



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JOONAS STENROTH
JOUKKOLIIKENTEEEN MATKUSTAJALASKENTA HELSINGIN
SEUDULLA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jorma Mänty-
nen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 14. tam-
mikuuta 2015

TIIVISTELMÄ

JOONAS STENROTH: Joukkoliikenteen matkustajalaskenta Helsingin seudulla
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 84 sivua, 6 liitesivua
Toukokuu 2015
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät
Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: automaattinen matkustajalaskenta, avoin data, HSL, joukkoliikenne, käsinlaskenta, matkakorttijärjestelmä, matkustajalaskenta, matkustajavirtainformaatio

Joukkoliikenne Helsingin seudulla, tarkemmin HSL-alueella, muodostuu kuudesta eri liikennemuodosta, jotka ovat linja-auto-, raitiovaunu-, metro-, lähijuna- ja Suomenlinnan lauttaliikenne sekä Kutsuplus. Näiden kulkumuotojen matkustajalaskennat ovat monimuotoinen kokonaisuus ja niistä kerätään matkustajamäärätietoja matkakorttijärjestelmän, automaattisten matkustajalaskentajärjestelmien sekä manuaalisten laskentojen avulla. Kutsuplussassa matkustajamäärät saadaan suoraan tilauksista. Lisäksi HSL-alueen joukkoliikenteessä tehdään vuosittain useita tarkistus-, poikkileikkaus- ja profiililaskentoja käsinlaskentoina.

HSL-alueen joukkoliikenteen matkustajalaskennoista ei ollut ennen tätä työtä tehty vastaavaa nykytilaselvitystä, joka kokoaa samojen kansien sisään yksityiskohtaiset tiedot jokaisen joukkoliikennemuodon matkustajalaskennasta. Nykytilaselvitystä varten haasteltiin useita asiantuntijoita sekä käytiin läpi monia HSL:n julkaisuja. Tietoja täydennettiin vielä sähköposteilla sekä Internetistä haetuilla tiedoilla. Tulokseksi saatiin kattava tietopaketti, jossa selviää, miten laskennat eri kulkumuotojen osalta tehdään, miten saatuja tietoja käsitellään ja miten ne kootaan yhteenvetoraportiksi.

Automaation lisääntyessä matkustajalaskennoissa työssä tarkastellaan, miten automaattisten matkustajalaskentalaitteiden määrä kasvaa HSL-alueella. Työssä selvitetään myös, mikä olisi riittävä laskentalaitteellisten ajoneuvojen osuus, jotta matkustajamäärätietojen tuottaminen olisi tehokasta ja järjestelmän häiriöherkkyys pieni. Tämän perusteella on tehty ehdotus minimiosuuden nostamisesta 30 prosenttiin.

Keskeistä työssä oli myös tutkia, mihin suuntaan laskennat ovat kehittymässä. Tulevaisuudessa pyritään selvittämään, miten joukkoliikenteen käyttäjien matkat suuntautuvat. HSL-alueella matkustajavirtainformaation tuottaminen aloitetaan suurella todennäköisyydellä metrossa WLAN-teknologiaan perustuvalla mobiililaskennalla. Kyseisen teknologian lisäksi työssä esitellään myös muita mahdollisia mobiiliteknologiaan perustuvia ratkaisuja matkustajavirtainformaation tuottamiseksi. Uusien matkustajalaskentateknologioiden ohessa työssä tarkastellaan myös avointa dataa ja sen merkitystä sekä yhteyttä mobiililaskentoihin. Erityisesti metron mahdollisen WLAN-laskennan sekä uuden mobiilivirtainformaation keskiseen vuorovaikutukseen tutustaan työn loppuvaiheilla.

ABSTRACT

JOONAS STENROTH: Passenger calculation of the public transport in Helsinki region

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 84 pages, 6 Appendix pages

May 2015

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Transportation Systems

Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: automated fare collection, automated passenger calculation, HSL, manual passenger calculation, open data, passenger calculation, passenger flow information, public transport

Public transport in Helsinki region, more specific in HSL area, is formed from 6 different modes of transport which are bus, tram, subway, local train, Suomenlinna ferry and Kutsuplus. Passenger counting in these modes of transport is a complex entirety and passenger information is gathered from them with automated fare collection system, automated passenger counting systems and by manual passenger counting. In Kutsuplus, the number of passengers is obtained directly from the bookings. In addition, there are multiple re-counts and cross section and profile calculations made manually in HSL area each year.

Before this work, a current state report that contained detailed information under the same covers, considering passenger calculation of all the modes of public transport in HSL area, had not been done. Several experts were interviewed and many publications on the subject were read in order to gather the information for the current state report. The information was yet filled with knowledge gathered from e-mails and the Internet. As a result, a comprehensive package of information was formed and it clarifies how passenger calculations in the different modes of public transport are conducted. Furthermore, the report states how the information from the passenger calculations is handled and how the information is put together in the summary report.

As automation in passenger counting increases, it was crucial for this work to examine how the share of APC-equipped vehicles increases in HSL area. This work also studies, what would be the sufficient share for the APC-equipped vehicles in order to guarantee an efficient system for the production of passenger information with a small sensitivity to errors. Based on this study, a recommendation to increase the minimum share of the APC-equipped vehicles up to 30 %, was formed.

Central for this work was also to study which direction passenger calculations are developing. In the future, it is important to be able to retrace how passengers direct their journeys in public transport. With high probability, the production of passenger flow information in HSL area will start in the subway with a WLAN-based mobile technology. In addition to this technology, this work also introduces other mobile technologies which can be used to produce passenger flow information. Open data and its meaning and connection to mobile technology based passenger counting are also viewed beside the mobile technologies. Especially the interaction between the possible WLAN-based passenger counting technology of the subway and the new HSL mobile application is studied on the final chapters of the work.

ALKUSANAT

Ensinnäkin haluan kiittää Tampereen teknilliseltä yliopistolta työn tarkastajaa professori Jorma Mäntystä. Hänen avullaan ratkesi useita työn tekemiseen sekä rakenteeseen liittyviä ongelmia ja hän myös valoi uskoa, että työ valmistuu laaditussa aikataulussa. Lisäksi haluan kiittää TTY:ltä Kalle Vaismaata, joka auttoi monissa työn rakenteeseen liittyvissä asioissa sekä erityisesti Webropol-kyselyn laatimisessa.

Ilman Vuorelan Anttia tämä työ ei olisi saanut alkuaan. Hän ehdotti työn aihetta minulle eräässä työhaastattelussa, eikä aiheen hyväksymistä ja diplomityön tekemistä tarvinnut kovinkaan kauaa miettiä. Haluankin kiittää Anttia diplomityön mahdollistamisesta sekä kaikesta ohjauksesta ja avusta työn aikana.

Suuri kiitos myös kaikille HSL:n joukkosuunnitteluosaston operatiiviset tutkimukset ryhmän jäsenille sekä muille, jotka auttoivat uhraamalla omaa aikaansa haastatteluihin ja sähköposteihin vastaamiseen. Erittäin suuri kiitos kuuluu Pauliinalle, joka jaksoi tukea niin työn etsimisessä kuin sen tekemisessäkin.

Vantaalla, 19.5.2015

Joonas Stenroth

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tavoite ja rajaukset.....	2
1.2	Työn rakenne.....	3
1.3	Työn suoritus ja tutkimusmenetelmät	4
2.	JOUKKOLIIKENTEEN MATKUSTAJALASKENTOJEN NYKYTILA.....	6
2.1	Joukkoliikenne ja sen käyttö HSL-alueella.....	6
2.2	Linja-autoliikenteen matkustajalaskenta	13
2.2.1	Manuaalilaskennat	15
2.2.2	Runkolinja 550.....	17
2.3	Raitiovaunujen matkustajalaskenta	19
2.3.1	Poikkileikkauslaskennat.....	21
2.3.2	Raitiovaunujen profiililaskennat	22
2.4	Metron matkustajalaskenta.....	24
2.5	VR:n lähijunien matkustajalaskenta.....	26
2.5.1	Lähijunien tarkistuslaskennat.....	28
2.6	Suomenlinnan lauttaliikenteen matkustajalaskenta.....	29
2.7	Kutsuplus.....	32
2.8	Yhteenvetoraportti.....	34
2.9	Manuaali- ja tarkistuslaskentojen kustannukset.....	35
3.	JOUKKOLIIKENTEEN MATKUSTAJALASKENTA EUROOPASSA	37
3.1	Joukkoliikenne Euroopassa	37
3.2	Kyselyn kohdekaupungit.....	41
3.3	Kyselyn tulokset ja niiden vertailu.....	43
3.3.1	Mobiiliteknologiat ja matkustajavirtainformaatio	47
3.3.2	Avoin data ja sen hyödyt.....	49
4.	JOUKKOLIIKENTEEN MATKUSTAJALASKENTOJEN KEHITTÄMINEN ..	51
4.1	Käytössä olevat matkustajalaskentateknologiat	52
4.1.1	Dilax-laskentalaitteet	52
4.1.2	Matkakorttijärjestelmä	56
4.1.3	Metron laskentalaitteet.....	58
4.2	Mobiililaskennat.....	60
4.2.1	WLAN/Bluetooth.....	60
4.2.2	3G/4G -paikannus	62
4.2.3	RFID.....	63
4.2.4	Muut aineistot	65
4.3	Uudistaminen alkaa metrosta	72
4.3.1	Nykyisten laskimien kalibrointi	72
4.3.2	Metron WLAN-laskenta	73
5.	YHTEENVETO	75
	LÄHTEET.....	78

LIITE A: JOUKKOLIIKENTEEEN AIKASARJA JA POIKKILEIKKAUS -LOMAKE

LIITE B: LINJAN 785 PROFIILILOMAKE

LIITE C: WEBROPOL-KYSELYN SAATEKIRJE JA KYSYMYKSET

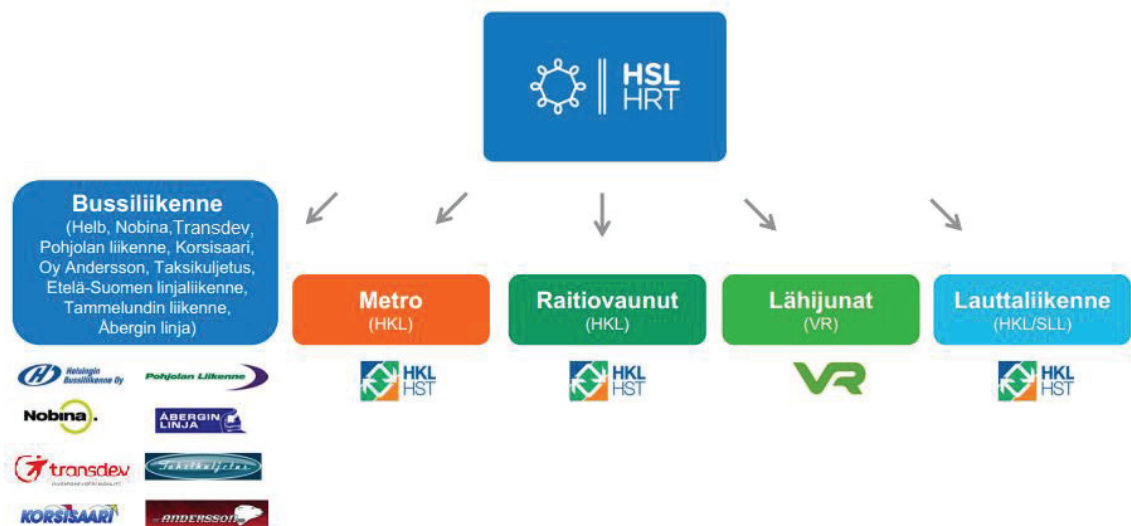
LYHENTEET JA MERKINNÄT

APC	Automaattinen matkustajalaskenta. APC on yleisesti käytetty lyhenne automaattisista matkustajalaskennoista.
DavisWeb	Dilaxin datan käsittely ja raportointityökalu.
Dilax	Dilax Intelcom GmbH on saksalainen automaattisten laskentalaitteiden toimittaja.
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> on tiedonsiirtomenetelmä kahden tietokoneen välillä.
HKL	Helsingin kaupungin liikennelaitos, joka vastaa metron, raitiovaunujen ja Suomenlinnan lautan liikennöinnistä.
HSL	Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, joka vastaa siihen kuuluvien kuntien joukkoliikenteen suunnittelusta ja järjestämisestä.
JORE	JORE on Helsingin seudun liikenteen joukkoliikennerekisteri ja se toimii tietokantana muun muassa kaikille pääkaupunkiseudun reiteille, aikatauluille ja pysäkeille.
KSV	Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, joka vastaa kaupungin liikenteen suunnittelusta ja kaavoituksesta.
Lati Web	Suomenlinnan lauttaliikenteen tietokanta.
LIJ	HSL-alueen uusi lippu- ja informaatiojärjestelmä.
L-info	Liikenneinfokanta on tietokanta HSL-alueen linja-autoliikenteen matkustajadatalle.
Louhin	Data Rangersin kehittämä datan keruun, analyysin ja raportoinnin työkalu.
MAC-osoite	MAC on lyhenne sanoista <i>Media Access Control</i> ja MAC-osoitetta käytetään laitteen tunnistamisessa verkossa.
NFC	<i>Near Field Communication</i> on RFID-tekniikkaan perustava lähilukutekniikka.
OTR	Operatiivisten tutkimusten ryhmä vastaa joukkoliikenteen matkustajalaskennoista HSL:llä.
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille.
WLAN	WLAN on lyhenne sanoista <i>Wireless Local Area Network</i> ja se tarkoittaa langatonta lähiverkkoa.

1. JOHDANTO

Helsingin seudun liikenne (HSL) on kuntayhtymä, jonka ”perustehtävä on kehittää ja tarjota sujuvia ja luotettavia liikkumiskäytäntöjä asiakkaidensa tarpeisiin.” HSL-kuntayhtymään kuuluu tällä hetkellä sen 6 perustajakuntaa: Helsinki, Espoo, Kauniainen, Kerava, Kirkkonummi ja Vantaa, sekä Sipoo, joka liittyi kuntayhtymään vuonna 2012. HSL:llä on sen perussopimuksen mukaan mahdollisuus laajentua kattamaan Helsingin seudun 14 kuntaa. Nämä kunnat ovat jo edellä mainittujen lisäksi Hyvinkää, Järvenpää, Mäntsälä, Nurmijärvi, Pornainen, Tuusula ja Vihti. [1]

Vuonna 2010 toimintansa aloittaneessa HSL-kuntayhtymässä on 360 työntekijää ja yksi sen keskeisimmistä tehtävistä on suunnitella ja järjestää toimialueensa joukkoliikenne sekä edistää sen toimintaedellytyksiä. HSL-alueen joukkoliikenne koostuu linja-auto-, raitiovaunu-, metro-, lautta-, lähijuna- ja Kutsu Plus-liikennepalveluista. [2] HSL hankkii nämä palvelut tilaaja-tuottajamallilla, kuten on esitetty kuvassa 1. Kuvassa on myös esitelty eri tuottajat, jotka vastaavat kunkin joukkoliikennemuodon palveluiden tuottamisesta. [1] Kuvassa ei ole Kutsu Plus-palvelua.



Kuva 1. Eri joukkoliikennepalveluiden tuottajat, joilta HSL hankkii palvelunsa [1].

Keskeinen osa joukkoliikennettä on myös taksa- ja lippujärjestelmä. Joukkoliikenteen taksa- ja lippujärjestelmän sekä joukkoliikenteen taksojen hyväksyminen on niin ikään HSL:n tehtävä samoin kuin lippujen myynnin järjestäminen. Joukkoliikennepalveluiden lisäksi HSL:n tehtäviin kuuluu Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman (HLJ) laatiminen. [1]

Olenainen osa joukkoliikenteen palveluiden suunnittelua on joukkoliikenteen matkustajalaskentojen toteuttaminen. Matkustajalaskennoista HSL:llä vastaa operatiivisten tutkimusten ryhmä (OTR), joka kuuluu joukkoliikennesuunnitteluosastoon [2]. Matkustajalaskenta on tärkeä osa joukkoliikenteen suunnittelua, koska se luo pohjaa suunnittelulle aina aikataulutuksesta kalustovalintoihin. Tässä työssä keskitytään juuri joukkoliikenteen matkustajalaskentoihin.

Joukkoliikenteellä tehdään vuosittain noin 345 miljoonaa matkaa HSL-alueella [2], joten sillä on siis huomattava rooli HSL-alueen liikenteessä. Matkojen määrä vaihtelee vuosittain ja edellä mainittu luku kuvaakin alueen keskimääräistä vuosittaisten matkojen määrää. Jotta joukkoliikennettä voidaan kehittää vastaamaan paremmin käyttäjiensä tarpeita, tarvitaan suunnittelun taustatiedoksi tietoja matkustajamääristä. Matkustajalaskentojen avulla saadaan ensinnäkin määritettyä kunkin joukkoliikennemuodon matkustajamäärät, mutta olennaisempaa on saada tietoa yksittäisten linjojen matkustajamääristä.

Tämän työn tarkoituksena on luoda kattava kuva HSL-alueen joukkoliikenteen matkustajalaskennoista. Lisäksi työssä selvitetään uusia tapoja ja teknologioita, joiden avulla joukkoliikenteen matkustajalaskentoja voitaisiin kehittää tarkemmiksi ja kustannustehokkaimmiksi.

1.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset

Diplomityön ensimmäisenä tavoitteena on siis luoda mahdollisimman kattava ja selkeä kuva joukkoliikenteen matkustajalaskentojen nykytilasta HSL-alueella. Vastaavaa työtä, jossa kaikkia HSL-alueen matkustajalaskentoja käsitellään yhtä laajasti samojen kansien sisällä, ei ole ennen tehty. Joukkoliikenteen matkustajalaskentojen nykytilaan kuuluvat matkustajamäärien päivittäinen laskeminen eri joukkoliikennevälineissä sekä erilaisia manuaalilaskentoja. Manuaalilaskentojen osalta työssä käydään läpi vain viime vuosina tehtyjä laajempia tutkimuksia, jotka antavat riittävän tarkan kuvan erilaisista mahdollisista käsinlaskentamenetelmistä. Kutsuplussin tilastot ja matkustajamäärät on rajattu tämän työn ulkopuolelle. Tämä johtuu siitä, että palvelu on niin uusi, että siitä ole vielä muodostettu kaikkia samoja tunnuslukuja kuin muista HSL-alueen joukkoliikennemuodoista.

Toisena tavoitteena on selvittää, että kuinka monta prosenttia ajoneuvoista tulisi varustaa automaattisilla laskentalaitteilla (APC), jotta linjoilta saataisiin riittävästi dataa suunnittelun tueksi. Samalla pitäisi pyrkiä saamaan laskennoista kustannustehokkaampia ja paremmin suunnittelijoiden tarpeita palvelevia kokonaisuuksia. Toisin sanoen tämä tarkoittaa tarkempaa tietoa yksittäisten matkustajien käyttäytymisestä liikenteessä.

Halu kehittää ja parantaa omia palvelujaan on lähes jokaisen yrityksen keskiössä. Joukkoliikenteen matkustajalaskennoissa kehitys tarkoittaa pienempiä kustannuksia, mutta

laadukkaampaa ja tarkempaa matkustajamäärätietoa. Tapa, jolla tämä saavutetaan, on automaation lisääminen ja uusien teknologioiden käyttöönotto. Uudet teknologiat tuovat mahdollisuuksien lisäksi myös haasteita. Niiden toiminnasta halutulla tavalla ei aina ole takeita ja niiden käyttöönottaminen voi viedä aikaa. Lisäksi alkuinvestointi on usein melko suuri ja matkustajien yksityisyyden suoja tulee ottaa entistä paremmin huomioon. Hyötyjen on lopulta oltava suurempia kuin haittojen, jotta järjestelmien käyttö olisi kannattavaa.

Uusia kehityssuuntia mietittäessä on olennaista ottaa huomioon teknologioiden sopivuus juuri HSL-alueella toimiviin joukkoliikennemuotoihin. Kulkumuotojen välillä on melko suuria eroavaisuuksia, joten ainoastaan yhden uuden teknologian tai laskentatavan avulla ei välttämättä saavuteta parasta lopputulosta. Siksi on tärkeää löytää toimiva kokonaisuus, joka tarjoaa parhaat lähtökohdat ja samalla parhaan lopputuloksen matkustajalaskennoille.

Tämän työn yhtenä tavoitteena on, edellä mainittujen tavoitteiden lisäksi, tarjota kuvaukset uusista mahdollista teknologioista matkustajalaskentojen toteuttamiseksi. Nämä teknologiat perustuvat mobiililaskentaan ja teknologioista käydään läpi niiden laskentaperusteet. Uusien teknologioiden tarkastelu on rajattu vain mobiiliteknologioihin, koska HSL haluaa kehittää omia matkustajalaskentojaan juuri niiden suuntaan.

Julkisena toimijana HSL:lle luo haasteita uusien laskentatapojen kilpailuttaminen. Päätös uusien hankintojen osalta on perusteltava tarkasti ja päätöksen tuomat hyödyt on osattava tuoda esille myös yleisölle, joka HSL:n tapauksessa tarkoittaa alueeseen kuuluvia kuntalaisia. Erityisesti tietosuojaan liittyvät asiat on käsiteltävä avoimesti, jotta luottamus HSL:n ja sen asiakkaiden välillä säilyisi.

1.2 Työn rakenne

Toisessa luvussa tarkastellaan matkustajalaskentojen nykytilaa. Ennen tätä luvussa käydään läpi lukuja Helsingin seudusta ja sen kunnista. Näin saadaan kuva alueen yleisestä sekä sen joukkoliikenteen kehityksestä. Joukkoliikenteen matkustajalaskenta on prosessi, joka voidaan jakaa kahteen luokkaan. Nämä luokat ovat suunnitteluvaihe sekä varsinainen laskenta. [3, s. 2] Luvussa käydäänkin yksityiskohtaisesti läpi, miten matkustajalaskennat eri kulkumuotojen osalta suunnitellaan ja toteutetaan. Tämän lisäksi selvitetään, minkälaisen prosessien avulla matkustajalaskentojen tuloksia käsitellään kunkin joukkoliikennemuodon kohdalla. Luvussa perehdytään myös manuaali- ja tarkistuslaskentojen kustannuksiin. Laskentojen kustannukset koostuvat suunnittelusta, operoinnista ja tulosten käsittelystä. Nykytilaselvitys tehtiin haastattelujen ja kirjallisuuden pohjalta.

Luvussa 3 käsitellään Webropol-tutkimusta ja sen tuloksia. Kyselyllä haluttiin selvittää, minkälaisia laskentatapoja Euroopassa käytetään ja ollaanko muissa kaupungeissa kehittämässä laskentoja saman suuntaan kuin HSL-alueella. Lisäksi luvussa vertaillaan, miten

laskennat muualla eroavat HSL-alueen laskennoista laskentatapojen suhteen. Yksi keskeinen seikka kyselyssä oli myös laskentalaitteellisten ajoneuvojen osuuden selvittäminen kaikista ajoneuvoista. Jotta vertailu HSL-alueen, sen kuntien ja kyselyn kaupunkien välillä on mahdollista, luvussa esitellään joukkoliikenteen roolia Euroopassa.

Nykyisten käytössä olevien matkustajalaskentamenetelmien avulla saadaan tietoa kokonaismatkustajamääristä. Lisäksi joidenkin laskentojen osalta saadaan tietoa joko pelkistä nousijoista tai sekä nousijoista että poistujista pysäkeittäin. Tärkeää olisi kuitenkin saada tietoa yksittäisten matkustajien käyttäytymisestä eli selvittää miltä pysäkiltä matkustaja nousee kyytiin ja millä pysäkillä hän jää pois. Tällä hetkellä matkustajakäyttäytymistä selvitetään kyselyillä, mikä on kallista ja otanta jää tällöin melko suppeaksi. Tulevaisuudessa matkustajalaskentoja tullaan kehittämään tähän suuntaan, koska se tarjoaa suunnittelijoille entistä paremmat lähtökohdat joukkoliikenteen suunnitteluun ja täten myös joukkoliikenteen palvelutason parantamiseen.

Neljännessä luvussa esitetään uusia matkustajalaskentamenetelmiä HSL-alueelle. Keskeistä laskentojen toteuttamisessa tulee olemaan mahdollisimman pitkälle viety automaatio ja yksittäisten matkustajien matkaketjujen selvittäminen. Nämä seikat takaavat parhaat mahdolliset lähtökohdat suunnittelulle, mikä heijastuu lopulta joukkoliikenteen käyttäjille. Jo nykyiset teknologiat mahdollistavat OD-matriisien (origin-destination) selvittämisen yksittäisten matkustajien osalta, mutta niissä jokaisessa on sekä hyvät että huonot puolensa. Tavoitteena on löytää parhaiten HSL:n intressejä palveleva ja kustannustehokas teknologia matkustajalaskentojen toteuttamiseen.

Luvussa esitellään mobiiliteknologioiden lisäksi HSL-alueen joukkoliikenteen matkustajalaskennoissa jo käytössä olevat teknologiat. Uusilla laskentamenetelmillä saadaan entistä tarkempia tietoja matkustajien käyttämisestä joukkoliikennepalveluista sekä käydään läpi, miten yhtä näistä teknologioista hyödynnetään jatkossa metron matkustajalaskennoissa.

Viimeisessä luvussa on esitetty yhteenvetona työn tulokset ja johtopäätökset. Siinä kerrotaan koottuna eri kulkumuotojen nykyiset laskentamenetelmät sekä tarkastellaan suuntaa, johon laskennat ovat kehittymässä. Lisäksi luvussa käydään vielä läpi osuutta, kuinka monta prosenttia ajoneuvoista tulisi olla laskentalaitteellisia.

1.3 Työn suoritus ja tutkimusmenetelmät

Nykytilaselvitystä varten suuri osa materiaalista on hankittu HSL:ltä. Lähtötiedot prosessien kuvauksista sekä muun muassa laskentojen suunnittelusta ja tietojen käsittelystä on saatu HSL:n omista julkaisuista ja materiaaleista. Kalustosta on hankittu tietoa Internetistä. Tietoja on päivitetty ja täydennetty sähköpostien avulla. Koska vastaavaa työtä ei ole ennen tehty, tietoja on kasattu useasta eri lähteestä ja niistä on pyritty muodostamaan ehyt kokonaisuus.

Työn tekeminen aloitettiin nykytilaselvityksestä. Tämä tapahtui tutustumalla nykyisiin laskentamenetelmiin ja -järjestelmiin. Nykytilaselvityksen tekeminen aluksi mahdollisti laajan ja tarkan kokonaiskuvan muodostamisen HSL-alueen matkustajalaskennoista, mikä loi pohjan uusiin matkustajalaskentoihin perehtymiselle.

Uusista laskentateknologioista on hankittu tietoa netistä, mutta pohjana on käytetty HSL:n tekemää selvitystä uusien laskentatapojen tarpeista. Selvitystä seurasi yrityskuuleminen, jossa yritykset esittelivät mahdollisia ratkaisujaan koskien mobiiliteknologioita matkustajalaskennoissa. Teknologiat ovat toistaiseksi melko vähäisessä käytössä, joten niistä tehtyjä tutkimuksia ei löytynyt taustatiedoksi.

Lähdemateriaalin hankkimiseksi työhön on haastateltu useita HSL:n työntekijöitä. Suurin osa haastateltavista kuuluu Operatiivisten tutkimusten -ryhmään, joka vastaa matkustajalaskentojen suunnittelusta, toteuttamisesta ja tietojen käsittelystä. Haastattelujen avulla hankittiin materiaalia varsinkin matkustajalaskentojen nykytilaselvitystä varten. Haastattelut on pidetty HSL:n toimistolla Pasilassa. Osa haastatteluista tehtiin sähköpostiin lisätyn liitteen avulla, koska kyseisten henkilöiden tapaaminen ei onnistunut.

Osana diplomityötä oli myös Webropol-kysely. Kysely lähetettiin 30 Euroopan kaupungille ja sen tarkoituksena oli saada tietoa vertailua varten. Kohdekaupungeiksi valikoitiin pääosin HSL aluetta vastaavia kaupunkialueita, mutta lisäksi mukaan valittiin muutama suurkaupunki sekä muutama pienempi kaupunki. Valintaan vaikuttivat kyseisten kaupunkien joukkoliikenne sekä koko.

Kyselyllä selvitettiin myös muiden kaupunkien matkustajalaskentojen kehityssuuntia. Samalla haluttiin selvittää asiantuntijoiden mielipiteitä avoimen datan ja matkustajavirtainformaation tärkeydestä sekä laskentalaitteellisten vaunujen osuudesta. Muiden kaupunkien matkustajalaskentojen asiantuntijoilta haluttiin perusteluja erityisesti uuden APC-laitteiden osuuden määrittämiseksi HSL-alueelle.

2. JOUKKOLIIKENTEN MATKUSTAJALASKENTOJEN NYKYTILA

Matkustajalaskenta on prosessi, joka etenee suunnittelusta toteutukseen ja siitä edelleen tietojen tallennukseen. Tässä luvussa esitellään, miten matkustajalaskenta HSL-alueella toteutetaan tällä hetkellä joukkoliikenteen eri kulkumuodoissa. Matkustajalaskentaprosessi käydään läpi jokaisen kulkumuodon osalta erikseen. Kaikki matkustajadata kootaan kuukausittain yhteenvetoraporttiin. Raporttia on esitelty tarkemmin luvussa 2.8.

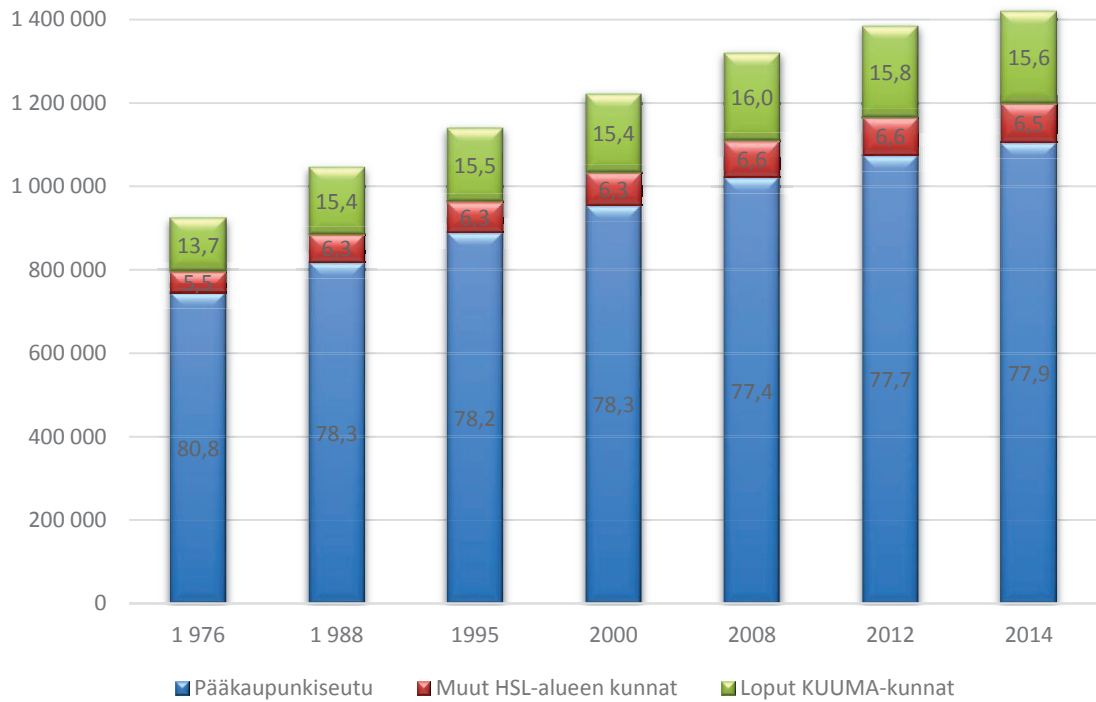
Kuten jo aikaisemmin on esitelty, HSL-alueella on käytössä kuusi eri joukkoliikenne- muotoa: linja-auto, raitiovaunu, metro, lähijuna, Suomenlinnan lautta ja Kutsuplus. Laskentatapojaakin on useita ja ne vaihtelevat kulkumuodosta riippuen manuaalilaskennoista automaattisiin matkustajalaskentajärjestelmiin. Tärkeä osa laskentoja on myös niiden kustannukset. Manuaali- ja tarkistuslaskentojen kustannuksia käydään läpi tämän luvun lopussa. Matkakorttijärjestelmän ja automaattisten matkustajalaskentajärjestelmien kustannuksia on eritelty niitä käsittelevässä luvussa 4.

