2	83,3	62,5	41,7	20,8
1000	162,0	138,9	115,7	92,6	69,4	46,3	23,1

Tabel L42. Aeglasemale sõidukile järele jõudvate sõidukite arv 100 km kohta

Liiklussagedus a/h	Kiiruste vahe, km/h						
	35	30	25	20	15	10	5
100	1215,3	1041,7	868,1	694,4	520,8	347,2	173,6
200	2430,6	2083,3	1736,1	1388,9	1041,7	694,4	347,2
300	3645,8	3125,0	2604,2	2083,3	1562,5	1041,7	520,8
400	4861,1	4166,7	3472,2	2777,8	2083,3	1388,9	694,4
500	6076,4	5208,3	4340,3	3472,2	2604,2	1736,1	868,1
600	7291,7	6250,0	5208,3	4166,7	3125,0	2083,3	1041,7
700	8506,9	7291,7	6076,4	4861,1	3645,8	2430,6	1215,3
800	9722,2	8333,3	6944,4	5555,6	4166,7	2777,8	1388,9
900	10937,5	9375,0	7812,5	6250,0	4687,5	3125,0	1562,5
1000	12152,8	10416,7	8680,6	6944,4	5208,3	3472,2	1736,1