



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

TTÜ mehaanika ja tööstustehnika instituut

TALLINNA TÄNAVAVÕRGU ARENDAMISE MÕJU HINDAMINE

IMPACT EVALUATION OF DEVELOPING TALLINN STREET NETWORK

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Mari-Liis Sepp

Üliõpilaskood: 177010EALM

Juhendaja: Dago Antov, professor

Tallinn 2019

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 2019

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 2019

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” 2019

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

TTÜ mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Mari-Liis Sepp, 177010 EALM
Õppekava, peeriala: EALM02/14 - Logistika, transpordi planeerimine
Juhendaja: Dago Antov, Tallinna Tehnikaülikooli mehaanika ja tööstustehnika instituudi transpordi planeerimise professor, dago.antov@taltech.ee

Lõputöö teema:

Tallinna tänavavõrgu arendamise mõju hindamine
Evaluation of the impact of Tallinn street network development

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tuvastada, millist mõju avaldab perspektiivsete tänavate välja ehitamine olemasolevale tänavavõrgule.
2. Leida, millised tee parameetrid ja liikluskorraldus peaks uutel tänavatel olema, et see rahuldaks nõudluse ja avaldaks positiivset mõju liiklusele.
3. Arvutada välja, kas tänavavõrgu arendamine on ühiskonnale kasulik.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Töö teoreetilise osa koostamine	31.12.18
2.	Töö metoodika ja analüüsi koostamine	31.03.19
3.	Eelkaitsmine, töö deklareerimine ÖIS-is	13.05.19
4.	Töö esitamine instituuti	27.05.19
5.	Töö kaitsmine	3.-4.05.19

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** “.....” mai 2019. a

Üliõpilane: Mari-Liis Sepp “.....” mai 2019. a
/ allkiri /

Juhendaja: Dago Antov “.....” mai 2019. a
/ allkiri /

SISUKORD

EESSÖNA.....	6
SISSEJUHATUS	7
1. TEOREETILINE OSA.....	9
1.1 Transpordiplaneerimise kujunemine.....	9
1.2 Ligipääsetavususe vajadus linnaruumis.....	12
1.3 Linnatranspordi probleemid ja nende võimalikud lahendused.....	17
1.4 Teedevõrgu planeerimise põhimõtted linnades.....	21
1.4.1 Stockholmi arengukava	24
1.4.2 Londoni arengukava	25
1.4.3 Amsterdami arengukava	26
1.5 Tallinna arengudokumendid ja nende põhimõtted.....	27
2. METOODILINE OSA.....	32
2.1 Metoodika ja lähteandmed	32
2.2 Variandid.....	33
2.3 Transpordisüsteemi analüüs ja prognoosimine.....	35
2.4 Transpordimudeli koostamine.....	38
2.4.1 Transpordi modelleerimise tarkvara	40
2.4.2 Modelleerimistulemused ja nende kasutamine.....	41
2.5 Tasuvusarvutus	41
2.5.1 Üldised põhimõtted.....	43
2.5.2 Ehitismaksumus.....	45
2.5.3 Teekasutaja kulud.....	45
2.5.4 Liiklusõnnetused.....	48
2.5.5 Tasuvusnäitajad.....	49
2.5.6 Riski määramine	50
3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED.....	52
3.1 Liiklusanalüüsi tulemused.....	52
3.1.1 Õhtuse tiptunni liiklussageduste võrdlus	56
3.1.2 Uue tänavavõrgu kasutajad.....	60
3.2 Sotsiaalmajandusliku analüüsi tulemused.....	65
3.3 Järeldused ja ettepanekud.....	69
KOKKUVÕTE	73

SUMMARY	75
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	77
LISAD	84
Lisa 1 Stockholmi kavandatava tänavavõrgu plaan	85
Lisa 2 Londoni kavandatava tänavavõrgu plaan	86
Lisa 3 Amsterdami kavandatava tänavavõrgu plaan	87
Lisa 4 Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed.....	88
Lisa 5 Stsenaarium S0.....	89
Lisa 6 Stsenaarium S1.....	90
Lisa 7 Stsenaarium S2.....	91

EESSÕNA

Lõputöö pealkiri on „Tallinna tänavavõrgu arendamise mõju hindamine“. Töö on suunatud eelkõige Tallinna tänavavõrgu kavandamise eest vastutavatele asutustele, kuid seda võivad kasutada ka teised omavalitsused, kellel on transpordivõrgu arendamisega probleeme.

Tänane lähenemine Tallinna tänavavõrgu kavandamisel on piirkondlik. Käesoleva töö eesmärgiks on välja selgitada perspektiivse Tallinna tänavavõrgu arendamise mõju Tallinna liiklusvoogudele ning pakkuda välja võimalikud parameetrid ja liikluskorralduse lahendused kavandatavatele tänavatele. Töö osaks on ka ühiskonnale kaasneva sotsiaalmajandusliku mõju hindamine tänavate välja ehitamisel.

Töös analüüsitakse nelja täiendava tänavalõigu rajamise mõju. Liiklusanalüüsi käigus uuritakse, kuidas muutuvad tänavate liiklussagedused erinevate stsenaariumite korral ning millist üldist mõju avaldab valimis esitatud tänavalõikude ehitus kogu linnale. Analüüsi teostamiseks modelleeritakse CUBE tarkvaraga kolm stsenaariumit. Perspektiivsete tänavate sotsiaalmajandusliku mõju hindamiseks võrreldakse tulevikustsenaariumeid, kus tänavavõrku arendatakse ja ei arendata.

Töö tulemusena esitakse hinnang tänavavõrgu arendamise mõjust olemasolevatele tänavatele, esitatakse uute tänavalõikude võimalikud parameetrid ning arvutatakse esialgne tasuvus tänavalõikude rajamisel.

Töö kaante vahele saamisega on mõtte ja jõuga toeks olnud Dago Antov, Harri Rõuk ja Ott Koppel.

Võtmesõnad: transpordiplaneerimine, tänavavõrk, modelleerimine, sotsiaalmajanduslik analüüs, magistritöö

SISSEJUHATUS

Kõik inimesed on suuremal või vähemal määral transpordiga seotud. Kuna liikumine erinevate kohtade vahel on inimeste igapäeva osa, siis on läbi aja püütud seda tegevust muuta tõhusamaks ja mugavamaks, püüdes lahendada transpordi peamist probleemi – ummikud. Teoreetikute hinnangul tuleb autostumise piiramiseks rakendada meetmeid, et suunata inimesi kasutama alternatiivseid liikumisvahendeid, näiteks ühistransporti, jalgratast, sõidujagamise teenust jms. Sõidukite arvu vähendamine on küll üks eesmärkidest, kuid see ei välista tänavavõrgu arendamise vajadust. Peab silmas pidama, et tänavavõrgu arendamisega muudetakse inimeste liikumisi lühemaks, läbisõidud vähenevad ja kokkuvõttes väheneb rahakulu.

Tänane lähenemine Tallinna tänavavõrgu kavandamisel on piirkondlik. Tallinna üldplaneering, mis kehtestati 2001. aastal, on ainuke kehtiv dokument, mis hõlmab kogu linna teedevõrku arendamist. Linna planeerimine on tänaseks üleviidud piirkondlikule kavandamisele, koostades linnaosade ja teiste väiksemate piirkondade planeeringuid. Inimesed liiguvad üle linna kulgevatel tänavatel, olenemata, kus on ühe või teise planeeringuala piir. Seega ei ole mõistlik ka tänavavõrku arendada ainult piirkondade kaupa, vaid tuleb vaadata suuremat pilti. Täna aga puudub Tallinnal kehtiv dokument, mis käsitleks tänavavõrgu arendamist, arvestades sealjuures nii liiklus- kui ka sotsiaalmajanduslikku analüüsi.

Tallinna üldplaneering toob välja, et kesklinna liikluskoormust ja transiiti on vaja vähendada (Linnaplaneerimise Amet 2001). Selle eesmärgi saavutamiseks on vaja kavandada tänavavõrk, mis suunaks autoliikluse kesklinnast eemale. Linnade kasvades on vaja juurdepääsetavust ja liikuvust planeerida ka halduspiiriüleselt. Valglinnastumise tõttu ei ole täna enam vaatluse all ainult Tallinna elanikud, vaid arvestatakse ka piirnevate omavalitsuste parema ühendamise. Täna puudub analüüs, millised ühendused oleksid vajalikud, et eesmärk ellu viia. Lisaks on vaja hinnata, milliseid muudatusi toob kaasa tänavavõrgu arendamine olemasolevale võrgustikule. Mõju hindamisel ei saa arvestada ainult kõrvaltänaval toimuvaid muudatusi, vaid on oluline laiendada uuritavat ala.

Sellest tulenevalt on käesoleva töö eesmärgiks välja selgitada perspektiivse Tallinna tänavavõrgu arendamise mõju Tallinna liiklusvoogudele ning pakkuda välja võimalikud parameetrid ja liikluskorralduse lahendused kavandatavatele tänavatele. Töö osaks on ka ühiskonnale kaasneva sotsiaalmajandusliku mõju hindamine tänavate välja ehitamisel.

Töö käigus leitakse vastused järgmistele uurimisküsimustele:

1. Millist mõju avaldab perspektiivsete tänavate välja ehitamine olemasolevale tänavavõrgule?
2. Millised tee parameetrid ja milline liikluskorraldus peaks perspektiivsetel tänavatel olema, et see rahuldaks nõudlust ning avaldaks positiivset mõju liiklusele?
3. Millist sotsiaalmajanduslikku mõju nende rajamine ühiskonnale kaasa toob?

Teoreetilises osas antakse ülevaade transpordiplaneerimise olemusest ja kirjeldatakse lühidalt selle teadusharu kujunemist. Kirjanduslikele allikatele tuginedes uuritakse tänapäeva suurlinnade liikuvuse probleeme ning kuidas suudaks tõhus transpordiplaneerimine need lahendada. Täpsemalt analüüsitakse Euroopa linnade, sh Tallinna transpordi arengukavasid, et anda ülevaade linnade tuleviku transpordiplaneerimise suundadest.

Töö teises peatükis põhjendatakse valimi valikut ja kirjeldatakse kasutatud metoodikat. Tallinna transpordisüsteemi arendamise analüüsimiseks koostatakse liiklusuuring ja arvutatakse tasuvusanalüüs. Esmalt on vaja liikludemudeli koostamine, millest tulenevaid andmeid on võimalik rakendada ja tõlgendada uuringutes ja analüüsides. Käesoleva töö metoodilises osas kirjeldatakse transpordisüsteemi analüüsi ja prognoosimise põhimõtteid ning kulu-tulu analüüsi sotsiaalmajandusliku osa näitajate arvutamise meetodeid. Modelleerimisel kasutatakse CUBE tarkvara, millesse sisestatud andmed pärinevad teeregistrist, Maksu- ja Tolliameti andmebaasist, Eesti hariduse infosüsteemist, Statistikaameti andmebaasist, Tallinna Transpordiameti ja Maanteeameti liiklusloendussüsteemist, liikuvusanalüüsides jt uuringute ja aruannete andmestikest. Sotsiaalmajanduslik analüüs koostatakse vastavalt Euroopa Komisjoni poolt tellitud kulude-tulude analüüsi juhendile „*Guide to cost-benefit analysis of investment projects*“ (vt European Commission 2014). Sarnaseid töid on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli magistrinäitajana, näiteks „Reidi tee ja Paldiski maantee ühenduse rajamine Tallinna kesklinna liikluskoormuse vähendamiseks“ (vt Veibri 2017) ja „Tallinna väikese ringtee tasuvusarvutus“ (vt Künnapuu 2009).

Tulemused ja järeldused on esitatud töö kolmandas peatükis. Metoodilises osas kirjeldatakse rakendatakse töö valimi suhtes. Töö analüüsi osas määratakse Tallinna tänavavõrgu arendamise mõju kogu linna liikluspildile – tuvastatakse uute lõikude kasutajate ulatus ning millistel tänavatel toimub liiklussageduste muutus. Lisaks arvutatakse sotsiaalmajanduslikus analüüsis liiklejaid mõjutavate tegurite ja peamiste tasuvusnäitajate maksumused. Selle põhjal saab teha järeldused, kas valimis esitatud tänavavõrgu arendamine on ühiskonnale kasulik investeering.

1. TEOREETILINE OSA

Läbimõeldud tänavavõrk ja selle arendamine on linnade edu aluseks. Samas on linna kavandamine keerukas katsumus, mille liikluse aspekti tulemit näevad ja tajuvad kõik liiklejad. Kui tipptunni liikumise nõudlust alati tagada ei suudeta, tekivad laialdasemad liiklusseisakud/ummikud ning suureneb raha- ja ajakulu. Käesoleva töö teoreetilises osas antakse ülevaade transpordiplaneerimise olemusest ja kirjeldatakse lühidalt selle teadusharu kujunemist. Kirjanduslikele allikatele tuginedes uuritakse tänapäeva suurlinnade liikuvuse probleeme ning kuidas suudaks tõhus transpordiplaneerimine need lahendada. Täpsemalt analüüsitakse Euroopa linnade, sh Tallinna transpordi arengukavasid, et anda ülevaade linnade tuleviku transpordiplaneerimise suundadest.

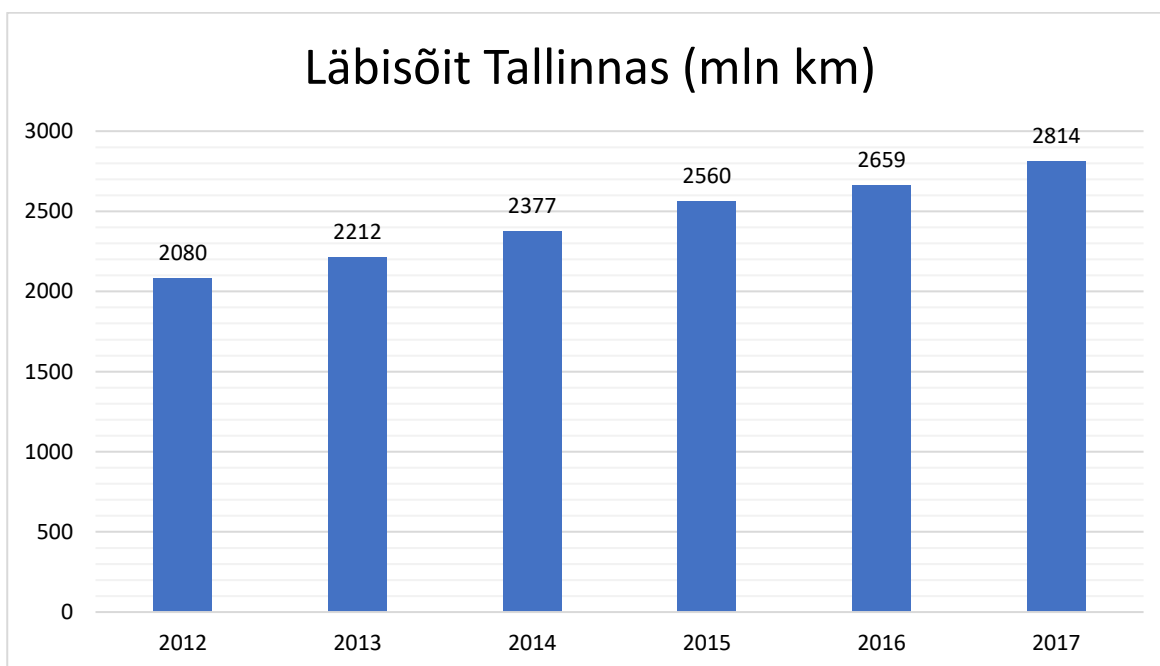
1.1 Transpordiplaneerimise kujunemine

Inimeste elustiil ja sotsiaalsed vajadused on sajandite jooksul muutunud, mis tähendab, et ka transpordi vajadused on teisenenud. Oma laiaulatuslikule olemusele on transport tänapäeva linnastunud riikides kesksel kohal. Inimesed liiguvad erinevatel põhjustel, näiteks töötamine, vaba aja veetmine, kaupluste külastamine jms. Lisaks on transpordi osatähtsus märkimisväärne äritegevuses, kus toimetatakse toormaterjale tootmis- või kasutuskohale ning kaup viiakse tehastest turule ja lõpp-tarbijani. Tänu transpordile saavad sellised tegevused toimuda. (Transport planning... 1997) Transport loob linnaruumis füüsilise ühendusi asukohtade vahel ning ühendab inimesi, seades samal ajal ka füüsilisi piire. (Tallinna Linnavalitsus 2007)

Transpordi ja infrastruktuuri pidev koos arenemine tagavad inimestele paremad liikumisvõimalused. Transpordi ja linna arengu vahel on tugev seos – arenenud transporditeenuste võrgustik toetab linnades keerulisi tegevusvorme. Transport võib edendada ja ka takistada üldist arengut – see tähendab, et elavas ja kasvavas linnapiirkonnas peaks uusi transpordisüsteeme ja -teenuseid laiendama ning rakendama. (Papacostas jt 2001) Tänavatel on palju funktsioone nii liikluse kui ka kohaliku kogukonna jaoks. (Southworth jt 1997). Sotsiaalsed arengud ja transpordi pakkumine on lahutamatus seoses ehk tänased transpordiga seotud probleemid peegeldavad sotsiaalseid vajadusi. Selle mõistmiseks tuleb silmas pidada, kuidas tänane maismaatransport, eriti teedevõrgustik on aja jooksul arenenud. (Transport planning... 1997) Tänavapaigutus ja kujundus on tavaliselt määratletud konkreetse maa-ala planeerimis- ja projekteerimisfaasis. Kui

infrastruktuur on loodud, siis seda ei ole lihtne muuta. Märkiväärne on asjaolu, et juba Rooma aegadest on liiklusohutus olnud tänava kujunduses ja disainis murettekitav. (Southworth jt 1997)

Autotööstuse arenguga on kasvanud erasõidukite arv. Statistikaameti andmetel oli 1921. aastal Eestis registreeritud kõigest 110 sõidukit ehk 10 000 elaniku kohta üks auto (Leesment 2018). Alates Teisest maailmasõjast on transpordi arenguid iseloomustanud nii reisijate kui ka kauba transpordi suurenemine üle kogu maailma, kasutades just autotransporti. Näiteks on Saksamaal sõitjate vahemaad kasvanud keskmisest 9 kilomeetrist (1950) 42 kilomeetrini ühe inimese kohta päevas 2015. aasta seisuga. Kauba transpordi kasv on olnud isegi märkimisväärsem – 286-st 5646 tonnini elaniku kohta. (Holz-Rau jt 2019) 2017. aastal oli Euroopa Liidu liikmesriikide keskmine kaubaveo vedamise distantss suurenenud 1,7% võrreldes 2016. aastaga. Suurimad kasvud oli Kreekas (21,9%), Eestis (10,0%) ja Prantsusmaal (8,4%). (Eurostat 2018b) Maanteeameti andmetel oli Eestis 2018. aasta juuli lõpu seisuga arvel 740 100 sõiduautot, seega iga teise Eesti elaniku kohta üks auto (Leesment 2018). Vastavalt Maanteeameti (2018) andmetele on Tallinnas läbisõit kasvanud aasta-aastalt ja kasv on olnud keskmiselt umbes 6% aastas (vt joonis 1.1).



Joonis 1.1 Läbisõit Tallinnas (Allikas: Maanteeamet 2018)

Transport on suutnud rahuldada inimeste igasugused liikumisvajadused, seda nii eraelu kui äritegevuse eesmärgil, kuid mugavus on kaasa toonud ka probleemid. Liikluse kasvu mõjutavad neli peamist tegurit (Papacostas jt 2001):

1. elanikkonna loomulik kasv

2. asukohamustrid (st elu-, töö-, kaubandus- ja meelelahutuskohtade ruumiline jaotus)
3. transpordi karakteristikud ja poliitika
4. üksikisikute ja kodumajapidamiste transpordikäitumine, mis avaldub nende käitumises, väljumisaegades ja marsruudi valikutes.

Lisaks on enamik liikluse kasvu mõjutavaid tegureid ajast sõltuvad.

Evolutsiooniline muutus transpordi arengus algas vana välja vahetamisega, järgides sotsiaalseid ja majanduslikke muutusi. Inimeste elu ja töö on samuti muutunud just tänu elustiili arenemise ja transpordi võimaluste tõttu. (Transport planning... 1997) 1910.-1930. aastate jooksul seisti esimest korda silmitsi autopõhiste liiklusummikute probleemiga. Liiklusummikud tekitasid juhtivatel kohtadel olevatele isikutele keerulisi probleeme. Autoga sõitvad inimesed kasutasid rohkem tänavapinda kui nende kaaskodanikud, kes liikusid jalgsi või ühistranspordiga. Lisaks tegid sõidukijuhid arvuliselt rohkem sõite võrreldes kergliiklejatega. Kohalikud ametnikud pöördusid abi saamiseks transpordiekspertide poole. (Brown 2006) Inseneridest ja planeerijatest koosnev ekspertide grupp muutis mootorsõidukite ülekülluse probleemi lahendamiseks transpordiplaneerimise teaduslikuks aluseks. Sellised mehed nagu Harland Bartholomew, Charles Cheney ja Miller McClintock arvasid paljude teiste hulgas, et teaduslik lähenemine annaks vahendid ja tehnika, mis on vajalikud ummikute probleemi püsiva leevenduse kavandamiseks. (Bartholomew 1924)

1910. kuni 1920. aastate vältel esitlesid transpordiplaneerijad end avalikkusele kui neutraalset ekspertgruppi probleemide lahendamiseks. Siiski määratleti transpordiprobleemi väga kitsalt, peegeldades vaid tellija soove. Probleemi defineerimisel sooviti kiirendada mootorsõidukite liikumist ja vähendada liiklusummikuid, samas ei suudetud küsida, kas see oli tõesti keskne probleem. Vaatamata asjaolule, et tollaegsed transpordiplaneerijad ei suutnud kõrvaldada ummikuid, jätsid nad transpordiplaneerimise kutsealale kustumatu märgi, luues uusi töövahendeid, nagu liiklusuuringud ja tänavate klassifitseerimise skeemid ning hilisematel aastakümnetel lisandusid reisikäitumise uuringud, soovitud marsruudid ja arvutipõhised liikusmudelid, mis domineerivad jätkuvalt tänases praktikas (Kemp 1986). Seda tehes muudeti transpordiplaneerimine laiaulatuslikust kitsaks tehniliseks küsimuseks, mis puudutas peamiselt mootorsõidukite liikumise hõlbustamist, ning see avaldas tugevat mõju linnaarengu kulgemisele. (Brown 2006)

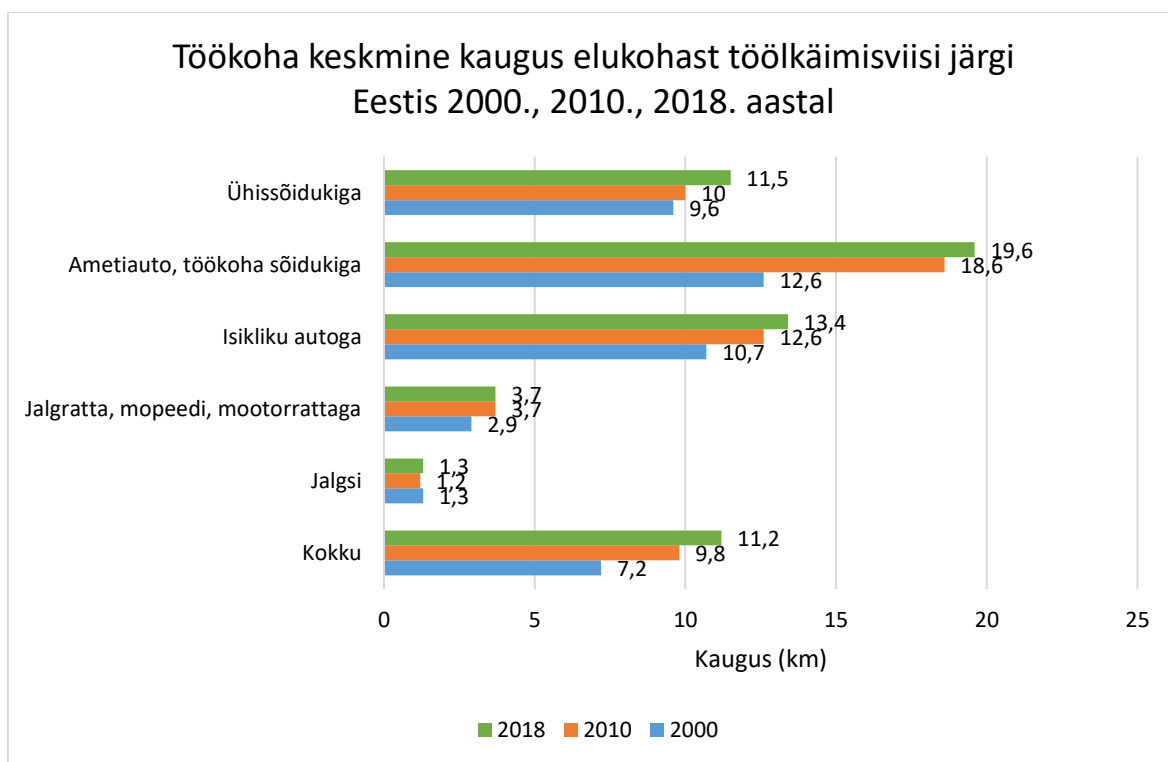
1.2 Ligipääsetavususe vajadus linnaruumis

Ligipääsetavust on võimalik tõlgendada mitmeti. Esimene keskendub liikuvusele või reisimisvõimele. Seda kontseptsiooni hindavad eriti transpordi insenerid, kes keskenduvad liiklusvoogude aspektidele ning nende voogude jaotusele alguspunkti ja sihtkohtade vahel, võttes arvesse näiteks keskmist kiirust või prognoositavat otsest reisi kulu. Teine lähenemisviis juurdepääsetavusele keskendub rohkem erinevates kohtades asuvate kaupade ja teenuste lihtsale kättesaamisele. (Pulawska 2014) Ligipääsetavuse kontseptsiooni uurides ilmneb, et transpordi läheduse idee on üsna sarnane kesksuse mõistetele. Handy ja Niemeier (1997) väidavad, et ligipääsetavus sõltub võimalike sihtkohtade ruumilisest jaotusest, iga sihtkoha jõudmise lihtsusest ning seal leitud tegevuste ulatuslikkusest, kvaliteedist ja iseloomust. Sellest tulenevalt võib ligipääsetavuse idee laiendamisel vaadelda ruumiliselt jaotatud tegevusi „sõlmedena” ja seeläbi seostada kesksuse ideega. (Rubulotta 2013).

Ligipääsetavus määrab asukohapiirkonna eelised võrreldes teise piirkonnaga. Tsoon on ligipääsetavam, kui see asub teiste hulgas ja on nendega hästi seotud. (*Ibid.*) Transpordi juurdepääsetavus on ruumianalüüsis kasutatav põhiparameeter ning seda on määratletud transpordisüsteemi mõjuna (Pulawska jt 2014). Ühenduvus transpordiplaneerimise kontekstis viitab transpordi marsruudi erinevate süsteemide või transpordisüsteemide vahelise reisimise lihtsusele, ajale või maksumusele. Lihtsustatult on ühenduvus kahe süsteemi vahelise juurdepääsu vorm. Ühenduvust ja ligipääsetavust iseloomustab järgnev näide. Valitakse kahe projekti vahel: ehitada lisarada ülekoormatud magistraalil või ehitada sild üle jõe, mis eraldab kahte erinevat regiooni. Esimese projekti puhul väheneks reisiaeg ning suureneks reisiaja kindlus, samas ei muutu reisiharjumused, sest sama teed kasutatakse endiselt edasi. Teise projekti puhul, mis loob uue seose kahe majanduse vahel, tekivad eelised teistsugusel viisil, sest väga tõenäoliselt muutuvad sõiduharjumuse mudelid pärast projekti lõppu. Lisaks ligipääsetavuse parandamisele annab uue silla investeering võimaluse ka majanduslikuks kasvuks ühendatud piirkondades. Sellisel juhul annab laienenud turu ulatus võimaluse uutele majanduslikele sidemetele ja tootlikkuse kasvule. Juurdepääsetavus ja ühenduvus on kohalikule majanduskasvule olulised uurimisteedad, sest paljud transpordisüsteemi laiendamise- või arendusprojektid on osaliselt õigustatud nende suutlikkuse suurendamiseks. (Alstadt jt 2012)

Liikuvuse parandamine on olnud mitmete linnade eesmärk, sealhulgas ka Tallinnas. Alates 1989. aastast on endiste Euroopa sotsialistlike riikide linnapiirkonnad läbinud märkimisväärse ümberkorraldusprotsessi, liikudes pigem säästvas suunas ruumilise struktuuri, roheline keskkonna,

linnatranspordi planeerimisel ja ehituspraktikas (Harloe 1996, Hirt 2013, Hirt ja Stanilov 2009). Siiski on riigid ning üleminekuprotsessidele kuluv aeg erinevad (Tosics 2005). Vastavalt Tallinna üldplaneeringule (Linnaplaneerimise Amet 2001) on vaja kesklinna liikluskoormust ja transiiti vähendada. Otto ja Anderson (1995) täheldanud, et linna keskusest ümbersuunatud teede kasutajad tunnetavad nii sõiduaja ja -kulu vähenemist aga ka liiklusohutuse kasvu. Lisaks tajutakse liikluse suunamist eelisena, kuna see muudab kesklinna vaiksemaks, turvalisemaks ja meeldivamaks ostukohaks (Srinivasan jt 2000). Linna keskuses püütakse autokasutust vähendada ning suurendada alternatiivsete liikumisviiside, nagu jalgsikäigu, jalgrattasõidu ja ühistranspordi kasutust. Jalgrattaga läbitud vahemaad on üldised väiksed ja jäävad vastavalt Statistikaameti andmetele (Statistikaamet 2018) kuni 4 km ulatusse (vt joonis 1.2).



Joonis 1.2 Töökoha keskmine kaugus elukohast töökäimisviisi järgi Eestis (Allikas: Statistikaamet, 2018)

Tallinna kesklinnas, kus soovitakse vähendada autokasutust ja transiiti, on jalgrataste ja ühistranspordi kasutamine hea alternatiiv. Enamus bussiliine algavad, lõppevad ja/või läbivad kesklinna. Lisaks on Tallinnas kokku 273 km (Tallinna Linnavalitsus 2019) jalg- ja jalgrattateid, millest enamus on just kesklinna piirkonnas. Muuhulgas pakutakse ka rattarendi võimalusi. Üha enam on linnades levinud jalgrattajagamise programmid, mis oma uuenduslikkusega parandavad säästva transpordi võimalusi. (Fishman jt 2014) Maailmas üle 700 jalgrattajagamise programmi (Meddin ja DeMaio 2014). Need programmid on mõeldud ka linnade keskkonnasõbralike aspektide

tutvustamiseks ja turustamiseks ning neis võidakse kasutada seatud liikuvuse eesmärgid seoses sõltuvusega tervisele ja fossiilkütustele (Bachand-Marleau jt 2012). Ehkki jalgrattajagamise programmid on eksisteerinud peaaegu pool sajandit, on viimasel kümnendil toimunud nii nende levimus kui ka populaarsus kogu maailmas (Larsen 2013).