Ennen matkustajalaskentaprosesseihin tutustumista on tärkeää tarkastella lähemmin HSL- aluetta ja sen joukkoliikennettä. Joukkoliikenteen rooli ja erityisesti sen tulevaisuus vaikuttavat olennaisesti matkustajalaskentoihin. Myös alueen yleinen kehitys ja kasvu vaikuttavat muun muassa joukkoliikennereittien ja -linjojen suunnitteluun.

2.1 Joukkoliikenne ja sen käyttö HSL-alueella

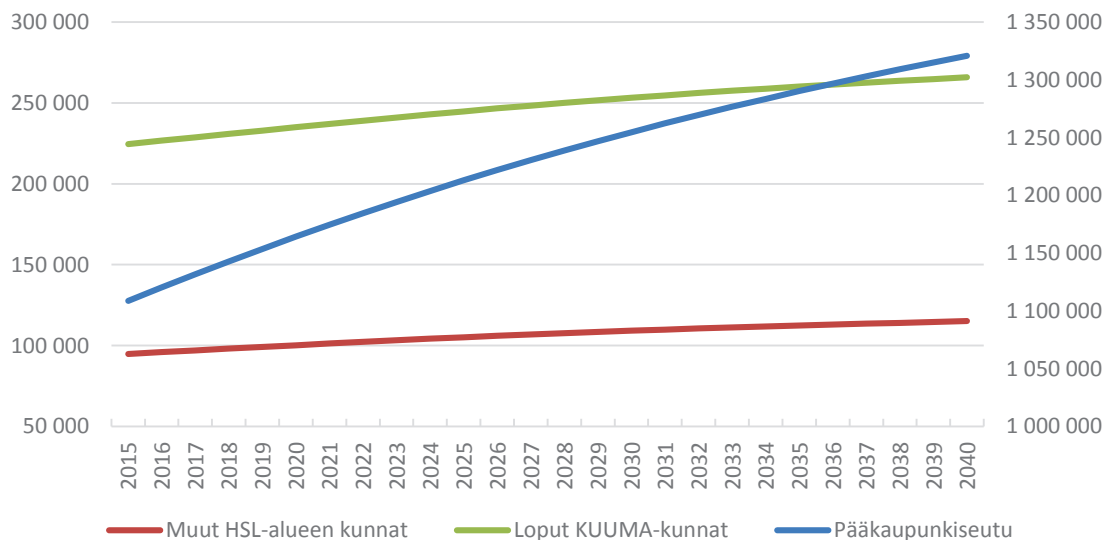
Aikaisemmin on jo mainittu, että HSL-kuntayhtymään kuuluu kaikki neljä pääkaupunkiseudun kuntaa sekä kolme KUUMA-kuntaa, jotka ovat Kerava, Kirkkonummi ja Sipoo. KUUMA-kuntia on yhteensä 10 ja ne muodostavat yhdessä Keski-Uudellamaalla KUUMA-seudun, joka ympäröi pääkaupunkiseutua. Lopuilla seitsemällä HSL-kuntayhtymään kuulumattomalla KUUMA-kunnalla on mahdollisuus liittyä HSL-kuntayhtymään. [4]

HSL-alueella asui vuoden 2014 lopussa tilastojen mukaan 1 198 989 ihmistä. Lisäksi pääkaupunkiseudun muissa kehyskunnissa asui yhteensä 221 295 ihmistä. Yhteensä Keski-Uudenmaan alueella asuu siis yli 1,4 miljoonaa ihmistä, joista 77,9 prosenttia asuu pääkaupunkiseudulla. Alueen väestönkehitystä on kuvattu tarkemmin kuvassa 2. [5] On siis luonnollista, että suurin osa HSL-alueen joukkoliikennepalveluista on keskittynyt juuri pk-seudulle. HSL-alueen viidestä kulkumuodosta toistaiseksi vain kaksi, linja-auto ja lähijunaliikenne, palvelevat Helsingin lisäksi myös kuntayhtymän muita kuntia.



Kuva 2. Väestömäärän kehitys pääkaupunkiseudulla ja KUUMA-kunnissa [5] [6].

Keski-Uusimaa ja erityisesti pääkaupunkiseutu on yksi nopeasti kasvavista ja vetovoimaisista suurkaupunkialueista Pohjois-Euroopassa niin väestömäärän kuin työpaikkojen määrän perusteella mitattuna [7, s. 17]. Kuvassa 3 on ennuste väestönkasvusta pk-seudulla, muissa HSL-kuntayhtymän kunnissa sekä KUUMA-kunnissa.



Kuva 3. Ennuste väestönkasvusta HSL-alueella ja sen kehyskunnissa vuoteen 2040 asti [8].

Vasemman puoleiselle asteikolla on kuvattu kehyskuntien ja oikean puoleisella asteikolla pääkaupunkiseudun väestönkehitystä. Kuvaajista nähdään, että väestönkasvu alueen eri osissa on melko tasaista. Kuvaajassa muut HSL-alueen kunnat sisältävät Keravan, Kirkkonummen sekä Sipoon kunnat ja niiden väestömäärän on ennustettu kasvavan nykyisestä määrästä 22 514 asukkaalla vuoteen 2040 mennessä eli yhteensä 115 085 asukkaaseen. Muiden kehyskuntien väestömäärä kasvaa ennusteiden mukaan 265 878 asukkaaseen eli kasvua niissä on 44 583 asukasta. Suurin kasvu tapahtuu kuitenkin pääkaupunkiseudulla, jossa kasvua asukasmäärään on ennustettu jopa 214 431 asukasta. Pk-seudulla asuu jo tällä hetkellä yli 1,1 miljoonaa ihmistä ja vuonna 2040 siellä asuu ennusteen mukaan 1 320 849 ihmistä. Kaikkiaan Keski-Uudenmaan väestömäärä kasvaa hieman yli 1,7 miljoonaan ihmiseen ja se vastaa ennusteen mukaan lähes kolmannesta kaikista Suomen asukkaista. [8] Vuoteen 2050 mennessä työpaikkojen määrän alueella on ennustettu kasvavan jopa 1,05 miljoonaan eli kasvua nykyisestä olisi 46 prosenttia [7, s. 17].

Kasvava väestömäärä luo haasteita myös joukkoliikenneverkostolle. Joukkoliikenteen onkin vastattava kasvuun, jotta alueen liikennejärjestelmä säilyttää toimintakykynsä ja, jotta se pystyy tarjoamaan riittävän nopean ja kattavan vaihtoehdon henkilöautoille. Väestömäärän sekä työpaikkojen määrän kasvaessa ennusteiden mukaan myös työmatkaliikenne tulee lisääntymään.

Työmatkaliikenteen kasvuun vaikuttaa se, että useat työpaikat ovat keskittyneet pääkaupunkiseudulle ja erityisesti Helsingin kantakaupunkiin. Tämä vaikuttaakin olennaisesti matkojen suuntautumiseen alueella. Tilastojen mukaan vuonna 2010 86 % koko alueen työpaikoista sijaitsi juuri pk-seudulla. Monet kehyskuntien asukkaista käyvätkin töissä pääkaupunkiseudulla, kuten näkyy taulukossa 1. [6, s. 24]

Taulukko 1. Vuonna 2010 pk-seudulla työssäkäyvät kehyskuntien asukkaat [6, s. 27].

Asuinkunta	Pääkaupunkiseudulla työssäkävien lukumäärä	Pääkaupunkiseudulla työssäkävien osuus kaikista työllisistä (%)
Kirkkonummi	10 876	60,9
Kerava	8 964	53,1
Sipoo	4 510	51,8
Nurmijärvi	10 187	53,2
Tuusula	9 199	50,7
Vihti	6 100	45,1
Järvenpää	8 654	45,0
Pornainen	942	39,4
Mäntsälä	2 883	31,1
Hyvinkää	5 386	25,9
Kehyskunnat yhteensä	67 701	46,4

Kehyskuntien lisäksi pääkaupunkiseudulle pendelöi töihin huomattava määrä ihmisiä myös kehyskuntien ulkopuolelta. Kaiken kaikkiaan pk-seudun ulkopuolisia asukkaita käy alueella töissä lähes 124 00 ihmistä ja tästä kehyskunnissa asuvien osuus on 60 % eli noin 74 400 ihmistä. Luku on hieman suurempi kuin edellisen sivun taulukossa, mutta tämä johtuu siitä, että taulukon 1 tiedot ovat vuodelta 2010 ja kyseisen työmatkasukkuloinnin kasvuvauhti on 1-2 prosenttia vuodessa. [7, s. 18]

Työmatkasukkulointia tapahtuu myös toiseen suuntaan eli pääkaupunkiseudulta sen ulkopuolelle. Vuonna 2012 tällaisia matkoja tekeviä asukkaita oli pk-seudulla noin 31 200. [7, s. 18] Kehyskunnista pk-seudulle sukkuloivien osuus on kasvanut viime vuosina. Vain kolmessa kehyskunnassa, Keravalla, Sipoossa ja Järvenpäässä, tämä osuus on pysynyt samana tai pienentynyt vuodesta 2002 lähtien. Suurin kasvu osuudessa on tapahtunut Kirkkonummella ja Mäntsälässä. [6, s. 26]

Matkoja Helsingin seudulla tehdään keskimäärin 3,4 arkivuorokaudessa henkilöä kohden. Matka määritellään siirtymisenä paikasta toiseen joko kävellen tai kulkuneuvolla. Tämä tarkoittaa, että matkoja tehdään arkipäivinä Helsingin seudulla noin 4,2 miljoonaa. [6, s. 40–41] Matkojen jakautuminen eri kulkutapojen mukaan on esitetty tarkemmin taulukossa 2.

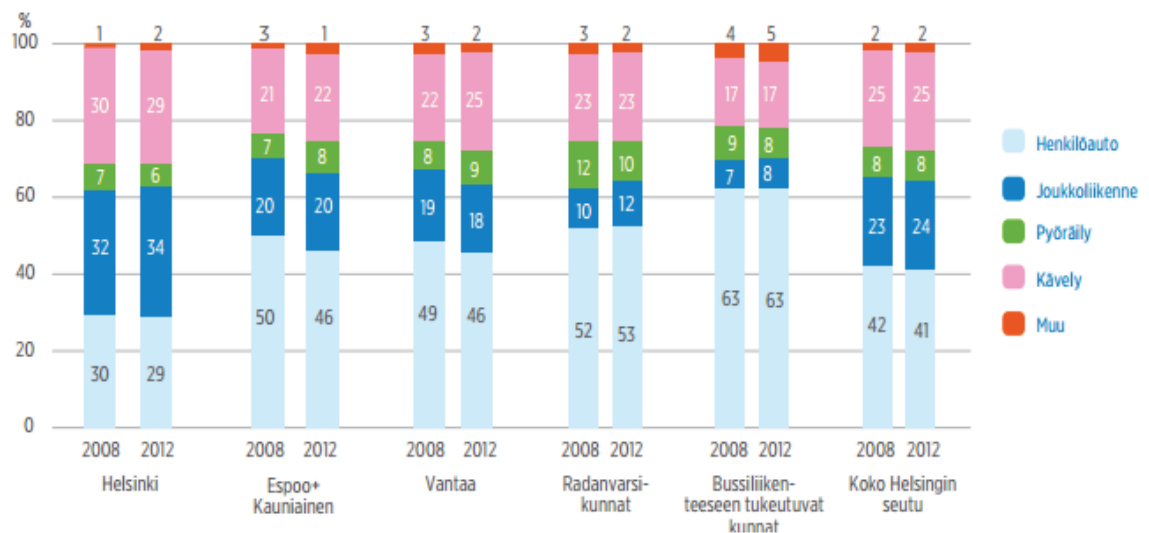
Taulukko 2. Yhden arkipäivän matkaluvun jakautuminen kulkutapojen mukaan Helsingin seudulla [6, s. 41].

Kulkutapa	Matkoja yhteensä (1 000 matkaa/arkivrk)	Osuus (%)	Matkaluku (matkaa/hlö/arkivrk)
Kävely ja pyöräily yht.	1 380	33	1,1
Kävely	1 063	25	0,8
Pyöräily	317	2	0,3
Henkilöauto yht.	1 740	41	1,4
Kuljettajana	1 415	33	1,1
Matkustajana	325	8	0,3
Joukkoliikenne yht.	976	23	0,8
Linja-auto	524	12	0,4
Raitiovaunu	124	3	0,1
Juna	185	4	0,1
Metro	143	3	0,1
Muu tai ei osaa sanoa	145	3	0,1
Yhteensä	4 241	100	3,4

Taulukosta 2 nähdään, että suuri osa matkoista tehdään henkilöautolla, joka on suurin liikenteen päästöjen aiheuttaja. Liikenne tuottaa tällä hetkellä 25 % CO₂-kokonaispäästöistä Helsingin seudulla. [7, s. 18] Pk-seudulla joukkoliikenteen osuus liikenteen päästöistä on noin 10 % ja joukkoliikenteestä eniten päästöjä aiheutuu linja-autoliikenteestä. Tätä osuutta pyritään pienentämään lisäämällä sähköbussien sekä biopolttoaineita käyttävien bussien määrää. Lisäksi jo nykyisin HSL-alueen raideliikenteen (lähijuna, metro

ja raitiovaunu) sähkön tarpeesta 30 % tuotetaan uusiutuvilla energialla. [9, s. 28] Myös diesel-bussien kehitys on vähentänyt niistä syntyvien päästöjen määrää.

Koko Helsingin seutu mukaan luettuna joukkoliikenteen kulkumuoto-osuus kaikista tehdyistä matkoista oli vuonna 2012 24 prosenttia. Alueen kulkutapajakaumassa joukkoliikenteellä on suurin osuus Helsingissä, jossa on myös laajin joukkoliikennetarjonta. Verrattaessa kulkutapajakaumaa vuosien 2008 ja 2012 välillä joukkoliikenteen osuus on kasvanut tai pysynyt samana kaikilla muilla alueilla paitsi Vantaalla. Vantaalla joukkoliikenteen osuus on laskenut prosenttiyksikön verran ja kasvu on suuntautunut kävelyyn ja pyöräilyyn. [9, s. 15] Helsingin seudun kulkutapajakauma vuosilta 2008 ja 2012 on nähtävillä kuvassa 4. Kuvassa on eritelty pääkaupunkiseudun kunnat (Helsinki, Espoo + Kauniainen ja Vantaa), radanvarsikunnat sekä bussiliikenteeseen tukeutuvat kunnat. Radanvarsikuntia ovat Kerava, Järvenpää, Mäntsälä, Hyvinkää ja Kirkkonummi. Loput KUUMA-kunnat, joita ovat siis Vihti, Nurmijärvi, Tuusula, Sipoo ja Pornainen, tukeutuvat bussiliikenteeseen. [6, s. 70] Kuvassa on vielä yhteenvedona koko seudun kulkutapajakauma.



Kuva 4. Helsingin seudun kulkutapajakauma vuosina 2008 ja 2012 [9, s. 15].

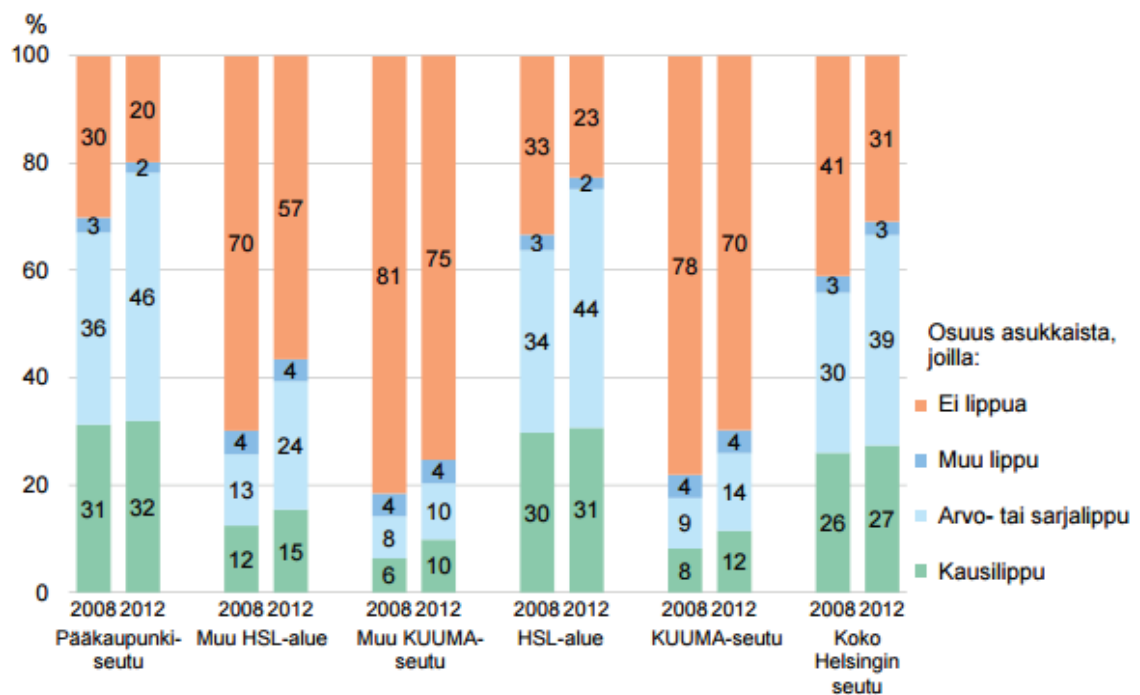
Joukkoliikenteellä tehtyjen matkojen määrä on kasvanut ensimmäisen kerran puoleen vuosisataan enemmän kuin henkilöautoilla tehtyjen matkojen määrä. Samalla joukkoliikenteen kulkumuoto-osuus on kasvanut verrattaessa henkilöauton osuuteen. [9, s. 6] Kehitys on positiivista ja sen tulee jatkua samaan suuntaan myös jatkossa, jotta liikennejärjestelmän toimivuus säilyy alueen väestömäärän kasvaessa.

Vuonna 2013 joukkoliikenteellä tehtiin 351,4 miljoonaa matkaa HSL-alueella. Näistä matkoista hieman yli puolet (179,3 miljoonaa matkaa) eli 51 % tehtiin bussilla. Metrolla tehtiin toiseksi eniten matkoja, yhteensä 63,4 miljoonaa matkaa, joka vastasi 18 % matkoista. Raitiovaunuilla ja lähijunilla tehtiin lähes yhtä paljon matkoja (56,6 ja 50,3 miljoonaa matkaa) ja niiden osuudet matkoista olivat, raitiovaunu 16,1 % ja lähijuna 14,3 %. Suomenlinnan lauttaliikenteellä tehtiin vuonna 2013 1,8 miljoonaa matkaa, mikä vastaa

0,5 prosenttia koko HSL-alueen matkoista. Yhteensä raideliikenteellä tehtiin 170,3 miljoonaa matkaa eli lähes puolet (48,5 %) koko alueen matkoista. [10] Kutsuplussalla tehdyt matkat eivät ole mukana tarkastelussa.

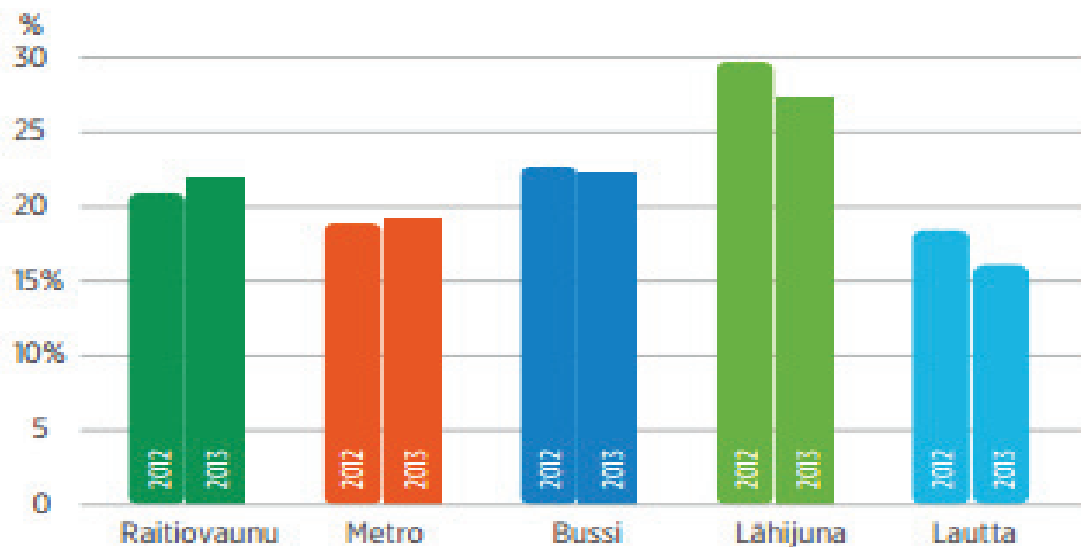
Tulevaisuudessa raideliikenteen osuutta pyritään kasvattamaan entisestään ja tavoitteena on, että yhä suurempi osuus joukkoliikennematkoista tehtäisiin raideliikenteellä [9, s. 26]. Näin ollen bussien määrää olisi mahdollista vähentää tieverkolla, mikä voisi osakseen helpottaa ruuhkia vilkkailla tieosuuksilla. Raideliikenteen pienemmät päästöt suhteessa busseihin ja sekä keskimäärin suurempi kalusto takaavat paremman lähtökohdan vastata päästörajoituksiin sekä suurempien massojen yhtäaikaisen liikuttamisen.

Joukkoliikennelipun omistaminen vaikuttaa olennaisesti haluun ja tapaan käyttää joukkoliikenteen palveluita. Henkilöauton omistus vaikuttaa puolestaan tarpeeseen omistaa joukkoliikennelippu. [6, s. 73] Kuvassa 5 on esitetty, kuinka moni Helsingin seudun asukas omisti joukkoliikennelipun vuosina 2008 ja 2012. Mukana olevat joukkoliikenneliput olivat HSL-alueen matkakortti sekä VR:n ja Matkahuollon joukkoliikenneliput.



Kuva 5. Joukkoliikennelipun omistus HSL-alueella ja KUUMA-kunnissa [6, s. 73].

Kausilippujen sekä arvo- tai sarjalippujen omistaminen on selvästi suurempaa pääkaupunkiseudulla kuin muualla HSL-alueella tai KUUMA-kunnissa. Tämä saattaa johtua melko lyhyistä matkoista sekä hyvästä joukkoliikennetarjonnasta. Vuonna 2012 noin kolmannes HSL-alueen asukkaista omisti kausilipun joukkoliikenteeseen. Hieman suurempi osuus asukkaista (44 %) puolestaan omisti joukkoliikennelipun, jolle oli ladattu joko arvo- tai sarjalippu. Kaikkiaan hieman yli kolme neljännestä HSL-alueen 7 vuotta täyttäneistä asukkaista omisti jonkinlaisen joukkoliikennelipun. Vaihtoehdot olivat kuvaajassa toisensa pois sulkevia. [6, s. 73]

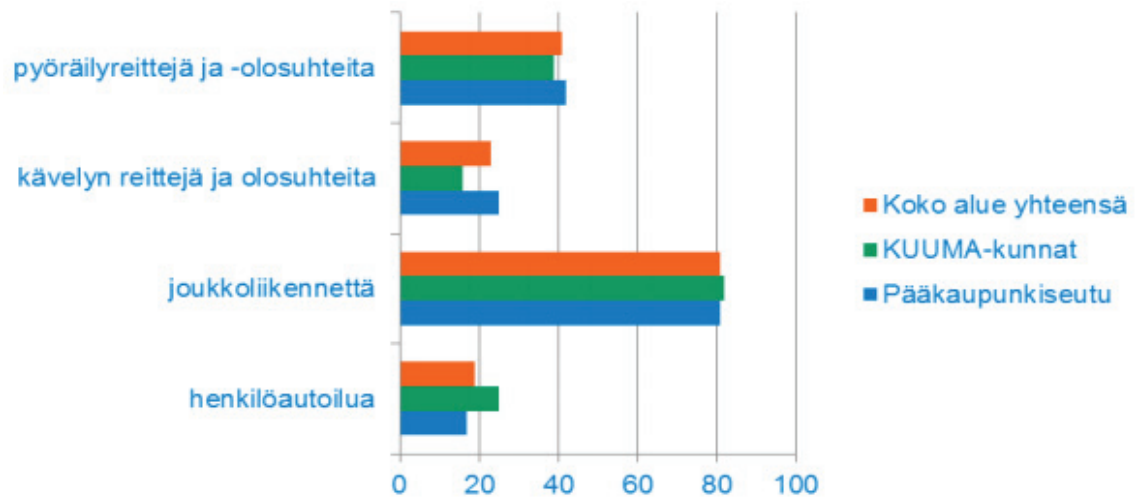


Kuva 6. Eri joukkoliikennemuotojen täyttöasteet vuosina 2012 ja 2013 [9, s.14].

Kuten kuvasta 6 nähdään, niin vuosina 2012 ja 2013 kaikkien liikennevälineiden täyttöasteet ovat jääneet alle 30 prosenttiin. Täyttöasteiden kasvattaminen voi olla haasteellista, mutta se voisi olla tehokas keino vastata kasvavaan väestömäärään HSL-alueella. Aikataulu- ja kalustosuunnittelulla on suuri rooli täyttöasteiden parantamisessa ja ne puolestaan tarvitsevat tueksi tietoja matkustajamääristä. Tarkempi ja suurempi tietovaranto matkustajamääristä helpottaa suunnittelua, joten kehittämällä matkustajalaskentoja tähän suuntaan on mahdollista tukea tehokkaammin suunnittelijoiden työtä ja sitä kautta myös parantaa joukkoliikenteen toimintaa. Täydemmät joukkoliikenteen kulkuneuvot tarkoittavat myös energiatehokkaampaa ja ympäristöystävällisempää joukkoliikennettä [9, s. 14].

Kokonaisuutena HSL-alueen joukkoliikenne on jo nykyisillään toimiva kokonaisuus. HSL on useampana vuotena osallistunut eurooppalaiseen BEST-tutkimukseen, jossa tutkitaan muun muassa alueen asukkaiden tyytyväisyyttä sen joukkoliikenteeseen. Kokonaisarvosanoin mitattuna HSL-alue saavutti vuonna 2013 parhaan joukkoliikennekaupungin tittelin neljännen kerran. Tuolloin HSL-alueen asukkaista 77 % oli tyytyväisiä sen joukkoliikenteeseen. [9, s. 27]

Monet Helsingin seudun asukkaat haluavat kuitenkin, että alueen joukkoliikennettä kehitetään entisestään. Toukokuussa 2013 alueen asukkailla teetettiin mielipidekysely liikennejärjestelmän kehittämistä koskien. Yhtenä kysymyksenä oli: ”Mitä liikennemuotoa haluaisit kehitettävän nykyistä enemmän?”. Kuvassa 7 on esitetty vastaajien näkemykset kysymykseen. [7, s. 30]



Kuva 7. Asukkaiden näkemyksiä kehittämistarpeessa olevista liikennemuodoista [7, s. 30].

Kuvasta 7 nähdään, mitä kulkumuotoja Helsingin seudun asukkaat toivovat kehitettävän. Ylivoimaisesti eniten kehitystä halutaan joukkoliikenteeseen ja sen jälkeen pyöräilyreitteihin ja -olosuhteisiin. On positiivista, että monet vastaajat haluavat parantaa kestävästä kehitystä tukevia kulkumuotoja.

Joukkoliikenteen kehittäminen tarkoittaa myös matkustajalaskentojen kehittämistä. Tässä työssä käydään seuraavaksi läpi nykyiset matkustajalaskennat eri joukkoliikennemuodoissa ja myöhemmin perehdytään myös niiden kehittämiseen.

2.2 Linja-autoliikenteen matkustajalaskenta

HSL tilaa linja-autoliikenteen alueelleen 10 tuottajalta. Linja-autoliikenteen kalusto on ylivoimaisesti laajin verrattuna muihin HSL-alueen joukkoliikennemuotoihin ja liikennöitsijöillä on käytössä noin 1 500 bussia eri linjoilla. Näistä busseista noin 1 400 kuuluu neljälle suurimmalle HSL-alueen liikennöitsijälle ja kyseiset liikennöitsijät ovat Helsingin Bussiliikenne, Nobina, Transdev Finland Oy ja Pohjolan liikenne. [11] Kaluston laajuus luo haasteita varsinkin, kun lähdetään kehittämään tarkempia laskentamenetelmiä ja niiden integrointia kalustoon. Reittien monimuotoisuus ja laajuus puolestaan luovat haasteita muun muassa käsittelemättömän matkustajadatan kohdistamisessa oikeisiin lähtöihin [3, s 5].

Tällä hetkellä linja-autoliikenteen matkustajamäärätiedot kerätään matkakorttijärjestelmästä lukuun ottamatta runkolinjaa 550 [12]. Järjestelmä rekisteröi matkustajan, kun hän nousee kyytiin ja leimaa matkakorttinsa lukijaan tai käteisellä matkustaessa kuljettajan lyötyä hinnan kassakoneeseen. Matkakorttijärjestelmästä saatavat matkustajamäärätiedot eivät kuitenkaan kata kaikkia matkustajia. Niissä ei näy kertalipulla vaihtoja tekeviä matkustajia eikä keskioivista kulkevia matkustajia, joita ovat muun muassa lastenrattaiden kanssa kulkevat vanhemmat. [10]

Matkakorttijärjestelmän tiedot tallentuvat liikenneinfokantaan (L-info). L-infon ylläpidosta vastaa Tieto Oy ja sen raportointityökalu on Business Objects. [13] Data tulee tietokantaan linjoittain. Määriä korjataan kertoimilla, jotka on määritelty aikaisempien laskentatulosten perusteella. Kertoimena käytetään pääasiassa 1,08, mutta muutamalla linjalla kertoimena on 1,00. [10] Kuvassa 8 on esimerkki näkymästä L-Infossa ja siinä on esillä eri reittien nousut kuukausittain vuonna 2013.

Reitti	Kuukausi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1014	260681	232300	243158	244350	221363	156931	128113	184455
1014X					405	1075	1443	875
1016	10936	6229	8917	8480	7453	5956	4070	6555
1016	24686	26126	27192	27300	31076	31299	33249	31985
1017	9319	8024	8260	8247	7711	5399	5510	8922
1018	256502	220278	238274	234232	218142	153100	122933	180570
1018B					2181			
1018N	5940	5740	6511	7190	5797	5776	5179	8600
1019	8473	8400	11634	17458	49862	77549	96816	78786
1019E	250	220	218	235	235	218	345	209
1020	139648	117523	132184	126902	111361	83232	67678	102564
1020N	6627	6496	6844	7495	7064	7317	6668	8497
1021V	136584	122536	127562	130814	121259	96304	74920	109267
1022	62622	53381	54179	55144	54450	37537	33807	43267
1022B	115	50	79		58			17
1023	151722	126373	138890	136297	131313	90972	86294	124357
1023N	4222	4051	4048	3850	3965	3690	4261	4137
1024	27883	25912	31331	31325	41591	48415	49708	45889
1024S						2605		
1030	42	18	35					2

Kuva 8. L-Infon näkymä, jossa on linjojen nousuja kuukausittain [13].

