



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOI
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

1+1 JA 2+1 -RAJALISTE MAANTEEDE TEENINDUSTASEMED

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Jan-Daniel Peterson

Üliõpilaskood: 192631 EATI

Juhendajad: Tiit Metsvahi, Tallinna
Tehnikaülikooli teedehituse ja
geodeesia õppesuuna
projektispetsialist;
Taavi Agasild, Reaalprojekt OÜ
välisgrupi juht

AUTORIDEKLARATSIOON (Tiitellehe pöördel)

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.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina _____ (autori nimi)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on _____

(juhendaja nimi)

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.

_____ (kuupäev)

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 Ehituse ja arhitektuuri instituut
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Jan-Daniel Peterson, 192631EATI

Õppekava, peeriala: EATI02/17, teedeehitus ja geodeesia, teede- ja sillaehitus

Juhendaja(d): Tiit Metsvahi, Taavi Agasild

Lõputöö teema:

Eesti keeles: **1+1 JA 2+1 -RAJALISTE MAANTEEDE TEENINDUSTASEMED**

Inglise keeles: **LEVELS OF SERVICE FOR 1+1 AND 2+1 -LANE HIGHWAYS**

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kohandada HCM 2022 teenindustasemete arvutusmetoodika Eesti oludele;
2. Kontrollida metoodika sobivust vähemalt kolme püsiloenduspunkti andmetele tuginedes;
3. Praktiliselt kasutatava tötabeli kavandamine.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	HCM 2010 ja 2022 metoodikate võrdlus ja hinnang uuele metoodikale	22.05.2023.a.
2.	Kontrollarvutused	18.09.2023.a.
3.	Praktilise juhise ja tötabeli koostamine	24.10.2023.a.
4.	Seletuskirja vormistamine	18.12.2023.a.

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "18." detsember 2023.a

Üliõpilane: Jan-Daniel Peterson ".....".....20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Tiit Metsvahi ".....".....20.....a
/allkiri/

Kaasjuhendaja: Taavi Agasild ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: Mihkel kask ".....".....20.....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU.....	9
TABELITE LOETELU	10
JOONISTE LOETELU	12
SISSEJUHATUS	13
1 METOODIKA TUTVUSTUS	15
1.1 Terminid ja tähised	15
1.1.1 Teelõikude tüübid.....	15
1.1.2 Uuritava teelõigu pikkus.....	17
1.1.3 Suurim lubatud sõidukiirus	17
1.1.4 Plaanilise paigutuse klass	17
1.1.5 Püstpaigutuse klass	18
1.1.6 Sõidukite pakk.....	18
1.1.7 Liiklussagedus	19
1.1.8 Läbilaskvus ja läbilaskvuse kasutustase	20
1.1.9 Ristmikud.....	21
1.1.10 Raskeliikluse osatähtsus.....	22
1.1.11 Pakis sõitvate autode osatähtsus.....	24
1.1.12 Paki tihedus.....	25
1.1.13 Möödasõiduraja mõjuala pikkus.....	25
1.1.14 Teenindustase (LOS).....	26
1.2 Teelõikudeks jagamise põhimõtted.....	27
1.3 2+1 teeosa uurimine.....	28
1.4 Juhised arvutusmudeli kasutamiseks eriolukordades	29
1.5 Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) määramine	30
1.6 Metoodika kohandamine ja piiride nihutamine	31
1.6.1 (Mootor)sõidukite teenindustaseme metoodika kohandamine.....	31
1.6.2 Kergliikleja teenindustaseme metoodika kohandamine.....	32
1.7 Metoodika puudused	32
1.8 Varasem metoodika ja selle erinevus uuega	33
1.8.1 Teelõikude tüübid 2010. aasta metoodikas	33
1.8.2 Teenindustaseme määramine 2010. aasta metoodikas.....	34
1.8.3 HCM 2010 ja 2022 (mootor)sõidukite metoodikate põhilised erinevused...34	
1.8.4 Muutused kergliikleja teenindustaseme leidmises	35
2 METOODIKA ARVUTUSSKEEM.....	36
2.1 Mootorsõidukite teenindustaseme (LOS) määramine	36

2.1.1 Samm 1: Tipptunni valimine	37
2.1.2 Samm 2: Teelõigu valimine ja sisendparameetrite määramine lõigu uurimiseks	37
2.1.3 Samm 3: Arvutuslike liiklussageduste ja $z = d/c$ suhte leidmine	39
2.1.4 Samm 4: Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine	39
2.1.5 Samm 5: Keskmise kiiruse leidmine	40
2.1.6 Samm 6: Pakis sõitvate autode osatähtsuse leidmine	45
2.1.7 Lisanäitajad PL tüüpi teelõigule	49
2.1.8 Samm 7: Paki tiheduse leidmine	51
2.1.9 Samm 8: Teenindustaseme (LOS) leidmine	53
2.1.10 Teeosa analüüs	53
2.1.11 2+1 ristlõikega teeosa uurimine	53
2.2 Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) määramine	54
2.2.1 Samm 1: Sisendparameetrite määramine	55
2.2.2 Samm 2: Välimise raja arvutusliku liiklussageduse leidmine	55
2.2.3 Samm 3: Efektiivselt kasutatava laiuse leidmine	56
2.2.4 Samm 4: Efektiivse kiirusteguri leidmine	56
2.2.5 Samm 5: Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) väärtuse leidmine	57
2.2.6 Samm 6: Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) leidmine	57
3 TÖÖTABELITE KASUTAMISJUHEND	58
3.1 Tiitelleht	58
3.2 Arvutusskeemid	58
3.3 LOS Teelõik	59
3.4 LOS Teeosa	60
3.5 BLOS	61
4 METOODIKA RAKENDAMINE NÄIDISLÕIKUDELE	62
4.1 Näidislõikude tutvustus	62
4.2 Lõik 1 – Urge	63
4.3 Lõik 2 – Konju	64
4.4 Lõik 3 – Lokuti	66
4.5 Lõik 4 – Pikknurme	68
4.6 Lõik 5 – Kaimi	70
4.7 Näidislõikude koondtabel	72
4.8 Teenindustasemed liiklussageduse kasvades	74
4.9 Kergliikleja teenindustase Pikknurme lõigul	75
4.10 LOS meetodika järelused	76
4.10.1 Meetodika sisendparameetrid	76
4.10.2 Teelõikude tüübid	77

4.10.3 Metoodika loomisel kasutatud seosed.....	78
4.10.4 Raskeliikluse taandamine	78
4.10.5 (Mootor)sõidukite teenindustaseme metoodika kasutusvõimalused	80
4.11 BLOS metoodika järeldused.....	81
4.12 Näidislõikude uurimise kitsaskohad	82
KOKKUVÕTE	83
SUMMARY.....	85
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	87
LISAD	89

EESSÕNA

Magistritöö teema valik kujunes välja töö autori, juhendaja Tiit Metsvahi ja kaasjuhendaja Taavi Agasild vaheliste arutelude käigus, kui vesteldi magistritöö praktiliste teemade valiku osas. Kaasjuhendaja Taavi Agasild tutvustas töö autorile teenindustaseme olemust ning võimalusi seda praktiliselt hinnata. Töö teema valikut toetas värskendatud Highway Capacity Manuali 2022. aasta versiooni ilmumine, milles kahe rajaliste maanteede teenindustaseme hindamiseks oli loodud võrreldes varasemaga uus arvutusmetoodika. Teema lõplikuks valikuks kujunes metoodika kohandamine Eesti oludesse, näiteolukordade arvutamine kui ka metoodika hinnang.

Töö käigus saadi riigimaanteede püsiloenduspunktide 2022. aasta loendusaasta toorandmed Transpordiametilt. Töö autor soovib tänada Transpordiametist Arno-Marko Millerit ja Reimo Tarkiainenit magistritööks vajalike loendusandmete jagamise eest. Lisaks soovib autor tänada kõiki isikuid, kes töö valmimisele kaasa aitasid, Sander Seina, Reaalprojekt OÜst Mikk Reierit ja Mihkel Meelit ning eriti töö juhendajaid Tiit Metsvahi ja Taavi Agasilda väga heade juhendamiste ning konstruktiivsete nõustamiste eest.

Võtmesõnad: teenindustase, Highway Capacity Manual, Level of Service, Bicycle Level of Service, 1+1 maanteed, 2+1 maanteed, kahe rajalised maanteed, tiptunni liiklussagedus, kindlustatud teepeenar

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

Tulenevalt töö sisust ja toetudes algallikatele on järgnevalt loetelu magistritöös korduvatest lühenditest:

- HCM – Highway Capacity Manual
- AKÖL – aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus
- TTT – tipptunnitegur
- LOS – (mootorsõidukite) teenindustase (ingl k *Level of Service*)
- BLOS – kergliikleja teenindustase (ingl k *Bicycle Level of Service*)
- Kergliikleja – jalakäija, jalgrattur, kergliikuri, pisimopeedi, ratsa liiklemise kasutaja (EVS 843:2016 definitsioonist)
- PLP – püsiloenduspunkt
- SAPA – sõiduaudod ja pakiaudod (sõiduki pikkus $\leq 6,0$ m)
- VAAB – veoaudod ja autobussid ($6,0$ m < sõiduki pikkus $\leq 12,0$ m)
- AR – autorongid (sõiduki pikkus > 12,0 m)
- FHWA – USA Föderaalne Maanteeamet (ingl k *Federal Highway Administration*)

TABELITE LOETELU

Tabel 1.1 Teelõigu pikkus sõltuvalt uuritava teelõigu tüübist.	17
Tabel 1.2 Teelõigu plaanilise paigutuse klassi määramine.	18
Tabel 1.3 Teelõigu püstpaigutuse klassi määramine.	18
Tabel 1.4 Teoreetilise (maksimaalse) läbilaskvuse määramine lisarajaga (PL) tüüpi teelõigule [2].	21
Tabel 1.5 Teenindustaseme LOS määramine.	26
Tabel 1.6 Kergliikleja teenindustaseme BLOS määramine [2].	30
Tabel 1.7 Teenindustaseme LOS määramine 2010. aasta metoodikaga [1], [16].	34
Tabel 2.1 Valemi 2.5 konstantide valik sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	40
Tabel 2.2 Valemi 2.7 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	41
Tabel 2.3 Valemi 2.7 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	42
Tabel 2.4 Valemi 2.8 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	42
Tabel 2.5 Valemi 2.8 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	42
Tabel 2.6 Valemi 2.9 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	43
Tabel 2.7 Valemi 2.9 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	43
Tabel 2.8 Valemi 2.10 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	44
Tabel 2.9 Valemi 2.10 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	44
Tabel 2.10 Valemi 2.14 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	46
Tabel 2.11 Valemi 2.14 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	47
Tabel 2.12 Valemi 2.15 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	47
Tabel 2.13 Valemi 2.15 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].	48
Tabel 2.14 Valemi 2.16 konstantide valik sõltuvalt teelõigu tüübist [2].	48
Tabel 2.15 Valemi 2.18 konstantide valik sõltuvalt teelõigu tüübist [2].	49
Tabel 4.1 Urge PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.	64

Tabel 4.2 Konju PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.....	66
Tabel 4.3 Lokuti PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.	68
Tabel 4.4 Pikknurme PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.	70
Tabel 4.5 Kaimi PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.....	72
Tabel 4.6 Näidislõikude uurimise koondtabel.	73
Tabel 4.7 Pikknurme PLP andmete põhjal leitud kergliikleja teenindustaseme koondtabel.	75

JOONISTE LOETELU

Joonis 1.1 1+1 ristlõikega maanteede, millele meetoodika kohaldub, jagunemine riigimaanteede liigituse alusel.	17
Joonis 1.2 Näide pakist riigiteel nr 4 Tallinn – Pärnu - Ikla km 93,1.....	19
Joonis 1.3 Pakk riigiteel nr 4 Tallinn - Pärnu - Ikla km 110,3, kus on rohkem kui üks autorong.	22
Joonis 1.4 Pakis sõitvate autode osatähtsuse sõltuvus liiklussagedusest.	24
Joonis 1.5 Paki tiheduse sõltuvus liiklussagedusest.	25
Joonis 1.6 Teenindustaseme leidmine Risti PLP näitel.	27
Joonis 2.1 Kaherajaliste maanteede teenindustaseme meetoodika arvutuskeem [2].	36
Joonis 2.2 Kergliikleja teenindustaseme meetoodika arvutuskeem.	55
Joonis 4.1 Urge suund 1 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	63
Joonis 4.2 Urge suund 2 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	63
Joonis 4.3 Konju suund 1 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	65
Joonis 4.4 Konju suund 2 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	65
Joonis 4.5 Lokuti suund 1 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	67
Joonis 4.6 Lokuti suund 2 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	67
Joonis 4.7 Pikknurme suund 1 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	69
Joonis 4.8 Pikknurme suund 2 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	69
Joonis 4.9 Kaimi suund 1 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	71
Joonis 4.10 Kaimi suund 2 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.	71
Joonis 4.11 PLP asukohas valitud teelõikude teenindustasemed (sõiduautodeks taandamata) liiklussageduse kasvades.	74
Joonis 4.12 Teenindustasemed PC tüüpi lõigul taandamata ja taandatud olukorras, kus $HV\% = 6...10\%$, $TTT = 0,950$, $APD = 0$ tk/km, $WL = 3,5$ m, $WS = 1,0$ m, $L = 2,0$ km, $spl = 90$ km/h, $HC = 1$ ning $VC = 1$	79
Joonis 4.13 Kergliikleja teenindustaseme sõltuvus kindlustatud teepeenra laiuselt, kui $Vd = 210$ autot/h, $HV\% = 1\%$, $TTT = 0,950$, $WL = 3,25$ m, $spl = 90$ km/h, $N = 1$ ning $P = 5$	81

SISSEJUHATUS

Liiklussageduste üldine kasv kahehavalistel maanteedel on endaga kaasa toonud liiklejate rahulolematuse ja liiklusohutuse taseme languse. Liiklusvoo kujunemine on seotud erinevate (ka üksteisest sõltumatute) sündmuste jadaga, mistõttu on maantee teenindustaset mõjutavaid tegureid raske hinnata ning kuna andmed põhinevad statistikal, ei ole seni loodud Eesti eripäradega arvestavat arvutusmetoodikat. Hinnangud üleminekuks täiuslikumale ristlõikele on tuginenud valdavalt AKÖLil, mis osutab liiklusvoogude tegelike kujunemiste tähelepanuta jätmisele. Teenindustase oma üldises tähenduses on indikaator, mis näitab teenuse kvaliteeti. Maantee võimekuse näitajana võiks see tulevikus lihtsustada Transpordiametil teenindustaseme puudujääkidega teelõikude määramist (ristlõigete muutmise vajaduse või selle puudumise hindamine) ning aidata maanteede projekteerimisel valida sobiv ristlõige prognoositud asukohas.

Ameerika Ühendriikide maanteede, kiirteede, tänavate, ristmike jm juhiseid, arvutusmetoodikaid ja kontseptsioone sisaldavas Highway Capacity Manuali (edaspidi „HCM“) 2022. aasta redaktsioonis on toodud võrreldes eelneva metoodikaga uus arvutusskeem, mis erinevalt varasemast on universaalsem kui ka lihtsam kasutajale [1], [2]. 2022. aasta HCMi metoodika sobiks kohandatud kujul ka Eesti oludesse.

Lõputöö eesmärk on kohandada 2022. aasta HCMi teenindustasemete arvutusmetoodika Eesti oludele vastvaks ning kontrollida metoodika sobivust vähemalt kolme püsiloenduspunkti andmetele tuginedes. Metoodika kohandamisel tuleb arvestada Ameerika Ühendriikide ja Eesti eripärasid liikluskoosseisus, regioonide aspektis kui ka kohustuslikke teisendusi SI-süsteemi. Täiendavalt on eesmärgiks luua praktiliselt kasutatavad tötabelid metoodika rakendamiseks.

Kuna kergliikluse osatähtsus kasvab (peamiselt jalgratturid, kergliikurid), tekib vajadus pöörata suuremat rõhku ka maanteel liiklevate kergliiklejate ohutuse tagamisele. Kergliiklejate kiirus on reeglina (mootor)sõidukitest aeglasem, mistõttu on vajalik neile tagada konkreetsetele oludele vastava ja sobiva laiusega ruum ohutuks liiklemiseks. HCMs on vastav metoodika esitatud esimest korda 2010. aasta 5. redaktsioonis, mis on saanud HCMi 7. redaktsioonis teatud muudatusi [1], [2]. Sellest tulenevalt kohandatakse magistritöös ka 2022. aasta HCMi kergliikleja teenindustaseme metoodika.

Metoodika kohandamisel kasutatakse üksteisega seotuna 7. redaktsiooni HCMi (2022), vastavaid Eesti normdokumente ja juhendmaterjale ning metoodika praktiliseks

rakendamiseks Transpordiameti riigimaanteed püsiloenduspunktide 2022. aasta loendusandmeid. Arvutusprogrammi loomiseks ning erinevate tabelite ja graafikute koostamiseks kasutatakse MS Excel 2016 tarkvara. Arvutusprogramm luuakse Visual Basic makrodeta. Põhjuseks autori vähene kogemus makrodega kui ka võimalikuks muutmiseks lihtsama võimaluse säilitamine (kasutajatele) juhaks, kui Exceli töötabelid aja jooksul vananevad või vajavad kalibreerimist. Skeemide loomiseks kasutatakse ka AutoCAD 2023 programmi.

1 METOODIKA TUTVUSTUS

HCMs, mille esimene redaktsioon avaldati 1950. aastal [3], on teenindustaset hinnatud kaheajalistele maanteedele vastava meetoodika alusel juba 1965. aastast [4]. Pea iga järgneva redaktsiooniga on leitud nii uusi kui täiendatud vanu seoseid teenindustasemeks [5], [6], [1], [7]. Antud peatükis esitatakse nii kohandatud meetoodikas kasutatavad terminid ja põhimõtted, nende olulisus arvutusskeemi rakendamisel, meetoodika puudused, tehtud lihtsustused kui ka võrdlus varasema meetoodikaga. Originaalist lähtuvalt on meetoodika rakenduv teelõikudele (ingl k *segment*), milles liiklusvoogu takistavad tegurid puuduvad ehk kõik 1+1 ja 2+1 ristlõikega olukorrad, millele ei rakendata HCMi „*Interrupted Flow*” arvutusi [2]. Näiteks linnatänavad ning linna lähialal paiknevad maanteelõigud.

1.1 Terminid ja tähised

Antud peatükis tutvustatakse põhilisi meetoodikas kasutatavaid mõisteid. Tegemist ei ole vaid tavapärase terminite loeteluga, mistõttu ei piirdata ainult lihtsustatud ega lühikeste definitsioonidega. Praktilistel kaalutlustel, vältimaks asjatuid korduseid, selgitatakse mõistete olemust põhjalikumalt.

1.1.1 Teelõikude tüübid

Meetoodikas eristatakse teelõiku ja teeosa. Teelõik on üksiklõik, millele teenindustaseme arvutused tehakse. Peale mitme järgneva teelõigu uurimist (samal suunas) on võimalik leida teelõikudest moodustuva teeosa teenindustase. Kohandatud käsitluses on üle võetud algse meetoodika teelõikude tüübiltik [2]. Seega koosneb teeosa kahest või enamast teelõigust (samal suunas), mis võivad olla nii sama kui erinevat tüüpi meetoodika kolmest tüüpolukorrast, aga paikneda ka vaheldumisi. Vaadeldavad teelõigud (tüüpolukorrad) jagatakse ristlõike alusel järgmiselt:

1. PC (ingl k *passing constrained*) - möödasõit päri- ja/või vastassuuna kaudu keelatud, võimatu või ei ole ette nähtud (pidevjoon jm teemärgistus, füüsiline takistus: nt keskpääs, eraldusriba). Samuti olukorrad, kus möödasõit on geomeetriliste tingimuste ja piiratud nähtavuse tõttu võimatu või kus möödasõit on küll võimalik (nähtavus, geomeetria, katkendjoon jm teemärgistus), aga teistest sõidukitest möödumist sellel lõigul lihtsalt ei esine;

2. PZ (ingl k *passing zone*) - möödasõit vastassuuna kaudu võimalik, mõjutades oluliselt 1+1 maantee tegelikku võimekust. Peab olema tagatud piisav nähtavus ja ohutuks

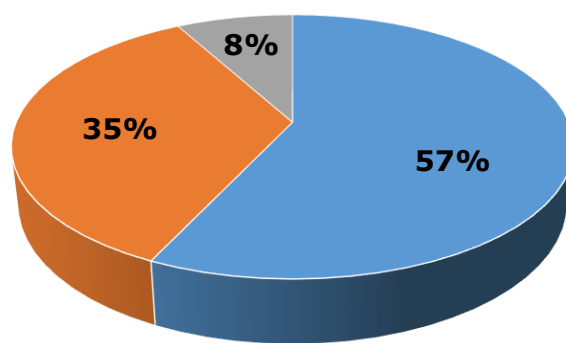
möödasõiduks vajaminev möödasõidutee pikkus. Suurte liiklussageduste korral võib PZ muutuda PC tüüpi lõiguks;

3. PL (ingl k *passing lane*) - eraldi möödasõidurada pärisuunas, võimaldades kiirematel sõidukitel aeglasematest möödumist vastassuunavööndisse reastumiseta. Näiteks 2+1 ristlõikega maantee üks osa, muu lokaalne lühike lisarada või raskeveokitele mõeldud lisarada tõusul (ingl k *climbing lane*).

Teenindustaseme meetodikat on võimalik rakendada 1+1 ja 2+1 ristlõikega maanteelõikudele. 1+1 ristlõikega maanteede teenindustaset saab hinnata nii olukorras, kus päri- ja vastassuund teineteist mõjutavad (PZ tüüpi teelõiguna), kui ka olukorras, kus mõlemad sõidusuunad on eraldatud, möödumine keelatud või möödumist lihtsalt ei esine (PC tüüpi teelõiguna). PL tüüpi teelõiguna on vaadeldav Euroopas ja Jaapanis tuntud 2+1 ristlõikega maantee üks lõik. Teeosa teenindustase on võimalik leida järjestikuste eraldi uuritud teelõikude baasil (vt pt 2.1.10). 2+1 teeosa kirjeldatakse peatükis 1.3. Kõikidel juhtudel vaadeldakse sõidusuundi eraldi ning teenindustase kirjeldab vaid ühe suuna teenindustaset. Uuritav teelõik peab olema homogeenne (vt pt 1.2) [2].

Magistritöö arvestab ka 2023. aasta maanteede projekteerimisnormide eelnõuga. Uute projekteerimisnormide järgi on ristlõigete tüübid jätkuvalt 1+1, 2+1 ja 2+2, kusjuures 1+1, 2+1 ja 2+2 projekteeritakse vastavalt, kui AKÖL on üle 500, 10 000 ja 14 500 autot/ööp [8]. Meetodika arvutuskeem arvestab, et teenindustaset mõjutavaid tegureid on rohkem kui AKÖL, võimaldades nii määrata sobiv ristlõige uuritavale maanteele. Meetodika valdav rakendus jääb 1+1 ristlõike teenindustaseme hindamiseks (tinglikult AKÖL kuni 10 000 autot/ööp), leides suuremat kasutust PZ tüüpi teelõikudel, kus päri- ja vastassuuna koostoimimise tulemusena paraneb maantee teenindustase. Kui PZ tüübiga teenindustase ei parane, tuleb maantee rajada 2+1 või 2+2 ristlõikega.

Transpordiameti 2018. ja 2021. aasta liiklussageduste ning teeregistri andmetest (sh 2022. aasta loendusandmed) selgub, et ligi 16 700 km pikkusest Eesti riigiteede võrgust kohaldub meetodika 11,2% riigiteedele (11% ehk ca 1800 km 1+1 ristlõikega teed ja 0,2% ehk ca 40 km 2+1 ristlõikega teed) [9], [10]. Madal protsent tuleneb näiteks kõrvalmaanteede suurest osatähtsusest Eesti riigiteede võrgust (75%), lisaks ei teki vajadust meetodikat rakendada riigimaanteede lõikudele, millel ei ole eeldusi teenindustaseme lubamatule tasemele jõudmiseks (vt pt 1.1.7) [11], [12]. Samuti ei kohaldu meetodika kahe- ega mitmerealistele maanteele kui ka linna- või suurema asula liiklusega (ja mõjuga) maanteelõikudele. 1800 km kahe- ja mitmerealiste maanteede jagunemine riigimaanteede liigituse alusel on toodud joonisel 1.1.



■ Põhimaanteed ■ Tugimaanteed ■ Kõrvalmaanteed

Joonis 1.1 1+1 ristlõikega maanteede, millele meetodika kohaldub, jagunemine riigimaanteede liigituse alusel.

1.1.2 Uuritava teelõigu pikkus

Uuritava teelõigu pikkuseks vaadeldavas suunas loetakse teenindustaseme arvutamiseks valitava lõigu pikkust kilomeetrites. Igale tüübile kehtivad valitavate pikkuste vahemikud, mis on toodud tabelis 1.1. Hargnemise ega liitumise kaldosaid PL tüüpi teelõigu pikkusesse ei arvestata [2].

Tabel 1.1 Teelõigu pikkus sõltuvalt uuritava teelõigu tüübist.

(autori kohandatud, originaal lisas 1)

Tüüp	Teelõigu pikkus (km)
PC	0,25 ... 3,50
PZ	0,50 ... 5,00
PL	1,25 ... 4,00

1.1.3 Suurim lubatud sõidukiirus

Suurimaks lubatud sõidukiiruseks (ka kiiruspiirang, ingl k *posted speed limit*) (km/h) loetakse liikluskorralduslikult suurimat lubatud kiirust uuritaval teelõigul. Meetodikas mõjutab suurim lubatud sõidukiirus vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmist (vt pt 2.1.4) ning paki tihedusega määratavat teenindustaset (vt tabel 1.5) [2].

1.1.4 Plaanilise paigutuse klass

Plaanilise paigutuse klass (ingl k *HC - Horizontal Class*), edaspidi HC, on kombinatsioon plaanikõveriku raadiusest (m) ja viraažikaldest (ingl k *superelevation*) (%). Selle abil määratakse meetodika rakendamisel plaanikõverikust tulenev mõju maantee teenindustasemele. Lähtuvalt originaalist kasutatakse eelkõige Ameerika Ühendriikides.

HC väärtus varieerub 1...5 (arvutus tehakse $HC = 2...5$ korral) ning meetodika eripära seisneb selles, et plaanikõveriku raadius ≥ 400 m (lisaks teised olukorrad, kus $HC = 1$) loetakse sirgeks. Teisisõnu $HC = 1$ olukorras kõverusraadius ei piira maanteel liiklevate sõidukite kiirust [2]. Kohandatud meetodika jaoks kehtib tabel 1.2.

Tabel 1.2 Teelõigu plaanilise paigutuse klassi määramine.

(autori kohandatud, originaal lisas 2)

Raadius (m)	Viraažikalle (%)						
	< 1	$\geq 1 < 2$	$\geq 2 < 3$	$\geq 3 < 4$	$\geq 4 < 5$	$\geq 5 < 6$	6
< 100	5	5	5	5	5	5	5
100 - 149	4	4	4	4	4	4	4
150 - 199	4	3	3	3	3	3	3
200 - 249	3	3	3	3	3	3	2
250 - 299	2	2	2	2	2	2	2
300 - 349	2	2	2	2	1	1	1
350 - 399	2	2	1	1	1	1	1
≥ 400	1	1	1	1	1	1	1

1.1.5 Püstpaigutuse klass

Püstpaigutuse klass (ingl k *VC - Vertical Class*), edaspidi *VC*, on kombinatsioon teelõigu pikkusest (km) ja püstkaldest (%). See arvestab tõusu (kalde) mõju peamiselt raskeliiklusele - näiteks eelkõige veokite kiiruse vähenemine tõusul. *VC* abil määratakse ära meetodika valemities kasutatavad konstandid. *VC* väärtus varieerub 1...5 ning kohandatud meetodika jaoks kehtib tabel 1.3. Languse korral $VC = 1$ [2].

Tabel 1.3 Teelõigu püstpaigutuse klassi määramine.

(autori kohandatud, originaal lisas 3)

Teelõigu tüüp	Teelõigu püstkalle (%)				
	≤ 2	$> 2 \leq 3$	$> 3 \leq 4$	$> 4 \leq 5$	> 5
PC, PZ, PL	1	2	3	4	5

1.1.6 Sõidukite pakk

Sõidukite pakk (edaspidi autode pakk, pakk või kolonn, ingl k *follower cars, followers* ja *follower status*) on lähtuvalt originaalist liiklusvoos teineteisest 2,5-sekundilise või väiksema tühikuga sõidukid. Tühikuks loetakse sama punkti läbinud sõidukite vahekaugust ehk „*front bumper to front bumper*“ ajalast vahekaugust [2]. Näide pakist on toodud joonisel 1.2.



Joonis 1.2 Näide pakist riigiteel nr 4 Tallinn – Pärnu - Ikla km 93,1.

(autori loodud skeem, allikas: Maa-ameti geoportaal)

NB! Metoodika läheb vastuollu kehtiva Eesti Liiklusseadusega (§ 46. Piki- ja külgsuhe, lõige 2), mis kohustab maanteedel sõidukeid hoidma pikivahet ehk „rear bumper to front bumper“ 3 sekundit [13]. Kuna HCMs metoodika loomisel kasutatud empiirilisi seoseid ei esitata, on antud magistr töö raames võimatu metoodikat Eesti Liiklusseadusele vastavaks kohandada.

1.1.7 Liiklussagedus

Metoodikas eristatakse kahte liiklussagedust: ennustuslik või tegelik liiklussagedus ja arvutuslik tiptunni liiklussagedus.

Ennustuslik või tegelik liiklussagedus (edaspidi „liiklussagedus“, ingl k *demand volume*) uuritavas suunas leitakse valitud tiptunni kaudu või modelleerimise teel. „Demand“ all mõistetakse üldiselt liikluse reaalselt nõudlust mingil hetkel (antud juhul ühe tunni liiklussagedust) [2]. Tegelik nõudluse tuvastamiseks puudub sageli vajadus, kuna maantee toimivuses ei esine tavaolukorras puudujääke. Näiteks loendustega fikseeritud liiklussagedust saab kasutada nii olemasoleva olukorra uurimiseks, et selgitada välja võimalikud puudujäägid teenindustasemes, kui ka ennustusliku liiklussageduse prognoosimiseks. Ennustuslikku (prognoositud) liiklussagedust saab kasutada uue tee projekteerimiseks, dimensioneerides maantee selliselt, et teenindustase vastaks pärast

projekti valmimist nõutavale tasemele ka arvestusperioodi lõpus (asfaltbetoonist püsikatend 20 aastat) [11].

Arvutuslik tipptunni liiklussagedus (edaspidi „arvutuslik liiklussagedus“, ingl k *demand flow rate*) uuritavas suunas on leitud liiklussagedusest, kasutades tipptunnitegurit või liikluse modelleerimist [2]. Loendatud liiklussageduse kasutamisel määratakse tipptund 28. kuni 38. tipptunnist. Tähtis on liiklussageduse tavapärase olukord, mis on lähedane 30. tipptunnile - arvestades, et suuremad liiklussagedused on erandlikud. Ideaalsel juhul, kui uuritaval teelõigul või selle lähistel asub PLP, määratakse aasta aega kestnud ja veerandtunni täpsusega liiklusloenduse andmetest tipptund, leitakse tipptunnitegur ning tipptunni seest uuritava suuna (vajadusel ka vastassuuna) tunniajane arvutuslik (tipptunni) liiklussagedus (vt pt 2.1.1). Kui antud täpsust ei ole võimalik saavutada, tuleb valida sobiv lähim sarnase liikluse iseloomuga PLP, sooritada uuritaval lõigul vähemalt nädalane liiklusloendus ning rakendada üleminekutegureid [11]. Teelõikudel tuleb määrata tipptund suunadade lõikes eraldi, st olenevalt uuritavast sõidusuunast (vt pt 2.1.1). Kuna PZ tüüpi lõigul esineb ka vastassuuna mõju (vt pt 1.1.1) ja ristlõike liiklussagedus jaguneb suundade vahel erinevalt (teatud sagedustel väheneb sobivate tühikute tõenäosus vastassuunas), võib tekkida vajadus valida tipptund hoopis ristlõike liiklussageduse 28. kuni 38. tipptunnist.

Juhendis „Liiklusuuringu juhendi ja baasprognoosi koostamine“ on toodud, et AKÖL alla 3000 autot/ööp korral ei lange teenindustase lubamatule tasemele [11]. Teisisõnu nii põhi-, tugi- kui ka kõvakattega kõrvalmaanteedel väikese liiklussageduse korral (antud juhul alla 3000 autot/ööp) ei esineks puudujääke teenindustasemes ega ristlõike valiku osas ka siis, kui teenindustase leitakse ennustusliku liiklussagedusena projekteeritavale maanteele. Kohandatud metodika kasutuse soovituslikuks piiriks loetakse seega teelõigu liiklussagedust $AKÖL > 3000$ autot/ööp.

1.1.8 Läbilaskvus ja läbilaskvuse kasutustase

Teelõigu (ristlõike) teoreetiline (maksimaalne) läbilaskvus (ingl k *capacity*) on metodika piires ühe tunni jooksul tee ühe suuna ristlõiget läbinud kõigi pakkide keskmisele tihedusele vastav liiklussagedus (vt pt 1.1.12). Möödasõiduvõimaluseta (PC) ja vastassuuna kaudu möödasõiduvõimalusega (PZ) lõikudel on see määratud vaikimisi 5% raskeliikluse juures (kasutatakse ka suurema % korral, vt pt 1.1.10) ja sõidukite (füüsiliste autode) vahel on tühik ehk „*front bumper to front bumper*“ 2,5 s või lühem. Uuritava teelõigu suuna jaoks on PC ja PZ tüüpidel teoreetiline läbilaskvus 1700 autot/h sõiduraja kohta. Lisarajaga (PL) lõigul on arvestatud raskeliikluse osatähtsuse muutumist sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC. Väärtus leitakse tabelist 1.4 (varieerub 1100...1500 autot/h raja kohta) ning tühik 2,5 s või lühem [2].

Tabel 1.4 Teoreetilise (maksimaalse) läbilaskvuse määramine lisarajaga (PL) tüüpi teelõigule [2].

PL lõigu teoreetiline (maksimaalne) läbilaskvus uuritavas suunas (autot/h)						
VC	HV% (%)					
	< 5	≥ 5 < 10	≥ 10 < 15	≥ 15 < 20	≥ 20 < 25	≥ 25
1, 2, 3	1500	1500	1400	1300	1300	1100
4	1500	1500	1300	1300	1200	1100
5	1500	1400	1300	1200	1100	1100

Tee (teoreetilise) läbilaskvuse piirolukorradele vastavat liiklussagedust vaadeldakse Ameerika Ühendriikides harva (va lühikestel teelõikudel). Niisiis eeldab meetoodika, et läbilaskvuse nõutava taseme korral arvutuslik liiklussagedus ei ületa tee läbilaskvust, läbilaskvuse kasutustase on $z = \lim_{d \rightarrow c} \frac{d}{c} \rightarrow z = \frac{d}{c} \leq 1$ ning LOS = A...E. Erandina võib siiski selliseid olukordi esineda või tekib vajadus teelõik dimensioneerida piiri ületavale olukorradele, kui „demand“ > „capacity“. Lähtuvalt originaalist on sellisel juhul teenindustasemeks „F“ [2].

Metoodika väljatöötamiseks Ameerika Ühendriikides tehtud uuringutega leiti, et tüübi PL puhul suurte liiklussageduste korral põhjustab tagasireastumine (paremale lisanduvalt) lisarajalt põhirajale „lööklaine“ (ingl k *shockwave*). HCMs tuuakse välja USAs tehtud vaatlused, mis näitasid, et veokid pidid antud olukordades kiiruse säilitamiseks tõusul reastuma tagasi kiiremale rajale juba enne lisaraja lõppu [2]. See on üks põhjustest, miks lisarajaga (PL) teelõigu (ristlõike) teoreetiline (maksimaalne) läbilaskvus väheneb raskeliikluse osatähtsuse (%) ja püstpaigutuse klassi VC suurenemise (sh pikikalde) kombinatsiooniga. Tegelikus olukorras ei saa lisanduva lisaraja läbilaskvus olla põhiraja läbilaskvusega võrdne, kuna järgneval üherajalisel lõigul oleks sellisel juhul läbilaskvuse kasutustase suurem kui 1 ning lisarajale tekiks id „ummikud“.

1.1.9 Ristmikud

1+1 maanteed ristmikud (otsetõlkes juurdepääsupunktid, ingl k *access points*) vähendavad vaba liiklusvoo keskmist kiirust (ingl k *free-flow speed*) ning sellega omakorda keskmist kiirust (üldmõistena) (ingl k *average speed*). Ristmikeks on meetoodika kohaselt põhilised ühendused kõrvalteedega, kogujateedega või ka tänavatega (ka suundristmikud), kuhu osa liiklusest suundub. Nende alla ei liigitu kinnistutele juurdepääsuteedeni viivad ristmikud ega muud teed, mille AKÖL on alla 20 autot/ööp [14]. Kui sõidusuunad on eraldatud (nt keskpäärdega), siis selliseid ristmikke arvesse ei võeta ning väärtuseks valida 0. Teistel juhtudel arvestatakse nende arv summana uuritava teelõigu sees lõigu pikkusühiku kohta (tk/km) [2].

1.1.10 Raskeliikluse osatähtsus

Tunnis tee ristlõiget läbinud sõidukite arvu ei taandata originaalmetoodikas sõiduautodeks (ingl k *passenger cars*), vaid arvestatakse raskeliikluse osatähtsusena (ingl k *HV%* - *Heavy Vehicles %*) uuritava suuna arvutuslikust tipptunnist. Kasutatakse täisarvuna - nt 3% on arvestatud valemites kui 3 [2].

Metoodika on ehitatud üles 5% raskeliikluse osatähtsust arvesse võttes [2] ning ehkki kasutatakse ka suurema protsendi korral, tasub üle 5% olukorras taandada raskeliiklus sõiduautodeks. 6-10% korral teostada arvutused raskeliikluse osatähtsusega kui ka sõiduautodeks taandades. Üle 10% olukorras tuleb taandada kogu ristlõiget läbinud liiklus sõiduautodeks. Põhjuseks sagedasti esinev olukord, kus pakk on tekkinud veoki järele. On tõenäoline, et kuni 5% (kaasa arvatud) raskeliikluse juures moodustavad paki (eesmine) veok või autobuss ja selle järele kogunenud sõiduautode rivi, üle 5% korral võib pakis olla rohkem kui üks (eesmine) veok või autobuss ning üle 10% olukorras on paki sees rohkem kui üks (eesmine) veok või autobuss (vt joonis 1.3).



Joonis 1.3 Pakk riigiteel nr 4 Tallinn - Pärnu - Ikla km 110,3, kus on rohkem kui üks autorong.