Geurs jt (2001) määratleb juurdepääsetavust kui ruumilise ja transpordisüsteemi pakutavat meedet, võimaldades üksikisikute tegevustel/liikumistel (üksuste rühmadel) või kaupade tarnimisel kasutada ühte transpordiliiki või erinevate transpordiliikide kombinatsiooni. Teadusuurijad rõhutavad juurdepääsukontseptsiooni määratluses kahte komponenti: transporti ja maakasutust (*ibid*). Seega on transpordi ja linnaplaneerimine väga lähedalt seotud. Tallinna üldplaneeringu (Linnaplaneerimise Amet 2001) eesmärgiks on linna keskuses autokasutust ja transiiti vähendada, kuid linnaosade vahelist ühendust ja juurdepääsetavust säilitada ning parandada. Selle eesmärgi täitmiseks on vaja luua uusi ühendusteid, mis ei läbiks kesklinna.

Transpordi infrastruktuuri arendamine suurendab linna ja kogu riigi mainet ning mõjutab otseselt linnaarengu ja transpordipoliitika rakendamist (Griškevičiūtė-Gečienė 2012). 1829. aastal esitas John Claudius Loudon ettepaneku Londoni linna disainimiseks. Tõllal oli London 1,5 miljoni elanikuga tugev ja kasvav linn, kus esines liiklusummikuid nii linna keskuses kui äärealadel. Kuigi Loudon ei käsitlenud oma ettepanekutes liiklusummikute probleemi, kujundas ta põhimõtteliselt tänased arteriaalsed – sirgemad ja laiemad – tänavad, mõeldes kasvavale, saastavale keskkonnale ja püüdes tagada võimalikult mugavat ligipääsetavust. (Bouche 2017)

Linna üldine planeerimine on väga tihedalt seotud transpordiga. Transpordiplaneerimine hõlmab tänavavõrgustiku rajamise hindamist ja valikute tegemist, et teenindada praegust ja tulevast maakasutust. Näiteks nõuab uue kaubanduskeskuse, lennujaama või konverentsikeskuse ehitamine täiendavaid transporditeenuseid. Samuti loovad uus elamuarendus, bürooruumid ja tööstuspargid täiendavat liiklust, mis nõuab teede ja ühistransporditeenuste edasi arendamist. Protsessis tuleb arvesse võtta ka muid kavandatavaid arenguid ja muudatusi, mis toimuvad planeerimisperioodil. Oluline on andmete kogumine ja liikluse prognoosimine. (Garber 2014) Maakasutuse ja transpordi vastastikmõju mudelid on probleemide lahendamisel efektiivsed ning nende abil on võimalik ennustada uue infrastruktuuri mõju transpordisüsteemile (Acheampong jt 2015). Bourguignon ja Ferreira (2003) rõhutasid, et kuigi *ex-post* ehk järelanalüüsi käigus uuritakse olukorda pärast muudatuste rakendamist, on oluline hinnata vastandlike linnaplaanide võimalikku mõju. Oleks kasulik, kui linnaplaneerijad hindaksid iga alternatiivse kava maksumust ning millist aspekti ja kui palju see mõjutaks iga alternatiivi puhul. Arvatakse, et ilmselt esimese inimeste linnas

liikumist käsitleva uuringu viis 1950.aastatel läbi Chombart de Lauve, kes hiljem leidis paljudes teistes riikides järgijaid. Tema uuritud ruumilise käitumise mustrid määrasid suures osas sotsiaalsed tegurid ning linna ruumilise funktsionaalse struktuuri ja subjektiivse taju erinevused. (Carling jt 2017) Alates Hägerstrandi (1968) ajalise geograafia soovitusel on liikluse ja linnaelu igapäevaelu rütme uuritud ja modelleeritud geograafide, logistikaekspertide ja inseneride poolt (Newsome jt 1998, Axhausen jt 2002, Woudsma 2001, Bromley jt 2003). Erinevate uuringute tulemusi on kasutatud linnaelu kvaliteedi mõistmiseks ning avalike teenuste ja juurdepääsetavuse paremaks korraldamiseks (Weber jt 2002). Samas ei ole ühtegi linna kujundatud selliselt, et transpordiprobleeme ei ilmneks. London ja Pariis, mis on oma erinevate transpordilahendustega eeskujuks, on kõige suuremate ummikutega linnad Euroopas (TomTom... 2019).

Linlaste liikuvus võib suurel määral mõjutada ruumilise struktuuri arengut. Kitsas tähenduses on liikuvus inimeste võime oma igapäevaelus liikuda. Selles kontekstis saab rääkida potentsiaalsest liikuvusest (sellest, kui kergesti inimene võiks seda teha) ja tegelikku liikuvust (mis kirjeldab liikumisi, mida tehakse teiste inimeste ja rajatiste külastamisel) (Goodall 1987). Laiemas lähenemisviisis tähendab liikuvus kõiki elanikkonna liikumise kategooriaid. Linnaelanike liikuvus hõlmab peamiselt lainetena korratavat, tsüklilist ja nõutud liikumistüüpi, st need kuuluvad ringluse mõiste alla. Elanikkonna liikuvus on tingitud kolmest põhitegurist: (1) elanike vajadused ja vajalikud tegevused, (2) elanike sotsiaalne mitmekesisus ja (3) linna ruumiline struktuur. (Parysek jt 2016)

Põhiliikumine hõlmab selliseid kohti nagu kodu, töökoht või haridus-, kaubandus- ja teeninduskohad jne. Ruumilise liikuvuse mõõde sõltub ühest küljest elukohast ja sihtkohtadest ning teiselt poolt vanusest, soost, sotsiaalsest seisundist, huvidest, tervisest jne. Nendel põhjustel erinevad õpilase ruumilised suhted (liikumised) üliõpilase omadest, kontoritöötaja liikumised kaugtööd tegeva inimese, pensionäri, terve või haige isiku, üksikvanema jne omadest. (Carling jt 2017)

Ruumi ja transpordi põhjuslike seoste aruteludes mängib olulist rolli planeerimise valdkond. Teema käsitleb kahte küsimust. Ühelt poolt võib ligipääsetavuse parandamine infrastruktuuri arendades kaasa tuua autostumise kasvu, mis muudab omakorda linna hajutatuks, madala tihedusega ja vähem integreeritud kohaks. Teisest küljest on sama tüüpi linnade arengu aluseks just teedehitus, kasvav autoliiklus ja läbitavate vahemaade pikenedamine. (Holz-Rau jt 2019) Makido, Dhakal ja Yamagata (2012) leidsid, et linnades korreleeruvad erasõidukite ja ühistranspordi süsinikdioksiidi heitkogused elaniku kohta märkimisväärselt linnavormi ruumiliste muutustega: elanike ruumiline jaotus ja nende reisisuhted. Linnaplaneerimisel, eriti maakasutusel elamupiirkondades, on

oluline roll linna struktuuri kujundamisel ning see mõjutab oluliselt liikuvuse nõudlust (eriti autode puhul) (Carling jt 2017). Charlotte'i linn Ameerika ühendriikide Põhja-Carolina osariigis on loonud transpordipoliitika, mis rõhub tänavate süsteemi ühenduvusele, mille eesmärk on pakkuda mitmeid marsruute ja ühendusi alg- ja sihtkohtade vahel. Ühenduvus on oluline, sest tugevalt ühendatud tänavavõrk võib oluliselt vähendada sõidupikkusi, vähendades seeläbi sõidukite läbisõidu arvu, mis omakorda vähendab heitkoguseid. (Ewing jt 2016) Kuigi linnapiirkonnad erinevad mandrite, riikide ja linnade lõikes, on elanike ruumilise jaotuse, linnaplaneerimise poliitika, maastiku, kultuurilise tausta ja majandusliku seisundi jms tõttu linnastumise ja kasvuhoonegaaside heitkoguste suhe üldjoontes erinevates kontekstides uuritud, ning linnaplaneerimine ja -juhtimine on keskkonda kahjustava mõju leevendamisel otsustava tähtsusega. (Carling jt 2017)

Teadlased on uurinud seost ka majandusliku ülemineku, linnamaastiku muutuste ja kohalike transpordisüsteemide vahel (Mrkajić jt 2016). Näiteks täheldavad Hirt ja Stanilov (2009), et kiire majanduskasvu strateegiad on aidanud kaasa erasõidukite arvu omandiõiguse kiirele tõusule, investeringutele maanteedehitamisega ja parkimisse ning haljasalade ja avaliku ruumi vähendamisse. Leibkondade sissetulek on otseses seoses nii igapäevase kui ka kaugreiside sõidu distantside ja transpordiliikide valikuga. Holz-Rau, Scheiner (2019) analüüsisid suurima ja madalaima sissetuleku kategooriate erinevust. Uuringust järeldeb, et aastane igapäeva tegevuste distants inimese kohta on 3500 km, pikamaa reise pikkus ühe inimese kohta aastas on 7700 km (Holz-Rau jt 2014). Need erinevused tulenevad eelkõige autode ja lennukite osas (Reichert jt 2014). Sellest järeldeb, et pikaajaline elatusaseme suurenemine on seotud läbitud vahemaade suurenemisega (Dargay 2007), igapäeva tegevused tehakse sõiduautodega ning pikamaareisid lennukitega. Kirjanduse ülevaade tulude paidlikkuse teemal viitab sellele, et lühiajalises perspektiivis on nõudluse ja sissetuleku paindlikkus 0,4 ja pikemas perspektiivis 1,0 sõiduki omandi ja kütusekulu osas (Goodwin jt 2004). Fouquet (2012) leiab, et Ühendkuningriigis on reisijateveo puhul sama tugev sissetuleku paindlikkus (0,8). Sellised tulemused seavad kahtluse alla väite, et majanduskasv ei ole transpordi kasvuga seotud, kuigi see on paljude uurimistöõde keskmes (Garceau jt 2014). Kiired majanduskasvu strateegiad on toonud kaasa uue linnatranspordi kriisi, kus suurenenud õhusaaste, müra, ummikud ja parkimispuudus on otseselt tingitud erasõidukite arvu kasvust (Mrkajić jt 2016).

Linnast väljas elavad ja Tallinnas töötavad inimesed kasutavad liikumiseks üldjuhul sõiduautot ja SPM (sotsiaalse positsioneerimise meetod) analüüsi andmetel kasutavad nad tänavatevõrku mitu korda intensiivsemalt kui linnas elavad inimesed. Linna äärealadele kolinud perekonnad sõltuvad autost (Ahas jt 2007), mistõttu on nad Tallinnas kasvavate liiklusprobleemide ja haldusprobleemide

peamiseks allikaks. (Ahas jt 2010a) Täna on keskmised vahemaad Tallinna linnastus väikesed, aga eeslinnlaste liigutud kilomeetrite hulk on sellest hoolimata suhteliselt suur: keskmiselt 60 km päevas, aktiivsemal 10% elanikest aga üle 100 km päevas. Tallinna uusasumi elanike ökoloogiline jalajälg on juba täna suurem kui Euroopa suurlinnade keskmine.

1.3 Linnatranspordi probleemid ja nende võimalikud lahendused

Mitmed transpordiprobleemid saastavad kaasaegset linnakeskkonda. Kõige levinumad põhjustajad on liiklusummikud ning nendega kaasnevad mõjud. Liiklusummikud tekivad fikseeritud läbilaskevõimega teedevõrkudel, kui liiklussagedus kasvab üle 90% määratud tasemest. Selle tulemusena halveneb teenustase, mis on tavaliselt kiiruse või hilineamise näitaja, vastuvõetamatule tasemele. (Papacostas jt 2001) Liiklusummikute mõju on mitmekordne, need hõlmavad järgmist:

1. väärtusliku aja kaotamine
2. suurenenud kütusekulu
3. õhusaaste suurenemine (nii siseõlemismootorite töötamise ajal kui ka liiklusseisakute ajal tekkinud täiendavaate kütuste ja mürgiste gaaside tõttu)
4. sõidukite mootorite kulumise suurenemine
5. suure potentsiaaliga (tavaliselt väikese mõjuga) liiklusõnnetused
6. aeglane ja ebaefektiivne hädaolukordade lahendamine ja kaubaveoteenuste piirangud
7. negatiivne mõju inimeste psühholoogilisele seisundile, mis võib mõjutada tööviljakust ja isiklike suhteid

Ükski meede ei suuda üksi lahendada liiklusummikute probleeme. Meetmete kombinatsioon aitab tavaliselt viivitusi stabiliseerida mitme aasta vältel. On tehtud ulatuslikke korrekture, kuid need piirduvad pigem väikeste võrguosadega või kitsaste koridoride korrigeerimisega kui tervete piirkondadega. Enne tõmbe- ja tõukemeetmete esitamist tuleks mainida kahte ebatraditsioonilist vaadet ummikutest. Üks viitab sellele, et liiklusummikud on linna elujõulisuse positiivne näitaja. Edukates piirkondades on liiklusummikud, samas kui vähem arenenud linnapiirkondades ei ole. Teine seisukoht on, et ummikud on iseorganiseeruv probleem. Teisisõnu, kui ummikuid ei kontrollita, siis halvimal juhul on tänavad tiptunni ajal ülekoormatud. Seetõttu muudavad inimesed „loomulikku“ režiimi, tühistades sõite, planeerides tegevusi erinevalt või muutes elukohta tööle ja koolile lähemale. (*Ibid*)

Liikuvus on vajalik selleks, et inimesed saaksid rahuldada mitmeid vajadusi, kusjuures peamine osa on linnalähedane liikuvus elukohtade ja tömbekeskuste vahel (Carling jt 2017). Laialivalgunud linnas suureneb transpordivajadus, kogu tehiskeskonna ruumivajadus ning samal ajal väheneb ühistranspordi efektiivsus (Tallinna Linnavalitsus 2007a). Tõhusad transpordivõrgud on riikide äärealadel ja hõredalt asustatud kohtades hädavajalikud (Bergholm 2007). Vastavalt Statistikaameti andmetele (2018) saab öelda, et mida kaugemal on elukoht töökohast, seda enam kasutatakse tööl käimiseks mootorsõidukit. Sellest tulenevalt on madala rahvastikutihedusega linnades transpordivõrgu arendamine ligipäätavuse tagamiseks väga oluline.

Valglinnastumise areng on kiire ja jätkuv protsess Ida-Euroopa linnades, sealhulgas Tallinnas. 2010. aastal läbi viidud regionaalse pendelrände uuringu andmetel liigub Tallinna ja ümbruskonna valdade vahel igapäevaselt koguni 39 000 inimest (Ahas jt 2010b) põhjuseks on inimeste kolimine linna äärealadele suvilatesse, uuselamurajoonidesse, satelliitlinnadesse ja maamajadesse. Linnast välja, odavamale maale kolivad ka teenindus, äri ja tootmine. Niisugused protsessid on intensiivselt toimunud viimase 10 aasta jooksul. See toob kaasa olukorra, kus linna funktsioonid hajuvad koos inimestega ja üldine linnaruum hõreneb. (Tallinna Linnavalitsus 2007a) Uuringud näitavad, et linna äärde kolinud on kõige aktiivsemalt väikeste lastega jõukad ja kõrgelt haritud pered. Tammaru (2005) on leidnud, et linnalähedaste perede keskmine sissetulek inimese kohta peaaegu kaks korda kõrgem ning kõrgharidusega inimeste osakaal on Tallinna linna keskmisest palju kõrgem. Parimad maksumaksjad lahkuvad linnast oma maksudega. 2007. aasta seisuga on uusasumitesse kolinud hinnanguliselt üle 17 000 elaniku, kellest suurem osa elas varem Tallinnas, mis on 5% linna kogurahvastikust. (Tallinna Linnavalitsus 2007a)

Jätkusuutlikuma liikuvuse suunas liikumiseks on vaja mõningaid ennetavaid meetmeid, samas ei suuda ükski meede üksi midagi muuta ning olukorra leevendamiseks tuleb kasutada mitmeid tõuke ja tõmbe meetmeid. Habibian jt (2011) määratlevad, et tõmbepoliitika soodustab autode mittekasutamise võimalusi, muutes need atraktiivseks auto kasutajatele; sellised poliitikavaldkonnad hõlmavad ühistranspordile orienteeritud arengut, tänavate taastamist ja bussi kiiret ühendusaega. Vastupidiselt on tõukepoliitika selline, mis takistab autode kasutamist, muutes selle vähem atraktiivseks; nende poliitikate hulka kuuluvad teemaksud, parkimistasud ja muude maksude rakendamine. (Dumbliauskas 2019)

Tõukestrateegiad ummikute vähendamiseks hõlmavad ummikute ja parkimise hinnakujundust, piiranguid sõiduki omandiõiguse ja kasutamise suhtes ning muid stiimulit lisavate ja tõrjuvate põhimõtete kasutamist. Kõigi selle kategooria tegevuste eesmärk on muuta liiklusharjumusi nii, et

reisi nõudlus väheneks või lülituks teistesse transpordiliikidesse, teistele aegadele või muudesse kohtadesse, kus on rohkem suutlikkust. (Papacostas jt 2001)

Parkimise maksustamine ja piiramine vähendavad erasõidukite kasutamist teatud piirkondades. Nõudlusega äärmiselt ebaproportsionaalsetes olukordades võib see siiski põhjustada ummikuid, mis on tingitud tühja parkimiskoha otsimisest. Teine võimalus, töötajate parkimiskoha väljaostmine kohaliku omavalitsuse poolt, võitleb ummikute ja laialdaste õhukvaliteedi probleemidega, pakkudes parkimiskohta raha vastu. (*Ibid.*)

Ummikute hinnakujundus on autojuhtidele nende sõidu jaoks otsese tasu kehtestamine (nii infrastruktuuri maksumuse kui ka ummikute ja keskkonnamõjude funktsioonina). See põhineb tiptunni hinnakujunduse põhimõttel, mis on olnud laialdaselt kasutusel lennufirmade, puhkuse-, restorani- ja kommunaalteenuste (telefoni- ja elektritööstuse) tööstuses. Ummikute hinnakujundus võib (*Ibid.*):

1. suunata inimesed teistesse transpordivahenditesse (ühistransport, autojagamine, taksod),
2. tuua kaasa mittetähtsate liikumiste tühistamise tiptundidel ja väljumisaja või marsruudi muutmise,
3. koguda piisavalt rahalisi vahendeid tänavate remondiks,
4. kaasa tuua ühistranspordi subsideerimise (toetamise).

Linnades, kus on ummikumaksu rakendatud, on liiklussagedus maksustavas piirkonnas vähenenud. Heaks näiteks on Stockholm, kus sõidukite liikumine linna keskusesse ja sealt tagasi oli stabiilne kuni ummikumaksude kehtestamiseni aastal 2006. Kesklinna tänavavõrgu läbilaskvus oli ammendunud ja rohkemate sõidukite keskusesse sisenemine oleks tõsiselt ohustanud üleüldist juurdepääsetavust. Ummikumaks on suutnud säilitada reisiaja usaldusväärsuse ja panustanud kokkuvõttes linnakeskkonda. Liiklus kogu piirkonna keskvööndis (Stockholmi linna, Solna linna ja Sundbybergi omavalitsuse ümber) on alates ummikumaksu kehtestamisest 2006. aastal stabiliseerunud, vaatamata elanikkonna jätkuvalle kasvule selles piirkonnas. See võib olla tingitud madalamast kasvust väljaspool piirkonda kui piirkonna sees. Ummikumaks on aidanud Stockholmis vähendada transiiti, kuid kõik probleemid ei ole veel lahenenud. (Stockholm City 2012)

Üldiselt on säästev liikuvus lai mõiste ja Banister (2008) sõnul soodustab see mitte ainult liikluse ümbersuunamist, vaid ka reisi vähendamist ja transpordisüsteemi suuremat tõhusust. Peamine lähenemisviis, mis aitab saavutada transpordisüsteemide jätkusuutlikkust, on reisinõudluse

juhtimine (tuntud ka kui liikuvuse juhtimine), mille eesmärk on edendada säästvat transporti reisijate käitumise muutmise kaudu (Santos jt 2013, Kepaptsoglou jt 2012).

Tõmbestrategia liiklusprobleemide lahendamiseks on maakasutuse planeerimine ja poliitika ehk saavutatakse olukord, kus inimestel puudub vajadus teha kõiki liikumisi autoga. Sellel on potentsiaal kontrollida ülekoormatud koridorides liiklevate suuremate liikluseteketajate arvu ja kasvu, luua mõistlik maa jaotamine edasiseks arenguks, arvestades praegusi piiranguid ja transpordivõrgu laiendamisekavasid ning tagada tasakaalustatud tööhõive ja elamuarendus, vähendades seeläbi pikki kodusõite. (Papacostas 2001)

Läbisõidu mahu vähendamiseks tuleb lühendada sõitude kogupikkusi ja/või muuta modaaliaotust auto kasutuse vähenemise suunas. Vähemalt laias tähenduses tundub avalikkus olevat suhteliselt üksmeelel selle üle, millised on peamised strateegiad või vahendid linnade maakasutuse ja transpordisüsteemide planeerimisel ja arendamisel antud eesmärgi saavutamiseks. Neid võib lihtsustada ja rühmitada nii, et need soodustavad maakasutuse arendamist, mille tulemusena väheneb autode kasutus, vältides linnastumise levikut („õigeid“ asukohti erinevatele funktsioonidele). Eesmärgi saavutamise erinevad vahendid on (Tennøy 2010):

1. liiklusele füüsiliste ja maksupiirangute kehtestamine (nt läbilaskevõime vähendamine või piirangute seadmine teedele ja parkimisele, teemaksude ja tasulise parkimise hinnakujundus, liikluseeskirjad),
2. ühistransporditeenuste parandamine (nt täiustada teenuseid: sagedus ja maine; füüsiliste vahendite rakendamine: bussirajad, tõhusamad terminalid, maakasutus)
3. jalgsi ja jalgrattasõidu tingimuste parandamine (nt tihe maakasutus, jalgrattarajad, kõnniteed, liikluseeskirjad, vähendatud liikluskiirus).

Litman (2003) on koostanud väga hästi läbimõeldud ülevaate kõikidest meetmetest ning on kättesaadav transpordi spetsialistidele, poliitikutele ja üldsusele veebipõhise entsüklopeedia kaudu. See teave on ekspertide poolt läbi vaadatud ja seda laiendatakse ja ajakohastatakse regulaarselt.

The Smarter Cambridge Transport organisatsioon on teinud mitmeid ettepanekuid, kuidas vähendada Cambridge piirkonnas liiklusummikuid ning sellest tingitud õhusaastet. Mitmed ettepanekud on rakendatavad ka teistes linnades. Näiteks võib kehtestada töökohtade juures parkimistasusid, arendada jalgrattateede võrgustikku, optimeerida kaubavedu jms. Muuhulgas soovitati arendada vastupidav teedevõrgustik, kus on arvestatud ümbersuunamisvõimalustega.

(Reducing Traffic... 2016) Transpordi infrastruktuuri arendamine suurendab linna ja kogu riigi prestiiži ning mõjutab otseselt linnaarengu ja transpordipoliitika rakendamist.

1.4 Teedevõrgu planeerimise põhimõtted linnades

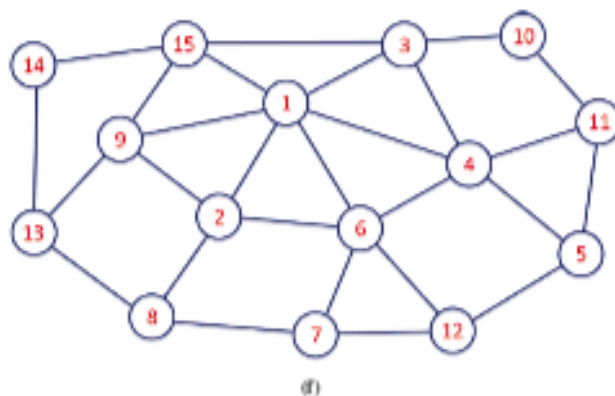
Teedevõrgu planeerimine on üldiselt seotud kahe eraldi ajaga. Esimena on rõhk lühiajalisel, mida saab rakendada ühe kuni nelja aasta jooksul. Need projektid on mõeldud olemasolevate rajatiste tõhusamaks muutmiseks. Teise ajavahemiku jooksul käsitletakse piirkonna pikaajalisi transpordivajadusi ja määratletakse järgneva 20 aasta jooksul ehitatavad projektid. Lühiajalised projektid hõlmavad fooriprogrammi muutmist, et liiklusvoogu parandada, autode ja kaubikute liikluse suunamist, et vähendada ummikuid, pargi ja reisi parklate rajamist, et suurendada ühistranspordi osakaalu ja ühistranspordi parandamist. Pikaajalised projektid hõlmavad uute tänavate rajamist, täiendavate bussiradade või sõiduradade ehitamist, kiirete ühistranspordi süsteemide laiendust või juurdepääsuteede rajamist lennujaamadele või kaubanduskeskustele. (Garber 2014)

Euroopa tasandil keskendutakse transpordipoliitikale üleeuroopalise transpordiliikide ühendamise optimeerimisele, suurendades koostalitlusvõimet ja ühenduvust (Mulley jt 1999). Valges raamatus (European Commission 2001) kutsuti üles eraldama maanteetranspordi kasvu majanduskasvust, piiramata liikuvust, vaid propageerida transpordisüsteemi tõhusamat kasutamist. Valge raamatu vahekokkuvõtte nõuab transpordipoliitika vahendite laiemat ja paindlikumat kasutamist, et vähendada transpordi kasvuga kaasnevaid negatiivseid keskkonnamõjusid ja muid mõjusid (European Commission 2006). Uued lähenemisviisid transpordiplaneerimise tavadesse on erinevates rõhuasetustes vastavalt Euroopa piirkondadele. (Hull 2008)

Teedehitus hõlmab kõiki ühiskonna aspekte ning nõuab suuri maa-alasid ja palju investeeringuid, mistõttu on oluline planeerida teedevõrgu ehitust. Sellise planeerimise eesmärk (Jie jt 2006) on määrata kindlaks, millal ja kus teed ehitada ja millised on nende ulatused, marsruudid ja tehnilised standardid, sealhulgas arvestada kogu teedevõrgu ulatust, paigutust, vajadust jne (Zheng 2018). Väljaspool linnakeskust peab magistraaltänavaid lisanduma eelkõige selleks, et liiklusvooge hajutada ja tekitada liiklejatele rohkem valikuvõimalusi (Tallinna Linnavalitsus 2007b). Ebaefektiivne tänavavõrgu kitsendamine võib avaldada märkimisväärset mõju teenindustasemele, näiteks hädaolukordade puhul võib see endaga kaasa tuua katastroofilised tagajärjed (Immers jt

2004). Tänavate ühendusnõuete eesmärk on siduda kõrvuti asuvad arendused ja arendamata osad, parandades seega üldist transpordivõrgu läbilaskvust, vähendades sõidukite läbisõitu ja operatiivsõidukite reageerimise aega (El-Rashidy 2016). Tänavad omavad tähtsat rolli piirkondliku transpordi parandamisel. Oluline on uute projektide puhul keskenduda kõikide transpordiliikide arendamisele ja sihtkohtade vaheliste ühenduste parandamisele, sealhulgas jalgsi, jalgrattasõitu ja ühistransporti soodustavatele tänavatele. (Ewing jt 2016)

Amini, Peiravian, Mojarradi ja Derrible (2016) analüüsisid, millised erinevad tänavavõrgusüsteemid on linna keskkonnas kõige tõhusamad. Analüüs näitas, et ummikuvabades tingimustes toimivad kõik võrgud sarnaselt. Kuna eksperimendi käigus liiklusmaht (st ummikud) aga suurenesid ja tingimused jõudsid kriitiliste tasemeteni, hakkasid erinevad võrgud näitama oma toimimises olulisi erinevusi. Kõige paremini, ka kriitilistes tingimustes, toimis W2 võrk, kuna selle struktuur absorbeeris ja jaotas oma ühenduste kaudu rohkem nõudlust. joonis 1.3. Projekteerimisprotsessis on olulised maa-alade ja tõmbekohtade vahelised sõiduajad (Gulhan jt 2018).



Joonis 1.3 Efektiivne transpordivõrk (Allikas: Amini jt 2016)

Parysek ja Mierzejewska (2016) soovitasid liikuvuse parandamiseks rajada linnaringteede ehitussüsteem, et piirata transiitliiklust ja selle intensiivsust linnas ja parandada keskkonnakaitset. Positiivne näide linna ümbersõidust pärineb Rootsist. Stockholmi ümbersõit suunab ümber piirkondliku liikluse, mis ei pea läbima Stockholmi keskosa ning võimaldab vähendada kohalikel teedel liiklussagedust. Läbiv liiklus ei koorma enam linnaosade tänavaid, jättes koos ühistranspordiga ruumi suuremale kohalikule liiklusele. Suured tuleviku investeeringud linna ümber rajatavatesse ringteedesse tekitavad ruumi säästvale liikumisele ja atraktiivsele linnakeskkonnale. See on Stockholmi linna 2030. aasta visiooni ja linnaplaani keskmes. Uued ringteed pakuvad atraktiivseid alternatiive, kuid läbisõidu suunamiseks on vaja veel täiendavaid meetmeid.

Stockholmi ümbersõidu ja teiste uute teede poolt pakutava liiklussageduse vähenemise saavutamine ja säilitamine nõuab proaktiivset planeerimist, et jaotada läbilaskevõimet maantee- ja tänavavõrgustiku vahel. Tõenäoliselt hõlmab see ka rahaliste stiimulite rakendamist nagu ummikumaks ja parkimistasud. (Stockholm City 2012)

Kuigi transpordiplaneerimine on liikunud terviklikuma lähenemisviisi suunas, on see endiselt väga tugevalt seotud infrastruktuuri investeringutega (The Four Step... 2008). Viimaste aastakümnete jooksul on Rootsi riiklikus transpordipoliitikas investeringute funktsioonile suunatud lähenemisviisi põhielement, et riiklik transpordiplaneerimine peaks lähtuma nn neljaetapisest põhimõttest. See põhimõte, mis algselt kehtestati ja arendati endises Rootsi Maanteeametis 1990. aastatel ja hiljem parlamendi poolt riikliku transpordiplaneerimise aluspõhimõttena, sätestab, millised meetmed mõjutavad transpordi vajadust ja transpordiliigi valikut. Kusjuures olemasolevate infrastruktuuride tõhusamat kasutamist tuleks kaaluda enne suuri rekonstrueerimismeetmete rakendamist ja investeringuid uude infrastruktuuri. Selle neljaetapilisele põhimõttele tuginemise põhjuseks on nii kulude ja tulude tõhususe saavutamine kui ka säästvama transpordisektori toetamine. (Johanssona jt 2018)

Uue planeerimisdirektiivi üheks osaks on strateegiliste meetmete valik, et tagada ohutud ja kulutõhusad lahendused, mis võtavad arvesse kõiki transpordi- ja reisimisviise ning ka rakendamise meetmeid. See avaldab mõju nii tõhusa ühiskonna kui ka säästva arengu edendamisel. (Håkansson jt 2015) Põhimõte tingib, et transpordiprobleemide käsitlemisel analüüsitakse nelja erinevat liiki meedet (The Four Step... 2008):

- 1) selgitada välja transpordivajadusi ja transpordiliigi valikut mõjutavad tegurid;
- 2) selgitada välja meetmed, mis viivad olemasoleva teedevõrgu tõhusama kasutamiseni;
- 3) rakendada tänavatele väikesemahulised parandused;
- 4) teha suuremad ümberehitused ja investeringud.