Linja-autoliikenteen matkustajalaskentoja on yritetty myös automaattisilla laskentalaitteilla [14]. Ensimmäiset HSL-alueen Dilax-laskentalaitteet asennettiin juuri bussikalustoon. Laitteita jaettiin isommille liikennöitsijöille 2-3 ja pienemmille yksi. Laitteet tilasi yhteishankintana HSL:ää edeltävät organisaatiot, HKL ja YTV. [15] Yhteensä laitteita asennettiin 15 bussiin, joista kuusi liikennöi Helsingin sisäisiä linjoja ja yhdeksän seutulinoja [16, s. 56]. Liikennöitsijöitä ei kuitenkaan sitoutettu kierrättämään laskentalaitteellista kalustoa linjojen välillä ja lisäksi kalustolla saatettiin ajaa useilla eri linjoilla päivän aikana. Tämä johti siihen, että tuotettu data ei vastannut tilaajien toiveita. Sopimus irtisannottiinkin viiden vuoden jälkeen, kun sopimusaika tuli täyteen. [15]

2.2.1 Manuaalilaskennat

Manuaalisia matkustajalaskentoja tehdään linja-autoliikenteessä vuosittain. Niitä käytetään yleisesti apuna joukkoliikenteen suunnittelussa sekä päätösten tukena. Manuaalilaskentojen kesto voi vaihdella muutamasta päivästä useampaan kuukauteen. Laajin HSL:n toteuttama bussiliikenteen manuaalilaskenta kestää syyskuusta marraskuuhun ja se tehdään osana Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston (KSV) tutkimusta: *Liikenteen kehitys Helsingissä*. Siinä manuaalilaskennoilla selvitetään joukkoliikenteen osuutta Helsingissä. Muiden manuaalisten laskentojen määrä vaihtelee vuosittain ja niitä toteutetaan tarpeiden mukaan. [14]

Manuaalilaskentojen suunnittelusta vastaa tutkimuskoordinaattori, joka yhdessä suunnitteluavustajan kanssa myös tarkastaa saadun datan. Tutkimuskoordinaattori vastaa lisäksi tulosten kokoamisesta ja yhteenvetoraportin laatimisesta. Manuaalilaskentoja tehdään yleisesti sekä poikkileikkaus- että profiililaskentoina. [14]

Poikkileikkauslaskennoissa matkustajamääriä lasketaan samassa pisteessä ja siinä voidaan laskea yhden tai useamman linjan ja kulkumuodon matkustajia. Laskenta tapahtuu ajoneuvojen ulkopuolelta. [16, s. 15] Manuaalilaskentojen tarkkuuteen vaikuttavat yleisesti laskijan motivaatio työtä kohtaan sekä hänen vireystilansa [17, s. 245]. Tarkkuuteen vaikuttavat myös laskettavien bussien mahdollisesti tummennetut lasit sekä raitiovaunujen sivuilla olevien mainosten määrä. Myös ohiajavan liikenteen nopeus vaikeuttaa laskentaa ja HSL-alueella tällaisia paikkoja, joissa ajoneuvot ohittavat laskijat nopeasti, on muun muassa Kehäteiden varressa. Lisäksi tarkkuuteen vaikuttaa laskentapisteen sijainti laskettavaan liikenteeseen nähden. [14]

KSV:n vuoden 2014 tutkimuksen joukkoliikenneosuudessa poikkileikkauslaskentoja tehtiin 17 eri paikassa ja niissä laskettiin ohittavan linja-auton tai raitiovaunun matkustajamäärä. Laskentoja tehtiin suunnitelman mukaisesti arkipäivisin maanantaista torstaihin kello 7:00 - 19:00 ja jokainen paikka laskettiin kahteen kertaan. Laskentapaikat oli jaettu kolmeen alueeseen seuraavasti:

- Kantakaupungin raja: 6 laskentapaikkaa
- Niemen raja: 4 laskentapaikkaa
- Poikittaisliikenne: 7 laskentapaikkaa, joista yhdellä 2 laskentapistettä [18]

Laskenta tapahtui laskenta-autosta, joka oli pyritty sijoittamaan laskentapisteelle siten, että näkyvyys ohikulkeviin busseihin ja raitiovaunuihin olisi mahdollisimman hyvä (kuva 9). Laskentaa tehtiin kahdessa 6 tunnin vuorossa ja vuorossa oli aina 2 laskijaa. Tutkimuksessa oli 11 laskijaa, joista suurin osa oli jo rutinoituneita laskijoita. Uudet laskijat perehdytettiin kenttätöihin rauhallisesti, jotta saatiin tarkempia tuloksia. Kaikkien tutkimusavustajien tuli tietää, paljonko tietyn tyyppiseen kalustoon mahtuu matkustajia. Useimmilla laskentapisteillä laskennat oli jaoteltu joko linjoittain tai suunnittain, jolloin virheiden mahdollisuus, esimerkiksi kiireen takia, väheni. [14]



Kuva 9. Esimerkki laskenta-auton sijainnista poikkileikkauslaskennassa [18].

Tietojen tallennus tapahtui pääsääntöisesti sähköisesti tiedonkeruusovellus Louhimella, joka on Data Rangersin luoma Internet-pohjainen sovellus. Sovellus otettiin käyttöön vuonna 2014 ja sen avulla datan tallennus tapahtui joko älypuhelimilla tai tableteilla. Näin data oli heti käytettävissä ja tarkastettavissa. Kuvassa 10 on esimerkki tallennuspohjasta Mäkelänkadun pisteeltä ja tallennuspohjan vieressä näkyy kerättyä dataa pisteeltä. [14]

Vilkkaimmilla laskentapisteillä käytettiin Tiedonkeruusovelluksen sijaan paperilomakkeita, koska virheiden määrää saatiin näin vähennettyä. Tietojen tallentaminen paperilomakkeelle on nopeampaa, koska lomakkeelle on mahdollista merkitä useamman lähestyvän linjan numero ja kellonaika etukäteen. Tämä mahdollistaa sen, että laskijat voivat keskittyä vain matkustajamäärien laskemiseen, mikä puolestaan vähentää syntyvien virheiden todennäköisyyttä. Tiedonkeruusovelluksessa usean linjan tietojen syöttäminen samanaikaisesti ei onnistu kuin käyttämällä useaa välilehteä selaimessa, mikä on huomattavasti hitaampaa kuin paperilomakkeen käyttö. Paperilomakkeilta datan tallennus tapahtui siirtämällä tiedot lomakkeilta Excel-pohjalle. Paperilomakkeita käytettiin myös, mikäli tietojen tallentaminen Louhimella ei jostain syystä onnistunut. [14]

MÄK, suunta 1 HSL:n toimiston puolella

Paiväys * NYT

Linja * 1 1A 7A 7B 51 62 64
 65A 66 66A 67 67V 70V 72
 Muu 1 Halli 1A Halli 7A Halli 7B Halli

Suunta 1 2

Kuorma *

Sijainti *

Huomi

LÄHETÄ

Kerätty data

Näytetään ensimmäiset 100 riviä

	Paiväys	Linja	Suunta	Kuorma	Sijainti
2486	24.11.2014 18:54:00	67	1	24	MÄK
2485	24.11.2014 18:44:00	72	1	15	MÄK
2484	24.11.2014 18:43:00	70V	1	13	MÄK
2483	24.11.2014 18:41:00	67	1	20	MÄK
2482	24.11.2014 18:32:00	67	1	18	MÄK
2480	24.11.2014 18:29:00	72	1	21	MÄK
2479	24.11.2014 18:29:00	70V	1	23	MÄK
2478	24.11.2014 18:23:00	67	1	17	MÄK
2477	24.11.2014 18:17:00	72	1	25	MÄK
2476	24.11.2014 18:15:00	70V	1	27	MÄK
2475	24.11.2014 18:11:00	67	1	12	MÄK
2474	24.11.2014 18:08:00	72	1	25	MÄK
2472	24.11.2014 18:05:00	67V	1	11	MÄK
2470	24.11.2014 18:01:00	67	1	27	MÄK

Kuva 10. Näkymä Louhimen tallennuspohjasta ja kerätystä datasta [19].

Profiililaskennat ovat luonteeltaan täysin erilaisia verrattaessa poikkileikkauslaskentoihin. Poikkileikkauslaskennan tapahtuessa yhdessä pisteessä kerrallaan profiililaskennassa laskijat ovat ajoneuvon kyydissä koko linjan matkan. Profiililaskentojen avulla saadaan selville nousijat ja poistujat pysäkeittäin sekä kuormat pysäkkien välillä [16, s. 15].

Profiililaskennoissa tietojen tallennus tapahtui vielä vuonna 2014 paperilomakkeille, joista tiedot siirrettiin Excel-taulukoihin. Lomakkeille tallennettiin nousijat ja poistujat pysäkeittäin sekä kellonaika, jolloin bussi oli ohittanut pysäkin. Nykyään myös profiililaskennoissa tietojen tallennus tehdään Tiedonkeruusovelluksella, mikäli vain laitteita, joilla tämä on mahdollista, on tarpeeksi. [14]

Syksyllä 2014 profiililaskentoja tehtiin Sipoon ja Kirkkonummen seutulinjoille. Laskentoja tehtiin kyseisillä linjoilla, koska niillä liikennöivistä busseista saatiin vain suppeasti matkustajamäärätietoja. Tämä johtui kalustossa olleesta erilaisesta matkakortinlukijasta. Osa kalustosta vaihtui jo profiililaskentojen aikana uudempaan Buscomin matkakortinlukijan sisältävään kalustoon. Laskentoja oli tekemässä yhteensä 17 laskijan ryhmä ja niiden tuloksia käytettiin lähinnä tilastoinnissa. [20]

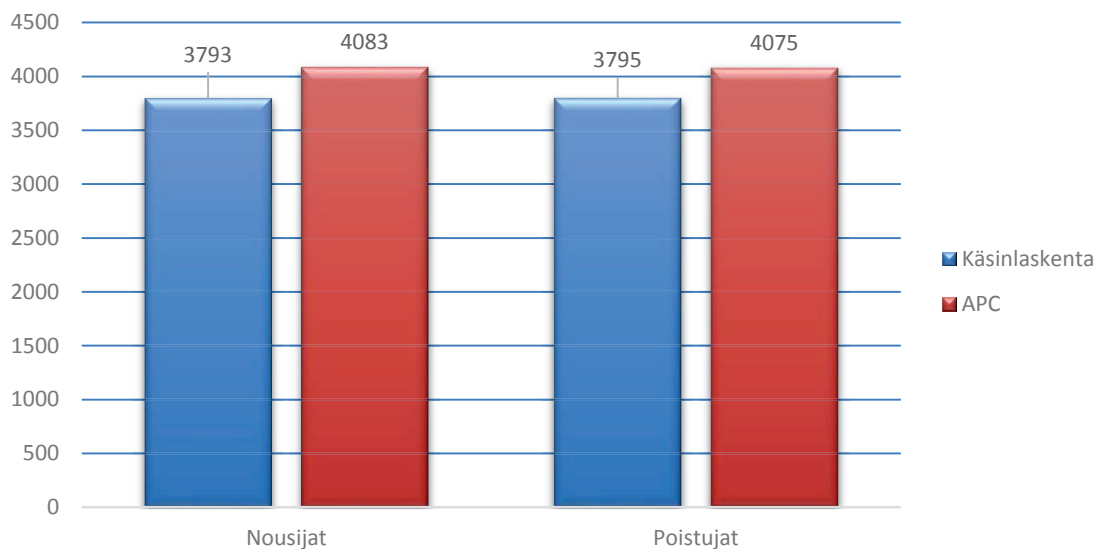
Tiedot ovat myös tärkeitä, kun suunnitellaan linjoille OD-matriiseja [21, s. 3]. OD-matriisit luodaan kuormitusprofiilien pohjalta ja niiden perusteella voidaan puolestaan arvioida tulevia lipputuloja ja näin ollen linjojen kannattavuutta.

2.2.2 Runkolinja 550

Helsingin seudun tällä hetkellä ainoan busseilla liikennöitävän runkolinjan 550 matkustajalaskenta eroaa muun linja-autoliikenteen matkustajalaskennoista. Tämä johtuu erilaisesta rahastusjärjestelmästä, joka on käytössä vain linjalla 550. Kyseisessä kalustossa on käytössä avorahastusjärjestelmä, minkä johdosta linjan busseihin voi nousta myös keskiövestä, eikä kausilipulla matkustavan tarvitse näyttää lippua matkakortin lukijalaitteelle. Tästä syystä linjan matkustajamäärätilastoja ei voida laatia pelkästään matkakortin

lukijalle rekisteröityvien tietojen perustella. Arvolla maksavat matkustajat näyttävät matkakorttinsa lukijalaitteelle, jolloin tapahtumat rekisteröityvät muun bussiliikenteen tavoin. [15] Runkolinjan käyttöaste on erittäin korkea ja se onkin HSL-alueen vilkkaimmin liikennöity bussilinja yli 30 000 nousijalla arkivuorokaudessa [22, s. 15].

Runkolinjalla 550 matkustajalaskenta toteutetaan Dilax Intelcom GmbH:n toimittamilla laskentalaitteilla [13]. Linjaa liikennöi Helsingin Bussiliikenne 37 bussilla, joista 2 on vara-autoja. APC-laitteita on 10 bussissa ja ne kattavat 27 prosenttia koko linjan bussikalustosta. [11] Elokuussa 2013 linjalla 550 tehtiin tarkistuslaskentoja. Laskennat suoritettiin käsin ja jokaisella ovella oli yksi laskija. Tarkoituksena oli löytää laskentalaitteiden viat ja selvittää niiden tarkkuus. Laskennoista selvisi, että APC-laitteet laskivat 7,65 % liikaa nousijoita sekä 7,38 % liikaa poistujia. [23] Kuvassa 11 on esillä kyseisen tarkistuslaskennan tulokset.



Kuva 11. Runkolinjalle 550 tehtyjen tarkistuslaskentojen tulokset [23].

Automaattisen matkustajalaskennan lisäksi runkolinjalla 550 tehdään manuaalista poikkileikkauslaskentaa. Laskentaa toteutetaan yhdellä laskentapaikalla Pakilantiellä ja se tehdään samalla tavalla kuin muunkin bussiliikenteen poikkileikkauslaskennat. Kyseistä poikkileikkauslaskentaa tehdään vuoden ympäri yhtenä päivänä kuukaudessa kello 7:00 - 19:00 [20].

Runkolinjan 550 matkustajakysyntä on jatkuvassa kasvussa, eikä nykyisen kaluston uskota pystyvän vastaamaan tähän. Linjaa ollaankin korvaamassa Raide-Jokerilla eli sen tilalla rakennettaisiin 25 kilometriä pitkä pikaraitiotie Itäkeskuksesta Espoon Otaniemmen. Hanke on yksi tärkeimmistä Helsingin uuden yleiskaava 2016:n joukkoliikennehankkeista ja liikennöinti radalla olisi tarkoitus aloittaa vuosina 2020–2022 nykyisen runkolinjan liikennöintisopimuksen päätyttyä. [22, s. 15–16]

Syksyllä 2015 Helsingin Bussiliikenne aloittaa liikennöinnin uudella runkolinjalla 560. Poikittainen reitti kulkee Rastilasta Myyrmäkeen ja sen pituus on 28 kilometriä. Ominaisista reitillä tulee olemaan Keskuspuiston alittava 1,2 kilometriä pitkä joukkoliikennetunneli. [24] Linjaa ajetaan 16 uudella telibussilla ja lisäksi linjalla on kaksi vara-autoa. Samoin kuin nykyisellä runkolinjalla, linjalle 560 on tulossa avorahastusjärjestelmä. Myös matkustajalaskenta tullaan toteuttamaan samalla tavalla eli osa linjalla 560 liikennöivistä busseista tullaan varustamaan Dilaxin APC-laitteilla [25].

2.3 Raitiovaunujen matkustajalaskenta

Raitiovaunujen osalta matkustajalaskentaa toteutetaan automaattisilla matkustajalaskentalaitteilla [11]. Automaattinen matkustajalaskenta raitiovaunuissa aloitettiin Dilax Intelcom GmbH:n toimittamilla laskentalaitteilla vuonna 2009. Tätä ennen laitteita oli jo käytössä 15 linja-autossa. [16, s. 56] Käytössä olevat laskentalaitteet ovat samoja Dilaxin laitteita, joilla lasketaan myös sekä runkolinjan 550 että VR:n lähijunien matkustajamääriä [13].

HSL tilaa raitiovaunut matkustajaliikenteeseen Helsingin kaupungin liikennelaitokselta (HKL). Tällä hetkellä matkustajaliikenteessä on käytössä yhteensä 124 vaunua. Näistä vaunuista 14 on varustettu Dilaxin laskentalaitteilla eli vain 11,3 prosentissa vaunuista on APC-laitteet. Taulukossa 3 on esitetty, montako vaunua kutakin vaunutyyppejä on käytössä matkustajaliikenteessä ja siinä on myös nähtävillä eri vaunutyyppeiden käytössä olevat vaununumerot sekä laskentalaitteellisten vaunujen määrä. [26]

Taulukko 3. Matkustajaliikenteessä käytössä oleva raitiovaunukalusto [26].

Vaunun tyyppi	Vaununumerot	Vaunujen määrä (kpl)	Laskentalaitteelliset vaunut (kpl)
MLNRV III	401–402	2	1
MLRV	201–240	40	0
MLNRV I	113–122	10	0
MLNRV II	71–112	42	13
NRV I	51–59, 64–67, 69, 70	15	0
NRV I	31–33, 35, 36, 39–48	15	0

Eniten matkustajaliikenteen käytössä on Valmetin ja Strömbergin valmistamia nivelraitiovaunuja. Näitä ovat sarjojen NRV I, MLNRV I ja MLNRV II vaunut ja niitä on yhteensä 82. Näille vaunuille on tehty 2000-luvulla laajamittaista peruskorjausta, johon kuului myös tekniikan modernisointia. 13 MLNRV II-sarjan vaunuun lisättiin APC-laitteet osana tätä peruskorjausta. Edellä mainittujen vaunutyyppeiden lisäksi matkustajaliikenteen käytössä on 40 2000-luvun vaihteen molemmin puolin käyttöön otettuja Variotram-matalalattiavaunua (MLRV) sekä 2 uutta Artic-raitiovaunua. [26]

MLNRV III eli Artic on uusi varta vasten Helsinkiin suunniteltu uusi raitiovaunu. Vasta 2 uutta vaunua on käytössä, mutta vuosien 2015–2018 aikana matkustajaliikenteeseen on tulossa 38 kappaletta lisää Artic-vaunuja. [26] Toinen liikenteessä olevista vaunuista on varustettu Dilaxin APC-laitteilla ja yhteensä kymmenen Artic-vaunua tulee olemaan laskentalaittein varustettuja. Myös kahdeksaan MLRV-vaunuun ollaan asentamassa Dilaxin laskentalaitteita [27]. Laskentalaitteellisia vaunuja on tulossa siis 17 lisää ja niiden myötä APC-laitteellisten vaunujen määrä kasvaa 31 vaunuun.

Raitiovaunuissa laitteita on ovien päällä vierekkäin 2 tai 3 riippuen vaunun ja oven tyy-
pistä. Vanhemmissa MLNRV II-tyyppin vaunuissa on kahden etummaisena ja kahden ta-
kimmäisen oviaukon kohdalla kaksi infrapunasensoria vierekkäin eli yksi sensori kum-
mankin oven päällä. Asennustapa johtuu ovien välissä olevasta tangosta, jonka johdosta
kummastakin ovesta mahtuu kulkemaan keskimäärin vain yksi matkustaja kerrallaan
(kuva 12). Keskimmäisten ovien välissä ei ole tankoa, jotta niistä pääsee helpommin kul-
kemaan muun muassa lastenvaunujen kanssa, ja kyseisten ovien päällä sensoreita on
kolme. Artic-vaunuissa ensimmäisen oven päällä sensoreita on niin ikään vierekkäin
kaksi, mutta muiden ovien päällä kolme (kuva 31). Ero johtuu ensimmäisen oven kapeu-
desta.



Kuva 12. Laskentalaitteet asennettuna MLNRV II-tyyppin vaunussa [28].

Vaunujen kierrätyksen ansiosta kaikilta raitiovaunulinjoilta saadaan matkustajadataa. Kierrättäminen perustuu HKL-raitioliikenteen suunnitelmaan, jossa kaikki lähdöt tulevat ajetuksi laskentalaitteellisella vaunulla määrääjain. Hallimiehet sijoittavat APC-laitteel-

lisiä vaunuja linjoille siten, että jokainen lähtö tulee lasketuksi vähintään kerran kuukaudessa. Lasketuista lähdöistä pidetään kirjaa manuaalisesti. Teoriassa nykyisellä kalustolla ehditään laskea jokainen arkiliikenteen lähtö 2-3 kertaa kuukaudessa. Lauantailähdöistä kaikkia ei ehditä laskea kuukauden aikana ja sunnuntailähdöistä osa ehditään laskea kahden kertaan. Kaluston tyyppi ei toistaiseksi vaikuta siihen, millä linjoilla APC-laittein varustetuilla vaunuilla ajetaan. Kierrätysuunnitelma muuttuu vaunutyyppikohtaiseksi, kun APC-laitteita alkaa olla kaikissa vaunutyypeissä paitsi NRV-vaunuissa. [27] Jatkossa raitiovaununlinjoilta saadaan entistä enemmän matkustajamäärätietoja, kunhan uudet APC-laittein varustetut vaunut aloittavat liikennöinnin.

Raitiovaunujen APC-laitteiden matkustajamäärätiedot tallentuvat DavisWeb Mobileen, joka on Dilaxin tietokanta- ja raportointisovellus. [13]. Raitiovaunujen raakadatan kohdistamisessa eri linjoilla on eroja. DavisWebin laskurilla on ongelmia erityisesti rengaslinjojen 2, 3 ja 7 pääteasemien kohdistamisessa. [27]

2.3.1 Poikkileikkauslaskennat

Raitiovaunujen poikkileikkauslaskentoja tehdään osana KSV:n *Liikenteen kehitys Helsingissä* -tutkimusta. Laskentoja suoritetaan samoissa paikoissa ja samoilla ohjeilla kuin bussien osalta, joskaan kaikilla pisteillä ei kulje raitiovaunuja. Raitiovaunujen manuaalilaskentojen suunnittelusta vastaa OTR:n tutkimuskoordinaattori ja suunnitteluavustaja. [14] Haasteita laskentaan aiheuttaa raitiovaunujen koko suuremman matkustajamäärän kannalta sekä niiden rakenne, joka saattaa heikentää näköyhteyttä joihinkin vaunun osiin.

Vuoden 2014 tutkimuksessa raitiovaunujen poikkileikkauslaskentoja tehtiin 7 paikassa. Luvussa 2.2.1 mainittiin jo, että tutkimuksessa laskentapaikat oli jaettu kolmeen alueeseen. Kantakaupungin rajalla tutkimus tehdään neljän vuoden välein ja muilla alueilla vuosittain. Alla on lueteltu, miten raitiovaunujen laskentapaikat jakautuivat eri alueille vuonna 2014. [18]

- Kantakaupungin raja: 3 laskentapaikkaa
- Niemen raja: 3 laskentapaikkaa
- Poikittaisliikenne: 1 laskentapaikka [18]

Vilkkaimmilla pisteillä bussien ja raitiovaunujen matkustajamääriä laskettiin erikseen, jotta tuloksista saatiin tarkempia. Erittelemällä laskennat laskijoiden oli mahdollista keskittyä vain toisen kulkumuodon kalustoon, mikä helpotti matkustajien laskemista. Tietojen tallennus tapahtui Louhimella, mutta vilkkaimmilla pisteillä käytettiin paperilomakkeita tulosten parantamiseksi.

2.3.2 Raitiovaunujen profiililaskennat

Manuaalisia profiililaskentoja käytetään raitiovaunuissa tarkistuslaskennoissa. Varsinaisia tarkistuslaskentoja laskentalaitteellisille raitiovaunuille tehtiin ensimmäisen kerran vasta vuonna 2014 [29]. Kahdelle laskentalaitteellisille vaunulle kuitenkin tehtiin virhetarkasteluja APC-laitteiden asennuksen jälkeen vuoden 2009 elo- ja syyskuussa. Käsinskentojen avulla haluttiin selvittää, että laitteet toimivat niille määritettyjen vähimmäisvaatimusten mukaisesti. Laskennoissa huomattiin, että laskentalaitteet laskivat enemmän poistujia kuin nousijoita, mutta tulokset pysyivät kummankin osalta ennalta määritettyjen rajojen sisällä [16, s. 69–72]. Samantapaisia tuloksia saatiin myös VR:n lähijunille tehdyistä tarkistuslaskennoista, joiden tuloksia on esitetty myöhemmin.

Raitiovaunujen tarkistuslaskennat aloitettiin vuoden 2014 elokuussa. Laskennoilla haluttiin tarkastaa matkustajamäärien paikkansapitävyys vertaamalla niiden tuloksia Dilax-laitteista saatuun dataan. Lisälaskentoja elokuussa aloitettiin tarkistuslaskentoihin tehtiin 7 arkipäivänä 4.-12. joulukuuta. Jokaiseen laskentaan osallistui 10 hengen ryhmä siten, että jokaisella ovella oli oma laskija nousijoille ja poistujille. Ensimmäisen oven poistujien laskija selvitti lisäksi vaunun kuorman sen lähtiessä liikkeelle ja viidennen oven nousijoiden laskija merkitsi lomakkeelleen pysäkkien ohitusajat. [29]

Laskentatuloksien kirjaamisessa oli kaksi olennaista sääntöä. Tuloksiin tuli huomioida kaikki yli 90 senttimetriä pitkät ihmiset ja epäselvissä tilanteissa, esim. isot koirat ja lastenvaunut, piti tehdä merkintä huomiokenttään. Toinen sääntö oli 120 sekunnin sääntö ja se koski poistujia lähtö- ja pääteasemilla. Lähtöasemalla poistujiin laskettiin ihmiset, jotka poistuivat vaunusta sen oltua pysähtyneenä 120 sekuntia ja pääteasemalla laskettiin ihmiset, jotka poistuivat vaunusta 120 sekunnin aikana pysähtymisestä. Säännöt johtuivat laskentalaitteiden parametreista. [29]

Tulokset tallennettiin joko paperilomakkeella tai sähköisesti käyttäen tablettia tai puhelinta. Sähköinen tallennus tapahtui Data Rangersin luomalla tiedonkeruusovelluksella ja tallennuspohja on esitetty kuvassa 13. Paperilomakkeiden tiedot siirrettiin aina laskentapäivän päätteeksi Excelliin. [29] Tietojen siirrosta vastasi aina yksi vakituisista tutkimusavustajista.

10 S1 Tarkk' ampujankadulta

Päivämäärä ja lähtöaika *

Vaunu *

Ovi * 1
 2
 3
 4
 5

Matkustajat Nousijat
 Poistujat

KUORMA

	Nousijat	Poistujat	Huom!
Tarkk' ampujankatu			
Kirurgi			

Kuva 13. Louhimen tallennuspohja raitiovaunujen tarkistuslaskennoille [19].

Tarkistuslaskentoja tehtiin yhdeksässä vaunussa ja lähtöjä vaunuille tuli laskentojen aikana yhteensä 45 [30]. Lähdöt jakautuivat viidelle eri linjalle. Tarkemmat tiedot, montako lähtöä kullakin vaunuilla eri linjoilla tehtiin, on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Joulukuun 2014 tarkistuslaskentojen toteutuneet lähdöt [30].

Pvm	Vaunu (nro)	Linja	Lähdöt (lkm)
4. jouluku	101	10	6
5. jouluku	74	6	1
	74	8	2
	76	8	2
8. jouluku	402	9	5
	109	4	2
9. jouluku	74	9	4
	76	9	4
10. jouluku	73	6	2
	73	8	2
	82	10	3
11. jouluku	94	10	6
12. jouluku	72	9	6

Jokaisen laskentapäivän lähdöt saatiin tietää vasta laskentapäivän aamulla. Laskijaryhmälle tiedot ilmoitettiin tekstiviestillä ja viesti sisälsi tiedot laskettavista vaunuista ja niiden lähdöistä. Lisäksi viestissä ilmoitettiin, mistä laskenta aloitettiin, jotta kaikki laskijat olisivat ajoissa paikalla. Laskentojen tuloksia ei ehditty käsittelemään tämän työn aikana ja tästä johtuen tuloksia ei saatu sisällytettyä työhön.

2.4 Metron matkustajalaskenta

Nykyinen metro kulkee kokonaan Helsingin kaupungin sisällä ja sillä tehdään vuosittain noin 62,3 miljoonaa matkaa. Kuukausittain metrolla on siis keskimäärin 5,2 miljoonaa nousijaa ja arkipäivisin nousijoita on keskimäärin 199 000. Vilkkaimmat asemat metrossa ovat Rautatienatori, Kamppi ja Itäkeskus. [31] Metrolinjaa ollaan laajentamassa länteen Espooseen ja liikennöinti Länsimetron ensimmäisen vaiheen osalla on tarkoitus aloittaa syksyllä 2016. Ensimmäinen vaihe tuo metrolinjaan 14 kilometriä uutta rataa sekä 8 uutta asemaa ja se ulottaa Matinkylään. Toisessa vaiheessa Länsimettoa jatketaan 7 kilometrillä Matinkylästä Kivenlahteen viidellä asemalla. Uudelle metrolinjalle on ennustettu 170 000 päivittäistä matkustajaa. [32] Länsimetron myötä metron matkustajamäärä siis lähes kaksinkertaistuu.

Metron matkustajalaskenta toteutetaan pääosin ABB:n valmistamilla valokennoteknologiaan perustuvilla laskimilla. Laskenta eroaa melko paljon muiden HSL-alueen kulkumuotojen laskennasta, koska laskimet on asennettu ajoneuvojen sijaan metroasemilla. Laskentalaitteita on 15 asemalla ja ne sijaitsevat portaiden ja liukuportaiden ylä- tai alapäässä sekä hissien edessä. Useimmilla asemilla laskimien sensorit ovat melko matalalla ja ne laskevat matkustajia sivusuunnasta (kuva 14). [33] Kulosaaren ja Siilitien asemilla laskenta toteutetaan Sick:n laserskannereilla. Skannerit on asennettu kattoon ja kyseisillä asemilla laskenta tapahtuu ylhäältä [34].



Kuva 14. Laskentalaitteet näkyvät oven sivuissa [28].

Nykyisessä metroverkossa on 17 asemaa. Matkustajamäärät asemilta saadaan päivittäin ja määrästä lasketaan keskiarvot arkipäiville, lauantaille ja pyhäpäiville. Tilastoista saatava puuttua matkustajamäärät joidenkin päivien kohdalta, mutta päivittäisen otannan ja

keskimäärien laskemisen vuoksi, tästä ei aiheudu merkittävää haittaa kokonaismäärien laskentaan. Tiedot saattavat puuttua esimerkiksi laitevian takia. Kuukauden lopuksi asemien matkustajamäärien keskiarvoista lasketaan koko kuukauden lukema. [31]

Metron korjauskertoimet on määritetty manuaalisen profiililaskennan pohjalta. Korjauskertoimia käytetään, jotta APC-laitteista saatavat matkustajamäärät vastaisivat paremmin oikeita matkustajamääriä ja -jakaumia. Profiililaskennat tehtiin käsinlaskentana asemilla ja ne ulkoistettiin viimeksi Taloustutkimus Oy:lle. Asemilla laskijoiden seurana oli aina vähintään yksi vartija. Suuri osa laskennan kustannuksista muodostui vartijoiden palkoista. [33]

Toisin kuin esimerkiksi linja-autoissa, joissa käytetään lähinnä yhtä kerrointa, metrossa kertoimia on useita. Metrossa kertoimet ovat asema- ja tuntikohtaisia sekä osittain päiväkohtaisia. Arkipäivinä käytetään samoja tuntikohtaisia kertoimia, mutta lauantaille ja pyhäpäiville on omat tuntikohtaiset kertoimet asemittain. Lisäksi kertoimet on määritetty erikseen sekä nousijoille että poistujille. [33]

Kertoimien välillä on suuriakin eroja ja niihin vaikuttaa muun muassa aseman sijainti ja kellonaika. Taulukossa 5 on esitetty esimerkkejä kertoimista Kampin ja Herttoniemen asemilla eri kellonaikoina ja päivinä. Metron nykyiset korjauskertoimet ovat olleet voimassa vuoden 2014 alusta. [35]

Taulukko 5. Esimerkkejä metron korjauskertoimista Kampin ja Herttoniemen asemilla [35].

Asema	Päivä	Tunti	Kerroin (nousijat)	Kerroin (poistujat)
Kamppi	arki	5:00 - 6:00	1,503	1,066
	arki	16:00 - 17:00	0,947	1,066
	lauantai	12:00 - 13:00	0,892	0,735
	lauantai	23:00 - 24:00	0,492	0,301
	sunnuntai	12:00 - 13:00	0,886	0,836
Herttoniemi	arki	5:00 - 6:00	1,973	1,895
	arki	17:00 - 18:00	1,448	1,079
	lauantai	12:00 - 13:00	1,024	1,038
	sunnuntai	12:00 - 13:00	1,071	0,979

Kuten taulukosta nähdään kertoimet vaihtelevat melko paljon. Suurimpia kertoimet ovat luonnollisesti ruuhka-aikoina, jolloin ne ovat joillain asemilla jopa lähellä kahta. Pienimmillään kertoimet ovat yöaikaan ja ne voivat olla 0,3 luokkaa.