(autori loodud skeem, allikas: Maa-ameti geoportaal)

Joonis 1.3 kirjeldab liiklusohtlikku olukorda, kus veoki kiirus on 80 km/h ning pakis on kolm sadulautorongi. Metoodikast lähtuvalt moodustavad sõidukite paki 2,5-sekundilise

tühikuga (füüsilised) autod, mis suurima lubatud sõidukiirusega 80, 90 ja 100 km/h olukorras annavad tühiku pikkuseks vastavalt kuni 56, 63 ja 70 m (vt pt 1.1.6). Pikivahe 80 km/h sõitva 16,5 m pikkuse sadulautorongi taga 39 m ja 90 km/h sõitvate sõiduautode vahel 57 m. Lähtuvalt originaalist arvestab HCMi kahe rajaliste maanteede meetodika nii tegelikku olukorda kui ka liiklusohutust maanteedel [2]. Eesti Liiklusseadusest tulenevalt peavad 3-sekundilised pikivahed olema vastavalt 67, 75 ja 83 m [13]. Antud lõigul on suurim lubatud sõidukiirus 90 km/h. Nii joonisel 1.2 kui ka joonisel 1.3 on näha, et kasutatakse ohtlikult lühikesi tühikuid nii HCMi meetodika kui ka Eesti Liiklusseaduse kohaselt, mis on paraku tavapärase olukord suure liiklussagedusega maanteedel.

Kui kasutada ainult raskeliikluse taandamist sõiduautodeks, võib tekkida olukord, kus hinnatakse tegeliku tühiku sisse autot, paki tihedus suureneb ning teenindustase halveneb võrreldes tegelikkusega. See on ka põhjus, miks vastassuunda ei taandata - looks kunstlikult vale hinnangu segavast voost. Analoogiline probleem on esinenud ringristmiku läbilaskvuse arvutamisel. Taandamist kasutada ainult PC ja PZ tüüpi lõikudel ning arvestada suundade raskeliikluse osatähtsuste erinevusi.

Kuna sõidukiklasse ei saa Ameerika Ühendriikide meetodikast üks-ühele üle võtta, liigituvad raskeliikluse alla Eestis kasutatavat üldistatud liigitust silmas pidades (SAPA, VAAB ja AR) veoautod, autobussid ja autorongid (VAAB+AR). HCMi meetodika eeldab, et tee ristlõiget läbinud raskeliiklus jaguneb Ameerika Ühendriikide FHWA sõidukikategooriate alusel järgmiselt:

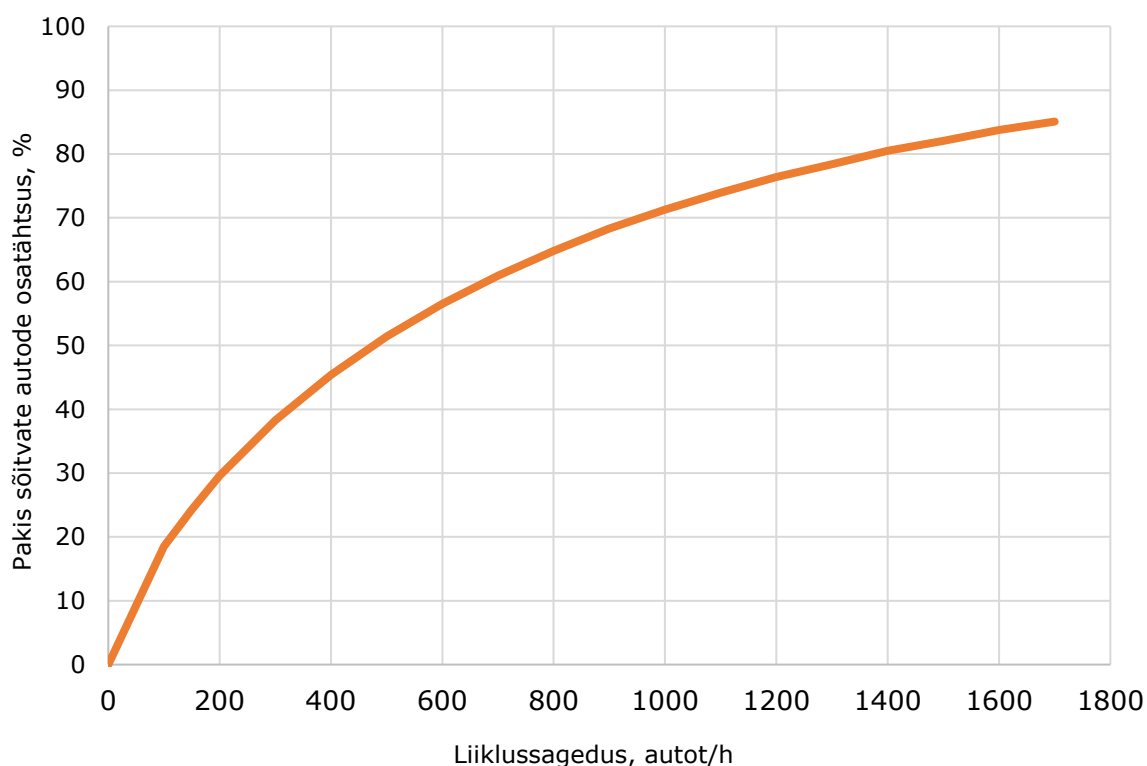
- a) 50% väikesed (ingl k *small*): FHWA13 4+5+6+7 (pikkus kuni ca 9 m);
- b) 25% keskmised (ingl k *medium*): FHWA13 8 (pikkus ca 9...18 m);
- c) 25% suured (ingl k *large*): FHWA13 9+10 (pikkus ca 18...22 m);
- d) Klasse 11+12+13 (pikkus ca 22...29 m) meetodika ei arvesta, sest on USA kahe rajalistel maanteedel haruldased [2].

Eesti oludele vastava meetodika kohandamisel on lähtutud olemasolevast 6...12 m VAAB (Eesti FHWA13 4+5+6+7 ja CA10 6+10) ning >12 m AR (Eesti FHWA13 8+9+10 ja CA10 7+8) jaotusest [15]. Kohandamisest saadavat erinevust on raske hinnata, kuna Ameerika Ühendriikide ja Eesti puhul esinevad põhimõttelised erinevused liikluskoosseisus ning liiklusvoogudes. Võimalik erinevus võib põhjustada nii paki tiheduse suurenemist (st teenindustaseme halvenemist võrreldes tegelikkusega) kui paki tiheduse vähenemist (st teenindustaseme paranemist võrreldes tegelikkusega). Meetodika vastavust tegelikkusele tuleb katsetada pikema aja vältel, et teha vastavaid korrekture Eesti maanteede teenindustasemete hindamiseks. Näiteks moodustavad Eestis autorongid raskeliiklusest üle 50%.

1.1.11 Pakis sõitvate autode osatähtsus

Pakis sõitvate autode osatähtsus (ingl k *PF - Percent Followers*) kirjeldab piiratud möödumisvabadust ning mõjutab sõidumugavust, mistõttu juht tunneb, et hilineb eesmis(t)e aeglasema(te) sõiduki(te) tõttu. Esitatakse protsendina kõikidest tee uuritava suuna ristlõiget läbinud (füüsilistest) autodest, mis on teineteisest 2,5-sekundilise või lühema tühiku kaugusel. Kõrge pakis sõitvate autode osatähtsuse protsent viitab piiratud möödasõiduvõimalustele kui ka nende puudumisele: suur hulk vastutulijaid PZ ehk vastassuuna kaudu möödasõiduvõimalusega lõigul, keskiire PC ehk möödasõiduvõimaluseta lõigul [2].

Jooniselt 1.4 on näha, et pakis sõitvate (füüsiliste) autode osatähtsus ei saavuta (ohututes) tavatingimustes 100%, kuna liiklusvoos on praktikas pea alati pakke katkestavaid olukordi. Teisisõnu liiklusvoog ei ole reaalses olukorras ühtlane tervik ning kõik sõidukid ei saa sõita kindlal lõigul ainult pakis, ka vastassuunas - seetõttu võib leiduda möödasõiduvõimalusega (PZ) teelõigul vastassuuna liiklusvoos eesmis(t)est sõiduki(te)st möödumist võimaldavaid olukordi. Täielikku pakistumist piirab nii teoreetiline läbilaskvus, mida reeglina maanteel ei ületata, kui ka teelõikude tüüpide (vt pt 1.1.1) varieerumine [2].

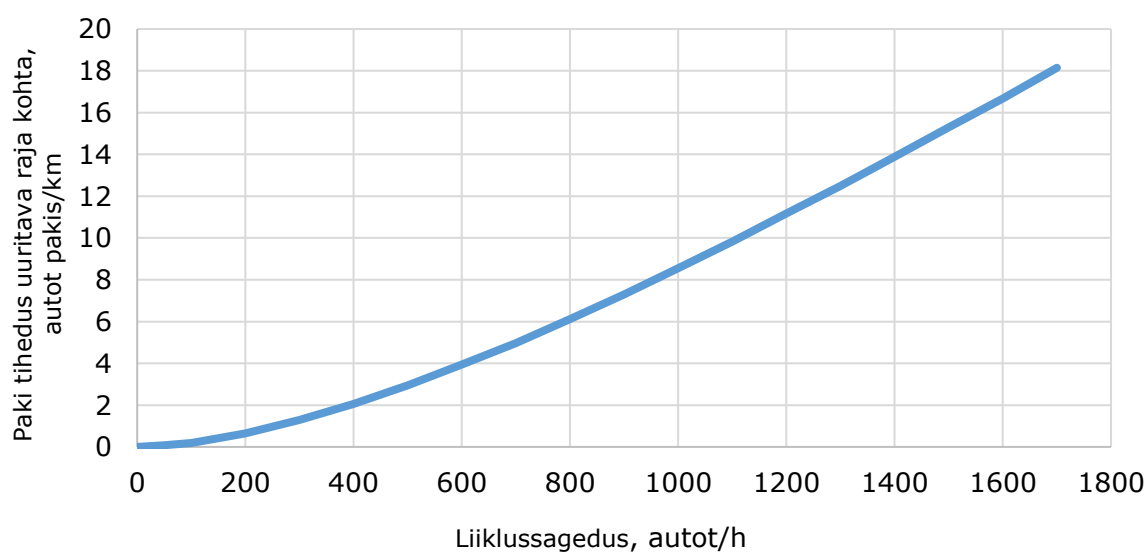


Joonis 1.4 Pakis sõitvate autode osatähtsuse sõltuvus liiklussagedusest.

(allikas: HCM 2022)

1.1.12 Paki tihedus

Paki tihedus (ingl k *FD - Follower Density*) määratakse teelõigu uuritava raja kohta 2,5-sekundilise või lühema tühikuga (füüselistest) autodest (ühik: autot pakis/km). Raskeliikluse taandamisel sõiduautodeks saab paki tiheduse ühikuks uuritava sõiduraja kohta sõiduautot pakis/km (vt pt 1.1.10 ja pt 2.1.2). Lähtuvalt originaalist on pakis sõitvate autode osatähtsuse ja paki tiheduse kombinatsioon võetud kasutusele seetõttu, et kahel erineval teelõigul võivad olla pakis sõitvate autode osatähtsuse väärtused samad, kuid mitte paki tihedused liiklussagedus ning vastupidi [2]. Jooniselt 1.5 on näha, et liiklussageduse kasvades suureneb paki tihedus.



Joonis 1.5 Paki tiheduse sõltuvus liiklussagedusest.

(allikas: HCM 2022)

1.1.13 Möödasõiduraja mõjuala pikkus

Möödasõiduraja mõjuala ulatuseks ehk mõjuala pikkuseks (originaalis defineeritud kui efektiivne pikkus, ingl k *effective length*) $L_{ef,kokku}$ nimetatakse kaugust lisarajaga (PL) teelõigu möödasõiduraja algusest kuni selle kauguseni, kus arvutustega leitavad maantee uuritava suuna näitajad (nt pakis sõitvate autode osatähtsus, paki tihedus, keskmine kiirus üldmõistena) taastuvad väärtusteni, mis olid vahetult enne möödasõidurajaga (PL) lõiku. Mõjuala pikkus leitakse valemist 2.26 I_{PF} ja I_S kaudu mõjuala pikkuse $L_{ef,kokku}$ proovimise teel (vt pt 2.1.2). Möödasõiduraja mõjuala ulatus on indikaator, mille abil selgitatakse, kas lisarajaga (PL) teelõik avaldab mõju uuritava PC või PZ tüüpi teelõigu parameetritele (eelkõige paki tihedusele, mis mõjuga väheneb) [2].

1.1.14 Teenindustase (LOS)

Kui $z = \frac{d}{c} \leq 1,0$, siis maantee opereerib teoreetilise läbilaskvuse kasutustaseme juures või alla selle. Kaheajalist maanteede teenindustaseme (ingl k *LOS – Level of Service*) hindamiseks kasutatakse sõidukite ehk füüsiliste autode paki tihedust (vt pt 1.1.6 ja pt 1.1.12). Kuna meetodika vaatleb sõidusuundi eraldi, kirjeldab teenindustase vaid ühe suuna teenindustaset (vt pt 1.2). Teenindustaseme määramisel lähtutakse kahest erinevast suurima lubatud sõidukiiruse klassist, mille piiriks 80 km/h (vt tabel 1.5) [2].

Suurima lubatud kiirusega ehk ≥ 80 km/h on sõiduki juhtidel oluline nii absoluutkiirus (ingl k *absolute speed*) kui ka piiratud möödasõiduvõimalustest tulenevad viivitused (ingl k *passing restrictions*) – Ameerika Ühendriikides nt linnadevahelised ühendusteed ja maanteed. Teine on väiksema ehk < 80 km/h (< 50 mi/h) lubatud kiirusega teed – USA-s nt nii linnasisesed teed (ingl k *intra-city routes*) kui ka looduskaunite (ingl k *scenic*) ja maapiirkondade (ingl k *rural-developed areas*) teed. Ameerika Ühendriikides on sellistel teedel suurim lubatud sõidukiirus vahemikus 35-45 mi/h ehk ca 55-70 km/h, möödasõiduvõimalused piiratud ning nende tingimuste tõttu pakis sõitvate autode osatähtsus liiklusvoos suurem. Suurima lubatud sõidukiiruse klassil on piir seatud kõrgemale 5 mi/h võrra, et meetodika ei annaks Ameerika Ühendriikides ebarealseid tulemusi teenindustaseme hinnangu osas [2]. Meetodika kohandamisel on lähtutud samast piiri seadmise võttest, kuid Eesti oludes.

Tabel 1.5 Teenindustaseme LOS määramine.

(autori kohandatud, originaal lisas 4)

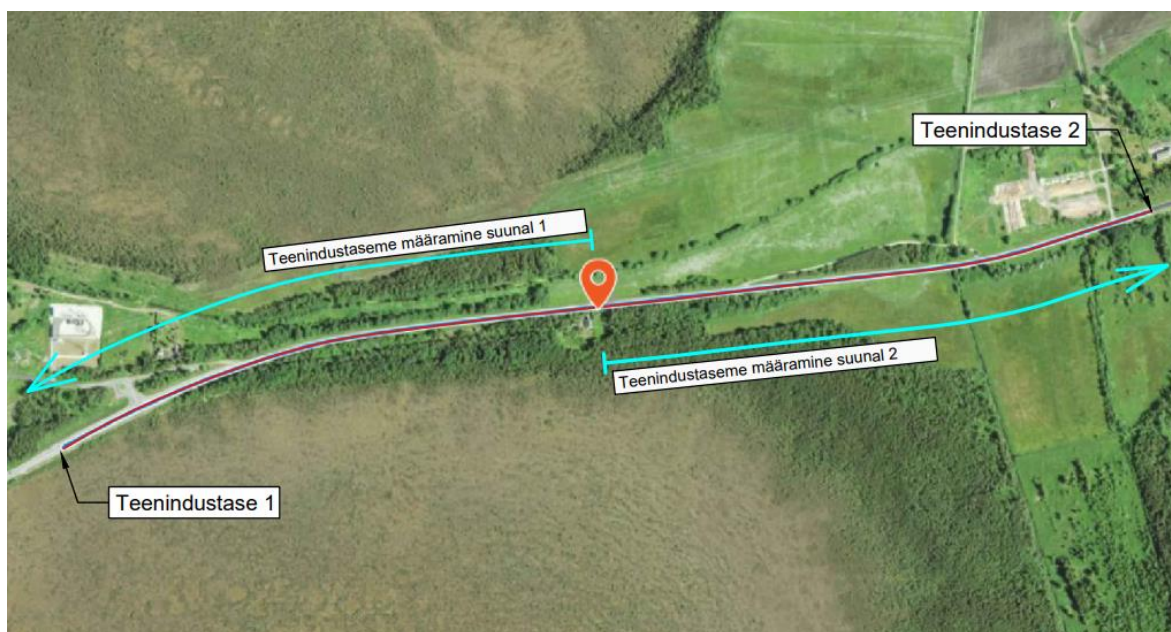
<u>Paki tihedus raja kohta (autot pakis/km) suurima lubatud sõidukiiruse (km/h) alusel</u>		
LOS	≥ 80 km/h	< 80 km/h
A	$\leq 1,25$	$\leq 1,50$
B	$> 1,25 \leq 2,50$	$> 1,50 \leq 3,00$
C	$> 2,50 \leq 5,00$	$> 3,00 \leq 6,00$
D	$> 5,00 \leq 7,50$	$> 6,00 \leq 9,00$
E	$> 7,50$	$> 9,00$
F	$z = d/c > 1,00$	

Teenindustase „A” tähendab, et liiklusvoos sõidetakse lubatud kiirusega ning juhtidel ei esine möödasõidutakistusi või kiirus on suurima lubatud sõidukiiruse lähedal ja esineb väike möödasõiduraskus. Pakistumine (ingl k *platooning*) minimaalne ning paki tihedus väga madal, ehkki tase „A” võib kujuneda ka ohtlikuks sõidukijuhi liiga madala emotsionaalse pinge tõttu. Teenindustaseme „E” korral võivad kiirused olla veel „mõistlikud” (st pakis sõitmine ei ole kiirust palju vähendanud), kuid pakistumine on märkimisväärne ja paki tihedus kõrge, mistõttu ei ole möödasõidu sooritamine (kui

lubatud) reeglina ohutu. Teenindustasemed „B...D” on tasemete „A” ja „E” vahetasemed [2]. Kui maanteel liiklejad suudavad liiklusolukorda hinnata, võivad tasemed „C...E” pakistumisest tulenevalt olla ohutumad kui kõrgemad teenindustasemed „A...B”. Tuleb välja tuua, et juhtide psühholoogia kõrval peab suutma ka tee toetada liiklejat ning anda võimalusi arvestada eksimusi teatud piirini.

1.2 Teelõikudeks jagamise põhimõtted

Metoodika idee põhineb üksikute teelõikude uurimisel ja nendele tehtavatel arvutustel. Uuritav tee jaotatakse lõikudeks, sõidusuundi vaadeldakse lõigu sees eraldi ning valitud teelõik peab olema homogeenne kogu uuritava pikkuse ulatuses. Lähtuvalt originaalist leitakse teenindustase lõigu lõpp-punktile (vt joonis 1.6), mis tähendab erinevaid teelõike erinevatel suundadel [2]. Kohandamisel on leitud, et teenindustaset on vajadusel asjakohane üldistada ka mõlemal suunal ühele lõigule.



Joonis 1.6 Teenindustaseme leidmine Risti PLP näitel.

(autori loodud skeem, allikas: Maa-ameti geoportaal)

Uuritav teelõik tuleb jagada lõikudeks muutuste kohas: püstkalle, sirge ja kõverik, sõiduraja või teepeenra laiused, suurim lubatud sõidukiirus jm (vt pt 1.1.4 ja pt 1.1.5). Lisaks ei arvesta metoodika, lähtuvalt originaalist, eelnevaid ega järgnevaid teelõike nende eripäradega (st nende mõju uuritavale lõigule). Erandiks lisarajaga (PL) teelõik, mille mõju möödasõiduraja mõjuala pikkuse piires leitakse järgmiste (PC ja PZ) teelõikude uurimisel (vt pt 1.1.1 ja pt 1.1.13). Olulisel kohal on ka tee ristlõige, kuna maantee saab opereerida oma maksimaalse võimekuse piires vaid siis, kui rajad (ingl k

lanes) ja kindlustatud teepeenrad (ingl k *shoulders*) on piisavalt laiad, et mitte sõidukite kiirust piirata [2].

Originaalist lähtuvalt loetakse kohandatud meetodikas ideaalseks sõiduraja laiuseks $\geq 3,5$ m ja kindlustatud teepeenra laiuseks $\geq 1,5$ m ning seatud piiridest väiksemad laiused vähendavad vaba liiklusvoo keskmist kiirust valemiga 2.5 [2]. Kohandatud käsitluses ei ole keelatud kasutada ka väiksemaid väärtuseid, nt 3,25 m. Tuleb välja tuua, et antud magistritöös kohandataval meetodikal tekib vastukäivusi 2023. aasta maanteede projekteerimishormide eelnõuga, kuna sõidurada üle 3,5 m (tavaolukorras) ning kindlustatud teepeenart üle 1,0 m laiusena ei projekteerita - ka olukordades, kus kergliiklejad liikleavad vahetult maantee ääres kindlustatud teepeenral. Erandina sõidurada 3,75 m projektkiirusel 100 km/h keskipiirde ja keskeraldusega ristlõike (siin PC tüüpi teelõik, vt pt 1.1.1) ning 2+1 ristlõike korral [8]. Kuna meetodika on välja töötatud Ameerika Ühendriikide maanteede teenindustasemete hindamiseks ning loodud empiiriliste seostega, võivad kohandatud meetodikas ilmnedagi Eesti eripäradele vastavate maanteede jaoks teatud ebakõlad, mida antud magistritöö raames ei ole suudetud tuvastada.

Lisaks eeltoodule on meetodikaga võimalik uurida ainult teelõike, kus vähemalt teelõigu pikkuse ulatuses puuduvad peatumist nõudvad foorid, ristmikud, ringteed, „Anna teed“ või „Stopp“ märgid jm takistused. Teisisõnu meetodika võtab arvesse vaid teelõike, mis on ühtlasest liiklusvoost „välja lõigatud“. Arvutuste tegemisel arvestada teelõigu asukohas tavapäraste keskkonnatingimustega (nähtavus, teekate, ilmastikutingimused) [2].

1.3 2+1 teeosa uurimine

2022. aasta HCMi kahe rajaliste maanteede teenindustaseme meetodika lisades on võetud vaatluse alla ka Euroopas laialdast kasutust leidvad 2+1 ristlõikega maanteed. Ehkki Ameerika Ühendriikides on Euroopale sarnane analoog „*Super 2*“ näol, mõistetakse selle all kas I klassi maanteed (ingl k *access-controlled highways*) või 1+1 maanteed, mille lisarajad paiknevad teineteise suhtes tihedalt, kuid ei pruugi olla vaheldumisi mõlemas suunas, nagu Euroopas tuntud 2+1 lahendus [1].

Originaalist lähtuvalt võimaldab meetodika arvutada ühe 2+1 lisaraja teenindustaset PL tüübina (vt pt 1.1.1) ning 2+1 teeosa, mis seisneb 25...30 km kogupikkusega ja 1,2...3,2 km pikkuste möödasõiduradadega maantee uurimises. Teisisõnu vaatlleb meetodika 2+1 teeosa ligilähedase 1+1 maanteena (50% PC ja 50% PZ) ning leiab sellele täpsustavad lisanäitajad PL tüüpi lõigu mõju (peamiselt paki tihedusele) arvesse

võttes kogu teeosa ulatuses (vt pt 1.3). Ligilähedase 1+1 maantee lõigud tuleb eelnevalt uurida (sama suund), PL tüüpi teelõike 2+1 teeosa arvutustes ei kasutata. Paki tiheduse leidmiseks kehtib HCMs toodud seos: 2+1 sümmeetria tõttu on paki tiheduse paranemine pöördvõrdeline möödasõiduraja pikkusega [2]. Mida pikem on möödasõidurada, seda pikemaks muutub vastassuunas ilma möödasõidurajata osa – seega lisaraja pikkusega suureneb keskmine paki tihedus lisarajata lõigul. Originaalmetoodikas esitatud 2+1 teeosa arvutusskeemi suhtutakse kui lõpuni lahendamata arvutusse, mida on antud magistritöös seniste teadmiste põhjal kohendatud. Teisisõnu 2+1 teeosa arvutusskeemi tuleb katsetada ja täiendada pikema aja jooksul. On võimalik, et järgmises ehk 8. redaktsiooni HCMs saab 2+1 teeosa arvutusskeem muudatusi kui ka täpsustusi.

Enne 2+1 teosale arvutuste tegemist tuleb jagada uuritav teeosa teelõikudeks. Lisarajaga teelõike vaadeldakse PZ lõikudena (vastassuuna liiklussagedus 0 autot/h) ning möödasõiduvõimaluseta teelõike PC lõikudena. Valemist 2.12 leitakse keskmine kiirus (üldmõistena) ja analoogselt vaba liiklusvoo keskmine kiirus ning valemist 2.27 teeosa paki tihedus. Seejärel on võimalik arvutada valemist 2.28 2+1 teeosa keskmine paki tihedus ning määrata tabelist 1.5 uuritava teeosa suuna teenindustase.

Alternatiivne võimalus (ei pärine originaalist) 2+1 teeosa hindamiseks oleks kahe teelõigu (PL ja PC) järjestikustel vaatlemistel. Peale PL tüüpi lõigu uurimist tuleb leida paki tihedus PC lõigule, arvestades seejuures ka möödasõiduraja mõju paki tihedusele (leitakse valemist 2.26, vt pt 2.1.8). Kuna PC on järgnev lõik, puudub mõjuala ulatuse määramiseks vajadus (vt pt 1.1.13). Lähtuvalt originaalist lähtestub (ingl k *reset*) iga uue PL teelõiguga järgmise teelõigu (mõju) uurimine - seega järgmistele PL ja PC tüüpi lõikudele tuleb teostada arvutused samal viisil. Arvestada seejuures, et teeosa koosneb samas suunas eelnevalt uuritud teelõikudest ning peale viimast lisarada tuleb leida lisaraja mõju paki tihedusele (valemist 2.26) ka nendele lõikudele, mis jäävad 2+1 ristlõikega teeosast välja. Peale mitme PL ja PC lõigu uurimist saab valemist 2.27 leida kogu 2+1 teeosa paki tihedus ning määrata tabelist 1.5 teenindustase. Antud arvutusmeetod ei võta arvesse HCMs toodud 2+1 sümmeetria seost [2].

1.4 Juhised arvutusmudeli kasutamiseks eriolukordades

Originaalmetoodika annab HCM lisas juhised, kuidas kasutada metoodikat olukordades, kus arvutusvalemid võivad anda tegelikkusega võrreldes ebareaalset tulemusi, kui ka nendel juhtudel, kus metoodika arvutusvalemite kasutamine ei ole enam asjakohane. Antud magistritöö raames lähenetakse vaid kohandatud metoodika piirides. Originaalist lähtuvalt on eriolukordadeks, kui läbilaskvuse kasutustase $z > 1,0 \rightarrow \frac{d}{c} > 1,0$, järjestikuste

teelõikude liiklussagedused erinevad teineteisest üle 10%, pikk tõus, mis nõuab eraldi teelõikudeks jagamist, ning järjestikused või lähestikku paiknevad lisarajaga (PL) tüüpi teelõigud, mille mõjuala pikkuste vahemikel tekib ülekattumine. Viimane tekitab kohati vastuolusid, sest HCMs on ka toodud, et iga järgmise PL lõiguga lähtestub lisaraja mõju uurimine järgmisele teelõigule [2].

1.5 Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) määramine

Kindlustatud teepeenra laius mõjutab 1+1, 2+1 ja 2+2 ristlõikega maanteedel liiklevate kergliiklejate (peamiselt jalgratturite, aga ka kergliikurite kasutajate) ohutust. Kergliiklejate teenindustaseme (ingl k *BLOS – Bicycle Level of Service*) meetoodika arvutusmudel põhineb liikleja tajumudelil (ingl k *traveler perception model*) ning kehtib nii kahe- kui ka mitmerajalistele maanteedele [2]. Meetoodika on (mootor)sõidukite teenindustaseme meetoodikast eraldiseisev ning arvutused teineteist ei mõjuta.

Kergliiklejate kiirus on võrreldes muu liiklusega reeglina tunduvalt väiksem ja liigeldakse võimalikult paremal pool tee servas kindlustatud teepeenardel. Mudel sobitab tee omadustega seotud sõltumatud muutujad kergliiklejate liiklemismugavusega, kuid ei võta arvesse juhtide käitumist, kuna võib piirkonniti erineda. Kergliiklejate poolt kasutatava ala (nt kindlustatud teepeenra) laiusel on meetoodika mudelile suurem mõju kui vahetult külgneval sõiduraja laiusel. Kergliiklejate teenindustaseme väärtus on vahemikus 0,5...6,5 (BLOS = A...F) (vt tabel 1.6) [2].

Tabel 1.6 Kergliikleja teenindustaseme BLOS määramine [2].

BLOS tase	BLOS väärtus
A	≤ 1,50
B	> 1,50 ≤ 2,50
C	> 2,50 ≤ 3,50
D	> 3,50 ≤ 4,50
E	> 4,50 ≤ 5,50
F	> 5,50

BLOSi määramise meetoodika sobib ainult kindlustatud teepeenardele (asfalt, tolmuva kate), maanteeäärsetele kergliiklusteedele (ohutusriba lubatust väiksem) ning kahe- ja mitmerajalistele maanteedele, kus liiklejad (kergliiklejad ja sõidukid) jagavad ühist sõiduruumi [8]. Meetoodika koostati algselt linna- ja linnalähiteedele (ingl k *urban and suburban streets*), kuid on rakenduv ka maanteedele. Teistel juhtudel rakendada meetoodikat HCM 2022 peatükis 24 „*Off-Street Pedestrian and Bicycle Facilities*“ - antud magistritöös ei kasutata. Sarnaselt (mootor)sõidukite meetoodikale peab kergliikleja teenindustaseme meetoodika rakendamiseks olema uuritav ristlõige (teelõik)

homogeenne. Kõikide muutuste (nt kindlustatud teepeenra laius, liiklussagedus, katte seisukord jm) korral tuleb kergliikleja teenindustase leida uuele olukorrale [2].

2023. aasta maanteede projekteerimismääruste eelnõust selgub, et 2+2 ristlõikega maanteedel projekteeritakse projektkiirusel 110 ja 120 km/h kindlustatud teepeenrad laiusga 2,5 m. Sellest tulenevalt leiab kergliikleja teenindustaseme meetoodika rakendust peamiselt 1+1 ja ka 2+1 ristlõike (kaherajaliste maanteede) uurimiseks.

1.6 Meetoodika kohandamine ja piiride nihutamine

Kohandamisel on teisendatud valemid SI-süsteemi HCMs toodud teisendusi 1 jalg (ft) = 0,305 m ning 1 miil (mi) = 1,61 km arvesse võttes [2]. Silmas on peetud nii Eesti Vabariigi seadusandlusest kui ka normdokumentidest ja standarditest tulenevaid sõidukiklasside, tee ristlõike geomeetria (nt sõiduraja ja kindlustatud teepeenra laiused, plaanikõveriku raadiused, lubatud maksimaalne viraažikalle jm) ning muid põhimõttelisi erinevusi, mis tulenevad Ameerika Ühendriikide ja Eesti eripäradest.

1.6.1 (Mootor)sõidukite teenindustaseme meetoodika kohandamine

Meetoodika kohandamisel on tekkinud suurim küsitavus teenindustaseme leidmiseks oluliste näitajatega: sõidukite pakk, pakis sõitvate autode osatähtsus ning paki tihedus. Paki moodustavad originaalist lähtuvalt 2,5-sekundilise või väiksema tühikuga füüsilised autod, mis läheb vastuollu Eestis kehtiva Liiklusseadusega (vt pt 1.1.6). Meetoodika kohandamisel tehtud lihtsustustest saab pidada suurimateks kolme tabeli lihtsustamist: teelõikude pikkuste vahemikud sõltuvalt teelõikude tüübist (vt tabel 1.1), teelõigu plaanilise paigutuse klassi määramine (vt tabel 1.2) ning teelõigu püstpaigutuse klassi määramine (vt tabel 1.3). Originaalmeetoodika tabelid on toodud käesoleva töö lisades (vt lisad 1-3).

Plaanilise paigutuse klassi kohandamisel on arvestatud, et 2023. aasta maanteede projekteerimismääruste eelnõust tulenevalt Eestis viraaži kaldega üle 6% ei projekteerita ning meetoodika on kohalduv peamiselt teelõikudele viraažikaldega kuni 4% [8]. Tabeli 1.2 mahtu on vähendatud, sest originaaltabelis „-“ ja „1“ loetakse mõlemad sirgeks (vt lisa 2). Tabelis 1.2 esitatud 400 m raadiusega plaanikõverik (originaalis 2550 ft) on põhjendatud originaalmeetoodikas kui piiri, millest suurema raadiusega plaanikõverik ei avalda negatiivset mõju teenindustasemele [2].

Püstpaigutuse klassi kohandamisel on leitud, et tegelikel liiklussagedustel on suuremad püstkalded (üle 7%) erandlikud. 2023. aasta maanteede projekteerimismääruste eelnõust selgub, et suurim lubatud kalle 7% on rakenduv projektkiirusele 70 km/h [8].

Üle 7% pikikaldeid on võimalik rakendada projektkiirusele 60 km/h ja alla ning projektkiirusele 90 km/h vastav suurim lubatud püstkalle on 5,5%. Metoodika lihtsustamisel on sama püstpaigutuse klassiga püstkalde vahemikud arvestatud üheks vahemikuks, mille tulemusena tabelis 1.3 suuremad kalded kui 5% annavad VC väärtuseks „5” [2].

Valemis 2.20 tegur $HV_{PM,FL}$ (originaalis $HV_{PropMultiplier_{FL}}$) ehk raskeliikluse (siin VAAB+AR) suhteline jaotus kiiremal rajal liiklussagedusest on metoodika originaalarvutuskeemis 0,4 (40% kiiremal rajal, 60% aeglasemal rajal) [2]. Kuna tegurit 0,4 saab lugeda Eesti oludes ebarealistlikuks, kasutatakse kohandatud metoodikas $HV_{PM,FL} = 0,2$ (20% kiiremal rajal, 80% aeglasemal rajal). Arvutuste tegemisel kontrollida ka tulemusi, kui $HV_{PM,FL} = 0,4$. Et metoodikat Eesti eripärade tarbeks paremini kohandada, tuleks määrata tegelik konstant. Selleks tuleb uurida 2+1 teedel kiiremal ja aeglasemal rajal ristlõiget läbinud VAAB+AR suhtelist jaotumist (vt pt 1.1.10). Magistritöö raames on vaadeldud nii Maa-ameti geoportaaliga kui ka Google Maps rakendusega 2+1 teelõikude asukohti, kuid orotfotode kellaaja (ca kell 9-11) tõttu on andete vähesusega põhjalikke järeldusi võimatu teha. Antud magistritöö raames kasutatav väärtus 0,2 on pigem oletuslik.

1.6.2 Kergliikleja teenindustaseme metoodika kohandamine

Kergliiklejate teenindustaseme hindamise arvutusskeemis on peale meetermöödustikku transformeerimise kaks sisulist lihtsustust. Esimene lihtsustus on kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja efektiivse laiuse valemis uuritava suuna liiklussageduse piiri tõstmine 160 autot/h tasemelt 200 autot/h tasemele. Antud lihtsustus on seotud ainult empiirilise seose piiri ümardamisega sajalisteni ega moonuta valemiga (valem 2.32) saadud tulemust põhjendamatule väärtusele (teenindustasemes muudatusi ei täheldatud). Teine lihtsustus puudutab HCMi metoodika võimalust arvutada kergliikleja teenindustaset olukorras, kus maanteel saab parkida (%OPH). Parkimisega väheneks kergliiklejatel efektiivselt kasutatav laius ja teenindustase halveneks [2]. Antud olukordi Eesti tingimustes ei esine ning erandlikke olukordi ei arvutata, mistõttu on kohandatud metoodikas valitud vaikimisi $\%OPH = 0$.

1.7 Metoodika puudused

LOS metoodika paremaks kohandamiseks Eesti oludesse tuleb teostada põhjalikke võrdlusi tegelike liiklusvoogudega. Kuna HCMs ei ole toodud empiiriliste seoste leidmiseks juhiseid, on magistritöös kohandatud metoodika mõneti liiga sõltuv Ameerika Ühendriikidele loodud metoodika nüanssidest. Põhilised seosed on siiski universaalsed,

mistõttu arvutusskeem on asjakohane ka Eesti kahehavalistele maanteedele. Metoodikat kasutades tuleb arvestada, et iga arvutusmudel on üldistav ning leidub tegureid, mida arvesse ei võeta. Soovitav on saadud tulemusi võrrelda ning hinnata kriitiliselt reaalse olukorraga.

1.8 Varasem metoodika ja selle erinevus uuega

Magistritöös eelmist HCMi kahehavaliste maanteed teenindustaseme metoodikat üksikasjalikult ei käsitleta, vaid antakse sellest lühiülevaade. Eelmise metoodika all mõistetakse 2010. aasta 5. redaktsiooni HCMs toodut. Oma olemuselt on see 2000. aasta täiendatud arvutusskeem, mis on 5. redaktsioonist täielikult üle kantud ka 2016. aasta 6. redaktsiooni HCMi [6], [7]. Magistritöös piirduakse ülevaatega peamiselt seetõttu, et kahe metoodika (2010 ja 2022) erinevused väljenduvad nii uurimiseks valitavate teelõikude kui teenindustaseme arvutamise põhimõtete osas. Põhilised piirangud on 2022. aasta metoodikas alles jäänud. Näiteks ei tohi maanteel olla foore, suuremaid ristmikke ega peatumist nõudvaid liiklusmärke, mis tähendab, et kahehavalist maanteed läbib liikluskorraldusvahenditega takistamata liiklusvoog. Vastasel korral tuleb kasutada HCMi „*Interrupted Flow*” metoodikaid või juhiseid arvutusmudeli kasutamiseks eriolukordades (vt pt 1.4) [1].

1.8.1 Teelõikude tüübid 2010. aasta metoodikas

2010. aasta teenindustaseme metoodika vaatab kolme tüüpolukorda (3 teelõikude tüüpi), mis erinevad oluliselt 2022. aasta metoodikast [1], [16]. Need lõigud on järgmised:

1. 2r-I ehk kahehavalised maanteed, kus on tagatud eeldus suurel kiirusel liigelda ning vahemaad on pikad: linnadevahelised maanteed jm kahehavalised maanteed, kus valdavaks on pikamaaliiklus. Teenindustase LOS määratakse keskmise liikumiskiiruse ATS (ingl *average travel speed*) ja ooteaja osatähtsuse (liiklusvoos) PTSF (ingl *k percent time-spent-following*) abil;

2. 2r-II ehk kahehavalised maanteed, kus ei eeldata liikumist vaid suurel kiirusel ning vahemaad ei ole reeglina pikad. Siia alla kuuluvad madalama klassi teed, mis Ameerika Ühendriikides tähendab nii looduskaunite piirkondade teid, vabaaja veetmiseks kasutatavaid teid kui ka teeäärsetele kinnistutele juurdepääsu tagavaid teid, mistõttu mahasõitude sagedusest tulenevalt on möödaskõit eesmis(t)est sõiduki(te)st reeglina raskendatud ning ohtlik. Teenindustase LOS määratakse ooteaja osatähtsuse (liiklusvoos) PTSF (ingl *k percent time-spent-following*) abil;

3. 2r-III ehk kaheajalised maanteed, mis võivad olla nii eelmisest kahest klassist (2r-I ja 2r-II) kui ka läbida asulaid. Pikkuselt võivad olla vahemaad pikemad, sarnaselt esimesele (2r-I) tüübile. Eeldatakse maantee- ja asulaliikluse (olukorrad, millele ei kehti HCMi „*Interrupted Flow*“ meetodikad) segunemise võimalust, mistõttu ei pruugi suurim lubatud sõidukiirus püsida ühel lubatud kiirusel. Antud tüüpi maanteed on võrreldes eelmise kahega keerulisem määratleda. Teenindustase LOS määratakse vaba liiklusvoo keskmisel kiirusel liiklejate osatähtsuse PFFS (ingl *k percent of free-flow speed*) abil.