Kasutades neljaetapilist mõtlemist, on linnal olnud võimalik vähendada (või edasi lükata) kulukaid infrastruktuuri investeringuid ning koguda ühistranspordi parandamise ja liikuvuse juhtimise projektidega hoogu. Nelja astme põhimõte võib, kui seda õigesti kasutada, olla tõhus vahend liikuvuse juhtimise integreerimiseks infrastruktuuri planeerimisse. Luues mitmesuguseid erinevaid meetmeid ning analüüsides kulusid ja mõjusid, on paremad võimalused põhjalikumaks aruteluks kõigi võimalike valikute üle, näiteks uute ja haruldaste lahenduste kaasamine liikuvuse juhtimise probleemide lahendamisele. Siiski on väga oluline meetodi edasi arendamine, et muuta see tavapäraseks kõikide protsesside jaoks, kus arutatakse transpordiinfrastruktuuri investeringuid.

Samuti on vaja parandada teadlikkust erinevate liikuvuse juhtimismeetmete kvantitatiivsete mõjude kohta, et neid saaks õigesti hinnata probleemide lahendamiseks sobivate meetmetega. (*Ibid.*)

Lühendamaks sõitude kogupikkust peab tänavavõrgu kavandamine ja linnaplaneerimine olema teadlikult ja kaalutletult läbi töötatud, et mitte tekitada linnas liikuvuse probleeme. Tulevikus väheneb oluliselt autode keskkonnamõju, kuid nende nõudlus linnaruumi järele jääb alles. Linnad kasvavad ja arenevad ning sealhulgas muudavad ka oma tänavavõrku. Kusjuures tänavad peavad olema projekteeritud nii, et need oleksid ohutud, ligipääsetavad, atraktiivsed ja vabalt voolavad. (Stockholm City 2018) Paljudes linnades on sadamad ja lennujaamad peamised sisenemis- ja väljumispunktid nii reisijatele kui ka kaupadele. Kõik need funktsioonid tekitavad märkimisväärset liiklust linnatänavatele. Transpordiprobleemid mõjutavad kõiki inimesi ning on ka teemaks poliitikute hulgas. (Papacostas jt 2001) Poliitika kaudu on võimalik transpordi ja linna arengut mõjutada läbi strateegiliste arengukavade. Järgnevalt on välja toodud kolme Euroopa linna – Stockholmi, Londoni ja Amsterdami – arengukavade dokumentidest väljavõtted, mis käsitlevad tänavavõrgu muudatusi.

1.4.1 Stockholmi arengukava

Stockholmi elanike arv on 910 000, moodustades 22% kogu Rootsi elanikkonnast, rahvastikutihedusega 4800 in/km² kohta. Stockholmi suurlinnapiirkonnas on 26 omavalitsust, kus elab üle 2,2 miljoni elaniku. Linna pindala on 188 km², samas kui linna lähipiirkond hõlmab 6519 km², rahvastikutihedusega 337 in/km² kohta, kus hinnanguliselt on elanikkond 2045. aastaks 3 miljonit inimest. Aastaks 2035 on Stockholmi linna eeldatav elanike arv 1 873 340. (Stockholm Population 2019)

Rootsi on täna olukorras, kus keskmise suurusega linnad ja suuremate linnade äärelinnad eeldavad elanikkonna kasvu. Linnaelanikud on kesklinnast välja läinud teistesse tõmbekohtadesse (Anas jt 1998) ning kasvavate asustustega eeslinna piirkondadesse. Selline muutus on suurendanud sõltuvust autodest, tuues kaasa sõidukite arvu suurenemise majapidamise kohta lisaks kasvab läbitud vahemaade pikkus (Behan jt 2008). Elanikkonna muutus mõjutab oluliselt ka transpordiplaneerimise valdkonda ja linna üldist arengut. Sellest tingituna on Stockholmi transpordi ja liikuvuse parandamiseks koostatud kaks arengudokumenti – *Urban Mobility Strategy* (2012) ja *Stockholm City Plan* (2018).

Peamine teedevõrk koosneb nendest teedest, mis on kõige olulisemad autode, busside ja kommertsliikluse riikliku ning piirkondliku juurdepääsu seisukohast. Teede võrgustikuga seotud probleemid avalduvad enim just tiptundidel ja olulisemal tänavatel. Lisaks kesklinnale on liiklusummikud tekkinud mitmete magistraalidele. Stockholmi linn, Maavalitsus ja Rootsi transpordiamet teostavad pidevalt liiklusanalüüse. (Stockholm City 2018)

Üheks Stockholmi linnaarengu strateegiaks on erinevate linnapiirkondade parem ühendamine. Linna ühendamine hõlmab palju enam kui lihtsalt füüsilisi sidemeid, mis võimaldavad liikumist. Kuid teedevõrgustikul on oluline roll füüsilise ühenduse loomiseks. Lisaks kiirele autotranspordile tuleb samuti parandada võimalust teha igapäevaseid sõite ühistranspordi, jalgrattaga või jalgsi. (Stockholm City 2012) Näiteks plaanitakse lääne äärelinna osasse uue tee rajamist, mis toetab linna üldist arengut. Kavandatava tänavavõrgu joonis on esitatud lisas 1.

Arengukavades ette nähtud Stockholmi ümbersõit pakub paremat juurdepääsu Stockholmi põhja- ja lõunapoolsete osade vahel ning leevendab mõnevõrra survet ülekoormatud teel. Kavandatav uus ühendus tõstab teedevõrgu läbilaskevõimet, mis on Norviku sadama ja selle kaubavedude jaoks väga oluline. Rootsi transpordiamet uurib ka idapoolse lüli tee teostatavust ja selle mõju linnale ja piirkonnale. Transpordisüsteemi võti on töötada välja sotsiaalne struktuur, mis soodustab lühikesi sõite ja seab esikohale jalakäijad, jalgratturid ja ühistranspordi koos kaubandusliku liiklusega. (Stockholm City 2018) Vastavalt Stockholmi arengukavadele on kesklinnas olulisel kohal autoliikluse piiramine ning alternatiivsete liikumisviiside, nt ühistranspordi, kergliikuse ja jalgsikõndimise eelistamine. Üldiselt võimaldavad Stockholmi ümbersõit ja teised suured investeeringud liiklusel kasvada umbes 25% võrra. (Stockholm City 2012)

1.4.2 Londoni arengukava

Londonis elab 8 877 892 inimest ning rahvatikutihedus 7 700 in/km² kohta. Londoni suurpiirkond on umbes 606 km² ja 14 550 in/km² kohta. Aastaks 2035 on Londoni eeldatav elanike arv 10 556 486. (London Population 2019)

Londoni transpordi ja infrastruktuuri põhimõtted kajastuva kolmes arengukavas – *Mayor's Transport Strategy* (2018), *London Infrastructure Plan 2050* (2011), *The London Plan* (2016). Kavandatava tänavavõrgu joonis on esitatud lisas 2. Tõhusa linna toimimise ja elukvaliteedi seisukohast on transport väga oluline. Londoni linnapea tunnustab, et transport mängib olulist rolli

kogu linna ruumilise planeerimise, keskkonna-, majandus- ja sotsiaalpoliitika prioriteetide käsitlemisel. Sellel on ka suured positiivsed ja negatiivsed mõjud eriti transpordisõlmedes ja linnakeskustes. Vastupidiselt võib halb või vähenenud ligipääsetavus olla oluliseks piiranguks tömbekeskuste ja nende läbipiirkondade edule ja kvaliteedile. (Mayor of London 2016)

Infrastruktuuri planeerimine ja elluviimine võtab aastaid ning viivitus planeerimise ja ehitamise vahel tähendab seda, et tuleviku vajadusi peab võimalikult palju ette nägema. Kuigi paljud 35 aasta pikkused infrastruktuuri planeerimise aspektid on teataval määral ebakindlad, on ka palju valdkondi, milles saab piisavalt kindel olla. Nõudluse juhtimine pakub mõningaid võimalusi surve vähendamiseks, eriti teede hinnakujundamisel, mis võiks tulevikus olulist rolli mängida väljakutsetega tegelemisel. See ei välista siiski vajadust täiendava infrastruktuuri järele. (Mayor of London 2011)

Et linna kasv oleks inimestele edukas ja vastuvõetav, peab selleks olema piisav infrastruktuur, et arengut nõuetekohaselt toetada, tagada selle jätkusuutlikkus, leevendada võimalikke kahjulikke mõjusid ja tagada, et igaüks saab juurdepääsu pakutavatele võimalustele. On selge, et vajaliku täiendava infrastruktuuri arendamine - lisaks olemasoleva taristu säilitamisele ja uuendamisele - peab olema toetatud suure rahastamispaketiga. Suured investeeringud tagavad paranduste tegemise kohtade ümberkorraldamiseks kogu linnas ja säästvate transpordiliikide vahelise järkjärgulise muutuse toetamise, säilitades samas hästitoimiva teedevõrgu oluliste liikumiste jaoks. (Mayor of London 2018)

Praegune linna sisemine ringtee – erinevate teede põimumine, mis on välja kujunenud sajandite jooksul – on ülekoormatud ja reisiaja suhtes ebausaldusväärne ning seisab silmitsi suurenevate vajadustega muutuste tegemiseks. Täiendav ringtee võimaldab tõhusamat ja usaldusväärsemat olulist sõidukite liikumist (vähendab Londoni keskosa ummikuid kuni 20%), vabastades samas linnaruumi, et oluliselt elavdada avalikku keskkonda ja edendada jätkusuulikumate ja tervislikemate transpordiliikide nagu jalgsi-, jalgrattasõidu- ja ühistransporditingimusi. (Mayor of London 2011)

1.4.3 Amsterdami arengukava

Amsterdamis on 813 562 elanikku, lisaks on linnapiirkonnas hinnanguliselt 1,1 miljonit elanikku ja suurlinnapiirkond, kus elab ligikaudu 1,6 miljonit inimest. Linna asustustihedus on 4 908 in/km²

kohta. Aastaks 2035 on Amsterdami eeldatav elanike arv 1 236 929. (Amsterdam Population 2019) Amsterdami liikuvuse suunad ja eesmärgid on kirjeldatud dokumendis *Mobility Plan for Amsterdam in 2030* (City of Amsterdam 2013a).

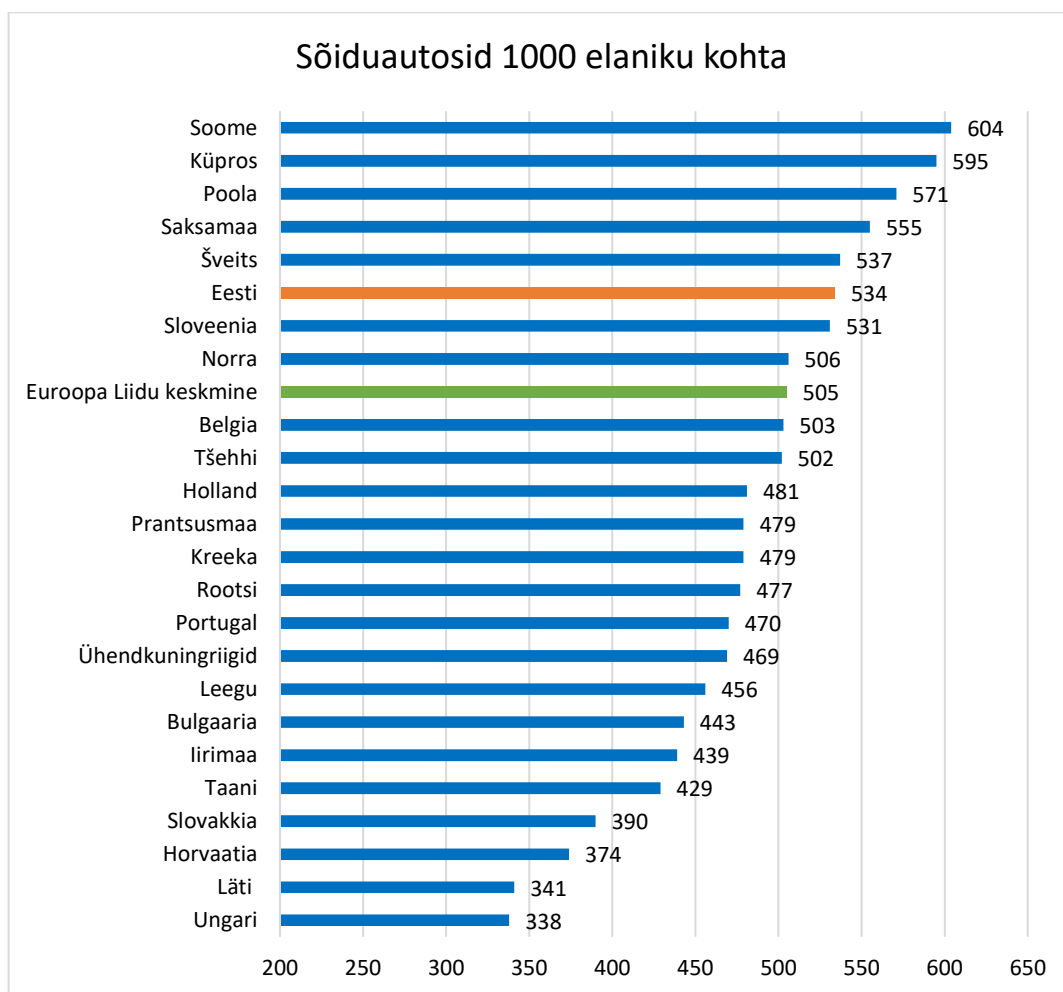
Kõige suurem liiklusummik on Amsterdami ajaloolises kesklinnas. Uuringud on näidanud, et suur osa (40–60%) liiklusest kesklinna ja selle lähiümbruses on läbiv liiklus ehk transiit või liiklus sihtkohaga väljaspool piirkonda. Amsterdami linnavalitsus astub seega samme, et vähendada liiklust kesklinnas, hoides samas ala elanikele, külastajatele ja tarnijatele kättesaadav. (City of Amsterdam 2013b)

Infrastruktuuri arendamise osas on üheks eesmärgiks Amsterdami kesklinna ühendamine selle äärelinnaga. Õhukvaliteedi parandamise eeliseks on meetmed, mis on mõeldud ka liiklusvoo parandamiseks, raskeliikluse ümbersuunamine linna äärealadele ja liikluse vähendamine. Liiklusvoogude parandamine olulistel marsruutidel - kiirete ja tõhusate marsruutide tagamine linna ja sealt välja. (City of Amsterdam 2013b) Amsterdami kesklinnas ja liiklusohutuse probleemidega seotud piirkondades antakse jalakäijatele ja jalgratturitele rohkem ruumi. Väljaspool linna sisemist ringteed on autoliikluses endiselt tagasihoidlik kasv. Autodele antakse võimalikult palju ruumi ühendusteedel, mis ei ole elamupiirkondades ja millel ei ole mürasaaste või õhukvaliteedi probleeme. (City of Amsterdam 2013c) Autode osakaal on jätkuvalt tähtis, kuid oluline on mõelda ka teistele liikumisviisidele. (City of Amsterdam 2013b) Kavandatava tänavavõrgu joonis on esitatud lisas 3.

1.5 Tallinna arengudokumendid ja nende põhimõtted

Bruns (1973) on välja toonud Tallinna transpordisüsteemi neli peamist puudust. Esiteks on keskajal väljakujunenud tänavavõrk. Nimelt, et liikuda ühest linnaosast teise peab läbima linna keskosa, mis on ülekoormatud. Kuna hooned paiknevad mõlemal pool tänavaservas, siis ei ole võimalik kitsaid tänavaid ka laiendada. Mootorsõidukite suur hulk, eriti kesklinnas, põhjustab palju probleeme, näiteks müra. Ja isegi äärelinna ristmikel ei ole piisavat läbilaskvust, põhjustades ulatuslikke ummikuid. Tallinna tänavavõrk on vana ja seega ei suuda läbi lasta piisavat arvu transpordiühikuid. Selle tagajärjeks on aeglasem liikumiskiirus, pikad ooteajad ristmikel, suurenenud liiklusõnnetuste ja kokkupõrgete arv. Selline oli olukord juba 1973. aastal, kui oli vaid 31 autot 1000 elaniku kohta. Tollal kardeti aega, kui vastavalt generaalplaanile oli eeldatav arv 170-180, mis tähendas autopargi

kuuekordistumist (*Ibid.*). Joonisel 1.4 on toodud Euroopa Liidu liikmesriikide sõiduautode arv 1000 elaniku kohta 2016. aastal.

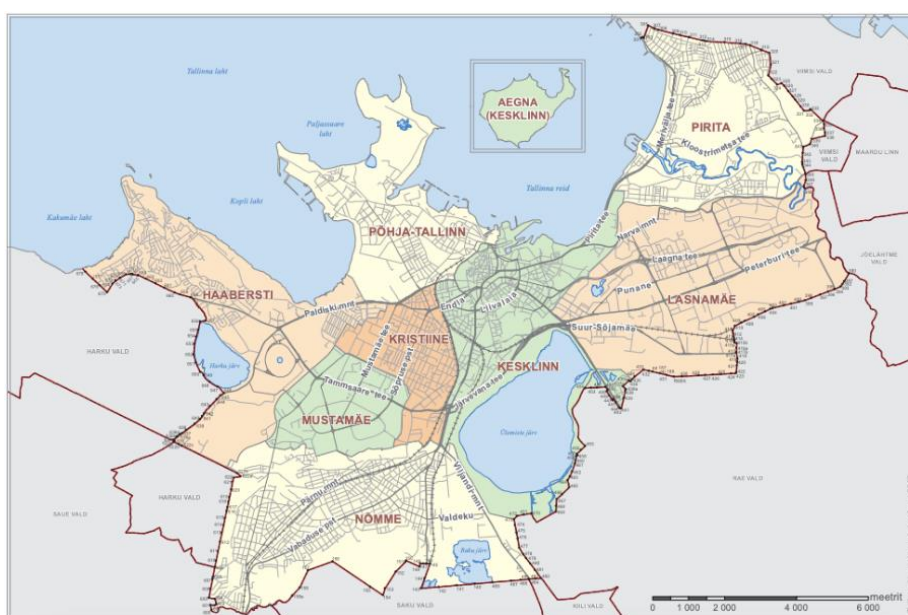


Joonis 1.4 Sõiduautosid 1000 elaniku kohta (Allikas: Eurostat 2018a)

1. jaanuar 2019 seisuga oli Eestis rahvastikuregistri andmetel 1 323 820 elanikku, sh Tallinnas 438 855. Tallinna osatähtsus Eesti elanike arvust oli 33% (Tallinna Linnavalitsus 2019). Tallinna rahvastikutihedus on 2755 in/km² kohta, mis on üks madalamaid teiste Euroopa pealinnade hulgas. Selge on Tallinna laialivalgumine alal, mille äärmisteks punktideks on Tapa ja Loksas, Paide, Rapla ja Paldiski. Seega ulatub Tallinna piirkond 40-70 km kaugusele administratiivpiiridest. Tinglikult saab Tallinna linnastuna käsitleda kõiki Harjumaa kohaliku omavalitsuse üksusi. (Tallinna Linnavalitsus 2007a) Sellest tingituna peab transpordiplaneerimisel arvestama ka ümberkaudsete omavalitsuste inimeste liikumisega. Linna piiride määratlemine Tallinnas ja selle lähiümbruses on muutunud keerulisemaks seoses viimase 10 aasta jooksul toimunud uusarenduspiirkondade rajamisega Tallinnasse viivate suuremate teede lähedusse ning mujale Tallinna lähiümbrusesse (Jauhiainen 2005). Harju maakonna (sh Tallinn) rahvatikutihedus Statistikaameti andmetel 2018. aasta seisuga

on 136 inimest/km². Kuigi eestlased hindavad privaatsust, pakub see väljakutseid tõhusal transpordiplaneerimisel.

Lisaks hajaasustusele tekitab inimeste liikuvuses probleeme Tallinna geograafiline paiknemine. Joonisel 1.5 on näha Tallinna paiknemist ja linnaosaid ning nendega seotud naaberomavalitsusi. Tihtipeale võrreldakse Tallinna kuhu liblika või kikiilipsuga – ühel pool keskust on Lasnamägi (119 701 in) ja Pirita (18 679 in) ning teisel pool on Mustamäe (68 296 in), Kristiine (33 284 in), Nõmme (39 538 in), Haabersti (45 436 in) ja Põhja-Tallinn (60 224 in). Kusjuures Kesklinna linnaosa elanike arv on 63 559 (Tallinna Linnavalitsus 2019), kuid päevasel ajal kesklinna rahvastik kolmekordistub.



Joonis 1.5 Tallinna linnaosade ja naaber-omavalitsuste kaart (Allikas: Linnaplaneerimise Amet 2017)

Kesklinn on töökohtade poolest tõmbekoht, seetõttu ei ole mõistlik suunata ka läbivat liiklust kesklinna ülekoormatud tänavatele. Vastavalt Statistikaametile (Hänilane 2014) asub kõige tihedamini asustatud ruutkilomeeter Tallinna kesklinnas Estonia puiestee ümbruses, kus päevasel ajal viibib hinnanguliselt üle 19 800 inimese. Öösel on samal ruutkilomeeteril ligi 5800 inimest, seega on Estonia puiestee ümbruses päeva- ja öörahvastiku vahe 14 000 inimest. Üle 15 000 inimese viibib päeval ka Tallinna sadama ja Tartu maantee alguse piirkonnas. Kõige rohkem (üle 6500) kaotab päevasel ajal inimesi Muhu tänava ja Linnamäe tee piirkond Lasnamäel. Tallinna kesklinnas suureneb inimeste arv päeval märgatavalt, kusjuures ostlejaid, üritustel osalejaid, sportijaid ja ka turiste pole nende hulka arvestatud. Tegelikult võib nii mõnegi piirkonna päevarahvastik olla veelgi suurem. Tallinna linna äärealasid – Haabersti, Nõmme ja Pirita linnaosa

– võib nimetada magalapiirkondadeks, sest sealt päeva jooksul inimesed lahkuvad ning õhtul tulevad jälle tagasi.

Tallinna tänavatevõrgu üheks põhiprobleemiks on aastaid olnud selle ida- ja kirdeosas ning lääne- ja lõunaosas paiknevate linnaosade ühendamine ilma linnakeskust läbimata. Väljaspool linnakeskust peab magistraaltänavaid lisanduma eelkõige selleks, et liiklusvooge hajutada ja tekitada liiklejatele rohkem valikuvõimalusi. (Konsultatsiooni- ja koolituskeskus Geomedia 2009)

Tänavavõrku on võimalik arendada läbi erinevate planeeringute ja strateegiate. Kuna Tallinnal on mitmeid arengukava dokumente, mis kehtivad samaaegselt, siis on keeruline määratleda, millises suunas peaks transpordiplaneerimine minema. Tallinna üldplaneering on kinnitatud volikogu poolt 2001. aastal. Lisaks sellele on kehtestatud Mustamäe, Pirita, Lasnamäe (elamualade ja tööstusalade), Haabersti, Kristiine linnaosade üldplaneeringud ning Paljasaare ja Russalka vahelise ranna-ala planeering. Nõmme linnaosa oma on vastuvõetud, Põhja-Tallinna ja Kesklinna linnaosade üldplaneering on algatatud. Kehtestatud on kolm üldplaneeringu teemaplaneeringut: kõrghoonete paiknemine Tallinnas, Tallinna kesklinna miljööväertuslike hoonestusalade piiride määramine ning kaitse- ja kasutamistingimuste seadmine, Nõmme-Mustamäe maastikukaitseala puhkevõimaluste planeerimine. Samas on kolme teemaplaneeringu menetlused peatatud: Pirita jõeoru maastikukaitseala puhkevõimaluste planeerimine, Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed, Tallinna rohealad. Planeeringute rohkus ning ajaliselt kattuv koostamine ja menetlemine seavad tõsiseks väljakutseks planeeringute omavahelise kooskõla saavutamise. Nii on näiteks juhtunud magistraaltänavate teemaplaneeringuga, mille menetlus on hetkel peatatud. Kogu linna üldplaneeringu uuendamise asemel keskendutakse piirkondlike linnaosade planeeringutele. Tänavavõrgu arendamine, mis peaks toimima vähemalt ülelinnaliselt, on jäänud piirkondlike planeeringute tõttu probleemseks kohaks.

Kehtiv Tallinna üldplaneering (Linnaplaneerimise Amet 2001) sätestab üldised suundumused linna transpordisüsteemi arendamiseks. Muuhulgas on vaja määrata teede, tänavate ja liiklussõlmede ehitamise ning rekonstrueerimise prioriteetidid transpordiuuringute ja tasuvusanalüüsi alus ning vähendada kesklinna liikluskoormust, viies transiitliikluse linnakeskusest eemale. Tähelepanu on pööratud ka autokasutuse vähendamist mõjutatavatele meetmetele, et muuta ühistransport kliendisõbralikumaks, töökindlamaks ja ökonoomsemaks, kujundada Tallinna ja tema mõjupiirkonna ühtne sõitjateveosüsteem, mis tõstaks ühistranspordi atraktiivsust ja vähendaks seega väljastpoolt saabunud autoliikluse täiendavat koormust linna tänavatel. Lisaks on vaja muuta linnakeskus inimsõbralikumaks, laiendades Vanalinna jalakäijateetsooni ja rajada linna läbiv jalgrattateede võrk.

Tallinna eelarvestrateegia aastateks 2019-2022 (jõustunud 01.01.2019) tähtsamate objektide kavas on välja toodud Reidi tee ehitus, Tallinna Vanasadama ja kesklinna vahelise liikuvuskeskkonna arendamine koos linna peatänava rajamisega ning Mustakivi tee läbimurde rajamine Kose tee suunas. Strateegiaperioodil algab Tallinna rattastrateegia rakendamine, sh ehitatakse välja mitmed kergliiklusteed. Jätub uute foorisüsteemide rajamine tiheda liiklusega ristmikele ja ülekäigukohtadesse. Liiklusohutuse tagamise eesmärgil soetatakse uusi liikluskorraldusvahendeid, sh elektroonilisi liiklusmärke.

Arengudokumentide pikaajalise koostamisprotsessi tõttu tuleb arvestada perspektiivselt tuleviku suundumusi. Tallinna üldplaneeringu uuendamise asemel keskendutakse linnaosade üldplaneeringute koostamisele. Teedevõrgu arendamise seisukohalt ei ole aga mõistlik vaadata vaid piirkonna kaupa. Valglinnastumine on üks Tallinna suurimatest transpordiprobleemide põhjustest. Täna on koostamisel Tallinna ja selle lähiümbruse liikuvuskava, kus vaadatakse nii linna kui ka omavalituste piiriüleseid liikumisi, et tagada inimsõbralik transpordisüsteem. Täna on teemaplaneeringu „Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed“ (2007b) menetlus peatatud. See tähendab, et pealinnal puudub dokument, mille järgi toimuks teedevõrgu arendamine. Tagamaks linna toimimise, on oluline kehtestada üldised seisukohad ja arengusuunad transpordi küsimustes. Mitmete Euroopa linnade eesmärgiks on ühendada kaugeid piirkondi paremini, kui see täna on. Ka Tallinna ning selle lähiümbruse tõhusamaks toimimiseks tuleb rajada täiendavaid ühendusi erinevate piirkondade vahel.

2. METOODILINE OSA

Tallinna transpordisüsteemi arendamise huvides on vajalik teede, tänavate ja liiklussõlmede ehitamise ning rekonstrueerimise prioriteetide määramisel transpordiuuringute ja tasuvusanalüüside tulemused (Nerman jt 2012). Transpordiuuringute ja tasuvusanalüüside koostamisel on vaja esmalt liikluse mudeli koostamine, millest tulenevaid andmeid on võimalik rakendada ja tõlgendada uuringutes ja analüüsid. Käesoleva töö metoodilises osas põhjendatakse valimi rakendamist, kirjeldatakse transpordisüsteemi analüüsi ja prognoosimise põhimõtteid ning kulu-tulu analüüsi sotsiaalmajandusliku osa näitajate arvutamise meetodeid.

2.1 Metoodika ja lähteandmed

Transpordiprobleemide mõistmine ja lahendamine on protsess, mis algab üldiselt praeguse olukorra ja puuduste tuvastamise analüüsiga. Sellele järgneb projekteerimisprotsess, mille eesmärk on puudujäägid kõrvaldada ja potentsiaalselt süsteemi parandada. (Dumbliuskas 2019) Liikluse mudeleid kasutatakse kogu maailmas strateegilisel transpordiplaneerimisel ja projektide hindamisel, et prognoosida tulevasi liiklusvooge, sõiduaegu ja hinnata tasuvust. Transpordiplaneerimisega seotud ametid kasutavad sel eesmärgil tavaliselt suurte teedevõrkude traditsioonilisi mudeleid. (Bliemera jt 2017) Transpordi modelleerimine on tegevus, mis aitab hinnata nii praeguse olukorra analüüsi kui ka erinevaid arengustsenaariume (Dumbliuskas 2019). Väga sageli on transpordi modelleerimise tulemused sisendiks tasuvusarvutustele ning on seetõttu võtmetähtsusega poliitilisel tasandil otsuste tegemisel.

Käesolev töö põhineb kvantitatiivsel uurimismeetodil. Uuringus analüüsitakse tänavavõrgu arendamise erinevaid stsenaariumeid. Üldine reegel teedehituses valiku kriteeriumi realiseerimisel on kulu-tulu analüüs ja poliitilised otsused piirkondade eelisarendamise kohta. Sotsiaalmajandusliku analüüsi seisukohalt on määravaimaks teguriks teekasutajate ajasääst ja sõidukikulude kokkuhoid, mis tekib tee ja ristmike ümberehitamise ning kohandamisega vastavalt liikluse vajadusele. Samuti arvestatakse liiklusõnnetuste arvu ning keskkonnamõjude (müra, õhusaaste) vähenemisega tingitud kulude vähenemisega. (Maanteeamet 2018b) Käesoleva töö eesmärk on hinnata teedeinvesteeringu mõju liiklusele ja liiklejatele. Tasuvusarvutuse juures keskendutakse sotsiaalmajanduslikule osale, sh teekasutajate kuludele-tuludele. Selleks

koostatakse erinevate stsenaariumite transpordimudelid ning arvutatakse tee kasutajate kulud.

Tööga leitakse vastuseid järgnevatele uurimisküsimustele:

4. Millist mõju avaldab perspektiivsete tänavate välja ehitamine olemasolevale tänavavõrgule?
5. Millised tee parameetrid ja milline liikluskorraldus peaks perspektiivsetel tänavatel olema, et see rahuldaks nõudluse ning avaldaks positiivset mõju liiklusele?
6. Millist sotsiaalmajanduslikku mõju nende rajamine kaasa toob?

Modelleerimisel on kasutatud teeregistri, Maksu- ja Tolliameti andmebaasi, Eesti hariduse infosüsteemi andmestiku, elanike arvu jagunemist haldusüksuste lõikes (Statistikaameti andmed), Tallinna Transpordiameti ja Maanteeameti liiklusloendussüsteemi, liikuvusanalüüside jt uuringute ja aruannete andmeid.