Korjauskertoimien tarkentamiseksi on suunniteltu väliaikaisten automaattisten laskentalaiteiden käyttöä. Laitteet siirrettäisiin asemalta toiselle halutun laskenta-ajan täytyttyä. APC-laitteilla tuotettu data tarjoaisi paremman vertailupohjan nykyisten laskentalaiteiden dataan. Tämä tarkoittaisi entistä tarkempia korjauskertoimia ja siten myös tarkempia

tietoa matkustajamääristä. Väliaikaisten APC-laitteiden avulla myös kalibroitaisiin asemilla olevat kiinteät laskentalaitteet. [36] Asiaa käydään tarkemmin läpi luvussa 4.3.

Metroverkon laajenemisen ja uuden järjestelmän myötä metrojunissa on tarkoitus siirtyä automaattiajioon. Automaatio lisää metron turvallisuutta ja sen avulla junien vuoroväliä on mahdollista supistaa. Automaattimetroa ei kuitenkaan oteta käyttöön heti liikennöinnin alkaessa vuonna 2016 uudella linjalla, vaan junissa on edelleen kuljettajat. [37] Pienemmät vuorovälit ja verkon laajeneminen vaativat kuitenkin enemmän liikennöivää kalustoa ja tästä syystä HKL on tilannut uutta kalustoa vanhojen M100- ja M200-sarjojen rinnalle [38]. Nykyinen kalusto ja vaunuparien määrä nähdään taulukosta 6.

Taulukko 6. Metron matkustajaliikenteen käytössä oleva kalusto [38].

Kalustosarja	Vaununumerot	Vaunuparien määrä (kpl)
M100	101–184	42
M200	201–224	12

Uusi kalusto on sarjaltaan M300 ja ensimmäinen M300-sarjan juna on tulossa koeajoon 2015. Yhteensä uusia nelivaunuisia metrojuna tulee 20 kappaletta vuosien 2015–2016 aikana. Vaunut toimittaa espanjalainen kiskokalustovalmistaja CAF. [38] Kaikkiin uusiin metrojuniin asennetaan Dilaxin matkustajalaskentalaitteet ja näin ollen metron matkustajalaskentaan on tulossa huomattavia muutoksia [39].

2.5 VR:n lähijunien matkustajalaskenta

Lähijunaliikenteen matkustajalaskenta suoritetaan samanlaisilla Dilax-laskentelaitteilla kuin raitiovaunujen ja runkolinjan 550 laskennat. Lähtöjen kalustotyyppi määritellään etukäteen kunakin suunnittelukautena, mutta yksittäisen junayksikön sijoittuminen lähdöille on satunnaista. [10] Kaluston ominaisuudet luovat kuitenkin rajoituksia niiden vapaaseen kierrättämiseen eri linjoilla. Esimerkiksi Sm2-junien nopeus ei riitä H-, R- ja Z-linjojen liikennöimiseen ja Sm5-junia puolestaan on vaikea saada käyttöön kyseisille linjoille kalustonkiertoon liittyvien ongelmien takia. [3, s. 6] Laskentalaittein varustettuja juna on kuitenkin riittävästi, jotta kaikilta linjoilta saadaan niiden tuottamia matkustajamäärätietoja. Junien raakadatasta 94–100 prosenttia saadaan kohdistettua [3, s. 5].

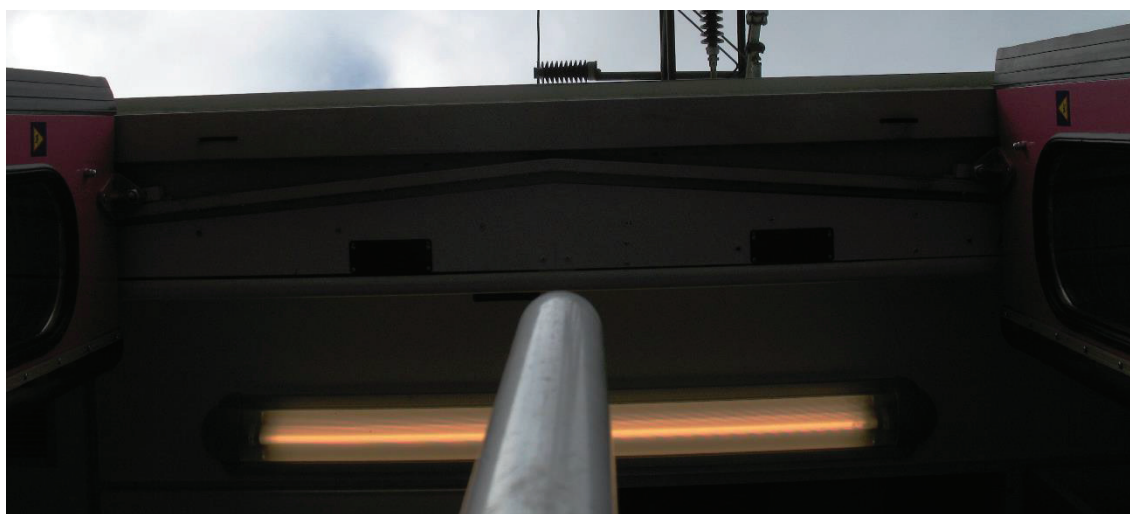
Taulukossa 7 on esitetty matkustajaliikenteen käytössä oleva lähijunaliikenteen kalusto. Käytössä on neljän eri kalustosarjan juna ja ne on listattu taulukkoon uusimmat sarjasta alaspäin. Yhteensä laskentalaitteellisia yksiköitä on 58 ja niiden prosentuaalinen osuus kaikista yksiköistä on 37,4 prosenttia. [40] Kuten taulukosta nähdään, uusimman sarjan (Sm5) kaikki yksiköt on varustettu automaattisilla matkustajalaskentalaitteilla [10].

Taulukko 7. Dilax-laskentalaitteilla varustettu lähijunaliikenteen kalusto [40].

Kalusto-sarja	Yksiköiden määrä	Laskentalaitteelliset yksiköt	Laskentalaitteellisten yksiköiden osuus (%)
Sm5	41	41	100
Sm4	30	6	20
Sm2	50	11	22
Sm1	34	0	0
Yhteensä	155	58	37

Lähijunaliikenteessä on siis tällä hetkellä käytössä yhteensä 155 junayksikköä. Eniten laskentalaitteellisia yksiköitä on uusimman Sm5-kaluston yksiköissä. Sm5-sarjan Flirt-junia on jo nyt matkustajaliikenteen käytössä 41 kappaletta ja niiden määrä kasvaa lähivuosina, sillä Flirt-junia on tulossa lisää lähijunaliikenteeseen 34 yksikköä vuoden 2017 toukokuuhun mennessä. Niiden on tarkoitus palvella muun muassa uudella Kehäradalla sen valmistuttua. [41]

Sm4-junissa sensoreita on vierekkäin neljä ja Sm5-junissa kolme. Matkustajan on osuttava kahden sensorin säteeseen, jotta laite kirjaa matkustajahavainnon [10]. Sm2-junien ovissa sensoreita on vierekkäin kaksi [42]. Ero muuhun kalustoon johtuu ovien edessä olevista rappusista ja ovien välissä olevasta tangosta, joka näkyy kuvassa 15.



Kuva 15. APC-laitteet Sm2-junassa alhaalta kuvattuna [42].

Uusilla Sm5-sarjan junilla tullaan korvaamaan Sm1- ja Sm2-sarjojen junat [10]. Matkustajalaskentojen kannalta tämä on erittäin hyvä asia, koska se lisää lähijunaliikenteestä saatavien matkustajamäärätietojen volyyymia. Jo nyt Sm5-junien käyttöä liikenteessä suositaan silloin, kun matkustajakysyntä on alemmaa ja, kun koko kalustoa ei ole tarvetta pitää liikenteessä [3, s. 5].

Liikennöivät junat saattavat muodostua useasta yksiköstä, joista kaikki ei välttämättä ole varustettu APC-laitteilla. Laskennan algoritmiä korjataan ja jatkossa saadaan tietoon myös junayksiköiden positio eli tiedetään, onko esimerkiksi laskentalaitteellinen yksikkö junan pohjois- vai eteläpäässä. [10] Positiolla on vaikutusta tietyn junayksikön matkustajamääriin, koska matkustajat nousevat asemilla usein kyytiin oviaukkojen tai portaiden läheisyydestä. Toisin sanoen matkustajien jakautumien junayksiköiden välillä ei tapahdu tasaisesti [3, s. 7]. Positio-tiedon lisääminen algoritmiin antaa siis tarkempaa tietoa matkustajien käyttäytymisestä asemilla.

2.5.1 Lähijunien tarkistuslaskennat

Lähijunien manuaalisten tarkistuslaskentojen suunnittelusta vastaa myös niiden tuloksista vastaava liikennetutkija yhdessä tutkimuskoordinaattorin ja suunnitteluavustajan kanssa [10]. Tarkistuslaskennat toteutetaan lähijunissa samalla tavalla kuin raitiovaunuissa. Kentällä laskennat hoitaa ryhmä tutkimusavustajia ja datan tallennus tapahtuu Tiedonkeruusovelluksen avulla.

Lähijunissa on tehty tarkistuslaskentoja kaikille kalustosarjoille, joiden vaunuissa on APC-laitteita. Ensimmäiset tarkistuslaskennat tehtiin keväällä 2013 Sm5-junille. Saman vuoden syksyllä laskentoja tehtiin Sm2-, Sm4- ja Sm5-sarjojen junille ja kesällä 2014 vain Sm4-junille. Taulukossa 8 on nähtävillä tarkistuslaskentojen tulokset. [10]

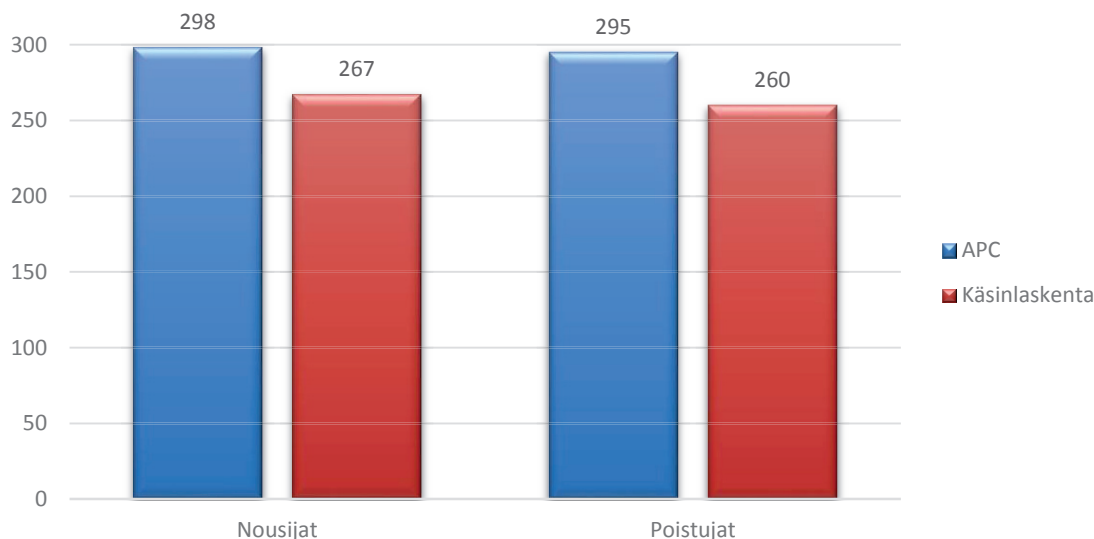
Taulukko 8. Lähijunien tarkistuslaskentojen tulokset [10].

Kalustosarja	Nousijat (%)	Poistujat (%)
Sm2	-5,3	-4,3
Sm4	+7,1	+6,4
Sm5	+0,6	+1,4

Sm4- ja Sm5-junissa laitteet rekisteröivät liian paljon sekä nousijoita että poistujia. Sm2-junissa tilanne on päinvastainen. Tämä saattaa johtua Sm2-junien ovensuussa olevista rappusista. Sm2- ja Sm5-junissa laitteet laskivat enemmän poistujia kuin nousijoita. Samanlaisia tuloksia on huomattu myös muualla, missä Dilaxin laitteet ovat käytössä [10]. Tämä aiheuttaa negatiivisen kuormituksen, mikä johtaa matkustajakilometrien uupumiseen. Sm4-junissa tarkistuslaskentojen tulokset olivat päinvastaisia.

Keväällä 2015 tehdyt tarkistuslaskennat koskivat vain yhtä Sm4-sarjan junaa, yksikköä 6307. Vuoden 2014 tarkistusten perusteella kyseisen junan laskentajärjestelmän sensori-asetuksiin tehtiin muutoksia, jotta järjestelmästä saataisiin tarkempia tuloksia. Ennen muutosta järjestelmä kirjasi matkustajahavainnon, kun henkilö osui kahden ovisensorin säteeseen. Muutoksen jälkeen matkustajahavainto kirjautui vasta henkilön osuessa kolmen ovisensorin säteeseen. Vanhoilla asetuksilla esimerkiksi käden heilautus ovien ollessa auki saattoi sensorien havaintoalueella aiheuttaa virheen matkustajamäärään. [10]

Muutos oli kokeiluluontoinen ja sillä haluttiin selvittää laitteiden laskentatarkkuutta. Käsinlaskenta tehtiin 16. helmikuuta kello 8:00 ja kello 17:00 välillä. Jokaisella ovella yksi tutkimusavustaja laski nousijoita ja toinen poistujia. Tutkimuksessa saatiin 12 asemahavaintoa ja sen tulokset on esitetty kuvassa 16. [43]

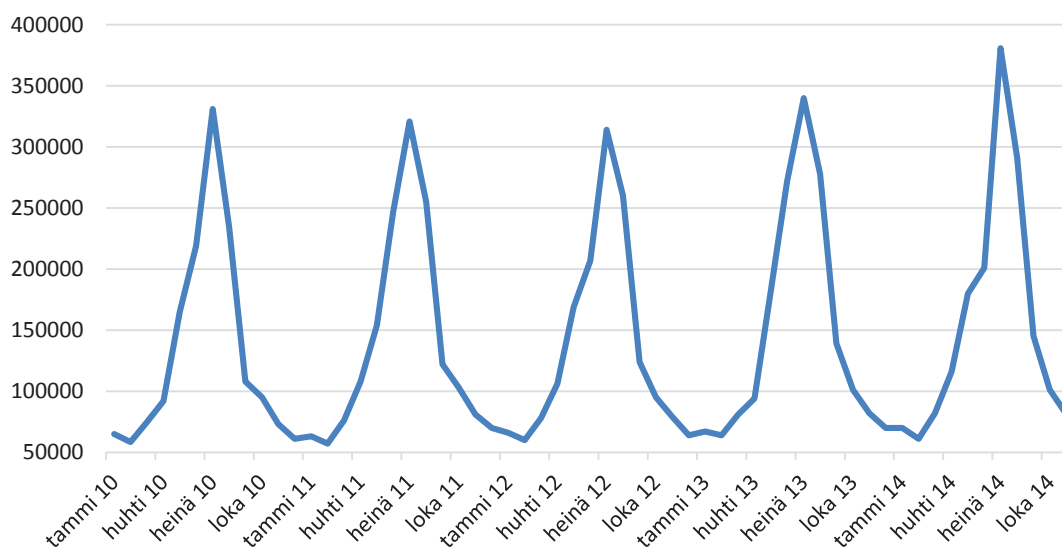


Kuva 16. Sm4-yksikön 6307 tarkistuslaskennan tulokset [43].

Yksikölle 6307 tehtiin kiertomuutoksia mittauspäivänä ja tästä syystä näytemäärä jäi pienemmäksi kuin alun perin oli suunniteltu. Pieni asemahavaintojen määrä vaikutti virhemarginaalien suuruuteen. Tutkimuksen tuloksiin saattoi vaikuttaa myös liikennöitävä linja, joka oli tutkimuksessa Z-linja. Edeltävät näytteet kerättiin H- ja R-linjoilta. Tuloksista kuitenkin nähdään, että APC-laitteet laskivat liian paljon matkustajia. Nousijoita laitteet laskivat 31 enemmän kuin käsinlaskijat, poistujia 35. Tulosten perusteella todettiin, että uudet sensoriasetukset eivät vaikuttaneet laskentatarkkuuteen. Poikkeamia havaittiin erityisesti lähtö- ja pääteasemilla. [43] Syy poikkeamille löytyi ja ne johtuivat siitä, että HSL:n lähijunissa ei ole käytössä 90 sekunnin sääntöä [10]. Sääntö on vastaava kuin raitiovaunujen 120 sekunnin sääntö, joka on selitetty luvussa 2.3.2.

2.6 Suomenlinnan lauttaliikenteen matkustajalaskenta

Suomenlinnan lauttaliikenne on olennainen osa Helsingin joukkoliikennettä. Suomenlinnassa vieraillee vuosittain noin 830 000 kävijää ja turistien lisäksi lauttaliikennettä käyttävät Suomenlinnassa asuvat ja siellä työssäkäyvät ihmiset [44]. Suomenlinnan lauttaliikenteelle on ominaista sääolosuhteiden ja vuodenaikojen vaikutus matkustajamääriin. Vilkkaimmat kuukaudet matkustajamäärien suhteen ovat kesäkuukaudet, kuten näkyy kuvasta 17. [15]



Kuva 17. Suomenlinnan matkustajamäärät vuosina 2010–2014 [45].

Suomenlinnan lauttaliikenteen järjestämisestä vastaa HSL, joka hoitaa lauttaliikenteen aikataulusuunnittelun ja lipunmyynnin. Liikennöinnistä puolestaan vastaa HKL:n tytäryhtiö Suomenlinnan Liikenne Oy. [46]

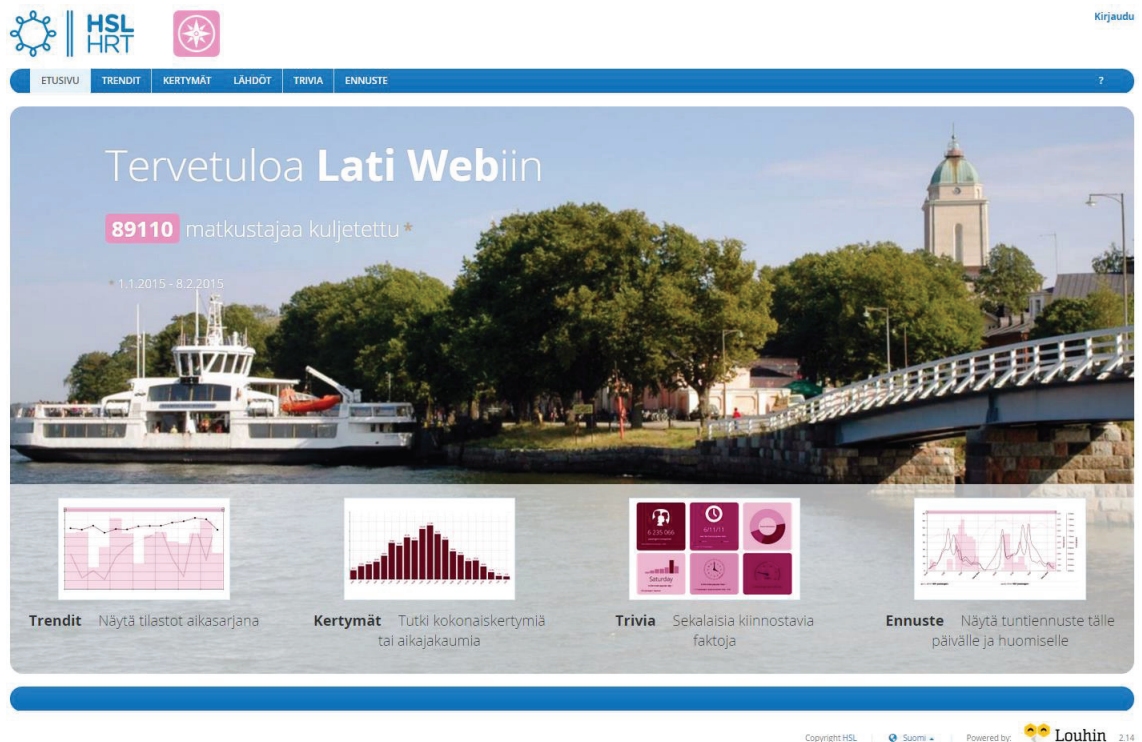
Suomenlinnan lautat kulkevat Kauppatorilta vuoden jokaisena päivänä. Kauppatorilta Suomenlinnaan liikennöi ympärivuotisesti kaksi lauttaa, jotka ovat *M/S Suokki*, *M/S Suomenlinna II* ja kesäisin väliä liikennöi lisäksi *M/S Tor*. Kauppatorin ohella Suomenlinnaan pääsee myös Katajanokalta. Katajanokalta Suomenlinnaan liikennöivä huoltolautta *M/S Ehrensvärd* kulkee vain arkisin. [46] *M/S Suomenlinna II* on matkustajamäärältään suurin liikennöivistä lautoista ja sen kyytiin mahtuu 395 matkustajaa. Sekä *M/S Suokissa* että *M/S Torissa* matkustajapaikkoja on 350 ja *M/S Ehrensvärdissä* paikkoja on 200 matkustajalle. [47]

Lauttaliikenteessä matkustajalaskenta on meriliikennelain velvoittamaa. Euroopan neuvoston direktiivin 98/41/EY artiklan 4 mukaan kaikki matkustaja-aluksella olevat henkilöt on laskettava ja ilmoitettava aluksen päällikölle. Vasta tämän jälkeen alus saa lähteä satamasta. Artiklassa 11 on tarkennettu rekisteröintijärjestelmien toimintavaatimuksia. Järjestelmän tulee olla selkeä, jotta vaaditut tiedot ovat helposti luettavissa. Tietojen puolestaan tulee olla helposti niitä tarvitsevien viranomaisten saatavilla. Näiden seikkojen lisäksi järjestelmän tulee olla joustava, jotta nousevia ja poistuvia matkustajia ei viivytetä aiheettomasti, sekä turvallinen, jotta tiedot pysyvät suojattuna asianmukaisella tavalla. [48] Suomenlinnan lauttaliikenteessä tietojen suojaaminen ei ole tarpeen, koska vain matkustajien lukumäärä lasketaan ennen lähtöä.

Suomenlinnan lautoilla laskenta toteutetaan puomiporteissa olevien laskurien ja käsilaskennan yhdistelmänä. Suurin osa matkustajista kulkee lautoille puomiporttien läpi ja puo-

miporttien matkustajamäärä kirjataan talteen ennen lautan lähtöä. Käsien lasketaan matkustajat, joiden on kuljettava puomiporttien vierestä, ja käsilaskennan suorittaa lautan henkilökunta. Tällaisia matkustajia ovat esimerkiksi autolla, pyörällä ja lastenrattaiden kanssa liikenteessä olevat ihmiset. Nämä luvut yhdistetään lautan lähtiessä. Myös rannalle jääneet matkustajat ja ajoneuvot lasketaan. [15]

Laskennasta saadut tiedot tallennetaan etukäteen lähetettyihin Excel-taulukoihin, jotka on valmiiksi laadittu vastaamaan lauttojen aikatauluja. Excel-pohjien suunnittelusta ja käsittelystä vastaa liikennetutkija operatiivisten tutkimusten ryhmästä. Kapteenit lähettävät täytetyt Excel-taulukot aina vuorokauden päätteeksi ja data ladataan Lati-tietokantaan viikoittain. [15] Tietoihin pääsee vapaasti tutustumaan Lati Webin kautta ja kuvassa 18 on näkymä Lati Webin etusivusta. Tietojen selaaminen on helppoa sivun yläreunan palkissa olevien linkkien ja valmiiden suodattimien ansiosta.



Kuva 18. Näkymä Lati Webin etusivusta [49].

Lati-tietokannan ylläpidosta vastaa Data Rangers Oy yhdessä HSL:n kanssa [13]. Tietokanta otettiin käyttöön vuoden 2014 alussa. Excel-taulukoihin perustuvan tallennuksen tilalle kehitetään online-tallennusta, joka otetaan käyttöön kesällä 2015. [15] Suoratallennuksen etuina ovat muun muassa tietojen reaaliaikainen tarkastelu ja niiden välitön tallentuminen.

Lati-tietokannassa on matkustajamäärien lisäksi säätiedot ja Suomenlinnan tapahtumakalenteri. Data Rangers on laatinut tietokantaan ennustusjärjestelmän, jonka avulla voidaan ennakoida tulevia kävijämääriä esimerkiksi kauniina kesäpäivänä tai Suomenlinnassa olevan ison tapahtuman aikaan. Suureen matkustajamäärään voidaan varautua tilaamalla

välille lisäliikennettä. Käytännössä tämä tarkoittaa lisävuorojen suunnittelua lautoille. Talvisin liikennettä voidaan lisätä ottamalla liikenteeseen *M/S Tor*. [15]

Suomenlinnan lauttaliikenteessä on joskus mietitty automaattisen laskentajärjestelmän käyttöä. Ongelmaksi kuitenkin muodostui vastuukysymys. Laki velvoittaa, että lautassa olevien matkustajien määrä tiedetään tarkasti ja varsinkin onnettomuuden sattuessa matkustajamäärätiedoissa ei saisi olla virhettä. Tämä tarkoittaa, että APC-laitteiden laskentatuloksien pitäisi olla 100 prosenttisia. HSL vastaisi laskimien toiminnasta ja näin ollen myös vastuu väärästä matkustajamäärästä ei olisi yksikäsitteinen. [15]

Suomenlinnan lauttaliikenteen matkustajalaskennoista ei synny varsinaisesti kustannuksia HSL:lle. HSL ei maksa lauttahenkilökunnalle erikseen matkustajien laskemisesta ja puomiporttien toimintakaan ei aiheuta kustannuksia. [15] Ainoat kustannukset kyseisistä laskennoista HSL:lle muodostuvat datan käsittelystä, mutta niiden erittely työntekijöiden kuukausipalkoista ei ole tarpeen.

2.7 Kutsuplus

Kutsuplus on HSL:n uusi älybussi-palvelu ja se tarjoaa uuden vaihtoehdon joukkoliikennepalveluihin. Yhdistämällä oman auton ja joukkoliikenteen puolia Kutsuplus eroaa muusta joukkoliikenteestä huomattavasti. Kutsuplus ei kulje ennalta määrättyjä reittejä pitkin, vaan se ajaa tilausten mukaan. Kutsuplus-bussit ottavat kuitenkin kyytiin samaan suuntaan meneviä matkustajia, mikäli bussin luvattu aikataulu sen mahdollistaa. Kutsuplus on hinnoittelultaan taksin ja joukkoliikenteen välissä. [50]

Palvelun käyttäminen aloitetaan rekisteröitymisellä. Tämän jälkeen luodaan Matkakukkaro, johon ladataan rahaa matkojen maksamista varten. Matkahaut, niiden tilaaminen ja vahvistaminen tapahtuu Internetissä, joko tietokoneella, tabletilla tai älypuhelimella. Käytettäessä älypuhelimta palvelu opastaa matkustajaa kävelyn, odotuksen ja matkan aikana. Lisäksi se neuvoo vielä kävelyreitit kohteeseen päätepysäkiltä. Myös ajoneuvossa on nähtävillä muun muassa matka-aika kohteeseen. Matkakukkaron sijaan Kutsuplus-bussin voi tilata ja maksaa tekstiviestillä. Viestissä pitää tällöin ilmoittaa lähtö- ja päätepysäkki sekä matkustajien määrä samoin kuin Matkakukkaroa käytettäessä. Halutessaan viestiin voi lisätä myös hintakaton matkalle. Matkalippuna Kutsuplussassa toimii tilausvahvistus, joka esitetään kuljettajalle ajoneuvoon noustessa. [50]

Kutsuplussan hinnoittelu eroaa huomattavasti muusta HSL-alueen joukkoliikenteestä. Kutsuplussan hinta muodostuu lähtömaksusta (3,50 €) ja kilometrimaksusta (0,45 €/km), joka muodostuu suoran reitin mukaan. Palvelun käyttö on 20 % normaalia halvempaa kello 10:00 ja kello 14:00 välillä. Palvelun käytössä on myös ryhmälennuksia, jotka koskevat samalla tilauksella kulkevia ryhmiä. Kaikkien ryhmän henkilöiden on lisäksi matkustettava samalta pysäkiltä samalle pysäkille. Ryhmän koko vaikuttaa alennuksen suuruuteen siten, että 2 henkilön ryhmä saa 20 % alennuksen, 3 henkilön 30 %, 4 henkilön

40 % ja 5 tai useamman henkilön ryhmä saa matkan puoleen hintaan. [51] Jokaiseen Kutsuplus-ajoneuvoon mahtuu 9 matkustajaa [52].



Kuva 19. Esimerkki Kutsuplus-palvelun kalustosta [53].

Kutsuplus-ajoneuvoja on tällä hetkellä käytössä 15 [54]. Kuvassa 19 on esimerkki ajoneuvosta, joita palvelussa käytetään. Ajoneuvot liikenneöivät maanantaista perjantaihin aamukuudesta kello 24:00 asti. [52] Verrattaessa Kutsuplus-palvelun järjestelmää perinteisen joukkoliikenteen järjestämiseen yksi sen eduista on matkustajamäärien selvittämisessä. Kutsuplussassa ei tarvita erillistä matkustajalaskentaa, vaan matkustajamäärät saadaan suoraan matkojen tilauksista. Tilaajahan ilmoittaa jo tilausvaiheessa matkustajien määrän. [54]

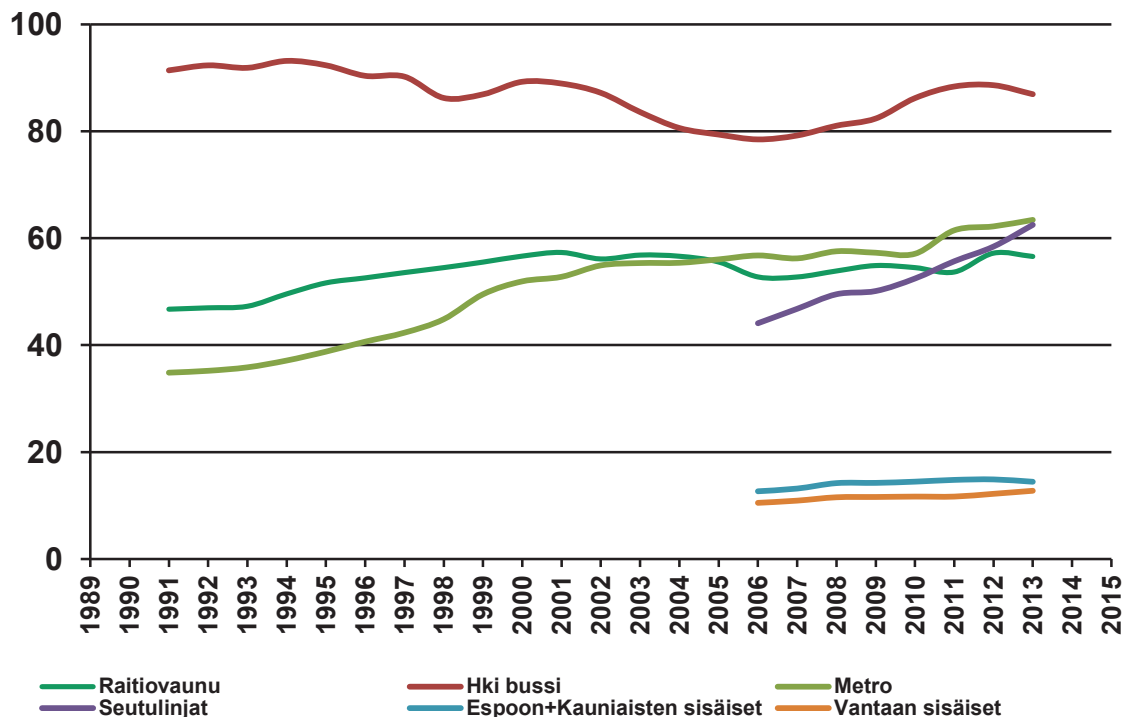


Kuva 20. Kutsuplus-palvelun toiminta-alue [52].