1.8.2 Teenindustaseme määramine 2010. aasta meetodikas

Teenindustase määratakse 2010. aasta meetodikas tabelist 1.7.

Tabel 1.7 Teenindustaseme LOS määramine 2010. aasta meetodikaga [1], [16].

Teenindustase	Tüüp 2r-I		Tüüp 2r-II	Tüüp 2r-III
	S _{AT} , km/h	PTSF, %	PTSF, %	PFFS, %
A	> 90	≤ 35	≤ 40	> 92
B	> 80 - 90	> 35 - 50	> 40 - 55	> 83 - 92
C	> 70 - 80	> 50 - 65	> 55 - 70	> 75 - 83
D	> 60 - 70	> 65 - 80	> 70 - 85	> 67 - 75
E	≤ 60	> 80	> 85	≤ 67

1.8.3 HCM 2010 ja 2022 (mootor)sõidukite meetodikate põhilised erinevused

2010. aasta meetodikas määratakse teenindustase kolme näitaja alusel: keskmise liikumiskiiruse ATS, ooteaja osatähtsuse (liiklusvoos) PTSF ning vaba liiklusvoo keskmisel kiirusel liiklejate osatähtsuse PFFS abil. ATS on defineeritud kui teelõigu pikkuse ning keskmise sõiduaja suhet. PTSF on keskmine ooteaeg kogu sõiduajast, mis tuleneb pakis sõitmisest ning möödumisvõimaluste otsimisest [16]. PFFS kirjeldab kaheajalistel maanteedel lubatud kiirusel või selle lähedal sõitvate liiklejate osatähtsust [17]. Kõik need näitajad on 2022. aasta meetodikas teenindustaseme määramiseks asendatud paki tihedusega [18]. Mõlema meetodika puhul on $LOS = F$, kui läbilaskvuse kasutustase $z > 1,0 \rightarrow \frac{d}{c} > 1,0$ [2], [1].

Kuna nii 2010. kui 2022. aasta meetodikad on empiirilised, siis mitmeid muudatusi on tehtud arvutusskeemis esinevate näitajate ja muutujate omavahelistes sõltuvustes, samuti leitud ka uusi seoseid. Näiteks 2010. aasta meetodikas keskmise kiiruse (üldmõistena) lineaarne sõltuvus liiklussagedusest on 2022. aasta HCMs kõverjooneline. On võimalik välja tuua ka teised olulisemad muudatused 2022. aasta HCMi originaalmeetodikas: näitaja PTSF on eemaldatud, raskeliiklus arvestatakse osatähtsusega ega taandata sõiduautodeks, liiklussagedus arvestatakse füüsiliste autodena, toodud on võimalus arvutada teenindustaset plaanikõverikuga teelõigule,

teeosa teenindustaseme arvutusega saab leida teenindustaset järjestikustele teelõikudele tervikuna ning lisatud on 2+1 teeosa valemid [18].

1.8.4 Muutused kergliikleja teenindustaseme leidmises

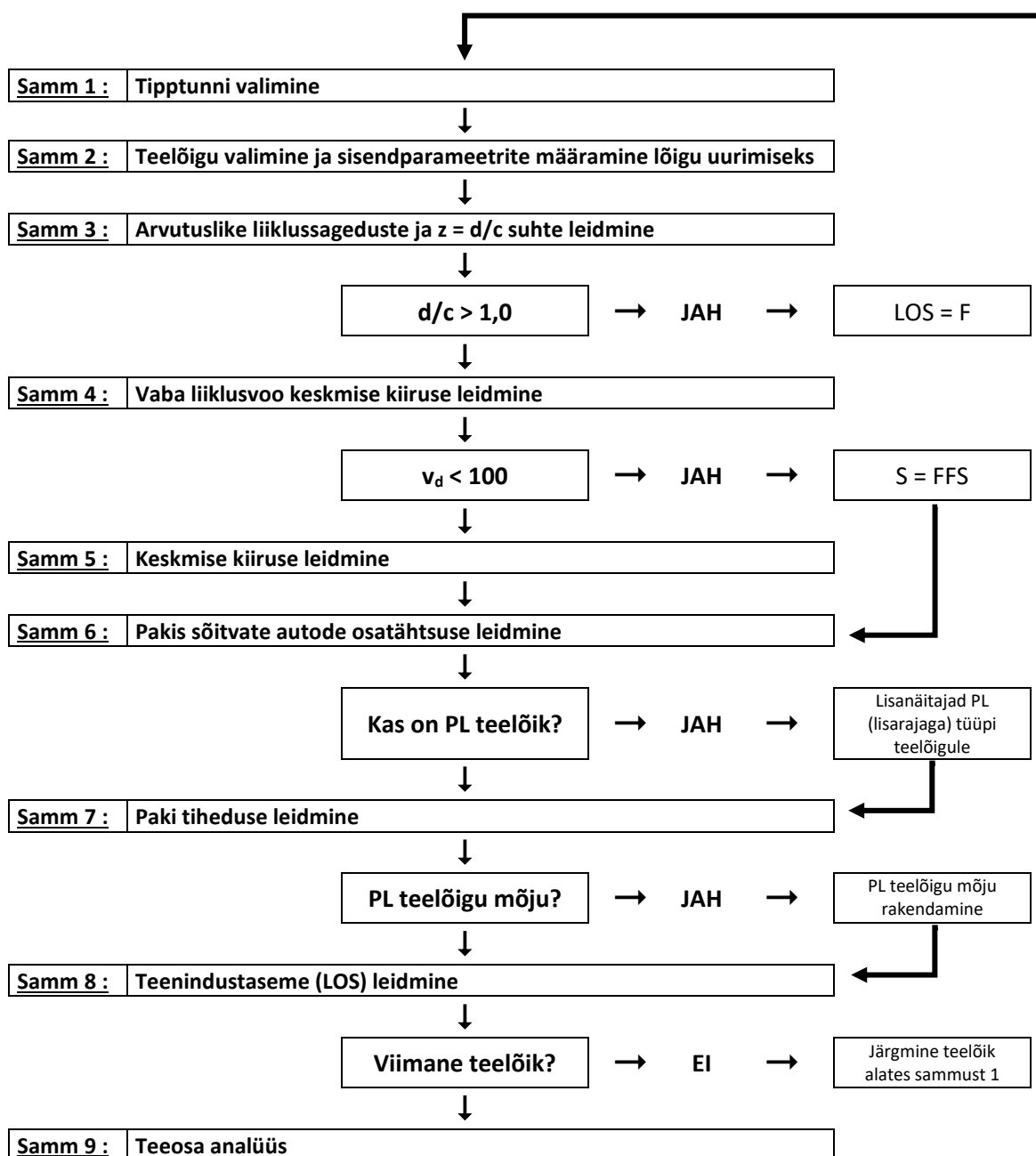
Kergliikleja teenindustaseme meetodika arvutuskeem on võrreldes varasemaga sisult sama. Muudetud on vaid efektiivselt kasutatava laiuse W_e valemis (valem 2.31) tehtemärk, kuid kuna maanteel parkimist Eestis tavaolukorras ei esine, ei ole kohandatud meetodika jaoks muudatus oluline. Teine uuendus on toimunud BLOS väärtuse leidmise valemis (valem 2.34) vabaliikme 0,057 suurenemisega vabaliikmele 0,760 [2], [1]. Teisisõnu samade algandmete korral annab 2022. aasta meetodika suurema BLOS väärtuse (halvema teenindustaseme) kui 2010. aasta kergliikleja teenindustaseme meetodika.

2 METOODIKA ARVUTUSSKEEM

Antud peatükis antakse edasi nii (mootor)sõidukite (LOS) kui ka kergliiklejate (BLOS) teenindustaseme leidmiseks kasutatavad HCMi meetodika kohandatud arvutusskeemid [2]. Kohandamisel tehtud muudatused ja lihtsustused on toodud peatükis 1.6.

2.1 Mootorsõidukite teenindustaseme (LOS) määramine

(Mootor)sõidukite teenindustaseme meetodika skeem on toodud joonisel 2.1.



Joonis 2.1 Kaherajaliste maanteedee teenindustaseme meetodika arvutusskeem [2].

2.1.1 Samm 1: Tipptunni valimine

Metoodika esimene samm seisneb liiklusloenduse andmetest teelõigu uuritava suuna ristlõiget läbinud liiklussageduse valimises arvutuslikul tipptunnil (autot/h), lisaks määratakse (valemist 2.1) TTT (ühikuta) ja uuritava suuna VAAB+AR osatähtsus HV% tipptunnist (%). PZ tüüpi lõigu korral on vaja teenindustaseme leidmiseks ka vastassuuna liiklussagedust arvutuslikul tipptunnil.

$$TTT = \frac{V}{4 \cdot V_{15}}, \text{ kus} \quad (2.1)$$

TTT – tipptunnitegur (ingl k *PHF - Peak Hour Factor*), [-];

V – liiklussagedus arvutuslikul tipptunnil, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;

V_{15} – maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus tipptunni sees, $\left[\frac{\text{autot}}{15 \text{ min}}\right]$; [2].

NB! PZ tüüpi lõigul määratakse tipptunnitegur kahe suuna liiklussageduselt, mis läbib tee kogu ristlõiget ajaühikus. See tähendab, et mõlema sõidusuuna jaoks kehtib sama tipptunniteguri väärtus, kuna arvutustes on oluline nii uuritav suund kui ka segav voog ehk vastassuund. Lõikudel, kus sõidusuunad teineteist ei mõjuta või on eraldatud (PC ja PL tüüpi lõigul), määratakse tipptunnitegur uuritava suuna liiklussageduselt. Ei tohi unustada, et metoodikaga teostatakse arvutused sõidusuundadele eraldi.

Raskeliikluse ehk VAAB+AR osatähtsus määratakse uuritavat sõidusuunda läbinud liiklussagedusest.

2.1.2 Samm 2: Teelõigu valimine ja sisendparameetrite määramine lõigu uurimiseks

Kui VAAB+AR osatähtsus on suurem kui 5%, kuid ei ületa 10%, tuleb teenindustase määrata nii raskeliikluse osatähtsust arvesse võttes kui ka sõiduautodeks taandades. Üle 10% olukorras tuleb kasutada ainult sõiduautodeks taandamist (vt pt 1.1.10). PL tüüpi teelõigul arvestatakse arvutusskeemis raskeliiklust komplitseeritumalt, mistõttu on taandamist võimalik kasutada ainult PC ja PZ tüüpide korral.

Sõiduautodeks taandamisel kasutatakse HCMi peatükist 12 „Basic Freeway And Multilane Highway Segments“ toodud arvutusvalemeid [2]. Taandatud liiklussagedus uuritavas sõidusuunas leitakse valemist 2.2.

$$\begin{cases} f_{HV} = \frac{1}{1 + \frac{HV\%}{100}} \\ V_d = \frac{V_{d,alg}}{TTT \cdot f_{HV}} \end{cases}, \text{ kus} \quad (2.2)$$

f_{HV} – raskeliikluse mõju arvestav tegur, [-];

$HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tiptunnist, [%];

V_d – taandatud liiklussagedus uuritavas suunas (ingl k *demand volume*), $\left[\frac{\text{sõiduauto}}{h}\right]$;

$V_{d,alg}$ – taandamata ehk esialgne liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{\text{auto}}{h}\right]$;

TTT – tiptunnitegur valemist 2.1, [-]; [2].

Kui uuritav lõik on PC või PZ tüüpi ning sellele eelneb (uuritavas suunas) PL tüüpi teelõik, tuleb leida möödasõiduraja mõjuala ulatus (vt pt 1.1.13). Lisarajaga teelõigu mõju paki tihedusele leitakse valemist 2.26, mis on toodud peatükis 2.1.8. Ka möödasõiduraja mõjuala pikkus leitakse valemist 2.26, kuid I_{pF} ja I_S kaudu mõjuala pikkuse $L_{ef,kokku}$ proovimise teel ($L_{ef} \rightarrow L_{ef,kokku}$). Esimesel juhul peab valitud pikkus $L_{ef,kokku}$ andma pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemiseks $I_{pF} = 0$. Teisel juhul läheb vaja nõutavat paki tihedust, mis on 95% eelmise teelõigu paki tihedusest: $FD_{nõutav} = 0,95 \cdot FD_{PL\ eel}$. Seejärel leitakse mõjuala pikkus $L_{ef,kokku}$ nii, et paki tihedus (lisaraja mõjuga) oleks võrdne nõutava paki tihedusega: $FD_{adj} = FD_{nõutav}$. Kahest leitud möödasõiduraja mõjuala pikkusest valitakse lühem (ehk tegelik mõjuala pikkus) ning väärtust kasutatakse mõjuala ulatuse indikaatorina. Kuna iga uue PL teelõiguga lähtestub järgmise teelõigu (mõju) uurimine, siis lisarajaga (PL) teelõigu mõju leidmisel (PC ja PZ teelõikude) paki tihedusele arvestatakse vaid eelnevatest lähimat lisarajaga teelõiku [2].

Järgnevalt tuleb kindlaks määrata teelõigu pikkus (vt tabel 1.1) (km), pikikalle (%), plaanikõveriku raadius (m) (selle olemasolul), uuritava suuna sõiduraja ja kindlustatud teepeenra laiused (m), suurim lubatud sõidukiirus (km/h), ristmike arv (tk) ning teelõigu tüüp kolmest võimalikust valikust: PC, PZ või PL. Tee plaanikõveriku raadiuse abil määratakse plaanilise paigutuse klass HC ning püstkalde abil püstpaigutuse klass VC, vastavalt tabelitele 1.2 ja 1.3. Kõik plaanikõverikud ja pikikalded peavad uuritava teelõigu ulatuses jääma sama klassi piiridesse – vajadusel jagada erinevateks lõikudeks. Lisaks ei tohi teelõigu sees olla sirged ja kõverikud ega erinevad kõverikud omavahel koos. Viimasel juhul tuleb kasutada lõigu teosana (ingl k *facility*) vaatlemist, kus erinevad alalõigud on eelnevalt eraldi uuritud. Erandiks olukord, kui meetodika käsitleb neid kui sirgeid (raadiused suuremad kui 400 m) või ühesuguse plaanilise paigutuse HC ($HC_1 = HC_2$) ja püstpaigutuse VC ($VC_1 = VC_2$) klassina. Teelõigu algused ja lõpud peavad

olema loogiliselt valitud, kuid mitte täielikku peatumist nõudvad (vt pt 1.2). Lähtuvalt originaalist uuritakse meetodikaga teelõike, mis on ühtlasest liiklusvoost „välja lõigatud“ [2].

2.1.3 Samm 3: Arvutuslike liiklussageduste ja $z = d/c$ suhte leidmine

Liiklussagedus leitakse valemist 2.3.

$$v_i = \frac{V_i}{TTT} \rightarrow v_d = \frac{V_d}{TTT} \wedge v_o = \frac{V_o}{TTT}, \text{ kus} \quad (2.3)$$

- v_i – arvutuslik tipptunni liiklussagedus (ingl k *demand flow rate*) suunas i , $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- V_i – liiklussagedus suunas i (ingl k *demand volume*), $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- i – suund, kus „d“ – uuritav suund (ingl k *analysis direction*) „o“ – vastassuund (ingl k *opposing direction*);
- TTT – tipptunnitegur valemist 2.1, [-]; [2].

Vastassuuna liiklussagedus leitakse valemist 2.4.

$$v_o = \begin{cases} PC: v_o = 1500 \\ PZ: v_o = \frac{V_o}{TTT} \\ PL: v_o = 0 \end{cases}, \text{ kus} \quad (2.4)$$

- v_o – arvutuslik tipptunni liiklussagedus vastassuunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- V_o – liiklussagedus vastassuunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- TTT – tipptunnitegur valemist 2.1, [-]; [2].

Edasi leitakse uuritava suuna arvutusliku liiklussageduse ja teoreetilise läbilaskvuse (vt pt 1.1.8) suhe ehk läbilaskvuse kasutustase $z = \frac{d}{c}$. Kui $z = \frac{d}{c} > 1,0$, siis $LOS = F$. Teistel juhtudel määrab teenindustaseme liiklusvoos tekkinud paki tihedus [2].

2.1.4 Samm 4: Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine

Vaba liiklusvoo keskmine kiirus leitakse vaba liiklusvoo baaskiirusest BFFS (ingl k *base free-flow speed*), mis võtab arvesse teelõigu geomeetrilisi parameetreid (sisendparameetrite piires) ning empiirilist seost: vaba liiklusvoo baaskiirus on 14% suurem teelõigu suurimast lubatud sõidukiirusest [2]. Vaba liiklusvoo keskmine kiirus leitakse valemist 2.5.

$$\begin{cases} BFFS = 1,14 \cdot s_{pl} \\ FFS = 1,61 \cdot \left[\frac{BFFS - f_{LS} - f_A}{1,61} - a(HV\%) \right] \\ a = \max \left[0,0333 ; a_0 + a_1 \cdot \frac{BFFS}{1,61} + a_2 \cdot \frac{L}{1,61} + K \cdot \frac{v_o}{1000} \right], \text{ kus} \\ K = \max \left(0 ; a_3 + a_4 \cdot \frac{BFFS}{1,61} + a_5 \cdot \frac{L}{1,61} \right) \\ f_{LS} = [0,6 \cdot (3,5 - W_L) + 0,7 \cdot (1,5 - W_S)] \\ f_A = 1,61 \cdot \min \left(\frac{1,61 \cdot APD}{4} ; 10 \right) \end{cases} \quad (2.5)$$

- $BFFS$ – vaba liiklusvoo baaskiirus (ingl k *base free-flow speed*), $\left[\frac{km}{h} \right]$;
- s_{pl} – suurim lubatud sõidukiirus teelõigul (ingl k *posted speed limit*), $\left[\frac{km}{h} \right]$;
- FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus, $\left[\frac{km}{h} \right]$;
- f_{LS} – tee ristlõiget arvestav tegur, $\left[\frac{km}{h} \right]$
- f_A – ristmike tihedust arvestav tegur, $\left[\frac{km}{h} \right]$;
- $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
- $a_0 \dots a_5$ – tegurid (väärtused tabelist 2.1), [-];
- L – uuritava teelõigu pikkus, [km];
- W_L – sõiduraja laius (ingl k *lane width*), [m];
- W_S – kindlustatud teepeenra laius (ingl k *shoulder width*), [m];
- APD – ristmike tihedus $\left[\frac{tk}{km} \right]$; [2].

Tabel 2.1 Valemi 2.5 konstantide valik sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
1	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	-0,45036	0,00814	0,01543	0,01358	0,00000	0,00000
3	-0,29591	0,00743	0,00000	0,01246	0,00000	0,00000
4	-0,40902	0,00975	0,00767	-0,18363	0,00423	0,00000
5	-0,38360	0,01074	0,01945	-0,69848	0,01069	0,12700

2.1.5 Samm 5: Keskmise kiiruse leidmine

Keskmise kiiruse (üldmõistena) puhul vaadeldakse kaht liiklussageduse tasemest sõltuvat olukorda. Selleks kasutatakse seost valemis 2.6.

$$S = \begin{cases} FFS & , \text{ kui } v_d \leq 100 \\ FFS - 1,61 \cdot \left[m \left(\frac{v_d}{1000} - 0,1 \right)^p \right] & , \text{ kui } v_d > 100 \end{cases} , \text{ kus} \quad (2.6)$$

- FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus, $\left[\frac{km}{h} \right]$
 v_d – arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{autot}{h} \right]$;
 S – keskmine kiirus üldmõistena (ingl k *average speed*) uuritavas suunas, $\left[\frac{km}{h} \right]$;
 m – tegur valemist 2.7, [-];
 p – tegur valemist 2.10, [-]; [2].

Keskmise kiiruse tegur m leitakse valemist 2.7.

$$\begin{cases} m = \max[b_5; K + M] \\ K = b_0 + b_1 \cdot \frac{FFS}{1,61} + b_2 \cdot \sqrt{\frac{v_o}{1000}} \\ M = \max(0; b_3) \cdot \sqrt{\frac{L}{1,61}} + \max(0; b_4) \cdot \sqrt{HV\%} \end{cases} , \text{ kus} \quad (2.7)$$

- m – tegur, [-];
 $b_0 \dots b_5$ – tegurid (väärtused tabelist 2.2 ja 2.3), [-];
 FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus (ingl k *free-flow speed*), $\left[\frac{km}{h} \right]$;
 v_o – arvutuslik liiklussagedus vastassuunas, $\left[\frac{autot}{h} \right]$;
 L – uuritava teelõigu pikkus, [km];
 $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
[2].

Tabel 2.2 Valem 2.7 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
1	0,0558	0,0542	0,3278	0,1029	0,0000	0,0000
2	5,7280	-0,0809	0,7404	Valem 2.8	Valem 2.9	3,1155
3	9,3079	-0,1706	1,1292	Valem 2.8	Valem 2.9	3,1155
4	9,0115	-0,1994	1,8252	Valem 2.8	Valem 2.9	3,2685
5	23,9144	-0,6925	1,9473	Valem 2.8	Valem 2.9	3,5115

Tabel 2.3 Valemi 2.7 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
1	-1,1379	0,0941	0,0000	Valem 2.8	Valem 2.9	0,0000
2	-2,0688	0,1053	0,0000	Valem 2.8	Valem 2.9	0,0000
3	-0,5074	0,0935	0,0000	0,0000	Valem 2.9	0,0000
4	8,0354	-0,0860	0,0000	Valem 2.8	Valem 2.9	4,1900
5	7,2991	-0,3535	0,0000	Valem 2.8	Valem 2.9	4,8700

Tabelis 2.2 ja 2.3 vajalik konstant b_3 leitakse valemist 2.8.

$$b_3 = c_0 + c_1 \cdot \sqrt{\frac{L}{1,61}} + c_2 \cdot \frac{FFS}{1,61} + c_3 \cdot \left(\frac{FFS}{1,61} \cdot \sqrt{\frac{L}{1,61}} \right), \text{ kus} \quad (2.8)$$

b_3 – tegur, [-];

$c_0 \dots c_3$ – tegurid (väärtused tabelist 2.4 ja 2.5), [-];

L – uuritava teelõigu pikkus, [km];

FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus (ingl k *free-flow speed*), $\left[\frac{km}{h} \right]$; [2].

Tabel 2.4 Valemi 2.8 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	c_0	c_1	c_2	c_3
1	0,1029	0,0000	0,0000	0,0000
2	-13,8036	0,0000	0,2446	0,0000
3	-11,9703	0,0000	0,2542	0,0000
4	-12,5113	0,0000	0,2656	0,0000
5	-14,8961	0,0000	0,4370	0,0000

Tabel 2.5 Valemi 2.8 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	c_0	c_1	c_2	c_3
1	0,0000	0,2667	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,4479	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	-27,1244	11,5196	0,4681	-0,1873
5	-45,3391	17,3749	1,0587	-0,3729

Tabelis 2.2 ja 2.3 vajalik konstant b_4 leitakse valemist 2.9.

$$b_4 = d_0 + d_1 \cdot \sqrt{HV\%} + d_2 \cdot \frac{FFS}{1,61} + d_3 \cdot \left(\frac{FFS}{1,61} \cdot \sqrt{HV\%} \right), \text{ kus} \quad (2.9)$$

- b_4 – tegur, [-];
 $d_0 \dots d_3$ – tegurid (väärtused tabelist 2.6 ja 2.7), [-];
 $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
 FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus (ingl k *free-flow speed*), $\left[\frac{km}{h} \right]$; [2].

Tabel 2.6 Valemi 2.9 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	d_0	d_1	d_2	d_3
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	-1,7765	0,0000	0,0392	0,0000
3	-3,5550	0,0000	0,0826	0,0000
4	-5,7775	0,0000	0,1373	0,0000
5	-18,2910	2,3875	0,4494	-0,0520

Tabel 2.7 Valemi 2.9 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	d_0	d_1	d_2	d_3
1	0,0000	0,1252	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,1631	0,0000	0,0000
3	0,0000	-0,2201	0,0000	0,0072
4	0,0000	-0,7506	0,0000	0,0193
5	3,8457	-0,9112	0,0000	0,0170

Keskmise kiiruse tegur p leitakse valemist 2.10.

$$\begin{cases} p = \max[f_8; K + M] \\ K = f_0 + f_1 \cdot \frac{FFS}{1,61} + f_2 \cdot \frac{L}{1,61} + f_3 \cdot \frac{v_0}{1000} \\ M = f_4 \cdot \sqrt{\frac{v_0}{1000}} + f_5 \cdot HV\% + f_6 \cdot \sqrt{HV\%} + f_7 \cdot \left(\frac{L}{1,61} \cdot HV\% \right) \end{cases}, \text{ kus} \quad (2.10)$$

- p – tegur, [-];
 $f_0 \dots f_8$ – tegurid (väärtused tabelist 2.8 ja 2.9), [-];
 FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus (ingl k *free-flow speed*), $\left[\frac{km}{h} \right]$;
 L – uuritava teelõigu pikkus, [km];

- v_o – arvutuslik liiklussagedus vastassuunas, $\left[\frac{autot}{h}\right]$;
 $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
 [2].

Tabel 2.8 Valemi 2.10 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
1	0,67576	0,00000	0,00000	0,12060	-0,35919	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	0,34524	0,00591	0,02031	0,14911	-0,43784	-0,00296	0,02956	0,00000	0,41622
3	0,17291	0,00917	0,05698	0,27734	-0,61893	-0,00918	0,09184	0,00000	0,41622
4	0,67689	0,00534	-0,13037	0,25699	-0,68465	-0,00709	0,07087	0,00000	0,33950
5	1,13262	0,00000	-0,26367	0,18811	-0,64304	-0,00867	0,08675	0,00000	0,30590

Tabel 2.9 Valemi 2.10 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
1	0,91793	-0,00557	0,36862	0,00000	0,00000	0,00611	0,00000	-0,00419	0,00000
2	0,65105	0,00000	0,34931	0,00000	0,00000	0,00722	0,00000	-0,00391	0,00000
3	0,40117	0,00000	0,68633	0,00000	0,00000	0,02350	0,00000	-0,02088	0,00000
4	1,13282	-0,00798	0,35425	0,00000	0,00000	0,01521	0,00000	-0,00987	0,00000
5	1,12077	-0,00550	0,25431	0,00000	0,00000	0,01269	0,00000	-0,01053	0,00000

Nüüd on võimalik leida keskmine kiirus (üldmõistena) S valemist 2.6. Juhul, kui teelõigul on plaanikõverik, rakendatakse keskmisele kiirusele (üldmõistena) S valemist 2.11.

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{HC} = 1,61 \cdot \left[\min \left(\frac{S}{1,61} ; \frac{FFS_{HC}}{1,61} - m \cdot \sqrt{\frac{v_d}{1000} - 0,1} \right) \right] \\ FFS_{HC} = 1,61 \cdot \left(\frac{BFFS_{HC}}{1,61} - 0,0255 \cdot HV\% \right) \\ BFFS_{HC} = 1,61 \cdot \left[\min \left(\frac{BFFS_T}{1,61} ; 44,32 + 0,3728 \cdot \frac{BFFS_T}{1,61} - 6,868 \cdot HC \right) \right], \text{ kus} \\ m = \max(0,277 ; K + M) \\ K = -25,8993 - 0,7756 \cdot \frac{FFS_{HC}}{1,61} + 10,6294 \cdot \sqrt{\frac{FFS_{HC}}{1,61}} \\ M = 2,4766 \cdot HC - 9,8238 \cdot \sqrt{HC} \end{array} \right. \quad (2.11)$$

- S_{HC} – tegelik keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul (üldmõistena), $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 S – keskmine kiirus üldmõistena (eelnevalt leitud), $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 FFS_{HC} – vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul, $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 v_d – arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{autot}{h}\right]$;

- $BFFS_{HC}$ – vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul, $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
 $BFFS_T$ – vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel lõigul (= S), $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 HC – teelõigu plaanilise paigutuse klass, [-]; [2].

Teeosa keskmine kiirus (üldmõistena) leitakse valemist 2.12, mis võtab arvesse nii kõverusraadiusega kui ka sirgeid teelõike, mille keskmised kiirused ja pikkused on eelnevalt eraldi vastavate teelõigu arvutustega leitud.

$$S = \frac{\sum_i^n (S_i \cdot L_i)}{L}, \text{ kus} \quad (2.12)$$

- S – kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena), $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 S_i – teelõigu i keskmine kiirus (üldmõistena), $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 L_i – teelõigu i pikkus, [km];
 L – uuritava teeosa pikkus (teelõikude pikkuste summa), [km]; [2].

NB! Arvutust on võimalik kasutada kahel juhul: esiteks, kui järjestikused teelõigud moodustavad teeosa, ning teiseks, kui teelõik jaotatakse alalõikudeks (nt sirge ja plaanikõverik) ja alalõikude pikkuste summa jääb tabelis 1.1 toodud vahemikku. Viimasel juhul uuritakse teelõigu alalõikude suunad kuni keskmise kiiruse leidmiseni ning arvutatakse valemist 2.12 teelõigule keskmine kiirus. Seejärel leitakse teelõigule teenindustase alates sammust 5 pt 2.1.5, vastavalt joonisele 2.1. Jälgida tuleb, et vaatluse all on samad sõidusuunad ning et teelõik oleks homogeenne (plaaniline paigutus ainus erinevus selliste alalõikude sisendparameetrite vahel, vt pt 2.1.2). Antud kujul arvutust Exceli arvutustabeli „LOS Teelõik“ vahelehele (vt pt 3.3) ei ole eraldi lisatud (va „LOS Teeosa“ vahelehel, vt pt LOS Teeosa3.4), kuna alalõikudeks jagamise vajadus tekib peamiselt Eestis väikese liiklussagedusega (AKÖL alla 3000 autot/ööp) teedel, kus teenindustaseme probleemi reeglina ei esine.

2.1.6 Samm 6: Pakis sõitvate autode osatähtsuse leidmine

Pakis sõitvate autode osatähtsus leitakse valemist 2.13.

$$PF = 100 \cdot \left[1 - e \left[m \cdot \left(\frac{v_d}{1000} \right)^p \right] \right], \text{ kus} \quad (2.13)$$

- PF – pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul, [%];

- v_d – arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- m – tegur valemist 2.16, [-];
- p – tegur valemist 2.18, [-]; [2].

NB! Tegurid p ja m on eksponentfunktsiooni mõistes vabaliikmed ning v_d muutuja. Teoorias leitakse tegurid p ja m eksponentfunktsiooni graafikult (vt lisa 5), kus on fikseeritud kaks olulist punkti. Esimene punkt, kus pakis sõitvate autode osatähtsus on 100% tee läbilaskvuse juures ehk PF_{cap} , arvutatakse valemist 2.14. Teine punkt, kus pakis sõitvate autode osatähtsus on 25% tee läbilaskvuse juures ehk PF_{25cap} , arvutatakse valemist 2.15. Seejärel leitakse arvutusliku liiklussagedusega valemist 2.13 tegelik pakis sõitvate autode osatähtsus [2].

Pakis sõitvate autode osatähtsus (100%) tee läbilaskvusel leitakse valemist 2.14.

$$\begin{cases} PC \wedge PZ: PF_{cap} = K + M \\ PL: PF_{cap} = K + N \\ K = b_0 + b_1 \left(\frac{L}{1,61}\right) + b_2 \left(\sqrt{\frac{L}{1,61}}\right) + b_3 \left(\frac{FFS}{1,61}\right) + b_4 \left(\sqrt{\frac{FFS}{1,61}}\right) + b_5 (HV\%) \\ M = b_6 \left(\frac{FFS}{1,61} \cdot \frac{v_o}{1000}\right) + b_7 \left(\sqrt{\frac{v_o}{1000}}\right) \\ N = b_6 (\sqrt{HV\%}) + b_7 \left(\frac{FFS}{1,61} \cdot HV\%\right) \end{cases}, \text{ kus (2.14)}$$

- PF_{cap} – pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel, [%];
- $b_0 \dots b_7$ – tegurid (väärtused tabelist 2.10 ja 2.11), [-];
- L – uuritava teelõigu pikkus, [km];
- FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus, $\left[\frac{km}{h}\right]$;
- $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
- v_o – arvutuslik liiklussagedus vastassuunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$; [2].

Tabel 2.10 Valemi 2.14 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
1	37,68080	3,05089	-7,90866	-0,94321	13,64266	-0,00050	-0,05500	7,13758
2	58,21104	5,73387	-13,66293	-0,66126	9,08575	-0,00950	-0,03602	7,14619
3	113,20439	10,01778	-18,90000	0,46542	-6,75338	-0,03000	-0,05800	10,03239
4	58,29978	-0,53611	7,35076	-0,27046	4,49850	-0,01100	-0,02968	8,89680
5	3,32968	-0,84377	7,08952	-1,32089	19,98477	-0,01250	-0,02960	9,99453

Tabel 2.11 Valemi 2.14 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
1	61,73075	6,73922	-23,68853	-0,84126	11,44533	-1,05124	1,50390	0,00491
2	12,30096	9,57465	-30,79427	-1,79448	25,76436	-0,66350	1,26039	-0,00323
3	206,07369	-4,29885	0,00000	1,96483	-30,32556	-0,75812	1,06453	-0,00839
4	263,13428	5,38749	-19,04859	2,73018	-42,76919	-1,31277	-0,32242	0,01412
5	126,95629	5,95754	-19,22229	0,43238	-7,35636	-1,03017	-2,66026	0,01389

Pakis sõitvate autode osatähtsus tee 25% läbilaskvusel leitakse valemist 2.15.

$$\begin{cases}
 PC \wedge PZ: PF_{25cap} = K + M \\
 PL: PF_{25cap} = K + N \\
 K = c_0 + c_1 \left(\frac{L}{1,61} \right) + c_2 \left(\sqrt{\frac{L}{1,61}} \right) + c_3 \left(\frac{FFS}{1,61} \right) + c_4 \left(\sqrt{\frac{FFS}{1,61}} \right) + c_5 (HV\%) , \text{ kus} \quad (2.15) \\
 M = c_6 \left(\frac{FFS}{1,61} \cdot \frac{v_o}{1000} \right) + c_7 \left(\sqrt{\frac{v_o}{1000}} \right) \\
 N = c_6 (\sqrt{HV\%}) + c_7 \left(\frac{FFS}{1,61} \cdot HV\% \right)
 \end{cases}$$

PF_{25cap} – pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel, [%];

$c_0 \dots c_7$ – tegurid (väärtused tabelist 2.12 ja 2.13), [-];

L – uuritava teelõigu pikkus, [km];

FFS – vaba liiklusvoo keskmine kiirus (ingl k *free-flow speed*), $\left[\frac{km}{h} \right]$;

$HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];

v_o – arvutuslik liiklussagedus vastassuunas, $\left[\frac{autot}{h} \right]$; [2].

Tabel 2.12 Valemi 2.15 konstantide valik PC ja PZ tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
1	18,01780	10,00000	-21,60000	-0,97853	12,05214	-0,00750	-0,06700	11,60405
2	47,83887	12,80000	-28,20000	-0,61758	5,80000	-0,04550	-0,03344	11,35573
3	125,40000	19,50000	-34,90000	0,90672	-16,10000	-0,11000	-0,06200	14,71136
4	103,13534	14,68459	-23,72704	0,66444	-11,95763	-0,10000	0,00172	14,70067
5	89,00000	19,02642	-34,54240	0,29792	-6,62528	-0,16000	0,00480	17,56611

Tabel 2.13 Valemi 2.15 konstantide valik PL tüüpi teelõigule sõltuvalt püstpaigutuse klassist VC [2].

VC	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
1	80,37105	14,44997	-46,41831	-0,23367	0,84914	-0,56747	0,89427	0,00119
2	18,37886	14,71856	-47,78892	-1,43373	18,32040	-0,13226	0,77217	-0,00778
3	239,98930	15,90683	-46,87525	2,73582	-42,88130	-0,53746	0,76271	-0,00428
4	223,68435	10,26908	-35,60830	2,31877	-38,30034	-0,60275	-0,67758	0,00117
5	137,37633	11,00106	-38,89043	0,78501	-14,88672	-0,72576	-2,49546	0,00872

Tegur m leitakse valemist 2.16.

$$m = d_1 \left(\frac{0 - \ln \left[1 - \frac{PF_{25cap}}{100} \right]}{0,25 \left[\frac{cap}{1000} \right]} \right) + d_2 \left(\frac{0 - \ln \left[1 - \frac{PF_{cap}}{100} \right]}{\left[\frac{cap}{1000} \right]} \right), \text{ kus} \quad (2.16)$$

m – tegur, [-];

$d_1 \dots d_2$ – tegurid (väärtused tabelist 2.14), [-];

cap – teoreetiline tee läbilaskvus (valemist 2.17), $\left[\frac{autot}{h} \right]$;

PF_{cap} – pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel, [%];

PF_{25cap} – pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel, [%]; [2].

$$cap = \begin{cases} PC \wedge PZ: cap = 1700 \left[\frac{autot}{h} \right], \text{ kus} \\ PL: \text{Tabel 1.4} \end{cases} \quad (2.17)$$

cap – teoreetiline tee läbilaskvus, $\left[\frac{autot}{h} \right]$; [2].

Tabel 2.14 Valemi 2.16 konstantide valik sõltuvalt teelõigu tüübist [2].

Teelõigu tüüp	d_1	d_2
PC, PZ	-0,29764	-0,71917
PL	-0,15808	-0,83732

Tegur p leitakse valemist 2.18.

$$\begin{cases} p = e_0 + e_1 \cdot K + e_2 \cdot M + e_3 \cdot \sqrt{K} + e_4 \cdot \sqrt{M} \\ K = \frac{0 - \ln \left[1 - \frac{PF_{25cap}}{100} \right]}{0,25 \left[\frac{cap}{1000} \right]} \\ M = \frac{0 - \ln \left[1 - \frac{PF_{cap}}{100} \right]}{\left[\frac{cap}{1000} \right]} \end{cases}, \text{ kus} \quad (2.18)$$

- p – tegur, [-];
- $e_0 \dots e_4$ – tegurid (väärtused tabelist 2.15), [-];
- cap – teoreetiline tee läbilaskvus (valemist 2.17), $\left[\frac{autot}{h}\right]$;
- PF_{cap} – pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel, [%];
- PF_{25cap} – pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel, [%]; [2].

Tabel 2.15 Valemi 2.18 konstantide valik sõltuvalt teelõigu tüübist [2].

Teelõigu tüüp	e_0	e_1	e_2	e_3	e_4
PC, PZ	0,81165	0,37920	-0,49524	-2,11289	2,41146
PL	-1,63246	1,64960	-4,45823	-4,89119	10,33057

2.1.7 Lisanäitajad PL tüüpi teelõigule

Kuna meetodika annab originaalist lähtuvalt kahe rajalise maantee teenindustaseme teelõigu lõpu kohta, siis PL (lisarajaga) teelõikude puhul tähendab see sõiduradade ühinemispunkti (PL lõigu pikkusesse kaldosasid ei arvestata). Et saada rohkem teavet möödasõiduraja enda „töötingimustest“, tuleb leida lisanäitajad möödasõiduraja keskkohale. Neid tulemusi üldistatakse kogu möödasõidurajale [2]. Lisanäitajad PL (lisarajaga) tüüpi teelõigu jaoks leitakse valemist 2.19 kuni 2.23.