Modelleerimise tulemusena saadud andmed on:

- Läbisõit (km) – esitatud liiklussageduse juures kõikide sõidukite läbisõit terves Tallinna teedevõrgus
- Ajakulu ristmikel (h) – sõiduautode poolt ajaühikus kulutatud aeg ristmikel
- Ajakulu tänavatel (h) – sõiduautode poolt ajaühikus kulutatud aeg tänavatel
- Ajakulu kokku (h) – sõiduautode poolt ajaühikus kulutatud aeg tervikuna vaadeldaval tänavavõrgul (sh ristmikud ja tänavad)
- Keskmine sõidukiirus (km/h) – sõiduautode keskmine liikumiskiirus tervikuna vaadeldaval tänavavõrgul
- Keskmine ühenduskiirus (km/h) – sõiduautode keskmine liikumiskiirus liikumisel lähtekohast sihtpunktini

Mudeli andmestik on kvantitatiivse graafilise väljundiga. Transpordimudeli poolt genereeritud andmeid rakendati liiklusanalüüsi koostamiseks ja sotsiaalmajandusliku analüüsi tulemuste arvutamiseks.

2.2 Variandid

Käesolevas töös analüüsitakse, millist mõju avaldab Tallinna tänavavõrgu arendamine nelja tänavalõigu välja ehitamise korral. Pärnu mnt ja Rahumäe tee ühendamine on näidatud Kristiine LO

üldplaneeringus (Linnaplaneerimise Amet 2015). Smuuli tn pikendamine Tartu mnt-ni on näidatud Lasnamäe tööstusalade üldplaneeringus (Linnaplaneerimise Amet 2014). Ülemiste järvest lõuna pool Tallinna ida-läänesuunaline ühendamine Smuuli teest kuni Viljandi maanteeni on mainitud Tallinna arengukavas 2009-2027 (Tallinna linnavolikogu 2008) ja ka „Tallinn 2030“ strateegias (Konsultatsiooni- ja koolituskeskus Geomedia 2009). Teemaplaneeringus Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed (2007b) on välja toodud Smuuli ja Pirta tee ühendamine ning ka teised eelnevalt nimetatud tänavalõigud (vt lisa 4). Käesoleva töö valim Tallinna tänavavõrgu arendamise osas on joonisel 2.1. tähistatud punase värviga.

Valimi rakendamisega kaasneb tänavavõrgu pikenedamine 1,3%. Mudelis kasutatud Tallinna tänavavõrgu kogupikkus on 1530,58 km. Täpsemalt on lõikude pikkused järgnevad:

1. Pirta tee-Narva mnt ühendamine 0,98 km
2. Suur-Sõjamäe-Tartu mnt ühendamine 2,91 km
3. Tartu mnt-Viljandi mnt ühendamine 5,10 km
4. Pärnu mnt-Rahumäe tee ühendamine 1,05 km



Joonis 2.1 Lisanduvad tänavad vastavalt käesoleva töö valimile (Allikas: autori koostatud)

Tallinna liikluse muutuse monitooringu aruande põhjal (Metsvahi 2018) tuuakse välja, et liiklussagedused on Järvevana tee – Tammsaare tee – Pärnu mnt ristmikul pidevalt kasvanud, 2017.-2018. aastatel ei ole see kasv siiski olnud kuigi kiire, aga aastate 2013-2018 jooksul on liiklussagedus

sellel ristmikul kasvanud ligi 20%. Kogu perioodi lõikes on liiklussagedus veelgi rohkem kasvanud Tammsaare – Ehitajate tee ristmikul (40,1%) ja Tammsaare tee – Sõpruse puiestee ristmikul (24,4%). Seega on kasvanud eelkõige Järvevana tee ja Tammsaare tee suunal kulgev liiklusvoog. Seda võib siduda eelkõige Ülemiste ristmiku rajamisega. Kasvu pidurdumine viimastel aastatel on seotud eelkõige tippaegadel läbilaskvuse ammendumisega. Ka ööpäevase liiklusvoo aeglane kasv on olemas, kuna tippaegade vahelisel ajal on läbilaskvuse reservi küll piisavalt, aga neil aegadel jääb liiklusnõudlus tagasihoidlikumaks. (*Ibid.*)

Tallinna väikese ringtee (lõigud Suur-Sõjamäe-Tartu mnt ja Tartu mnt-Viljandi mnt) kohta arvab Tiit Metsvahi, et see on vajalik eelkõige selleks, et vähendada liikluskoormust Tallinna kõige probleemsemal alal, mis jääb Ülemiste järve ja Tallinna lahe vahele. Olukord pingestub seda enam, mida intensiivsemalt hõivatakse maid ehitamiseks eelkõige Rae valla põhjapoolses osas. Juhul, kui leitakse, et keskkonnakaitse kaalutlustel selliseid teetrasse rajada ei ole võimalik, tuleb riiklikul tasandil leida võimalus liiklusvoogude tekke põhjuste likvideerimiseks, mis antud juhul tähendaks Rae valla põhjapoolses osas ehituskeeluvööndi kehtestamist. (Tallinna Linnavalitsus 2007b) Lisaks on Rahumäe tee ja Pärnu mnt ühendustee ning Narva mnt ja Pirita tee ühendamine näidatud teemaplaneeringus „Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed“ (*Ibid.*).

Kuna Tallinna üheks suuremaks probleemiks on liikluse juhtimine kesklinnast mööda ja linnaosade ühendamine, siis on just analüüsitavaks objektiks võetud Tallinna väike ringtee koos Rahumäe tee ja Pärnu mnt ning Narva mnt ja Pirita tee ühenduse rajamisega. Käesoleval aastal on Tallinna väikese ringi ehk Tartu mnt delta rajamine jälle päevakorras (vt Gnadenteich 2019). Lisaks on Maanteeamet oma Riigiteede teehoiu kava aastateks 2018-2022 raames arvestatud koostööga AS-ga Tallinna Lennujaam, Tallinna linna ja Rae vallaga nn Delta ühendustee projekteerimisel proportsionaalselt teelõigu pikkusega, et selgitada välja ehitusmaksumus. Teelõigu ehituse etappides osalemine otsustatakse pärast eelprojekti ja tasuvusanalüüsi valmimist. (Maanteeamet 2018b)

2.3 Transpordisüsteemi analüüs ja prognoosimine

Erinevates geograafilistes piirkondades ei ole inimeste individuaalset käitumismustrite mitmekesisuse tõttu liikluskäitumise andmed universaalsed. Käitumisomadused on väga teistsugused eri linnades (ja isegi sama linna erinevates piirkondades) ning kuigi linnade võrdlemisel

võib esineda üldisi sarnasusi, on palju erinevaid tegureid, mis mõjutavad inimeste liikluskäitumist, sealhulgas: linna suurus, asustustihedus, asetus, rahvastiku demograafilised ja kultuurilised omadused, majanduslikud tingimused ning transpordivõrkude liik ja kvaliteet. Kõik need tegurid omavad olulist rolli transpordi nõudluse mõjutamisel. Sõidunõudluse modelleerimise meetodid võimaldavad kvantifitseerida ja täiendavalt analüüsida reisi nõudlust, võttes arvesse erinevaid eespool nimetatud tegureid. (Dumbliauskas 2019)

Transpordimudel võib katta väga erineva suurusega geograafilisi alasid, alates väga väikestest ja detailsetest (näiteks ristmik või selle mõni haru) kuni väga ulatuslikeni (näiteks riik või terve piirkond). Samas tuleb arvestada, et mudeli detailsus oleneb alati mastaapidest, st detailne mudel hõlmab väikest mastaapi, seevastu suurema mastaapsusega mudel annab väikse detailsuse. Mudeleid saab kasutada erinevatel eesmärkidel:

1. Ennustamiseks tulevast olukorda, eeldamata olulisi poliitilisi sekkumisi protsessi kulgemisse. Seega eeldatakse olukorra prognoosimise võimalust ja enamuse oluliste lähteandmete prevaleerimist ehk ülekaalus olemist või seniste arengutendentside analüüsimise võimalust.
2. Võimalus prognoosida muutuvat olukorda situatsioonis, kus saame prognoosida teatavaid muudatusi süsteemis, näiteks ühe transpordiliigi eelisarengut.
3. Võimalus testida süsteemi paindlikkust või piirväärtusi, kuidas ühe või teise mõjuteguri muutmine muudab resultaati ja kas eksisteerivad piirväärtused, mille ületamine muudab olulisel määral süsteemi toimimist.
4. Kontrollida ja analüüsida väga lühiajalisi muutusi transpordisüsteemis, näiteks kuidas mõjub ühe fooriprogrammi asendamine teistsugusega

Liikluse mudeleid kasutatakse kogu maailmas, et kontrollida ühe või teise alternatiivvariandi tasuvust, kontrollida lahenduste otstarbekust või prognoosida arenguid. See aitab kaasa strateegilisele pikaajalisele transpordiplaneerimisele ja projektide hindamisele. Transpordiplaneerimisega seotud ametiasutused kasutavad sel eesmärgil tavaliselt suurte teedevõrkude traditsioonilisi mudeleid. Suuremahuliste linnatranspordisüsteemide modelleerimiseks on kolm põhimõtteliselt erinevat lähenemisviisi. (*Ibid.*):

1. Sõidupõhine mudel (*Trip based model*)

Reisivajaduse mudeli modelleerimise protseduur ehk tavapärase reisivajaduse modelleerimise protseduur töötati välja 1950. aastatel. See nelja astmeline lähenemine on praktikute seas standardiks muutunud.

2. Liikuvuse põhine mudel (*Tour based model*)

Samm edasi keerukamate süsteemide suunas on toimunud liikumiste nõudluse mudeli tulekuga. Liikumiste nõudluse mudelis on liikumine määratletud kui reis algpunktist ühte või mitmesse sihtkohta ja siis tagasi algpunkti. See on mõistlik alternatiiv tavapärasele reisivajaduse protsessile, kus üks reis on liikumine. Liikumiste nõudluse mudel eeldab, et reisi vajadus tuleneb soovist tegutseda füüsiliselt eraldi paikades.

3. Liikleja nõudluse mudel (*Agent based model*)

Reiside nõudluse mudel on vaid ajutine lahendus keerukamate lähenemisviiside suunas. Märkimist väärib see, et reiside modelleerimine on samm liikuja nõudluse mudelite suunas, mis simuleerivad üksikute "agentide" otsuseid, mis on seotud inimese tegevusegaterve päeva jooksul. (*Ibid.*)

Zhong jt (2015) tunnistavad, et vaatamata agendipõhise modelleerimise edusammudele akadeemilises kontekstis, jääb tavapärase reisivajaduse mudeli tehnika endiselt kõige populaarsemaks modelleerimismeetodiks ja seda kasutab endiselt enamik USA suurlinnapiirkondade planeerimisorganisatsioon. Vovsha jt (2005) on öelnud, et reisivajaduse mudeli modelleerimise lähenemisviis on välja kujunenud aastakümnete pikkuse rakenduse ja kogemuse kaudu ning seda ei saa lihtsalt ignoreerida. Käesoleva töö modelleerimise metoodika kasutab sõidupõhise mudeli (*Trip based model*) meetodit. Järgnevalt kirjeldatakse igat etappi eraldi.

1. etapp: reiside genereerimine – liikumiste sageduse määramine

Reisi genereerimise eesmärk on hinnata iga liikumine arvu tsoonis alustavate või saabuvate liikumiste suhtes. Matemaatiliste tehete kogumit kasutatakse igas tsoonis alustatud või lõpetatud reiside arvu määramiseks, võttes aluseks tsoonide elu- ja tööhõivemäärad. Reisi alguskoha määravad tegurid on näiteks leibkonna suurus, majapidamise struktuur, sissetulek, auto omand, asustustihedus, ligipääsetavuse ning sihtkoha saab leida läbi maakasutuse ja tööhõive kategooriate kaupa (näiteks tööstus, kaubandus, teenused).

2. etapp: reisi jagunemine – sihtpunktide määramine

See on teine komponent, millega töötatakse välja algus- ja sihtkohtade vahelised seosed. Tervikliku reisi lõpp on seotud liikumise lõppemisega. See võib toimuda samas tsoonis või erineva vahemaaga kõrvaltsoonis. Näiteks liikumised elamu- ja tootmispiirkondade vahel. Tuleb silmas pidada, et mida rohkem töökohti tsoonis on, seda rohkem tööreise sinna tehakse ning mida rohkem on kaubandusega seotud töötajaid tsoonis, seda rohkem eeldatakse, et sinna liikumisi tehakse.

3. etapp: liikumisviisi valik – transpordiliigi määramine

Liikumisviisi valik ennustab valikuid, mida üksikisikud või rühmad teevad oma transpordiliikide valimisel. Tegurid, mida peetakse liikumisviisi valikuks, on sõiduaeg, -kulud ja juurdepääsu võimalused ühistranspordile.

4. etapp: liikumise määramine – sobivaima marsruudi kindlaks tegemine

Viimane samm on kindlaks määrata marsruudid, mille kaudu reisijad soovivad oma sihtkohta jõuda. Mudeleid ajakohastatakse pidevalt, lisades sellele uusi piirkondlike transpordivõrke ning võrguühendusi. Üldiselt liigitatakse marsruudivaliku määramisprotseduurid kahte põhirühma: staatilised ja dünaamilised. Erinevus seisneb selles, et dünaamilise määramise protseduurid arvestavad liikluse ajalisi muutusi, st reisi nõudlust ja võrgu pakkumist saab modelleerida ajast sõltuva nähtusena. Samuti tuleb arvestada kasutajate arvu ja süsteemi optimaalsuse tasakaaluga. Protseduurid, mis võimaldavad modelleerida isiku reisikäitumist oma teekonnal alguskohast sihtpunkti, jaotub antud reisivajadus võrku. (Dumbliauskas 2019) See ei tulene mitte ainult maanteede ja transiidiliinide liiklusmahtudest, vaid ka võrgu teeninduskvaliteeti kirjeldavatest näitajatest (Friedrich jt 2001). Näiteks võib ülekoormatud koridor muuta kasutaja marsruuti, et võtta teistsugune marsruut pikema vahemaa, kuid sama sõiduajaga. See aitab analüüsida tulevasi transpordiprojekte.

Protseduur ise on korduv ja ühe sammu väljund avaldub teise sammu sisendina. Kordused lõpevad, kui on saavutatud mõni eelnevalt määratletud lähtekriteerium (st hinnanguline nõudluse maatriksite stabiilsus, voolud võrguelementidel või sõiduaeg alg- ja sihtvööndite vahel). (Dumbliauskas 2019) Üksikasjalikum arutelu iga sammu kohta on esitatud järgmistes järgnevates osades.

2.4 Transpordimudeli koostamine

Enamus kasutusel olevatest transpordimudelistest baseeruvad probleemi käsitlemisel teataval hulgal põhieeldustel, mis omakorda mõjutavad suuresti nende kasutamist (või ka kitsamat kasutusvaldkonda) transpordiplaneerimise või projekteerimisega tegelevate inseneride poolt. Mudeli valik ja ülesande lahenduse meetodika määramisel on olulised transpordivõrgu kirjeldus läbi linkide (lülide) ja sõlmede, transporditsoonide defineerimise ja korrespondentsmaatriksi koostamise. Kogu selle lõpptulemusena on võimalik liiklust modelleerida.

Transporditsoonide defineerimise juures on peamiseks ülesandeks transporditsoonide kindlaksmääramine, sealhulgas on vajalik määrata nende seosed teedevõrguga. Transporditsoonid kujutavad endast modelleeritava piirkonna võimalikult homogeense iseloomuga elemente, mida mudelis füüsiliselt kirjeldatakse punktina (tegeliku transporditsooni raskuskese) ja mis on

ühendatud muude võrgu elementidega. Transporditsoonide arv ja paiknemine sõltuvad mõistagi lahendatavast ülesandest, eriti modelleeritava piirkonna suurusest, sellest, millise täpsusega mudelit soovitakse koostada ning millise detailsusega lähteandmed on kasutada. (Eesti transpordimudeli... 2011) Transporditsoonide puhul eeldatakse, et need jäljendavad piisavalt täpselt maakasutuse piire ja sisaldavad õigeid andmeid elanikkonna vanuselise ja sotsiaalse koosseisu kohta.

Lisaks tsoonide määratlemisele on mudeli koostamiseks vaja välja tuua tänavavõrk koos tänavate lõikude pikkuste, sõiduradade arvu ja piirkiirusega. Transpordisüsteem on sõlmedest (*node*) ja lülidest (*link*) koosnev võrk, kus lülid on tänavad ja sõlmed on ristmikud. Eraldi käsitletakse transporditsoonide „keskpunkti“ - tsentroid (*centroid*) - mis on liikumise lähte või sihtpunktiks. Tsentroid on ülejäänud võrguga ühendatud nn tsooniühenduste kaudu, mis sisuliselt on tavalised kvartalisised tänavad või hoovist väljasõidud. Teede- või teedevõrgu kirjeldamiseks on kõige lihtsamal juhul vajalik vaid korralik kaardimaterjal, mille põhjal on võimalik paljusid mudeli jaoks vajalikke parameetreid määrata (linkide pikkused, ristmike paiknemine jms). Samuti on vaja kirjeldada ristmikud lubatud manöövrите kaupa sõiduradade kohta ja ka ristmiku tüüp (peatee määratlemine). Need on võimalik määrata kas varasemate või spetsiaalselt teostatud vaatluste ja uuringute baasil, hulgaliselt vajalikke parameetreid saab leida ka avalikest andmebaasidest. Kui tegu on fooriristmikuga, siis lisada mudelisse fooriprogramm, mis vastavalt sellele kirjeldab ristmiku läbilaskvust. Reeglina ei kujuta teedevõrgu kirjeldus mudeli koostamise kõige komplitseeritumat ülesannet. (*Ibid.*)

Mudeli järgmine ja tunduvalt komplitseeritum osa kujutab endast aga modelleeritava piirkonna korrespondentside maatriksi koostamist. Korrespondentside maatriks kujutab endast koostatava mudeli transporditsoonide vaheliste seoste kirjeldust („liikumiste arv tsoonist A tsooni B“). Enamus mudeleid eeldab, et lähtekohtades genereeritud liiklus ja sihtkohtades genereeritud nõudlus on otseses seoses nende elanike (leibkondade) arvuga ja maakasutuse iseloomuga (elurajoon, tööstusrajoon, puhkepiirkond, segakasutus jne). Liikumise sooritamiseks on tavaliselt mitu erinevat võimalust. Kuigi peamiseks modelleerimise aluseks on lähte- ja sihtkohtade nõudlusmaatriks, peab mudelis alati arvestama ka erinevate transpordivahenditega – buss, tramm, troll, rong, laev. Korrespondentside maatriks sõltub suuresti käsitletavast ajavahemikust. Seetõttu on modelleerimisülesanded tavaliselt püstitatud mingi konkreetse ajavahemiku kohta – hommikune tipptund, õhtune tipptund, lõunane tipptunniväline aeg jne või kogu ööpäeva kohta. Sealjuures ei pruugi „tipptund“ olla ühe tunni pikkune vaid võib näiteks haarata kogu hommikuse (õhtuse) tippaja 2-3 tunni ulatuses. Liikumiste korrespondentsid on võimalik paika panna näiteks

parkimisandmete või elu- ja töökohtade paiknemise alusel. Kui võrgus esinevad teadaolevalt mõned kriitilise läbilaskvusega kohad, siis saab neid samuti mudelis eraldi kirjeldada. (*Ibid.*)

Kui saadud tulemused ei vasta tegelikele piisava täpsusega, siis tuleb lähteparametreid muuta. Esimeseks ülesandeks on parandada võimalikud ilmselged vead transpordivõrgustikus (näiteks väär kiirus teedevõrgu mõnel lingil, mõne ühenduse puudumine üldse või ühenduse või lingi olemasolu, mida tegelikult ei eksisteeri, jms). Kui nende vigade parandamise tulemusena olukord endiselt ei vasta oodatud täpsusele, siis analüüsitakse põhjalikult korrespondentsmaatriksi sisu ja tehakse vajalikud parandused selles. Selline tegevus koos järgneva modelleerimisega toimub niikaua, kuni saavutatakse võimalikult tegelikele väärtustele vastav tulemus. (*Ibid.*)

2.4.1 Transpordi modelleerimise tarkvara

Liiklusvoogude analüüsimiseks on käesolevas töös kasutatud Tallinna liiklusmudelit (CUBE-tarkvara), mida on ka varem kasutatud nii Tallinna kui teiste linnade liikluse mõjude analüüsimiseks, näiteks linna peatänava projekti esialgse liiklusvoogude analüüsis. CUBE on modelleerimisplatvorm, mis hõlmab kõiki transpordiplaneerimise, inseneri ja maakasutuse aspekte. Avatud platvormiga võimaldab CUBE konstrueerida ja kalibreerida mistahes tüüpi mudeleid (Citylab).

CUBE-transpordimodelleerimise tarkvarapakett võimaldab koostada transpordimudeli ja lahendada transpordiülesannet põhimõtteliselt väga suurte võrkude jaoks (transporditsoonide maksimaalne arv on 10 000) kas mootorsõidukite, või mõne selle alaliigi (näiteks sõiduautode), muude sõidukiliikide või liikumisviiside, aga ka ühistranspordi erinevate liikide osas. (Eesti transpordimudeli... 2011)

CUBE-programmipakett on koostatud üksikutest moodulitest, millest olulisemad on lähteandmete ja modelleerimispakett. Lähteandmete pakett koosneb teede või teedevõrgu, ristmike ja ühistranspordi liinivõrgu kirjeldusest ning lähte- ja sihtkohtade korrespondentsmaatriksist. Olenevalt ülesandest võib seda teha erineva detailsusega. Modelleerimispaketis on omakorda programmimoodulid lähteandmete tekstifailide teisendamiseks programmidele arusaadavas vormi, modelleeritava transpordivõrgu koormamiseks liikumiste korrespondentsmaatriksiga ja vastavate tulemuste hindamiseks (nn. dünaamilise modelleerimise programmimoodulid) ning tulemuste graafiliseks esitamiseks. (*Ibid.*)

2.4.2 Modelleerimistulemused ja nende kasutamine

Transpordimudeli rakendamise tulemusena saadakse erineva detailsusega resultate, mida on võimalik kasutada ülesande tulemuste analüüsil. Üldistatud tulemused puudutavad kogu mudelit tervikuna, võrgu üksikuid piirkondi või lingitüüpe ja annavad üldised võrgu näitajad:

- a) Liiklussagedus (modelleeritava perioodi jooksul)
- b) Läbilaskvus ja selle kasutus
- c) Keskmised ühenduskiirused
- d) Järjekorra pikkused
 - i. Igal tänavalõigul ja igal ristmikul (suundade kaupa)
 - ii. Agregeerituna
 - 1. Kogu modelleeritav territoorium (linn, linnaosa)
 - 2. Üksikute tänavate, piirkondade, linnaosade jt kaupa
- e) Liikluskoormus ristmikul
- f) Ristmiku läbilaskvus
- g) Liiklussagedused tänavavõrgul
- h) Kesklinnast väljumise isokroonjooned (5 min)
- i) Liiklussagedused ja ristmike läbilaskvuse kasutus
- j) Keskmised ühenduskiirused tänavavõrgul
- k) Ooteajad ristmikel

Mudelist väljastatud erinevate variantide võrdlemisel ja tulemuste analüüsimisel on võimalik teha üsna kaugeleulatuvaid järeldusi ühe või teise lahenduse efektiivsusest. (*Ibid.*)

2.5 Tasuvusarvutus

Projekti tasuvuse hindamiseks koostatakse kulu-tulu analüüs, et teha kindlaks investeringuga kaasnev muutus heaolus. Analüüsi eesmärk on hõlbustada ressursside tõhusamat jaotamist, näidates konkreetse sekkumise eeliseid ühiskonna jaoks võrreldes võimalike alternatiividega.

Suurprojektina käsitletakse tegevust, mis seisneb „ehitustöodes, tegevustes või teenustes, mille eesmärk on viia ellu täpse majandusliku või tehnilise olemusega jagamatu ülesanne, millel on selgelt määratletud eesmärgid ja mille puhul on rahastamiskõlblike kulude kogusumma üle 50 000 000 euro”. (Euroopa Parlamendi... 2013).

Standardne kulude-tulude analüüs koosneb seitsmest etapist (European Commission 2014):

1. Konteksti kirjeldamine
2. Eesmärkide kindlaksmääramine
3. Projekti sisu kindlaksmääramine
4. Tehniline teostatavus ja keskkonnasäästlikkus
5. Finantsanalüüs
6. Majandusanalüüs
7. Riskide hindamine

Käesolev töö hindab eelkõige liiklejate mõju Tallinna tänavavõrgu arendamisele ning sellest tulenevalt keskendutakse sotsiaalmajanduslikus analüüsis teekasutaja kulude ja õnnetuskahjude välja arvutamisele. Sarnaseid töid on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli magistritööde seas (vt Künnapuu 2009, Veibri 2017).

Sotsiaalmajanduslik analüüs uurib, kuidas muutub ühiskonna heaolu, kui analüüsitav projekt realiseeritakse. Analüüs aitab kindlaks määrata, kui suurt hulka inimesi hakkab projekt mõjutama ja milliseid muudatusi inimesed kogevad. (Künnapuu 2009)

Uue infrastruktuuri rajamine avaldab mõju selle kasutajatele, lühendades liikumiseks kuluvat aega ja vähendades sõiduki hooldusele tehtud kulutusi. Liiklejatel, kes jäävad kasutama olemasolevat teedevõrku, lühenevad sõiduajad, kuna osa liiklust on uuel teel ja seega on vanal teedevõrgul vähem liiklust. Uue tee ehitamise üheks põhjuseks on liiklusohutuse suurendamine. Seega tuleb ka liiklusõnnetuste vähenemist arvestada positiivseks tulemuseks ühiskonnale. Samas võib uue infrastruktuuri ehitus genereerida liiklust. (*Ibid.*)

Tasuvusarvutuses liidetakse kokku kõik uue projekti poolt tekitatavate mõjude rahalised väärtused, et hinnata investeeringu otstarbekust. Tekkivad muudatused teisendatakse raha mõõtskaalasse. See tähendab, et igale muudatusele, mis toimub seoses tee ehitusega, määratakse hind. (*Ibid.*)

Transpordisektoris on äärmiselt aktuaalne väliskulude probleem. Transpordi väliskulu on kulu, mida liikleja oma transpordivahendite tegemisel (kas, millal, mis marsruuti mööda sõita, mis sõiduvahendit kasutades jm) arvesse ei võta (Jüssi jt 2008). See tähendab, et teenuse kasutaja ei maksa teenuse kasutamise eest täit hinda ja osa hinnast peab kinni maksma keegi kolmas. Siia kuulub eelpoolmainitud ajakulu liikluses.

Kui on teada ühikhind, muudatuse suurus ja mõjutatud inimeste arv, siis on võimalik leida kogu muutuse väärtus. Seejärel tuleb leida igal aastal analüüsitava perioodi jooksul iga muudatuse väärtus ning teisendada see baasaastasse, korrutades liitkasviku teguri või selle pöördväärtusega. Aastate muutuste summa ühiskonna heaolus, annabki kokku tulemuse, milleks on ajaldatud puhasväärtus. Lisaks võib leida ka teisi tasuvusnäitajaid, milleks võib olla näiteks tulude ja kulude suhe või sisemine kasumimäär. (Künnapuu 2009)

Sotsiaalmajandusliku analüüsi läbiviimiseks on kasutatud 2014. aastal Euroopa Komisjoni poolt tellitud kulude-tulude analüüsi juhendit „*Guide to cost-benefit analysis of investment projects*“ (European Commission 2014).

2.5.1 Üldised põhimõtted

Teedesektoris on Euroopa Komisjon soovitanud kasutada arvestusperioodiks 25 aastat (Komisjoni delegeeritud... 2014). Sellest tulenevalt peab tasuvusanalüüsis olema kokku arvatud kõik tulud ja kulud, mis esinevad seoses objektiga kuni projektaastani. Selle tegemiseks tuleb valida baasaasta, kuhu kõik tulud ja kulud diskonteerimise meetodil arvutatakse. Euroopa Komisjoni kulu-tulu analüüsi juhend (European Commission 2014) soovib baasaastaks valida n-ö käesoleva aasta. Valitud baasaasta peab olema kõigis stsenaariumites sama.

Kõik ühikhinnad, mida rakendatakse tasuvusarvutuse teostamisel, peavad kehtima baasaasta kohta. Hindade teisendamiseks baasaastasse tuleb neid korrutada inflatsiooniga. Kui aga baasaastaks on tulevikus asuv aasta, siis tuleb ühikhindasid korrutada vaadeldava perioodi inflatsiooni aastakeskmise prognoosiga. Selleks on kasutatud Struktuurifondide lehel olevat makromajanduse näitajate tabelit aastateks 2000-2070 (vt Euroopa Liidu Struktuuritoetus 2000). Tehingu rahaline väärtus on seotud toimumise ajaga. Kõik muudatused, mis toimuvad seoses objekti ehitamisega kuni projektaastani, omavad rahalist väärtust oma toimumise hetkel. Võimaldamaks kõikide nende muudatuste kokkuarvutamist baasaastasse, tuleb neid korrutada liitkasvikuteguri või liitkasviku teguri pöördväärtusega. Enne liitkasviku teguri arvutamist tuleb aga kindlaks määrata diskontomäär, mille väärtus ja kontseptsioon on erinevad finantsanalüüsi ja sotsiaalmajandusliku analüüsi jaoks. (Künnapuu 2009)

Florio ja Vignetti (2003) kirjeldavadki, et paljudes tasuvusarvutustes ei ole piisavalt selgelt eristatud finantsanalüüsis kasutatud diskontomäärasid sotsiaalmajanduslikus analüüsis kasutatud

diskontomääradest. Euroopa Komisjoni delegeeritud määruse nr 480/2014 kohaselt soovitatakse perioodil 2014–2020 kapitali pikaajalise reaalse alternatiivkulu alusmäärana kasutada reaalsel diskontomäärana 4%. Sotsiaalseks diskontomääraks soovitatakse võtta 5% (European Commission 2014). Rahavoogude diskonteerimisel võetakse arvesse ainult projekti tegevustega otseselt seotud kulud ja tulud, mitte toetuse saaja kogu majandustegevus. Alusmäärana kasutatakse alusmäärana püsihindade puhul reaalsel diskontomäärana ja jooksevhindade puhul nominaalset diskontomäärana (Rahandusministeerium 2016).

Nominaalse diskontomäär arvutamiseks tuleb kasutada valemit 2.1 (European Commission 2014):

$$(1 + n) = (1 + r) * (1 + i) \quad (2.1)$$

kus

n – nominaalmäär

r – reaalmäär

i – inflatsioonimäär.