Tällä hetkellä palvelu toimii kuvan 20 mukaisella alueella. Alueen rajoina toimivat pohjoisessa Kehä Ykkönen, idässä Itäkeskus sekä lännessä Tapiola ja Leppävaara. Palvelu toimii siis vain Helsingin ja osittain Espoon kaupungeissa. Tarkoituksena on laajentaa aluetta lisäresurssien myötä [52], mutta palvelun laajentamisesta ei ole kuitenkaan vielä tehty päätöksiä [54]. Kutsuplus-palvelun tavoitteena on, että jo vuonna 2017 palvelun käytössä olisi 100 ajoneuvoa ja sen toiminta olisi itsekannattavaa. Vuoden 2020 lähetyvillä toiminnan olisi tarkoitus olla tehokasta 1 000-2 000 ajoneuvolla ja vuoden 2027 tienoilla palvelun pitäisi olla täydessä toiminnassa jopa 5 000-8 000 ajoneuvon voimin. [50]

2.8 Yhteenvetoraportti

Yhteenvetoraporttiin kootaan HSL-alueen matkustajamäärät kuukausittain. Raportti on Excel-pohjainen ja se tarjoaa erittäin kattavan tilaston eri kuljetusmuotojen matkustajamääristä. Raportin ensimmäiseltä välilehdeltä löytyy nousijoiden kokonaismäärät kulku-
muodoittain. Bussien ja lähijunien osalta yhteenvetoraportissa on tilastoituna kokonaismäärien lisäksi eri kuntien sisäiset nousut. Raportissa on yhdeksän välilehteä, joista neljä on kuvaajia. Kuvassa 21 on esimerkki yhteenvetoraportin kuvaajasta, joka esittää nousut HSL-alueella. [45]



Kuva 21. Yhteenvetoraportin kuvaaja, jossa on esitetty nousut HSL-alueella [45].

Kuvaajan asteikko on miljoonaa nousua vuodessa. Se ei sisällä Suomenlinnan lauttaa eikä Keravan ja Kirkkonummen sisäisiä busseja ja U-linjoja. Yhteenvetoraportin kuvaajiin on koottu olennaisimpia tietoja matkustajamääristä ja ne helpottavat tietojen vertaamista

keskenään sekä selkeyttävät kokonaisuuksien hahmottamista. Raportin tekemisestä vastaa OTR-ryhmäpäällikkö yhdessä liikennetutkijoiden ja tietopalvelukoordinaattorin kanssa. [45]

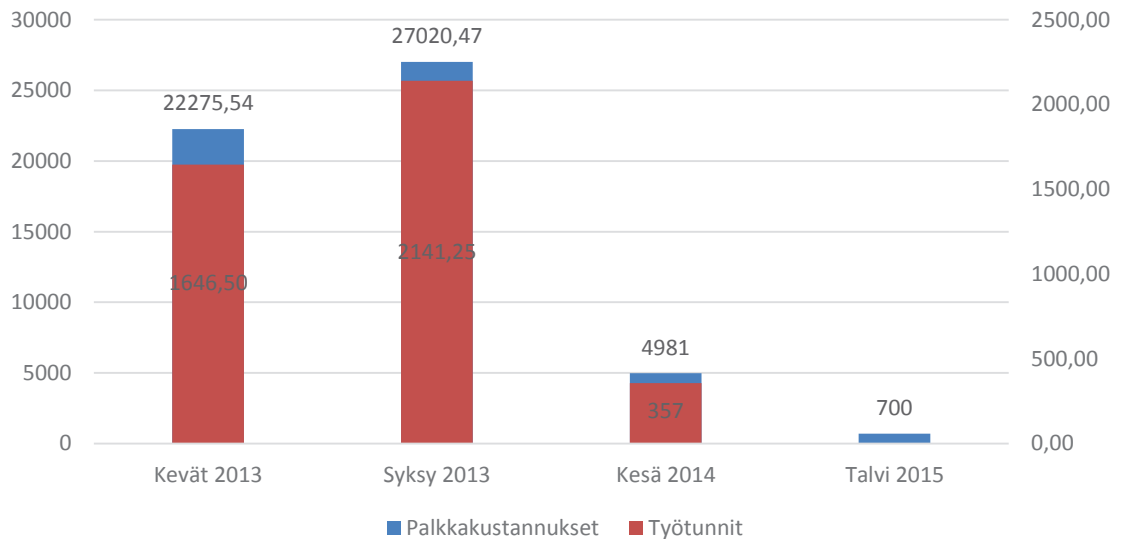
2.9 Manuaali- ja tarkistuslaskentojen kustannukset

Manuaalisisten laskentojen kustannuksissa on monia muuttuvia tekijöitä. Kustannukset voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan: kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Laskentojen kesto ja luonne vaikuttavat pitkälti niistä syntyvien kustannusten määrään. Laajat tutkimukset vaativat enemmän suunnittelua ja itse laskennoista syntyy enemmän työtunteja tutkimusavustajille, joiden palkat muodostavat suurimman osan muuttuvista kustannuksista. [14] Suurin osa tutkimusavustajien tunneista muodostuu käsinlaskentojen tekemisestä kentällä, mutta tunteja tulee myös tulosten tallennuksesta. Louhimen käyttöönoton ja suoratalennuksen myötä tallennuksesta syntyviä kustannuksia on saatu vähennettyä.

Muuttuviin kustannuksiin voidaan laskea myös laskenta-autojen käytöstä muodostuvat kustannukset, joita ovat muun muassa polttoainekustannukset. Vaikka siirryttävät matkat laskentapaikoille ovat usein melko lyhyitä, laskenta-autoja joudutaan käyttämään tyhjäkäynnillä varsinkin syksyisin ja talvisin. Tämä lisää polttoaineenkulutusta ja aiheuttaa kustannuksia. Myös autojen pesuista muodostuu muuttuvia kustannuksia.

Kiinteitä kustannuksia ovat toimistohenkilöstön kuukausipalkat sekä laskenta-autojen leasing- ja vuokrauskulut. Toimistohenkilöstöön kuuluvat laskentojen suunnittelusta sekä tulosten käsittelystä ja kokoamisesta vastaavat liikennetutkijat, tutkimuskoordinaattori ja suunnitteluavustaja. Tutkimusavustajilla on manuaalilaskennoissa käytössään Skoda Roomster, jonka leasing-kulut ovat noin 500 €/kk [20]. Syksyn *Liikenteen kehitys Helsingissä* -tutkimuksessa laskenta-autona käytettiin myös Opel Mokkaa, joka oli vuokrattu tutkimuksen ajaksi. Lisäksi vara-autona oli pääosin reittimittauksissa käytettävä Honda.

Lähijunissa tarkistuslaskentoja on tehty neljä kertaa ja niiden kustannukset on esitetty kuvassa 22. Kuvasta nähdään selvästi, miten laskentojen laajuus vaikuttaa niistä syntyviin kustannuksiin. Selvästi kallein tarkistuslaskenta palkkakustannusten perusteella on ollut syksyn 2013 tutkimus, jossa laskettiin kaikkien kolmen laskentalaitteita sisältävän sarjan junia. Halvin on ollut talven 2015 tarkistuslaskenta, joka koski vain yhtä yksikköä Sm4-junista. Yksikön 6307 laskennan kustannuksista HSL:n osuus oli vain noin puolet eli 350 euroa. [10] [20]



Kuva 22. Tutkimusavustajien palkkakustannukset lähijunaliikenteen tarkistuslaskennoissa [10] [20].

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, laajin vuosittainen manuaalilaskenta HSL:llä on yhdessä KSV:n kanssa tehtävä *Liikenteen kehitys Helsingissä* -tutkimus. HSL laskee tutkimuksessa joukkoliikenteen osuutta. Vuonna 2014 tutkimusta varten palkattiin kaksi tutkimusavustajaa lisää vakituisten laskijoiden avuksi. Suurin osa tutkimuksen kuluista muodostui tutkimusavustajien palkoista ja niistä aiheutui HSL:lle kustannuksia noin 27 500 euroa. Luku sisältää varsinaisten laskentojen lisäksi uusien tutkimusavustajien perehdytyksen sekä kevään testilaskennan. [20]

Vuoden 2014 alkutalvesta tehdyt raitiovaunujen tarkistuslaskennat olivat kestoaltaan melko lyhyt tutkimus. Laskentoja tehtiin vain seitsemänä arkipäivänä, mutta ne sitoivat paljon työvoimaa. Laskennat vaativat joka päivä kymmenen tutkimusavustajaa ja tutkimuksen kustannukset olivat 5 900 euroa. [20]

Linjalle 550 viimeksi tehdystä tarkistuslaskennasta muodostui kustannuksia noin 1 600 €. Kustannukset muodostuivat lähinnä tutkimusavustajien palkoista. [20]

3. JOUKKOLIIKENTEEEN MATKUSTAJALASKENTA EUROOPASSA

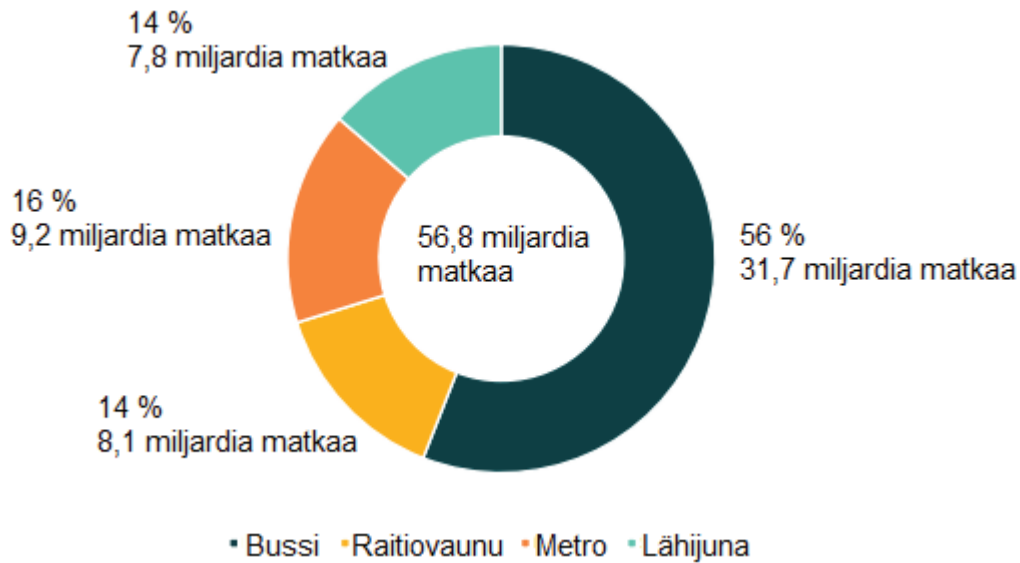
Osana diplomityötä oli vertailla HSL-alueen joukkoliikenteen matkustajalaskentoja muihin Euroopan kaupunkeihin sekä saada tietoa, miten matkustajalaskentoja kehitetään muualla Euroopassa ja miten kaupungeissa suhtaudutaan avoimeen dataan. Vertailu ja kysely toteutettiin sähköisenä Webropol-kyselynä. Kyselyn kielenä käytettiin englantia. Tässä luvussa keskitytään kyselyn tuloksiin, mutta käydään myös lyhyesti läpi joukkoliikenteen roolia Euroopan maissa ja kaupungeissa.

Kysely oli jaoteltu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa selvitettiin joukkoliikenteen matkustajalaskentojen nykytilaa ja automaattisten matkustajalaskenta järjestelmien käyttöä kaupungeissa. Toisessa osassa keskityttiin mobiililaskentoihin ja laskentojen kehittämiseen. Viimeisessä osiossa kysyttiin avoimen datan käytöstä ja sen asemasta kaupunkien joukkoliikenteen informaatiojärjestelmissä. Kyselyn saatekirje ja kysymykset on nähtävillä liitteessä C.

3.1 Joukkoliikenne Euroopassa

Joukkoliikenteellä on keskeinen rooli monissa Euroopan maiden kaupungeissa ja se toimii yhtenä runkona kaupunkiliikenteessä. Tässä työssä joukkoliikenteellä ja joukkoliikennematkoilla viitataan lyhyisiin kaupunkien sisällä, niiden lähiöissä ja lähiseuduilla toimiviin paikallisiin joukkoliikennemuotoihin. Euroopan Unioniin (EU) kuuluvissa maissa tehtiin vuonna 2012 keskimäärin 3 joukkoliikennematkaa viikossa urbaania asukasta kohden, mikä tarkoittaa vuosittain noin 150 joukkoliikennematkaa per henkilö. Kaikki EU-maat yhteenlaskettuna, joukkoliikennematkoja tehtiin vuonna 2012 hieman alle 182 miljoonaa matkaa työpäivää kohden. Yhteensä matkoja tehtiin lähes 57 miljardia. [55] Kuvassa 23 on esitetty tarkemmin, miten joukkoliikennematkat jakautuivat eri kulkumuotojen välille ja kuinka paljon matkoja kullakin kulkutavalla tehtiin EU-maissa vuonna 2012.

HSL-alueella joukkoliikennematkoja tehtiin vuonna 2013 yhteensä 351,4 miljoonaa [10]. Työpäivää kohden matkojen määrä on hieman yli 1,1 miljoonaa. Kaikista EU-maiden joukkoliikennematkoista HSL-alueella tehdään tavallisena työpäivänä siis noin 0,6 prosenttia.

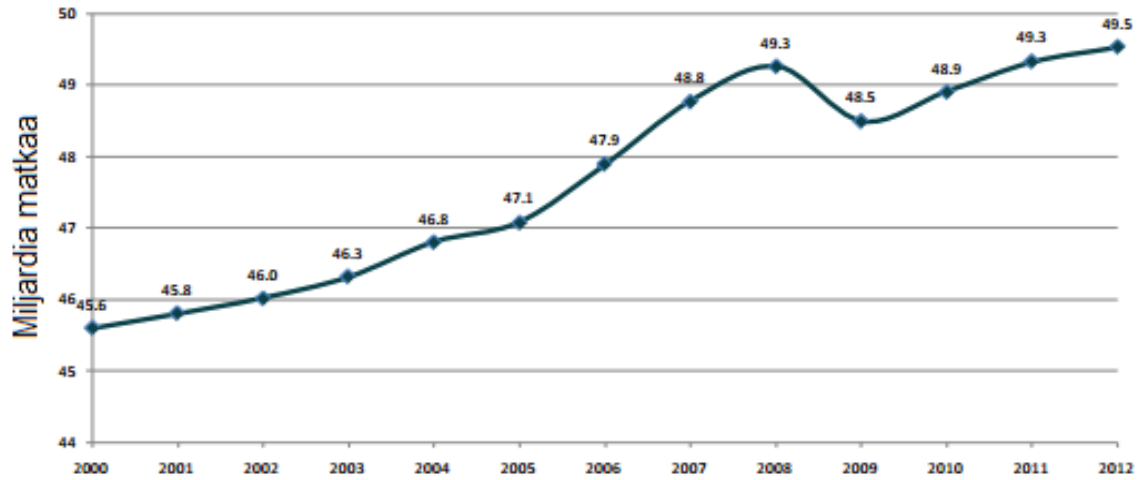


Kuva 23. Matkojen jakautuminen eri joukkoliikennemuotoihin EU-maissa 2012 [55].

Yleisesti EU-maiden kaupungeissa eniten joukkoliikennematkoja tehdään bussilla. Kuvasta 23 nähdään, että vuonna 2012 busseilla tehtiin peräti 56 % kaikista joukkoliikennematkoista EU-maissa. Kuvan mukaan loput matkoista tehdään raideliikenteellä. Maiden välillä on kuitenkin paljon eroja, mutta vain viidessä EU-maassa raideliikenteellä tehdään enemmän matkoja kuin bussilla. Nämä maat ovat Itävalta, Kroatia, Ranska, Saksa ja Tšekki. Lisäksi metroverkolla on suuri vaikutus matkojen jakautumiseen eri kulkumuotojen välillä. 28 EU-maasta 16 maassa on metro ja kolmessa näistä maista (Itävallassa, Ranskassa ja Espanjassa) metrolla tehdään yli neljännes kaikista joukkoliikennematkoista. [55]

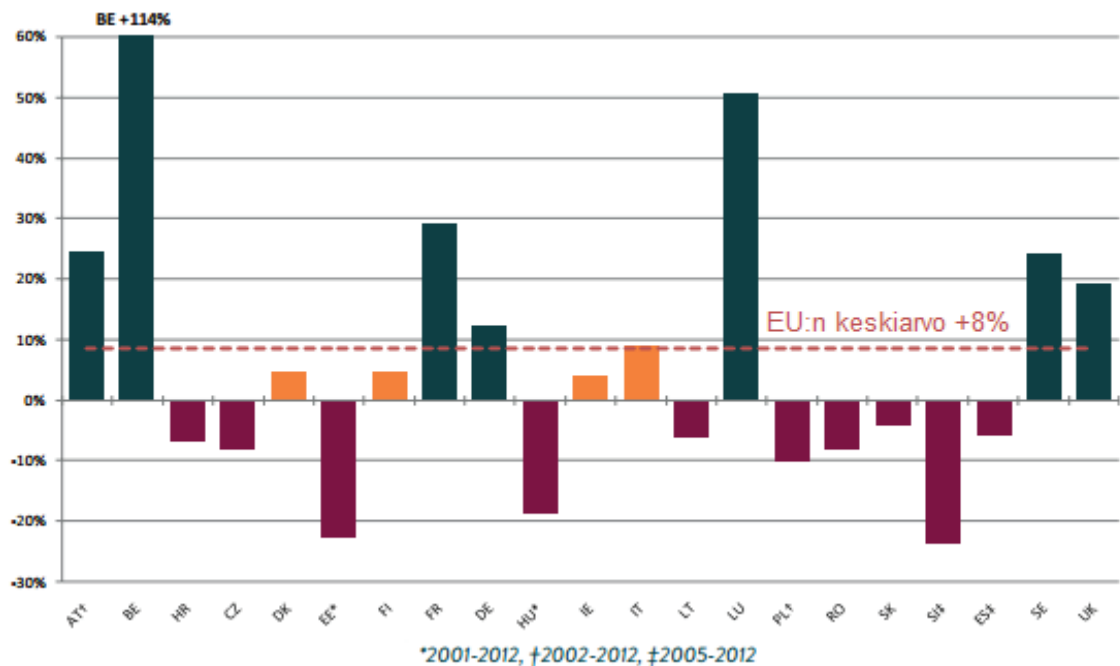
Kuvan 23 tietojen vertaaminen suoraan HSL-alueeseen ei onnistu, koska kuvan tiedot koskevat maita eivätkä kaupunkeja. Jos kuitenkin verrataan HSL-alueen joukkoliikennematkojen jakaumaa kuvan 23 tietoihin, niin HSL-alueella matkoja tehdään busseilla vain 51 % raideliikenteen osuuden ollessa 48,5 % [10].

Tarkasteltaessa joukkoliikennematkojen määrän kehitystä EU-maissa vuodesta 2000 vuoteen 2012 kehitys on ollut selvästi nousujohteista. Vuoden 2009 taluskriisi vaikutti kehitykseen negatiivisesti, mikä näkyy myös kuvan 24 käyrästä. Vuosien 2000 ja 2005 välinen kasvu joukkoliikennematkoissa seuraa melko tarkasti kaupunkiin kohdistuvaa muuttoliikettä ja kaupunkien väestönkasvua. Tänä aikana asukkaiden keskimääräinen joukkoliikennematkojen määrä pysyi melko samana noin 131 vuosittaisessa matkassa. Vuodesta 2005 vuosittaisten joukkoliikennematkojen määrä asukasta kohden nousi vuoteen 2008 mennessä 135 matkaan, mikä johtui luultavasti joukkoliikenteen houkuttelevuuden kasvusta. Vuoden 2009 notkahduksen jälkeen joukkoliikenteen matkojen määrät ovat olleet jälleen nousussa ja vuoden 2012 määrä ylitti taluskriisiä edeltäneen vuoden lukeman. [55]



Kuva 24. Bussilla, raitiovaunulla ja metrolla tehdyt joukkoliikennematkat EU-maissa vuosina 2000–2012 [55].

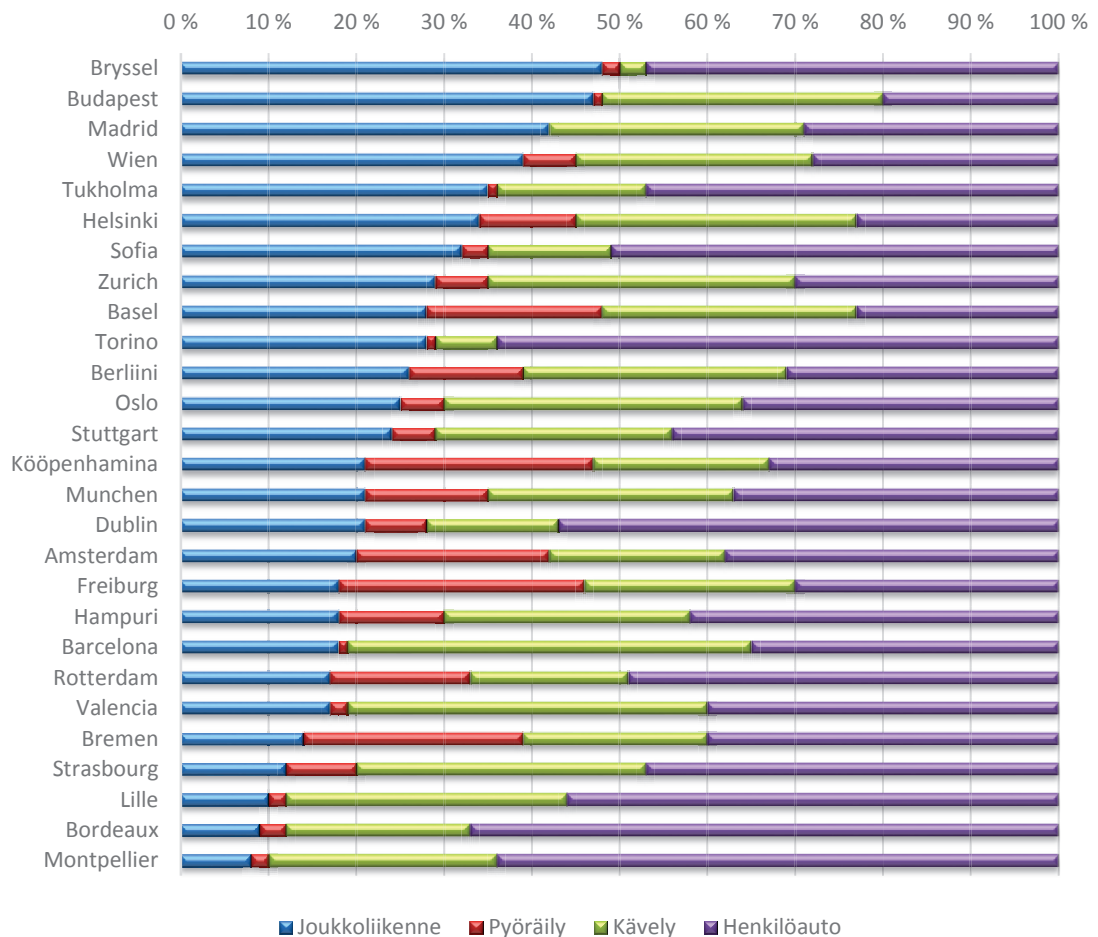
Kuvan 25 kuvaajassa on esillä joukkoliikennematkojen määrän muutos EU-maissa vuosien 2000 ja 2012 välillä. Nousun keskiarvo kaikki maat mukaan luettuna oli 8 prosenttia. Kuvaajasta kuitenkin nähdään, että kyseisellä aikavälillä 10 maassa joukkoliikennematkojen määrät ovat laskeneet. Useissa näistä maista laskuun ovat vaikuttaneet liittyminen Euroopan Unioniin ja tätä kautta talouden kasvu yhdessä lisääntyneen motorisoitumisen kanssa. [55]



Kuva 25. Muutos EU-maittain bussilla, raitiovaunulla ja metrolla tehdyissä joukkoliikennematkojen määrässä vuosien 2000 ja 2012 välillä [55].

Kuvasta 25 on nähtävillä, että Suomessa joukkoliikennematkojen määrä on kasvanut noin 4-5 % vuodesta 2000 vuoteen 2012 mennessä. Suomessa matkojen määrät olivat kuitenkin laskussa vuoteen 2006 asti, mutta kääntyivät sen jälkeen nousuun ja vuoden 2012 määrä ylittikin vuoden 2000 määrän. Suurin kasvu on tapahtunut Belgiassa ja Luxemburgissa. Näiden maiden lisäksi myös Itävalta, Ranska, Saksa, Ruotsi ja Yhdistyneet Kuningaskunnat ovat onnistuneet säilyttämään vuosittaisen kasvun joukkoliikennematkojen määrässä. [55]

Kuvassa 26 on listattu lähes kaikki kyselyn kohdekaupungit ja niiden kulkutapajakaumat. Kaupungit on listattu joukkoliikenteen kulkutapaosuuden mukaan ja listassa on mukana myös Helsinki vertailun vuoksi. Kyseisessä listassa Helsinki käsittää vain kaupungin sisäisen kulkutapajakauman eikä siis koko HSL-aluetta. Mikäli kaupunkien joukkoliikenteen kulkutapaosuus oli yhtä suuri, niin listaukseen vaikutti seuraavaksi pyöräilyn osuus.



Kuva 26. Euroopan kaupunkien kulkutapajakaumia [56].

Kuvan 26 kaikki tiedot on koottu samasta lähteestä. Tietoihin on saattanut tulla joidenkin kaupunkien osalta muutoksia, koska osaa tiedoista ei ollut päivitetty vuoden 2001 jälkeen. Viittä kuvan kaupunkia lukuun ottamatta kulkutapajakaumat ovat vuosilta 2008–2013. [56]

Kuvan 26 listasta nähdään, että joukkoliikenteen kulkutapaosuudessa on suuriakin eroja kaupunkien välillä. Vain viidessä kaupungissa joukkoliikenteen osuus on suurempi kuin Helsingissä ja näistä kaupungeista kolmessa kyseinen osuus on yli 40 %. Brysselissä joukkoliikenteen osuus on lähes puolet (48 %) kaikesta liikenteestä. [56] Listan kaupungeista muun muassa Wieniä ja Helsinkiä pidetään joukkoliikenteen esimerkkikaupungeina. Näissä kaupungeissa joukkoliikenteeseen kehittämiseen onkin panostettu huomattavasti viime vuosikymmenten aikana. [57]

Koko Helsingin seudulla, kaikki KUUMA-kunnat mukaan luettuna, joukkoliikenteen kulkutapaosuus oli vuonna 2012 24 prosenttia [9]. Tämä sijoittaisi Helsingin seudun listan puoliväliin. Kestävän kehityksen ja liikennejärjestelmän toimivuuden kannalta, joukkoliikenteen osuuden lisäksi, on tärkeää huomioida pyöräilyn ja kävelyn kulkutapaosuudet. Verrattaessa vain Helsingin kaupunkia muihin listan kaupunkeihin huomataan, että henkilöauton kulkutapaosuus on yksi pienimmistä. Kun koko Helsingin seutu otetaan vertailuun mukaan, henkilöauton osuus nousee 41 prosenttiin ja pyöräilyn sekä kävelyn osuudet puolestaan laskevat usealla prosenttiyksiköllä 8 ja 25 prosenttiin [9]. Kun koko Keski-Uudenmaan kulkutapajakaumaa vertaa kuvan 26 kaupunkeihin, on muistettava, että listassa ei ole huomioitu ympäröiviä kaupunkiseutuja.

3.2 Kyselyn kohdekaupungit

Webropol-kysely lähetettiin 16 maahan ja yhteensä 30 kaupunkiin. Kohdekaupunkien valintaan vaikuttivat sekä kaupungin koko että niissä oleva joukkoliikenne. 14 kaupunkia vastasi kokoluokaltaan HSL-aluetta. Kyselyn kohdekaupungeista 5 oli puolestaan Helsinkiä pienempiä ja 6 hieman isompia. Euroopan mittakaavassa 5 kaupunkia kohteista oli suurkaupunkeja. [58] Kaikissa kaupungeissa oli käytössä useampi kuin yksi joukkoliikennemuoto.

Kysely lähetettiin alkuun 25 kaupunkiin 27. maaliskuuta ja määrää täydennettiin kahdella kaupungilla 30. maaliskuuta sekä kolmella kaupungilla 2. huhtikuuta. Näin ollen kysely lähetettiin yhteensä 30 kaupunkiin 16 eri maahan. Yhteensä kysely lähetettiin 39 vastaanottajalla ja vastausaikaa oli 12.4.2015 asti. Kyselyn lähettäminen kaikkiin kaupunkeihin samalla ei onnistunut, koska yhteystietojen löytäminen aiheutti oman haasteensa. Tästä johtuen saatekirjeessä neuvottiin, että kyselyn saa vapaasti lähettää eteenpäin muille toimijoille. Taulukossa 9 on esitetty kaikki kaupungit, joihin kysely lähetettiin sekä kyselyyn vastanneet kaupungit. Taulukosta selviää myös toimijat, jotka vastaavat kyseisten kaupunkien joukkoliikenteestä. Osassa kaupungeista joukkoliikenteestä vastasi useampi toimija ja taulukossa näiden kaupunkien kohdalla näkyy ne toimijat, joille kysely lähetettiin.

Taulukko 9. Kyselyn kohdekaupungit, niiden toimijat sekä vastanneet kaupungit.

Maa	Kaupunki	Toimija	Vastaus
Alankomaat	Amsterdam	GVB	x
	Rotterdam	RET	
Belgia	Bryssel	STIB	x
Bulgaria	Sofia	Sofia Urban Mobility Center	
Espanja	Barcelona	TRAMMET, FGC	x (EMT)
	Madrid	EMT, Metro Ligero de Oeste	
	Valencia	FGV, EMT Valencia	
Irlanti	Dublin	Dublin Bus	
Iso-Britannia	Glasgow	SPT	
Italia	Napoli	ANM	
	Rooma	Roma servizi per la Mobilità Metro Roma	
	Torino	GTT	
Itävalta	Wien	Wiener Linien	
Norja	Oslo	Ruter AS	x
Ranska	Bordeaux	TBC	
	Lille	Transpole	
	Montpellier	TaM	
	Strasbourg	CTS	
Ruotsi	Tukholma	SL	
Saksa	Berliini	BVG	
	Bremen	BSAG	
	Freiburg	VAG Freiburg	
	Hampuri	HVV	
	München	MVV	
	Stuttgart	SSB	
Sveitsi	Basel	BVB	
	Zurich	ZVV	
Tanska	Kööpenhamina	Movia	x (2)
Tšekki	Praha	Dpp	
Unkari	Budapest	BKK	

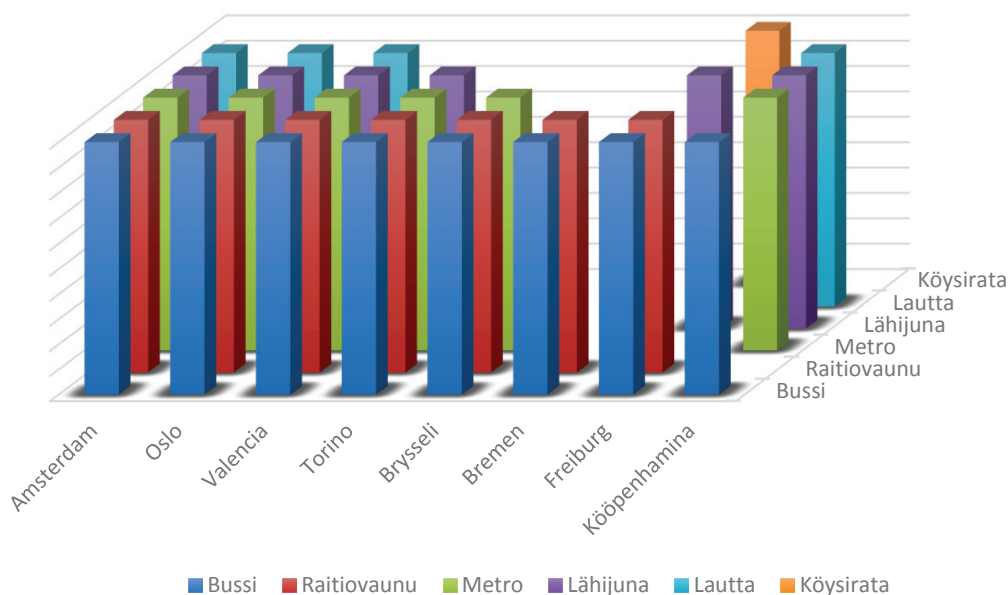
Vastausaikaan mennessä kyselyyn saatiin vain 8 vastausta seitsemästä eri kaupungista. Tavoitteena oli saada mahdollisimman laajasti vastauksia ja tästä syystä kyselyn vastausaikaa jatkettiin viikolla. Jo ennen vastausajan umpeutumista vastaanottajille lähetettiin muistutus kyselyyn vastaamisesta 7. ja 10. huhtikuuta. Lisäksi osalle, jotka eivät vastanneet alkuperäiseen vastausaikaan mennessä, lähetettiin vielä yksi muistutus 13. huhtikuuta, jossa ilmoitettiin, että vastausaikaa oli jatkettu huhtikuun 20. päivään asti.