Arvutuslik liiklussagedus lisarajaga teelõigu iga raja jaoks leitakse valemist 2.19.

$$\begin{cases} HV = v_d \cdot \frac{HV\%}{100} \\ v_{d,P_FL} = 0,92183 - 0,05022 \cdot \ln(v_d) - 0,00030 \cdot HV, \text{ kus} \\ v_{d,FL} = v_d \cdot v_{d,P_FL} \\ v_{d,SL} = v_d \cdot (1 - v_{d,P_FL}) \end{cases} \quad (2.19)$$

- HV – VAAB+AR hulk uuritava suuna (d) arvutuslikust liiklussagedusest, $\left[\frac{autot}{h}\right]$;
- v_d – arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{autot}{h}\right]$;
- $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
- v_{d,P_FL} – liikluse suhteline jaotus kiiremal rajal, [-];
- $v_{d,FL}$ – arvutuslik liiklussagedus kiiremal rajal, $\left[\frac{autot}{h}\right]$;
- $v_{d,SL}$ – arvutuslik liiklussagedus aeglasemal rajal, $\left[\frac{autot}{h}\right]$; [2].

Raskeliikluse osatähtsus lisarajaga lõigu igal rajal leitakse valemist 2.20.

$$\begin{cases} HV\%_{FL} = HV\% \cdot HV_{PM_FL} \\ HV_{SL} = HV - \left(v_{d,FL} \cdot \frac{HV\%_{FL}}{100} \right), \text{ kus} \\ HV\%_{SL} = \frac{HV_{SL}}{v_{d,SL}} \cdot 100 \end{cases} \quad (2.20)$$

- $HV\%_{FL}$ – VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust liiklussagedusest uuritava suuna kiiremal rajal, [%];
- $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%];
- HV_{PM_FL} – VAAB+AR suhteline jaotus kiiremal rajal uuritava suuna (d) arvutuslikust liiklussagedusest, [-];
- $HV_{PM_FL} = 0,2$ (HCMi poolt pakutav väärtus on 0,4);
- HV_{SL} – VAAB+AR autode hulk uuritava suuna (d) aeglasemal rajal, $\left[\frac{autot}{h} \right]$;
- HV – VAAB+AR hulk uuritava suuna (d) arvutuslikust liiklussagedusest, $\left[\frac{autot}{h} \right]$;
- $HV\%_{SL}$ – VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust liiklussagedusest uuritava suuna (d) aeglasemal rajal, [%];
- $v_{d,FL}$ – arvutuslik liiklussagedus uuritava suuna (d) kiiremal rajal, $\left[\frac{autot}{h} \right]$;
- $v_{d,SL}$ – arvutuslik liiklussagedus uuritava suuna (d) aeglasemal rajal, $\left[\frac{autot}{h} \right]$; [2].

Keskmiist kiirust kohandav tegur (radade erinevusest) leitakse valemist 2.21.

$$s_{rada} = 1,61 \cdot \left(2,750 + 0,00056 \cdot v_d + 3,8521 \cdot \frac{HV\%}{100} \right), \text{ kus} \quad (2.21)$$

- s_{rada} – (radade erinevusest) keskmiist kiirust kohandav tegur, $\left[\frac{km}{h} \right]$;
- v_d – arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{autot}{h} \right]$;
- $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%]; [2].

Keskmine kiirus (üldmõistena) lisarajaga PL tüüpi lõigu igal rajal leitakse valemitest 2.22 ja 2.23.

$$S_{PL\ kesk,FL} = S_{alg,FL} + \frac{s_{rada}}{2}, \text{ ning} \quad (2.22)$$

$$S_{PL\ kesk,SL} = S_{alg,SL} - \frac{s_{rada}}{2}, \text{ kus} \quad (2.23)$$

- $S_{PL\ kesk,FL}$ – keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel, $\left[\frac{km}{h} \right]$;
- $S_{PL\ kesk,SL}$ – keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel, $\left[\frac{km}{h} \right]$;

- $S_{alg,FL}$ – esialgne keskmine kiirus (üldmõistena) kiiremal rajal, $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 $S_{alg,SL}$ – esialgne keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasemal rajal, $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 S_{rada} – (radade erinevusest) keskmist kiirust kohandav tegur, $\left[\frac{km}{h}\right]$; [2].

NB! $S_{alg,FL}$ ning $S_{alg,SL}$ leitakse PL tüüpi lõigule vastavate samm 1 (vt pt 2.1.1) kuni samm 5 (vt pt 2.1.5) meetodika valemite ja tabelite rakendamisega. Arvestada tuleb ka kiirema/aeglasema raja liiklussagedust ning raskeliikluse osatähtsust, mis leitakse valemitest 2.19 ja 2.20.

2.1.8 Samm 7: Paki tiheduse leidmine

Lisarajaga (PL) teelõigule leitakse möödasõiduraja keskkoha keskmine paki tihedus valemist 2.24.

$$FD_{PL\ kesk} = \frac{\left(\frac{PF_{PL\ kesk,FL}}{100} \cdot \frac{v_{d,FL}}{S_{PL\ kesk,FL}}\right) + \left(\frac{PF_{PL\ kesk,SL}}{100} \cdot \frac{v_{d,SL}}{S_{PL\ kesk,SL}}\right)}{2}, \text{ kus} \quad (2.24)$$

- $FD_{PL\ kesk}$ – keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel (uuritava raja kohta ehk ühe raja kohta), $\left[\frac{autot\ pakis}{km}\right]$;
 $PF_{PL\ kesk,FL}$ – pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel, [%];
 $PF_{PL\ kesk,SL}$ – pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel, [%];
 $S_{PL\ kesk,FL}$ – keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel, $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 $S_{PL\ kesk,SL}$ – keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel, $\left[\frac{km}{h}\right]$;
 $v_{d,FL}$ – arvutuslik liiklussagedus kiiremal rajal, $\left[\frac{autot}{h}\right]$;
 $v_{d,SL}$ – arvutuslik liiklussagedus aeglasemal rajal, $\left[\frac{autot}{h}\right]$; [2].

NB! $PF_{PL\ kesk,FL}$ ning $PF_{PL\ kesk,SL}$ leitakse PL tüüpi teelõigule vastavate samm 1 (vt pt 2.1.1) kuni samm 6 (vt pt 2.1.6) meetodika valemite ja tabelite rakendamisega, sarnaselt tegurite $S_{alg,FL}$ ning $S_{alg,SL}$ saamisele (vt pt 2.1.7). Arvestada tuleb ka kiirema/aeglasema raja liiklussagedust ning raskeliikluse osatähtsusi, mis leitakse valemitest 2.19 ja 2.20.

Paki tihedus teiste teelõigu tüüpide (PC ja PZ) korral leitakse valemist 2.25.

$$FD = 1,61 \cdot \frac{PF}{100} \cdot \frac{v_d}{S}, \text{ kus} \quad (2.25)$$

- FD – paki tihedus (uuritava raja kohta ehk ühe raja kohta), $\left[\frac{autot\ pakis}{km}\right]$;

- PF – pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul, [%];
- v_d – arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- S – keskmine või kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena), $\left[\frac{km}{h}\right]$; [2].

Kui lisarajaga PL teelõik ei paikne enne uuritavat teelõiku ning samm 2 juures möödasõiduraja mõjuala ulatust ei leitud, siis lisaraja mõju paki tihedusele ei arvutata [2]. Vastasel juhul tuleb määrata mõju paki tihedusele (leitud mõjuala pikkuse piires, vt pt 1.1.13 ja pt 2.1.2) valemist 2.26.

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{PF} = \max(0; 27 - 8,75 \cdot \ln(K) + M + 3,5 \cdot \ln(N) - 0,01 \cdot v_d) \\ I_S = \max\left(0; 3 - 0,8 \cdot \frac{L_{ef}}{1,61} + M + 0,75 \cdot \frac{L_{PL}}{1,61} - 0,005 \cdot v_d\right) \\ K = \max\left(0,1; \frac{L_{ef}}{1,61}\right) \\ M = 0,1 \cdot \max(0; PF - 30) \\ N = \max\left(0,3; \frac{L_{PL}}{1,61}\right) \\ L_{ef} = L_{PL} + L_{vahe} + L \quad (< L_{ef, kokku}) \\ FD_{adj} = \frac{PF}{100} \cdot \left(1 - \frac{I_{PF}}{100}\right) \cdot \frac{v_d}{S \cdot \left(1 + \frac{I_S}{100}\right)} \end{array} \right. , \text{ kus} \quad (2.26)$$

- I_{PF} – pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine lisaraja mõjuga, [%];
- I_S – keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine lisaraja mõjuga, [%];
- FD_{adj} – paki tihedus lisaraja mõjuga (uuritava raja kohta ehk ühe raja kohta), $\left[\frac{\text{autot pakis}}{km}\right]$;
- L_{ef} – arvutustes kasutatav mõjuala pikkus, [km];
- L_{vahe} – vahemaa PL lõigu lõpust uuritava teelõigu alguseni, [km];
- L – uuritava teelõigu pikkus, [km];
- $L_{ef, kokku}$ – möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku, [km];
- L_{PL} – lisaraja pikkus, [km];
- v_d – PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu (PC või PZ) arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas möödasõiduraja mõjuala pikkuse arvutamiseks PL teelõigule, kuid uuritava teelõigu (PC või PZ) arvutuslik liiklussagedus PL teelõigu mõju arvutamiseks uuritavale lõigule, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- PF – PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu (PC või PZ) pakis sõitvate autode osatähtsus uuritavas suunas möödasõiduraja mõjuala pikkuse arvutamiseks PL teelõigule, kuid uuritava teelõigu (PC või PZ) pakis

sõitvate autode osatähtsus PL teelõigu mõju arvutamiseks uuritavale lõigule, [%];

- S - PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu (PC või PZ) keskmine kiirus (üldmõistena) uuritavas suunas möödasõiduraja mõjuala pikkuse arvutamiseks PL teelõigule, kuid uuritava teelõigu (PC või PZ) keskmine kiirus (üldmõistena) PL teelõigu mõju arvutamiseks uuritavale lõigule, $\left[\frac{km}{h}\right]$; [2].

2.1.9 Samm 8: Teenindustaseme (LOS) leidmine

Teenindustase määratakse tabelist 1.5.

2.1.10 Teesa analüüs

Kui uuritakse mitut järjestikust teelõiku, tuleb korrata samm 1 (vt pt 2.1.1) kuni samm 8 (vt pt 2.1.9) iga uuritava lõigu paki tiheduse leidmiseks. Paki tihedus kogu teesa teenindustaseme saamiseks leitakse valemist 2.27.

$$FD_{kokku} = \frac{\sum_{i=1}^n (FD_i \cdot L_i)}{\sum_{i=1}^n L_i}, \text{ kus} \quad (2.27)$$

FD_{kokku} - teesa paki tihedus (uuritava raja kohta ehk ühe raja kohta), $\left[\frac{autot \text{ pakis}}{km}\right]$;

FD_i - paki tihedus teelõigul i (uuritava raja kohta ehk ühe raja kohta), $\left[\frac{autot \text{ pakis}}{km}\right]$;

L_i - teelõigu i pikkus, [km];

PL: $FD_i = FD_{PLmid}$ (võtta arvesse paki tihedus lisaraja keskel); [2].

Lõpptulemus kirjeldab olukorda teesa lõpus. Kaalutud keskmine ei erine reeglina üksiklõikude paki tihedustest, välja arvatud lühemate pikkuste korral, suurte pikkuste erinevuste korral ning geomeetriliste tingimuste suurte erinevuste korral erinevate teelõikude vahel. Samuti ei muutu tulemused pikemate pikkuste puhul peale teatud pikkust. Näiteks kui raskeveokid saavutavad (Ameerika Ühendriikidest lähtuvalt) kallakul „roomamiskiiruse“ (ingl k *crawl speed*), siis jõudlusnäitajad (ingl k *performance measures*) muutuvad pärast seda punkti ühtlaseks, eeldades, et „allavoolu“ on maantee omadused ja seisukord sama [2].

2.1.11 2+1 ristlõikega teesa uurimine

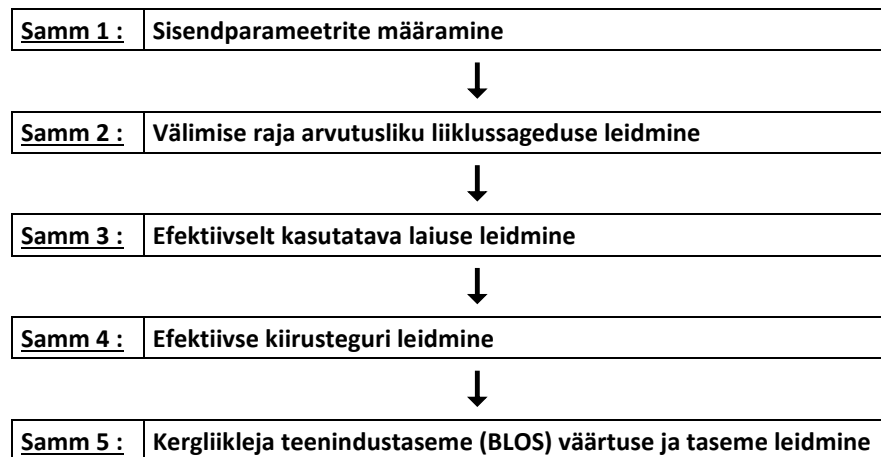
Originaalist lähtuvalt on 2+1 teesa teenindustaseme leidmine võrreldes kahe rajalise maantee teenindustasemega eraldiseisev (vt pt 1.3), PL tüüpi lõiku arvutustes ei kasutata ning paki tihedus leitakse valemist 2.28.

$$\begin{cases} I_{PF,2+1} = 147,5 - 15,8 \cdot \ln(v_{d,2+1}) + 0,05 \cdot \frac{FFS}{1,61} + 0,11 \cdot HV\% - 3,1 \cdot K \\ I_{S,2+1} = \max[0; 21,8 - 1,86 \cdot \ln(v_{d,2+1}) - M - N + 1,1 \cdot K] \\ K = \ln \left[\max \left(0,3; \frac{L_{PL}}{1,61} \right) \right] \\ M = \max \left[0; \min \left(\frac{FFS}{1,61}; 70 \right) - 30 \right] \\ N = 0,05 \cdot \max(0; 30 - HV\%) \\ FD_{adj,2+1} = \frac{PF_{2+1}}{100} \cdot \left(1 - \frac{I_{PF,2+1}}{100} \right) \cdot \frac{v_{d,2+1}}{S \cdot \left(1 + \frac{I_{S,2+1}}{100} \right)} \end{cases}, \text{ kus (2.28)}$$

- $I_{PF,2+1}$ – pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine 2+1 teeosal, [%];
- $I_{S,2+1}$ – keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine 2+1 teeosal, [%];
- $v_{d,2+1}$ – keskmine arvutuslik liiklussagedus 2+1 teeosal uuritavas suunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h} \right]$;
- FFS – vaba liiklusvoo kaalutud keskmine kiirus, $\left[\frac{km}{h} \right]$;
- $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tippunnist, [%];
- L_{PL} – lisaraja pikkus, [km];
- PF_{2+1} – keskmine pakis sõitvate autode osatähtsus 2+1 teeosal uuritavas suunas, [%];
- $FD_{adj,2+1}$ – 2+1 teeosa keskmine paki tihedus uuritava suuna raja kohta, $\left[\frac{\text{autot pakis}}{km} \right]$;
- S – kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena), $\left[\frac{km}{h} \right]$; [2].

2.2 Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) määramine

Kergliikleja teenindustaseme arvutusskeem on võrreldes (mootor)sõidukite arvutusmudeliga eraldiseisev. BLOSi leidmiseks ei ole oluline määrata kindel teelõigu tüüp, vaid sõiduradade arv uuritavas suunas, mistõttu on meetodika kohalduv ka 2+2 ristlõikega maanteedele. Kuna 2022. aasta HCM on esitanud kergliikleja teenindustaseme meetodika kaheosaliste maanteedepaatükis, on antud arvutusmudel integreeritud (mootor)sõidukite mudeliga ühtsesse arvutusmudelisse [2]. Kergliikleja teenindustaseme meetodika skeem on toodud joonisel 2.2.



Joonis 2.2 Kergliikleja teenindustaseme meetodika arvutuskeem.

(allikas: HCM 2022)

2.2.1 Samm 1: Sisendparameetrite määramine

Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) leidmiseks tuleb valida teelõik ning määrata uuritavas suunas sõiduradade arv, sõiduraja ja kindlustatud teepeenra laiused (m), suurim lubatud sõidukiirus (km/h) ning teekatte hinne FHWA 5-pallisel skaalal [2]. Liiklusloenduse andmetest tuleb teenindustaseme leidmiseks saada uuritava suuna liiklussagedus (kasutatakse valitud tiptundi 28. kuni 38. tiptunnist) (autot/ööp), HV% ehk VAAB+AR osatähtsus uuritava suuna valitud tiptunnist (%) ning TTT (ühikuta). Sisendparameetrite (liiklussagedus, HV%, TTT) määramiseks kasutada peatükki 2.1.1. Kuna meetodika põhineb kergliikleja tajumudelil, siis peatükis 2.1.2 esitatud raskeliikluse taandamist mitte kasutada.

2.2.2 Samm 2: Välimise raja arvutusliku liiklussageduse leidmine

Vahetult kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja arvutuslik liiklussagedus leitakse valemist 2.29.

$$v_{OL} = \frac{V_d}{TTT \cdot N}, \text{ kus} \quad (2.29)$$

- v_{OL} – arvutuslik tiptunni liiklussagedus kindlustatud teepeenraga külgneval sõidurajal (ingl k *outside lane*) uuritavas suunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- V_d – liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h}\right]$;
- TTT – tiptunnitegur valemist 2.1, [-];
- N – radade arv uuritavas suunas (valemist 2.30), [tk]; [2].

$$N = \begin{cases} 1, & \text{kui on PC või PZ teelõik} \\ 2, & \text{kui on PL teelõik või } 2 + 2 \text{ ristlõige} \end{cases}, \text{ kus} \quad (2.30)$$

N – radade arv uuritavas suunas, [tk]; [2].

Arvestades Eesti ja Ameerika Ühendriikide lissaradade erinevusi, vajab tegur N täpsustamist. Lähtuvalt originaalist arvestab meetodika, et $N = 2$ korral jaguneb liiklussagedus uuritava suuna kahe sõiduraja vahel võrdselt. Üldjuhul $1 \leq N \leq 2$, kuid mida väiksem on liiklussagedus, seda suurem on esimese (kindlustatud teepeenraga külgneva) raja roll. Meetodika, lähtuvalt originaalist, arvestab $N = 2$ korral kogu raskeliikluse kindlustatud teepeenraga külgnevale sõidurajale [2].

2.2.3 Samm 3: Efektiivselt kasutatava laiuse leidmine

Efektiivselt kasutatav laius sõltub nii kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja efektiivselt kasutatav laiusest kui ka kindlustatud teepeenra laiusest, kus kergliiklejad liikleavad. Kindlustatud teepeenra laius mõjutab oluliselt kergliiklejate (ka tajutavat) turvalisust [2]. Efektiivselt kasutatav laius leitakse valemist 2.31 ning kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja efektiivne laius valemist 2.32.

$$W_e = \begin{cases} W_v + W_s, & \text{kui } W_s \geq 1,25 \text{ m} \\ W_v, & \text{kui } W_s < 1,25 \text{ m} \end{cases}, \text{ ning} \quad (2.31)$$

$$W_v = \begin{cases} W_{OL} + W_s, & \text{kui } V_d > 200 \left[\frac{\text{autot}}{h} \right] \\ \left(\frac{W_{OL} + W_s}{0,305} \right) \cdot (2 - 0,005 \cdot V_d), & \text{kui } V_d \leq 200 \left[\frac{\text{autot}}{h} \right] \end{cases}, \text{ kus} \quad (2.32)$$

W_e – efektiivselt kasutatav laius, [m];

W_v – kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja efektiivne laius, [m];

W_s – kindlustatud teepeenra laius, [m];

W_{OL} – kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja laius uuritavas suunas, [m];

V_d – liiklussagedus uuritavas suunas, $\left[\frac{\text{autot}}{h} \right]$; [2].

2.2.4 Samm 4: Efektiivse kiirusteguri leidmine

Efektiivne kiirustegur arvestab eelkõige (mootor)sõidukite ja kergliiklejate kiiruste erinevust ning sellest tulenevat mõju kergliiklejatele. Näiteks on jalgratturi kiirus ca 25 km/h. Mootorsõiduki kiiruse muutumine 30 km/h-lt 40 km/h-ni on jalgratturile rohkem tajutavam kui kiiruse muutumine 85 km/h-lt 95 km/h-ni. Seda seetõttu, et kiirus kasvab

esimesel ehk aeglasema kiiruse korral protsentuaalselt rohkem kui teisel juhul. Efektiivne kiirustegur arvutatakse valemist 2.33.

$$S_t = 1,1199 \cdot \ln\left(\frac{S_{pl}}{1,61} - 20\right) + 0,8103, \text{ kus} \quad (2.33)$$

- S_t – efektiivne kiirustegur, [-];
 S_{pl} – suurim lubatud sõidukiirus teelõigul, $\left[\frac{km}{h}\right]$; [2].

2.2.5 Samm 5: Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) väärtuse leidmine

Kergliikleja teenindustase (BLOS) väärtus leitakse valemist 2.34.

$$\begin{cases} BLOS = K + M \\ K = 0,507 \cdot \ln(v_{OL}) + 0,1999 \cdot S_t \cdot \left(1 + 10,38 \cdot \frac{HV\%}{100}\right)^2, \text{ kus} \\ M = 7,066 \cdot \left(\frac{1}{P}\right)^2 - 0,005 \cdot \left(\frac{W_e}{0,305}\right)^2 + 0,760 \end{cases} \quad (2.34)$$

- $BLOS$ – kergliikleja teenindustaseme väärtus, [-];
 v_{OL} – arvutuslik liiklussagedus kindlustatud teepeenraga külgneval sõidurajal uuritavas suunas, $\left[\frac{autot}{h}\right]$;
 S_t – efektiivne kiirustegur, [-];
 $HV\%$ – uuritava suuna (d) VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist, [%] (kui $V < 200 \left[\frac{autot}{h}\right]$, siis $HV\%_{max} = 50\%$);
 P – teekatte hinne FHWA 5-pallisel skaalal (1 - „very poor“, 2 - „poor“, 3 - „fair“, 4 - „good“, 5 - „very good“), [-];
 W_e – efektiivselt kasutatav laius, [m]; [2].

2.2.6 Samm 6: Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) leidmine

BLOS väärtuse kaudu leitakse kergliikleja teenindustase tabelist 1.6.

3 TÖÖTABELITE KASUTAMISJUHEND

Magistritööga loodud Exceli arvutusprogramm „1+1 ja 2+1 -RAJALISTE MAANTEEDE TEENINDUSTASEMETE HINDAMINE“ (lisana ainult digitaalsel kujul) koosneb järgmistest vahelehtedest:

1. Tiitelleht;
2. Arvutusskeemid;
3. LOS Teelõik;
4. LOS Teeosa;
5. BLOS;
6. ABI (sisaldab kõiki arvutustes kasutatavaid algtaabeleid).

Igal vahelehel on lahtrite juurde lisatud täpsustavaid ning programmi kasutamist toetavaid kommentaare. Kõikidele valemis kasutatavatele sisendparameetritele ja teguritele on toodud peale tähiste ja ühikute ka nimetused. Arvutusprogrammi loomisel on arvestatud meetodika võimalikku vananemist, mistõttu tegurite tähised on võrreldes originaaliga jäetud samaks või vähemalt sarnaseks. Excel ei sisalda Visual Basic makrodega programmeeritud sisu ning suurem osa vajalikest arvutustest tehakse „ABI“ vahelehel. Antud vahelehte ei tohi muuta, sest vastasel korral rikutakse programmi ning arvutusskeemis tekivad võimalikud moonutused ja määramatused. Enne Exceli arvutusprogrammi kasutamist tutvuda magistritöö kirjaliku osa peatükkidega 1 ja 2.

3.1 Tiitelleht

Tiitellehel (vt lisa 6) tuuakse välja arvutusprogrammi nimi ning viide originaalmeetodika allikale: HCM 2022. Lisaks autor, juhendajad, loomise aasta ja asukoht ning arvutusprogrammi loomise eesmärk: „Loodud Tallinna Tehnikaülikooli teedeehituse ja geodeesia õppesuuna magistritöö raames“. Eraldi jaotises „Kasutamine“ on toodud juhised programmi kasutamiseks. Näiteks teavitatakse, et sisestatavad lahtrid on värvitud siniseks. Valgel taustal väärtuseid sisaldavad lahtrid on seotud arvutusvalemitega, mistõttu ei tohi neid muuta.

3.2 Arvutusskeemid

„Arvutusskeemid“ vahelehel (vt lisa 7) on toodud välja uuritavate teelõikude tüübid ning (mootor)sõidukite ja kergliikleja teenindustasemete arvutusskeemid, mille põhjal sooritatakse arvutused järgmistel vahelehtedel: „LOS Teelõik“, „LOS Teeosa“ ja „BLOS“.

3.3 LOS Teelõik

Teelõigu uurimise vahelehel (vt lisa 8) on esimeseks sammuks „Tipptunni valimine“, kus eelnevalt töödeldud liiklusloenduse andmete põhjal tuleb täita tabel, et valida seejärel tipptund 28. kuni 38. tipptunnist. Tabelisse tuleb sisestada vastava tipptunni uuritava suuna (taandamata) liiklussagedus, ristlõike (taandamata) liiklussagedus, uuritava suuna (taandamata) maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, ristlõike (taandamata) maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, tipptunni ristlõike raskeliikluse ehk VAAB+AR hulk, vastassuuna taandamata liiklussagedus ning tipptunni uuritava suuna raskeliikluse ehk VAAB+AR hulk. Tabeli baasil on loodud graafik, mis aitab määrata arvutuslikku tipptundi. Pärast liiklussageduse andmete töötlemist tuleb sisestada sobiv tipptund, millega arvutused sooritatakse.

Järgnevalt tuleb suunduda jaotise „Teelõigu valik ja sisendparameetrite määramine“ juurde, mis jaguneb eraldi alajaotisteks. Alajaotises „Uuritavate teelõikude tüübid“ informeeritakse programmi kasutajat meetodikaga uuritavate teelõikude tüüpidest PC, PZ ja PL (vt pt 1.1.1). Peale uuritava tüübi sisestamist võib asuda järgmise ehk alajaotise „Raskeliikluse taandamine PC ja PZ teelõikudel (vajadusel)“ juurde. Alajaotises toodud kirjeldus informeerib kasutajat, millal ja kuidas taandamist kasutada. Vastavalt valemile 2.2 leitakse eelnevalt valitud tipptunni liiklussagedus sõiduautodes. Taandamisel tekib jaotise „Arvutusliku tipptunni valimine“ tabelisse kaks lisaveergu, aitamaks vajadusel muuta arvutustes kasutatava tipptunni valikut. Taandamisel kuvatakse raskeliikluse osatähtsuse automaatselt „-“. Kolmandas alajaotises „Tabelid sisendparameetrite leidmiseks“ on toodud meetodikas kasutatavate plaanilise paigutuse ja püstpaigutuse klasside HC ja VC määramiseks tabelid 1.1, 1.2 ja 1.3. Vastavate tabelite juures tuleb sisestada uuritavale teelõigule plaanilise paigutuse klass HC ning püstpaigutuse klass VC.

Alajaotist „Möödasõiduraja mõjuala pikkus (vajalik ainult PC ja PZ teelõikudele)“ tuleb kasutada vaid siis, kui lisarajaga PL tüüpi teelõik paikneb enne uuritavat teelõiku (PC või PZ). PL lisarajaga lõik ei pea olema vahetult eelnev, kuna antud alajaotises selgitatakse välja mõjuala ulatus indikaatorina. Mõjuala pikkuse arvutamisel tuleb sisestada „Kas arvutused tehakse PC või PZ teelõigule, mis on peale PL lõiku?“ küsimusele „JAH“ ning anda programmile järgmised sisendparameetrid: PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu arvutuslik liiklussagedus, PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu pakis sõitvate autode osatähtsus, PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu keskmine kiirus (üldmõistena), PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu paki tihedus ning lisaraja pikkus. Seega tuleb arvutused sooritada enne uuritava teelõigu teenindustaseme arvutamist ka PL lõigust eelnevale teelõigule, et oleks võimalik selgitada välja maantee jõudlusnäitajate

taastumise kaugus peale lisarada. Proovimise teel määratakse arvutustes kasutatav (tegelik) mõjuala pikkus, mille abil leitakse eelnevast lisaraja mõjust tulenev paki tiheduse paranemine. Arvutused tehakse vastavalt pt 2.1.2 toodule.

Järgnevas alajaotises „Metoodika kohandamiseks kasutatud teisendused“ kuvatakse metoodika kohandamiseks kasutatud teisendused, vastavalt 2022. aasta HCMs toodule [2]. Kui eeltöö on tehtud, saab alajaotises „Sisendparameetrid teelõigu uurimiseks“ sisestada programmi uuritava suuna suurima lubatud sõidukiiruse ja ristmike arvu. Olenevalt valitavast teelõigust jagunevad metoodika arvutused kaheks: PC ja PZ arvutus parempoolses aknas ning lisarajaga PL tüübi arvutusskeem vasakpoolses aknas. Sõltuvalt valitud tüübist tekib nüüd vastava teelõigu skeemi juures võimalus sisestada järgmised andmed: uuritava teelõigu pikkus, uuritava suuna sõiduraja laius(ed) kui ka kindlustatud teepeenra laius.

Teelõikude arvutused teostatakse vastavalt peatükis 2 joonisel 2.1 toodud skeemile. PC ja PZ tüüpi lõikudel tehakse arvutused vasakpoolses aknas. Kui arvutustes arvestatakse ka PL tüüpi lõigu mõju uuritavale teelõigule, tuleb sisestada programmi alajaotises „Lisaraja (PL teelõigu) mõju“ vahemaa PL lõigu lõpust uuritava lõiguni alguseni. Edasi teeb programm otsuse, kas lisaraja mõju arvestatakse või mitte, st kas leitakse eelnevast lisaraja mõjust tulenev paki tiheduse paranemine. Arvutused lõppevad teenindustaseme leidmisega. PL tüüpi lõigu arvutused on viidud eraldi parempoolsesse aknasse, sest antud tüübi korral leitakse ka vajalikke lisanäitajaid. Arvutused lõppevad ka PL tüübi puhul teenindustaseme leidmisega. Nii vasak- kui ka parempoolses aknas (PC, PZ ja PL tüüplõikude uurimisel) on alajaotises „LOS Teeosa lehel leitud keskmine kiirus“ võimalik kasutada teeosa kaalutud keskmist kiirust (üldmõistena), mille kasutamisest on täpsemalt toodud peatükis 2.1.5. Jaotises „Kokkuvõte“ on toodud mudeliga saadud olulisemad lõpptulemused.

3.4 LOS Teeosa

Teeosa teenindustaseme arvutamise vahelehel (vt lisa 9) antakse hoiatus, et antud vahelehte saab kasutada ainult järjestikuste teelõikude korral (samas suunas). Eeldatakse, et üksikute teelõikude $LOS = A...E$ ning läbilaskvuse kasutustase on $z \leq 1$. Edasi tuleb määrata suurim lubatud sõidukiirus teelõigul, mis on vajalik vaid teenindustaseme määramiseks tabelist 1.5 suurima lubatud sõidukiiruse klassi alusel. Järgneva tabeli pealdises on toodud, millised veerud on oluline täita 1+1 ristlõikega teeosa, 2+1 ristlõikega teeosa ning mõlema variandi korral teenindustaseme leidmiseks. Seejärel on võimalik 1+1 ristlõikega teeosa teenindustaseme leidmiseks lisada kuni 20 eelnevalt uuritud (samas suunas) järjestikuste teelõikude tüübid, paki

tihedused, teelõikude pikkused ning keskmised kiirused (üldmõistena). Valemist 2.12 leitakse kaalutud keskmine kiirus, valemist 2.27 teeosa paki tihedus ja tabelist 1.5 teenindustase. Teelõikude kaalutud keskmist kiirust (üldmõistena), arvutuslike liiklussageduste aritmeetilist keskmist, pakis sõitvate autode osatähtsuste aritmeetilist keskmist ning vaba liiklusvoo kaalutud keskmist kiirust on vaja 2+1 teeosa teenindustaseme leidmiseks. Vaba liiklusvoo kaalutud keskmine kiirus leitakse samuti valemist 2.12.

„LOS Teeosa“ vahelehel on toodud ka 2+1 ristlõikega teeosa arvutus. Antakse hoiatus, et tegemist ei ole lõpuni lahendatud arvutusmudeliga, mistõttu võib antud kujul arvutusskeemi kasutada peamiselt vaid katsetamise eesmärgil või valemite edasiarendamiseks. Antakse ka järgmine teave: „Eeldab teelõiku, mille kogupikkus jääb vahemikku 25...30 km ning kus võrdluseks on 1+1 maantee, mis on 50% PZ (möödasõiduvõimalusega vastassuuna kaudu) tüüpi ja 50% PC (möödasõidukeeluga) tüüpi“. Sisestada tuleb järgmised algandmed: maksimaalne VAAB+AR osatähtsus arvutuslikust tiptunnist ning lisaraja pikkus. Teelõikude kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena), arvutuslike liiklussageduste aritmeetiline keskmine, pakis sõitvate autode osatähtsuste aritmeetiline keskmine ning vaba liiklusvoo kaalutud keskmine kiirus leitakse teeosa arvutustabelist. Jälgida, et 2+1 teeosa teenindustaseme leidmiseks sisestatud teelõigud on 50% PC ja 50% PZ tüüpi (samas suunas).

3.5 BLOS

„BLOS“ vahelehel (vt lisa 10) on võimalik arvutada kergliikleja teenindustaset. Arvutusskeem algab meetodikaga uuritavate teelõikude informeerimisega ning kohandamisel kasutatud teisendustest teavitamisega (vastavalt 2022. aasta HCMs toodule) [2]. Seejärel tuleb sisestada meetodika rakendamiseks järgmised sisendparameetrid: kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja ja kindlustatud teepeenra laius, teelõigu tüüp (vajalik vaid uuritavas suunas olevate sõiduradade arvu saamiseks), suurim lubatud sõidukiirus, liiklussagedus uuritavas suunas, raskeliikluse (VAAB+AR) osatähtsus uuritavas suunas (kindlustatud teepeenraga külgneval sõidurajal) valitud tiptunni liiklussagedusest, tiptunnitegur ning teekatte hinne FHWA 5-pallisel skaalal.

Vajalike sisendparameetrite määramiseks võib kasutada „LOS Teelõik“ vahelehel jaotist „Tiptunni valimine“, kuid arvestada, et tulemusi automaatselt „BLOS“ vahelehele vastavatesse lahtritesse üle ei kanta. Kuna meetodika põhineb kergliikleja tajumudelil, siis raskeliikluse taandamist mitte kasutada. Kui algandmed sisestatud, kuvatakse arvutused vastavalt peatükis 2 toodud joonisele 2.2 kuni teenindustaseme leidmiseni.

4 METOODIKA RAKENDAMINE NÄIDISLÕIKUDELE

Antud peatükis rakendatakse kahe rajaliste maanteed ja kergliikleja teenindustaseme leidmise kohandatud meetodikaid Transpordiameti püsiloenduspunktide asukohas valitud teelõikudele. Teelõikude uurimiseks kasutatakse kättesaadavaid andmeid nii Maa-ameti geoportaalist (plaaniline paigutus, tee pikikalded LIDARst) kui ka Teeregistrist (ristlõike parameetrid, suurim lubatud sõidukiirus). Transpordiametilt on saadud 2022. aasta liiklusloenduse andmed. Teelõikude valikul on abi saadud ka Google Maps'i panoraamvaatest. Uurimiseks valitud teelõikudele on vajadusel tehtud teatavaid üldistusi kui ka muudetud parameetreid, et meetodika rakendusvõimalusi ja puuduseid (sh kohandamisest) paremini analüüsida.

Arvutuste lihtsustamiseks on meetodika arvutusskeem programmeeritud Excel 2016 programmi (töötabelite Exceli-faili magistritööga kaasas ainult digitaalsel kujul) (vt lisaks pt 3) ning näitelõikude uurimisel antakse magistritöös peamiselt lõppvastused.

4.1 Näidislõikude tutvustus

Teenindustaseme leidmiseks kasutatakse järgmiste püsiloenduspunktide andmeid:

1. Urge (riigitee nr 15 Tallinn – Rapla - Türi km 23,9);
2. Konju (riigitee nr 1 Tallinn – Narva km 177,4);
3. Lokuti (riigitee nr 15 Tallinn – Rapla - Türi km 13,7);
4. Pikknurme (riigitee nr 2 Tallinn – Rapla - Türi km 139,2);
5. Kaimi (riigitee nr 92 Tartu – Viljandi - Kilingi-Nõmme km 17,6).

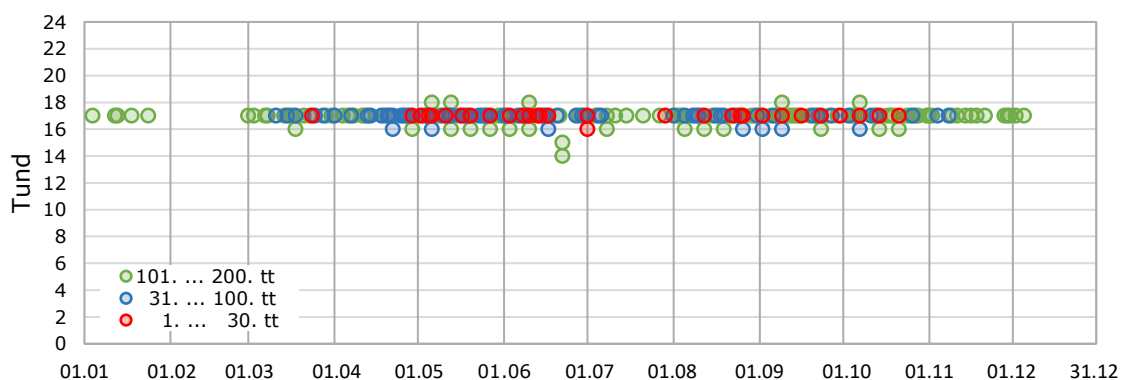
Valitud püsiloenduspunktid määravad ära näidislõikude asukohad (vt lisa 11) ning geomeetrilised eripärad. Näidislõigud loetakse homogeenseks kogu lõigu ulatuses. Sarnaselt uurimistööle „Liiklusuuringu juhendi ja baasprognoosi koostamine“ on ka antud magistritöös kasutatud seoseid püsiloenduspunktide loendusandmete 200 esimese tiptunni järjestamisest [11].

Teelõikude algandmed on tabeli kujul iga püsiloenduspunkti asukohas valitud teelõigu teenindustaseme leidmise peatükis. Tiptundide valikul on lähtutud nii liiklussagedusest kui ka raskeliikluse valdavast osatähtsusest 28. kuni 38. tiptundides. Peatükid 4.2 kuni 4.6 on võimalik jätta vahele ning asuda peatükis 4.7 toodud koondtabeli juurde.