Enne baasaastat asetleidvate muudatuste ajaldamiseks baasaastasse korrutatakse kulud liitkasvikuteguriga, (vt valem 2.2)

$$r_t = (1 + i)^t \quad (2.2)$$

kus

r_t – liitkasviku tegur

i – diskontomäär

t – aeg kulude teostamisest baasaastani

Pärast baasaastat asetleidvate muudatuste ajaldamiseks baasaastasse korrutatakse kulud liitkasvikuteguri pöördväärtusega, (vt valem 2.3)

$$r_t = \frac{1}{(1+i)^t} \quad (2.3)$$

kus

r_t – liitkasviku tegur

i – diskontomäär

t – aeg kulude teostamisest baasaastani

2.5.2 Ehitusmaksumus

Investeeringu maksumuse välja arvutamiseks soovitatakse kasutada kohalikele oludele vastavaid ühikhindasid ja vastavalt objektile välja arvatud materjalide koguseid. Käesolevas töös ei arvutata välja investeeringu maksumust vastavalt Maanteeameti teetööde ühikhindade prognoosile aastani 2027 (Kaal jt 2018) koos kulutatud materjali kogusega. Alternatiivina võetakse aluseks sarnased varem realiseeritud investeeringud ning need kohaldatakse vastavalt töö valimis väljatoodud ehitatavate tänavate parameetritega. Narva mnt-Pirita tee ühendus on kõrguste vahe tõttu lahendatav viadukti meetodil. Selle maksumus on võrreldav Haabersti viadukti omaga, mis valmis 2017. aastal. Suur-Sõjamäe-Tartu mnt ühendus sisaldab muuhulgas ka tunnelit lennuradade alt. Viimase maksumus on kohaldatud Ülemiste tunneli hinnaga. Kõikide sõiduteede ehitamise ühikväärtused on võetud CBA juhendis (European Commission 2014) toodud ühikväärtusega. Seda hinda rakendatakse Tartu mnt-Viljandi mnt, osaliselt ka Pärnu mnt-Rahumäe tee ning Suur-Sõjamäe-Tartu mnt ühenduste maksumuste arvutamisel. Kusjuures Pärnu mnt-Rahumäe tee sisaldab endas samuti raudteealust tunnelit. Kõik varem asetleidnud hinnad teisendatakse baasaastasse. Haabersti viadukti ja Ülemiste tunneli ehitusmaksumused on saadud Tallinna Kommunaalametilt (Teder 2019). Sõidutee, viadukti ja tunneli ühikväärtused on toodud tabelis 2.1.

Tabel 2.1 Tänavade ehituse ühikväärtused (Allikas: autori koostatud European Commission 2014 ja Teder 2019 andmete põhjal)

Ehitis	eur/m
Sõidutee	6800
Tunnel	17984
Viadukt	6253

2.5.3 Teekasutaja kulud

Teekasutaja kulude alla kuuluvad kulutused, mida tasuvad teedevõrgu kasutajad ehk kõik liiklejad, kes on projektist mõjutatud. Tee kasutajate kulud koosnevad liikluskuludest ja ajakuludest.

Liikluskulude leidmisel arvutatakse, kui palju kulutavad tee kasutajad kütusele, määrdeainetele, rehvidele, varuosadele, hooldusele, millele lisanduvad sõiduki amortisatsiooni kulud planeeritava teelõigu läbimisel. Liikluskulude arvutamiseks kasutatakse üldiselt HDM-IV või mõnda sarnast tarkvara. Usaldusväärsete tulemuste leidmiseks peaks programm olema kalibreeritud Eesti oludele. Maanteeameti tellimusel on 2003. aastal Tallinna Tehnikaülikooli teedeinstituudi poolt koostatud

dokument „HDM-IV evitamiseks vajalike liikluskulude arvutamise lähteandmete panga koostamine” (Kaal jt 2003).

Kuna käesoleva töö tasuvusarvutuste tegemiseks ei olnud võimalik kasutada HDM-IV tarkvara, siis kasutati alternatiivset meetodit, millega arvestatakse teekasutajate tasu, reisiaega, sõiduki kasutamise kulusid. Uute teede ehitamine vähendab investeeringualternatiivis võrrelduna baasalternatiiviga ka ümbersuunatud reisijate läbitavaid teepikkusi, vähendades seeläbi sõidukite kasutuskulusid (Truu jt 2014).

Aja väärtus sõltub reisijatranspordis suuresti reisi eesmärgist ja viisist. Väärtus erineb sõltuvalt ka reisi pikkusest ja transpordivahendi täituvusest. Transpordi väliskulude hindamise raporti kohaselt tuleks minimaalselt eristada reisijatranspordis töösõite ning mitte-töoga seotud sõite. (Jüssi jt 2008)

Töösõitudeks loetakse sõite, mis tehakse tööajal ning tööandja huvides, seevastu sõidud kodust tööle ning töölt koju klassifitseeritakse mittetöisteks sõitudeks. M. Koppeli (2003) hinnangul on tööga seotud sõidud 45,8% ehk 54,2% sõiduautodest teeb vaba-aja sõite. Kulu-tulu analüüsis tuleb ajasääst kohaldada reisja väärtusesse. Autos on lisaks juhile 0,3 sõitjat (Antov 2012). Seega peaks tööga olema seotud linnas 16% ning mitte-töoga 84% sõitjatest.

Eestis on senistes uuringutes võetud aja väärtuse arvutamise aluseks palgakulu ja reisijate ajakulu, hindamisel on eeldatud teatud osakaal palgakulust (vt Jüssi jt 2008, Koppel jt 2003). Ajale (ja reisiks kuluvale ajale sõltuvalt reisi eesmärgist) omistatava väärtuse hindamiseks ei ole Eestis eraldi uuringuid tehtud (Jüssi jt 2008). Tunnihinnaks, mis kulutatakse reisimiseks, soovib Jüssi (2008) valida käsiraamatus IMPACT (Maibach jt 2007) toodud väärtused, mis on EL25 keskmised. Lisaks on soovitatud valida aja hinnaks 48% IMPACT (Maibach jt 2007) väärtusest, kuna 2002 moodustas Eesti SKP inimese kohta ostujõupariteedi alusel 48% EL25 keskmisest. Ajale rahalise vääringu andmiseks soovib IMPACT (Maibach jt 2007) kasutada võimaluse korral iga paikkonna kohalikke väärtusi, kui on olemas vastavad pädevad ning miinimumstandardile vastavad hinnangud. Juhul, kui selliseid hinnanguid ei ole, siis soovitatakse kasutada HEATCO projekti väärtusi (Bickel jt 2006). HEATCO väärtused soovitatakse kanda üle kohalikku vääringusse, kasutades ostujõu pariteediga kohandatud SKP-d inimese kohta (Maibach jt 2007).

Alternatiivse meetodi järgi kasutatakse liiklejate aja rahalise väärtuse leidmiseks ka keskmist neto tunnipalka. Euroopa Komisjoni juhend (European Commission 2014) soovib hinnata aja väärtust, võttes arvesse kulude kokkuhoiu lähenemisviisi. Selle aluseks on loogika, et tööga seotud reisideks

kuluv aeg on tööandja kulutus, kes oleks võinud töötajaid alternatiivsel tootlikul viisil kasutada. Soovitav tööaja hindamine kulude kokkuhoiu meetodil tuleks teha järgmised sammud:

- Palgamäärade kindlaksmääramine – tunnis väljendatud tööjõukulu (eurot tunnis) tuleb tuletada vaadeldud riiklike palgamääradest. Eestis väljastab need andmed riiklik statistikaamet.
- Palgamäärade kohandamine, et kajastada täiendavaid töötajaga seotud kulusid – see hõlmaks tööandjapoolseid makse. Seetõttu tuleb arvutada tööandja makstavad sotsiaalkindlustusmaksed ja üldkulud ning lisada need hinnangulisele tunnitööjõukulule. Tööjõukulu on ligikaudu 34% palgast ning Praxise prognoosi (Praxis 2012) põhjal jääb see ka tulevikus samasse suurusjärku.

Seega näitab kulude kokkuhoiu lähenemisviis, et tööajaga kokkuhoidu väärtus on palgamäär, millele lisanduvad lisatööjõu kasutamisega seotud üldkulud.

Kui puuduvad riiklikud andmed, kuidas hinnata vabaaja sõite, tuleb mitte-tööaegset sõiduaega hinnata riigi keskmistest määradest mitte, kuidas reisijad oma aega isiklikult väärtustavad. Teisisõnu võib eeldada, et tööaeg on osa tööga seotud väärtusest. Euroopa Komisjoni andmetel on teatud riikides näidatud, et tööaeg on tavaliselt vahemikus 25% kuni 40% tööajast. (European Commission 2014) Käesoleva töö puhul kasutatakse määrana 35%, mis jääb eelnimetatud näitajate vahele. Kõik ajakulu muutusest tingitud rahalised tulud ja kulud arvutatakse üle kogu tasuvusanalüüsi kaasatud perioodi ja teisendatakse baasaastasse, korrutades liitkasviku teguri või selle pöördväärtusega.

Uue tee ehitamisega peaksid selle kasutajad säästma sõiduaega. Liiklejad, kes jäävad kasutama vana teedevõrku, hakkavad ajas võitma nende arvelt, kes uut teed kasutavad. Kui ajaväärtuse ühik on kindlaks määratud, tuleb aja kokkuhoiust saadud kasu arvutada eraldi. Arvestada tuleb liiklussageduse prognoosi, sõiduaaja hinnangulisi keskmiseid kiirusi erinevate stsenaariumite puhul, jagada reisijate liikumine tööreisideks ja mitte-tööga seotud reisideks (European Commission 2014). Kõigi liiklejate ajakulu muutus moodustabki kogu liikluses veedetud aja muutuse. Vajalikud andmed tasuvusarvutuse jaoks saadakse liiklusmudelist, kus on arvatud aeg, mis veedetakse aastas keskmiselt ööpäevas teedevõrgus erinevate stsenaariumite puhul.

2.5.4 Liiklusõnnetused

Liiklusõnnetuste vähenemisest saadud tulu hindamiseks on esmalt vaja erinevate õnnetustüüpide ühikväärtusi. Erinevad ühikväärtused on esitatud mitmetes Euroopa Komisjoni poolt tellitud uuringutes (HEATCO, IMPACT jt). Kui eri õnnetustüüpide ühikväärtused on saadud, tuleb projekti füüsiline mõju ohutusele (st õnnetuste riski vähendamisele) hinnata riiklike andmete põhjal. Vaja on järgmisi sisendandmeid (European Commission 2014):

- statistika kergete vigastuste, raskete vigastuste ja surmajuhtumite keskmist arvu õnnetusjuhtumi kohta;
- õnnetusjuhtumite arv miljoni sõiduki kilomeetri kohta, kasutades tegelikke projekti konkreetseid väärtusi või nende puudumisel standardseid andmeid;
- sõiduki kilomeetri prognoos teedevõrgus aastas koos ja ilma projektita.

Selle põhjal saab arvutada surmajuhtumite ja vigastuste arvu vähenemise ja suhtelise kasu, rakendades riigipõhiseid ühikhindu. Maanteeameti poolt tellitud tööst „Liiklusõnnetustest ühiskonnale põhjustatud kahjude määramise meetodika täiustamine, kahjude suuruse hindamine ja prognoosimine” (Koppel jt 2012) tulenevalt on liiklusõnnetuste kulude lähteandmed esitatud tabelis 2.2. Andmed põhinevad Eesti tingimustel, mistõttu puudub vajadus kasutada teisi algandmeid. Õnnetuste kulud on esitatud 2019. aasta väärtuses. Õnnetuste arvu leidmiseks on kasutatud Maanteeamet liiklusõnnetuste statistikat „Liiklusaasta 2017” (Maanteeamet 2017) ning „Autopargi läbisõit 2018” (Maanteeamet 2018a) andmeid Tallinna kohta.

Tabel 2.2 Liiklusõnnetuste kulude lähteandmed (Allikas: autori koostatud Maanteeamet 2017, 2018a ja Koppel jt 2012 andmete põhjal)

Õnnetuse liik	Õnnetuste arv mln autokm kohta	Õnnetuste kulu (1000 eur)
Hukkunud	0,003	2206
Vigastatud	0,213	745
Varakahjuga õnnetus	0,730	11

Samuti arvestati liiklusohutusprogrammi (Maanteeamet 2016) eesmärki, et aastate 2023-2025 keskmisena ei hukuks liikluses mitte üle 40 inimese ja raskesti vigastatute arv ei ületaks 2023–2025 aastate keskmise väärtustena 330 inimest aastas. Kuna käesolevas töös analüüsitav periood on aastani 2043, siis arvestati, et aastatel 2025-2030 püsib vigastatute arv samal tasemel ja pärast aastat 2030 väheneks hukkunute ja vigastatute arv lineaarselt veel poole võrra. Varakahjuga liiklusõnnetuste arvu ei muudeta.

2.5.5 Tasuvusnäitajad

Tasuvusanalüüsi eesmärgiks on pakkuda otsustajatele tuge parima võimaliku stsenaariumi valimisel. Otsuse tegemine toimub tasuvusnäitajate põhjal. Tasuvuse hindamisel võrreldakse tehtud projekti realiseerumise tulemusena ühiskonna poolt kogetava kulude vähenemise ehk säästu suurust projekti realiseerimiseks tehtavate kulutustega. (Truu jt 2014) Projekti puhul saab kindlaks määrata enimkasutatavad majanduslikud tulemusnäitajad, milleks on ajaldatud majanduslik puhasmaksumus, majanduslik tasuvuslavi ja tulude-kulude suhe (European Commission 2014).

Ajaldatud puhasväärtus on diskonteeritud tulude ja kulude vahe. Positiivne väärtus näitab, et projekti tulud on suuremad kui kulud. Ajaldatud puhasväärtus arvutatakse valemiga 2.4.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (2.4)$$

kus

B_t – tulud aastat t

C_t – kulud aastat t

T – perioodi pikkus

$(1+i)^t$ – liitkasviku tegur

Teiseks tasuvusnäitajaks on tulu-kulu suhtarv, mis aitab võrrelda projekti diskonteeritud kulusid ja tulusid. Kui suhtarv on suurem kui 1, siis on projekti tulud suuremad kui kulud ja järelikult on projekt ühiskonnale kasulik. Tulu-kulu suhtarvu arvutamiseks kasutatakse valemit 2.5.

$$NPV = \frac{PVB}{PVC} = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (2.5)$$

kus

PVB – ajaldatud tulud

PVC – ajaldatud kulud

B_t – kulud aastat t

C_t – tulud aastat t

T – perioodi pikkus

$(1+i)^t$ – liitkasvikutegur

Sisemiseks kasuminormiks on diskontomäär, mille korral ajaldatud puhasväärtus võrdub nulliga. Projekti tulemus on positiivne ja projekt on väärt elluviimist, kui sisemine kasuminorm on suurem kui diskontomäär (vt valem 2.6)

$$\begin{aligned} IRR &\geq i, \text{projekti tulemus on positiivne} \\ IRR &\leq i, \text{projekti tulemus on negatiivne} \end{aligned} \quad (2.6)$$

kus

IRR – sisemine kasuminorm

i – diskontomäär

2.5.6 Riski määramine

Teedeehitusobjektile tasuvusarvutuse tegemise analüüsiperioodiks on 25 aastat. Kuna projektaasta asub tulevikus, siis ei saa asetleidvate mõjude täpseid suurusiteada ja neid rakendada. See toob kaasa ebatäpsused ja kunagi ei saa olla täiesti kindel leitud tulemustes. Kui analüüsi algandmete väärtuse muutumine omab suurt mõju projekti tasuvusnäitajatele, siis kaasneb projektiga risk. Riski määramine koosneb tundlikkuse ja stsenaariumite analüüsist ning riski modelleerimisest.

Tundlikkuse analüüs raames uuritakse, millisel määral on tasuvusarvutuse tulemus sõltuv muutujate väärtustest. Tundlikkuse analüüs koosnebki kriitiliste muutujate leidmisest ja seejärel neile muutujatele erinevate väärtuste andmisest. Kriitilised muutujad omavad olulist mõju projekti finants-ja/või sotsiaalmajanduslikele tulemustele. Tundlikkuse analüüsi puhul on tegemist ühe lihtsaima moodusega projekti riski analüüsimiseks. Analüüsi läbiviimiseks tuleb muuta ühte sisendit hoides teised samal ajal muutumatuna. Antud meetodiga on võimalik selgeks teha, kui tundlikult investeerimisprojekt reageerib ühe sisendi muutmisele. (Brueggeman jt 2008) Euroopa Komisjoni (European Commission 2014) juhend soovib pidada kriitiliseks kriteeriumiks neid muutujaid, mille puhul 1%-line muutus baasstsenaariumi väärtusest annab tulemuseks suurema kui 1%-lise muutuse NPV väärtuses.

Stsenaariumite analüüs erineb tundlikkuse analüüsist selle poolest, et antud meetodi puhul on võimalik muuta mitut sisendit korraga. Vaatluse alla võetakse mitu stsenaariumit, kus muutub üks või rohkem sisendeid. Üldjuhul võrreldakse baasstsenaariumit, pessimistlikku ning optimistlikku stsenaariumit. Stsenaariumite analüüs näitab kui palju mõjutavad projekti tasuvust ning tootlikkust negatiivsete ja positiivsete oletuste puhul. (Higgins 2001)

Suurprojektide mõju hindamiseks prognoositakse tuleviku liikumiskäitumisi. Selleks rakendatakse modelleerimisplatvormi, mis hõlmab kõiki transpordiplaneerimise, inseneri ja maakasutuse aspekte. Käesolevas töös väljastab reisinõudluse mudel andmed kogu Tallinna teedevõrgu kohta. Modelleerimisest saadud andmete tulemusi kasutatakse liiklus- ning sotsiaalmajandusliku analüüsi koostamisel. Transpordiuringu käigus võrreldakse erinevate stsenaariumite näitajaid ning kirjeldatakse tuleviku liikluspildi muutusi. Tasuvusanalüüsi osas võrreldakse kahe stsenaariumi – tänavavõrgu arendamisel ja mitte arendamisel – sotsiaalmajanduslikke näitajaid ning arvutatud tasuvusnäitajatega hinnatakse projekti elluviimise kasulikkust ühiskonnale.

3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED

Metoodilises osas kirjeldatu rakendatakse käesoleva töö valimi suhtes. Töö analüüsi osas määratakse Tallinna tänavavõrgu arendamise mõju kogu linna liikluspildile – tuvastatakse uute lõikude kasutajate ulatus ning millistel tänavatel toimub liiklussageduste muutus. Lisaks arvutatakse sotsiaalmajanduslikus analüüsis liiklejaid mõjutavate tegurite ja peamiste tasuvusnäitajate maksumused, mille põhjal saab teha järelduse, kas valimis esitatud tänavavõrgu arendamine on ühiskonnale kasulik investeering.

3.1 Liiklusanalüüsi tulemused

Tallinna liiklusmudel on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli lektori Harri Rõuk abiga. Sarnaselt linna peatänavaprojekti esialgse liiklusvoogude analüüsile (Inseneribüroo „Stratum“ 2015) on mudel kalibreeritud 2015. aasta liiklusvoogude andmete põhjal, eesmärgiga, et modelleeritud liiklusvood vastaksid maksimaalselt tegelikele (loendusandmetel põhinevatele) liiklusvoogudele. See omakorda loob eelduse selleks, et prognoositud liiklusvood kajastaksid võimalikult tõenäoliselt reaalselt võimalikku liikluspilti tänavavõrgu arendamise rakendamise järel. Tallinna liiklusmudeliga väljastati koos tänase olukorraga kolm stsenaariumit:

- stsenaarium S0 – 2018. aasta liiklussagedused, tänavavõrku ei ole arendatud;
- stsenaarium S1 – 2040. aasta liiklussagedused, tänavavõrku ei ole arendatud;
- stsenaarium S2 – 2040. aasta liiklussagedused, tänavavõrku on arendatud.

Mudeli poolt väljastatud tulemused (vt tabelis 3.1) kajastavad öhtuse tiptunni liiklusvooge, mida tinglikult saab käsitleda ajavahemikuna 16:30 kuni 17:30. Öhtuse tiptunni liikluspildi analüüs on põhjendatud eelkõige sellega, et just öhtusel tiptunnil on kogu linna liiklusvood kõige keerukamad ja ka võimalike liikluskorralduslike muutuste mõju ulatuslikum. Kuigi stsenaariumite S0 ja S1 tänavavõrk on sama, on mudeli väljastatud väärtused erinevad. See on tingitud elanikkonna muutusest (E) ja autostumise kasvust (A) (Inseneribüroo „Stratum“ 2015). Nende kahe teguri korrutis annab kasvuteguri, millega on baasstsenaariumi näitajad läbi korrutatud. Seega eeldatakse, et perspektiivis on nõudlus tervikuna suurem. Tabeli 3.1 andmete kohaselt väheneb tiptunnil liikluses veedetud ajakulu stsenaariumite S1 ja S2 võrdlemisel 8%. See tähendab, et keskmine inimene on prognoositud võitma Tallinna linna liikluses stsenaariumi S2 korral 8% aega öhtuse tiptunni liikluses igal tööpäeval.

Tabel 3.1 Mudeli väljastatud tulemused erinevate stsenaariumite puhul (Allikas: autori koostatud)

Näitaja	S0	S1	S2
Läbisõit, a-km tiptunnil	700 931	905 620	897 647
Ajakulu ristmikel, a-h tiptunnil	8 415	18 106	15 725
Ajakulu tänavatel, a-h tiptunnil	13 881	18 960	18 621
Ajakulu kokku, a-h tiptunnil	22 296	37 066	34 346
Keskmine sõidukiirus, km/h tiptunnil	50,5	47,8	48,2
Keskmine ühenduskiirus, km/h tiptunnil	31,4	24,4	26,1

Põhimõtteliselt saab uuritava piirkonna korrespondentsid ehk liikumised jagada neljaks: piirkonnasisesed liikumised, liikumised piirkonnast välja, liikumised piirkonda sisse, transiitliikumised (piirkonda läbivad sõidud). Lähtuvalt transpordimudeli detailsusest ei käsitleta käesolevas töös transporditsoonisisesid korrespondentse. On oluline märkida, et erinevate stsenaariumite võrdluses on kõik autoliikluse korrespondentsid kogu Tallinna ulatuses samad. See tähendab, et käesolevas analüüsis ei ole arvestatud sellega, et tänavavõrgu arendamine võib kaasa tuua ka autoliikluse nõudluse muutumise. Variantide võrreldavuse huvides on need jäetud samaks, et hinnata seda, mida võiks vaid analüüsitava lahenduse rakendamine kaasa tuua liiklusolukorrale linnas tervikuna. Täiendavalt on käesolev analüüs teostatud olemasolevast olukorrast lähtuvalt. See tähendab, et nii kogu linna autoliikluse infrastruktuur on selline nagu täna, välja arvatud valimis kirjeldatud tänavate väljaehitamise variandid. Reaalselt on muidugi tõenäoline, et linna infrastruktuuri arendamine (näiteks suuremate sõlmristmike rekonstrueerimine, linna peatänavade väljaehitamine jne) toovad omakorda kaasa ka liiklusvoogude muutused. Kuna hetkel konkreetsed lahendused ja nende rakendamise aeg ei ole selge, siis on tinglikult arvestatud vaid töös esitatud tänavate väljaehitamise mõjuga ning kujutab seega teoreetilist olukorda. (*Ibid.*) Lisaks on käesoleva töö raames lihtsuse mõttes mudeli poolt väljastatud andmed taandatud sõiduauto ühikutele.

Erinevate stsenaariumite võrdlemiseks ja sotsiaalmajandusliku analüüsi tegemiseks on vaja leida aasta keskmised näitajad, sh aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus (AKÖL) ehk aasta jooksul tänavate ristlõiget läbinud sõidukite koguarv. Aasta keskmise ööpäevase liiklussageduse leidmiseks on esmalt vaja arvutada ööpäeva näitajad. Vastavalt „Linnatänavad“ standardile EVS 843:2016 moodustab tiptunni liiklussagedus AKÖL-ist linnakiirteedel 8%, põhitänavatel ja jaotusmagistraalidel 8-12%. Tiit Metsvahi poolt koostatud uuringus „Tallinna liikluse muutuse monitooring automaatse seiresüsteemi andmete põhjal“ (2018) on välja toodud, mitu protsenti vaadeldava tiptunni liiklussagedus aasta keskmisest ööpäevasest liiklussagedusest moodustab. Kõigi ristmike keskmisena jääb see tase erinevatel aastatel vahemikku 9,5–10,4%. Rakendades

väljatoodud protsendivahemiku keskmist, on tulemuseks 9,95%. Seda kasutab töö autor ka ööpäevaste liiklussageduste leidmiseks.

Puhkepäeva ning tööpäeva liikluse osakaal nädala lõikes on erinevad. Maanteeameti peadirektori 02.04.2009.a käskkirjaga nr 93 poolt kinnitatud „Liiklusloenduse meetodika koormussageduse määramiseks“ kirjeldab, et nädalapäevategur (pp) arvestab antud päeva ja nädala keskmise ööpäevase liiklussageduse erinevust. Valem selle arvutamiseks on järgmine (valem 3.1):

$$N_{näd} = \frac{NT}{pp} \quad (3.1)$$

kus

$N_{näd}$ – nädala loendusandmed

NT - loenduspäeva ööpäevase liiklussageduse

pp – nädalapäevategur

Leidmaks, kui suure osakaalu liiklusest moodustab tööpäeval ja puhkepäeval võttis töö autor aluseks 2018. aasta Tiit Metsvahi poolt koostatud uuringu „Tallinna liikluse muutuse monitooring automaatse seiresüsteemi andmete põhjal“ (2018). Kasutatud on linna kõikide seiresüsteemide andurite loendusi 2017. aastal. Seal on esitatud iga aasta kohta keskmine ööpäevane liiklussagedus, aga ka tööpäevade ja puhkepäevade keskmine ööpäevane liiklussagedus. Juhul, kui perioodi sisse on tööpäevale jäänud riiklik püha, siis see päev on arvestatud siiski tööpäevade hulka ja seda pole puhkepäevadele lisatud. See toob endaga kaasa teatud moonutusi, kuid nende mõju ei ole Tiit Metsvahi hinnangul siiski liialt suur. Arvestati, et nädalas on viis tööpäeva ja kaks puhkepäeva. Eelneva valemi põhjal saame tuletada, kui suure osa moodustab aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus nädala keskmisest ööpäevasest liiklussagedusest valemiga 3.2:

$$pp_{näd} = 5 * \frac{TPKÖL}{NKÖL} + 2 * \frac{PPKÖL}{NKÖL} \quad (3.2)$$

kus

$pp_{näd}$ – nädala liiklussageduse osakaal

TPKÖL – tööpäeva keskmine ööpäevane liiklussagedus

PPKÖL – puhkepäeva keskmine ööpäevane liiklussagedus

NKÖL – nädala keskmine ööpäevane liiklussagedus

Lisades valemisse vastavad arvulised väärtused, saame tulemuseks $pp_{näd}=6,98$. See tähendab, et tööpäeva ja puhkepäeva liiklussagedused ei anna kokku 7 päeva väärt liiklussagedust. Nädala liiklussageduse osakaalu on vaja selleks, et arvutada aasta keskmine liiklussagedus. Aastas on 365 päeva ehk 52 nädalat pluss üks päev. Eelnevalt leitud ööpäevased ja nädalased näitajad on võimalik arvutuslikul teel teisendada aastaks. Kuna kõik eelmised näitajad on keskmised, siis on tehte tulemusena leitud aasta keskmised näitajad, mis on esitatud tabelis 3.2.

Tabel 3.2 Stsenaariumite aastased keskmised näitajad (Allikas: autori koostatud)

Näitaja	S0	S1	S2
Läbisõit, a-km/aastas	2 564 904 269	3 313 920 220	3 284 743 704
Ajakulu ristmikel, a-h/aastas	30 793 552	66 256 092	57 543 159
Ajakulu tänavatel, a-h/aastas	50 795 223	69 378 557	68 137 767
Ajakulu kokku, a-h/aastas	81 588 775	135 634 648	125 680 926

Aasta keskmiste näitajate analüüsimisel saab anda hinnangu, milliseid muutusi toob tänavavõrgu arendamine kaasa Tallinna kogu liiklusele. Võrreldes 2018. aasta olukorraga, on aastal 2040 läbisõit ja ajakulu (sh ristmikel ja tänavatel) suuremad ning keskmised sõidu- ja ühenduskiirused väiksemad. Järgnevalt esitatakse kahe tulevikustsenaariumi näitajad ja nende erinevused tabelis tabelis 3.3.

Tabel 3.3 2040. aastate stsenaariumi näitajate võrdlus (Allikas: autori koostatud)

Näitaja	S1	S2	muutus%
Läbisõit, a-km aastas	3 313 920 220	3 284 743 704	-1%
Ajakulu ristmikel, a-h aastas	66 256 092	57 543 159	-15%
Ajakulu tänavatel, a-h aastas	6 9378 557	68 137 767	-2%
Ajakulu kokku, a-h aastas	135 634 648	125 680 926	-8%
Keskmine sõidukiirus, km/h tpptunnil	47,8	48,2	1%
Keskmine ühenduskiirus, km/h tipptunnil	24,4	26,1	7%

Kuigi läbisõit ei ole kahe stsenaariumi puhul suure erinevusega (ainult 1%), on märkimisväärne muutus just ajakulul, eriti ristmike piirkonnas. Arendades Tallinna tänavavõrku Tallinna väikese ringtee, Narva mnt-Pirita tee ning Rahumäe tee-Pärnu mnt ühendustega, väheneb ajakulu kogu Tallinnas 8%. Läbisõidu ja ajakulu vähenemisel keskmised kiirused on kasvanud. Tallinna väikesel ringil on mudelis arvestatud kiiruseks 70 km/h ilma täiendavate ristmikuteta ja ülejäänud uutel tänavalõikudel 50 km/h. Mudel kinnitab ka seda, et kiirused vähenevad endiselt kesklinna lähemates piirkondades, kus ristmike (ja osaliselt ka tänavate) läbilaskevõime on ammendunud, kuid tänavate laiendamine seal ei ole võimalik.

3.1.1 Öhtuse tipptunni liiklussageduste võrdlus




Mudel väljastas öhtuse tipptunni graafilised väljundid kõigi stsenaariumite puhul (vt lisad 5-7). 2040. aastal arendatud tänavavõrgul on uued tänavad jaotatud tinglikult neljaks lõiguks ning nende prognoositud liiklussagedused kahel erineval suunal on järgmised:

1. Pirita-Narva mnt ühendus – 792+518 a/h
2. Suur-Sõjamäe-Tartu mnt ühendus – 1067+691 a/h
3. Tartu mnt-Viljandi mnt ühendus – 959+1026 a/h
4. Pärnu mnt-Rahumäe tee ühendus – 662+719 a/h

Autor võrdles tänavate tipptunni liiklussagedusi kõigi stsenaariumite puhul. Järgnevalt tuakse välja, kus ja kui suur on tipptunnil mõju liiklusele ning millist osa Tallinnast välja pakutud tänavavõrgu arendus muudab. Võrdlus on tehtud kõigi kolme stsenaariumi puhul.

Vaatluse alla võeti Tallinna peamiste magistraaltänavate ristlõiked: Tartu mnt, Pärnu mnt, Tammsaare tee, Järvevana tee, Smuuli tee, Pirita tee, Viljandi mnt, Narva mnt, Liivalaia ning võrgu arendustest mõjutatud Valdeku ja Tervise tn. Joonisel 3.1 on näidatud iga ristlõike järjekorranumber ning noolega sõidusuund. Tinglikult arvestatud, et liigutakse kesklinna ehk Vabaduse väljaku suunas – seetõttu sõidusuund 1 on parempoolne ja sõidusuund 2 vasakpoolne sõidurada. Võrreldavad ristlõigete liiklussagedused on graafiliselt esitatud lisades 5-7 ning arvulised väärtused on toodud tabelis 3.4.