Vastausajan jatkaminen tuotti vielä yhden vastauksen. Näin ollen vastausten kokonaismäärä nousi yhdeksään. Kaiken kaikkiaan vastaus saatiin siis 8 kaupungista ja kaikki kyselyn vastaanottajat huomioon ottaen vastausprosentti oli 21,95.

3.3 Kyselyn tulokset ja niiden vertailu

Kuten jo edellä mainittiin, kyselyyn saatiin 9 vastausta, joista 2 tuli Kööpenhaminasta. Vastausprosentti jäi toivottua pienemmäksi, mutta vastaus saatiin 7 maasta eli lähes puolesta kyselyn kohdemaista. Saksasta saatiin vastaus kahdesta eri kaupungista. Vastanneista kaupungeista kaksi oli kokoluokaltaan HSL-aluetta pienempiä ja kaksi puolestaan hieman isompia. Loput neljä kaupunkia vastasivat kooltaan HSL-aluetta. [58]

Jokaisessa kyselyyn vastanneessa kaupungissa oli vähintään kaksi joukkoliikennemuotoa. Bussiliikenne oli ainoa joukkoliikennemuoto, joka oli käytössä kaikissa kaupungeissa. Toiseksi yleisin oli raitiovaunu, joka on muissa kaupungeissa lukuun ottamatta Kööpenhaminaa. Freiburg erottui joukosta, koska se on vastanneista kaupungeista ainoa, jossa on köysirata joukkoliikenteen käytössä. [59] Eri kaupunkien joukkoliikennemuodot on esitetty tarkemmin kuvassa 27.



Kuva 27. Joukkoliikennemuodot kyselyyn vastanneissa kaupungeissa [59].

Matkustajalaskentojen osalta Torino erottui muista kaupungeista, koska vastaajan mukaan kaikki kaupungin matkustajalaskenta tehdään käsinlaskentana. Muissa kyselyyn vastanneissa kaupungeissa matkustajalaskentaan käytetään automaattisia matkustajalaskentajärjestelmiä. Lisäksi osassa matkustajamääriä kerätään myös matkakorttijärjestelmästä ja lähes kaikissa tietoja täydennetään käsinlaskennoilla. Ainoastaan Valenciassa ei tehdä käsinlaskentoja ja Bremenin osalta käsinlaskennoista ei ole tietoa. [59] Taulukossa 10 on eritelty kaupunkien käyttämät APC-järjestelmät, niiden käyttöönottovuodet ja laskentalaitteellisten ajoneuvojen prosentuaalinen osuus kaikista ajoneuvoista. Taulukossa on lisäksi merkintä, mikäli kaupungissa kerätään matkustajamäärätietoja manuaalisesti ja/tai matkakorttijärjestelmästä.

Taulukko 10. *Tiedot, miten kaupungeissa kerätään matkustajamäärätietoa [59].*

Kaupunki	APC-järjestelmä	Käyttöön- ottovuosi	Laskentalaitteel- listen ajoneuvo- jen osuus (%)	AFC	Manuaali- laskenta
Amsterdam	Dilax		ei tietoa	x	x
Bremen	Iris	2008	< 10		ei tietoa
Bryssel	Acorel, Dilax	2008	20–30	x	x
Freiburg	järjestelmä ei tiedossa		> 30		x
Kööpenhamina	Acorel, Infodev vanha järjestelmä: Jonic/Dancown	1985	10	x	x
Oslo	Init, GSP/Hella	noin 2005	> 30	x	x
Torino					x
Valencia	Indra	2007	< 10	x	

Tiedot ovat puutteellisia joidenkin kaupunkien osalta. Kyselyn mukaan vastanneista kaupungeista APC-laitteita on pisimpään ollut käytössä Kööpenhaminassa. Toisen vastaajan mukaan laitteet on otettu siellä käyttöön jo vuonna 1985 ja toinen vastaaja muisteli, että laitteet olisi otettu käyttöön 90-luvun alussa. Joka tapauksessa automaattiset matkustajalaskentajärjestelmät ovat olleet Kööpenhaminassa käytössä vähintään 10 vuotta kauemmin kuin muissa taulukon 10 kaupungeissa. Kööpenhamina on päivittämässä vanhoja järjestelmiään. Uusien järjestelmien, Acorelin ja Infodevin lisäksi, kaupungin lähijunissa matkustajia lasketaan junien painon muutoksiin perustuvalla järjestelmällä. [59]

Taulukosta 10 nähdään, että lähes kaikissa kaupungeissa on eri valmistajien toimittamat laskentajärjestelmät. Kaikkiaan kaupungeista löytyy kahdeksan eri valmistajan laitteita ja valmistajat ovat Acorel, Dilax, GSP, Hella, Indra, Infodev, Init ja Iris. Lisäksi Kööpenhaminan vanhat järjestelmät olivat Jonicin ja Dancown toimittamat. [59] Jo näin pienestä otoksesta huomataan, että APC-järjestelmien valmistajia on siis monia ja suurella todennäköisyydellä jokaiselle kaupungille löytyy parhaiten heidän joukkoliikenteeseensä sopivat laitteet.

Joidenkin kaupunkien osalta vastauksissa oli vielä eritelty, mitä järjestelmää missäkin kulkumuodossa käytetään. Amsterdamissa Dilaxin laitteilla lasketaan bussien ja raitiovaunujen matkustajamääriä. Näiden lisäksi kaupungissa kerätään matkustajamäärätietoja matkakorttijärjestelmällä busseista, raitiovaunuista ja metrosta. Brysselissä Acorelin ja Dilaxin APC-laitteet kattavat 30 % niin ikään busseista ja raitiovaunuista. Brysselin metron matkustajamäärät saadaan matkakorttijärjestelmästä ja lisäksi kaupungissa on 10 täyspäiväistä laskijaa, jotka laskevat bussien, metron ja raitiovaunujen matkustajia. Kööpenhaminassa Infodevin laitteita käytetään junissa yhdessä painon muutoksia mittaavan järjestelmän kanssa. Oslossa busseissa, raitiovaunuissa ja lauttaliikenteessä on käytössä Initin laskentalaitteet ja metrossa laskennat tehdään puolestaan GSP:n/Hellan laitteilla.

Vastaajan mukaan Oslossa ollaan lisäämässä APC-laitteiden käyttöä jatkuvasti ja esimerkiksi kaikki uudet sopimukset alueellisessa linja-autoliikenteessä sisältävät ehdon automaattisten matkustajalaskentajärjestelmien käytöstä. Muiden kaupunkien osalta vastauksissa ei ollut eritelty, missä kulkumuodoissa APC-laitteita on käytössä tai mistä kulkumuodoista matkakorttijärjestelmällä ja manuaalilaskennoilla kerätään tietoja. [59]

Taulukossa 10 on esitetty myös laskentalaitteellisten ajoneuvojen prosentuaalinen osuus kaikista ajoneuvoista. Vain kahdessa kaupungissa tämä osuus on yli 30 prosenttia. Kyseilyn kysymysten 9 ja 10 avulla haluttiin selvittää asiantuntijoiden mielipiteitä siitä, kuinka monta prosenttia ajoneuvosta pitäisi varustaa laskentalaitteilla ja miksi. Neljän vastaajan mielestä riittäisi, että alle 15 prosenttia ajoneuvoista olisi laskentalaitteellisia. Kahden vastaajan mielestä sopiva osuus olisi 15–30 prosenttia ja kolmen vastaajan mielestä osuuden pitäisi olla yli 60 prosenttia. Perustelut vastauksille on listattu alla:

- alle 15 %
Otos ajoneuvojen matkustajamääristä riittää, jos sillä voidaan täydentää matkakorttijärjestelmän tai muun vastaavan järjestelmän tietoja.
Osuus riippuu kulkumuotojen ja reittien määrästä sekä niiden suunnittelusta ja siitä, miten laskentavaunuja käytetään.
- 15–30 %
20 prosentin osuus laskentalaitteellisia vaunuja riittää, koska kyseisellä määrällä saa tuotettua riittävästi tietoa koko verkostosta tilastointia varten. Samalla prosenttiosuudella saa myös riittävästi matkustajamäärätietoa eri linjoilta.
- yli 60 %
Suuressa joukkoliikenneverkossa on usein paljon erityyppisiä ajoneuvoja ja vaihtoja, joten on vaikea saada tarpeeksi dataa kaikilta verkoston linjoilta, mikäli laskentalaitteellisia ajoneuvoja ei ole riittävästi.
Kaikki tuotettu ja tallennettu data matkustajamääristä on tärkeää.
Suurempi osuus laskentalaitteellisia ajoneuvoja antaa enemmän tukea suunnittelulle. Vastaajan kokemuksen mukaan monimutkaisessa järjestelmässä tapahtuu monia poikkeavuuksia suunniteltuihin matkoihin. Näin ollen suunnittelu arvioitujen matkustajamäärien pohjalta on alttiimpaa virheille. [59]

Vastauksista nähdään, että osa niistä on annettu vastaajan kaupungin matkustajalaskentoihin perustuen. Esimerkiksi HSL-alueella matkakorttijärjestelmästä kerätään vain linja-autoliikenteen matkustajamäärät. Muissa kulkumuodoissa määrät saadaan muilla tavoilla ja näissä kulkumuodoissa vain pieni otos linjojen matkustajamääristä antaisi liian suppean pohjan määrien laajentamiselle.

Antamalla kysymyksen 9 vaihtoehdoille numeroarvon yhdestä viiteen siten, että pienin prosentti osuus vastaisi ykköistä ja suurin viitosta, vastausten keskiarvoksi saataisiin 2,56. Vertaamalla tätä lukua vaihtoehtojen prosenttiosuuksiin keskiarvo vastaa noin 30 pro-

senttia. Tämä olisi riittävän suuri luku, jotta kaikilta linjoilta eri kulkumuodoissa saataisiin kattavasti ja tasaisesti dataa, eivätkä satunnaiset häiriöt häittäisi matkustajamäärätiedon tuottamista. 30 prosentin osuus helpottaisi myös laskentalaitteellisten vaunujen kierrätyksen suunnittelua. Se takaisi suunnitteluun joustoa eikä muutaman ajoneuvon hajoaminen estäisi päivittäisen datan tuottamista. Samalla määrä mahdollistaisi lyhyellä varoitusajalla tarvittavien matkustajalaskentojen toteuttamisen APC-laitteiden avulla ilman suurempia häiriöitä laskentalaitteellisten vaunujen suunniteltuun kierrätykseen.

Tällä hetkellä HSL-alueella laskentalaitteellisten vaunujen osuudet eroavat toisistaan melko paljon niissä kulkumuodoissa, joissa käytetään automaattisia matkustajalaskentalaitteita. Raitiovaunuista vain 11,3 % on varustettu Dilaxin laskentalaitteilla [26], kun taas lähijunissa vastaava osuus on 37,4 % [10] ja runkolinjalla 550 puolestaan 27 prosenttia [11]. Näiden kolmen kulkumuodon käytössä on yhteensä 316 ajoneuvoa, joista on yhteensä 25,9 % varustettu laskentalaitteilla. Jo nyt HSL-alueella ollaan siis lähellä 30 prosentin osuutta laskentalaitteellisten ajoneuvojen määrässä ja tiedetään, että tämä luku tulee kasvamaan lähivuosien aikana, kunhan kaikki uudet Sm5-junat ja Artic-raitiovaunut tulevat käyttöön. Lisäksi kahdeksaan MLRV-tyypin raitiovaunuun ollaan asentamassa laskentalaitteet [27]. Kaikkiaan laskentalaitteellisia vaunuja on tulossa lähijuniin ja raitiovaunuihin lisää yhteensä 51 vaunua.

Ainakin lähijunaliikenteessä uusilla laskentalaitteellisilla Sm5-junilla ollaan korvaamassa vanhempia Sm1- ja Sm2-junia, joten lähijunaliikenteessä laskentalaitteellisten yksiköiden osuus tulee kasvamaan entisestään [10]. Osuus tulee lähijunissa nousemaan vähintään 48,7:ään ja maksimissaan 59,4 prosenttiin. Raitiovaunuissa laskentalaitteellisten vaunujen määrä nousee 31 vaunuun, mutta kaikissa uusissa Artic-vaunuissa ei kuitenkaan ole laskentalaitteita [27]. Yhteensä raitiovaunujen lukumäärä on kasvamassa 162 vaunuun ja näistä 19,1 % sisältää laskentalaitteet. Osuus voi olla vielä suurempi riippuen siitä korvataanko uusilla Artic-vaunuilla vanhempia raitiovaunuja vai jäävätkö kaikki edelleen matkustajaliikenteen käyttöön.

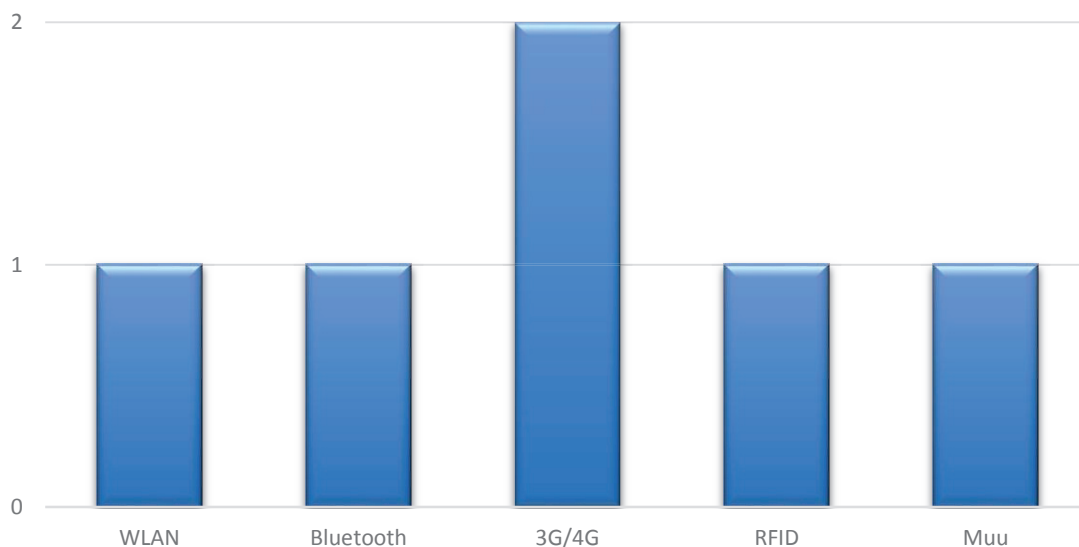
Laskentalaitteiden määrä kasvaa myös bussiliikenteessä, koska syksyllä 2015 aloitettavalla runkolinjalla 560 matkustajalaskennat tehdään niin ikään Dilaxin laskentalaitteilla [25]. Linjalla 560 laskentalaitteet asennetaan 7 bussiin eli ne tulevat kattamaan 39 % linjan busseista [60]. Uuden runkolinjan lisäksi Dilaxin laskentalaitteet asennetaan kaikkiin uusiin M300-sarjan metrojuniin. Tämän myötä metrossa aloitetaan matkustajalaskenta vaunuissa olevilla laitteilla. Uusia junia tulee kaikkiaan 20 kappaletta, joten metrojunien määrä nousee yhteensä 74 junaan. Laskentalaitteellisten metrojunien osuus kaikista junista tulee siis olemaan 27 %. [39]

Jos lasketaan mukaan kaikki tulevat laskentalaitteelliset ajoneuvot, niin niiden osuus kaikista ajoneuvoista tulee nousemaan vähintään 33,3 prosenttiin. Kun huomioidaan vielä, että lähijunaliikenteessä uudet junat korvaavat vanhempia junia, joissa ei ole APC-lait-

teita, niin osuus voi jo sen ansiosta nousta 35,9 prosenttiin. Tämä edellyttäisi junien korvaamista ilman kokonaismäärän kasvattamista. Osuus voi nousta vielä entisestään, mikäli uudet Artic-raitiovaunut korvaavat vanhempia vaunuja, joissa ei ole laskentalaitteita. Huomion arvoista on, että lähijunissa olevien APC-laitteiden osuus kasvattaa laitteiden kokonaismäärää merkittävästi, eikä osuus raitiovaunuissa yllä halutulle 30 % rajalle.

3.3.1 Mobiiliteknologiat ja matkustajavirtainformaatio

Mobiiliteknologioiden käyttö Euroopassa kiinnosti tässä työssä erittäin paljon, koska HSL on aloittamassa mobiililaskennat suunnitelmien mukaan lähivuosina. Kyseisten teknologioiden käyttö joukkoliikenteen matkustajalaskennoissa on vielä melko uutta ja niiden avulla saadaan tuotettua entistä tarkempaa tietoa yksittäisten matkustajien käyttäytymisestä joukkoliikenteessä. Mobiililaskentojen vähäinen käyttö näkyi myös kyselyn vastauksissa. Vastaajien mukaan vain kolmessa kaupungissa (Kööpenhamina, Valencia ja Oslo) on käytössä jokin mobiililaskenta [59]. Kysymyksessä 13 oli listattu mahdollisia teknologioita, joita laskennoissa voisi käyttää ja sen vaihtoehdot sekä vastaukset on nähtävillä kuvassa 28. Teknologiat on esitelty tarkemmin luvussa 4.2.



Kuva 28. Kysymyksen 13 vaihtoehdot ja vastaukset [59].

Vastauksissa oli kuitenkin hieman epäselvyyksiä. Kööpenhaminasta tuli kaksi vastausta, joista toisen mukaan kaupungissa olisi käytössä 3G/4G-tekniikkaan perustuvaa matkustajalaskentaa, mutta toisen vastaajan mukaan kaupungin joukkoliikenteestä ei käytettäisi mobiililaskentoja. Valenciasta tulleen vastauksen mukaan kaupungissa olisi käytössä neljään eri tekniikkaan (WLAN, Bluetooth, 3G/4G ja RFID) perustuvaa matkustajalaskentaa. Tämä on toki mahdollista, mutta ottaen huomioon, että näiden teknologioiden käyttö ylipäättään matkustajalaskennoissa on vielä vähäistä, niin on mahdollista, että vastaaja on ymmärtänyt kysymyksen väärin. Vastaaja ei myöskään antanut tarkempaa kuvausta eri teknologioiden käytöstä. [59]

Oslossa on meneillään pilotti, jossa kerätään paikkatietoja matkustajien älypuhelimista. Tällä tavalla saadaan selville matkustajien liikkeet, mutta ne pitää kuitenkin yhdistää jotenkin vielä joukkoliikenteen reitteihin, jotta tiedoista saataisiin muodostettua matkustajavirtainformaatiota. Tosin vastauksesta ei selvinnyt tarkemmin mihin tietoja käytetään. [59]

Keskeinen asia mobiiliteknologioiden käytössä matkustajalaskennoissa on tuottaa matkustajavirtainformaatiota eli selvittää miltä pysäkiltä matkustaja nousee ajoneuvoon ja millä pysäkillä hän poistuu ajoneuvosta. Kyselyssä haluttiin selvittää asiantuntijoiden mielipide, kuinka tärkeänä he pitävät matkustajavirtainformaation tuottamista. Tätä kysyttiin kysymyksessä 15 ja vastausvaihtoehtona oli asteikko yhdestä viiteen. Vastausten jakauma on esillä kuvassa 29.

	1	2	3	4	5		Yhteensä	Keskiarvo
Not important at all	0	0	2	2	5	Very important	9	4,33

Kuva 29. Kysymyksen 15 vastausten jakauma ja niiden keskiarvo [59].

Kaikki vastaajat pitivät matkustajavirtainformaation tuottamisesta vähintään melko tärkeänä. Heidän mielestään asian tärkeyteen vaikuttivat näin tuotettavan datan tarkkuus ja datan korkea laatu. Vastaajien mielestä on tärkeää tietää, minkälainen kapasiteetti tarvitaan, jotta järjestelmä toimii halutulla tavalla ja tätä varten on tärkeää tietää, miten matkustajat käyttävät joukkoliikenneverkostoa. [59]

On selvää, että yksityiskohtaisempi tieto matkustajien käyttäytymisestä joukkoliikenneverkostossa antaa suunnittelijoille paremmat lähtötiedot aikataulujen ja reittien suunnittelua varten. Tämä näkyi myös vastauksissa ja yhdessä vastauksessa korostettiin matkustajavirtainformaation tärkeyttä aikataulusuunnittelun sekä verkoston suunnittelun kannalta. Vastausten mukaan lisäksi tiedot matkustajien nousuista ja poistumisista pysäkkeittäin auttavat muodostamaan linjoille OD-matriisit, joiden avulla voidaan ennustaa tulevia lipputuloja linjoilta sekä optimoida linjoille sopiva kalusto. Tarkat tiedot auttavat selvittämään kulkuneuvojen optimaalisen kapasiteetin eri päivänä ja parhaissa tapauksissa jopa eri kellonaikoina. [59]

Matkustajavirtainformaation tärkeyttä voidaan miettiä myös kaupallisesta näkökulmasta. Joukkoliikennetoimijoita kiinnostavat luonnollisesti lipputulot, mutta datan avulla voidaan selvittää myös keskeisiä asemia ja pysäkkejä reittien varrelta. Nämä tiedot kiinnostavat varmasti kauppoja sekä muita palveluiden tuottajia. [59]

3.3.2 Avoin data ja sen hyödyt

Tulosten mukaan avointa dataa käytettiin kuudessa kyselyyn vastanneessa kaupungissa. Kööpenhaminassa ja Bremenissä ei vastaajien mukaan hyödynnetä avointa dataa. Monista kaupungeista löytyy mobiiliapplikaatioita, joiden tarkoitus on parantaa matkustajille tarjottavaa informaatiota joukkoliikenteen toiminnoista. Mobiilisovellukset eri kaupungeissa liittyvät pitkälti samoihin asioihin ja nämä asiat ovat:

- reaaliaikainen informaatio
- mobiililiput
- reittien optimointi (reittiopas)
- joukkoliikenteen aikataulut. [59]

Samoihin asioihin liittyviä sovelluksia on käytössä myös HSL-alueella, jossa applikaatioita voi suunnitella kuka tahansa avoimen datan pohjalta. Vain kahdessa vastanneista kaupungeista oli varmasti ulkopuolisten tahojen suunnittelemlia sovelluksia käytössä. Lisäksi yhdessä kaupungissa tällaisia sovelluksia oli ehkä käytössä, yksi vastaajista ei tiennyt ja lopuissa sovellukset eivät olleet ulkopuolisten ja yksityisten organisaatioiden tai henkilöiden suunnittelemlia. [59]

Avoimen datan tärkeyttä joukkoliikenteen mobiiliapplikaatioiden kehittämisessä haluttiin selvittää vastaajilta. Kysymyksen vastausehtoina käytettiin samaa asteikkoa kuin kysymyksessä 15 ja vastausten jakautuminen asteikolle on esitetty kuvassa 30.

	1	2	3	4	5		Yhteensä	Keskiarvo
Not important at all	1	0	4	3	1	Very important	9	3,33

Kuva 30. Vastausten jakautuminen kysymyksessä 20 [59].

Kuten kuvasta nähdään, suurin osa vastaajista piti avoimen datan käyttöä joukkoliikenteen sovellusten suunnittelussa melko tärkeänä. Yhden vastaajan mukaan avoimen datan käyttö ei ole lainkaan tärkeää. Syitä, miksi se puolestaan on tärkeää, oli monia. Vastaajien mukaan jakamalla tietoa on mahdollista lisätä kaikkien osapuolien tietämystä ja menestystä. Samalla voidaan lisätä saatavan informaation määrää, mikä parantaa joukkoliikenteen tarkkuutta. Tarkempi informaatio joukkoliikenteestä voi houkutella lisää käyttäjiä, jolloin joukkoliikenteestä saadaan kaikki sen hyödyt käyttöön. Informaatiota voidaan myös hyödyntää joukkoliikenteen linjojen ja kapasiteetin suunnittelussa. [59]

Yhden vastaajan mukaan avoimen datan tärkeys riippuu projektin käyttötarkoituksesta. Mielestäni avoimen datan käytöstä on enemmän hyötyjä kuin haittoja. Yksi tapa varmistaa, että sovellukset palvelisivat joukkoliikennetoimijan intressejä, olisi hankkia toimijan hyväksyntä sovelluksiin. Joukkoliikennetoimijan tehtävä olisi varmistaa, että esimerkiksi Hollan-

nissa operaattoreilla on vastaajan mukaan velvollisuus tuottaa tarkkaa informaatiota keskusjärjestölle. [59] Mobiilisovellusten hyötyihin ja niiden mahdolliseen asemaan tulevaisuudessa perehdytään vielä tarkemmin luvussa 4.2.4.

4. JOUKKOLIIKENTEN MATKUSTAJALASKENTOJEN KEHITTÄMINEN

Manuaalisten matkustajalaskentojen määrää pyritään vähentämään, mutta niillä tulee ainakin toistaiseksi olemaan keskeinen rooli ainakin tarkistuslaskennoissa. Ne ovat edelleen erittäin tehokas tapa tehdä tarkistuslaskentoja, jotka ovat usein lyhytkestoisia ja saattavat vaatia mukautumista.

Automaatio kuitenkin lisääntyy monella alalla, koska se tarjoaa usein tehokkaan tavan tuottaa tuotteita tai palveluita. Automaation avulla saadaankin tuotettua tarkasti ja kustannustehokkaasti tuotteita tai palveluita, joiden valmistamiseen tai käsittelyyn on ennen kulunut huomattavasti enemmän aikaa, rahaa ja työvoimaa. Joukkoliikenteen matkustajalaskennat eivät ole poikkeus tässä asiassa.

Automaation avulla voidaan kehittää juuri niitä seikkoja, jotka ovat keskeisiä matkustajalaskennoissa. Mitä enemmän ja mitä tarkempaa matkustajamäärätietoa joukkoliikennesuunnittelijat saavat käyttöönsä sitä paremmin joukkoliikenteen palvelut saadaan vastaamaan asiakkaiden tarpeita. Matalammat kustannukset ovat niin ikään asia, johon yritykset kiinnittävät huomiota. Automaattisilla matkustajalaskimilla voidaan yhdistää sekä tarkemmat laskennat että kustannussäästöt.

Erityisen tärkeää olisi saada tietoa yksittäisten matkustajien käyttämistä joukkoliikennepalveluista. Tarkkojen tietojen avulla saataisiin luotua eri liikennemuotojen sisäisiä OD-matriiseja. OD-matriisien avulla voitaisiin muodostaa linjoille kuormitusprofiilit ja samalla saataisiin muodostettua melko tarkkoja arvioita linjojen lipputuloista. Kuormitusprofiilia käytetään muun muassa linjalle sopivan kaluston mitoituksessa.

Myös avoimen datan merkitys korostuu entisestään tulevaisuudessa. Teknologian kehitys ja tiedon nopea saatavuus mahdollistavat tarkan ja reaaliaikaisen datan tuomisen myös matkustajien käyttöön. Avoin data mahdollistaa kolmannen osapuolen suunnittelemat applikaatiot esimerkiksi mobiilialustoille, mikä helpottaa asiakkaiden tiedonsaantia juuri heidän haluamistaan palveluista. Tämä helpottaa muun muassa matkojen suunnittelua ja lisää joukkoliikennepalveluiden houkuttelevuutta kulkumuotona. Mobiililaskentojen ja applikaatioiden välistä yhteyttä tutkitaan tarkemmin tässä luvussa.

Yhtenä kehityskohtana voisi olla lisäksi tilaajan ja tuottajien väliset sopimukset. Esimerkiksi Tukholmassa osa liikennöitsijöille maksettavista korvauksista muodostuu matkustajien määrästä [15]. Tämä luultavasti lisää liikennöitsijöiden intressiä pitää huolta kalustossa olevista laskentalaitteista. Tilaajan eli tässä tapauksessa HSL:n näkökulmasta datan laatu pysyisi tasalaatuisena ja jatkuvana.

Avain joukkoliikenteen suunnitteluun on mahdollisimman tarkka tieto matkustajamääristä. Tämän selvittämiseksi vaaditaan luotettavaa matkustajadataa ja hyvin toimivaa määrittelytapaa. Ensiksi pitää selvittää matkustajakysyntä. Kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen on erityisen tärkeää joukkoliikenteessä, koska joukkoliikennettä usein rahoitetaan julkisilla varoilla ja lipputuloilla. [21]

Tässä luvussa esitellään ensin jo HSL-alueella käytössä olevat automaattiset matkustajalaskentajärjestelmät. Tämän jälkeen käydään läpi mobiiliteknologioita, joiden avulla on mahdollista tuottaa matkustajavirtainformaatiota. Luvun lopussa syvennyttään vielä tarkemmin yhteen näistä teknologioista, joka on suunnitteilla ottaa käyttöön metron asemilla.

4.1 Käytössä olevat matkustajalaskentateknologiat

Manuaalilaskentoihin verrattaessa automaattisilla matkustajalaskennoilla on monia huomattavia etuja. Ensinnäkin niiden avulla voidaan laskea matkustajalaskennoista syntyviä kustannuksia, koska niiden operointi on melko edullista. Laitteiden hankinta ja asentaminen vaatii toki alkuinvestoinnin ja niiden käytöstä muodostuvat lisenssikustannukset riippuvat pitkälti sopimuksista, joille laitteet on hankittu [15]. Toinen etu on datan määrä. Manuaalilaskentojen toteuttaminen ympäri vuoden olisi aivan liian kallista, joten niiden avulla saadaan matkustajamäärätietoja vain rajoitettuna ajanjaksoina. APC-laitteet tuottavat tietoa puolestaan aina, kun kalusto on liikenteessä.

HSL-alueen joukkoliikenteen matkustajalaskennoissa käytetään monia eri tekniikoita ja teknologioita. Lähes kaikki matkustajamäärätieto HSL-alueella kerätään automaattisilla laskentajärjestelmillä. Tässä luvussa selvitetään näiden järjestelmien toimintaperiaatteet.

Tällä hetkellä käytössä on kolme erilaista järjestelmää, jotka eroavat toisistaan merkittävästi. Yksi järjestelmä on käytössä kaikissa eri kulkumuodoissa paitsi Kutsuplussassa, yksi on käytössä kolmessa eri kulkumuodossa ja sen käyttö laajenee lähivuosina neljänteen kulkumuotoon sekä viimeinen esiteltävä järjestelmä on yhden kulkumuodon käytössä.

4.1.1 Dilax-laskentalaitteet

Dilax Intelcom GmbH on saksalainen yritys, joka valmistaa automaattisia matkustajalaskentajärjestelmiä [61]. HSL-alueella laitteita käytetään nykyisin linja-auto-, raitiovaunu- ja lähijunaliikenteen matkustajalaskennoissa. Tässä luvussa esitellään yleisesti laitteiden toimintaprosessi. Luvussa käydään läpi myös laitteiden kustannuksia hankinnan, asennuksen ja huollon osalta.