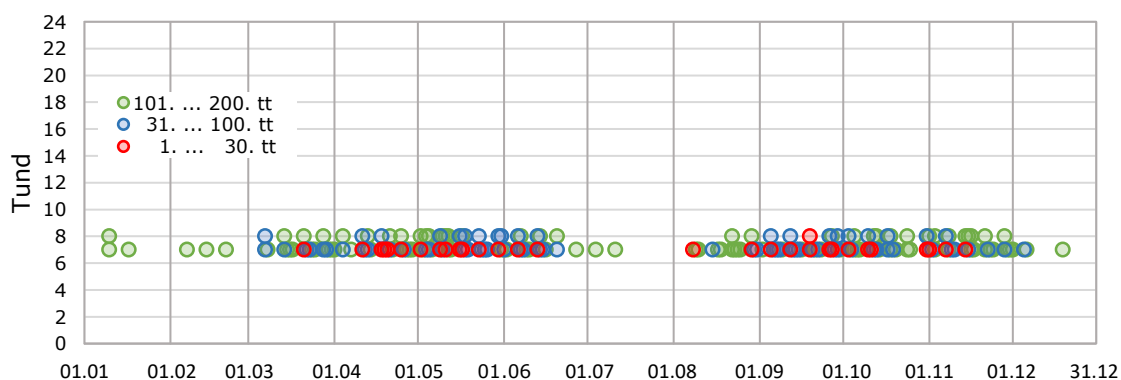
4.2 Lõik 1 – Urge

Urge püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik on 1+1 maantee, millele vastab meetodika tüüplõikudest PZ. Vastavalt joonisele 1.6 asub lõik riigitee nr 15 km 23,9 kuni 25,9 suunal 1 (Tallinn - Rapla) ning km 21,9 kuni 23,9 km suunal 2 (Rapla - Tallinn). Mõlema lõigu pikkus on seega 2 km.

2022. aasta loendusandmete baasil esimese 200 tipptunni järjestamisest suundade lõikes (vt joonised 4.1 ja 4.2) järeldub, et Urge PLP asukohas on liiklus pendelliikluse iseloomuga. Suunal 1 on valdav õhtune tipptund ning suunal 2 hommikune. Urge PLP asub Tallinna lähistel, mistõttu liigutakse hommikuti pealinna (suund 2) ning minnakse õhtuti tagasi (suund 1). Suviti elatakse ja puhatakse ka Tallinnast väljaspool asuvates suvilapiirkondades.



Joonis 4.1 Urge suund 1 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.



Joonis 4.2 Urge suund 2 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.

Urge püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik on PZ tüüpi, mistõttu on vajalik ka vastassuuna liiklussagedus. Transpordiametilt saadud toorikandmetest on määratud

AKÖL = 7400 autot/ööp ning sisendparameetrid mõlema sõidusuuna uurimiseks on toodud tabelis 4.1.

Tabel 4.1 Urge PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.

Nimetus	Suund 1	Suund 2
Tiptund jrk	32	29
Tiptunni nädal	21	39
Tiptunni nädalapäev	T	T
Tiptunni kuupäev	24.05.2022	27.09.2022
Tiptunni kellaaeg	17:00	07:00
Uuritava suuna liiklussagedus, [autot/h]	631	703
Liiklussagedus vastassuunas, [autot/h]	219	144
VAAB+AR uuritavas suunas, [autot/h]	24	22
VAAB+AR osatähtsus uuritavas suunas, [autot/h]	4	3
Ristlõike liiklussagedus (tiptunni sees), [autot/h]	850	847
Ristlõike maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, [autot/h]	233	229
Tiptunnitegur (PZ lõigule), [-]	0,912	0,925
Uuritava suuna sõiduraja laius, [m]	3,75	
Kindlustatud teepeenra laius, [m]	0,75	
Suurim lubatud sõidukiirus, [km/h]	90	
Teelõigu püstkalle, [%]	0,5	
Plaanilise paigutuse klass, [-]	1	
Püstpaigutuse klass, [-]	1	

Suund 1: Kuna raskeliikluse osatähtsus on 4%, siis sõiduautodeks taandamine pole vajalik. Vastavalt 3. peatükis toodud metoodika arvutusskeemile saadakse, et pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul on 59% ja paki tihedus uuritava suuna sõiduraja kohta on 4,2 autot pakis/km. Tabelist 1.5 saab teenindustasemeks C. Saadud tulemused on toodud tabelis 4.6.

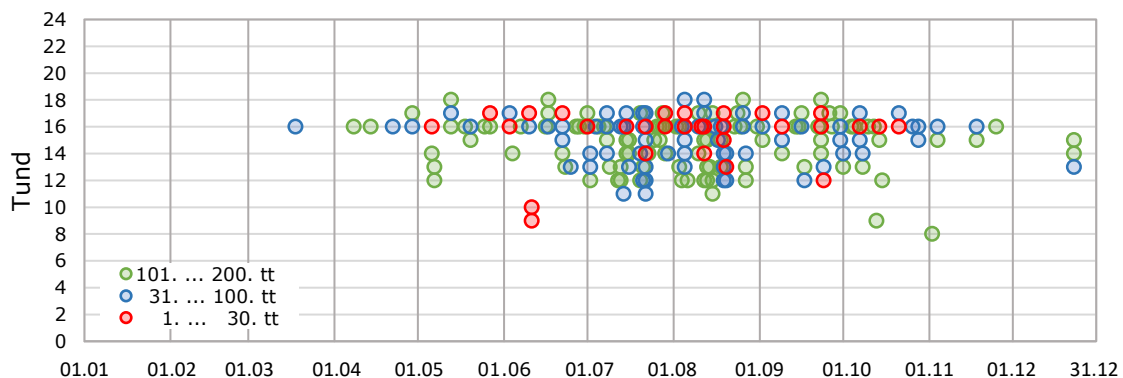
Suund 2: Sõiduautodeks taandamine pole ka suuna 2 uurimiseks vajalik ning arvutuskäik sarnaneb suunale 1. Saadud tulemused toodud tabelis 4.6.

4.3 Lõik 2 – Konju

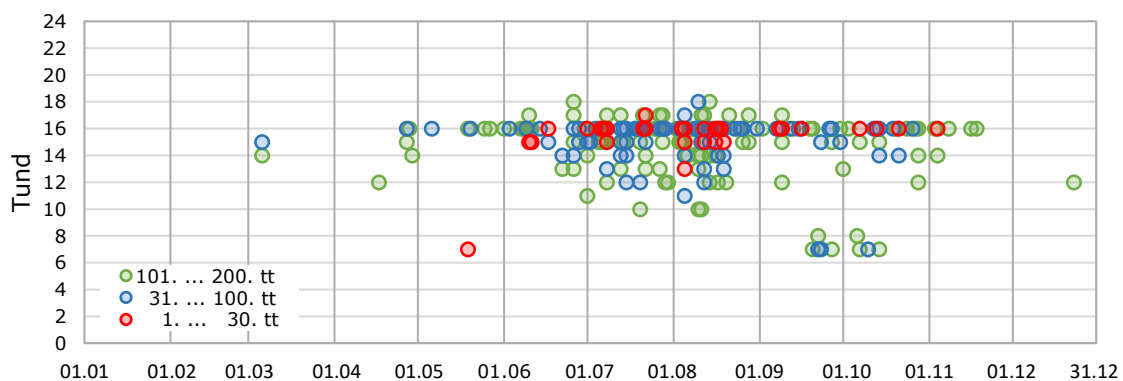
Konju püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik on 1+1 maantee, millele vastab metoodika tüüplõikudest PZ. Teenindustaseme leidmiseks valitud teelõik üldistatakse mõlemal sõidusuunal ühele teelõigule. Lõik asub riigitee nr 1 km 175,4 kuni 177,4 nii suunal 1 kui suunal 2. Mõlema lõigu pikkus on seega 2 km.

2022. aasta loendusandmete esimese 200 tiptunni järjestamisest suundade lõikes (vt joonised 4.3 ja 4.4) järeldub, et Konju PLP asukohas on liiklus tavaliikluse iseloomuga,

lisaks mõjutatud ka pendelliiklusest. Mõlemal suunal joonistub välja valdavalt õhtune tipptund. Konju PLP asub pikamaatrassi keskel, kuid on mõjutatud Tallinn-Narva põhimaanteelega ühendatud keskustest (Sillamäe, Jõhvi, Kohtla-Järve, Narva, Rakvere).



Joonis 4.3 Konju suund 1 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.



Joonis 4.4 Konju suund 2 tipptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.

Konju püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik on PZ tüüpi – seetõttu tuleb määrata ka vastassuuna liiklussagedus. Kuna uuritava teelõiguga ristuvad Konjumõisa tee ja riigitee nr 13199 Konju - Voka, mille AKÖL on 231 autot/ööp, võetakse $APD = \frac{2}{2} = 1$ tk/km. Transpordiametilt saadud toorikandmetest on määratud AKÖL = 6700 autot/ööp ning arvutuslikud tipptunnid mõlema sõidusuuna uurimiseks on toodud tabelis 4.2.

Tabel 4.2 Konju PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.

Nimetus	Suund 1	Suund 2
Tiptund jrk	30	31
Tiptunni nädal	22	42
Tiptunni nädalapäev	R	K
Tiptunni kuupäev	27.05.2022	12.10.2022
Tiptunni kellaaeg	17:00	16:00
Uuritava suuna liiklussagedus, [autot/h]	388	373
Liiklussagedus vastassuunas, [autot/h]	288	340
VAAB+AR uuritavas suunas, [autot/h]	52	71
VAAB+AR osatähtsus uuritavas suunas, [autot/h]	13	19
Ristlõike liiklussagedus (tiptunni sees), [autot/h]	676	713
Ristlõike maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, [autot/h]	186	192
Tiptunnitegur (PZ lõigule), [-]	0,909	0,928
Uuritava suuna sõiduraja laius, [m]	3,5	
Kindlustatud teepeenra laius, [m]	1,0	
Suurim lubatud sõidukiirus, [km/h]	90	
Plaanilise paigutuse klass, [-]	1	
Püstpaigutuse klass, [-]	1	

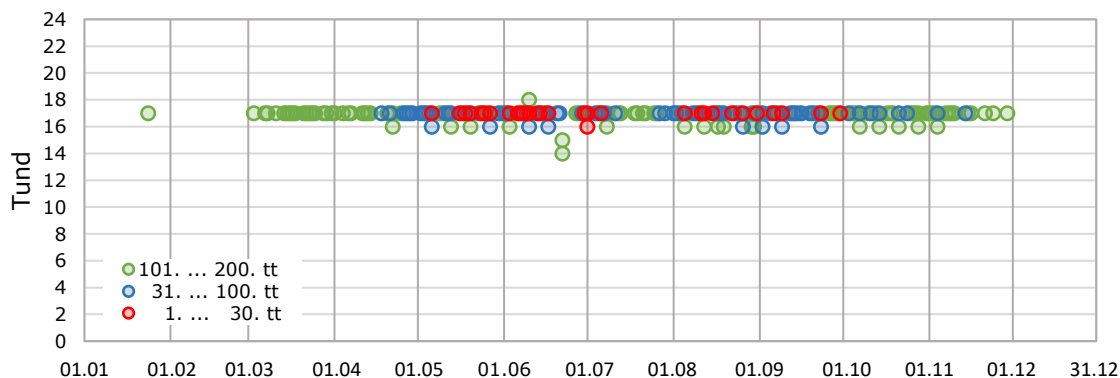
Suund 1: Raskeliikluse osatähtsus on üle 10%, mistõttu tuleb uuritava suuna liiklussagedus taandada sõiduautodeks valemiga 2.2. Kuna $V_{d,alg} = 388$ autot/h, $TTT = 0,909$ ning $HV\% = 13\%$, on sõiduautodeks taandatud liiklussagedus uuritavas suunas $V_d = 482$ sõiduautot/h. Vaadeldakse olukordi, kui $APD = 0$, $APD = 1$ ja $APD = 10$. Saadud tulemused on toodud tabelis 4.6. Selgub, et samade algandmete korral ristmike tiheduse 10-kordne kasv muutis paki tihedust 0,2 sõiduautot pakis/km võrra uuritava suuna sõiduraja kohta. Ristmike tiheduse muutus 0 tk/km-lt 1 tk/km-le paki tihedusele märgatavat mõju ei avaldanud ning teenindustase vaadeldud olukordadel ei muutunud. Pakis sõitvate sõiduautode osatähtsus oli kõigil kolmel juhul 52%.

Suund 2: Ka suunal 2 tuleb uuritava suuna liiklussagedus taandada sõiduautodeks valemiga 2.2. Taandatud liiklussagedus uuritavas suunas on $V_d = 478$ sõiduautot/h. Saadud tulemused on toodud tabelis 4.6.

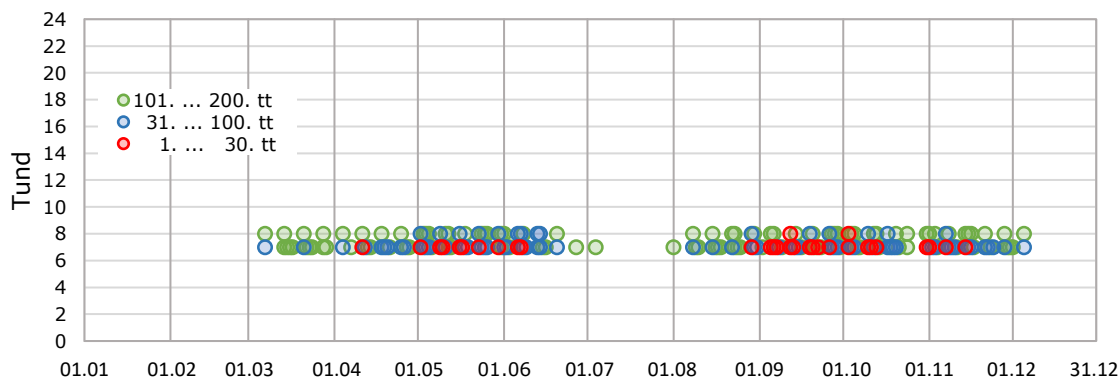
4.4 Lõik 3 – Lokuti

Lokuti püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik on 1+1 maantee, millele vastab metodika tüüplõikudest PZ. Teenindustaseme leidmiseks valitud teelõik üldistatakse mõlemal sõidusuunal ühele teelõigule. Lõik asub riigitee nr 15 km 13,7 kuni 15,7 nii suunal 1 kui suunal 2. Mõlema lõigu pikkus on seega 2 km. Ehkki suunal 1 on km 13,7 kuni 14,4 pidevjoon, tehakse vastaval suunal arvutus nii PC kui PZ lõigule.

2022. aasta loendusandmete esimese 200 tiptunni järjestamisest suundade lõikes (vt joonised 4.5 ja 4.6) järeldub, et Lokuti PLP asukohas on liiklus pendelliikluse iseloomuga. Suunal 1 on valdav õhtune tiptund ning suunal 2 hommikune. Sarnaselt Urge loenduspunktile asub ka Lokuti PLP Tallinna lähistel, mistõttu liigutakse hommikuti pealinna (suund 2) ning minnakse õhtuti tagasi (suund 1). Suviti elatakse ja puhatakse ka Tallinnast väljaspool asuvates suvilapiirkondades.



Joonis 4.5 Lokuti suund 1 tiptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.



Joonis 4.6 Lokuti suund 2 tiptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.

Lokuti püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõiku saab suunal 1 vaadelda nii PC kui ka PZ tüüpi teelõiguna, suunal 2 kui PZ tüüpi lõiguna, mistõttu on arvutusteks vaja ka vastassuuna liiklussagedust. Transpordiametilt saadud toorikandmetest on määratud AKÖL = 9700 autot/ööp ning arvutuslikud tiptunnid mõlema sõidusuuna uurimiseks on toodud tabelis 4.3.

Tabel 4.3 Lokuti PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.

Nimetus	Suund 1	Suund 2
Tiptund jrk	29	29
Tiptunni nädal	33	19
Tiptunni nädalapäev	E	T
Tiptunni kuupäev	15.08.2022	10.05.2022
Tiptunni kellaaeg	17:00	07:00
Uuritava suuna liiklussagedus, [autot/h]	817	913
Liiklussagedus vastassuunas, [autot/h]	334	230
VAAB+AR uuritavas suunas, [autot/h]	24	16
VAAB+AR osatähtsus uuritavas suunas, [autot/h]	3	2
Ristlõike liiklussagedus (tiptunni sees), [autot/h]	1151	1143
Ristlõike maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, [autot/h]	316	327
Tiptunnitegur (PZ lõigule), [-]	0,911	0,874
Uuritava suuna maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, [autot/h]	227	263
Tiptunnitegur (PC ja PL lõigule), [-]	0,900	0,868
Uuritava suuna sõiduraja laius, [m]	3,5	
Kindlustatud teepeenra laius, [m]	1,0	
Suurim lubatud sõidukiirus, [km/h]	90	
Plaanilise paigutuse klass, [-]	1	
Püstpaigutuse klass, [-]	1	

Suund 1: Sõiduautodeks taandamine pole vajalik. Saadud tulemused on toodud tabelis 4.6.

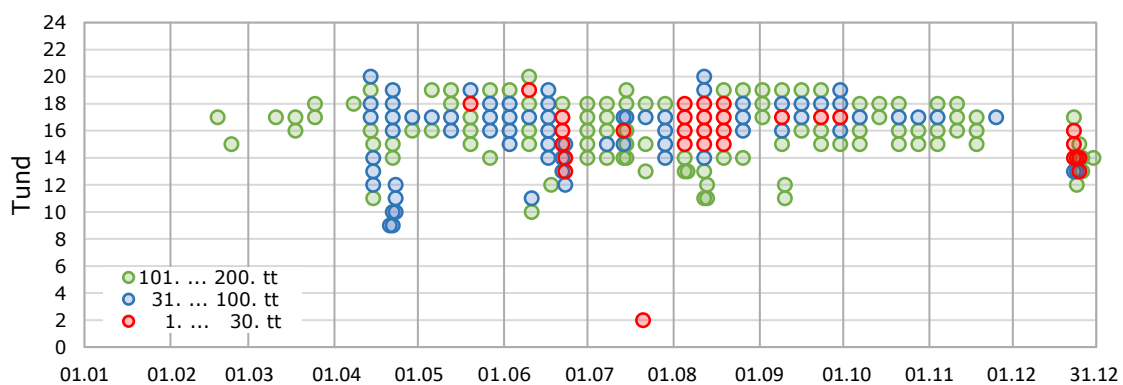
Suund 2: Sõiduautodeks taandamine pole ka suuna 2 uurimiseks vajalik. Vastavalt 3. peatükis toodud metoodika arvutuskeemile saadakse, et pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul on 71% ja paki tihedus uuritava suuna sõiduraja kohta 7,7 autot pakis/km. Teenindustase on seega E. Kui uuritav teelõik oleks PL tüüpi ($W_s = 0,5$ m, $s_{pl} = 100$ km/h, $L = 1,2$ km), siis saab paki tiheduseks 2,5 autot pakis/km. Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel on 55% ning aeglasema raja keskel 47%. Paki tihedus vähenes ligi 3 korda. Saadud tulemused on toodud tabelis 4.6.

4.5 Lõik 4 – Pikknurme

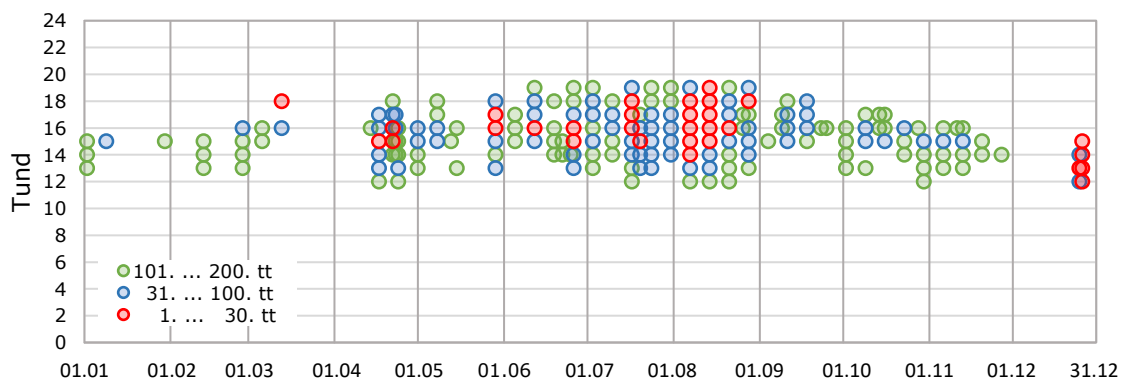
Pikknurme püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik asub riigiteel nr 2. Suunal 1 (Tallinn - Tartu) on see 2+1 maantee, millele vastab metoodika tüüplõikudest PC, ning suunal 2 (Tartu - Tallinn) 2+1 ristlõikega maantee lisarajaga lõik ehk tüüplõikudest PL. Suunal 1 eelneb uuritavale lõigule PL tüüpi lõik (km 137,07 kuni km 138,45, pikkus 1,38 km), mistõttu tuleb arvutuste tegemisel arvestada lisarajaga lõigu mõjuga uuritavale lõigule (km 138,45 kuni km 140,45, pikkus 2 km). Suunal 2 tuleb arvestada, et iga

järgmise PL tüüpi lõiguga lähtestub lisarajaga tüübi mõju järgmise PL tüübi jaoks (vt pt 1.3) – seega eelmise 2+1 lõigu mõju ei arvestata. Valitud lõik suunal 2 on km 140,115 kuni 141,315 - pikkus 1,2 km (kaldosasid meetodikas ei arvestata).

2022. aasta loendusandmete esimese 200 tiptunni järjestamisest suundade lõikes (vt joonised 4.7 ja 4.8) järeldub, et Pikknurme PLP asukohas on liiklus tavaliikluse iseloomuga. Mõlemal suunal joonistub välja pärastlõunane ja õhtune tiptund. Pikknurme PLP asub pikamaatrassi keskel, kuid erinevalt Konju loenduspunktist ei ole mõjutatud Tallinn - Tartu trassiga ühendatud keskustest. Põltsamaa asub 17 km ning Tartu 35 km kaugusel, mõlema mõju on minimaalne.



Joonis 4.7 Pikknurme suund 1 tiptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.



Joonis 4.8 Pikknurme suund 2 tiptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.

Pikknurme püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik on suunal 1 PC tüüpi ning suunal 2 PL tüüpi - seega puudub vajadus vastassuuna liiklussageduse arvestamiseks.

Transpordiametilt saadud toorikandmetest on määratud AKÖL = 7100 autot/ööp ning arvutuslikud tipptunnid mõlema sõidusuuna uurimiseks on toodud tabelis 4.4.

Tabel 4.4 Pikknurme PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.

Nimetus	Suund 1	Suund 2
Tipptund jrk	30	29
Tipptunni nädal	25	31
Tipptunni nädalapäev	K	P
Tipptunni kuupäev	22.06.2022	07.08.2022
Tipptunni kellaaeg	14:00	18:00
Uuritava suuna liiklussagedus, [autot/h]	525	513
VAAB+AR uuritavas suunas, [autot/h]	34	23
VAAB+AR osatähtsus uuritavas suunas, [autot/h]	6	4
Uuritava suuna maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, [autot/h]	146	137
Tipptunnitegur (PC ja PL lõigule), [-]	0,899	0,936
Uuritavate suundade sõiduradade laiused, [m]	3,5	
Kindlustatud teepeenra laius, [m]	0,5	
Suurim lubatud sõidukiirus, [km/h]	100	
Plaanilise paigutuse klass, [-]	1	
Püstpaigutuse klass, [-]	1	

Suund 1: Kuna raskeliikluse osatähtsus suunal 1 on 6%, siis tehakse arvutused nii raskeliikluse osatähtsusega kui ka sõiduautodeks taandades. Lisaks tuleb antud lõigul arvestada ka eelneva PL tüüpi lõigu mõju, mis järgmise lõigu korral annab arvutustes kasutatavaks möödasõiduraja mõjuala pikkuseks $L_{ef} = 1,38 \text{ km} + 2,0 \text{ km} = 3,38 \text{ km}$. Vastavalt 3. peatükis toodud meetoodika arvutusskeemile saadakse, et sõiduautodeks taandamata pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul lisaraja mõjuta oleks 54% ning paki tihedus uuritava suuna sõiduraja kohta oleks 2,9 autot paki/km (teenindustase „C“). Lisaraja mõjuga saadud tulemused on toodud tabelis 4.6.

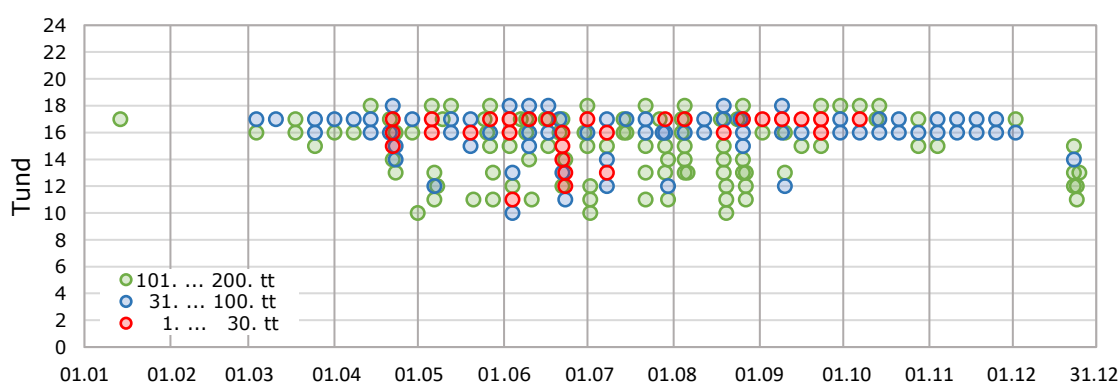
Suund 2: Sõiduautodeks taandamine pole vajalik. Saadud tulemused on toodud tabelis 4.6.

4.6 Lõik 5 – Kaimi

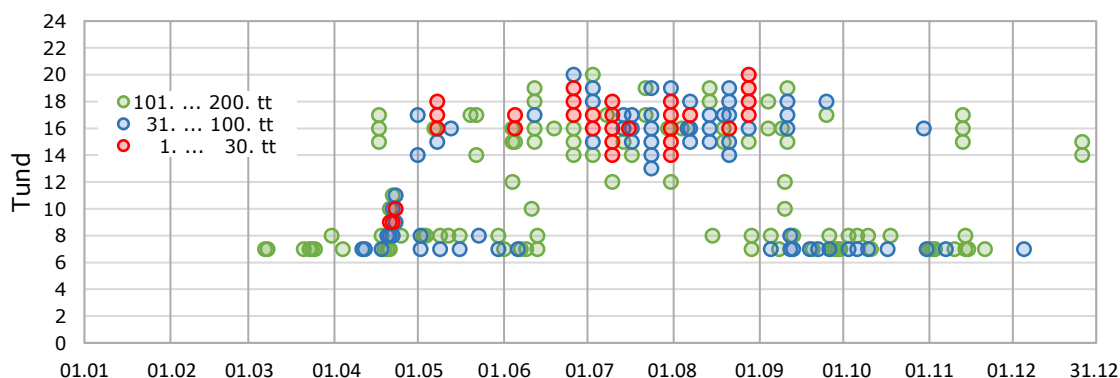
Kaimi püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõik asub riigitee nr 92 km 17,6 kuni 18,6 ja km 18,6 kuni 19,6. Teenindustaseme leidmiseks valitud teelõik üldistatakse mõlemal sõidusuunal ühele teelõigule. Lõik koosneb kahest 1 km pikkusega lõigust, kuna pikikalle 2% on langev ning tõusev. Vaadeldakse nii 1 km kui ka 2 km pikkuse lõiguna, st teisel juhul oletatakse, et kalle on ühesuunaline. Kolmandal juhul

vaadeldakse uuritavat lõiku teosana (langusel kui PZ tüüpi, tõusul pidevjoone tõttu PC tüüpi lõiguna).

2022. aasta loendusandmete esimese 200 tiptunni järjestamisest suundade lõikes (vt joonised 4.9 ja 4.10) järeldub, et Kaimi PLP asukohas on liiklus tava- ja pendelliikluse iseloomuga, lisaks mõjutatud ka puhkeliiklusest. Mõlemal suunal joonistub välja õhtune tiptund. Suunal 1 on esimese 200 tiptunni sees ka päevaseid tippe, samas kui suunal 2 esineb lisaks õhtustele hommikuseid tiptunde. Kaimi PLP asub Tartu - Viljandi pikamaatrassi keskel (Puhja lähistel), kus valdavalt on tavaliiklus, millele suviti lisandub puhkeliiklus ning sügisest kevadeni pendelliiklus.



Joonis 4.9 Kaimi suund 1 tiptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.



Joonis 4.10 Kaimi suund 2 tiptundide jaotumine 2022. aasta loendusandmete baasil.

Kaimi püsiloenduspunkti asukohas valitud näidislõigul on mõlemal suunal langusel katkendjoon ning tõusul pidevjoon (eeldab PC tüüpi), mistõttu tehakse arvutused nii PZ lõigule üldistatult kui ka jagatakse teelõik kaheks: 1 km PZ ja 1 km PC. Seetõttu on arvutusteks vaja ka vastassuuna liiklussagedust. Transpordiametilt saadud

toorikandmetest on määratud AKÖL = 3900 autot/ööp ning arvutuslikud tipptunnid mõlema sõidusuuna uurimiseks on toodud tabelis 4.5.

Tabel 4.5 Kaimi PLP asukohas valitud teelõigu sisendparameetrid.

Nimetus	Suund 1	Suund 2
Tipptund jrk	29	30
Tipptunni nädal	35	26
Tipptunni nädalapäev	R	P
Tipptunni kuupäev	02.09.2022	03.07.2022
Tipptunni kellaaeg	17:00	17:00
Uuritava suuna liiklussagedus, [autot/h]	294	250
Liiklussagedus vastassuunas, [autot/h]	173	200
VAAB+AR uuritavas suunas, [autot/h]	9	8
VAAB+AR osatähtsus uuritavas suunas, [autot/h]	3	3
Ristlõike liiklussagedus (tipptunni sees), [autot/h]	467	450
Ristlõike maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, [autot/h]	123	118
Tipptunnitegur (PZ lõigule), [-]	0,949	0,953
Uuritava suuna maksimaalne veerandtunnine liiklussagedus, [autot/h]	80	68
Tipptunnitegur (PC lõigule), [-]	0,919	0,919
Uuritava suuna sõiduraja laius, [m]	3,5	
Kindlustatud teepeenra laius, [m]	1,0	
Suurim lubatud sõidukiirus, [km/h]	90	
Teelõigu püstkalle, [%]	2	
Plaanilise paigutuse klass, [-]	1	
Püstpaigutuse klass, [-]	1 ja 2	

Kuna suund 2 sarnaneb algandmete osas suunale 1, võetakse vaatluse alla vaid suund 1. Kalded ei ole samapidised, mistõttu tehakse arvutused nii 1 km pikkust ja 2% pikikaldega lõiku uurides kui ka oletades 2 km pikkust lõiku, mille pikikalle 2%. Teelõigud loetakse sirgeks. Tabelist 1.2 ja 1.3 saab olemasolevale teelõigule HC = 1 ning VC = 2. Arvutused tehakse ka teosa arvutusega, kuna langusel VC = 1 (vt pt 1.1.5) ja tõusul VC = 2. Sõiduautodeks taandamine pole vajalik. Suunale 1 saadud tulemused on toodud tabelis 4.6.

4.7 Näidislõikude koondtabel

Peatükkides 4.2 kuni 4.6 PLP asukohas valitud teelõikude uurimise koondtabel on toodud tabelis 4.6.

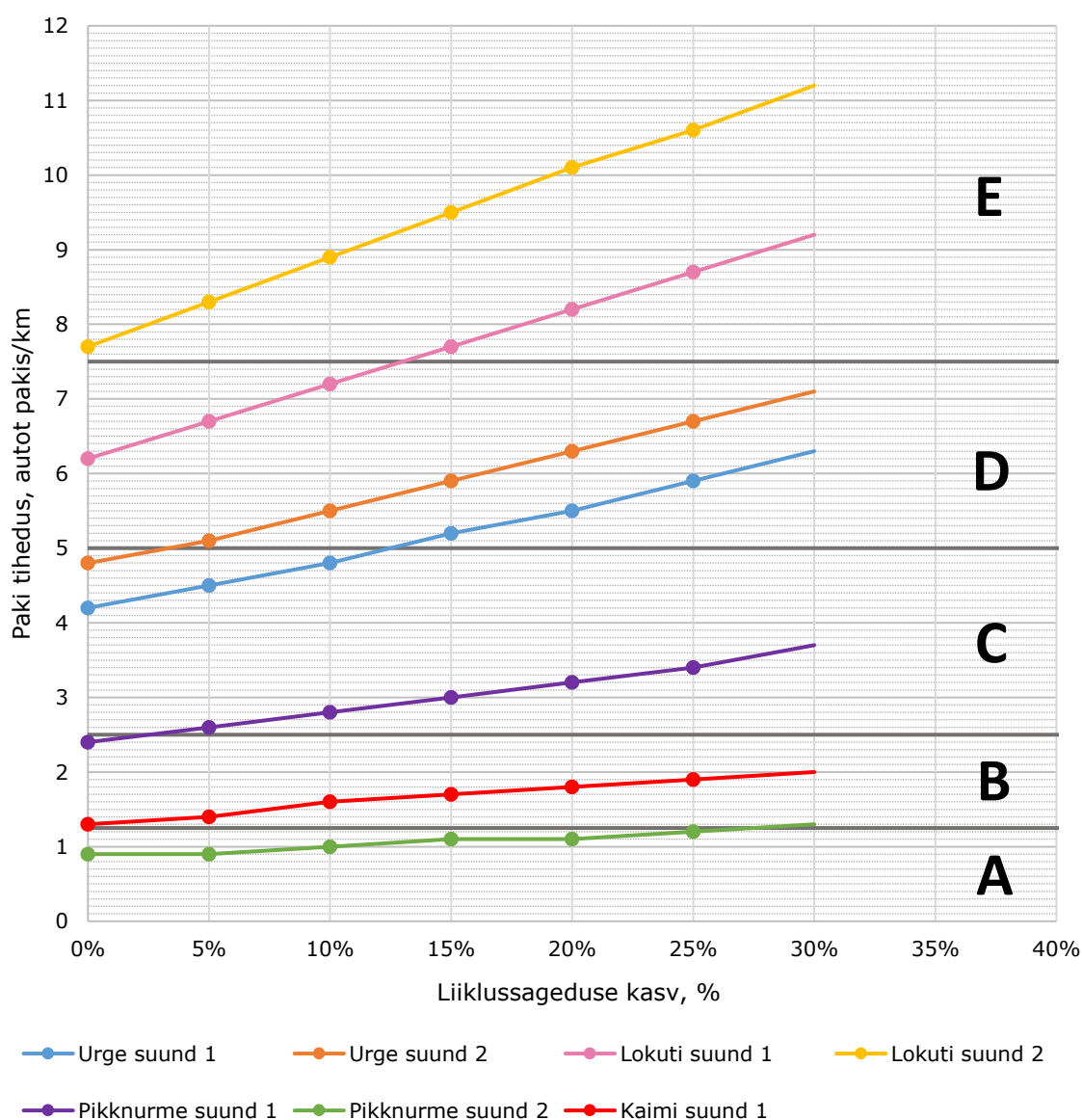
Tabel 4.6 Näidislõikude uurimise koondtabel.

Nimetus	Urge		Konju				Lokuti				Pikknurme			Kaimi				
AKÖL, [autot/ööp]	7400		6700				9700				7100			3900				
Suund	1	2	1		2		1		2		1		2		1			
Teelõigu tüüp	PZ		PZ				PC	PZ		PL	PC		PL	PZ		PC		
Raskeliikluse taandamine	EI	EI	JAH		JAH		EI		EI		EI	JAH	EI	EI				
V _d , [autot/h või sõiduautot/h]	631	703	388 / 482		373 / 478		817		913		525	619	513	294				
HV%, [%]	4	3	13 / -		19 / -		3		2		6	-	4	3				
V _o , [autot/h]	219	144	288		340		-	344	230	-	-	-	-	173		-		
TTT, [-]	0,91	0,93	0,91		0,93		0,90	0,91	0,87	0,87	0,90		0,94		0,95		0,92	
HC	1		1				1				1			1				
VC	1		1				1				1			2	1	2		
s _{pl} , [km/h]	90		90				90		100		100			90				
APD, [tk/km]	0		0	1	10	1	0				0			0				
W _L (= W _{FL} = W _{SL}), [m]	3,75		3,50				3,50				3,50			3,50				
W _S , [m]	0,75		1,00				1,00		0,50		0,50			1,00				
L, [km]	2,0		2,0				2,0		1,2		2,0		1,2		1,0	2,0	1,0	
PF, [%]	59	61	52		51		67 ... 69		71	55 / 47 *		54	59	39 / 28 *		36 ... 37		44
I _{PF} , [%]	-		-				-				17	16	-		-			
FD, [autot pakis/km]	4,2	4,8	2,8	2,8	3,0	2,7	6,5	6,2	7,7	2,5	2,4	3,1	0,9	1,2	1,1	1,2	1,4	
Teeosa FD, [autot pakis/km]	-		-				-				-			-		1,3		
Teenindustase	C		C				D		E	B	B	C	A	A		B		

* Pakis sõitvate autode osatähtsus: kiirema raja keskel / aeglasema raja keskel

4.8 Teenindustasemed liiklussageduse kasvades

Kuna meetodikas eristatakse kahte liiklussagedust – loendatud ja ennustuslik (vt pt 1.1.7), siis määratakse teenindustasemed nii 5%, 10%, 15%, 20% ja 25% liiklussageduse kasvu korral. Tulemused on toodud joonisel 4.11. Kasutatakse taandamata raskeliiklusega teelõike olukorras, kus ainsaks muutuvaks suuruseks on liiklussagedus. Eeldatakse, et kõik teised parameetrid püsivad peatükkides 4.2 kuni 4.6 toodud suurustena. Konju PLP ja Pikknurme PLP suund 1 raskeliikluse taandamisel saadud tulemusi joonisel ei kajastata.



Joonis 4.11 PLP asukohas valitud teelõikude teenindustasemed (sõiduautodeks taandamata) liiklussageduse kasvades.

4.9 Kergliikleja teenindustase Pikknurme lõigul

Kergliikleja teenindustaseme hindamiseks on Pikknurme püsiloenduspunkti asukohas valitud teelõik (täpsemalt ristlõige) seetõttu, et kindlustatud teepeenra laius on 0,5 m, suurim lubatud sõidukiirus 100 km/h ning ühel juhul on uuritavas suunas $N = 1$ sõidurada ning teises suunas $N = 2$ sõidurada. Lisaks on $N = 1$ korral sõidusuunad eraldatud keskpäärdega ehk realses olukorras ei saa (mootor)sõidukid vastassuunda reastudes sooritada möödasõitu kindlustatud teepeenral sõitvast kergliiklejast.

Uuritavatele suundadele valitakse algandmed, mida kasutati Pikknurme püsiloenduspunkti asukohas (mootor)sõidukite teenindustaseme LOS uurimiseks (vt pt 4.5). See tähendab suund 1 korral: taandamata $V_d = 525$ autot/h, $HV\% = 6\%$ ning $TTT = 0,899$. Suund 2 uurimisel $V_d = 513$ autot/h, $HV\% = 4\%$ ning $TTT = 0,936$. Eeldatakse, et kogu raskeliiklus on kindlustatud teepeenraga külgneval sõidurajal. Suundade sõiduraja laiused $W_{OL} = W_L = W_{SL} = 3,5$ m, kindlustatud teepeenra laius $W_S = 0,5$ m ning suurim lubatud sõidukiirus $s_{pl} = 100$ km/h (arvutused tehakse ka 90 km/h olukorrale). Ehkki FHWA katte seisukorra hindeks võib võtta antud juhul $P = 5$, tehakse arvutused ka $P = 1$ olukorrale.