Tingmärgid

-  Ristlõike asukoht
-  Uus tänavavõrk
- 14 Loenduspunkti nr
-  Sõidusuund

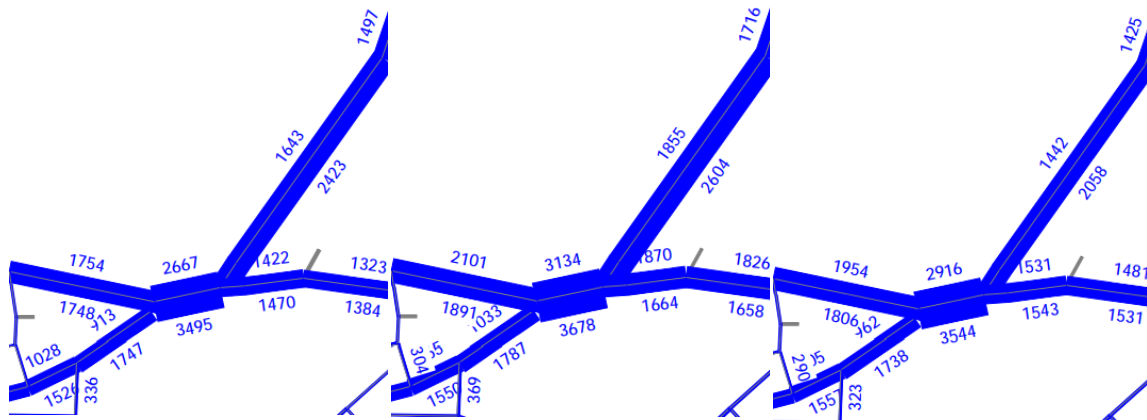


Joonis 3.1 Tänavate ristlõigete asukohad (Allikas: autori koostatud)

Tabel 3.4 Erinevate stsenaariumite tänavate ristlõigete tipptunni liiklussagedused (Allikas: autori koostatud)

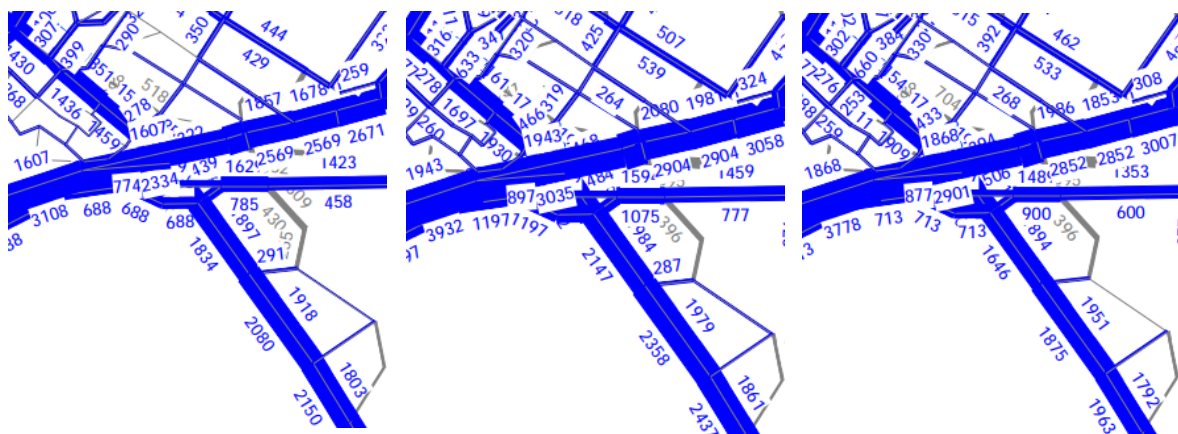
Asukoht		Stsenaarium S0			Stsenaarium S1			Stsenaarium S2		
Tänav nimi	Jrk nr	Suund 1	Suund 2	Kokku	Suund 1	Suund 2	Kokku	Suund 1	Suund 2	Kokku
Pirita tee	1	1643	2423	4066	1844	2613	4457	1442	2058	3500
Smuuli tee	2	1020	513	1533	1564	978	2542	1855	1320	3175
	3	997	761	1758	1084	673	1757	1394	1259	2653
Tartu mnt	4	1072	1336	2408	1287	1602	2889	1320	1598	2918
	5	1136	1521	2657	1303	1902	3205	1353	1591	2944
	6	1918	2080	3998	2024	2401	4425	1951	1875	3826
Viljandi mnt	7	554	1061	1615	671	1035	1706	1122	1616	2738
Valdeku	8	320	363	683	378	453	831	619	648	1267
Pärnu mnt	9	2665	3889	6554	3061	4402	7463	2687	4191	6878
	10	1501	2158	3659	1646	2589	4235	1475	2518	3993
	11	255	359	614	319	495	814	291	437	728
Tammsaare tee	12	2883	3621	6504	3296	4049	7345	2942	3816	6758
Järvevana tee	13	3772	3283	7055	4450	4344	8794	4203	3910	8113
Narva mnt	14	824	1487	2311	867	1427	2294	836	1455	2291
Liivalaia	15	1902	2360	4262	2049	2617	4666	1980	2554	4534
Tervise	16	484	684	1168	627	812	1439	739	900	1639

Võrreldes 2018 ning 2040. aasta näitajaid, kasvavad kõikides ristlõigetel liiklussagedused. Eranditeks on punkt 1 (Pirita tee), punkt 3 (Smuuli tee), punkt 6 (Tartu mnt) ja punkt 14 (Narva mnt), kus tänavavõrgu arendamisega liiklussagedused vähenevad. Neist märkimisväärsemad muutused on Pirita teel ja Tartu mnt-l. Sellest tingituna vähenevad Russalka ja Ülemiste ristmiku liikluskoormused. Russalka ristmikul (vt joonis 3.2) vähenevad just Reidi tee, Pirita tee ja Narva mnt (Lasnamäe suunal) liiklussagedused, kuid kesklinna pool jäävad üldiselt samaks.



Joonis 3.2 Russalka ristmiku võrdlused erinevate stsenaariumite puhul, vasakult S0, S1, S2 (Allikas: autori koostatud)

Ülemiste ristmikul (vt joonis 3.3) väheneb koormus just Tartu mnt lõuna poolses osas, muus osas toimub küll võrreldes tänasega väike kasv. Ülemiste ristmiku juures tuleb erinevus tänavavõrgu arendamise ja mitte-arendamise osas paremini välja kui võrrelda sama aasta erinevaid stsenaariume. Seal on selgelt näha, et igas suunas toimub märgatav liiklussageduse vähenemine.



Joonis 3.3 Ülemiste ristmiku võrdlused erinevate stsenaariumite puhul, vasakult S0, S1, S2 (Allikas: autori koostatud)

Käesoleva tööga väljapakutud tänavavõrgu arendus ei too kaasa suuri liiklussagedusi muudatusi südalinna piirkonnas. Tabeli 3.4 põhjal ei ole nii Pärnu mnt-I (punkt 11) ega ka Narva mnt-I (punkt 14) märkimisväärselt kahanemist ega kasvu. Töös ei ole arvesse võetud linna peatänava rajamist ega muid kesklinnas liiklust kitsendavaid faktoreid ning arendustega kaasnevat mõju.

Kuivõrd Pärnu mnt-I ja Narva mnt-I liiklussagedused ei suurenenud, oli kasvu märgata Liivalaia tn-I (punkt 15), kus võrreldes tänasega on kasv 2040. aasta mõlema stsenaariumi õhtusel tipptunnil umbes 300 a/h. Arvestades, et juba tänase tipptunni liiklussageduse juures on Liivalaia tänava ristmike läbilaskvustase ammendunud, on tulevikus seal veelgi keerulisem liigelda. Kui Pärnu ja Narva mnt-I plaanitakse läbiva liikluse vähendamist, siis tõenäoliselt liiguvad autod üle Liivalaia tänavale ja osaliselt ka Tammsaare-Järvevana teele. Olemasolevate tänavate läbilaskvus ei suuda sõidukite hulka teenindada, mis tähendab n-ö „tipptundide“ pikenemist.

Kuigi käsoleva töö valimis esitatud tänavavõrgu arendus ei näita kesklinna tänavatel liiklussageduse vähenemist, pakuks see alternatiivi, kui hakatakse tegema muudatusi linna peatänava osas. Ehitades välja lisanduvad tänavalõigud, pakub see alternatiivi neile, kes täna kasutavad kesklinna tänavaid transiidina ida-lääne suunaliseks ühenduseks.

3.1.2 Uue tänavavõrgu kasutajad

Uus tänavavõrk on eelkõige linnaosade paremaks ühendamiseks just ida-lääne suunal nagu seda on ka erinevat Tallinna arengudokumentid (Tallinna arengukava 2009-2027, Strateegia 2030, Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed) välja toonud. Mudel on väljastanud graafilised andmed, näidates uue tänavavõrgu kasutajate liikumiste mõjuala.



Joonis 3.4 Narva mnt-Pirita tee lõigu kasutajate mõju ulatus (Allikas: autori koostatud)

Narva mnt-Pirita lõigu (vt joonis 3.4) kasutajad liiguvad ka väljaspool Tallinnat nii Viimsi poole kui ka Tallinna ringteega piirnevatesse kohtadesse. Samas ei läbi selle kasutajatest ükski Pärnu mnt-Rahumäe tee ühenduse lõiku. Linna siseselt liiguvad Narva mnt-Pirita tee lõigu kasutajad nii Tallinna väikesel ringteel, Järvevana teel kui ka Lasnamäe lääneosa tänavatel. Üldiselt ühendab see lõik omavahel kaugel olevaid ida-lääne suunal linnaosasid: Pirita/Lasnamägi-Nõmme/Mustamägi. Lisaks võiks pakkuda see alternatiivi neile, kes soovivad saada südalinnast mööda just põhja poolt, näiteks need, kes liiguvad Rocca al Mare ja Lasnamäel piirkondade vahel.



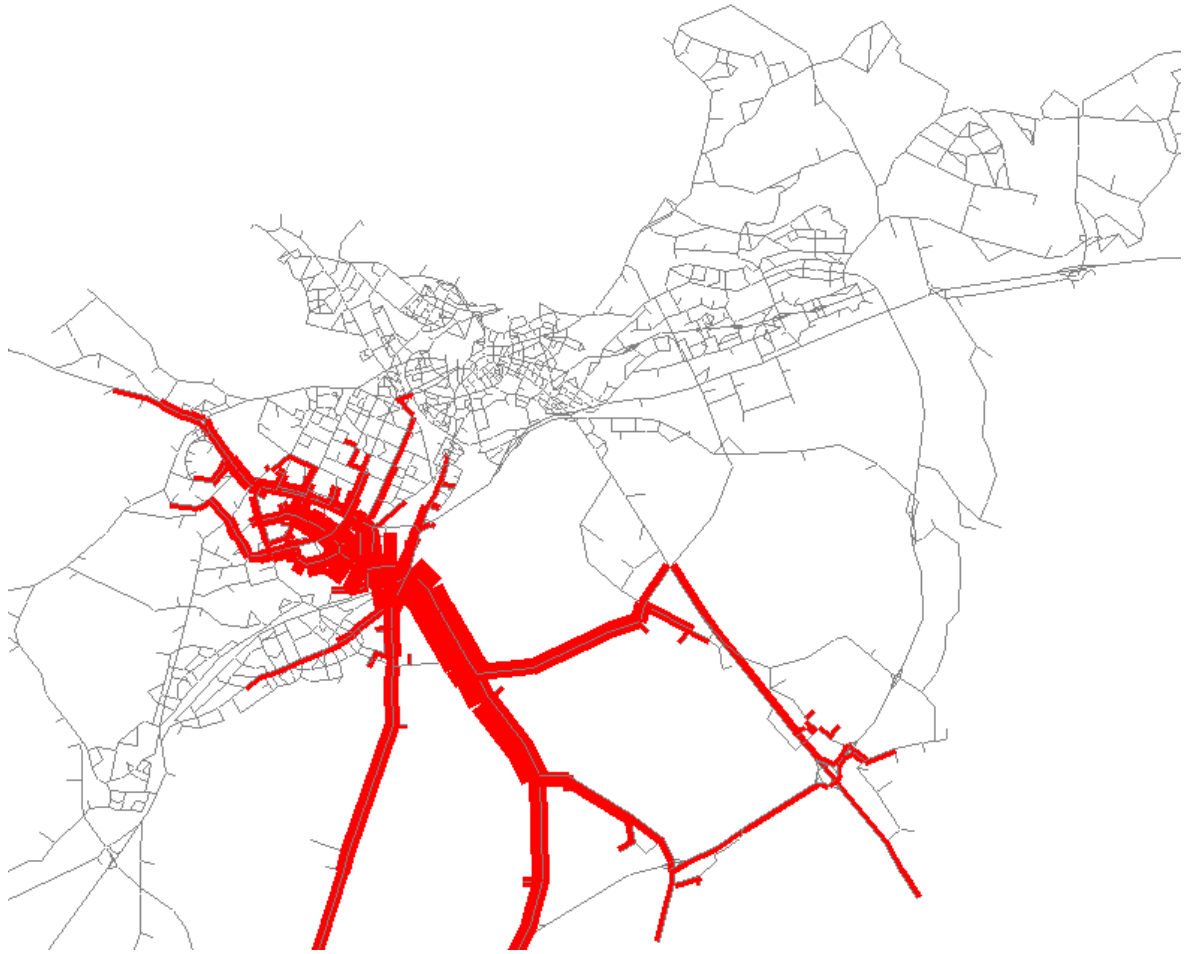
Joonis 3.5 Suur-Sõjamäe-Tartu mnt lõigu kasutajate mõju ulatus (Allikas: autori koostatud)

Suur-Sõjamäe-Tartu mnt lõigu (vt joonis 3.5) kasutajad liiguvad enamjaolt Tallinna väikese ringtee ja Tallinna ringtee vahelisel alal. Sellest tulenevalt ühendab see enamasti, nagu ka Narva mnt-Pirita tee lõik, ida-lääne suunalisi linnaosaid, nagu Nõmme ja Pirita/Lasnamäe linnaosaid ning lisaks Tallinnat ja sellest välja jäävaid omavalitsusi. Selle lõigu kasutajad ei mõjuta kesklinna liikluspilti, pigem jäävad selle lõigu kasutajad Tallinna piirest välja.



Joonis 3.6 Tartu mnt-Viljandi mnt lõigu kasutajate mõju ulatus (Allikas: autori koostatud)

Tartu mnt-Viljandi mnt ühenduse (vt joonis 3.6) mõju ulatub kaugemale kui Suur-Sõjamäe-Tartu mnt lõigu puhul. Tartu mnt-Viljandi mnt lõigu kasutajad ei piirdu vaid Tallinna ringteega külgnevate omavalitsuste ühendamise, seda lõiku kasutavad ka Tabasalus liikuvad inimesed. Linna siseselt ulatub mõju ka kesklinna mööda Pärnu mnt-d ja Tartu mnt-d Liivavaia tänavani. Lisaks on mõju ulatus suurem ka Nõmme ja Mustamäe linnaosade tänavatel, näiteks Valdeku tn-l, Männiku teel, Vabaduse pst-l, Pärnu mnt-l ning Tammsaare, Ehitajate, Akadeemia teel.



Joonis 3.7 Pärnu mnt-Rahumäe tee lõigu kasutajate mõju ulatus (Allikas: autori koostatud)

Pärnu mnt-Rahumäe tee lõigu (vt joonis 3.7) kasutajate mõju on eelkõige piirkondlik. Lõigu kasutajad liiguvad Mustamäe linnaosa ja Tallinnast väljapoole jäävate omavalitsuste, nagu Tabasalu ja Tallinna ringteega külgnevate kohtade vahel. Liikumisteks kasutatakse peamiselt Männiku teed, Viljandi mnt-d, Tallinna väikest ringteed ja Tartu mnt-d. Pärnu mnt-Rahumäe tee lõigu kasutajad ei läbi Narva mnt-Pirita tee lõiku. Samuti ei mõjuta selle lõigu kasutajad kesklinna liiklust.

Võrreldes teiste lõikude kasutajate mõju, on Tartu mnt-Viljandi mnt kasutajate mõjuala kõige suurem ja seega välja ehitamise mõistes kõige olulisem. Samas tuleb arvesse võtta, et kõik neli lõiku moodustavad tervikliku süsteemi. Tiptunni liiklussageduste analüüsis tõi kõigi nelja lõigu rajamine Russalka ja Ülemiste ristmikul sõiduautode vähenemise. Kui aga kõiki tänavalõike ei rajata, koormaks see täiendavalt juba probleemseid ristmikealasid.

Lasnamäe ja Mustamäe linnaosad on elanike arvu poolest Tallinnas vastavalt esimesel ja teisel kohal (Tallinna Linnavalitsus 2019). Täpse mõju kindlaks tegemiseks analüüsiti Maksu- ja Tolliameti andmeid, mida rakendati ka Tallinna Tehnikaülikooli töös „Tallinna ühistranspordisüsteemi

arendamine, liinivõrgu optimeerimine“ (2014). Mõjupiirkonnaks hinnati neid, mis asusid tänavavõrgu arendamise põhjupiirkonnas või selle vahetusläheduses. Ühendades tänavavõrgu arendamisega neid kahte linnaosa paremini, mõjutab see enam kui 220 000 elanikku, see tähendab enam kui poolt kogu Tallinna elanikkonnast. Arvesse ei ole võetud väljaspool linna elavaid inimesi, kes töötavad Tallinnas, mistõttu mõju võib hinnata veel laialdasemaks. Joonisel 3.8 on näidatud nende mõjuala, kes kasutavad vähemalt ühte lõiku.



Joonis 3.8 Vähemalt ühe lõigu kasutajate mõju ulatus (Allikas: autori koostatud)

3.2 Sotsiaalmajandusliku analüüsi tulemused

Sotsiaalmajanduslikus analüüsis on uuritud, kuidas muutub tee kasutajate ja kogu ühiskonna heaolu, kui rakendatakse stsenaariumi S1 ehk tulevikus tänavavõrku ei arendata või S2 ehk ehitatakse Tallinna väike ringtee ja teised ühendused. Sotsiaalmajanduslikku analüüsi on kaasatud eeldatavad projektimaksumuse kulud ja ühiskonnale kasulikud tulud, mis tekivad uurimise all oleva

perioodi vältel (2018-2043). Projekti baasaastaks on võetud 2019. Käesoleva töö sotsiaalmajanduslikus analüüsis on välja arvatud teekasutaja kulud, liiklusõnnetustest tulenevad kulud ning lisaks veel ehitusmaksumus. Mudel on väljastanud andmed aastani 2040, kuid tasuvusanalüüsi arvutatakse 25-aastase analüüsiperioodiga. Et vajaliku aasta tulemusi saada, tuleb teha lihtne matemaatiline ekstrapolatsioon, st kasvatada muutusi, mis praegu on prognoosis tehtud ja mudelist saadud kuni 2043. aastani.

Alginvesteeringu välja arutamiseks kasutati metoodilises osas tabelis 2.1 toodud ühikväärtusi. Arvutustulemused on esitatud tabelis 3.5. Käesolevas töös on täiendavate investeeringute osa lihtsustatud ehk ei ole arvestatud, et analüüsiperioodi jooksul peaks toimuma paar kesk- ja kapitaalremonti uutel tänavalõikudel.

Tabel 3.5 Tänavalõikude ehitusmaksumused (Allikas: autori koostatud)

Teelõigu nimetus	Pikkus, m			Summa, eur
	sõidutee	tunnel	viadukt	
Narva mnt-Pirita tee			980	6 127 698
Suur-Sõjamäe-Tartu mnt	2 000	910		29 965 545
Tartu mnt-Viljandi mnt	5 100			34 680 000
Pärnu mnt-Rahumäe tee	850	200		9 376 823
			Kokku, eur	80 150 066

Kui võrrelda teiste suuremate tee-ehituse investeeringutega, siis näiteks Haabersti liiklussõlme maksumus on 16 miljonit eurot ning Reidi tee eeldatav maksus 34 miljonit eurot. Seega, 10 km pikkune tänavate ehituse maksumus 80 miljoni eurone maksumus on võrreldav realiseeritavate projektide maksumusega.

Teekasutaja kulude arvutamisel leitakse, kuidas muutub teekasutajate heaolu seoses valimis esitatud tänavalõikude ehitamisega. Analüüsis on kasutatud mudeli poolt väljastatud andmeid, mis on teisendatud aasta keskmise näitaja ühikutesse. Liikluskulude vähenemise all peetakse analüüsitud perioodi jooksul kokku hoitud raha. Kasutades ühikväärtusi, arvutati autokilomeetri hind. Kuna mudel väljastas andmed ainult sõiduauto ühikute kohta ning lihtsuse mõttes raskeveokite osakaalu ei arvestatud, siis kasutati autokilomeetri hinda ja läbisõidu näitajat liikluskulu leidmiseks iga aasta kohta vaadeldava perioodi jooksul. Võrreldes stsenaariumit S2 stsenaariumiga S0, on leitud liikluskulude vähenemisest saadav tulu. Arvutustulemused on esitatud tabelis 3.6. Suure liikluskulu vähenemise põhjuseks on läbitud autokilomeetrite arvu vähenemine kogu teedevõrgus ja sellest tulenevalt üldine rahaline kokkuhoid.

Aja väärtus nii töö- kui ka erasõitudel on arvatud mõlema stsenaariumi korral üle kogu analüüsitava perioodi ja teisendatud baasaastasse. Leidmaks mõju, mille tekitab Tallinna tänavavõrgu arendamine S2 korral, on arvatud kui palju vähem kulutatakse aega ja ka raha liikluses, kui stsenaariumi S1 korral. Selleks kasutati liikluses üldist ajakulu, aja väärtust ning eristati töö- ja erasõitude osakaalu liikluses. Tulemused on esitatud tabelis 3.6.

Liiklusõnnetuste arv miljoni autokilomeetri kohta ja õnnetuste kulu 1000 euro kohta on esitatud töö meetoodilises osas tabelis 2.2. Järgnevalt arvatati liiklusõnnetuste arv ja kulutused liiklusõnnetustele mõlema stsenaariumi korral põhinedes prognoositaval aastasel läbisõidul kogu teedevõrgus. Stsenaariumite S1 ja S2 võrdlemisel leitud liiklusõnnetuste vähenemise tulud on esitatud tabelis 3.6.

Tabel 3.6 Stsenaariumite võrdlus (Allikas: autori koostatud)

Näitaja	Ühik	S1	S2	S2-S1
Liikluskulu	mln eur	37 858,7	37 638,3	-220,4
Ajakulu	mln eur	18 272,1	17 251,0	-1 021,1
Liiklusõnnetuste kulu	mln eur	6 579,5	6 576,6	-2,8

Stsenaariumite võrdluses on stsenaarium S2 ehk tänavavõrgu arendamise korral nii liikluskulu, ajakulu kui ka liiklusõnnetustest tulenev kulu väiksem kui stsenaariumi S1 puhul. Sellest tulenevalt on liikleja seisukohalt Tallinna tänavavõrgu arendamine kasulik. Siiski tuleb kogu kasu võrrelda ka koos väljaminekutega, et hinnata investeeringu üldist tasuvust.

Arvestades hinnangulist ehitusmaksumust teedevõrgu arendamisel ning leitud liikluskulu, ajakulu ja liiklusõnnetuste vähenemisest saadavaid tulusid, on sotsiaalmajandusliku analüüsi tulemused esitatud tabelis 3.7. Uue tee tavapäraseid hoolduskulusid hinnatakse omavalitsuse teedevõrgustiku keskmise hooldusvajaduse praeguse hooldustegevuse alusel. Vastavalt Euroopa Komisjoni juhendile (European Commission 2014) eeldatakse, et keskmine rutiinne hoolduskulu on 34 000 eurot tee kilomeetri kohta. Uute tänavate pikkus on 10,08 km, mida tuleb korrutada kahega, et arvestada kahte sõidusuunda. Olemasoleva tee perioodiline hooldus (pindamine, remont jms) on käesolevast tööst välja jäetud. Liikluse vähenemine pikendab infrastruktuuri elementide eluiga mõne aasta võrra ja järelikult on hooldustsükkel pikem, kuid eeldatakse, et hooldusmeetmed jäävad samaks. Võttes arvesse eelnevaid lihtsustusi, on iga-aastaseks hoolduskuluks ligikaudselt 682 720 eurot.

Tabel 3.7 Tallinna tänavavõrgu arendamise tasuvusnäitajad (Allikas: autori koostatud)

Aasta	Kulud (mln eur)		Tulud (mln eur)			Tulud- kulud (mln eur)	Diskonteeeri- tud tulu (mln eur)
	Investeering	Hooldus	Ajasääst	Liikluskulud	Õnnetused		
2019	80,2		1,80	0,60	0,001	-77,9	-74,0
2040		0,68	100,9	20,1	0,24	120,6	96,4
2043		0,68	129,0	24,2	0,27	152,8	121,1
NPV (mln eur)							291
IRR							24%
BCR							16

Tasuvusnäitajate arvutamisel on arvestatud kõiki eelnevalt leitud tulusid ja kulusid. Nii ajaldatud puhasväärtuse, sisemise kasuminormi kui ka tulude-kulude suhtarvu väärtused näitavad, et projekti tulem on positiivne ja ühiskonnale kasulik.

Riskimääramise käigus valiti kõigepealt muutujad, mille väärtuse varieerumisel muutub oluliselt ka projekti tasuvus. Seejärel leiti muutujate maksimaalsed ja minimaalsed võimalikud väärtused. Tundlikkuse analüüsiga uuritakse, millised muutujad on kriitilised ehk millist mõju avaldavad nende muutus tasuvusnäitajate väärtusi. Esmalt arvutatakse NPV protsentuaalne muutus peamiste kulude ja tulude 1%-lise muutuse puhul. Kui NPV absoluutne protsentuaalne muutus on vähemalt 1%, loetakse vastav muutuja kriitiliseks (European Commission 2014). Arvutuste tulemusena osutus kriitilisteks muutujateks läbisõit ja ajakulu teedevõrgus, kus 1%-line muutus põhjustas NPV väärtuses vastavalt 50% ja 21% muutuse. Investeeringutest ja hooldusest tulenevad muutused jäid tasuvusnäitaja osas alla 1%.

Stsenaariumi analüüsiga määratakse liiklusmodelleerimise andmete muutuse mõju. Sotsiaalmajandusliku analüüsi tulemused sõltuvad suurel määral modelleerimise tulemustest. Kuna analüüsiperiood on pikk ning mudeli andmed võivad tegelikkusest erineda, tuleb arvestada sellega kaasnevaid riske. Mudel on arvestanud iga aastase läbisõidu kasvuks 1%. Võttes aluseks Maanteeameti uuring (2017), on Tallinnas aasta-aastalt läbisõit kasvanud 6% (vt joonis 1.1). Töö teoreetilises osas oli toodud mitmeid tegureid, mis mõjutavad nii läbisõidu kui ka sõidukite arvu kasvu. Arvestama peab olukorraga, kus sõidukite arv ja ka läbisõit tänasega võrreldes hoopis väheneb. Analüüsima, kuidas muutuvad Tallinna tänavavõrgu arendamise sotsiaalmajanduslikud näitajad, koostati kaks stsenaariumi – pessimistlik ja optimistlik – mida võrreldi stsenaariumiga S2, mida stsenaariumanalüüsis käsitletakse baasstsenaariumina. Pessimistlikus stsenaariumis suurendati investeeringu, hoolduskulude maksumust, mudeli poolt väljastatud ajakulu ja läbisõitu +10%. Optimistlikus stsenaariumis muudeti ehitusmaksumust, hoolduskulu, läbisõitu ja liikluses

veedetud ajakulu -5%. Läbisõidu muutusest tuleneb ka liiklusõnnetustega seotud kulude suuruse muutus. Tulemused on esitatud tabelis 3.8.

Tabel 3.8 Riski analüüsi stsenaariumite võrdlus (Allikas: autori koostatud)

Näitaja	Ühik	Baasstsenaarium	Pessimistlik +10%	Optimistlik -5%
Ehitus	mln eur	-80,2	-88,2	-76,1
Hooldus	mln eur	-16,4	-18,0	-15,6
Liiklus	mln eur	1 255,6	-4 387,9	2 193,9
Aeg	mln eur	270,1	-2 052,7	1 026,4
Liiklusõnnetused	mln eur	3,5	-60,3	30,2
NPV	mln eur	291,1	-2 144,6	964,0

Majandusnäitajad on küllaltki tundlikud läbisõidu ja liikluses veedetud aja muutuste osas, mistõttu ongi need kriitilised muutujad. Ehituse ja hooldusega seotud näitajad on kõikide stsenaariumite puhul negatiivsed, sest need on igas variandis väljaminekud. Pessimistlikus stsenaariumis ei teenita liiklus-, aja- ega liiklusõnnetuste arvu muutusega tulu võrreldes baasstsenaariumiga, st need väärtused on negatiivsed. Kuna tulusid ei teki, siis on tasuvusnäitaja samuti negatiivne. See näitab, et ehituse, hoolduse, läbisõidu ja ajakulu 10%-lise kasvuga ei ole see projekt ühiskonnale kasulik. Optimistliku stsenaariumi puhul on kulud väiksemad ja tulud suuremad, mis tähendab, et ka tasuvusnäitajad on positiivsed ning sotsiaalmajandusliku analüüsi kohaselt on projekt kasulik. Kui tulevikus väheneb nii läbisõit kui ka liikluses veedetud aeg, on vaja teostada nende näitajatega liiklusanalüüs. See aitab hinnata uute tänavavalõikude ehitamise mõju liiklusele ning nende rajamisel tänavate parameetrid ja liikluskorraldus.

3.3 Järeldused ja ettepanekud

Rootsi neljaastmelise mudeli kohaselt tuleb enne infrastruktuuri arendusi võtta arvesse ka teised alternatiivid, mis ei tingiks suuri investeeringuid. Töö teooria osas on punktis 1.4 välja toodud neli erinevat meetet, mida kasutatakse transpordiprobleemide analüüsis (The Four Step... 2008):

- 1) selgitada välja transpordivajadusi ja transpordiliigi valikut mõjutavad tegurid;
- 2) selgitada välja meetmed, mis viivad olemasoleva teedevõrgu tõhusama kasutamiseni;
- 3) rakendada tänavatele väikesemahulised parandused;
- 4) teha suuremad ümberehitused ja investeeringud.

Maanteeameti hinnangul kasvab Tallinnas iga aasta läbisõit 6%. Isegi, kui see jääb samale tasemele või hakkab vähenema, on linnaosade omavaheline efektiivsem ühendamine linna ja selle lähiala arengu suhtes kasulik. See parandaks muuhulgas juurdepääsetavust ja liikuvust ning tooks kaasa sõidukite läbisõidu vähenemise nende arvelt, kes hakkavad uusi ühendusteidpidi liikuvat ühistransporti kasutama. Lisaks suurendab kergliiklusteede rajamine kõikidele lõikudele jalgratta kasutust igapäeva liikumistes.

Olemasolevat teed saaks tõhusamini kasutada, kui sõidukite arv väheneks. Samas ei ole sõidukite arvu vähenemine tõenäoline, kui puudub konkurentsivõimeline ühistransport. Probleem seisneb selles, et ummikute korral ei suuda ühistransport graafikus püsida ning selle sõiduaja usaldusväärsus langeb. Väikesemahuliste parandustega oleks võimalik täiendavaid ühistranspordiradasid ehitada, kuid teede laiendamine ei ole kõikidel tänavatel võimalik. Alternatiivina ei lahendaks bussiradade lisamine tava sõidukite arvelt probleemi, sest ida-lääne suunaline nõudlus kasvab linna arenemisega. Lisaks soovitakse linna keskuses ida-lääne suundade läbilaskvuse vähendamist. Neljaastmelist mudelit järgides on tulemiks variant, et on vaja rajada uusi alternatiive, mis arvestaks nii ühistranspordi, kergliiklejate kui ka sõidukitega.