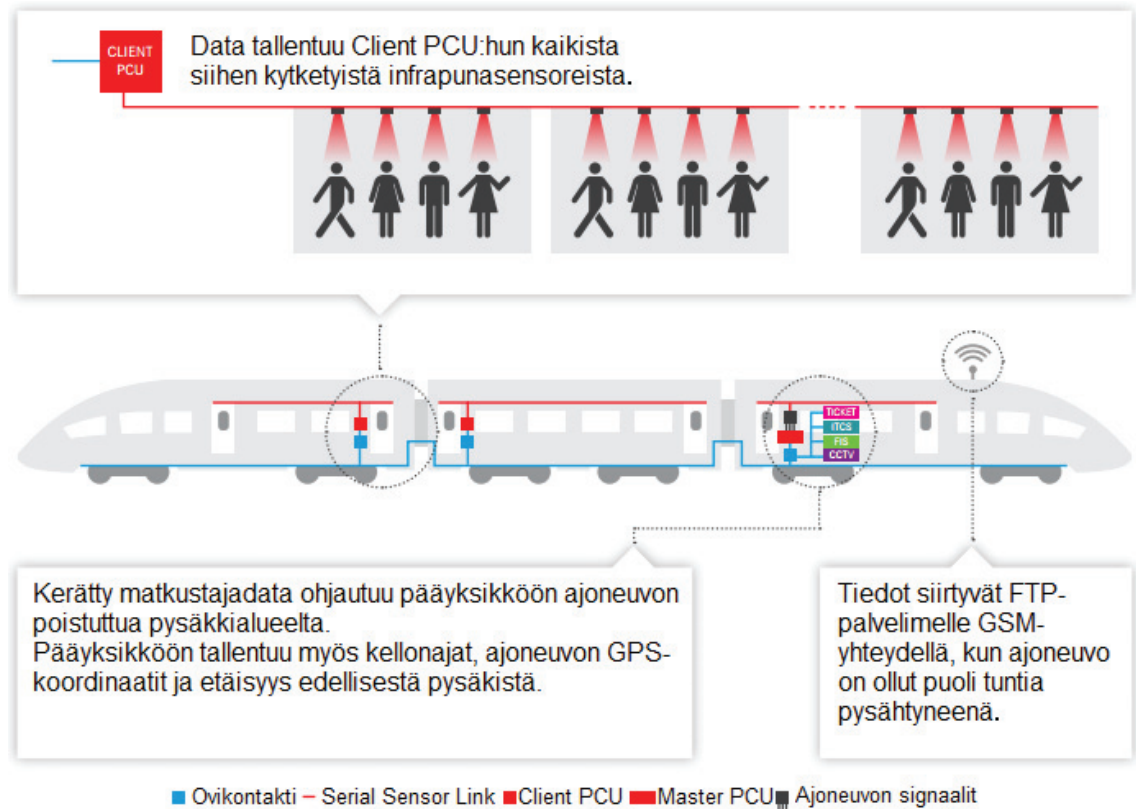
HSL-alueella Dilaxin APC-laitteilla tehtävät laskennat ovat tyypiltään profiililaskentoja. Profiililaskennassa lasketaan yhden linjan matkustajamääriä sen eri osuuksilla [16, s. 15]. Käytännössä laitteet laskevat nousijat ja poistujat pysäkeittäin. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea kuormat pysäkkien välillä ja saadaan muodostettua linjalle kuormitusprofiili, joka on tärkeä osa joukkoliikennesuunnittelua [16, s. 15].

Dilaxin laitteet toimivat kolmessa vaiheessa, jotka ovat tallennus, lähetys ja datan käsittely [62]. Laskentalaitteiden toiminta perustuu aktiivisiin infrapunasensoreihin. Sensorit asennetaan kulkuneuvon ovien yläpuolelle (kuva 31) ja matkustajien kulkiessa laskimen alta laitteet laskevat säteiden heijastumiskertojen lukumäärän. Sensoreita voi olla useita vierekkäin ja niitä on aina kaksi peräkkäin. Kahden peräkkäisen sensorin avulla voidaan määrittää matkustajien kulkusuunta eli voidaan erotella nousevat ja poistuvat matkustajat. [3, s. 4] Vierekkäisten sensorien määrään vaikuttaa ovien leveys, koska sensorien keskipisteiden välisen etäisyyden tulee olla 350–380 millimetriä. Infrapunasensorien toimintaa säätelee optinen liitin (ovikontakti), joka ilmoittaa sensoreille, onko ovi auki vai kiinni. Ovikontakti toimii on/off -kytkimen tavoin ja matkustajalaskentaa tapahtuu vain on-asennossa eli ovien ollessa auki. [16, s. 59]



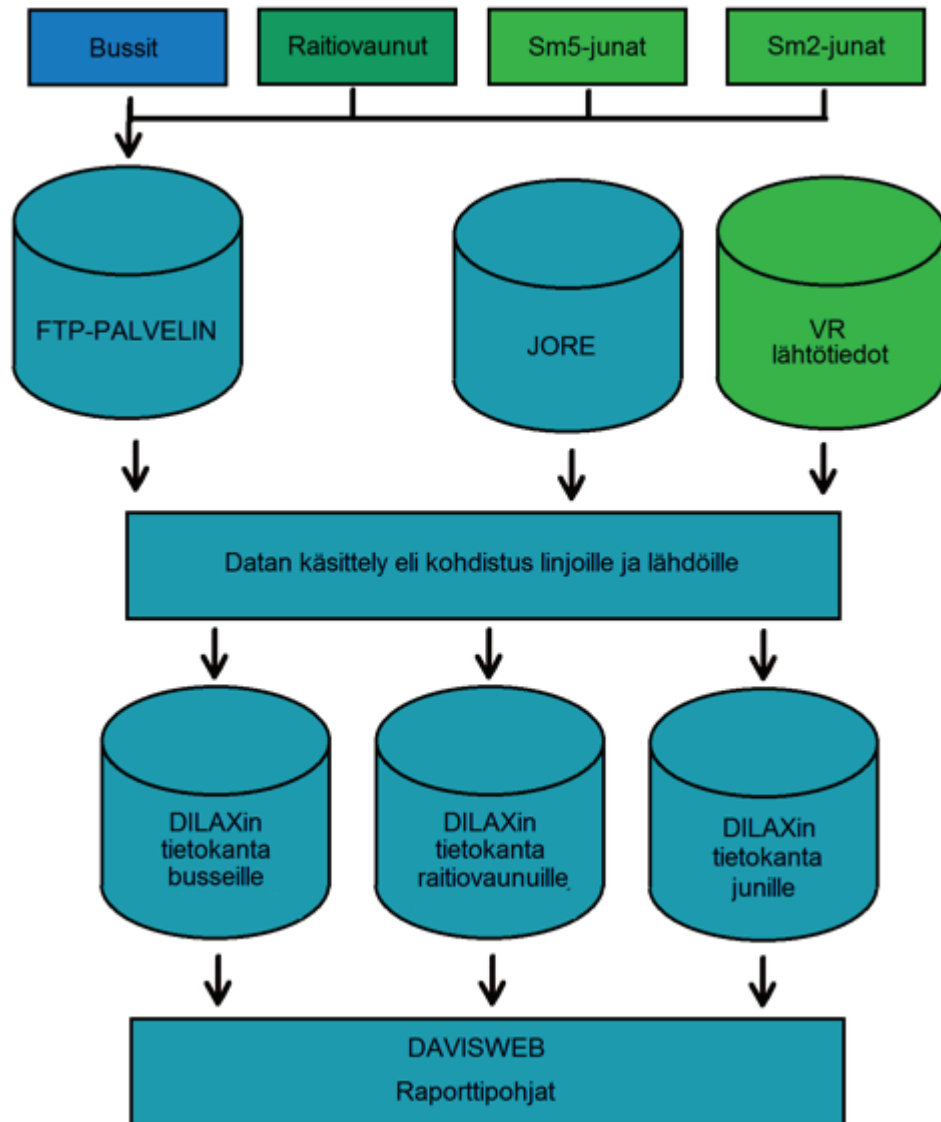
Kuva 31. Infrapunasensorit asennettuna uudessa Artic-raitiovaunussa [28].

Matkustajan kulkiessa oviaukon läpi havainto tallentuu Client PCU:hun (People Counting Unit), joka ohjaa datan eteenpäin pääyksikköön eli Master PCU:hun. Tähän yksikköön voi tallentaa tietoja myös kulkuneuvon muista järjestelmistä. [63] HSL:n käytössä olevat laitteet tallentavat matkustajahavainnon lisäksi kellonajan, kulkuneuvon GPS-koordinaatit ja etäisyyden edellisestä pysäkestä [3, s. 5]. Kuvassa 32 on esimerkki järjestelmästä junaan asennettuna ja siinä näkyy, miten datan tallennus ja lähetys tapahtuvat.



Kuva 32. Esimerkki järjestelmästä junassa [16, s. 59–60][63].

Tallennuksen jälkeen raakadata lähetetään käsiteltäväksi. Käsittely tapahtuu DavisWeb Mobilessa, joka on Dilaxin tietokanta- ja raportointisovellus. Raakadata siirretään laskimista Dilaxin palvelimelle ja tiedonsiirto tapahtuu FTP:llä, joka on tiedonsiirtomenetelmä kahden tietokoneen välillä. [3, s. 5] DavisWeb Mobilessa raakadata kohdistetaan oikeille linjoille ja lähdoille lähtötietojen avulla. Junien lähtötiedot tulevat VR:ltä ja raitiovaunujen sekä bussien reitit, pysäkit, aikataulut ja lähtöketjut saadaan joukkoliikennerekisteristä (JORE). [64] DavisWebissä on oma tietokanta busseille, raitiovaunuille sekä junille [10]. Tietokannoista saa tulostettua valmiita raportteja, mutta raportteja voi myös vaihtoehtoisesti laatia parhaiten omiin tarpeisiin sopiviksi [64]. Kuvassa 33 on havainnollistettu datan käsittelyn vaiheet.



Kuva 33. Datan käsittelyn eri vaiheet Dilax-prosessissa [10] [64].

Laskentalaitteiden ovisensorit tulisi tarkistaa aika ajoin ja säätää kohdilleen. Tämä aiheuttaa kustannuksia, koska säätäminen vaatii työtunteja ja lisäksi laitteille pitäisi tehdä manuaalisia tarkistuslaskentoja, jotta nähtäisiin onko säädöt tehty oikein. Tässä mielessä Dilaxin laitteet eivät edusta uusinta teknologiaa, sillä jo nyt on olemassa laskimia, jotka eivät vaadi säätöjä sensoreihinsa alkuperäisen asennuksen jälkeen. Muun muassa Iriksen IRMA Matrix-sensorit edustavat tällaista teknologiaa. [15]

Dilax-laitteiden kustannuksiin, hankinnan ja asentamisen osalta, vaikuttavat ajoneuvon tyyppi ja ovien määrä. Esimerkiksi 3-oviseen bussiin laskentalaitteet kustantavat noin 3 000 € ja niiden asentamisesta aiheutuva työ ja projektinhallinta ovat tapauskohtaisia. Kun laskentalaitteet asennettiin runkolinjan 550 kymmeneen bussiin, kustannuksia syntyi noin 4 300 euroa ajoneuvoa kohden. Lisäksi jokaista ajoneuvoa kohden, johon asennetaan Dilaxin laskentalaitteet, pitää maksaa kertaluontoinen DavisWeb-lisenssi, joka maksaa 800 €/ajoneuvo. [60]

DavisWebin käyttökin maksaa vuosittain. Hintaan vaikuttavat laitteiden määrä sekä ajoneuvon tyyppi eli onko kyseessä bussi, juna vai raitiovaunu. Nykyisillä ajoneuvomäärillä busseissa ja lähijunissa kustannus on 100–140 euroa per ajoneuvo. Raitiovaunuissa hinta on hieman edullisempi. Laitteiden huollosta syntyviä kustannuksia on vaikea laskea, mutta HSL:n omaa henkilötöitä huoltoihin kuluu noin 0,5-1 kuukausi vuodessa. [60]

4.1.2 Matkakorttijärjestelmä

Matkakorttijärjestelmä on käytössä viidessä HSL-alueen kulkumuodossa. Busseissa, raitiovaunuissa ja lähijunissa matkakortinlukijat sijaitsevat ajoneuvossa. Metrossa ja Suomenlinnan lauttaliikenteessä lukijat puolestaan sijaitsevat pysäkeillä ja satamissa. Järjestelmään kuuluu yhteensä 13 500 komponenttia, jotka jakautuvat edelleen kolmeen erilliseen järjestelmään [65]. Järjestelmät ja niihin kuuluvat komponentit on lueteltu alla.

- **ajoneuvon järjestelmä:** ajoneuvotietokone, antenni, kuljettajakortinlukija, kuljettajamyntilaite, matkakortinlukija, reititin
- **myyntijärjestelmä:** kortinlukijat, lippuautomaatit, myyntipistetietokoneet, työasemalaitteet
- **varikkojärjestelmä:** tilitysautomaatit, varikkolaitteet [65]

Järjestelmään kuuluvien komponenttien lisäksi keskeinen osa järjestelmää on matkakortti. Korttien toiminta perustuu ISO 14443 A -standardin mukaiseen radiotaajuuksilla toimivaan etälukutekniikkaan (RFID). [65] Käyttäjän tiedot tallennetaan matkakortissa olevaan RFID-tunnisteeseen ja tiedonsiirto tapahtuu 106 kb/s nopeudella aktiivisen lukijan ja passiivisen tunnisteen välillä. Passiivisella tunnistella, tässä tapauksessa matkakortilla, tarkoitetaan RFID-tunnistetta, jolla ei ole omaa virtalähdettä. Tunniste saa virtansa lukijan oskilloivasta magneettikentästä, joka indusoi vaihtovirran tunnisteseen, kun se on tarpeeksi lähellä lukijaa. ISO 14443A -standardissa lukuetaisyys on rajattu 3-4 senttimetriin. [66] Matkakortin ja kortinlukijan välinen tiedonsiirto on esitetty kuvassa 34.



Kuva 34. Matkakortin ja kortinlukijan välinen tiedonsiirto [66] [67].

Matkakorttijärjestelmällä lasketaan bussien nousijamäärät. Järjestelmän tiedoista tehdään poiminta rajapinnan kautta. Poiminnassa kerätään tärkeitä tietoja linjasto- ja aikataulu- suunnittelun kannalta mm. nousuista ja pysäkkiajoista. Kun tiedot siirretään L-infoon, niitä täydennetään muun muassa joukkoliikennerekisterin reitti- ja aikataulutiedoilla. [66]

Matkakorttijärjestelmää ollaan uusimassa HSL:n toimesta ja uusi lippu- ja informaatiojärjestelmä (LIJ) otetaan käyttöön vuoden 2015 loppuun mennessä. Uuden järjestelmän myötä matkakortit ja niiden lukijat uusitaan. Matkakorttien vaihto alkaa syksyllä 2016 ja uudet kortit toimivat uuden vyöhykemallin kanssa. Kertakortti muuttuu uudistuksen myötä matkailijakortiksi ja matkakortti HSL-kortiksi. [68] Lukijalaitteiden vaihto aloitetaan syksyllä 2015 ja se jatkuu vuonna 2016. Uuden lukijalaitteen lisäksi ajoneuvoihin tulee vanhojen komponenttien rinnalle kuljettajapääte ja VoIP. [65] VoIP tarkoittaa internetin tai muun IP-protokollaa käyttävän verkon kautta tapahtuvaa puhelun siirtoa [69]. Uudet matkakortit ja niiden lukijat tarjoavat entistä joustavamman vaihtoehdon matkustusvyöhykkeiden lisäämiselle, kun HSL-alueella siirrytään uuteen kaarimalliin. Muutos nykyisestä kuntarajoihin perustuvasta mallista tapahtuu aikaisintaan vuoden 2017 alkupuolella. [70] Kuvassa 35 on esitetty uudet kortit sekä uusi lukijalaite.



Kuva 35. Uusi HSL-kortti (sininen), matkailijakortti ja matkakortinlukija [68] [71].

Osana uutta lippu- ja informaatiojärjestelmää yhtenäistetään nykyiset matkustajainformaatiojärjestelmät. Uusi järjestelmä tuo monia huomattavia etuja ja parantaa muun muassa reaaliaikaisen matkustajainformaation määrää tuomalla koko Helsingin seudun joukkoliikenteen sen piiriin. Järjestelmä lisää myös joukkoliikenteen sujuvuutta ja luotettavuutta laajentamalla aluetta, joilla liikennevaloituksia voidaan toteuttaa ja parantamalla poikkeustilanteiden informaatiota. [72]

Matkakorttijärjestelmän uusiminen aloitetaan siis vuoden 2015 syksyllä uuden lippu- ja informaatiojärjestelmän (LIJ) käyttöönoton myötä. Uusi lippujärjestelmä vaatii uusia komponentteja ajoneuvoihin ja tästä aiheutuu kustannuksia HSL:lle komponenttien hankinnan ja niiden asennusten kannalta. Uuden järjestelmän laitteet maksavat noin 6 000 euroa ajoneuvoa kohden ja niiden asentaminen maksaa noin 1 500 €/ajoneuvo. HSL vastaa lisäksi laitteiden huolloista. Laitteiden huoltaminen maksaa HSL:lle vuodessa noin 500 000 euroa. Laitteiden kunnossapidosta vastaa liikennöitsijä. [65]

Kaikkineen uusi lippu- ja informaatiojärjestelmä maksaa HSL:lle 60 miljoonaa euroa. Summa sisältää noin 7 000 uutta laitetta sekä niiden asennuksen ajoneuvoihin. Lisäksi järjestelmän uusiminen vaatii miljoonia uusia matkakortteja, jotka muodostavat merkittävän osan kokonaissummasta. [73]

Uuden lippu- ja informaatiojärjestelmän lisäksi myös matkalippujen ostamiseen on tulossa muutoksia. Kesällä 2015 HSL-alueella tulee käyttöön kattava mobiililippu, jota käytetään älypuhelinsovelluksella. Bonwallin tuottama mobiililippu käy koko HSL-alueella kaikkiin joukkoliikennevälineisiin ja sen tarkoitus on helpottaa erityisesti HSL-alueen ulkopuolisten matkustajien kulkua joukkoliikennevälineissä. Mobiililipun käyttöönotto perustuu osaksi HSL:n tuottamaan tutkimukseen, jonka mukaan kolmasosa vastaajista haluaisi maksaa matkansa mobiilisovelluksen avulla matkakortin sijaan. [74]

4.1.3 Metron laskentalaitteet

Samoin kuin Dilaxin laitteilla, myös metron laskentalaitteilla tehtävät laskennat ovat tyyppiltään profiililaskentoja. Metron matkustajalaskentajärjestelmä on pääosin ABB:n toimittama. ABB:n laitteissa laskenta perustuu valokennolaskureihin ja niitä käytetään 15 asemalla. Laskimet sijaitsevat portaiden ja liukuportaiden ylä- tai alapäässä ja hissien piepilipelleissä. Joillain asemilla laskurit ovat asemien ovissa. Kuvassa 36 valokennolaskurit näkyvät tolppien puolivälin alapuolella. Kulosaaren ja Siilitien asemat on peruskorjattu ja korjauksen yhteydessä niille asennettiin Sick:n valmistamat laskurit. Kyseiset laskurit sijaitsevat asemien alakatossa ja niiden toiminta perustuu laserskannereihin. [34]



Kuva 36. Valokennolaskurit liukuportaiden alapäässä [28].

Valokennoteknologiassa laskenta tapahtuu, kun matkustaja katkaisee valokennon ja vastaanottimen välisen säteen. Matkustajahavainno kirjautuu vastaanottimeen, joka laskee säteiden katkeamisia. Omissa, hisseissä ja tavallisissa portaissa valokennojen lähettämä säde on kahdennettu ja matkustajan kulkusuunta saadaan selville säteiden katkeamisjärjestyksen perusteella. Liukuportaissa matkustajien suunta saadaan portaiden pyörimissuunnasta. Matkustajahavainnon kirjautumisen jälkeen tiedot siirtyvät eteenpäin pulssi-releen toimesta. [34]

Valokennolaskureiden tiedot siirtyvät minuutin välein HKL:n Kiinteistöpalvelun työasemalle, jossa tiedot summataan 15 minuutin tiedostoiksi. SAS-ohjelma työstää 15 minuutin tekstitiedostot tunnin luvuiksi käyttäen apuna korjauskertoimia ja Liikennepäiväkalendareria, joka ilmoittaa ohjelmalle erikoispäivät. Edellä mainitut tiedostot lähetetään FTP:llä HSL:n palvelimelle laskentoja seuraavana aamuna kello 5:00. Tietoturvan vuoksi siirrolle on sallittu vain yksisuuntainen liikenne. Lopputuloksena saadaan vuorokauden matkustajamäärä asemittain ja nämä tiedot tallentuvat MELA-tietokantaan, jonka ylläpidosta vastaa Tieto Oy. [75]

Sick:n laserskannereissa tunnistus tapahtuu, kun matkustaja kävelee alakatossa sijaitsevan skannerin alta. Laite tunnistaa ihmisen ja liikkeen suunnan, jonka jälkeen tiedot siirtyvät releen kautta palvelimelle. Kulosaaren ja Siilitien asemilla olevat Sick:n laserskanneri-laskimet maksavat noin 10 000 € kappale. [34]

4.2 Mobiililaskennat

Mobiiliteknologiat mahdollistavat matkustajakohtaisten tietojen hankkimisen. Jo olemassa olevilla teknologioilla voidaan siis selvittää yksittäisten matkustajien nousu- ja poistumisasemat. Näitä teknologioita on monia ja monet niistä löytyvät esimerkiksi älypuhelimista tai tableteista. Jokaisella teknologialla on myös sekä hyvät että huonot puolensa matkustajalaskentojen toteuttamisen kannalta ja tässä luvussa selvitetään näitä hyötyjä ja haittoja.

Matkustajavirtainformaation keräämiseen käytetään mobiililaskennoissa paikkatietoja. Paikkatiedon selvittäminen voidaan tehdä monilla eri tekniikoilla, mutta kaikkien tekniikoiden käytössä nousee esiin yksi yhteinen tekijä, *anonymisointi*. Sähköisen viestinnän tietosuojalaki (SVTSL) vaatii paikkatietojen anonymisoinnin, minkä jälkeen paikkatietojen vapaa käsittely on sallittua. Kaikkien HSL:lle tulevien tietojen pitäisikin olla salattuja ja yksittäisten käyttäjien jäljittämisen tai henkilötietojen selvittämisen tiedoista pitäisi olla estettyä/mahdotonta. [76]

Toisesta näkökulmasta mobiililaskennat hyödyttävät myös matkustajia. Joidenkin mobiiliteknologioiden avulla on mahdollista tarjota matkustajille paikkatietoon perustuvia lähitarjouksia sekä mainoksia ja kansainvälisissä tutkimuksissa on todettu, että niitä haluaa 30 % käyttäjistä [77]. Tämä olisikin hyvä tapa kannustaa matkustajia kytkemään päälle esimerkiksi puhelimen WLAN-ominaisuus.

4.2.1 WLAN/Bluetooth

Bluetooth on langaton tiedonsiirtoteknologia, joka perustuu lyhyen kantaman radiotekniikkaan. Kantama riippuu lähetystehosta ja vaihtelee 1 metrissä 100 metriin riippuen Bluetooth-radion luokasta. Bluetooth-radiot voidaan jakaa kolmeen luokkaan. Luokan 3 radioissa kantama on korkeintaan yhden metrin. Luokan 2 radion kantama on noin 10 metriä ja se on yleisimmin käytössä mobiililaitteissa. Luokassa 1 kantama on 100 metriä ja sitä käytetään pääasiassa teollisuudessa. [78] Kantamaan vaikuttavat myös laitteiden kokoon- ja toimeenpanot. Teknologia toimii 2,4–2,485 gigahertsin taajuusalueella ja tiedonsiirto tapahtuu PAN-verkon (Personal Area Network) sisällä. [79]

Bluetooth kehitettiin jo vuonna 1994 ja sen käyttö on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina. Nykyään lähes kaikki älypuhelimet, tabletit ja tietokoneet tukevat Bluetooth-teknologiaa. Teknologiaa löytyykin jo miljardeista laitteista [79], minkä takia se voisi soveltua myös matkustajalaskentoihin. Bluetoothin käytön yleistymisen tarkoittaa, että yhä useampi älypuhelimien tai tabletin käyttäjä pitää teknologiaa päällä liikkuaan. Tämä puolestaan mahdollistaisi tällaisten laitteiden havaitsemisen esimerkiksi metroasemilla. Bluetoothin etuna on myös se, että tekniikan avulla laite voi muodostaa tai kuulua

useampaan verkkoon samanaikaisesti [78]. Toisin sanoen esimerkiksi laitteen tunnistaminen Bluetoothilla onnistuisi, vaikka laite olisi yhteydessä muun muassa Bluetooth-kuulokkeisiin ilman, että yhteys kuulokkeisiin katkeaisi.

Useimmissa mobiililaitteissa Bluetoothin kantama on noin 10 metrin luokkaa, joten asemille pitäisi asentaa useita tukiasemia [78]. Tukiasemat tunnistavat ja erottelevat laitteet niiden MAC-osoitteiden (Media Access Control) perusteella. MAC-osoite on jokaisella laitteella oleva yksilöllinen koodi, jota käytetään laitteen tunnistamiseen verkossa. Koodi koostuu kuudesta kahden merkin sarjasta, jotka on erotettu toisistaan kaksoispisteellä. [80] Matkustajalaskennoissa MAC-osoite on salattava, jotta datasta ei voida selvittää yksittäisten henkilöiden liikkeitä.

WLAN on lyhenne sanoista *Wireless Local Area Network* eli se tarkoittaa langatonta lähiverkkoa. Samoin kuin Bluetooth-tekniologiassa laitteiden tunnistus verkossa tapahtuu MAC-osoitteen pohjalta [77]. Langattoman laitteen ja WLAN-tukiaseman välinen tiedonsiirto tapahtuu radioteitse laitteessa olevan lähiverkkokortin avulla ja teknologia perustuu IEEE 802.11 standardiin [81]. Kuvassa 37 on Ciscon säänkestävä tukiasema, joita voitaisiin käyttää esimerkiksi metroasemilla.



Kuva 37. Esimerkki Ciscon säänkestävästä WLAN-tukiasemasta [82].

WLAN toimii kahdella eri taajuudella, 2,4 GHz ja 5,4 GHz. Taajuudella 2,4 GHz verkon kantama on hyvissä olosuhteissa 100 metriä ja taajuudella 5,4 GHz noin 50 metriä. [83] Taajuus 2,4 GHz on vapaa taajuus ja 5,4 GHz on puolestaan luvanvarainen taajuus. Taajuuden valintaan vaikuttaa, mitä 802.11-standardia tukiasema käyttää. Suunnattavilla erikoisanteille kantamaa on mahdollista kasvattaa jopa muutamiin kilometreihin. [81]

Metroasemilla WLAN-tukiasemia tarvittaisiin useampi johtuen asemien rakenteesta ja niissä käytetyistä rakennusmateriaaleista. Useassa kerroksessa oleva rakenne ja paksut, usein betonista ja teräksestä tehdyt seinät ja lattiat, vaimentavat tukiasemien radioaaltoja [81]. Yhtä tärkeää kuin WLAN-verkon laajentaminen koko asema-alueelle on myös sen

rajaaminen koskemaan vain asema-aluetta. Tällöin voidaan varmistaa, että laskentaan tulisi mukaan vain asemalla olevat matkustajat eikä ohikulkijoita. Tosin matkustajavirtainformaatiota tehdessä ongelma ohikulkijahavainnoista poistuu, koska matkustajien laitteet paritettaisiin pääteaseman havaintoihin.

Yhden haasteen matkustajan havaitsemiseen asemalla luo myös ”probe request”, jonka lähetysväli vaihtelee eri laitteiden välillä ja se voi olla jopa 60 sekuntia [77]. ”Probe request” tarkoittaa toimintoa, jossa kannettavan laitteen verkkokortti etsii joko yhtä verkkoa tai jonkin alueen kaikkia verkkoja aktiivisesti skannaamalla aluetta [84]. 60 sekunnin lähetysvälillä on mahdollista, että matkustaja ehtii tulla asemalle, nousta junan kyytiin ja poistua asemalta ennen kuin tukiasema havaitsee laitetta. Tällöin havainto jää tekemättä ja WLAN-toimintoa päällä pitävien matkustajien osuuden ollessa jo valmiiksi melko suppea niin kaikki havainnot ovat tärkeitä.

Keskeinen ongelma, WLAN- tai Bluetooth-teknologiaan perustuvassa laskennassa, onkin toimintoja päällä pitävien matkustajien osuuden selvittäminen kaikista matkustajista. Monet pitävät toimintoja pois päältä, koska ne kuluttavat laitteen akkua. Lisäksi osuuteen vaikuttaa sellaisten matkustajien määrä, joilla on useampi kyseistä teknologiaa käyttävä laite. Mikäli henkilöllä on esimerkiksi mukanaan sekä älypuhelin että tabletti ja molemmissa olisi WLAN päällä, niin silloin hän tulisi lasketuksi kahteen kertaan. Laskentatulosten laajentaminen vastaamaan useampaa matkustajaa vaatii siis tutkimusta. Jos suppeampi matkustajamäärätieto riittää eikä tulosten laajentamiselle ole tarvetta, niin teknologialla saa selvitettyä matkustajavirtainformaatiota. Tämä vaatii kuitenkin, että jokaiselle nousijalle löytyy pari poistujista.

4.2.2 3G/4G -paikannus

3G/4G -paikannuksen suurin etu muihin mobiililaskentoihin on sen kattavuus. 3G- tai 4G-laitteiden kattavuus ja päällä olo on tutkimusten mukaan yli 90 %. Lisäksi useimmilla matkustajilla on vain yksi kyseistä teknologiaa tukeva laite, joten yhden matkustajan kaksoishavainnot olisivat harvinaisia. [77]

Passiivisessa paikannuksessa laitteiden tunnistaminen tapahtuisi vaihtuvan TMSI-koodin (Temporary Mobile Subscriber Identity) perusteella. Koodi takaisi käyttäjien anonymiteetin säilymisen ja se pysyisi samana koko metromatkan ajan. Passiivipaikannus vaatisi ratkaisun TMSI-koodin tunnistamiseen, koska koodit ovat salattuja. Kuuntelu tarvitsee osaamista lisäksi W-CDMA hajaspektritekniikan dekodauksesta, koska kaikki laitteet lähettävät samalla taajuudella samaan aikaan. Nykyiset standardit eivät myöskään edellytä yhteydenpitoa tukiasemaan, joten laitteiden tunnistaminen vaatii aktiivisen session päätelaitteessa. Tämä tarkoittaa joko puhelua tai jatkuvaa datan siirtoa matkan aikana. Muuten sekä lähtö- että pääteaseman selvittäminen aineistosta ei olisi mahdollista. [77]

Yksi vaihtoehto 3G/4G -paikannuksessa olisi aineistojen ostaminen suoraan operaattoreilta. Aineistot ovat operaattorikohtaisia, joten niiden laajentaminen koskemaan kaikkia matkustajia olisi tarpeellista. Samoin kuin passiivisessa paikannuksessa myös tämä vaihtoehto vaatii laitteelta aktiivisen session tukiasemaan. Esimerkiksi Liikennevirasto on ostanut paikannuspalvelua TeliaSoneralta ja aineistoa on täydennetty vielä ”Nokia Here”-stä saaduilla tiedoilla. Vaihtoehdon hyvä puoli on se, että aineistot ostettaisiin valmiiksi salattuina. [77]

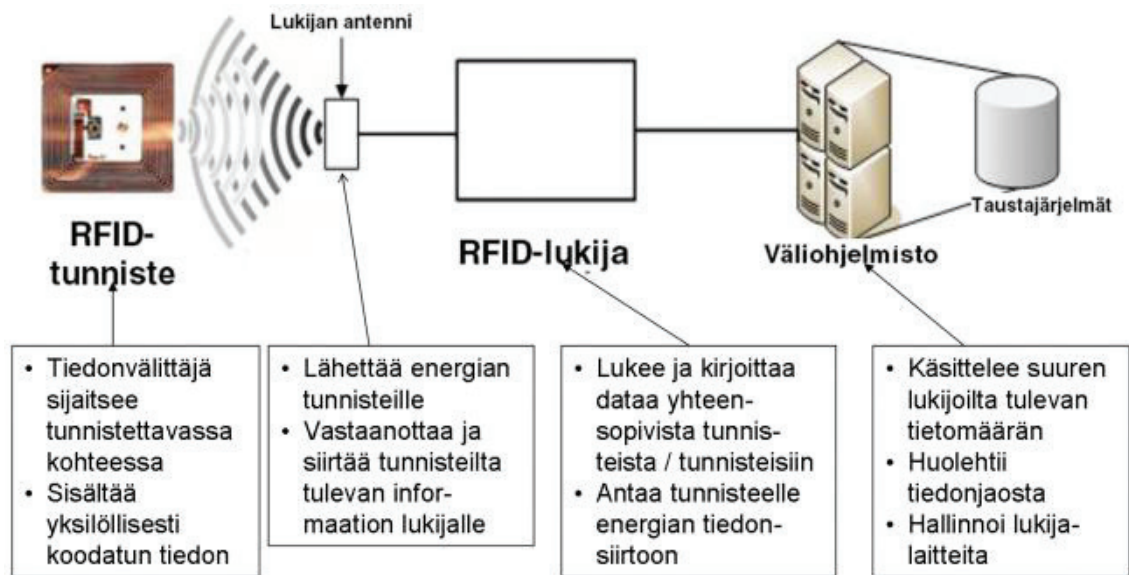
Operaattorien lisäksi myös monet muut toimijat esimerkiksi Google ja Apple keräävät mobiililaitteiden paikkatietoja. Yksi vaihtoehto olisi siis lähestyä näitä toimijoita ja hankkia tarvittavat tiedot tätä kautta. Ongelmaksi voi muodostua ihmisten halukkuus omien paikkatietojen luovuttamiselle, vaikkakin HSL:n käsittelemät tiedot ovat anonymisoituja. [77]

Ongelmia tunnistamiseen saattaa aiheutua siitä, että esimerkiksi 3G-verkossa laite voi olla yhteydessä useampaan tukiasemaan yhtäaikaisesti. Tämä voi hankaloittaa arviointia, minkä tukiaseman alueella laite sijaitsee. Lisäksi ongelmia voi aiheuttaa yhteinen taajuus, jota käytetään 3G-verkossa liikennöintiin. [85, s. 15–16]

4.2.3 RFID

RFID tarkoittaa radiotaajuuksilla toimivaa tekniikkaa, joka soveltuu erinomaisesti tunnistamiseen ja kulunvalvontaan. Teknologia perustuu RFID-tunnisteeseen kirjoitetun tiedon lukemiseen RFID-lukijalla. RFID-tunnisteet voidaan jakaa passiivisiin ja aktiivisiin tunnistuksiin. Passiiviset tunnistukset eivät tarvitse omaa virtalähdettä, vaan ne saavat virtansa lukijan luomasta oskilloivasta magneettikentästä. Lisäksi niiden hinta on matala ja elinikä melko pitkä. Aktiiviset tunnistukset puolestaan vaativat oman virtalähteen, joka käytännössä tarkoittaa paristoja. Aktiivisten tunnistusten lukuetäisyys on yli 100 metriä ja niiden tietoturvasa on korkea, mutta käytännössä ne eivät kuitenkaan sovellu matkustajalaskentoihin korkean hinnan, lyhyen käyttöiän ja oman virtalähteen tarpeen vuoksi. [66]

RFID-tekniikkaan perustava matkustajalaskenta pitäisi toteuttaa passiivisten tunnistusten avulla. Jotta matkustajatietoja saataisiin mahdollisimman kattavasti, tunnistukset kannattaisi integroida matkakorttiin. Tunnistaminen tapahtuisi automaattisesti asemalla, eikä käyttäjän tarvitsisi näyttää korttia erikseen. Tunnistusten tiedot anonymisoidaisiin, jotta niistä ei saisi selville henkilötietoja. Henkilötiedot eivät välttämättä olisi edes tarpeellisia, koska oleellista olisi vain kortin tunnistaminen lähtö- ja päätepysäkillä ja näiden tietojen parittaminen.