Tulemused on toodud tabelis 4.7. Sisendparameetrite muutmisel selgub, et kergliikleja tajumudelil põhinevat teenindustaset muudavad halvemaks kindlustatud teepeenra laiuse vähenemine, raskeliikluse osatähtsuse suurenemine ja teekatte hinde halvenemine.

Tabel 4.7 Pikknurme PLP andmete põhjal leitud kergliikleja teenindustaseme koondtabel.

Nimetus	Pikknurme							
Suund	1				2			
Radade arv uuritavas suunas	1				2			
V_d , [autot/h]	525				513			
HV%, [%]	6				4			
V_o , [autot/h]	-				-			
TTT, [-]	0,90				0,94			
s_{pl} , [km/h]	100		90		100		90	
$W_L (= W_{FL} = W_{SL})$, [m]	3,50				3,5			
W_S , [m]	0,50		1,50	0,50	0,50		1,50	0,50
P, [-]	1		5		1		5	
BLOS	12,8	6,0	4,6	5,9	11,8	5,0	3,6	5,0
	F	F	E	F	F	E	D	E

Tabelist 4.7 selgub, et Pikknurme PLP asukohas uurimiseks valitud ristlõigetel jääb kergliikleja teenindustase valdavalt vahemikku BLOS = E...F. Taseme „C“ annaks suunal 1 kindlustatud teepeenra laius $W_s = 2,25 \dots 2,75$ m (BLOS = 3,5...2,6) ning suunal 2 $W_s = 1,75 \dots 2,00$ m (BLOS = 3,3...2,9). Taseme „B“ annaks suunal 1 kindlustatud teepeenra laius $W_s = 3,00$ m (BLOS = 2,1) ning suunal 2 $W_s = 2,25 \dots 2,50$ m (BLOS = 2,5...2,0). Rahuldava tulemuse andev kindlustatud teepeenra laius 2,0...2,5 m osutab eraldi kergliiklustee kavandamise vajadusele.

4.10 LOS metoodika järeldused

Näidislõikude uurimisel vaadeldi kõiki kolme tüüplõiku (vt pt 1.1.1) sisaldavaid olukordi (kokku 5 PLP andmetele tuginedes). Et metoodikat paremini mõista ning selgitada välja kasutusvõimalused, tehti ka lisaarvutusi, mille tulemusi kirjeldatakse antud alapeatükis.

4.10.1 Metoodika sisendparameetrid

Raskeliikluse osatähtsust uuriti nii näidislõikude põhjal kui ka lisaarvutustega kolme teelõigu tüübiga (PC, PZ ja PL). Lisaarvutustega olid vaatluseks olukorrad, kus $HV\% = 1 \dots 10\%$ (raskeliiklust ei taandata), $V_o = 300$ autot/h, $TTT = 0,950$, $APD = 0$ tk/km, $W_L = W_{FL} = W_{SL} = 3,5$ m, $W_s = 1,0$ m, $L = 2,0$ km ning liiklussagedus $V_d = 100 \dots 1000$ autot/h 100 autot/h kasvuga. Nii näitelõikude uurimisel kui ka tehtud lisaarvutustega selgus, et kui PC ja PZ tüüpidel on suurim lubatud sõidukiirus 90 km/h ja 100 km/h, siis pakis sõitvate autode osatähtsused ja paki tihedused 1% ja 10% raskeliikluse osatähtsuste korral ei erinenud. Kui PC ja PZ lõikudel valiti suurim lubatud sõidukiirus 70 km/h ja 50 km/h, siis paki tiheduste muutus oli uuritava suuna kohta 0...0,2 autot pakis/km. Ka PL tüüpi lõigul oli paki tiheduse muutus 0...0,2 autot pakis/km ning pakis sõitvate autode osatähtsust (kiiremal ja aeglasemal rajal) mõjutas raskeliikluse 1% ja 10% osatähtsuse erinevus kuni 4% (osatähtsuste vahe). 110 km/h suurima lubatud sõidukiiruse korral paki tihedus ei muutunud.

Vastassuuna liiklussageduse mõju PZ tüüpi lõigul uuriti nii näidislõikude põhjal kui ka lisaarvutustega olukorras, kus $HV\% = 5\%$, $TTT = 0,950$, $APD = 0$ tk/km, $W_L = 3,5$ m, $W_s = 1,0$ m, $L = 2,0$ km, $s_{pl} = 90$ km/h, $HC = 1$, $VC = 1$ ning $V_d = 100 \dots 1000$ autot/h. Võrdluseks võeti ka PC tüüpi lõik, kuna metoodika kasutab antud tüübi teenindustaseme leidmisel vastassuuna arvutuslikku liiklussagedust $v_o = 1500$ autot/h (vt valem 2.4). Vaadeldi olukorda, kui uuritava suuna liiklussagedus V_d on konstantne ning vastassuuna liiklussagedus V_o kasvab. Arvutustega selgus, et vastassuuna liiklussageduse kasvades lähenevad PZ tüüpi lõigule saadud pakis sõitvate autode osatähtsused ja paki tihedused

PC lõigu tulemustele, kuid vastassuuna liiklusedusel V_0 (kasvuga 100 autot/h) oli mõju PZ tüüpi teelõigu paki tihedusele väike.

Konju PLP asukohas valitud teelõigu (vt pt 4.3) ristmike tiheduse APD muutmisel selgus, et samade algandmete korral ristmike tiheduse suurenemine 10 korda teenindustaset ei mõjutanud. Näidislõikude valimisel ja uurimisel selgus, et Eesti tasase pinnamoega aladel ei esine ega teki reeglina teenindustaseme puudujääkidega kahe rajaliste maanteede lõike, kus püstpaigutuse klass on 3...5. Ka plaanilise paigutuse klassiga 3...5 (raadius väiksem kui 250 m) olukorrad on harva esinevad nendel lõikudel, kus AKÖL on 3000 autot/ööp ja enam (vt pt 1.1.7). Nii plaanilise paigutuse kui ka püstpaigutuse klassid 3...5 toovad reeglina kaasa ka suurima lubatud sõidukiiruse alanemise. Eesti kahe rajaliste maanteede lõikude uurimisel on valdavalt $HC = 1$ ning $VC = 1$.

Tehtud arvutustest järeldub, et meetodikas mõjutavad teenindustaset enim järgmised sisendparameetrid: uuritava sõidusuuna liiklusedus, tipptunnitegur ning suurim lubatud sõidukiirus. Raskeliikluse ehk VAAB+AR osatähtsuse, ristmike tiheduse ja PZ tüüpi lõigule määratava vastassuuna liikluseduse mõju vaadeldud olukordadel oli võrreldes eelnevalt mainitud teguritega väike. Samas tuleb arvestada, et PZ tüüpi teelõigul on määrav ka ristlõike summaarne liiklusedus ning kahe suuna osatähtsuste erinevus, kuna teatud sagedustel väheneb sobivate tühikute tõenäosus vastassuunas (möödasõiduks) ja pärisuunas (voogu tagasipöördumiseks).

4.10.2 Teelõikude tüübid

Samade algandmete korral selgus, et PC on teenindustaseme osas ebasoodsaima tulemuse andev tüüp - sõltuvalt eesliikuvast autost esineb piiratud vabadus kiiruse valikuks. PL tüüpi lõigu uurimisel saadud paki tihedus oli kolmest tüübist väiksem, mis on loogiline, kuna lisarada võimaldab teatud hulga autodel sooritada ohutult möödasõitu ilma vastassuunavööndisse reastumata. PC ja PZ teelõikude erinevust on keeruline hinnata, kuna antud magistritöö raames jäid ebaselgeks kahe tüübi vahelised toimivuspiirid - piirid on dünaamilised ning pole üheselt määratavad.

PL lõiku vaadeldi Lokuti PLP ja Pikknurme PLP asukohas valitud teelõikudel (vt pt 4.4 ja pt 4.5). Pikknurme PLP suund 2 on olemasolev (2+1 ristlõikega teeosa) lisarajaga lõik, mille 1,2 km pikkusele lõigule saadi keskmiseks paki tiheduseks 0,9 autot pakis/km (teenindustase „A“). Lokuti PLP suunda 2 vaadeldi PZ tüüpi teelõiguna, mille 2 km lõiguna uurimisel saadi paki keskmiseks tiheduseks 7,7 autot pakis/km (teenindustase „E“). Järeldub, et Lokuti lõigul PZ tüüp ei sobi. 1,2 km pikkusele PL lõigule arvutuste tegemisel (arvestamata liikluseduse kasvu) saadi Lokuti paki tiheduseks 2,5 autot pakis/km (teenindustaseme „B“ ülempiir). Pikknurme arvutused (vt tabel 4.6 ja joonis

4.11) näitasid, et kuigi uuriti vaid üht lõiku, siis arvestades ka suunda 1 ning üldistades tulemusi kogu teeosale, saab lugeda 2+1 ristlõiget asjakohaseks. Lokuti asukohas osutub 2+1 lahendus (üldistatult kogu teeosale ning arvestamata liiklussageduse kasvu) sobimatuks nii suund 2 kui ka suund 1 tulemuste põhjal. Lokuti suund 1 uurimisel saadi paki tiheduseks ligi 6 autot pakis/km ning teenindustasemeks „D“, lisarajaga (PL tüüpi) lõiguga oleks paki tihedus 2,0 autot pakis/km.

4.10.3 Metoodika loomisel kasutatud seosed

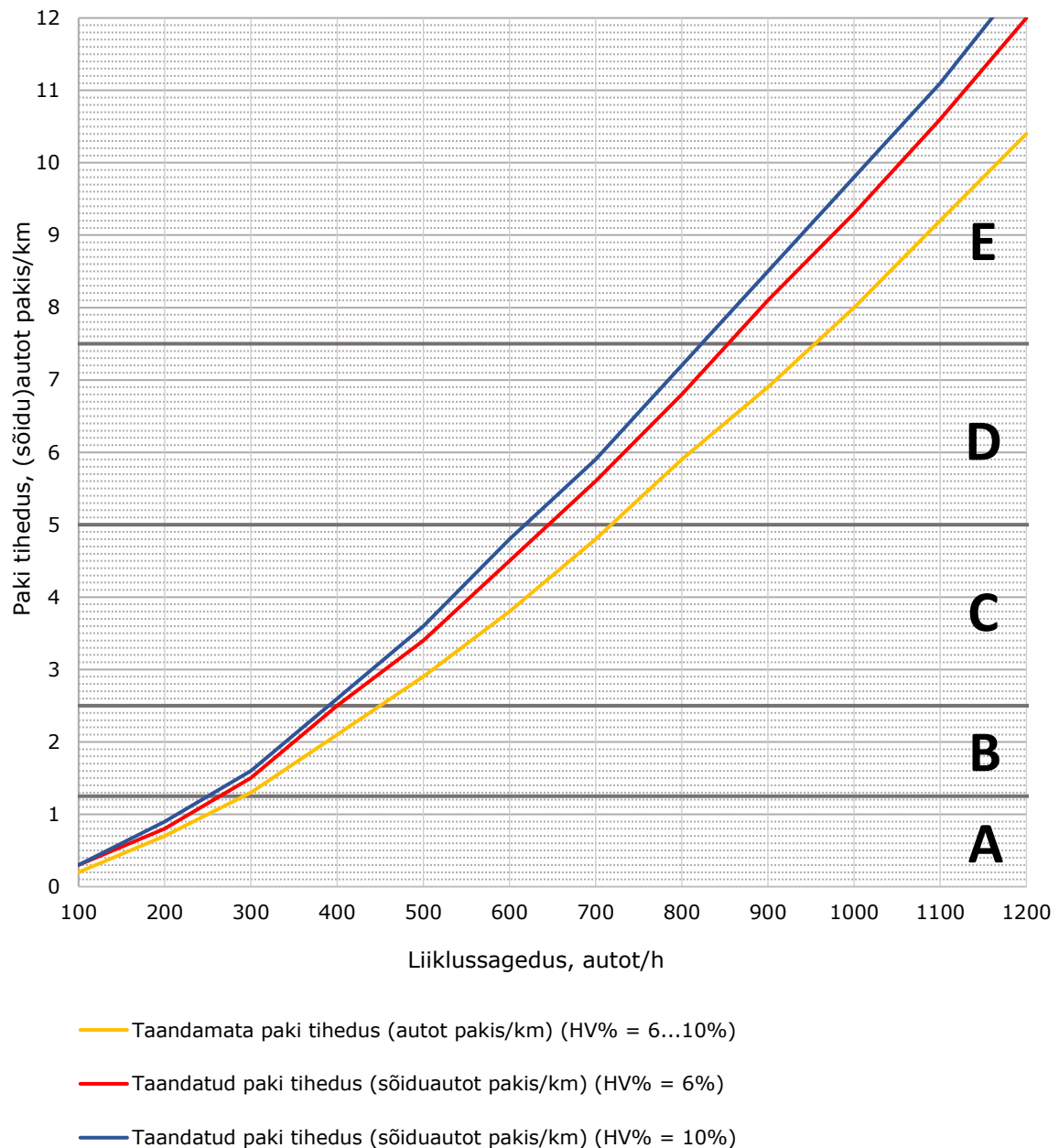
Lähtuvalt originaalist on pakis sõitvate autode osatähtsuse ja paki tiheduse kombinatsioon võetud kasutusele seetõttu, et kahel erineval teelõigul võivad olla pakis sõitvate autode osatähtsuse väärtused samad, kuid mitte paki tihedused liiklusvoos ning vastupidi [2]. Tehtud arvutuste põhjal selgus, et sama paki tiheduse, kuid erineva pakis sõitvate autode osatähtsusega olukord on võimalik näiteks suurima lubatud sõidukiiruse, liiklussageduse ja kindlustatud teepeenra laiuse erinevustega – arvestades, et teised alganded on samad. Sarnaselt ka paki tiheduse erinevus, kui pakis sõitvate autode osatähtsus jääb samaks.

Joonised 1.5 ja 4.11 näitavad, et samade algandmete (sh ristlõike) korral kasvab paki tihedus alates ca 300 autot/h liiklussageduse kasvades lineaarselt. Vaadeldud teelõikude sirgete tõusud erinevate baasliiklussageduste korral omavahel ei ühtinud. Jooniselt 4.11 selgub, et mida suurem on baasliiklussagedus, seda suurem on paki tiheduse kasv liiklussageduse kasvades. Järeldub taas, et uuritava suuna liiklussagedus avaldab märgatavat mõju metoodikaga saadud tulemustele (vt pt 4.10.1).

4.10.4 Raskeliikluse taandamine

Arvutustega leiti, et raskeliikluse osatähtsus $HV\% = 1...10\%$ ei avalda nähtavat mõju teenindustasemele (vt pt 4.10.1), mistõttu saab lugeda asjakohaseks raskeliikluse taandamist sõiduautodeks $HV\% > 5\%$ juhtudel, kus pakis võib olla rohkem kui üks veok (avaldades mõju pakile).

Mida suurem on raskeliikluse osatähtsus, seda suurem on uuritava suuna sõiduautodeks taandatud liiklussagedus ning selle mõju paki tihedusele. Näiteks Pikknurme suunale 1 ($V_d = 525$ autot/h ja $HV\% = 6\%$) tehtud arvutustega saadi taandamata paki tiheduseks 2,4 (autot pakis/km) ja taandatud paki tiheduseks 3,1 (sõiduautot pakis/km). Teenindustase langes tasemelt „B“ tasemele „C“, kuid tuleb arvestada, et $FD = 2,4$ autot pakis/km on taseme „B“ ülempiiri lähedal. Lisaarvutustega uuriti ka näiteks olukorda, kus PC tüüpi teelõigul $V_d = 100...1200$ autot/h, $HV\% = 6...10\%$, $TTT = 0,950$, $APD = 0$ tk/km, $W_L = 3,5$ m, $W_S = 1,0$ m, $L = 2,0$ km, $s_{pl} = 90$ km/h, $HC = 1$ ning $VC = 1$. Tulemused on toodud joonisel 4.12.



Joonis 4.12 Teenindustasemed PC tüüpi lõigul taandamata ja taandatud olukorras, kus $HV\% = 6...10\%$, $TTT = 0,950$, $APD = 0$ tk/km, $W_L = 3,5$ m, $W_S = 1,0$ m, $L = 2,0$ km, $s_{pl} = 90$ km/h, $HC = 1$ ning $VC = 1$.

Taandatud ja taandamata olukordades leitud paki tihedusi omavahel võrrelda ei saa, kuna sellisel võrdlusel ei arvestata autode dünaamiliste omadustega (eelkõige kiirendus ja võimsuse varu). Tehtud arvutustest (ka jooniselt 4.12) jäeldub, et raskeliikluse osatähtsuse mõju meetodikale on võrreldes liiklussagedusega tühine, mistõttu tuleks kaaluda raskeliikluse osatähtsuse rakendamise piiri muutmist. Kuna meetoodika on loodud 5% raskeliikluse osatähtsust arvesse võttes [2], tuleks üle 5% olukorras (PC ja

PZ tüüpi teelõikudel) ainult raskeliikluse taandamise kasutamist. Raskeliikluse taandamist üle 10% olukorras saab pidada asjakohaseks.

4.10.5 (Mootor)sõidukite teenindustaseme meetodika kasutusvõimalused

Kohandatud meetodikaga saadud tulemused annavad reaalse olukorraga võrreldavaid tulemusi. On selge, et Ameerika Ühendriikide nüansid säilivad, ehkki peamised seosed on universaalsed (nt liiklussageduse kasvades paki tihedus suureneb). Arvutusskeem annab võimaluse võrrelda samade algandmete korral paki tihedusi erinevate ristlõigete vahel. Tehtud arvutustest selgub, et meetodikat on asjakohane kasutada peamiselt kahel juhul:

1. teenindustaseme puudujääkidega teelõikude määratlemine, aitamaks hinnata ristlõigete muutmise vajadust või selle puudumist (nii olemasolevate andmete kui ka prognoositud liiklussageduse abil);
2. maanteedel projekteerimiseks sobiva ristlõike valik, arvestades prognoositud liiklussagedust.

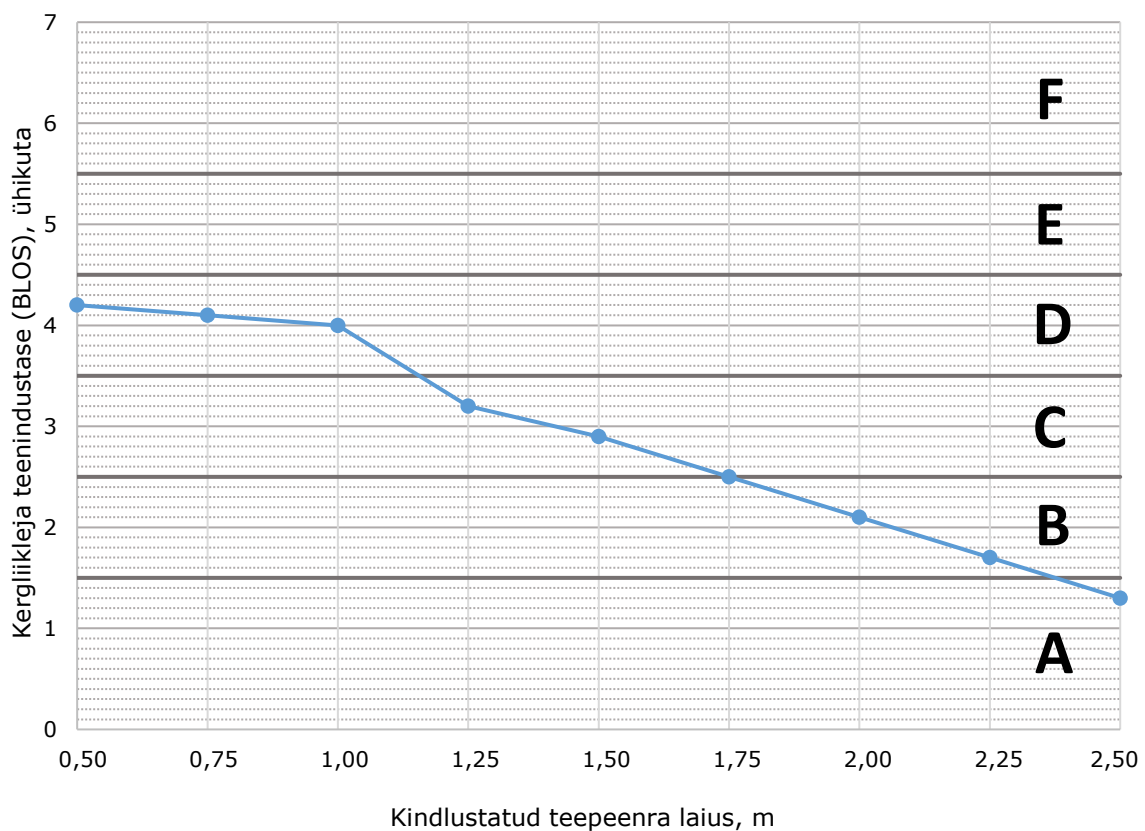
Pakis sõitvate autode osatähtsuse ning paki tiheduse arvestamine teenindustaseme leidmiseks on asjakohane, kuna teenindustase sõltub liikleja ohutustest möödumisvõimalustest maanteedel. Need möödumisvõimalused on mõjutatud sellest, kui palju autosid pakis sõidab ning kui suur on paki keskmine tihedus. Paki tihedust hinnatakse km kohta, kuid tuleb arvestada, et igal ajavahemikul on pilt erinev. Teisisõnu samas asukohas (aga erineval ajal) ei pruugi kindlat punkti läbida kas ühtegi autot, liigutakse liiklusvoos vabalt või pakis - seosed ei ole ühesed. Ka pakis sõitvate autode osatähtsus, mida arvestatakse keskmisena, ei pruugi anda tulemusi üks-ühele.

Et kohandatud meetodika arvutustulemused annaksid parema võrdluse tegelikkusega, tuleks hinnata pakkide olemasolu ja tihedust kas aero- või ortofotodelt, tee äärde posti külge paigaldatavate teekaameratega või drooniga jäädvustatud salvestustelt. On tõenäoline, et juba 5 – 6 minutit kestva (vähemalt nelja) salvestuse tulemuse põhjal on võimalik hankida tulemusi, millega mudelit kalibreerida. Samuti võivad sobiva tulemuse anda ka näiteks Waze'i ja Google'i rakendustest saadavad andmed, mis kajastavad reaalselt olukorda maanteedel (reaalajas). Andmete kasutamise võimalus oleneb peamiselt nii rakenduste kasutajatest erinevatel teelõikudel kui ka kättesaadavustest andmetöötamiseks. Takistuseks võib saada andmete kättesaadavus (nt turvalisuse kaalutlustel).

4.11 BLOS meetodika järelused

Pikknurme püsiloenduspunkti asukohas valitud ristlõikele tehtud arvutustest (vt pt 4.9) selgus, et kergliikleja teenindustaset enim mõjutavad näitajad on kindlustatud teepeenra laius, raskeliikluse osatähtsus ja FHWA 5-pallisel skaalal määratud teekatte hinne. Kuna kergliikleja teenindustaseme arvutuskeem põhineb kergliikleja tajumudelil, siis on antud näitajate mõju asjakohane. Eesti jaoks kohandatud meetodikas kujuneb teekatte hinne FHWA skaala põhjal peamiselt subjektiivsel hinnangul ning kindlustatud teepeenra laiuse dimensioneerimiseks valitakse reeglina $P = 5$ (vt pt 2.2).

Pikknurme PLP asukohas uuritud kergliikleja teenindustase jäi valdavalt vahemikku BLOS = E...F (vt pt 4.9). Mõlemal suunal on tasemed „B” ja „C” võimalikud vaid 2,00...3,00 m laiuste kindlustatud teepeenarde korral, mis osutab eraldi kergliiklutaristu kavandamise vajadusele. Kui vaadelda madala liiklussagedusega olukorda, kus $V_d = 210$ autot/h, $HV\% = 1\%$, $TTT = 0,950$, $W_L = 3,25$ m, $s_{pl} = 90$ km/h, $N = 1$ ning $P = 5$, saab kergliikleja teenindustaseme sõltuvuse kindlustatud teepeenra laiusest korral tulemused, mis on toodud joonisel 4.13.



Joonis 4.13 Kergliikleja teenindustaseme sõltuvus kindlustatud teepeenra laiusest, kui $V_d = 210$ autot/h, $HV\% = 1\%$, $TTT = 0,950$, $W_L = 3,25$ m, $s_{pl} = 90$ km/h, $N = 1$ ning $P = 5$.

Jooniselt 4.13 selgub, et madala liiklussageduse ($V_d = 210$ autot/h) korral peab olema kindlustatud teepeenra laius vähemalt 2,0 m, et oleks tagatud kergliikleja teenindustase „B”. Tase „A” on võimalik kindlustatud teepeenra (või eraldi kergliiklustee) 2,5 m ja laiema korral.

Senised arvutused näitasid, et raskeliikluse osatähtsuse mõju on kergliikleja teenindustasemele märgatav, kuid suurima lubatud sõidukiiruse varieerumine vahemikus 70...130 km/h avaldab meetodikaga saadud BLOS väärtusele tühist mõju. Sellest tulenevalt ei saa pidada meetodika arvutusskeemi kiiruste piiramise hindamiseks asjakohaseks. Meetodika võiks leida suuremat rakendust kergliiklusega maanteede ristlõike või liiklusohlike kohtade ohutuks projekteerimisel.

4.12 Näidislõikude uurimise kitsaskohad

Näidislõikude uurimise peamine kitsaskoht seisnes liiklusloenduse andmete kvaliteedis. Kuna mitmete uurimiseks valitud PLPde (nt Risti, Herjava, Märja) aastases andmereas (365 päeva veerandtunnise täpsusega, kokku 35040 rida) esines (mitme)nädalaseid andmeauke tippudest (juuli ja august), tuli mitmetest potentsiaalsetest näidislõikudest loobuda. Andmeaugud võivad olla põhjustatud nii seadmete hooldusest (enamasti päev kuni paar), pikselöökidest, vandaalitsemistest kui ka teadmata asjaolude tõttu põhjustatud seadme veast.

Mitmed püsiloenduspunktid, mis asusid linnalähitsoonis, osutusid meetodika kasutamiseks sobimatuteks. Näiteks riigiteel nr 92 Tartu - Viljandi - Kilingi-Nõmme km 0,7 olev Märja püsiloenduspunkt, mis kahe ringristmiku vahel paiknevana kuulub HCMi pt 18 „*Urban Street Segments*” või muu HCM „*Interrupted flow*” meetodika käsitlusse. Ka Tallinn-Harku aeroloogiajaama lähedal riigiteel nr 8 Tallin-Paldiski asuvast püsiloenduspunktist tuli loobuda, kuna asukohta uurides leiti, et oluliste (suund)ristmike rohkuse ja fooridega ristmike tõttu esineb linna ning eelkõige ristmike mõju. Meetodika kohast segamata liiklusvoogu ei teki, mistõttu on sarnaselt Märjale vaadeldav HCMi pt 18 „*Urban Street Segments*” või muu HCM „*Interrupted flow*” meetodikaga.

Magistritöö autor soovib välja tuua, et teelõikudele arvutuste tegemisel tuleb teatud juhtudel meetodika rakendamiseks valitavaid sisendparameetreid üldistada. Näidislõikude uurimisel loodeti algselt liigset perfektsust, mis osutus ebavajalikuks – vaadeldud olukordadel teenindustase ei muutunud.

KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärk oli kohandada 2022. aasta Highway Capacity Manuali teenindustasemete arvutusmetoodika Eesti oludele vastavaks ning kontrollida metoodika sobivust püsiloenduspunktide andmetele tuginedes. Täiendavalt oli eesmärgiks luua praktiliselt kasutatavad tötabelid metoodika rakendamiseks.

Magistritöoga kohandati metoodika ning tehti näitearvutused 5 riigimaantee PLPe tuginedes. Lähtuvalt originaalist vaatleb metoodika kolme tüüpi ristlõiget, mistõttu oli kohandatud metoodika võimaluste kontrollimiseks oluline teostada arvutused kõiki tüüpolukordi ja nüansse arvesse võttes. Metoodika kohandamisel lähtuti nii Ameerika Ühendriikide ja Eesti eripäradest liikluskoosseisus (nt sõidukiklassid, autode ning sõiduradade ja kindlustatud teepeenarde laiused), regioonide erisustest (nt Eestis tasane pinnamood nende maanteede asukohas, millele metoodika kohaldub) kui ka kohustuslikest teisendustest SI-süsteemi. Arvutuskeemi kohandamisel võeti arvesse ka 2023. aasta maanteede projekteerimismõnõde eelnõus tee paigutusega seotud põhiparameetrite kohta sätestatud. Metoodikat lihtsustati võimalusel ning säilitati seejuures valemite algne kuju.

Empiirilise tõttu polnud asjakohane metoodikat Eesti oludesse ilma lihtsustamata üle kanda. Seejuures jälgiti, et tehtud lihtsustused ei avaldaks tulemustele olulist mõju. Mõnevõrra problemaatiliseks osutusid 2+1 teeosa arvutusvalemid, mida seniste teadmiste põhjal täiendati, kuid mis nõuavad pikema perioodi vältel kasutamist ja arendamist. Kohandatud metoodika on kooskõlas HCMs toodud arvutusnäidetega ning näidislõikude uurimisel saadi reaalse olukordadega võrreldavad tulemused. Tuleb välja tuua, et sõltuvus Ameerika Ühendriikidele loodud metoodika nüanssidest säilib ning täielik kohandamine oleks võimalik vaid metoodika loomisel kasutatud empiiriliste seoste täielikul analüüsil - HCM üksikasjalikke juhiseid ei sisalda. Põhilised seosed on universaalsed, mistõttu on arvutuskeem asjakohane ka Eesti kahe rajalistele maanteedele ning võib eeldada, et lõputöö eesmärgid said täidetud. Magistritöös kohandatud kahe rajaliste maanteede (mootor)sõidukite metoodika sobib nii teenindustaseme puudujääkidega teelõikude määratlemiseks (ristlõigete muutmise vajaduse või selle puudumise hindamine) kui ka maanteede projekteerimiseks sobiva ristlõike valikuks. Kergliikleja teenindustaseme metoodikat on asjakohane rakendada olemasoleva ristlõike hindamiseks kui ka ristlõike projekteerimisel kindlustatud teepeenra dimensioneerimiseks.

Metoodika edasiarendamiseks tuleb uurida 2+1 ristlõikega (jt lisarajaga) teelõikudel kiiremal ja aeglasemal rajal raskeliikluse (VAAB+AR) suhtelist jaotust, et määrata Eesti

oludele vastav tegur HV_{PM_FL} . Teguriga HV_{PM_FL} määratakse raskeliikluse suhtelisest jaotusest liiklussagedused lisarajaga lõigu erinevatel radadel, millest omakorda keskmised kiirused (üldmõistena), pakis sõitvate autode osatähtsused ja lõpuks paki tihedus. HCM pakub nimetatud teguri väärtuseks 0,4 (40% kiiremal rajal, 60% aeglasemal rajal), kuid kohandatud meetodikas soovitatakse väärtust 0,2, mis on pigem oletuslik. Magistritöös analüüsiti Maa-ameti geoportaali ja Google Maps ortofotosid, kuid tegurit HV_{PM_FL} ei õnnestunud nende põhjal määrata. Tuleb välja tuua, et ülelendude kellaegade valikul lähtutakse kindlatest kriteeriumitest, mistõttu ei kajasta ortofotod reeglina sobivat teavet liiklusvoogudest.

Magistritöö näiteolukordade arvutamisel sooviti kasutada ka riigitee nr 92 Tartu - Viljandi - Kilingi-Nõmme Märja PLP ning Tallinn-Harku aeroloogiajaama lähedal riigiteel nr 8 Tallinn-Paldiski asuva PLP andmeid. Magistritöö käigus selgus, et mõlema PLP asukohas on linna mõju, mistõttu oleksid uuritavad HCMi pt 18 „*Urban Street Segments*” või muu HCMi „*Interrupted flow*” meetodikaga. Alternatiivsed lõputöö teemad oleksid kahel järgmisel juhul:

1. Uurida käesolevas magistritöös kohandatud meetodikaga perioodi, mil antud asukohad Paldiski maanteel ja Märjal olid vaadeldavad (kaherajaliste) maanteelõikudena ning HCMi pt 18 või muu HCMi „*Interrupted flow*” meetodikaga tänast linna mõjuga olukorda. Arvestada saaks ka liikluse kasvu mõju - eeldusel, et meetodikatega saab omavahel võrreldavaid tulemusi (meetodikate võrdlus);
2. Uurida linna mõju muutumist antud PLPde asukohtades HCMi pt 18 või muu HCMi „*Interrupted flow*” meetodikaga igal aastal, mille lõpptulemuseks oleks nii aegrida kui prognoos.

HCMi meetodika kohandamine näitab, et maanteedel sagedasti esinevate probleemolukordade korral on otstarbekas luua praktiline töövahend, hindamaks üksikute maanteelõikude või -osade teenindustaset. Selgub, et piisavate uuringutega saab leida palju erinevaid seoseid, et need integreerida ühtse mudelisse, aitamaks süsteemseid otsuseid langetada. Seni on Eestis sageli kasutatatud välismaal tehtud teadusuuringuid, mille negatiivne pool on kohandamisel tekkivad vastuolud, aga ka erinevate regioonide nüansid, mis ei pruugi sobituda kohandatavasse keskkonda. Lisaks tehakse otsuseid sageli ka tegelikku olukorda tundmata - maanteede ristlõike valiku aluseks on peamiselt vaid AKÖL. Kuigi antud magistritöös kohandatud meetodika vajab veel kalibreerimist, on selge, et Eestis tuleks hakata looma iga aasta hangitavatest andmetest piirkonna eripäradega arvestavaid arvutusmudeleid praktiliste probleemide lahendamisteks.

SUMMARY

The purpose of this Master's thesis was to apply 2022 Highway Capacity Manual's (HCM) calculation for the levels of service (two-lane highway Level of Service and Bicycle Level of Service) to the conditions in Estonia and check the methodology using traffic data from fixed traffic volume counters (PLP). Additionally, the secondary objective was to create data conversion tables (Excel) that could be practically used to apply this methodology.

This work modified methodology and created example calculations using PLP data for 5 national transit highways. Following the original methodology this work also looks at 3 types of cross sections adding the difficulty of including all possible nuances from all situations. For applying this methodology a careful consideration of all differences between the traffic of the United States of America and Estonia (e.g. vehicle classes, shoulder and lane widths) as well as unit conversion into SI-system were taken into account. Also the calculations were done with consideration for pending 2023 reform for new highway design requirements. Methodology was simplified where possible while staying true to the original formulas.

For empirical reasons it was chosen to simplify the methodology to be used in Estonia's conditions. Meanwhile keeping in mind to check that there would be no loss of meaning from simplification. More problematic were 2+1 facility calculations that were modified but would need further additional development. Modified Level of Service (LOS) methodology is working according to HCM examples and real world data. However, there are still differences from the American system and further empirical analysis and development needs to be done. Major connections are universal and thus calculations on two-lane highways can be counted as correct thus the set proposals for this Master's thesis are completed. In this work modified two-lane highway methodology works both determining the issues of levels of service (changes in cross section need can be determined) and for highway cross section planning. Bicycle Level of Service (BLOS) methodology is most applicable for existing cross section evaluation and for shoulder width determination.

In this Master's thesis the PLP data from „riigitee nr 92 Tartu - Viljandi - Kilingi-Nõmme“ (Märja PLP) and „riigitee nr 8 Tallinn-Paldiski“ (PLP near the meteorological station of Tallinn-Harku) had urban influence on traffic and therefore were not used. Both locations could be analysed using HCM chapter 18 „*Urban Street Segments*“ or other „*Interrupted flow*“ methodology. Alternative thesis topics for them could be:

1. Investigate traffic using this Master's thesis LOS methodology the time when the road at Paldiski highway and at Märja were observed as two-lane highway segments and use HCM chapter 18 or other „*Interrupted flow*“ methodology to compare that to the current situation with growing city;
2. Investigate city's influence on these PLP locations with HCM chapter 18 or other „*Interrupted flow*“ methodology each year to create prognosis or sorted dataset.

HCM methodology shows that there is a growing need for more practical tools to monitor road segments for their levels of service. It turns out that with enough investigation there can be many new connections that can be integrated into models that help us to make systematic decisions. Thus far Estonia has used foreign evaluations and scientific investigations that have negative effects due to regional differences when applying the proposals. Moreover, often the decisions are made without proper understanding of the situation and only using annual average daily traffic (AKÖL). Although, the methodology proposed in this thesis needs calibration, it is time for Estonia to start looking into creating their own models to find solutions to practical problems.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Transportation Research Board, *Highway capacity manual 2010*, Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, 2010.
- [2] Transportation Research Board, *Highway capacity manual: A guide for multimodal mobility analysis. 7th edition*, Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, 2022.
- [3] National Research Council (U.S.), Highway Research Board, Committee on Highway Capacity, *Highway Capacity Manual 1950*, Washington, DC: U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, 1950.
- [4] National Research Council (U.S.), Highway Research Board, Committee on Highway Capacity, *Highway Capacity Manual 1965*, Washington, DC: Highway Research Board of the Division of Engineering and Industrial Research, National Academy of Sciences, National Research Council, 1965.
- [5] Transportation Research Board, National Research Council, *Highway Capacity Manual 1985*, Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, 1985.
- [6] Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual 2000*, Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, 2000.
- [7] Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual 2016*, Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, 2016.
- [8] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, *Tee projekteerimise normid, määruse eelnõu*, 2023. [Kasutatud 29.04.2023].
- [9] Transpordiamet, „2018. aasta loendusaruanne. Lisad 5–7 - liiklussagedus riigimaanteedel,” 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/4357/download>. [Kasutatud 18.06.2023].
- [10] Transpordiamet, „Liiklussageduse 2021. aasta aruanne,” 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/7840/download>. [Kasutatud 18.06.2023].
- [11] L. Kaal, T. Metsvahi ja A. Kendra, „LIIKLUSUURINGU JUHENDI JA BAASPROGNOOSI KOOSTAMINE, Uurimistöö,” 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/3125/download>. [Kasutatud 28.06.2023].
- [12] Transpordiamet, „Riigiteede nimekiri 01.01.2023,” 01 01 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/media/17266/download>. [Kasutatud 05.07.2023].

- [13] Riigi Teataja I, „Liiklusseadus, 2. peatükk (LIIKLUSREEGLID), 5. jagu (Juhi liiklusreeglid),“ 17 03 2011. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/117032011021>. [Kasutatud 25.05.2023].
- [14] K. Aardam, „RISTMIKE VAHEKAUGUSTE JA NÄHTAVUSALADE MÄÄRAMINE,“ 11.03.2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/media/7843/download>. [Kasutatud 11.06.2023].
- [15] T. Jairus, S. Metlitski, A. Teder ja M. Linnamägi, „Liiklusloenduse tulemused 2020. aastal,“ 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/4328/download>. [Kasutatud 15.04.2023].
- [16] T. Metsvahi, *Juhised tee-elementide läbilaskvuse arvutamiseks, käsikiri.*, Tallinn, 2020. [Kasutatud 15.05.2023].
- [17] A. T. Moreno, S. Washburn, C. Llorca ja J. E. Bessa Jr, „Operational Considerations of Passing Zones for Two-lane Highways: Spanish Case Study,“ *Promet-Traffic & Transportation 30 (5)*, 11.2018. [Kasutatud 15.05.2023].
- [18] B. Schroeder, B. Aghdashi ja T. Creasey, „TRB Webinar: What’s New in the HCM7 and Why It Matters,“ National Academies, Transportation Research Board, 07.06.2022. [Kasutatud 15.05.2023].