Liiklusanalüüsi käigus uuriti, kuidas muutuvad tänavate liiklussagedused erinevate stsenaariumite korral ning millist üldist mõju avaldab valimis esitatud tänavalõikude ehitus kogu linnale. Vastavalt tabelile 3.4 kasvavad tänavavõrgu arendamisega liiklussagedused Tervise tänaval, Valdeku tänaval, Viljandi mnt-I, Smuuli teel. Sellest tulenevalt peab üle vaadama uute ühenduste mõjuosas olevate tänavate seisukorra, liikluskorralduse ning ristmike lahendused. Kindlasti tuleks Rahumäe tee ja Pärnu mnt ühenduse loomisega lahendada ka Viljandi mnt-Pärnu mnt ristmik.

Lisaks tuleks rajada Valdeku tänavale eritasandine raudteeviadukt. Vaatamata asjaolule, et 2040. aasta tänavavõrgu arendamise stsenaariumis ei ole Valdeku tänava õhtuse tipptunni liikluskoormus (1267 a/h) tänase Tondi ega Nõmme raudteeülesõitide liiklussagedusega samaväärne – vastavalt 1764 ja 1584 a/h – tuleks siiski kaaluda koostöös sealse raudteeinfrastruktuuri ettevõttega raudtee ülesõidu eritasandiliseks kavandamist. Eelkõige tuleks arvesse võtta nii rongiliikluse sagedust kui ka üleüldist liiklusohutus.

Kõrguste vahe tõttu on vaja Narva mnt-Pirita tee ühendus luua silla ehitamisega, mis on kindlasti väljakutseks nii projekteerijale kui ka ehitajatele. Suur-Sõjamäe-Tartu mnt-Viljandi mnt ristmik ehk Tartu mnt delta on esialgsete allikate (Gnadenteich 2019) põhjal kavandatud eritasandiliseks, et tagada kõikidel suundadel sujuv liiklus. Smuuli raudteeviadukt ja lennuraja alt läbiminev tunnel

peavad arvestama mõlemate vajalike kaldeprotsentidega, et tagada kehtivale „Linnatänavate“ standardile nõuetekohased tingimused. Sama dokument sätestab ka tänavate tehnilised omadused.

Mudel väljastas uute tänavalõikude tipptunni liiklussagedused. Teisendades need ümber aasta keskmisteks ööpäevasteks liiklussagedusteks, on võimalik määrata tänavate tehnilised omadused. Tulemused on esitatud tabelis 3.9. Tallinna piiresse jäävad tänavalõigud peavad vastama hetkel kehtivale „Linnatänavad“ standardile EVS 843:2016. Tallinna väikese ringtee lõigul Tartu mnt-Viljandi mnt jääb lõik osaliselt Tallinna halduspiirist välja, mistõttu tuleks projekteerimisel rakendada Maanteeameti poolt väljastatud juhiseid. Siiski kattub nende sisu enamjaolt „Linnatänavate“ standardiga ning sellest tulenevalt kasutatakse just „Linnatänavate“ standardit tänavate parameetrite kirjeldamisel.

Tabel 3.9 Uute tänavalõikude liiklussagedused (Allikas: autori koostatud)

Teelõik	Suund 1, a/h	Suund 2, a/h	Kokku, a/h	AKÖL, a/ööp
Pirita tee-Narva mnt	792	518	1310	13 166
Suur-Sõjamäe-Tartu mnt	1067	691	1758	17 668
Tartu mnt-Viljandi mnt	959	1026	1985	19 950
Pärnu mnt-Rahumäe tee	662	719	1381	13 879

Võttes arvesse tabelis 3.9 esitatud aasta keskmiseid ööpäevaseid liiklussagedusi, on need liigituselt põhimagistraaltänavate põhitänavad, mille liiklussagedus on 2000 kuni 60 000 autot ööpäevas (vt „Linnatänavate“ standard, tabel 4.2 magistraalide tehnilised omadused). Vastavalt sellele peab läbivate sõiduradade arv olema vähemalt kaks, ristmike ja mahasõitude osas rohkem. Kuna eeldatavasti hakkab neid tänavalõike läbima ka ühistransport, siis on vaja bussipeatused kavandada eraldi taskutesse. Lisaks tuleb planeerida eraldiseisvad kergliiklusteed, et tagada kergliiklejate ohutus, eraldades jalgratturite ja sõidukite ruum. Kuigi ristmikud ja kergliiklejate ületused tuleb vastavalt standardile kavandada valdavalt samatasandilised, siis tuleb läbi mängida erinevad alternatiivid. Samatasandiliste reguleeritud ristmike piirkonnas on võimalik kergliiklejate teeületused ohutult lahendada, kuid täiendavate ületuste puhul tuleks kaaluda ka eritasandilisi lahendusi. See tagab erinevate liiklejagruppide ohutuse ja mugavuse.

Erinevate lõikude kasutajate mõjualasid võrreldes on Tartu mnt-Viljandi mnt kasutajate mõju kõige suurem ja seega välja ehitamise mõistes kõige olulisem. Samas tuleb rõhutada, et kõik neli lõiku moodustavad ida-lääne suunalise ühenduse mõistes tervikliku süsteemi. Kuigi rajamine toimub

etapiliselt, tuleks arvestada, mida toob vähemalt ühe nende nelja lõigu rajamata jätmise kaasa. Tiptunni liiklussageduste analüüs näitas Russalka ja Ülemiste ristmikul sõiduautode vähenemist stsenaariumis, kus rajatakse kõik neli lõiku. Kui aga mõni tänavalõik jääb välja ehitamata, koormaks see täiendavalt juba probleemseid ristmikualasid.

Käesoleva tööga on koostatud esialgne sotsiaalmajanduslik analüüs, mille tulemusena on töö valimis toodud nelja tänavalõigu rajamise investeering ühiskonnale kasulik. Töö autor juhib tähelepanu, et enne tee-ehitust tuleb koostada põhjalik kulu-tulu analüüs, mis hõlmab nii finantskui ka sotsiaalmajandusliku analüüsi täiendamist. Täpsustada tuleb ehitusmaksumust ning eeldatavaid hoolduskulusid, arvestades konkreetsete tänavate ehitusmaterjalide koguseid ja Eestis kehtivaid hindasid. Samuti on vaja välja arvutada keskkonnast tingitud kulud ning kaasata tasuvusnäitajate arvutamisse.

Tallinna tänavavõrgu arendamine on täna piirkondlik ning ei arvestata üldist mõju liiklusele. Selle probleemi lahendamiseks on vaja vastu võtta dokument, kus pannakse paika tänavate ehitamise kava. Iga uue tänava ehitusega on vaja koostada mõjutatud ala peale liiklus- ja tasuvusanalüüs. Oluline on, et tänavavõrgu arendust ei vaadataks ainult piirkondlikult linnaosade või veel väiksemate tsoonide kaupa. Sellisel juhul suudetakse luua säästev ja toimiv liikumiskeskond.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada perspektiivse Tallinna tänavavõrgu arendamise mõju liiklusvoogudele ning pakkuda välja võimalikud parameetrid ja liikluskorralduse lahendused kavandatavatele tänavatele. Töö osaks oli ka ühiskonnale kaasneva sotsiaalmajandusliku mõju leidmine tänavate välja ehitamisel.

Töös analüüsiti nelja täiendava tänavalõigu rajamise mõju, nendeks lõikudeks olid:

1. Pirita tee-Narva mnt ühendamine 0,98 km
2. Suur-Sõjamäe-Tartu mnt ühendamine 2,91 km
3. Tartu mnt-Viljandi mnt ühendamine 5,10 km
4. Pärnu mnt-Rahumäe tee ühendamine 1,05 km

Liiklusanalüüsi käigus uuriti, kuidas muutuvad tänavate liiklussagedused erinevate stsenaariumite korral ning millist üldist mõju avaldab valimis esitatud tänavalõikude ehitus kogu linnale. Analüüsi teostamiseks modelleeriti CUBE tarkvaraga kolm stsenaariumit:

- stsenaarium S0 – 2018. aasta liiklussagedused, tänavavõrku ei ole arendatud;
- stsenaarium S1 – 2040. aasta liiklussagedused, tänavavõrku ei ole arendatud;
- stsenaarium S2 – 2040. aasta liiklussagedused, tänavavõrku on arendatud.

Leiti, et töö valimis esitatud lõikude välja ehitamisel kasvavad liiklussagedused Tervise tänaval, Valdeku tänaval, Viljandi mnt-I, Smuuli teel. Sellest tulenevalt peab üle vaatama uute ühenduste mõjualas olevate tänavate seisukorra, liikluskorralduse ning ristmike lahendused. Nende hulka kuuluvad Viljandi mnt-Pärnu mnt ristmik, Valdeku raudtee ülesõit, Narva mnt-Smuuli ristmik. Stsenaariumi S2 rakendamisel vähenesid aastane läbisõit ja ajakulu ning tipp tunni liiklussagedused Ülemiste ja Russalka ristmikel. Kuigi analüüsi tulemusena nelja lõigu välja ehitamine ei mõjutanud kesklinna liiklust, peab arvesse võtma, et käesolevas töös ei arvestatud kesklinna liikluse täiendavaid piiranguid, sh linna peatänavade rajamist, mis kokkuvõttes võib mõjutada ka linna üldist liikluspilti.

Lõikude kasutajate mõjuala analüüsis oli Tartu mnt-Viljandi mnt kasutajate ulatus kõige suurem ja seega välja ehitamise mõistes kõige olulisem. Samas tuleb arvesse võtta, et kõik neli lõiku moodustavad tervikliku süsteemi. Tipp tunni liiklussageduste analüüs näitas, et kõigi nelja lõigu

rajamine toob kaasa Russalka ja Ülemiste ristmikul sõiduaudode vähenemise. Kui aga kõiki tänavalõike ei rajata, koormaks see täiendavalt juba probleemseid ristmikealaid.

Uute tänavalõikude parameetrite määramise aluseks võeti arvatud aasta keskmised ööpäevased liiklussagedused. Vastavalt kehtivale „Linnatänavad“ standardile on need liigituselt põhimagistraaltänavate põhitänavad, kus läbivate sõiduradade arv on kaks, ristmikealadel rohkem. Eeldatavalt läbivad neid tänavalõike ka bussiliinid, magistraalide puhul peavad peatused olema kavandatud eraldi taskusse. Lisaks tuleb planeerida eraldiseisvad kergliiklusteed, et tagada kergliiklejate ohutus, eraldades jalgratturite ja sõidukite ruum.

Käesoleva tööga koostati sotsiaalmajanduslik analüüs, mille käigus hinnati eelkõige liiklejate mõju Tallinna tänavavõrgu arendamisel. Analüüsi koostamiseks võrreldi stsenaariumeid S1 ja S2. Analüüsi tulemusena leiti, et töö valimis toodud nelja tänavalõigu rajamise investeering on ühiskonnale kasulik – tänavavõrgu arendamisega vähenevad liiklus-, aja- ja liiklusõnnetustega seotud kulud ning tasuvusnäitajad olid positiivse tulemusena.

Töö autor juhib tähelepanu, et enne tee-ehitust tuleb koostada põhjalik kulu-tulu analüüs, mis hõlmab nii finants- kui ka sotsiaalmajandusliku analüüsi täiendamist. Käesoleva töö andis esialgse hinnangu tulemustele, kuid täpsustada tuleb ehitusmaksumust ning eeldatavaid hoolduskulusid, arvestades konkreetsete tänavate ehitusmaterjalide koguseid ja Eestis kehtivaid hindasid. Samuti on vaja täiendavate uuringute käigus välja arvutada keskkonnast tingitud kulud ning kaasata tasuvusnäitajate arvutamisse.

Tallinna tänavavõrgu arendamine on täna piirkondlik ning ei arvestata üldist mõju liiklusele. Selle probleemi lahendamiseks on vaja koostada dokument, kus kehtestatakse tänavate ehitamise kava. Iga uue tänava ehitusega on vaja koostada mõjutatud ala peale liiklus- ja tasuvusanalüüs. Oluline on, et tänavavõrgu arendust ei vaadataks ainult piirkondlikult linnaosade või veel väiksemate tsoonide kaupa. Sellisel juhul suudetakse luua säästev ja toimiv liikumiskeskond.

SUMMARY

The aim of this work was to find out the impact of the development of planned street network in Tallinn on traffic flows and to propose possible parameters and traffic management solutions for the planned streets. Finding the socio-economic impact that society has on construction of streets was also part of the work.

The impact of four additional streets was analyzed in the work:

1. connection between Piritä and Narva road 0.98 km
2. connection between Suur-Sõjamäe and Tartu road 2.91 km
3. connection between Tartu and Viljandi road 5.10 km
4. connection between Pärnu and Rahumäe road 1.05 km

In the course of the traffic analysis, the traffic volumes of the streets in different scenarios and the overall impact of the selected street connections on the entire city are studied. To perform the analysis, three scenarios were modeled with CUBE software:

- scenario S0 - traffic frequencies of 2018, street network not developed;
- scenario S1 - 2040 traffic frequencies, street network not developed;
- scenario S2 - 2040 traffic frequencies, street network developed.

It was found that in the construction of the sections presented in the sample, traffic volumes increase on Tervise street, Valdeku street, Viljandi road, Smuuli road. Consequently, the condition of the streets under the influence of new connections, traffic management and junction solutions must be reviewed. These include the intersection of Viljandi and Pärnu road, the Valdeku railway crossing, the Narva and Smuuli road junction. In the implementation of Scenario S2, the annual mileage and time spent in traffic during the peak hours decreased at the intersections of Ülemiste and Russalka. Although, as a result of the analysis, the construction of the four connections did not affect the city center traffic, it should be emphasized that this work did not take into account the restrictions on the of city center future traffic, including the construction of the main street of the city.

In the analysis of the influenced area by the users of the sections, the Tartu and Viljandi road connection was the largest and thus the most important in terms of construction. However, it has to be taken into account that all four connections form a complete system. Analysis of the peak

hours traffic showed that the construction of all four sections would lead to a reduction in passenger cars at the intersection of Russalka and Ülemiste. However, if not all street sections are built, this would further burden the already congested junctions.

The parameters of the new street sections were based on the calculated daily average traffic. According to the current "City streets" standard, these are the main streets where has to be at least two lanes. Bus lanes are also expected to pass through these sections of the street; In addition, separate light traffic routes must be planned to ensure the safety of light traffic by separating the space of cyclists and vehicles.

This work was used to prepare a socio-economic analysis, in which the impact of road users on the development of the Tallinn street network was assessed. For the analysis, scenarios S1 and S2 were compared. As a result of the analysis, it was found that the investment in the construction of the four street sections would benefit society - with the development of the street network, the costs related to traffic, time and traffic accidents decreased and the profitability indicators were positive.

The author of the thesis points out that a thorough cost-benefit analysis must be prepared before completing the road construction, which includes both financial and socio-economic analysis. The present work provided an initial assessment of the results, but the cost of construction and the expected maintenance costs need to be specified, taking into account the quantities of building materials for specific streets and prices in Estonia. It is also necessary to calculate environmental costs in the course of further studies and to include them in the calculation of the cost-benefit analyses.

The development of the Tallinn street network is regional today and the overall impact on traffic is not taken into account. To solve this problem, it is necessary to draw up a document setting out a road construction plan. For each new street construction, a traffic and cost-benefit analysis are required for the affected area. It is important that street network development is not only viewed regionally by neighborhoods or even by smaller zones. In this case, a sustainable and functional mobility environment can be created.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Acheampong, R. A., & Silva, E. (2015). Land use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions. – *Journal of Transport and Land Use*, 8(3), 11–38.
2. Ahas, R., Aasa, A., Silm, S., Aunap, R., Kalle, H., Mark, Ü. (2007). Mobile positioning in space–time behaviour studies: social positioning method experiments in Estonia. – *Cartography and Geographic Information Science*, 34 (4), 259–273.
3. Ahas, R., Aasa, A., Silm, S., Tiru, M. (2010a) Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn metropolitan area: Case study with mobile positioning data. – *Transportation Research Part C*, 18, 45–54.
4. Ahas, R., Silm, S., Leetmaa, K., Tammaru, T., Saluveer, E., Järv, O., Aasa, A., Tiru, M. (2010b). Regionaalne pendelrändeuring. http://mobilitylab.ut.ee/wp-content/uploads/2013/04/Regionaalne-pendelr%C3%A4ndeuring_TU_2010.pdf (24.05.19)
5. Alstadt, B., Weisbrod, G., Cutler, D. (2012). Relationship of Transportation Access and Connectivity to Local Economic Outcomes. – *Journal of Transportation Research Board*. Volume: 2297 issue: 1, 154-162.
6. Amini, B., Peiravian, F., Mojarradi, M., Derrible, S. (2016). Comparative Analysis of Traffic Performance of Urban Transportation Systems. – *Journal of the Transportation Research Board*, No. 2594, 159–168.
7. Anas, A., Arnott, R., Small, K. A. (1998). Urban spatial structure. – *Journal of Economic Literature*, 36(3), 1426–1464.
8. Antov, D. (2012). Ühistranspordi edendamise on ainumõeldav tee. <https://www.ttu.ee/ttu-uudised/uudised/arvamus/dago-antov-uhistranspordi-edendamise-on-ainumoeldav-tee/> (24.05.19)
9. Axhausen, K.W., Zimmermann, A., Schönfelder, S., Rindsfuser, G., Haupt, T. (2002). Observing the rhythms of daily life: a six-week travel diary. – *Transportation* 29, 95–124.
10. Bachand-Marleau, J., Lee, B.H.Y., El-Geneidy, A.M. (2012). Better understanding of factors influencing likelihood of using shared bicycle systems and frequency of use. – *Journal of Transportation Research Board*. Volume: 2314 issue: 1, 66-71, DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/2314-09> (24.05.19)
11. Banister, D. (2008). The Sustainable Mobility Paradigm. – *Transport Policy*, 15(2), 73–80.
12. Bartholomew, H. (1924). Relation of Roadway Widths and Transit Lines to Street Traffic. – *American City* 30, no. 5, 474-476.
13. Behan, K., Maoh, H., Kanaroglou, P. (2008). Smart growth strategies, transportation and urban sprawl: Simulated futures for Hamilton, Ontario. – *The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien*, 52(3), 291–308.
14. Bergholm, T. (2007) Port Traffic and Structural Change in the Finnish Economy and Transport Network in the Twentieth Century. – *International Journal of Maritime History*, XIX, No.1, 225-238.
15. Bickel, P., Arampatzis, G., Burgess, A., Esposito, R., Fagiani, P., Friedrich, R., Hunt, A., Jonkhoff, W., Kelly, C., Laird, J., Lieb, C., Navrud, S., Odgaard, T., Ricci, A., Rustenburg, M., Sieber, N., Tavasszy, L., Trædal, Y. (2006). Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO). https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20090918_161442_29_356_HEATCO%20-%20Final%20Report.pdf (24.05.19)
16. Bliemera, M. C. J., Raadsena, M. P. H., Brederodeb, L. J. N., Bella, M. G. H., Wismansb, L. J. J., Smith, M. J. (2017). Genetics of traffic assignment models for strategic transport planning. – *Transport Reviews*, VOL. 37, NO. 1, 56–78.

17. Bouche, P. (2017). Transport planning as suggested in John Claudius Loudon's 1829 plan for London. – *Planning Perspectives*, VOL. 32, NO. 2, 271–280.
18. Bourguignon, F., Ferreira, F. (2003). Ex-ante evaluation of policy reforms using behavioral models (Chapter 6). In F. Bourguignon, L. Pereira da Silva (Eds.), *The Impact of Economic Policies on Poverty and Income Distribution*, 123–142. New York : Oxford University Press.
19. Bromley, R.D.F., Andrew, R.T., Colin, J.T. (2003). Disaggregating the space-time layers of city-centre activities and their users. – *Environment and Planning Part A*, 35, 1831–1851.
20. Brown, J. (2006). From Traffic Regulation to Limited Ways: The Effort to Build a Science of Transportation Planning. – *Journal of Planning History*, Vol. 5 No. 1, 3-34.
21. Brueggeman, W. B., Fisher, J. D. (2008). *Real Estate Finance and Investments*. Thirteenth Edition. New York : McGraw-Hill/Irwin.
22. Bruns D. (1973). *Homne Tallinn*. Eesti Raamat : Tallinn
23. Carling, K., Håkansson, J., Zhao, X. (2017). Residential planning, driver mobility and CO2 emission: a microscopic look at Borlänge in Sweden. – *European Planning Studies*, VOL. 25, NO. 9, 1597–1614.
24. City of Amsterdam. (2013a). *Mobility Plan for Amsterdam in 2030*
25. City of Amsterdam. (2013b) Policy: Traffic and transport. <https://www.amsterdam.nl/en/policy/policy-traffic/> (24.05.19)
26. City of Amsterdam. (2013c) Policy: Vehicles. <https://www.amsterdam.nl/en/policy/policy-traffic/policy-vehicles/> (24.05.19)
27. Citylab. CUBE. <http://www.citilabs.com/software/cube/> (24.05.19)
28. Dargay, J. (2007). The effect of prices and income on car travel in the UK. – *Transport. Res. Part A*, 41 (10), 949–960.
29. Dumbliauskas, V. (2019). *Development and application of tour-based travel demand model for planning of urban transport networks*. Vilnius Gediminas Technical University : Vilnius.
30. El-Rashidy, R. A., Grant-Muller, S. (2016). The evaluation of redundancy for road traffic networks. – *Transport*, 31(4), 427–439.
31. Euroopa Komisjoni delegeeritud määrus (EL) nr 480/2014 (2014) – Euroopa Liidu Teataja, L 138/5. http://data.europa.eu/eli/reg_del/2014/480/oj (24.05.19)
32. Euroopa Liidu Struktuuritoetus. (2000). *Makromajanduse pikaajalised näitajad*. https://www.struktuurifondid.ee/et/makro_naitajad (24.05.19)
33. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) nr 1303/2013. (2013). – Euroopa Liidu Teataja, L 374/320. <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1303/oj> (24.05.19)
34. European Commission. (2001). *European Transport Policy for 2020: Time to Decide*. https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf (24.05.19)
35. European Commission. (2006). *Keep Europe moving. Sustainable mobility for our continent. Mid-term review of the European Commission's 2001 Transport White Paper*. https://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/2006_keep_europe_moving_en (24.05.19)
36. European Commission. (2008). *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects*. https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf (24.05.19)
37. European Commission. (2014). *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. https://www.struktuurifondid.ee/sites/default/files/cba_guide_2014-2020_december_2014_en.pdf (24.05.19)
38. Eurostat. (2018a). *Passenger cars in the EU*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger_cars_in_the_EU (24.05.19)
39. Eurostat. (2018b). *Road freight transport by journey characteristics*. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

- explained/index.php?title=Road freight transport by journey characteristics#Transport by distance classes (24.05.2019)
40. Ewing, R., Proffitt, D. (2016). Improving Decision Making for Transportation Capacity Expansion. – *Journal of the Transportation Research Board*, No. 2568, 1–8.
 41. Fishman, E., Washington, S., Haworth, N. (2014). Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. – *Transportation Research Part D*, 31, 13–20.
 42. Florio, M., Vignetti, S. (2003). Cost-benefit analysis of infrastructure project in an enlarged European Union: an incentive-oriented approach. Käsikiri. 2003.
 43. Fouquet, R., 2012. Trends in income and price elasticities of transport demand (1850-2010). – *Energy Policy*, 50, 62–71.
 44. Friedrich, M., Hofsaß, I., Wekeck, S. (2001). Timetable-based Transit Assignment Using Branch & Bound Techniques. – *Transportation Research Records*, 1752, 100–107.
 45. Garber, N. J. (2014). *Traffic and highway engineering / 5th ed., SI ed.* Stamford (Conn.) : Cengage Learning, 2014, c2015.
 46. Garceau, T.J., Atkinson-Palombo, C., Garrick, N. (2014). Peak travel and the decoupling of vehicle travel from the economy: a synthesis of the literature. – *Transportation Research Record*, 2412, 41–48.
 47. Geurs, K. T., Van Eck, J. R. (2001). Accessibility measures: Review and applications. – *RIVM Rep. 408505-006*, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, Netherlands.
 48. Gnadenteich, U. Tallinna väikese ringtee plaan saab jälle hoo sisse <https://www.postimees.ee/6533411/tallinna-vaikese-ringtee-plaan-saab-jalle-hoo-sisse> (24.05.19)
 49. Goodall, B. (1987). *Dictionary of human geography*. London : Penguin Group.
 50. Goodwin, P., Dargay, J., Hanly, M. (2004). Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: a review. – *Transport Policy*, 24 (3), 275–292.
 51. Griškevičiūtė-Gečienė, A. (2012). Model for the justification of Lithuanian urban transport systems infrastructure development. Vilnius Gediminas Technical University : Vilnius
 52. Gulhan, G., Ceylan, H., Ceylan, H. (2018). Using accessibility measures in transit network design. – *Transport*, Volume 33(2), 510–519.
 53. Habibian M., Kermanshah M. (2011). Exploring the role of transportation demand management policies' interactions – *Scientia Iranica*, 18(5), 1037–1044.
 54. Hägerstrand, T. (1968). *Innovation Diffusion as Spatial Process*. Chicago : University of Chicago Press.
 55. Håkansson, M., Abrahamsson, U. (2015). Strategic choice of measures – a Swedish method for deciding on infrastructure investments. http://www.trafikdage.dk/papers_2015/344_MariaHaakansson.pdf (24.05.19)
 56. Handy, S. L., Niemeier, D. A. (1997). Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives. – *Environmental Planning, A*, 29(7), 1175–1194.
 57. Hännilane, B. (2014). Päevasel ajal Tallinna kesklinna rahvastik kolmekordistub <https://blog.stat.ee/2014/05/29/paevasel-ajal-tallinna-kesklinna-rahvastik-kolmekordistub/> (24.05.19)
 58. Harloe, M. (1996). Cities in the transition. In G. Andrusz, M. Harloe, & I. Szelenyi (Eds.), *Cities after socialism: Urban and regional change and conflict in post-socialist societies* (pp. 1–29). Malden: Blackwell.
 59. Higgins, R. C. (2001). *Analysis for Financial Management*. Sixth Edition. Boston : Irwin McGraw-Hill.
 60. Hirt, S. (2013). Whatever happened to the (post)socialist city? – *The International Journal of Urban Policy and Planning*, 32 (Suppl. 1), S29–S38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2013.04.010> (24.05.19)

61. Hirt, S., Stanilov, K. (2009). Twenty years of transition: The evolution of urban planning in Eastern Europe and the former Soviet Union, 1989–2009. U.N. HABITAT.
62. Holz-Rau, C., Scheiner, J., Sicks, K. (2014). Travel Distances in Daily Travel and Long-Distance Travel: What Role is Played by Urban Form? – *Environment and Planning A: Economy and Space*, Volume: 46 issue: 2, 488-507.
63. Holz-Rau, C., Schneider, J. (2019). Land-use and transport planning-A field of complex cause-impact relationships. Thoughts on transport growth, greenhouse gas emissions and the built environment. – *Transport Policy*, 74, 127–137.
64. Hull, A. (2008), Policy integration: What will it take to achieve more sustainable transport solutions in cities? – *Transport Policy*, 15, 94–103.
65. Immers, B., Stada, J., Yperman, I., Bleukx, A. (2004). Towards robust road network structures. – *Slovak Journal of Civil Engineering*, 12(4), 10–17.
66. Inseneribüro „Stratum“. (2015). Linna peatänava projekti esialgne liiklusvoogude analüüs. <http://media.voog.com/0000/0038/5372/files/Linna%20peat%C3%A4nava%20liiklusvoogude%20anal%C3%BC%C3%BCs.pdf> (24.05.19)
67. Jauhiainen, J. S. (2005). Linnageograafia. Linnad ja linnaurimus modernismist postmodernismini. Eesti Kunstiakadeemia
68. Jie, Y.U., Yang, X.G. (2006). Estimation a transit route o-d matrix using on/off data: an application of modified bp artificial neuralnetwork. – *Systems Engineering*, 24(4), 89-92.
69. Johanssona, F., Tornbergb, P., Fernstro, A. (2018). A function-oriented approach to transport planning in Sweden: Limits and possibilities from a policy perspective. – *Transport Policy*, 63, 30–38.
70. Jüssi, M., Anspal, S., Kallaste, E. (2008). Transpordi väliskulude hindamine: hindamismetoodika ja sisendandmete kaardistus. <https://centar.ee/uus/wp-content/uploads/2008/03/Valiskulude-mudel.pdf> (24.05.19)
71. Kaal, L., Kendra, A., Kaal, T. (2018). Maanteeameti teetööde ühikhindade prognoos aastani 2027. https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/teetoode_yhikhinnad_erc-19-2018.pdf (24.05.19)
72. Kemp, L.W. (1986). Aesthetes and Engineers: The Occupational Ideology of Highway Design. – *Technology and Culture*, Vol. 27, No. 4, Special Issue: Engineering in the Twentieth Century, 759-797.
73. Kepaptsoglou K., Meerschaert V., Neergaard K., Papadimitriou S., Rye T., Schremser R., Vleugels I. (2012). Quality Management in Mobility Management: A Scheme for Supporting Sustainable Transportation in Cities. – *International Journal of Sustainable Transportation*, 6(4), 238–256.
74. Konsultatsiooni- ja koolituskeskus Geomedia. (2009). Strateegia „Tallinn 2030“ <https://www.tallinn.ee/g737s44910> (24.05.19)
75. Koppel, M., Lipre, L., Villemi, E. M. (2003). HDM-IV evitamiseks vajalike liikluskulude arvutamise lähteandmete panga koostamine. Lõpparuanne. Tallinna Tehnikaülikooli teedeinstituut 2003-59/L. https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/lopparuanne_312l.pdf (24.05.19)
76. Koppel, O., Ernits, E. (2012). Liiklusõnnetustest ühiskonnale põhjustatud kahjude määramise metoodika täiustamine, kahjude suuruse hindamine ja prognoosimine. <https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/loppraport09112012.pdf> (24.05.19)
77. Künapuu, L. (2009). Tallinna väikese ringtee tasuvusarvutus : magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool : Tallinn.
78. Larsen, J. (2013). Bike sharing goes global. <http://grist.org/cities/bike-sharing-programs-hit-the-streets-in-over-500-cities-worldwide/> (24.05.19)
79. Leesment, M. (2018). Autostumisest Eestis ja Euroopas – luksusesemest on saanud igapäevane tarbeese. <https://blog.stat.ee/tag/autostumine/> (24.05.2019)
80. Linnaplaneerimise Amet. (2001) Tallinna üldplaneering. <https://www.tallinn.ee/est/ehitus/Tallinna-uldplaneering> (24.05.19)