LISAD

Lisa 1. HCM 2022 uuritavale teelõigule valitava pikkuse tabel sõltuvalt püstpaigutuse klassist ja uuritavast teelõigu tüübist [2].

VC	Teelõikude jaotus ning pikkuste vahemikud (mi)					
	PC		PZ		PL	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	0,25	3,00	0,25	2,00	0,50	3,00
2	0,25	3,00	0,25	2,00	0,50	3,00
3	0,25	1,10	0,25	1,10	0,50	1,10
4	0,50	3,00	0,50	2,00	0,50	3,00
5	0,50	3,00	0,50	2,00	0,50	3,00

Lisa 2. HCM 2022 uuritavale teelõigule valitava plaanilise paigutuse klassi tabel sõltuvalt plaanikõveriku raadiusest ja viraažikaldest [2].

Raadius (ft)	Viraažikalde (%)										
	< 1	≥ 1 < 2	≥ 2 < 3	≥ 3 < 4	≥ 4 < 5	≥ 5 < 6	≥ 6 < 7	≥ 7 < 8	≥ 8 < 9	≥ 9 < 10	≥ 10
< 300	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
300 - 449	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
450 - 599	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600 - 749	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
750 - 899	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
900 - 1049	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
1050 - 1199	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
1200 - 1349	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1350 - 1499	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
1500 - 1649	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-
1650 - 1799	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
1800 - 1949	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
1950 - 2099	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
2100 - 2249	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
2250 - 2399	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2400 - 2549	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
≥ 2550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

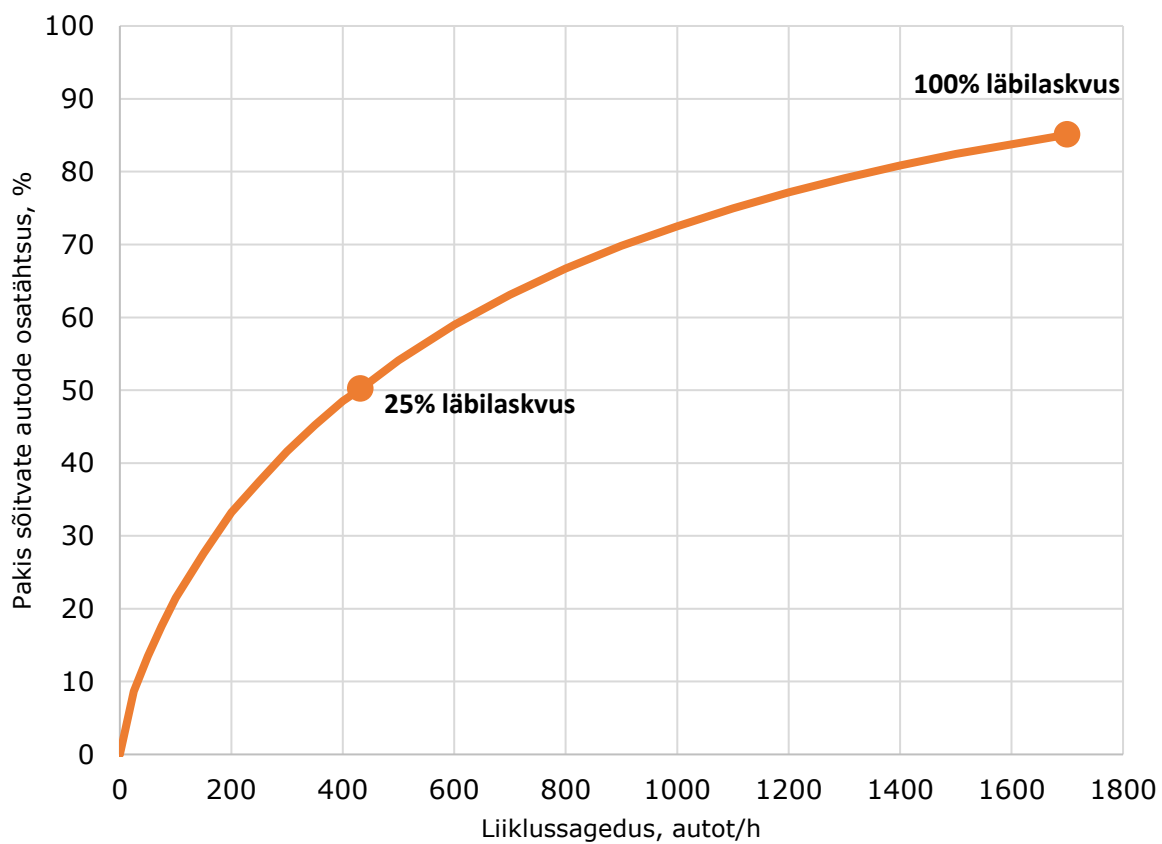
Lisa 3. HCM 2022 uuritavale teelõigule valitava püstpaigutuse klassi tabel sõltuvalt lõigu pikkusest ja püstkaldest [2].

Teelõigu pikkus (mi)	Teelõigu püstkalle (%)									
	≤ 1	> 1 ≤ 2	> 2 ≤ 3	> 3 ≤ 4	> 4 ≤ 5	> 5 ≤ 6	> 6 ≤ 7	> 7 ≤ 8	> 8 ≤ 9	> 9
≤ 0,1	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	2 (2)
> 0,1 ≤ 0,2	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	3 (3)
> 0,2 ≤ 0,3	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	4 (3)	4 (4)	5 (5)
> 0,3 ≤ 0,4	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (4)	5 (5)	5 (5)
> 0,4 ≤ 0,5	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (3)	5 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
> 0,5 ≤ 0,6	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
> 0,6 ≤ 0,7	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (2)	4 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
> 0,7 ≤ 0,8	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (3)	4 (4)	5 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
> 0,8 ≤ 0,9	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
> 0,9 ≤ 1,0	1 (1)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
> 1,0 ≤ 1,1	1 (1)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)
> 1,1	1 (1)	1 (1)	2 (2)	4 (4)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)

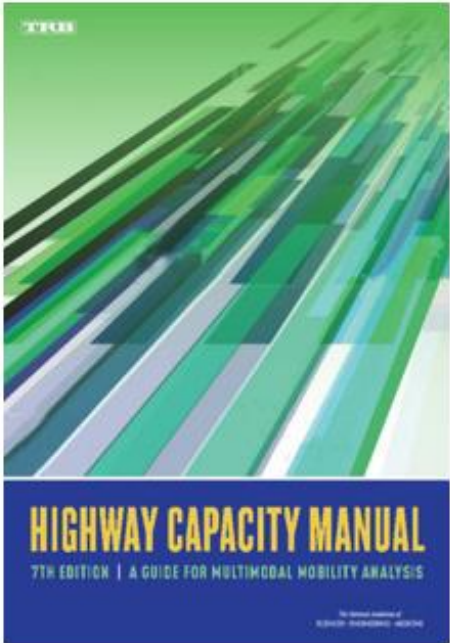

Lisa 4. HCM 2022 teenindustaseme LOS määramine [2].

<u>Paki tihedus raja kohta (autot pakis/mi) suurima lubatud sõidukiiruse (mi/h) alusel</u>		
LOS	≥ 50 mi/h	< 50 mi/h
A	≤ 2,0	≤ 2,5
B	> 2,0 - 4,0	> 2,5 - 5,0
C	> 4,0 - 8,0	> 5,0 - 10,0
D	> 8,0 - 12,0	> 10,0 - 15,0
E	> 12,0	> 15,0
F	d/c > 1,00	

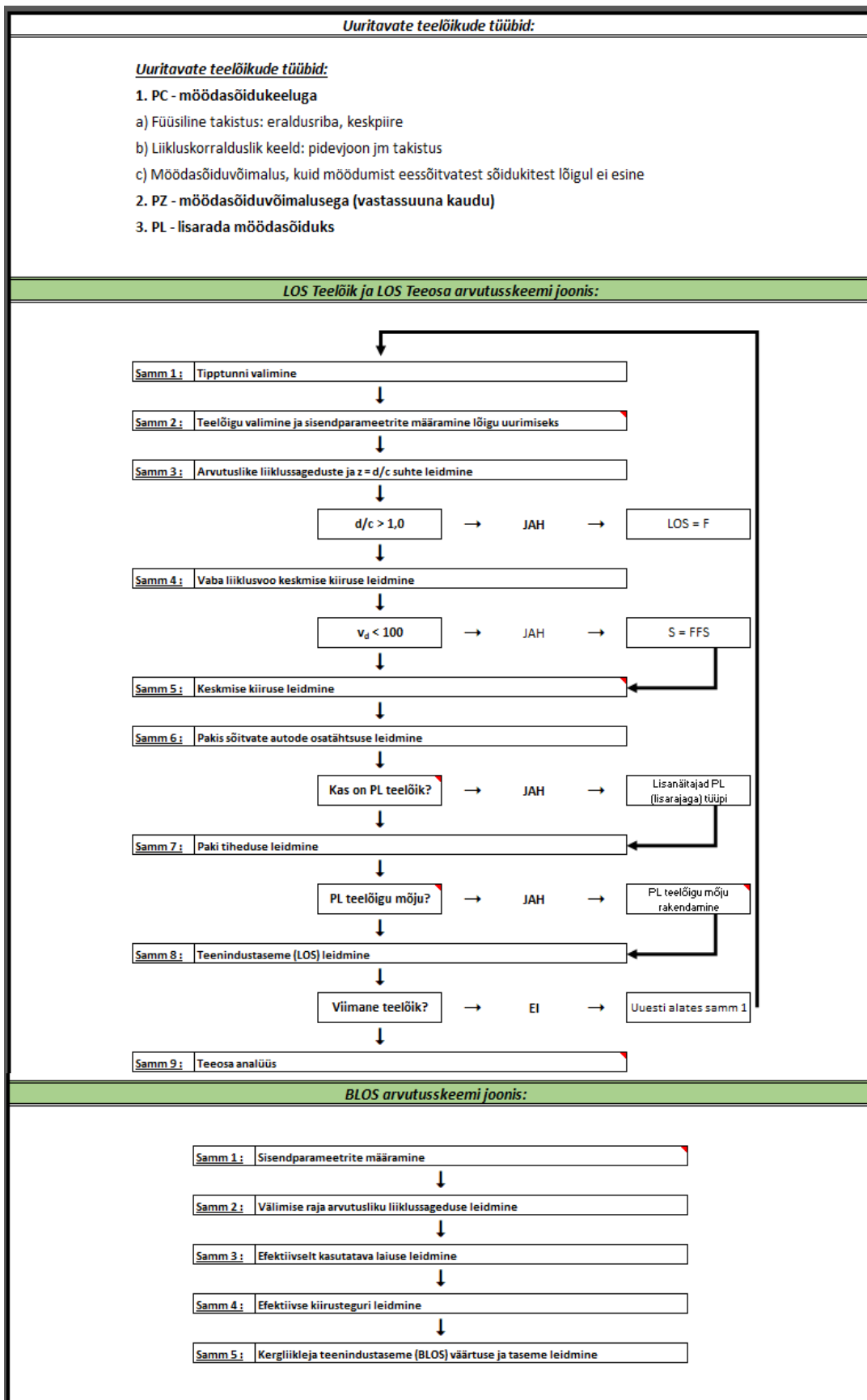
Lisa 5. Tegurite m ja p määramiseks vajalike punktide (uuritava teelõigu läbilaskvuse ja 25% läbilaskvuse) graafilise määramise näide [2].



Lisa 6. Väljavõte Exceli programmi vahelehest „Tiitelleht“.

1+1 ja 2+1 -RAJALISTE MAANTEEDE TEENINDUSTASEMETE HINDAMINE Allikas: Highway Capacity Manual 2022 ("Uninterrupted flow" meetoodika) <u>Tiitelleht</u>	
	
Loodud Tallinna Tehnikaülikooli teedeehituse ja geodeesia õppesuuna magistritöö raames.	
Autor:	Jan-Daniel Peterson
Juhendajad:	Tiit Metsvahi (Tallinna Tehnikaülikool)
	Taavi Agasiid (Reaalprojekt OÜ)
TALLINN 2023	
Kasutamine:	
 - sisestatavad lahtrid	
NB! Enne programmi kasutamist tutvuda magistritöö kirjaliku osaga, milles esitatakse meetoodika tähised, põhimõtted, arvutusvalemid, juhtnõõrid programmi kasutamiseks ning näitearvutused.	
Jälgida lahtritele lisatud selgitavaid kommentaare!	
Tagasiside ning täiendavad ettepanekud programmile on oodatud!	

Lisa 7. Väljavõte Exceli programmi vahelehest „Arvutuskeemid“.



Lisa 8. Väljavõtted Exceli programmi vahelehest „LOS Teelõik“.

1. Näide PC tüüpi teelõigule teenindustaseme leidmisest:

TEELÕIGU TEENINDUSTASEME ARVUTUS

Tiip tunni valimine:

Kas soovin tabelit printida? Ei

Tiip tund j	V _{4,j}	V _{ostatus,j}	V _{22,j}	V _{12,ostatus,j}	VAAB+AR _{4,j}	VAAB+AR _{22,j}	V _{4,j}	HV% _{4,j}	HV% _{22,j}	TTT _{PC,ostatus,j}	TTT _{PL,j}	% _{4,j}	% _{22,j}
28	530	770	149	214	20	38	240	5	4	0.889	0.900	69	31
29	526	969	149	272	20	39	443	4	4	0.883	0.891	54	46
30	526	793	163	217	22	43	267	5	4	0.807	0.914	66	34
31	525	927	146	255	32	72	402	8	6	0.899	0.909	57	43
32	524	892	138	231	28	46	368	5	5	0.949	0.965	59	41
33	522	873	147	231	16	39	351	4	3	0.888	0.945	60	40
34	517	755	154	219	45	81	238	11	9	0.839	0.862	68	32
35	510	879	143	226	38	64	369	7	7	0.892	0.972	58	42
36	509	994	134	285	16	37	485	4	3	0.950	0.872	51	49
37	508	883	143	229	24	49	375	6	5	0.888	0.964	58	42
38	507	876	140	242	23	41	369	5	5	0.905	0.905	58	42

←-----
Vastassuund
←-----
----->>>>
Uuritav suund
----->>>>

Arvutusliku tiip tunni valimine

Arvutustes kasutatakse järgmist tiip tundi:

Liiklussagedus uuritavas suunas:	V ₄ =	530	autot/h
VAAB + AR osatähtsus arvutuslikust tiip tunnist:	HV% =	4	%
Tiip tunnitegur PC ja PL lõigul:	TTT =	0.889	-
Tiip tunnitegur PZ lõigule:	TTT =	0.900	-
Liiklussagedus vastassuunas:	V ₂₂ =	201	autot/h

Teelõigu valik ja sisendparameetrite määramine:

Uuritavate teelõikude tüübid:

Uuritavate teelõikude tüübid:

1. PC - moodsõidukeeluga
 - a) Füüsiline takistus: eraldusriba, keskiire
 - b) Liikluskorralduslik keeld: pidevjoon jm takistus
 - c) Moodsõiduvõimalus, kuid moodumist eesõitvatel sõidukitel lõigul ei esine
2. PZ - moodsõiduvõimalusega (vastassuuna kaudu)
3. PL - lisarada moodsõiduks

Väli uuritava teelõigu tüüp:

Tiip tunnitegur: TTT = -

Raskeliikluse taandamine PC ja PZ teelõikudel (vajadusel):

NB! Antud arvutus teha enne teelõigu uurimist, kui HV% > 10 % ja 5% < HV% ≤ 10 %.

Sõiduaudodeks taandamist kasutada 5% < HV% ≤ 10 % korral, kuid võrrelda taandamisel saadud tulemusi meetoodika vaalmites HV% kasutamiseks. Alla 5% korral taandamine pole vajalik, kuna on ebatõenäoline, et pakis on rohkem kui 1 veok.

Raskeliikluse taandamisel arvestatakse teelõigu sisendparameetrites HV% = 0 ning uuritava liiklussagedusega V₄ saadakse paki tihedus uuritava suuna sõiduraja kohta ühikus sõiduaudit pakis/km.

Kas kasutatakse raskeliikluse taandamist? Ei

Aigne liiklussagedus uuritavas suunas:	V _{4,ostatus} =	530	autot/h
Tiip tunnitegur:	TTT =	0.889	-
VAAB + AR osatähtsus arvutuslikust tiip tunnist:	HV% =	4	%
Raskeliikluse mõju arvestav tegur:	f _{rel} =	0.962	-
Sõiduaudodeks taandatud liiklussagedus uuritavas suunas:	V _{4,taandus} =	620	sõiduaudit/h

Tabelid sisendparameetrite leidmiseks:

Tabel 1.1 Teelõigu pikkus sõltuvalt uuritava teelõigu tüübist.

Tüüp	Teelõigu pikkus (km)
PC	0,25 ... 3,50
PZ	0,50 ... 5,00
PL	1,25 ... 4,00

Tabel 1.2 Pliinilise paigutuse klassi (HC - Horizontal Class) määramine kõverusraaduse (m) ja viraaõikalde (%) kaudu.

Raadius (m)	Viraaõikalde (%)					
	<1	≥1 <2	≥2 <3	≥3 <4	≥4 <5	≥5 <6
< 100	5	5	5	5	5	5
100 - 149	4	4	4	4	4	4
150 - 199	4	3	3	3	3	3
200 - 249	3	3	3	3	3	2
250 - 299	2	2	2	2	2	2
300 - 349	2	2	2	2	1	1
350 - 399	2	2	1	1	1	1
≥400	1	1	1	1	1	1

Väli uuritava teelõigu pliinilise paigutuse klass: HC =

94

Tabell 1.3 Teeõlgu püstpaigutuse klassi (VC - Vertical Class) määramine teeõlgu pikkuse (km) ja püstkalde (%) kaudu.

Teeõlgu tüüp	Teeõlgu püstkalde (%)				
	≤2	>2 ≤3	>3 ≤4	>4 ≤5	>5
PC, PZ, PL	1	2	3	4	5

Vaali uuritava teeõlgu püstpaigutuse klass: VC = 1

Möödasõiduraja mõjuala pikkus (vajalik ainult PC ja PZ teeõlgedele):

NB! Kui enne uuritavat PC või PZ teeõlku on PL tüüpi teeõlik (vaheltult eelnev või paikneb lähedal), tuleb esmalt leida möödasõiduraja mõjuala pikkus. Lisaraja mõju arvutused alajaotises "Lisaraja (PL) teeõlgu mõju" tehakse vaid juhul, kui uuritav PC või PZ teeõlik jääb möödasõiduraja mõjuala pikkuse vahemikku.

Kas arvutused tehakse PC või PZ teeõlgu, mis on peale PL õlgu? EI

PL tüüpi lõigust eelmise teeõlgu arvutuslik liiklussagedus:	$V_{e,PL,0}$ =	904	autot/h
PL tüüpi lõigust eelmise teeõlgu pakis sõitvate autode osatähtsus:	$PF_{PL,0}$ =	70	%
PL tüüpi lõigust eelmise teeõlgu keskmine kiirus (üldmõistena):	$S_{PL,0}$ =	94.7	km/h
PL tüüpi lõigust eelmise teeõlgu paki tihedus:	$FD_{PL,0}$ =	6.7	autot pakis/k
Lisaraja pikkus:	L_{L1} =	1.3	km

Mõjuala pikkus 1: ($I_{M1} = 0$)

Möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku:	$L_{L1, kokk}$ =	18.1	km
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I_{M1} =	0.0	%

Mõjuala pikkus 2: ($FD_{M2} = FD_{M1,0}$)

Arvutusega nõutav paki tihedus:	$FD_{M2,0}$ =	6.37	autot pakis/k
Möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku:	$L_{L1, kokk}$ =	10.6	km
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I_{M2} =	4.7	%
Keskmise kiiruse paranemine lisaraja mõjuga:	I_{L1} =	0.0	%
Paki tihedus lisaraja mõjuga:	FD_{M2} =	6.37	autot pakis/k

Tegelik mõjuala pikkus (väiksem väärtus)

Arvutustes kasutatav (tegelik) mõjuala pikkus:	$L_{L1, kokk}$ =	10.6	km
------------------------------------------------	------------------	------	----

Metoodika kohandamiseks kasutatud teisedused:

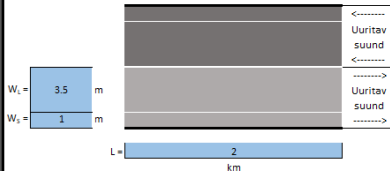
Kasutatav ühikute	ft =	0.305	m
	mi =	1.61	km

Sisendparameetrid teeõlgu uurimiseks:

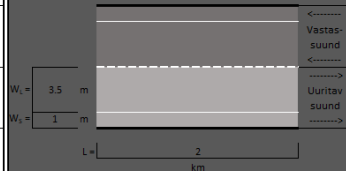
Sisendparameetrid teeõlgu uurimiseks:

Nimetus	Tähis	Väärtus	Ühik
Suurim lubatud sõidukiirus teeõlgu:	S_{pl} =	100	km/h
Sound/ristmike (otsesõikes juurdepääsupunktide) arv kogu lõigul:		0	tk
Ristmike (otsesõikes juurdepääsupunktide) tihedus:	APD =	0	tk/km
Teoreetiline tee läbilaskvus:	cap =	3700	autot/h
Liiklussagedus uuritavas suunas:	V_u =	530	autot/h
VABA + AR osatähtsus arvutuslikust tiptunnist:	HVS% =	4	%
Tiipnunnitegur:	TTT =	0.889	-

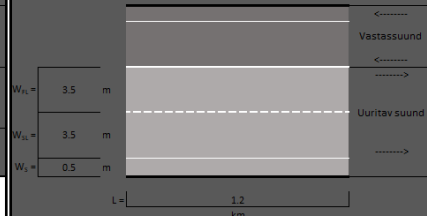
PC - möödasõidukeeluga teeõlgu arvutus



PZ - möödasõiduvõimalusega (vastassuuna kaudu) teeõlgu arvutus



PL - möödasõiduks lisarajaga teeõlgu arvutus (st üks lisarajaga osa)



Arvutuslike liiklussageduste ja z = d/c suhte leidmine:

Liiklussagedus vastassuunas:	V_{s1} =	0	autot/h
Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	V_{u1} =	596	autot/h
Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	V_{s2} =	1500	autot/h
Läbilaskvuse kasutustase:	$z = d/c =$	0.35	-
Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus läheb edasi.		

Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine:

Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS =	114	km/h
Tegur a:	a =	0.033	-
Tee ristlõiget arvestav tegur:	f_{L1} =	0.4	km/h
Ristmike tihedust arvestav tegur:	f_{L2} =	0.0	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS =	113	km/h

Keskmise kiiruse leidmine:

Tegur m:	m =	4.391	-
Tegur p:	p =	0.417	-
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S =	108.2	km/h

Plaanilise paigutuse arvestamine:

Kas antud teeõlik on plaanikõverikuga?	EI	-	
Teeõlgu plaanilise paigutuse klass:	HC =	1	
Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel lõigul:	BFFS _{sc} =	114	km/h
Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{sc} =	103	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{sc} =	103	km/h
Tegur m:	m =	2.178	
Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{sc} =	100.2	km/h

"LOS Teosa" lehel leitud keskmine kiirus:

Eraldi leitud keskiste kiiruste arvestamine?	EI	-	
Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S =	97.3	km/h

Arvutuslike liiklussageduste ja z = d/c suhte leidmine:

Selle tüübi korral vastassuunda ei arvestata.			
Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	V_{u1} =	596	autot/h
Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	V_{s1} =	0	autot/h
Läbilaskvuse kasutustase:	$z = d/c =$	0.35	-
Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus läheb edasi.		

Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine:

Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS =	114	km/h
Tegur a:	a =	0.0333	-
Tee ristlõiget arvestav tegur:	f_{L1} =	0.7	km/h
Juurdepääsupunktide tiheduse tegur:	f_{L2} =	0.0	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS =	113	km/h

Keskmise kiiruse leidmine:

Tegur m:	m =	3.95	-
Tegur p:	p =	0.68	-
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S =	109.1	km/h

HORIZONTAL CLASS osa:

Kas antud teeõlik on plaanikõverikuga?	EI	-	
Teeõlgu plaanilise paigutuse klass:	HC =	1	
Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel:	BFFS _{sc} =	114	km/h
Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{sc} =	103	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{sc} =	103	km/h
Tegur m:	m =	2.178	
Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{sc} =	100.2	km/h

"LOS Teosa" lehel leitud keskmine kiirus:

Eraldi leitud keskiste kiiruste arvestamine?	EI	-	
Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S =	97.3	km/h

Pakis sõitvate osatähtsuse leidmine:		Pakis sõitvate autode osatähtsuse leidmine:	
Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{TCOP} = 84 %	Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{TCOP} = 2086 %
Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{TCOP} = 46 %	Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{TCOP} = 3299 %
Tegur m:	m = -1.193 -	Tegur m:	m = #NUM!
Tegur p:	p = 0.785 -	Tegur p:	p = #NUM!
Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 55 %	Pakis sõitvate autode osatähtsus lisarajata teelõigul:	PF = #NUM!
Paki tiheduse leidmine:		Lisanäitajad PL tüüpi teelõigule:	
Paki tihedus teelõigul:	FD = 3.0 autot pakis/km	VAAB+AR hulk arvutuslikust liiklussagedusest:	HV = 24 autot/h
Lisaraja (PL teelõigu) mõju		Liikluse suhteline jaotus kiiremal rajal:	V _{rel, PL} = 0.59 -
Lisarajaga teelõik (PL tüüp) enne seda teelõiku?	EI -	Arvutuslik liiklussagedus kiiremal rajal:	V _{rel, PL} = 354 autot/h
Möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku:	L _{rel, kogu} = 10.6 km	Arvutuslik liiklussagedus aeglasemal rajal:	V _{rel, PL} = 242 autot/h
Jahema PL lõigu lõpust uuritava lõiguni alguseni:	L _{rel, alg} = 2 km	VAAB+AR suhteline jaotus kiiremal rajal:	HV _{rel, PL} = 0.2 -
Lisaraja pikkus:	L _{rel} = 1.3 km	VAAB+AR osatähtsus kiiremal rajal:	HV _{rel, PL} = 0.8 %
Arvutuses kasutatav mõjuala pikkus:	L _{rel} = 5.3 km	VAAB+AR autode hulk aeglasemal rajal:	HV _{rel, PL} = 21 autot/h
Kas lisaraja mõju tuleb uuritava teelõigule arvestada?	JAH autot/h	VAAB+AR osatähtsus aeglasemal rajal:	HV _{rel, PL} = 9 %
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I _{rel} = 12 %	Esiaine keskmine kiirus kiiremal rajal:	S _{rel, PL} = 110.7 km/h
Keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine:	I _{rel} = 0 %	Esiaine keskmine kiirus aeglasemal rajal:	S _{rel, PL} = 111.1 km/h
Paki tihedus lisaraja mõjuga:	FD _{rel} = 2.7 autot pakis/km	Radade erinevusest keskmist kiirust kohandav tegur:	S _{rel, PL} = 5.21 km/h
Lõplik paki tihedus:		Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel, kogu, PL} = 113.3 km/h
Lõplik paki tihedus:	FD = 3.0 autot pakis/km	Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel, kogu, PL} = 108.5 km/h
Teenindustaseme (LOS) leidmine:		Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel, kogu, PL} = #NUM!
Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C	Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel, kogu, PL} = #NUM!
Kokkuvõte:		Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel, kogu, PL} = #NUM!
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 108.2 km/h	Paki tiheduse leidmine:	
Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 55 %	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	FD = #NUM!
Paki tihedus:	FD = 3.0 autot pakis/km	Teenindustaseme (LOS) leidmine:	
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I _{rel} = - %	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	LOS = C
Keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine:	I _{rel} = - %	Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = #NUM!
Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C	Kokkuvõte:	
Teenindustase teelõigu lõpus:		Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel, kogu, PL} = 113.3 km/h
Teenindustase teelõigu lõpus:		Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel, kogu, PL} = 108.5 km/h
Teenindustase teelõigu lõpus:		Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel, kogu, PL} = #NUM!
Teenindustase teelõigu lõpus:		Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel, kogu, PL} = #NUM!
Teenindustase teelõigu lõpus:		Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel, kogu, PL} = #NUM!
Teenindustase teelõigu lõpus:		Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	FD = #NUM!
Teenindustase teelõigu lõpus:		Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	LOS = C
Teenindustase teelõigu lõpus:		Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = #NUM!

2. Näide PZ tüüpi teelõigule teenindustaseme leidmisest (arvestades raskeliikluse taandamist ning lisarajaga PL tüüpi teelõigu mõju uuritava lõigule) :

TEELÕIGU TEENINDUSTASEME ARVUTUS															
Tippunni valimine:															
Kas soovin tabelit printida?		EI													
Tippund j	V _{rel, j}	V _{rel, kogu, j}	V _{rel, PL, j}	V _{rel, kogu, PL, j}	VAAB+AR _{rel, j}	VAAB+AR _{rel, kogu, j}	V _{rel, j}	HV _{rel, j}	HV _{rel, kogu, j}	TTT _{rel, j, PL, j}	TTT _{rel, j, kogu, j}	% _{rel, j}	% _{rel, kogu, j}	f _{rel, j}	V _{rel, j}
28.	530	770	149	214	20	38	240	5	4	0.889	0.900	69	31	0.962	612
29.	526	969	149	272	20	39	443	4	4	0.883	0.891	54	46	0.962	614
30.	526	793	163	217	22	43	267	5	4	0.807	0.914	66	34	0.962	598
31.	525	927	146	255	32	72	402	8	6	0.899	0.909	57	43	0.943	612
32.	524	892	138	231	28	46	368	5	5	0.949	0.965	59	41	0.952	570
33.	522	873	147	231	16	39	351	4	3	0.888	0.945	60	40	0.971	569
34.	517	755	154	219	45	81	238	11	9	0.839	0.862	68	32	0.917	654
35.	510	879	143	226	38	64	369	7	7	0.892	0.972	58	42	0.935	561
36.	509	994	134	285	16	37	485	4	3	0.950	0.872	51	49	0.971	601
37.	508	883	143	229	24	49	375	6	5	0.888	0.964	58	42	0.952	554
38.	507	876	140	242	23	41	369	5	5	0.905	0.905	58	42	0.952	588
Arvustuses kasutatakse järgmist tippundit: 31															
Liiklussagedus uuritavas suunas:		V _{rel} = 525 autot/h													
VAAB + AR osatähtsus arvutuslikust tippunnist:		HV _{rel} = 6 %													
Tippunnitegur PZ ja PL lõigule:		TTT = 0.899 -													
Tippunnitegur PZ lõigule:		TTT = 0.909 -													
Liiklussagedus vastassuunas:		V _{rel} = 273 autot/h													

←-----
Vastassuund
----->>>
Uuritav suund
----->>>

Teelõigu valik ja sisendparameetrite määramine:

Uuritavate teelõikude tüübid:

Uuritavate teelõikude tüübid:

1. PC - möödasõidu keeluga
 - a) Füüsiline takistus: eraldusriba, keskpierre
 - b) Liikluskorralduslik keeld: pidevjoon jm takistus
 - c) Möödasõiduvõimalus, kuid möödumist eesõitvatel sõidukitel lõigul ei esine
2. PZ - möödasõiduvõimalusega (vastassuuna kaudu)
3. PL - lisarada möödasõiduks

Vali uuritava teelõigu tüüp:

Tipptunnitegur: TTT = 0.909 -

Raskeliikluse taandamine PC ja PZ teelõikudel (vajadusel):

NB! Antud arvutus teha enne teelõigu uurimist, kui HV% > 10 % ja 5% < HV% ≤ 10 %.

Sõiduautodeks taandamist kasutada 5% < HV% ≤ 10 % korral, kuid võrreldada taandamisel saadud tulemusi meetodika valemite HV% kasutamiseks. Alla 5% korral taandamine pole vajalik, kuna on ebatõenäoline, et pakis on rohkem kui 1 veok.

Raskeliikluse taandamisel arvestatakse teelõigu sisendparameetrites HV% = 0 ning uuritava liikluskogusega V_d saadakse paki tihedus uuritava suuna sõiduraja kohta ühikus sõiduautot pakis/km.

Kas kasutatakse raskeliikluse taandamist?	JAH	
Aigne liikluskogus uuritavas suunas:	$V_{d, \text{alg}}$ =	525 autot/h
Tipptunnitegur:	TTT =	0.909 -
VAAAB + AR osatähtsuse arvutuslikust tipptunnist:	HV% =	6 %
Raskeliikluse mõju arvestav tegur:	f_{rli} =	0.943 -
Sõiduautodeks taandatud liikluskogus uuritavas suunas:	$V_{d, \text{taand}}$ =	612 sõiduautot/h

Tabelid sisendparameetrite leidmiseks:

Tabel 1.1 Teelõigu pikkus sõltuvalt uuritava teelõigu tüübist.

Tüüp	Teelõigu pikkus (km)
PC	0,25 ... 3,50
PZ	0,50 ... 5,00
PL	1,25 ... 4,00

Tabel 1.2 Pliinilise paigutuse klassi (HC - Horizontal Class) määramine kõverusraadiuse (m) ja viraazikalde (%) kaudu.

Raadius (m)	Viraazikalde (%)					
	<1	≥1 <2	≥2 <3	≥3 <4	≥4 <5	≥5 <6
< 100	5	5	5	5	5	5
100 - 149	4	4	4	4	4	4
150 - 199	4	3	3	3	3	3
200 - 249	3	3	3	3	3	2
250 - 299	2	2	2	2	2	2
300 - 349	2	2	2	2	1	1
350 - 399	2	2	1	1	1	1
≥400	1	1	1	1	1	1

Vali uuritava teelõigu pliinilise paigutuse klass: HC = 1

Tabel 1.3 Teelõigu püstpaigutuse klassi (VC - Vertical Class) määramine teelõigu pikkuse (km) ja püstkalde (%) kaudu.

Teelõigu tüüp	Teelõigu püstkalde (%)				
PC, PZ, PL	≤2	>2 ≤3	>3 ≤4	>4 ≤5	>5
	1	2	3	4	5

Vali uuritava teelõigu püstpaigutuse klass: VC = 1

Möödasõiduraja mõjuala pikkus (vajalik ainult PC ja PZ teelõikudele):

NB! Kui enne uuritavat PC või PZ teelõiku on PL tüüpi teelõik (vahelult eelnev või paikneb lähedal), tuleb esmalt leida möödasõiduraja mõjuala pikkus. Lisaraja mõju arvutused alajaotises "Lisaraja (PL) teelõigu mõju" tehakse vaid juhul, kui uuritav PC või PZ teelõik jääb möödasõiduraja mõjuala pikkuse vahemikku.

Kas arvutused tehakse PC või PZ teelõigule, mis on peale PL lõiku?	JAH	
PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu arvutuslik liikluskogus:	$V_{d, \text{PL, eel}}$ =	904 autot/h
PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu pakis sõitvate autode osatähtsus:	$PF_{\text{PL, eel}}$ =	70 %
PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu keskmine kiirus (üldmõistena):	$S_{\text{PL, eel}}$ =	94.7 km/h
PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu paki tihedus:	$FD_{\text{PL, eel}}$ =	6.7 autot pakis/km
Lisaraja pikkus:	L_{AR} =	1.3 km
Mõjuala pikkus 1: ($L_{\text{M1}} = 0$)		
Möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku:	$L_{\text{M1, kokk}}$ =	18.1 km
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I_{M1} =	0.0 %
Mõjuala pikkus 2: ($FD_{\text{M2}} = FD_{\text{M1, kokk}}$)		
Arvutusega nõutav paki tihedus:	$FD_{\text{M2, arv}}$ =	6.37 autot pakis/km
Möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku:	$L_{\text{M2, kokk}}$ =	10.6 km
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I_{M2} =	4.7 %
Keskmise kiiruse paranemine lisaraja mõjuga:	I_1 =	0.0 %
Paki tihedus lisaraja mõjuga:	FD_{M2} =	6.37 autot pakis/km
Tegelikk mõjuala pikkus: (väiksem väärtus)		
Arvutustes kasutatav (tegelikk) mõjuala pikkus:	$L_{\text{M, kokk}}$ =	10.6 km

Metoodika kohandamiseks kasutatud teisendused:

Kasutatav ühikute	ft =	0.305 m
	mi =	1.61 km

Sisendparameetrid teelõigu uurimiseks:

Nimetus	Tähis	Väärtus	Ühik
Suurim lubatud sõidukiirus teelõigul:	S_{pl}	90	km/h
(Suund)istmike (osetõikes juurdepääsupunktide) arv kogu lõigul:		0	tk
Ristmike (osetõikes juurdepääsupunktide) tihedus:	APD	0	tk/km
Teoreetiline tee läbilaskvus:	cap	1700	autot/h
Liikluskogus uuritavas suunas:	V_d	612	autot/h
VAAAB + AR osatähtsuse arvutuslikust tipptunnist:	HV%	-	%
Tipptunnitegur:	TTT	0.909	-

PC - moodsõidukeeluga teelõigu arvutus	PZ - moodsõiduvõimalusega (vastassuuna kaudu) teelõigu arvutus	PL - moodsõiduks lisarajaga teelõigu arvutus (st üks lisarajaga osa)																																																				
Arvutuslike liiklussageduste ja z = d/c suhte leidmine:		Arvutuslike liiklussageduste ja z = d/c suhte leidmine:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Liiklussagedus vastassuunas:</td><td>V_s = 273</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:</td><td>V_u = 673</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:</td><td>V_s = 300</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>Läbilaskvuse kasutustase:</td><td>z = d/c = 0.40</td><td>-</td></tr> <tr><td>Hinnang metoodika rakendatavusele:</td><td colspan="2">Arvutus läheb edasi.</td></tr> </table>		Liiklussagedus vastassuunas:	V _s = 273	autot/h	Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	V _u = 673	autot/h	Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	V _s = 300	autot/h	Läbilaskvuse kasutustase:	z = d/c = 0.40	-	Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus läheb edasi.		<p>Selle tüübi korral vastassuunda ei arvestata.</p> <table border="1"> <tr><td>Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:</td><td>V_u = 673</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:</td><td>V_s = 0</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>Läbilaskvuse kasutustase:</td><td>z = d/c = 0.40</td><td>-</td></tr> <tr><td>Hinnang metoodika rakendatavusele:</td><td colspan="2">Arvutus läheb edasi.</td></tr> </table>		Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	V _u = 673	autot/h	Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	V _s = 0	autot/h	Läbilaskvuse kasutustase:	z = d/c = 0.40	-	Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus läheb edasi.																									
Liiklussagedus vastassuunas:	V _s = 273	autot/h																																																				
Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	V _u = 673	autot/h																																																				
Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	V _s = 300	autot/h																																																				
Läbilaskvuse kasutustase:	z = d/c = 0.40	-																																																				
Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus läheb edasi.																																																					
Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	V _u = 673	autot/h																																																				
Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	V _s = 0	autot/h																																																				
Läbilaskvuse kasutustase:	z = d/c = 0.40	-																																																				
Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus läheb edasi.																																																					
Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine:		Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Vaba liiklusvoo baaskiirus:</td><td>BFFS = 103</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Tegur a:</td><td>a = 0.033</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tee ristlõiget arvestav tegur:</td><td>f_{LS} = 0.7</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Ristmike tihedust arvestav tegur:</td><td>f_a = 0.0</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:</td><td>FFS = 102</td><td>km/h</td></tr> </table>		Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS = 103	km/h	Tegur a:	a = 0.033	-	Tee ristlõiget arvestav tegur:	f _{LS} = 0.7	km/h	Ristmike tihedust arvestav tegur:	f _a = 0.0	km/h	Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS = 102	km/h	<table border="1"> <tr><td>Vaba liiklusvoo baaskiirus:</td><td>BFFS = 103</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Tegur a:</td><td>a = 0.0333</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tee ristlõiget arvestav tegur:</td><td>f_{LS} = 0.7</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Juurdepääsupunkte tiheduse tegur:</td><td>f_a = 0.0</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:</td><td>FFS = 102</td><td>km/h</td></tr> </table>		Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS = 103	km/h	Tegur a:	a = 0.0333	-	Tee ristlõiget arvestav tegur:	f _{LS} = 0.7	km/h	Juurdepääsupunkte tiheduse tegur:	f _a = 0.0	km/h	Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS = 102	km/h																					
Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS = 103	km/h																																																				
Tegur a:	a = 0.033	-																																																				
Tee ristlõiget arvestav tegur:	f _{LS} = 0.7	km/h																																																				
Ristmike tihedust arvestav tegur:	f _a = 0.0	km/h																																																				
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS = 102	km/h																																																				
Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS = 103	km/h																																																				
Tegur a:	a = 0.0333	-																																																				
Tee ristlõiget arvestav tegur:	f _{LS} = 0.7	km/h																																																				
Juurdepääsupunkte tiheduse tegur:	f _a = 0.0	km/h																																																				
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS = 102	km/h																																																				
Keskmise kiiruse leidmine:		Keskmise kiiruse leidmine:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Tegur m:</td><td>m = 3.780</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tegur p:</td><td>p = 0.515</td><td>-</td></tr> <tr><td>Keskmine kiirus (üldmõistena):</td><td>S = 97.3</td><td>km/h</td></tr> </table>		Tegur m:	m = 3.780	-	Tegur p:	p = 0.515	-	Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h	<table border="1"> <tr><td>Tegur m:</td><td>m = 3.58</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tegur p:</td><td>p = 0.68</td><td>-</td></tr> <tr><td>Keskmine kiirus (üldmõistena):</td><td>S = 97.9</td><td>km/h</td></tr> </table>		Tegur m:	m = 3.58	-	Tegur p:	p = 0.68	-	Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.9	km/h																																	
Tegur m:	m = 3.780	-																																																				
Tegur p:	p = 0.515	-																																																				
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h																																																				
Tegur m:	m = 3.58	-																																																				
Tegur p:	p = 0.68	-																																																				
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.9	km/h																																																				
Plaanilise paigutuse arvestamine:		HORIZONTAL CLASS osa:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?</td><td>EI</td><td>-</td></tr> <tr><td>Teelõigu plaanilise paigutuse klass:</td><td>HC = 1</td><td>-</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel lõigul:</td><td>BFFS_{SC} = 103</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:</td><td>BFFS_{SC} = 99</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:</td><td>FFS_{SC} = 99</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Tegur m:</td><td>m = 2.440</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):</td><td>S = S_{SC} = 95.6</td><td>km/h</td></tr> </table>		Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?	EI	-	Teelõigu plaanilise paigutuse klass:	HC = 1	-	Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel lõigul:	BFFS _{SC} = 103	km/h	Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{SC} = 99	km/h	Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{SC} = 99	km/h	Tegur m:	m = 2.440	-	Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{SC} = 95.6	km/h	<table border="1"> <tr><td>Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?</td><td>EI</td><td>-</td></tr> <tr><td>Teelõigu plaanilise paigutuse klass:</td><td>HC = 1</td><td>-</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel:</td><td>BFFS_{SC} = 103</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:</td><td>BFFS_{SC} = 99</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:</td><td>FFS_{SC} = 99</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Tegur m:</td><td>m = 2.440</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):</td><td>S = S_{SC} = 95.6</td><td>km/h</td></tr> </table>		Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?	EI	-	Teelõigu plaanilise paigutuse klass:	HC = 1	-	Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel:	BFFS _{SC} = 103	km/h	Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{SC} = 99	km/h	Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{SC} = 99	km/h	Tegur m:	m = 2.440	-	Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{SC} = 95.6	km/h									
Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?	EI	-																																																				
Teelõigu plaanilise paigutuse klass:	HC = 1	-																																																				
Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel lõigul:	BFFS _{SC} = 103	km/h																																																				
Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{SC} = 99	km/h																																																				
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{SC} = 99	km/h																																																				
Tegur m:	m = 2.440	-																																																				
Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{SC} = 95.6	km/h																																																				
Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?	EI	-																																																				
Teelõigu plaanilise paigutuse klass:	HC = 1	-																																																				
Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel:	BFFS _{SC} = 103	km/h																																																				
Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{SC} = 99	km/h																																																				
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{SC} = 99	km/h																																																				
Tegur m:	m = 2.440	-																																																				
Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{SC} = 95.6	km/h																																																				
"LOS Teosa" lehel leitud keskmine kiirus:		"LOS Teosa" lehel leitud keskmine kiirus:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?</td><td>EI</td><td>-</td></tr> <tr><td>Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):</td><td>S = 97.3</td><td>km/h</td></tr> </table>		Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?	EI	-	Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h	<table border="1"> <tr><td>Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?</td><td>EI</td><td>-</td></tr> <tr><td>Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):</td><td>S = 97.3</td><td>km/h</td></tr> </table>		Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?	EI	-	Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h																																							
Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?	EI	-																																																				
Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h																																																				
Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?	EI	-																																																				
Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h																																																				
Pakis sõitvate osatähtsuse leidmine:		Pakis sõitvate autode osatähtsuse leidmine:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:</td><td>PF_{road} = 84</td><td>%</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:</td><td>PF_{road} = 45</td><td>%</td></tr> <tr><td>Tegur m:</td><td>m = -1.209</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tegur p:</td><td>p = 0.809</td><td>-</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:</td><td>PF = 58</td><td>%</td></tr> </table>		Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 84	%	Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 45	%	Tegur m:	m = -1.209	-	Tegur p:	p = 0.809	-	Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 58	%	<table border="1"> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:</td><td>PF_{road} = 82</td><td>%</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:</td><td>PF_{road} = 41</td><td>%</td></tr> <tr><td>Tegur m:</td><td>m = -1.091</td><td>-</td></tr> <tr><td>Tegur p:</td><td>p = 0.855</td><td>-</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus lisarajata teelõigul:</td><td>PF = 54</td><td>%</td></tr> </table>		Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 82	%	Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 41	%	Tegur m:	m = -1.091	-	Tegur p:	p = 0.855	-	Pakis sõitvate autode osatähtsus lisarajata teelõigul:	PF = 54	%																					
Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 84	%																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 45	%																																																				
Tegur m:	m = -1.209	-																																																				
Tegur p:	p = 0.809	-																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 58	%																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 82	%																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{road} = 41	%																																																				
Tegur m:	m = -1.091	-																																																				
Tegur p:	p = 0.855	-																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus lisarajata teelõigul:	PF = 54	%																																																				
Paki tiheduse leidmine:		Lisanõitajad PL tüüpi teelõigule:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Paki tihedus teelõigul:</td><td>FD = 4.0</td><td>autot pakis/km</td></tr> </table>		Paki tihedus teelõigul:	FD = 4.0	autot pakis/km	<table border="1"> <tr><td>VAB+AR hulk arvutuslikust liiklussagedusest:</td><td>HV = 0</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>Liikluse suhteline jaotus kiiremal rajal:</td><td>V_{rel} = 0.59</td><td>-</td></tr> <tr><td>Arvutuslik liiklussagedus kiiremal rajal:</td><td>V_{rel} = 400</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>Arvutuslik liiklussagedus aeglasemal rajal:</td><td>V_{rel} = 273</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>VAB+AR suhteline jaotus kiiremal rajal:</td><td>HV_{rel} = 0.2</td><td>-</td></tr> <tr><td>VAB+AR osatähtsus kiiremal rajal:</td><td>HV_{rel} = 0.0</td><td>%</td></tr> <tr><td>VAB+AR autode hulk aeglasemal rajal:</td><td>HV_{rel} = 0</td><td>autot/h</td></tr> <tr><td>VAB+AR osatähtsus aeglasemal rajal:</td><td>HV_{rel} = 0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Esiaine keskmine kiirus kiiremal rajal:</td><td>S_{rel} = 99.3</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Esiaine keskmine kiirus aeglasemal rajal:</td><td>S_{rel} = 100.1</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Radade erinevusest) keskmist kiirust kohandav tegur:</td><td>S_{rel} = 5.03</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:</td><td>S_{rel} = 101.9</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:</td><td>S_{rel} = 97.6</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:</td><td>PF_{rel} = 43</td><td>%</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:</td><td>PF_{rel} = 33</td><td>%</td></tr> <tr><td>Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:</td><td>FD_{rel} = 1.3</td><td>autot pakis/km</td></tr> </table>		VAB+AR hulk arvutuslikust liiklussagedusest:	HV = 0	autot/h	Liikluse suhteline jaotus kiiremal rajal:	V _{rel} = 0.59	-	Arvutuslik liiklussagedus kiiremal rajal:	V _{rel} = 400	autot/h	Arvutuslik liiklussagedus aeglasemal rajal:	V _{rel} = 273	autot/h	VAB+AR suhteline jaotus kiiremal rajal:	HV _{rel} = 0.2	-	VAB+AR osatähtsus kiiremal rajal:	HV _{rel} = 0.0	%	VAB+AR autode hulk aeglasemal rajal:	HV _{rel} = 0	autot/h	VAB+AR osatähtsus aeglasemal rajal:	HV _{rel} = 0	%	Esiaine keskmine kiirus kiiremal rajal:	S _{rel} = 99.3	km/h	Esiaine keskmine kiirus aeglasemal rajal:	S _{rel} = 100.1	km/h	Radade erinevusest) keskmist kiirust kohandav tegur:	S _{rel} = 5.03	km/h	Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel} = 101.9	km/h	Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel} = 97.6	km/h	Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel} = 43	%	Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel} = 33	%	Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel} = 1.3	autot pakis/km
Paki tihedus teelõigul:	FD = 4.0	autot pakis/km																																																				
VAB+AR hulk arvutuslikust liiklussagedusest:	HV = 0	autot/h																																																				
Liikluse suhteline jaotus kiiremal rajal:	V _{rel} = 0.59	-																																																				
Arvutuslik liiklussagedus kiiremal rajal:	V _{rel} = 400	autot/h																																																				
Arvutuslik liiklussagedus aeglasemal rajal:	V _{rel} = 273	autot/h																																																				
VAB+AR suhteline jaotus kiiremal rajal:	HV _{rel} = 0.2	-																																																				
VAB+AR osatähtsus kiiremal rajal:	HV _{rel} = 0.0	%																																																				
VAB+AR autode hulk aeglasemal rajal:	HV _{rel} = 0	autot/h																																																				
VAB+AR osatähtsus aeglasemal rajal:	HV _{rel} = 0	%																																																				
Esiaine keskmine kiirus kiiremal rajal:	S _{rel} = 99.3	km/h																																																				
Esiaine keskmine kiirus aeglasemal rajal:	S _{rel} = 100.1	km/h																																																				
Radade erinevusest) keskmist kiirust kohandav tegur:	S _{rel} = 5.03	km/h																																																				
Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel} = 101.9	km/h																																																				
Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel} = 97.6	km/h																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel} = 43	%																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel} = 33	%																																																				
Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel} = 1.3	autot pakis/km																																																				
Lõplik paki tihedus:		Paki tiheduse leidmine:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Lõplik paki tihedus:</td><td>FD = 3.5</td><td>autot pakis/km</td></tr> </table>		Lõplik paki tihedus:	FD = 3.5	autot pakis/km	<table border="1"> <tr><td>Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:</td><td>FD = 3.7</td><td>autot pakis/km</td></tr> </table>		Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:	FD = 3.7	autot pakis/km																																													
Lõplik paki tihedus:	FD = 3.5	autot pakis/km																																																				
Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:	FD = 3.7	autot pakis/km																																																				
Teenindustase (LOS) leidmine:		Teenindustase (LOS) leidmine:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Teenindustase teelõigu lõpus:</td><td>LOS = C</td></tr> </table>		Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C	<table border="1"> <tr><td>Teenindustase lisaraja mõju järgi:</td><td>LOS = B</td></tr> </table>		Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = B																																															
Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C																																																					
Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = B																																																					
Kokkuvõte:		Kokkuvõte:																																																				
<table border="1"> <tr><td>Keskmine kiirus (üldmõistena):</td><td>S = 97.3</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:</td><td>PF = 58</td><td>%</td></tr> <tr><td>Paki tihedus:</td><td>FD = 3.5</td><td>autot pakis/km</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:</td><td>I_p = 12</td><td>%</td></tr> <tr><td>Keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine:</td><td>I_s = 0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Teenindustase teelõigu lõpus:</td><td>LOS = C</td></tr> </table>		Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h	Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 58	%	Paki tihedus:	FD = 3.5	autot pakis/km	Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I _p = 12	%	Keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine:	I _s = 0	%	Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C	<table border="1"> <tr><td>Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:</td><td>S_{rel} = 101.9</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:</td><td>S_{rel} = 97.6</td><td>km/h</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:</td><td>PF_{rel} = 43</td><td>%</td></tr> <tr><td>Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:</td><td>PF_{rel} = 33</td><td>%</td></tr> <tr><td>Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:</td><td>FD_{rel} = 1.3</td><td>autot pakis/km</td></tr> <tr><td>Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:</td><td>FD = 3.7</td><td>autot pakis/km</td></tr> <tr><td>Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:</td><td>LOS = C</td></tr> <tr><td>Teenindustase lisaraja mõju järgi:</td><td>LOS = B</td></tr> </table>		Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel} = 101.9	km/h	Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel} = 97.6	km/h	Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel} = 43	%	Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel} = 33	%	Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel} = 1.3	autot pakis/km	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:	FD = 3.7	autot pakis/km	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:	LOS = C	Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = B												
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3	km/h																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 58	%																																																				
Paki tihedus:	FD = 3.5	autot pakis/km																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I _p = 12	%																																																				
Keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine:	I _s = 0	%																																																				
Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C																																																					
Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel} = 101.9	km/h																																																				
Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel} = 97.6	km/h																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel} = 43	%																																																				
Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel} = 33	%																																																				
Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel} = 1.3	autot pakis/km																																																				
Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:	FD = 3.7	autot pakis/km																																																				
Teenindustase põhirajal radade ühinemispunkti:	LOS = C																																																					
Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = B																																																					

3. Näide PL tüüpi teelõigule teenindustaseme leidmisest:

TEELÕIGU TEENINDUSTASEME ARVUTUS													
Tippunni valimine:													
Kas soovin tabelit printida? <input type="checkbox"/> EI													
Tippund j	V _{4,1}	V _{100,1}	V _{15,1}	V _{10,1}	VAAB+AR ₁	VAAB+AR ₂	V _{4,j}	HV3%	HV5%	TTT _{PC ja PL}	TTT _{PZ}	% ₄	% ₅
28.	530	770	149	214	20	38	240	5	4	0.889	0.900	69	31
29.	526	969	149	272	20	39	443	4	4	0.883	0.891	54	46
30.	526	793	163	217	22	43	267	5	4	0.807	0.914	66	34
31.	525	927	146	255	32	72	402	8	6	0.899	0.909	57	43
32.	524	892	138	231	28	46	368	5	5	0.949	0.965	59	41
33.	522	873	147	231	16	39	351	4	3	0.888	0.945	60	40
34.	517	755	154	219	45	81	238	11	9	0.839	0.862	68	32
35.	510	879	143	226	38	64	369	7	7	0.892	0.972	58	42
36.	509	994	134	285	16	37	485	4	3	0.950	0.872	51	49
37.	508	883	143	229	24	49	375	6	5	0.888	0.964	58	42
38.	507	876	140	242	23	41	369	5	5	0.905	0.905	58	42

←-----
Vastassuund
←-----
----->
Uuritav suund
----->

Arvustes kasutatakse järgmist tippundit:

Liiklussagedus uuritavas suunas:	V _{4,j} =	525	autot/h
VAAB + AR osatähtsus arvutuslikust tippunnist:	H/V5% =	6	%
Tippunnitegur PC ja PL lõigule:	TTT =	0.899	-
Tippunnitegur PZ lõigule:	TTT =	0.909	-
Liiklussagedus vastassuunas:	V _{4,j} =	273	autot/h

| Teelõigu valik ja sisendparameetrite määramine: | | | | | | | | | | | | |
| Uuritavate teelõikude tüübid: | | | | | | | | | | | | |

Uuritavate teelõikude tüübid:

- PC - möödasisuureeluga
 - Füüsiline takistus: eraldusriba, keskpilve
 - Liikluskorralduslik keeld: pidevjoon jm takistus
 - Möödasõiduvõimalus, kuid moodumist eesõitvatel sõidukitel lõigul ei esine
- PZ - möödasisuureeluga (vastassuuna kaudu)
- PL - lisarada möödasisuureeluga

Vali uuritava teelõigu tüüp:

Tippunnitegur:

| Raskeliikluse taandamine PC ja PZ teelõikudel (vajadusel): | | | | | | | | | | | | |

NB! Antud arvutus teha enne teelõigu uurimist, kui HV3% > 10% ja 5% < HV5% ≤ 10%.

Sõiduautodeks taandamist kasutada 5% < HV5% ≤ 10% korral, kuid võrrelda taandamisel saadud tulemusi meetodika valemite HV5% kasutamisega. Alla 5% korral taandamine pole vajalik, kuna on ebatõenäoline, et pakis on rohkem kui 1 veok.

Raskeliikluse taandamisel arvestatakse teelõigu sisendparameetrites HV5% = 0 ning uuritava liiklussagedusega V₄ saadakse paki tihedus uuritava suuna sõiduraja kohta ühikus sõiduautot pakis/km.

Kas kasutatakse raskeliikluse taandamist? EI

Algne liiklussagedus uuritavas suunas:	V _{4,orig} =	525	autot/h
Tippunnitegur:	TTT =	0.899	-
VAAB + AR osatähtsus arvutuslikust tippunnist:	H/V5% =	6	%
Raskeliikluse mõju arvestav tegur:	f _{rel} =	0.943	-
Sõiduautodeks taandatud liiklussagedus uuritavas suunas:	V _{4,taand} =	619	sõiduautot/h

| Tabelid sisendparameetrite leidmiseks: | | | | | | | | | | | | |

Tabel 1.1 Teelõigu pikkus sõltuvalt uuritava teelõigu tüübist.

Tüüp	Teelõigu pikkus (km)
PC	0,25 ... 3,50
PZ	0,50 ... 5,00
PL	1,25 ... 4,00

Tabel 1.2 Ploaniilise paigutuse klassi (HC - Horizontal Class) määramine kõverusraadiuse (m) ja viraatikalde (%) kaudu.

Raadius (m)	Viraatikalde (%)						
	<1	≥1<2	≥2<3	≥3<4	≥4<5	≥5<6	6
<100	5	5	5	5	5	5	5
100-149	4	4	4	4	4	4	4
150-199	4	3	3	3	3	3	3
200-249	3	3	3	3	3	3	2
250-299	2	2	2	2	2	2	2
300-349	2	2	2	2	1	1	1
350-399	2	2	1	1	1	1	1
≥400	1	1	1	1	1	1	1

Vali uuritava teelõigu ploaniilise paigutuse klass:

Tabel 1.3 Teelõigu püstpaigutuse klassi (VC - Vertical Class) määramine teelõigu pikkuse (km) ja püstkalde (%) kaudu.

Teelõigu tüüp	Teelõigu püstkalde (%)				
	≤2	>2 ≤3	>3 ≤4	>4 ≤5	>5
PC, PZ, PL	1	2	3	4	5

Väli uuritava teelõigu püstpaigutuse klass: VC = 1

Möödasõiduraja mõjuala pikkus (vajalik ainult PC ja PZ teelõikudele):

NB! Kui enne uuritavat PC või PZ teelõiku on PL tüüpi teelõik (vahetult eelnev või paikneb lähedal), tuleb esmalt leida möödasõiduraja mõjuala pikkus. Lisaraja mõju arvutused alajaotises "Lisaraja (PL) teelõigu mõju" tehakse vaid juhul, kui uuritav PC või PZ teelõik jääb möödasõiduraja mõjuala pikkuse vahemikku.

Kas arvutused tehakse PC või PZ teelõigule, mis on peale PL lõiku? EI

PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu arvutuslik liiklussagedus:	$V_{d,PL,old}$	=	504	autot/h
PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu pakis sõitvate autode osatähtsus:	$PF_{PL,old}$	=	70	%
PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu keskmine kiirus (üldmõistena):	$S_{PL,old}$	=	94.7	km/h
PL tüüpi lõigust eelmise teelõigu paki tihedus:	$FD_{PL,old}$	=	6.7	autot pakis/km
Lisaraja pikkus:	L_{ar}	=	1.3	km

Mõjuala pikkus 1: ($I_{ar} = 0$)

Möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku:	$L_{tot,1}$	=	18.1	km
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I_{ar}	=	0.0	%

Mõjuala pikkus 2: ($FD_{ar} = FD_{PL,old}$)

Arvutusega nõutav paki tihedus:	$FD_{ar,old}$	=	6.37	autot pakis/km
Möödasõiduraja mõjuala pikkus kokku:	$L_{tot,2}$	=	10.6	km
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I_{ar}	=	4.7	%
Keskmise kiiruse paranemine lisaraja mõjuga:	I_s	=	0.0	%
Paki tihedus lisaraja mõjuga:	FD_{ar}	=	6.37	autot pakis/km

Tegelik mõjuala pikkus: (väiksem väärtus)

Arvutustes kasutatav (tegelik) mõjuala pikkus:	$L_{tot,akt}$	=	10.6	km
------------------------------------------------	---------------	---	------	----

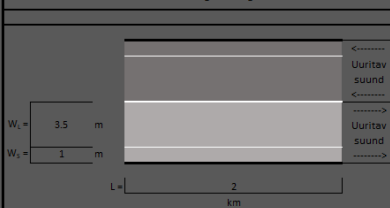
Metoodika kohandamiseks kasutatud teisendused:

Kasutatav ühikute	f_t	=	0.305	m
	m_i	=	1.61	km

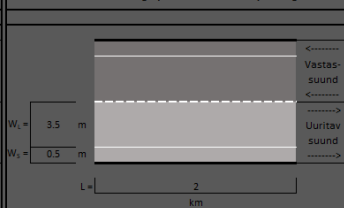
Sisendparameetrid teelõigu uurimiseks:

Nimetus	Tähis	Väärtus	Ühik	
Suurim lubatud sõidukiirus teelõigul:	S_{pl}	=	110	km/h
(Suund)ristmik (otseõikes juurdepääsupunktide) arv kogu lõigul:		=	0	tk
Ristmik (otseõikes juurdepääsupunktide) tihedus:	APD	=	0	tk/km
Teoreetiline tee läbilaskvus:	cap	=	1500	autot/h
Liiklussagedus uuritavas suunas:	V_d	=	525	autot/h
VAAAB + AR osatähtsus arvutuslikust tipptunnist:	HV%	=	6	%
Tipptunnitegur:	TTT	=	0.899	-

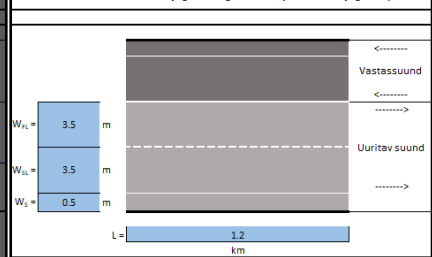
PC - möödasõiduteelõigu arvutus



PZ - möödasõiduvõimalusega (vastassuuna kaudu) teelõigu arvutus



PL - möödasõiduks lisarajaga teelõigu arvutus (st üks lisarajaga osa)



Arvutuslike liiklussageduste ja $z = d/c$ suhte leidmine:

Liiklussagedus vastassuunas:	V_d	=	273	autot/h
Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	v_d	=	584	autot/h
Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	v_d	=	0	autot/h
Läbilaskvuse kasutustase:	$z = d/c$	=	0.39	-
Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus (lähed edasi).			

Arvutuslike liiklussageduste ja $z = d/c$ suhte leidmine:

Selle tüüpi korral vastassuunda ei arvestata.	
Arvutuslik liiklussagedus uuritavas suunas:	v_d = 584 autot/h
Arvutuslik liiklussagedus vastassuunas:	v_d = 0 autot/h
Läbilaskvuse kasutustase:	$z = d/c = 0.39$ -
Hinnang metoodika rakendatavusele:	Arvutus (lähed edasi).

Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine:

Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS	=	125	km/h
Tegur a:	a	=	0.033	-
Tee ristõiget arvestav tegur:	f_{ri}	=	0.7	km/h
Ristmik tihedust arvestav tegur:	f_r	=	0.0	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS	=	124	km/h

Vaba liiklusvoo keskmise kiiruse leidmine:

Vaba liiklusvoo baaskiirus:	BFFS	=	125	km/h
Tegur a:	a	=	0.0333	-
Tee ristõiget arvestav tegur:	f_{ri}	=	0.7	km/h
Juurdepääsupunktide tiheduse tegur:	f_r	=	0.0	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus:	FFS	=	124	km/h

Keskmise kiiruse leidmine:

Tegur m:	m	=	7.139	-
Tegur p:	p	=	0.951	-
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S	=	118.6	km/h

Keskmise kiiruse leidmine:

Tegur m:	m	=	7.08	-
Tegur p:	p	=	0.78	-
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S	=	117.9	km/h

Plaanilise paigutuse arvestamine:

Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?	EI	=	-	
Teelõigu plaanilise paigutuse klass:	HC	=	1	
Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel lõigul:	BFFS _{sc}	=	125	km/h
Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{sc}	=	107	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{sc}	=	107	km/h
Tegur m:	m	=	1.877	-
Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{sc}	=	104.7	km/h

HORIZONTAL CLASS osa:

Kas antud teelõik on plaanikõverikuga?	EI	=	-	
Teelõigu plaanilise paigutuse klass:	HC	=	1	
Vaba liiklusvoo baaskiirus sirgel:	BFFS	=	125	km/h
Vaba liiklusvoo baaskiirus plaanikõverikuga lõigul:	BFFS _{sc}	=	107	km/h
Vaba liiklusvoo keskmine kiirus plaanikõverikuga lõigul:	FFS _{sc}	=	107	km/h
Tegur m:	m	=	1.877	-
Tegelik keskmine kiirus (üldmõistena):	S = S _{sc}	=	104.7	km/h

"LOS Teosa" lehel leitud keskmine kiirus:		"LOS Teosa" lehel leitud keskmine kiirus:	
Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?	EI -	Eraldi leitud keskmiste kiiruste arvestamine?	EI -
Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3 km/h	Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 97.3 km/h
Pakis sõitvate osatähtsuse leidmine:		Pakis sõitvate autode osatähtsuse leidmine:	
Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{osot} = 73 %	Pakis sõitvate autode osatähtsus tee läbilaskvusel:	PF _{osot} = 82 %
Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{25osot} = 33 %	Pakis sõitvate autode osatähtsus 25% tee läbilaskvusel:	PF _{25osot} = 40 %
Tegur m:	m = -0.897 -	Tegur m:	m = -1.158 -
Tegur p:	p = 0.847 -	Tegur p:	p = 0.852 -
Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 43 %	Pakis sõitvate autode osatähtsus lisarajata teelõigul:	PF = 52 %
Paki tiheduse leidmine:		Lisaraajad PL tüüpi teelõigule:	
Paki tihedus teelõigul:	FD = 2.1 autot pakis/km	VAAB+AR hulk arvutuslikust liiklussagedusest:	HV = 35 autot/h
		Liikluse suhteline jaotus kiiremal rajal:	V _{rel PL} = 0.59 -
		Arvutuslik liiklussagedus kiiremal rajal:	V _{rel} = 345 autot/h
		Arvutuslik liiklussagedus aeglasemal rajal:	V _{rel} = 239 autot/h
		VAAB+AR suhteline jaotus kiiremal rajal:	HV _{rel PL} = 0.2 -
		VAAB+AR osatähtsus kiiremal rajal:	HV% _{rel} = 1.2 %
		VAAB+AR autode hulk aeglasemal rajal:	HV _{rel} = 31 autot/h
		VAAB+AR osatähtsus aeglasemal rajal:	HV% _{rel} = 13 %
		Esialgne keskmine kiirus kiiremal rajal:	S _{rel PL} = 121.0 km/h
		Esialgne keskmine kiirus aeglasemal rajal:	S _{rel PL} = 121.5 km/h
		(Radade erinevusest) keskmist kiirust kohandav tegur:	S _{rel} = 5.33 km/h
		Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel keskel} = 123.6 km/h
		Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel keskel} = 118.9 km/h
		Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel keskel} = 39 %
		Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel keskel} = 27 %
		Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel keskel} = 0.8 autot pakis/km
Lõplik paki tihedus:		Paki tiheduse leidmine:	
Lõplik paki tihedus:	FD = #VALUE! autot pakis/km	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	FD = 2.6 autot pakis/km
Teenindustase (LOS) leidmine:		Teenindustase (LOS) leidmine:	
Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	LOS = C
		Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = A
Kokkuvõte:		Kokkuvõte:	
Keskmine kiirus (üldmõistena):	S = 118.6 km/h	Keskmine kiirus (üldmõistena) kiirema raja keskel:	S _{rel keskel} = 123.6 km/h
Pakis sõitvate autode osatähtsus teelõigul:	PF = 43 %	Keskmine kiirus (üldmõistena) aeglasema raja keskel:	S _{rel keskel} = 118.9 km/h
Paki tihedus:	FD = #VALUE! autot pakis/km	Pakis sõitvate autode osatähtsus kiirema raja keskel:	PF _{rel keskel} = 39 %
		Pakis sõitvate autode osatähtsus aeglasema raja keskel:	PF _{rel keskel} = 27 %
Pakis sõitvate autode osatähtsuse paranemine:	I _{os} = #VALUE! %	Keskmine paki tihedus lisarajaga teelõigu keskel:	FD _{rel keskel} = 0.8 autot pakis/km
Keskmise kiiruse (üldmõistena) paranemine:	I _s = #VALUE! %	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	FD = 2.6 autot pakis/km
Teenindustase teelõigu lõpus:	LOS = C	Teenindustase põhirajal radade ühinemispunktis:	LOS = C
		Teenindustase lisaraja mõju järgi:	LOS = A

Lisa 9. Väljavõte Exceli programmi vahelehest „LOS Teosa“.

TEOSA TEENINDUSTASE ARVUTUS																	
NB! Ainult järjestikused teelõigud! Eeldatakse, et üksikute teelõikude LOS = A...E.																	
Suurim lubatud sõidukiirus teosale: 90 km/h																	
Kas soovin tabelit printida? <input type="checkbox"/> EI																	
Ainult 1+1 ristlõikega teesale					1+1 ja 2+1 ristlõikega teesale					Ainult 2+1 ristlõikega teesale							
Jrk nr	Teelõigu tüüp	Teelõikude paki tihedused	Ühik	LOS	Jrk nr	Teelõikude pikkused	Ühik	Jrk nr	Teelõikude keskmine kiirused	Ühik	Jrk nr	Teelõikude arvutuslikud liiklussagedused	Ühik	Teelõikude pakis sõitvate autode osatähtsused	Ühik	Vaba liiklusvoo keskmine kiirus	Ühik
1.	PZ	FD ₁ = 3.5	autot pakis / km	C	1.	L ₁ = 2	km	1.	S ₁ = 97.3	km/h	1.	V _{0,1} = 600	autot/h	PF ₁ = 59	%	FFS ₁ = 113	km/h
2.	PC	FD ₂ = 3.6		C	2.	L ₂ = 2		2.	S ₂ = 97.2		2.	V _{0,2} = 625		PF ₂ = 60		FFS ₂ = 113	
3.	PC	FD ₃ = 3.5		C	3.	L ₃ = 2		3.	S ₃ = 97.3		3.	V _{0,3} = 610		PF ₃ = 59		FFS ₃ = 113	
4.	PZ	FD ₄ = 3.5		C	4.	L ₄ = 2		4.	S ₄ = 97.4		4.	V _{0,4} = 590		PF ₄ = 59		FFS ₄ = 113	
5.		FD ₅ =			5.	L ₅ =		5.	S ₅ =		5.	V _{0,5} =		PF ₅ =		FFS ₅ =	
6.		FD ₆ =			6.	L ₆ =		6.	S ₆ =		6.	V _{0,6} =		PF ₆ =		FFS ₆ =	
7.		FD ₇ =			7.	L ₇ =		7.	S ₇ =		7.	V _{0,7} =		PF ₇ =		FFS ₇ =	
8.		FD ₈ =			8.	L ₈ =		8.	S ₈ =		8.	V _{0,8} =		PF ₈ =		FFS ₈ =	
9.		FD ₉ =			9.	L ₉ =		9.	S ₉ =		9.	V _{0,9} =		PF ₉ =		FFS ₉ =	
10.		FD ₁₀ =			10.	L ₁₀ =		10.	S ₁₀ =		10.	V _{0,10} =		PF ₁₀ =		FFS ₁₀ =	
11.		FD ₁₁ =			11.	L ₁₁ =		11.	S ₁₁ =		11.	V _{0,11} =		PF ₁₁ =		FFS ₁₁ =	
12.		FD ₁₂ =			12.	L ₁₂ =		12.	S ₁₂ =		12.	V _{0,12} =		PF ₁₂ =		FFS ₁₂ =	
13.		FD ₁₃ =			13.	L ₁₃ =		13.	S ₁₃ =		13.	V _{0,13} =		PF ₁₃ =		FFS ₁₃ =	
14.		FD ₁₄ =			14.	L ₁₄ =		14.	S ₁₄ =		14.	V _{0,14} =		PF ₁₄ =		FFS ₁₄ =	
15.		FD ₁₅ =			15.	L ₁₅ =		15.	S ₁₅ =		15.	V _{0,15} =		PF ₁₅ =		FFS ₁₅ =	
16.		FD ₁₆ =			16.	L ₁₆ =		16.	S ₁₆ =		16.	V _{0,16} =		PF ₁₆ =		FFS ₁₆ =	
17.		FD ₁₇ =			17.	L ₁₇ =		17.	S ₁₇ =		17.	V _{0,17} =		PF ₁₇ =		FFS ₁₇ =	
18.		FD ₁₈ =			18.	L ₁₈ =		18.	S ₁₈ =		18.	V _{0,18} =		PF ₁₈ =		FFS ₁₈ =	
19.		FD ₁₉ =			19.	L ₁₉ =		19.	S ₁₉ =		19.	V _{0,19} =		PF ₁₉ =		FFS ₁₉ =	
20.		FD ₂₀ =			20.	L ₂₀ =		20.	S ₂₀ =		20.	V _{0,20} =		PF ₂₀ =		FFS ₂₀ =	
KOKKU: L = 8.0					KOKKU: S = 97					KOKKU: V _{0,2+1} = 606							
1+1 TEOSA PAKI TIHEDUS (UURITAVA RAJA KOHTA EHK ÜHE SÕIDURAJA KOHTA):				FD _{pakis} = 3.5	autot pakis / km												
1+1 RISTLÕIKEGA TEOSA TEENINDUSTASE:				LOS = C													
2+1 teesosa lahendus: (sisaldab ebakõlasid - ei ole 100% kindel lahendus)																	
NB! Lähtuvalt originaalist eeldab meetoodika teesosa, mille kogupikkus jääb vahemikku 25...30 km.																	
2+1 teesosa lahenduse sisu meetoodika seisukohalt: lisanditajate leidmine 1+1 maanteel, mis on 50% PZ (mõõdasõiduvõimalusega vastassuuna kaudu) tüüpi ja 50% PC (mõõdasõidukeeluga) tüüpi.																	
PZ tüüpi lõikudel arvestada vastassuuna liiklussageduseks 0 autot/h.																	
Keskmine arvutuslik liiklussagedus 2+1 teosale:		V _{0,2+1} =	606	autot/h													
Maksimaalne VAAB + AR osatähtsuse arvutuslikust tippunni:		HVK =	8	%													
Vaba liiklusvoo kaalutud keskmine kiirus:		FFS =	113	km/h													
Lisaraja pikkus:		L _{ok} =	1.2	km													
Keskmine pakis sõitvate autode osatähtsus 2+1 teosale:		PF ₂₊₁ =	59	%													
Kaalutud keskmine kiirus (üldmõistena):		S =	97.3	km/h													
Pakis sõitvate autode paranemine 2+1 teosale:		I _{pk,2+1} =	52	%													
Keskmise kiiruse paranemine 2+1 teosale:		I _{k,2+1} =	4	%													
2+1 teesosa keskmine paki tihedus:		FD _{00,2+1} =	1.7	autot pakis/km													
Teenindustase teelõigu lõpus:		LOS =	8														

Lisa 10. Väljavõte Exceli programmi vahelehest „BLOS“.

KERGLIikleja TEENINDUSTASEME ARVUTUS			
Sisendparameetrite määramine:			
Uuritavate teelõikude tüübid:			
Uuritavate teelõikude tüübid:			
1. PC - möödastõidukeeluga			
a) Füüsiline takistus: eraldusriba, keskkiire			
b) Liikluskorralduslik keeld: pidevjoon jm takistus			
c) Möödastõiduvõimalus, kuid möödumist eessõitvatest sõidukitest lõigul ei esine			
2. PZ - möödastõiduvõimalusega (vastassuuna kaudu)			
3. PL - lisarada möödastõiduks			
4. 2+2 (BLOS meetodika on universaalne; ei ole rangelt seotud LOS meetodikaga)			
Metoodika kohandamiseks kasutatud teisendused:			
Kasutatav ühikute teisendus:	ft =	0.305	m
	mi =	1.61	km
Sisendparameetrid ristlõike uurimiseks:			
NB! Joonis on illustratiivne.			
Vali uuritava teelõigu tüüp:		PZ	
Suurim lubatud sõidukiirus teelõigul:	s_{pl} =	90	km/h
Liiklussagedus uuritavas suunas:	V_d =	600	sõiduk/h
VAAB + AR osatähtsus kindlustatud teepeenraga külgneval sõiduraja	HV% =	5	%
Tiipunnitegur:	TTT =	0.900	-
Teekatte hinne FHWA 5-pallisel skaalal:	P =	5	-
Sõiduradade arv uuritavas suunas:	N =	1	tk
Kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja laius uuritavas suunas:	W_{OL} =	3.5	m
Kindlustatud teepeenraga külgneva raja arvusliku liiklussageduse leidmine:			
Arvuslik liiklussagedus kindlustatud teepeenraga külgneval sõidurajal:	V_{OL} =	667	sõiduk/h
Efektiivselt kasutatava laiuse leidmine:			
Kindlustatud teepeenraga külgneva sõiduraja efektiivne laius:	W_v =	4.5	m
Efektiivselt kasutatav laius:	W_e =	4.5	m
Efektiivse kiirusteguri leidmine:			
Efektiivne kiirustegur:	s_t =	4.82	-
Kergliikleja teenindustaseme (BLOS) väärtuse ja taseme leidmine:			
Kergliikleja teenindustaseme väärtus:	BLOS =	5.5	-
Kergliikleja teenindustase:	BLOS =	E	-

Lisa 11. Näidislõikude paiknemine.

(autori loodud skeem, allikas: Maa-ameti geoportaal)