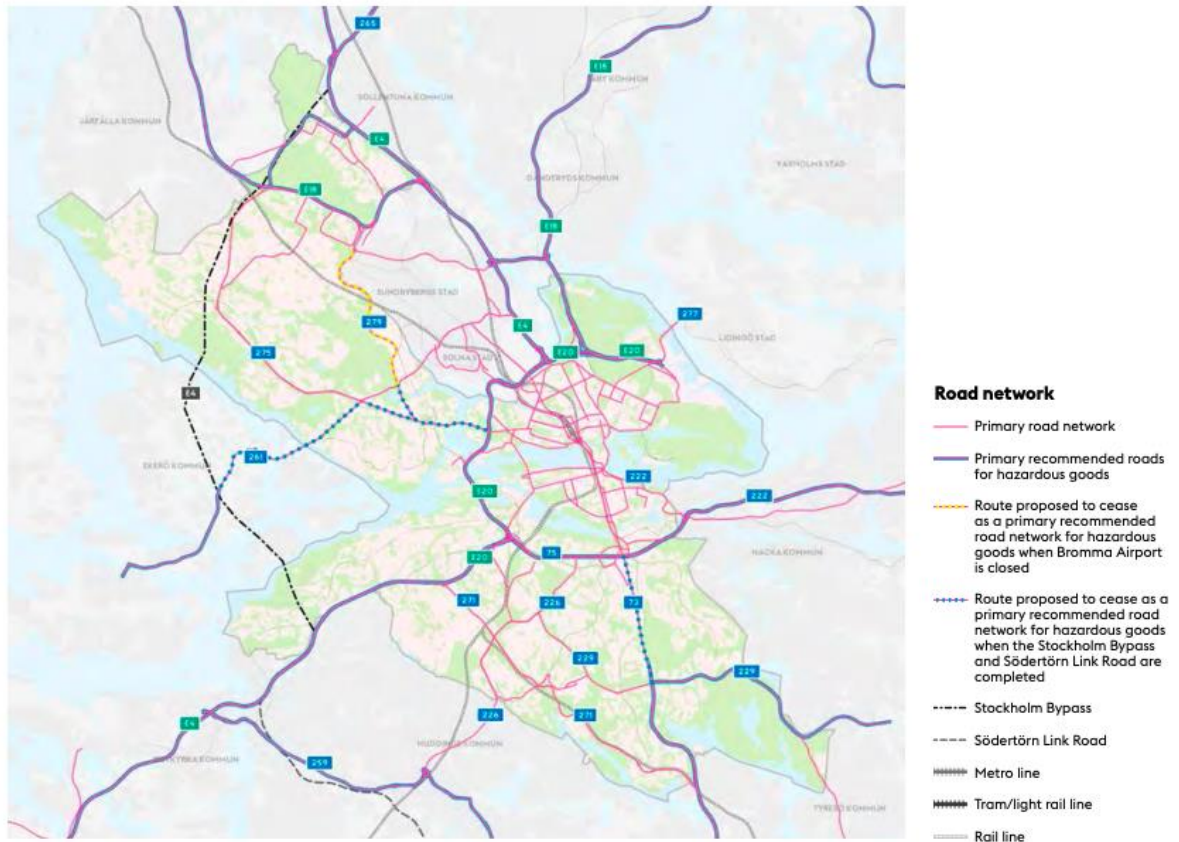
81. Linnaplaneerimise Amet. (2014) Lasnamäe tööstusalade üldplaneering. <https://www.tallinn.ee/est/ehitus/Lasnamae-toostusalade-uldplaneering> (24.05.19)
82. Linnaplaneerimise Amet. (2015). Kristiine linnaosa üldplaneering. <https://www.tallinn.ee/est/ehitus/Kristiine-linnaosa-uldplaneering-2> (24.05.19)
83. Linnaplaneerimise Amet. (2017). Tallinna linnaosade ja asumite piirid. <https://www.tallinn.ee/est/ehitus/Tallinna-linnaosade-ja-asumite-piirid> (24.05.19)
84. Linnatänavad. (2016). Eesti standard EVS 843:2016
85. Litman, T. (2003). The Online TDM Encyclopedia: Mobility management information gateway. – *Transport Policy*, 10(3), 245–249.
86. Maanteeamet. (2009). Liiklusloenduse metoodika koormussageduse määramiseks. https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Juhendid/projekteerimine/loenduse_metoodika_uuendatud_31_03_09.pdf (24.05.19)
87. Maanteeamet. (2016). Liiklusohutusprogramm 2016-2025. <https://www.mnt.ee/et/liikleja/liiklusohutusprogramm-2016-2025> (24.05.19)
88. Maanteeamet. (2017). Liiklusaasta 2017. <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/inimkannatanutega-liiklusonnetuste-statistika> (24.05.19)
89. Maanteeamet. (2018a). Autopargi läbisõit 2018. https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/labisoit_2018.pdf (24.05.19)
90. Maanteeamet. (2018b). Riigiteede teehoiukava aastateks 2018-2022. <https://www.mnt.ee/et/tee/teehoiukava-aastateks-2018-2022> (24.05.19)
91. Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., van Essen, H.P., Boon, B.H., Smokers, R., Schroten, A., Doll, C., Pawlowska, B., Bak, M. (2007). Handbook on estimation of external cost in the transport sector. Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT). Report.
92. Makido, Y., Dhakal, S., & Yamagata, Y. (2012). Relationship between urban form and CO₂ emissions: Evidence from fifty Japanese cities. – *Urban Climate*, 2, 55–67.
93. Mayor of London. (2011). London infrastructure plan 2050: transport supporting paper. https://www.london.gov.uk/sites/default/files/Transport%20Supporting%20Paper_3.pdf (24.05.19)
94. Mayor of London. (2016). London Plan Chapter Six: London's Transport. https://www.london.gov.uk/sites/default/files/the_london_plan_malp_march_2016_-_chapter_6_-_londons_transport.pdf (24.05.19)
95. Mayor of London. (2018). Mayor's transport strategy. <https://www.london.gov.uk/sites/default/files/mayors-transport-strategy-2018.pdf>
96. Meddin, R., DeMaio, P., (2014). The Bike-Sharing World Map. <http://www.bikesharingworld.com> (24.05.19)
97. Metsvahi, T. (2018). Tallinna liikluse muutuse monitooring automaatse seiresüsteemi andmete põhjal, IV kvartal 2017. a; kogu 2017. a; I-III kvartal 2018.a. https://uurigud.tallinn.ee/file_download/840 (24.05.19)
98. Mrkajić, V., Anguelovski, I. (2016). Planning for sustainable mobility in transition cities- Cycling losses and hopes of revival in Novi Sad, Serbia. – *The International Journal of Urban Policy and Planning*, 52, 66–78.
99. Mulley, C., Nelson, J.D. (1999). Interoperability and transport policy: the impediments to interoperability in the organisation of trans-European transport systems. – *Journal of Transport Geography*, 7, 93–104.
100. Nerman, R., Kaplinski, K. (2012). Tallinna kommunaalmajandus 1940-2011. Tallinn : Tallinna Kommunaalamet.
101. Newsome, T.H., Walcott, W.A., Smith, P.D. (1998). Urban activity spaces: illustrations and application of a conceptual model for integrating the time and space dimensions. – *Transportation* 25, 357–377.

102. Otto, D., Anderson, C. (1995). The Economic Impact of Rural Bypasses: Iowa and Minnesota Case Studies, Final Report. Midwest Transportation Center, Ames, Iowa.
103. Papacostas, C.S., Prevedouros, P.D. (2001). Transportation engineering and planning. / ed. Puan, O.C. Singapore [etc.] : Pearson/Prentice Hall.
104. Parysek, J.J., Mierzejewska, L. (2016). Spatial structure of a city and the mobility of its residents: functional and planning aspects. – *Bulletin of Geography. Socio-economic Series* No. 34, 91–102.
105. Praxis. (2012) Eesti maksukoormuse areng: jaotus, mõjud ja tulevikuvalikud. [http://www.praxis.ee/fileadmin/tarmo/Projektid/Valitsemine ja kodanike%C3%BChiskoNd/Kodanike ja poliitikakujundajate dialog V%C3%9CF /VorkKaarna maksuhommik ettekanne.pdf](http://www.praxis.ee/fileadmin/tarmo/Projektid/Valitsemine_ja_kodanike%C3%BChiskoNd/Kodanike_ja_poliitikakujundajate_dialog_V%C3%9CF_VorkKaarna_maksuhommik_ettekanne.pdf) (24.05.19)
106. Pulawska S. (2014). Preliminary results of experiment concerning evaluation of Kraków public transport accessibility. – *Logistics*, Volume 9 Issue 3, 3197-3206.
107. Pulawska S., Zakowska, L. (2014). Equity in transportation - new approach in transport planning - preliminary results of case study in Cracow. – *Transport Problems: an International Scientific Journal*, Vol. 9 Issue 3, 67-74.
108. Rahandusministeerium. (2016) Tulu teenivad ERF projektid 2014-2020. <http://adm.archimedes.ee/str/files/2016/02/ERF-tulu-teenivad-projektid.pdf> (24.05.19)
109. Reichert, A., Holz-Rau, C., (2014). Verkehrsmittelnutzung im Fernverkehr. In: Proff, H. (Ed.), *Radikale Innovationen in der Mobilität*. Springer Gabler, Wiesbaden, pp. 429–444.
110. Rubulotta, E., Ignaccolo, M., Inturri, G., Rofè, Y. (2013). Accessibility and Centrality for Sustainable Mobility: Regional Planning Case Study. – *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 139, No. 2, 115-132.
111. Santos G., Maoh H., Potoglou D., von Brunn T. (2013). Factors Influencing Modal Split of Commuting Journeys in Medium-Size European Cities. – *Journal of Transport Geography*, 30, 127–137.
112. Smarter Cambridge Transport. (2016). Reducing Traffic Congestion and Pollution in Urban Areas. <https://www.smartertransport.uk/smarter-cambridge-transport-urban-congestion-enquiry/> (24.05.19)
113. Southworth, M., Ben-Joseph, E. (1997). *Streets and the Shaping of Towns and Cities*. New York : McGraw-Hill.
114. Srinivasan, S., Kockelman, K. M. (2000). The Impacts of Bypasses on Small- and Medium-Sized Communities: An Econometric Analysis – *Journal of Transportation and Statistics*, 5(1), 57-69.
115. Statistikaamet. (2018) Säätva arengu näitajad. <https://www.stat.ee/valjaanne-2018-saastva-arengu-naitajad> (24.05.19)
116. Stockholm City. (2012). Urban Mobility Strategy. <https://international.stockholm.se/globalassets/ovriga-bilder-och-filer/urban-mobility-strategy.pdf> (24.05.19)
117. Stockholm City. (2018). Stockholm City Plan. [https://xn--vxo-1oa.stockholm/globalassets/tema/oversiktplan-ny light/english stockholm city plan.pdf](https://xn--vxo-1oa.stockholm/globalassets/tema/oversiktplan-ny-light/english_stockholm_city_plan.pdf) (24.05.19)
118. Tallinna eelarvestrateegia aastateks 2019-2022. (Vastu võetud 14.06.2018, viimati jõustunud 01.01.2019). – Elektrooniline Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/422062018030> (24.05.19)
119. Tallinna Linnavalitsus. (2007a). Tallinna liikumiskeskonna arengustrateegia 2007-2035. <https://www.tallinn.ee/est/g3898s32463> (24.05.19)
120. Tallinna Linnavalitsus. (2007b). Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed. <https://www.tallinn.ee/est/ehitus/Tallinna-tanavavork-ja-kergliiklusteed> (24.05.19)
121. Tallinna Linnavalitsus. (2019). Tallinn arvudes. <https://www.tallinn.ee/est/Tallinn-arvudes> (24.05.19)

122. Tallinna linnavolikogu. (2008) Tallinna arengukava 2009-2027. <https://www.tallinn.ee/est/g737s43268> (24.05.19)
123. Tallinna Tehnikaülikool. (2011). Eesti transpordimudeli koostamine ja rakendamine: Lõpparuanne. https://www.siseministeerium.ee/sites/default/files/dokumendid/Uuringud/Ruumiline_planeerimine/2011_eeesti_transpordimudel.pdf (24.05.19)
124. Tallinna Tehnikaülikool. (2014). Tallinna ühistranspordisüsteemi arendamine, liinivõrgu optimeerimine. https://uuringud.tallinn.ee/file_download/705 (24.05.19)
125. Tammaru, T. (2005). Suburbanisation, employment change, and commuting in the Tallinn metropolitan area. – *Environment and Planning Part A*, 37, 1669–1687.
126. Teder, J. (2019). Tallinna Kommunaalameti bilanss (e-kiri)
127. Tennøy, A. (2010). Why we fail to reduce urban road traffic volumes: Does it matter how planners frame the problem? – *Transport Policy*, 17, 216–223.
128. The Baltic Sea Region Competence Centre on SUMP. (2008). The Four Step Principle in Sweden. <http://www.bsr-sump.eu/good-example/four-step-principle-sweden> (24.05.19)
129. TomTom Traffic Index https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/list?citySize=LARGE&continent=EU&country=ALL (24.05.19)
130. Tosics, I. (2005). City development in Central and Eastern Europe since 1990: the impacts of internal forces. In I. F. E. Hamilton, K. Dimitrovska Andrews, & N. Pichler-Milanovic (Eds.), *Transformation of cities in Central and Eastern Europe—Towards Globalization* (pp. 44–78). Tokyo: United Nations University.
131. Transport planning and traffic engineering. (1997). / ed. O’Flaherty. C.A. Amsterdam [etc.] : Elsevier Butterworth Heinemann.
132. Truu, M., Metsvahi, T. (2014). Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega. https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/140609_tasuvusarvutuste_teadusanaluusid.pdf (24.05.19)
133. Veibri, K. (2017). Reidi tee ja Paldiski maantee ühenduse rajamine Tallinna kesklinna liikluskoormuse vähendamiseks : magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool : Tallinn.
134. Vovsha, P., Bradley, M., Bowman, J. L. (2005). Activity-based Travel Forecasting Models in the United States: Progress since 1995 and Prospects for the Future, *Progress in Activity-based Analysis*. Oxford, Elsevier.
135. Weber, J., Kwan, M.-P. (2002). Bringing time back in: a study on the influence of travel time variations and facility opening hours on individual accessibility. – *Professional Geographer*, 54, 226–240.
136. World Population Review. Amsterdam Population 2019. <http://worldpopulationreview.com/world-cities/amsterdam-population/> (24.05.19)
137. World Population Review. London Population 2019. <http://worldpopulationreview.com/world-cities/london-population/> (24.05.19)
138. World Population Review. Stockholm Population 2019. <http://worldpopulationreview.com/world-cities/stockholm-population/> (24.05.19)
139. Woudsma, C. (2001). Understanding the movement of goods, not people: issues, evidence and potential. – *Urban Studies* 38, 2439–2455.
140. Zheng, W.L, Wang, J.W., Zhang, S.Q. (2018). Road transportation Network planning and design based on the BP neural Network. – *Advances in Transportation Studies an International Journal 2018 Special Issue*, Vol 3, 117-124.
141. Zhong, M., Shan, R., Du, D., Lu, C. (2015). A Comparative Analysis of Traditional Four-Step and Activity-based Travel Demand Modeling : A Case Study of Tampa, Florida. – *Transportation Planning and Technology*, 38(5), 517–533.

LISAD

Lisa 1 Stockholmi kavandatava tänavavõrgu plaan



Joonis L1 Stockholmi kavandatava tänavavõrgu plaan (Allikas: Stockhom City 2018)

Lisa 2 Londoni kavandatava tänavavõrgu plaan

FIGURE 35: 13 INITIAL STRATEGIC INFRASTRUCTURE PRIORITIES

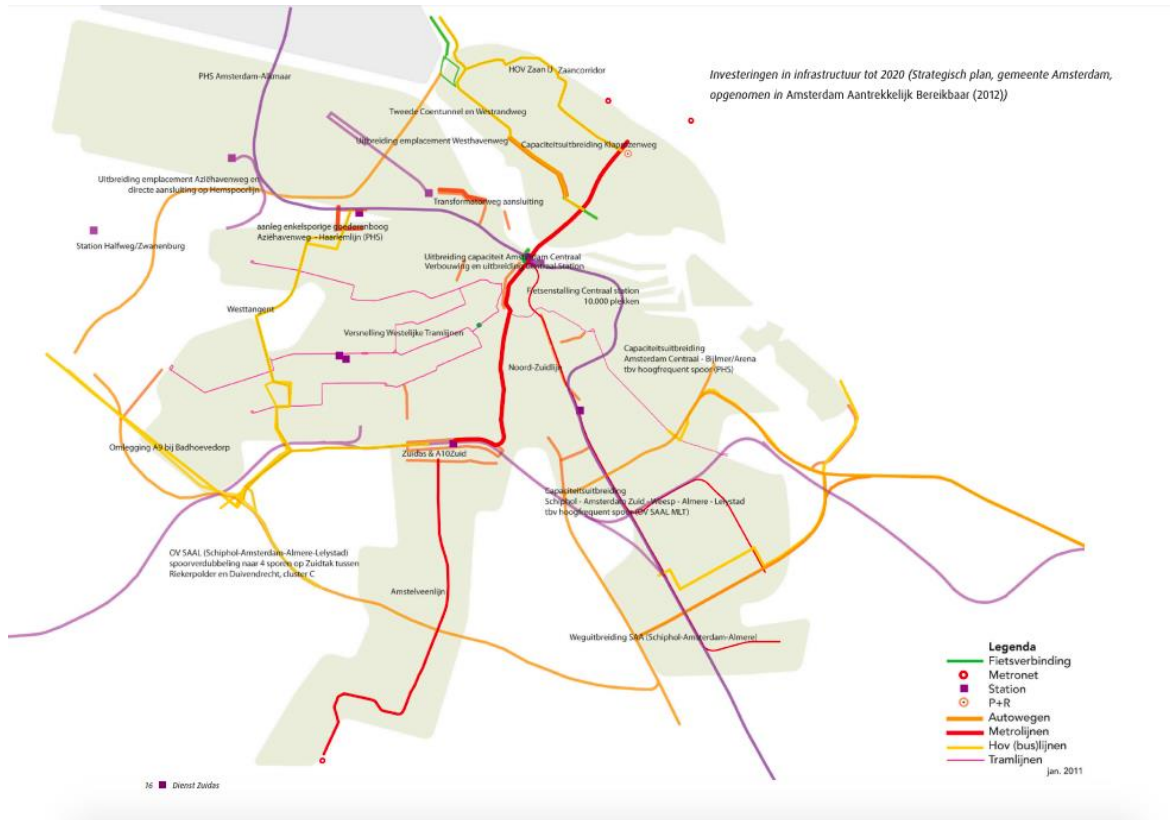


Strategic Infrastructure Priorities

- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 East West Rail and new Expressway road link (Oxford-Cambridge) | 5 Great Eastern Mainline (London-Ipswich-Norwich) and A12 | 10 South West Mainline, Crossrail 2 South West (London-Surrey/Southern Rail Access to Heathrow) and A3 |
| 2 North Downs Rail Link (Gatwick-Reading) including extension to Oxford | 6 Essex Thameside, A127 and A13 corridor | 11 Great Western Mainline (London-Reading/Western Rail Access to Heathrow) |
| 3 A27/M27/A259 and rail corridor (Dover-Southampton) | 7 Thames Gateway Kent: Elizabeth line extension and HS1 (London-North Kent-Channel Tunnel) | 12 Midlands and West Coast Mainline (London-Luton-Bedford/Milton Keynes) |
| 4 West Anglia Mainline, Crossrail 2 North (London-Stansted-Cambridge-Peterborough) and M11 | 8 Lower Thames Crossing | 13 Felixstowe-Nuneaton/Midlands and A14 |
| | 9 Brighton Mainline (London-Gatwick-Brighton) | |

Joonis L2 Londoni kavandatava tänavavõrgu plaan (Allikas: Mayor of London 2018)

Lisa 3 Amsterdami kavandatava tänavavõrgu plaan



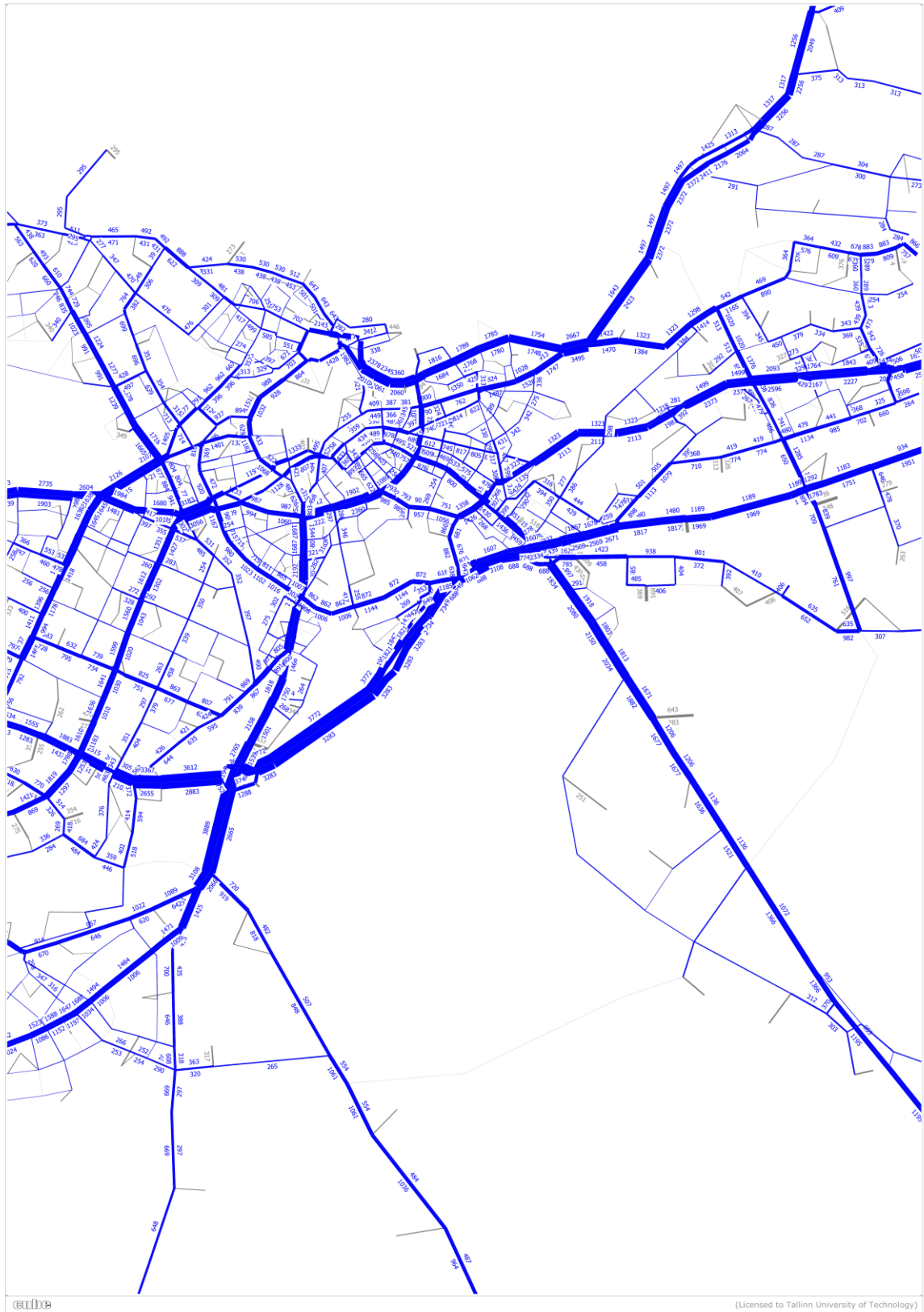
Joonis L3 Amsterdami kavandatava tänavavõrgu plaan (Allikas: City of Amsterdam 2013a)

Lisa 4 Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed



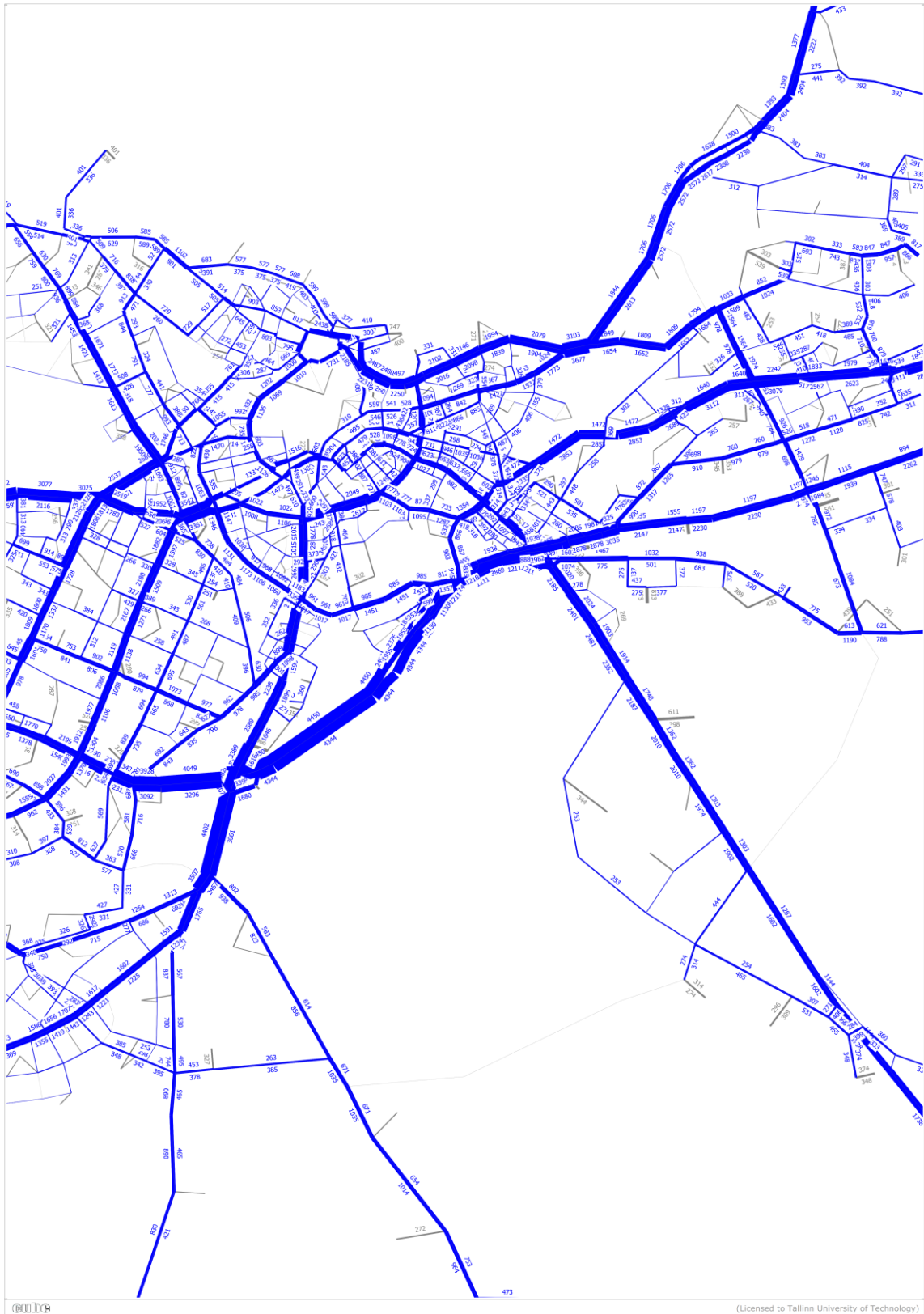
Joonis L4 Tallinna tänavavõrk ja kergliiklusteed (Allikas: Tallinna Linnavalitsus 2007b)

Lisa 5 Stsenarium S0



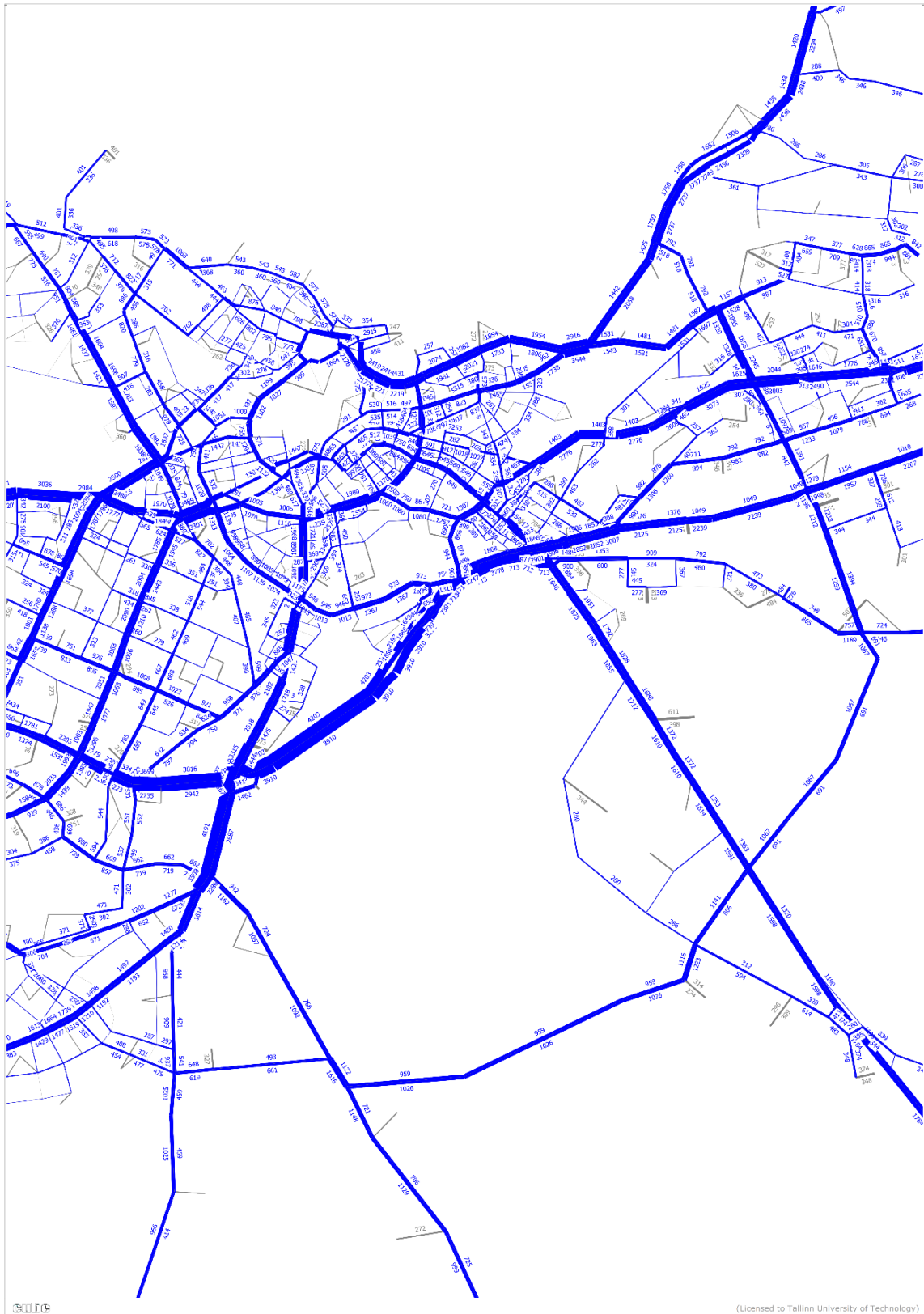
Joonis L5 Stsenarium S0 (Allikas: autori koostatud)

Lisa 6 Stsenaarium S1



Joonis L6 Stsenaarium S1 (Allikas: autori koostatud)

Lisa 7 Stsenarium S2



Joonis L7 Stsenarium S2 (Allikas: autori koostatud)