Kuva 38. RFID-lukijan toimintaperiaate [66].

Tekniikan haittana on, että sille ei ole olemassa valmista ja oikeanlaista infraa asemilla eikä joukkoliikenteen käyttäjillä. Jokaiselle asemalle pitäisi siis asentaa RFID-lukija ja matkakortteihin pitäisi lisätä etätunnistamiseen soveltuva RFID-tunniste. Toiseksi passiivisten RFID-tunnisteiden lukuetaisyys on vain hieman yli 10 metriä ja tunnistaminen vaatii voimakkaan lukijasignaalin [66]. Lukijoita tarvittaisiin asemille siis useampia, jotta niillä voitaisiin kattaa koko haluttu alue.

RFID-teknologiaa käytetään jo nykyisessä matkakorttijärjestelmässä. Kyseisen järjestelmän toiminta perustuu HF-tekniikkaan ja siinä tunnisteen lukuetaisyys on rajattu 3-4 senttimetriin, kuten on esitetty luvussa 4.1.2. Matkustajavirtainformaation kannalta tämä järjestelmä vaatisi kortin leimaamisen myös asemalta poistuttaessa, eikä se siksi soveltu kyseessä olevaan toimintaan. Nykyisten tunnisteen etäluku ei ole mahdollista. Etälukua varten kortteihin pitäisi integroida toinen pitkän etäisyyden lukua tukeva, UHF-tekniikkaan perustuva, RFID-tunniste [77].

Monissa uusimmissa älypuhelimissa on asennettuna NFC-teknologia (Near Field Communication). Puhelimissa on sekä RFID-tunniste että -lukija. [86] Se soveltuisi hyvin esimerkiksi matkalippujen maksamiseen älypuhelimella, mutta matkustajalaskennassa sen käyttö ei toimisi. Ongelma on sama kuin nykyisessä matkakorttijärjestelmässä eli NFC-tekniikassa lukijan ja tunnisteen lukuetaisyys on rajattu noin 4 senttimetriin [86]. Jos NFC-tekniikalla haluttaisiin tuottaa matkustajavirtainformaatiota, niin se vaatisi tunnisteen leimaamista myös poistuttaessa asemalta.

4.2.4 Muut aineistot

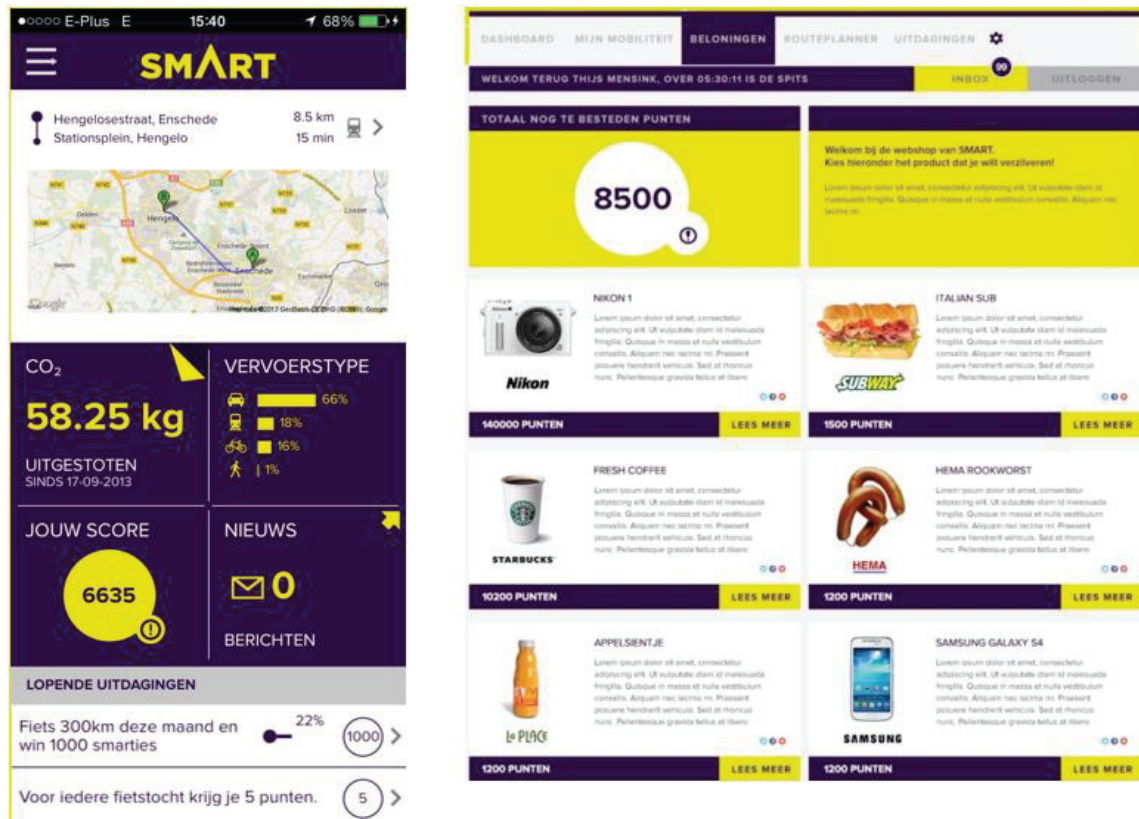
Avoimen datan rooli joukkoliikenteessä on kasvanut huomasti älypuhelimien ja tablettien yleistyttyä. Erityisesti informaation hakeminen Internetistä on helpottunut ja lisääntynyt mobiilidatan nopeuden ja helppouden kasvaessa. Sama koskee myös joukkoliikennettä koskevaa informaatiota.

Avoin data takaa paremman informaation saatavuuden joukkoliikenteen käyttäjille. Matkustajainformaatio voidaan yhdistää moniin eri toimintoihin mobiiliapplikaatioissa, kuten Enscheden kaupungissa Hollannissa on tehty. Kaupungissa on käytössä SMART-applikaatio (Self-Motivated And Rewarded Travelling), jolla on pyritty houkuttelemaan ihmisiä käyttämään enemmän julkista liikennettä. [87]

Kaupungissa haluttiin kasvattaa pyöräilyn ja julkisen liikenteen kulkutapaosuutta rakentamalla näille lisää infrastruktuuria, lisäämällä informaatiota sekä houkuttelemalla ihmisiä käyttämään näitä kulkumuotoja SMART-applikaation avulla. Applikaation kehittäjien mukaan juuri ihmisten kannustaminen esimerkiksi joukkoliikennepalveluiden käyttämiseen on ensisijaista, koska tällöin olemassa olevista palveluista ja infrastruktuurista saadaan suurin hyöty irti. SMART-järjestelmä koostuu viidestä komponentista: [87]

- reaaliaikaisesta liikennedatasta: tuotetaan avoimesta datasta
- eri kulkumuodot sisältävästä reittioppaasta: auttaa suunnittelemaan kulkutavan ja -reitin
- applikaatiosta ja Internet-yhteydestä: yhdistää käyttäjän ja liikenneinformaation
- henkilökohtaisen liikkumisen mittauksesta: antaa automaattisesti palautetta omasta liikennekäyttäytymisestä
- palkkiot sisältävästä kaupasta: sisältää haasteet ja palkinnot. [87]

Järjestelmän ideana on siis kannustaa ihmisiä käyttämään julkista liikennettä ja pyöräilyä henkilöauton sijaan. Kannustukseen järjestelmä esittää haasteita, joita suorittamalla käyttäjä saa kerättyä pisteitä. Haasteet ovat eriarvoisia sekä muuttuvia ja niistä kerätyt pisteet voi käyttää palkkiot sisältävässä kaupassa. Applikaatio tallentaa omat reitit ja pitää matkapäiväkirjaa omasta liikennekäyttäytymisestä. [87] Kuvassa 39 on esitetty näkymä applikaation työpöydästä ja mahdollisista palkinnoista.



Kuva 39. Näkymä SMART-applikaation työpöydästä ja mahdollisista palkinnoista [87].

Työpöydällä on nähtävissä viimeisin reitti, kerätyt pisteet, oma kulkutapajakauma eri kulkumuotojen välillä ja viimeisimmät haasteet. Lisäksi työpöydältä on nähtävissä esimerkiksi, paljonko omia hiilidioksidipäästöjä on saanut vähennettyä. Hiilidioksidipäästöjen tilalle on mahdollista saada näkyviin esimerkiksi, paljonko on kuluttanut kaloreita omalla liikkumisella tai paljonko on säästänyt pyörimällä autolla ajamisen sijaan. Näkymä riippuu siitä, minkälaiset tavoitteet on itselle asettanut applikaation asetuksista. [88] Applikaatio mittaaakin automaattisesti millä kulkutavalla käyttäjä kulkee, reitin ja kuinka nopeasti reitti kuljetaan. Lisäksi se laskee paljon reitin aikana kuluttaa kaloreita sekä mitkä ovat matkan kustannukset ja ympäristövaikutukset. [89]

SMARTin kaltainen applikaatio voisi toimia myös HSL-alueella. Joukkoliikenneosuuden kasvattaminen on tärkeää ja tällainen applikaatio toisi uuden tavan tämän haasteen saavuttamiseen. Tuotepalkintoja ja alennuksia tarjoavan applikaation toteuttaminen vaatii kuitenkin yhteistyökumppaneita. Mitä enemmän yhteiskumppaneita saisi houkutelua mukaan, sitä laajemmin tarjonnan saisi myös palkintoihin. Laaja palkintoskaala voisi houkutella enemmän käyttäjiä ja parhaassa tapauksessa kaikille olisi jotain tarjolla. Kokonaisuutena SMART-applikaatio vaikuttaa toimivalta ja applikaation keräämille matkustustiedoille olisi varmasti käyttöä myös joukkoliikenteestä vastaavalle taholle. Tiedot pitäisi kerätä tietenkin käyttäjien suostumuksella.

Tiedot sisältäisivät matkustajien lähtö- ja pääteasemat, joten niiden perusteella saataisiin muodostettua matkustajavirtainformaatiota. Tiedot olisivat luultavasti melko hajanaisia ja niiden kokoaminen eri linjoille voisi viedä melko paljon aikaa. Lisäksi määrät eri linjoilla saattaisivat jäädä melko pieniksi, mutta silti tiedoista voisi olla huomattaviakin hyötyjä suunnittelijoille.

WLAN-toimintaa päällä pitävien matkustajien osuus kaikista matkustajista pitäisi selvittää, jotta tulosten laajentaminen onnistuisi mahdollisimman tarkasti. Tällä hetkellä osuuden tarkkaa arvoa on vaikea arvioida, mutta osuuden kasvattaminen olisi kuitenkin oleellista, jotta WLAN-laskennasta saataisiin mahdollisimman kattava. Mikäli HSL-alueella olisi käytössä SMARTin tapainen applikaatio, niin yksi haaste voisi olla WLAN-tekniikan käyttö metrolla kulkiessa. Haasteessa voisi selittää, miksi WLAN halutaan päälle ja mielestäni se voisi olla tehokas keino WLAN-käyttäjien määrän kasvattamisessa.

Syksyllä 2015 HSL on ottamassa käyttöön uuden mobiilisovelluksen. Sovellusta testataan aluksi pilottina ja sitä käytetään asiakastytyväisyyden mittaamisessa. Testiryhmään on tarkoitus ottaa mukaan satoja tai muutamia tuhansia ihmisiä. Suurempi testiryhmä antaa luonnollisesti suuremman otannan ja näin ollen saadaan selville enemmän tietoa, miten sovellus toimii käytännössä ja miten ihmiset suhtautuvat sovellukseen. Sovelluksen tekijänä on, myös muuta yhteistyötä HSL:n kanssa tekevä, Data Rangers. [90]

Sovellukseen on tarkoitus lisätä myös mahdollisuus palautteen antamiselle melko nopeasti sen käyttöönoton alettua. Alussa sovellus keskittyy kuitenkin vain asiakastytyväisyyteen. Sovelluksesta on suunniteltu geneerinen, joten sillä voidaan tutkia lähes mitä tahansa palvelua. Jo kahden vuoden päästä on mahdollista, että sovelluksesta on käytössä kehittyneempi versio. Tämä versio sisältäisi parhaassa tapauksessa kaikki käyttäjän tarvitsemat palvelut saman sovelluksen alaisuudessa. Sovelluksen sisältämät palvelut olisivat:

- matkan suunnittelu
- poikkeusinfo
- mobiililippu
- dynaaminen matkanaikainen navigointi
- palautteen antaminen. [90]

Mobiiliapplikaatioiden toimintaa voidaan lähestyä neljästä eri näkökulmasta. Nämä näkökulmat ovat sovelluksen käyttäjät, joukkoliikennesuunnittelijat ja -toimijat, liikennöitsijät ja sovelluksen kehittäjät. Toimiva kokonaisuus ottaa huomioon kaikki edellä mainitut toimijat ja tarjoaa jokaiselle toimijalle heidän tarvitsemiaan tietoja. [90] Seuraavilla sivulla on esimerkkejä, mitä kokonaisvaltainen sovellus voisi tarjota kullekin toimijalle.

1. Sovelluksen käyttäjä

Sovellukseen voisi tallentaa tai se oppisi itse tunnistamaan käyttäjän yleisesti käyttämät reitit ja linjat. Tällöin poikkeustilanteissa, esimerkiksi jonkin junavuoron peruuntuessa, sovellus antaisi automaattisesti ilmoituksen, että käyttäjän pitää käyttää eri linjaa tai reittiä.

Sovellus tarjoaisi uudet vaihtoehdot matkalle ja näyttäisi niiden aikataulut.

Sovellus sisältäisi myös matkalipun, jossa voisi olla ladattuna joko arvoa, kausilippu tai molemmat ja se ilmoittaisi, mikäli arvo ei riittäisi halutulle matkalle tai mikäli kausilippu olisi umpeutumassa.

Dynaaminen navigaatio ilmoittaisi muutoksista matkan aikana. Esimerkiksi ongelmien ilmetessä tai käyttäjän tehdessä ylimääräisen pysähdyksen sovellus ilmoittaisi vaihtoehtoiset linjat/reitit loppumatkalle.

Kaikilla käyttäjillä voisi olla mahdollisuus kuulua kehitysryhmiin, joilla pyrittäisiin kehittämään linjoja vastaamaan paremmin asiakkaiden toiveita ja matkustustottumuksia. Mobiilisovellus ilmoittaisi tällaiseen ryhmään kuuluvalla käyttäjälle kehitysehdotusten antamisesta käyttäjän kulkiessa kehityksen kohteena olevalla linjalla.

Sovelluksen kautta voisi antaa myös suoraan palautetta, mikäli matka ei esimerkiksi sujuisi toivomusten mukaan. Sovellus yhdistäisi palautteen kuljettuun linjaan sekä oikeaan ajoneuvoon ja tämä mahdollistaisi palautteen ohjaamisen nopeasti ja tehokkaasti suoraan kuljettajalle ja liikennöitsijälle.

Lisäpalveluina voisi olla muun muassa tarjousten saaminen sovellukseen. Tarjouksia voisi tulla esimerkiksi sellaisilta palveluilta, jotka sijaitsevat matkustajan usein käyttämien asemien yhteydessä. [90]

2. Joukkoliikennetoimija ja -suunnittelija

Joukkoliikennetoimijaa ja -suunnittelijaa sovellus hyödyttäisi kehitysryhmien kautta. Esimerkiksi, jos suunnittelija olisi tietoinen jonkin linjan muuttamisesta tai lopettamisesta, hän voisi avata sovellukseen tutkimuksen, joka olisi avoin kehitysryhmän jäsenille. Tutkimuksen avulla suunnittelija saisi tehokkaasti palautetta ja mielipiteitä linjan toiminnasta ja sille suunnitelluista toimenpiteistä.

Mikäli suunnittelija saisi tutkimuksen kautta hyödyllistä palautetta, hän voisi järjestää tapaamisen kehitysryhmän kautta. Näin saataisiin lisättyä suunnittelijoiden ja joukkoliikenteen käyttäjien yhteistyötä. [90]

3. Liikennöitsijä

Liikennöitsijöille käyttäjät voisivat antaa joukkoliikenteen laatu (JOLA) tietoja suoraan sovelluksen kautta. Tämä helpottaisi ajoneuvojen kunnossapitoa nopeamman ja kohdistetun palautteen avulla.

Samoin palautteen kohdistaminen suoraan eri linjoille ja ajoneuvoihin olisi mahdollista. Palautteen kautta saataisiin tietoja esimerkiksi kuljettajien ajotavoista tai

asenteesta asiakkaita kohtaan. Näin negatiiviseen palautteeseen voitaisiin reagoida nopeasti tekemällä muutoksia ja positiivisesta palautteesta voitaisiin paljasta. [90]

4. Sovelluksen kehittäjä

Sovellusten tekijöiden näkökulmasta olisi tärkeää päästä käsiksi avoimeen dataan. Tämä tarjoaisi tilaisuuden luoda edellä mainittuja toimintoja ja takaisi käyttäjille parhaat mahdolliset sovellukset. Avoimen datan kautta sovelluksien kehittäminen edelleen olisi helpompaa ja uusien toimintojen keksimisen kautta uudet kehittäjät voisivat saada sovelluksensa esimerkiksi ”HSL:n hyväksymien sovellusten” joukkoon. Näin toimivat sovellukset saisivat hyväksynnän esimerkiksi HSL:ltä, pääsisivät suositeltujen sovellusten listalle, sitä kautta yleiseen käyttöön ja kehittäjät saisivat korvauksen työstään.

Sovelluksen kautta voisi myös antaa suoraan palautetta myös sen kehittäjille, mikä takaisi sovelluksen paremman toimivuuden ja viat saataisiin korjattua nopeammin. [90]

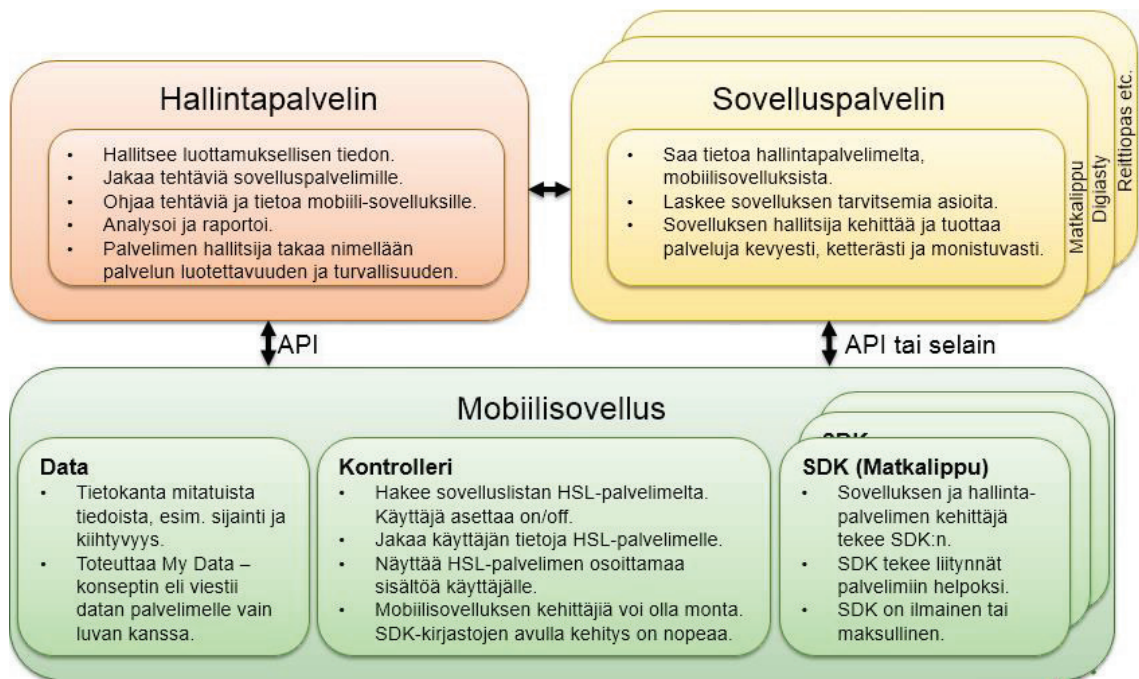
Kaiken tämän taustalle tarvitaan pääsy avoimeen dataan. Datan pitää olla reaaliaikaista ja paikkansapitävää, jotta kaikki sovelluksen palvelut toimisivat halutulla tavalla. Data Rangers kannattaa avointa dataa ja HSL:n takaamaa tuotetta, jossa olisi kaikki toiminnot samassa applikaatiossa. Eri toiminnot saman sovelluksen alla helpottaisivat käyttäjäkokemuksen hallitsemista. Käyttäjän kokemus onkin keskeistä ja kuten kuvassa 40 nähdään käyttäjän kokemukseen vaikuttavat monet asiat. [90]



Kuva 40. Käyttäjän kokemukseen vaikuttavat seikat [91].

Erityisesti turvallisuus on tärkeää mobiilisovelluksissa. Palvelut sisältävät usein muun muassa käyttäjien henkilötietoja ja rahaa, joten joko HSL:n tai sovelluksen kehittäjän olisi taattava, että tietoihin eivät pääsisi käsiksi ulkopuoliset tahot. Tällöin kynnyksellä sovelluksen käyttöönottoon laskisi. Toki on yhtä lailla olennaista, että sovellus toimisi luvutulla tavalla ja tämän toteuttaminen saattaisi vaatia useamman kehittäjän yhteistyötä ja yhteisen päämäärän asettamista sovellukselle. Applikaation monipuolisuus ja helppokäyttöisyys taas voisi houkuttaa yhä useampi käyttäjiä sekä sovellukselle että parhaassa tapauksessa myös itse joukkoliikenteelle. [91]

Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista, että kaikissa ajoneuvoissa olisi tunnistimet, jotka tunnistaisit automaattisesti sovellusta käyttävät laitteet niiden tultaessa ajoneuvoon. Hallintapalvelin tietäisi, millä linjalla ajoneuvo kulkee ja osaisi itse päättää esimerkiksi, että kysytäänkö nousevalta matkustajalta linjan toimintaan liittyviä kysymyksiä sovelluksen kautta. Kyselyt voisi kohdistaa ainakin kehitysryhmiin kuuluville matkustajille. Toimintaa on kuvattu tarkemmin kuvassa 41.



Kuva 41. Mahdollinen liiketoiminta-arkkitehtuuri mobiilisovellukselle [91].

Data Rangersin mukaan mahdollinen arkkitehtuuri mobiiliapplikaatiolla koostuu kahdesta palvelimesta, jotka ovat hallintapalvelin ja sovelluspalvelin sekä itse mobiilisovelluksesta. Mobiilisovellus sisältää puolestaan kolme eri elementtiä. Ensinnäkin mobiilisovellus tallentaa tietoja muun muassa käyttäjän sijainnista sekä kiihtyvyydestä ja lähettää tiedot palvelimelle. Toiseksi sovelluksen kontrollerin avulla käyttäjä voi hallinnoida sovelluksen toimintoja. Kontrolleri myös hallinnoi HSL-palvelimen ja käyttäjän välisiä tiedonsiirtoja, esimerkiksi jakamalla käyttäjän tietoja palvelimelle sekä näyttämällä palvelimella olevaa sisältöä käyttäjälle. Mobiiliapplikaation kolmas elementti on SDK eli *Soft-*

ware development kit -kirjasto. Jokainen SDK vastaa yhtä sovelluksen toimintoa esimerkiksi matkalippua. Toiminnot voivat olla joko ilmaisia tai maksullisia. SDK takaa helpon liittymän palvelimiin ja SDK on sovelluksen ja hallintapalvelimen kehittäjän tekemä. [91]

Sovelluspalvelimia kyseisessä mallissa on yhtä monta kuin itse sovelluksessa on toimintoja. Jokaiselle SDK:lla on siis oma sovelluspalvelimensa, joka saa tietoa mobiilisovelluksesta sekä hallintapalvelimelta ja näiden tietojen avulla laskee sovelluksen tarvitsemia tietoja. [91]

Hallintapalvelin toimii niin sanotusti mobiilisovelluksen aivoina. Se hallitsee käyttäjän luottamukselliset tiedot ja toimii tehtävien jakajana sekä mobiilisovelluksille että sovelluspalvelimille. Lisäksi tietojen analysointi ja raportointi tapahtuu hallintapalvelimella. Arkkitehtuurin eri osat kommunikoivat keskenään API:en (application programming interface) eli rajapintojen kautta. [91]

Malli antaa kehittäjille melko vapaat kädet mobiilisovelluksen kehittämiseen. Kehittäjät voivat käyttää parhaiten heille sopivia SDK-kirjastoja ja pääsyä hallintapalvelimelle haluamansa ominaisuuden toteuttamiseen, kunhan he tukevat palvelukokonaisuuksia, jotka HSL on määritellyt. Palvelukokonaisuuksia voivat olla esimerkiksi matkaliput tai matkan suunnittelu. [91]

Data Rangersin mukaan mobiilisovellusten kehittämiseksi paras ratkaisu olisi juuri edelle esitetyn liiketoiminta-arkkitehtuurin mukainen. Ratkaisulla saadaan avoimesta datasta suurimmat hyödyt irti ja käyttäjä saa joukkoliikennetoimijan, tässä tapauksessa HSL:n, takaaman turvallisen ja luotettavan sovelluksen käyttöönsä. Kokonaisuus on käyttäjille kevyt ja ketterä ja kuka tahansa voi osallistua sen kehittämiseen. Tämä puolestaan takaa puitteet terveelle kilpailulle. Jos ratkaisua vertaisi esimerkiksi vain yhden toimijan yhdessä projektissa kehittämään applikaatioon, sovelluksen kehittämisestä voisi tulla teknisesti haastavaa. Lisäksi markkinoille pääsy voisi olla vaikeaa kolmansien osapuolien osalta. [91]

Mietittäessä vaihtoehtoa, jossa palvelun tarjoaja tuottaisi vain palvelimen ja rajapinnan, syntyisi asiakkaan kannalta epäselvä kokonaisuus. Sovelluksia olisi suuri määrä ja asiakkaan pitäisi itse löytää parhaat sovellukset. Toimijan olisi vaikea varmistaa kaikkien sovellusten laatua ja liiketoimintaa hallitsisi jokin Googlen tai Applen tapainen suuri tekijä mobiilimarkkinoilta. [91]

Mikäli HSL-alueella tulisi käyttöön laaja, kaiken kattava mobiilisovellus, niin sovellukseen voisi miettiä myös Oslon pilotin tapaista paikkatietojen keruuta. Paikkatiedot voisi kerätä sovellukseen tehtävän toiminnon avulla ja ne kerättäisiin käyttäjien suostumuksella. Kerättyjen tietojen avulla voisi muodostaa matkustajavirtainformaatiota. Jos toimintoon huomioisi vielä edellä mainitun mahdollisuuden, että ajoneuvo tunnistaisi laitteen automaattisesti matkustajan noustessa kyytiin, niin paikkatiedot saataisiin yhdistettyä suoraan oikealle linjalle. Kerätty data olisi lisäksi anonymisoitava. Toinen vaihtoehto

paikkatietojen keräämiselle sovelluksen avulla olisi jonkinlaisen matkapäiväkirjan sisällyttäminen sovellukseen. Päiväkirjan täyttäminen vaatisi kuitenkin enemmän aikaa ja toimenpiteitä käyttäjiltä, joten otanta sen kautta voisi jäädä tietojen automaattista keräämistä pienemmäksi.

4.3 Uudistaminen alkaa metrosta

Metron matkustajalaskentoihin on suunniteltu muutoksia lähivuosina. Ensinnäkin nykyiset laskentalaitteet on tarkoitus kalibroida väliaikaisten automaattisten laskentalaitteiden avulla. Samalla väliaikaisten APC-laitteiden tulosten perusteella on tarkoitus määrittää metron korjauskertoimet uudestaan. Viimeksi Taloustutkimus Oy:lle ulkoistettu käsinlaskentana tehty profiililaskenta metroasemilla ei onnistunut toivotulla tavalla ja tästä johdettujen laskennan tuloksia ei voitu käyttää metron korjauskertoimien tarkasteluun. Matkustajavirtojen ollessa suuria, esimerkiksi ruuhka-aikoina, käsinlaskenta on erittäin epäluotettava menetelmä metroasemilla [92].

Toisena uudistuksena metroasemilla on tavoitteena ottaa ensimmäisenä HSL-alueella käyttöön WLAN-laskennat. WLAN-tekniikkaan perustuvalla matkustajalaskennalla on mahdollista tuottaa matkustajavirtainformaatiota. Lisäksi uusien junien myötä metrosta saadaan jatkossa matkustajamäärätietoja myös junien APC-laitteiden vuoksi.

4.3.1 Nykyisten laskimien kalibrointi

Metron nykyisten matkustajalaskimien kalibrointi on tärkeää, jotta niistä saadut tiedot vastaavat oikeita matkustajamääriä. Kalibroinnin lisäksi määriin vaikuttavat korjauskertoimet, joita on metron matkustajalaskennassa käytössä useita. Korjauskertoimien uudelleenmäärittämistä ja kiinteiden laskimien kalibrointia varten HSL on kilpailuttamassa koneellisen matkustajalaskennan kalibroinnin keväällä 2015. [36]

Kilpailutuksen voittavan toimijan kanssa on tarkoitus tehdä pilottilaskenta syksyllä 2015. Pilottilaskenta suoritetaan yhdellä HSL:n valitsemalla asemalla (Rautatientori) ja sen avulla tarkastetaan, että laskennan tulokset vastaavat tarjouspyynnössä esitettyjä tavoitteita, joka laskennan tarkkuuden osalta on 95 %. Samalla selvitetään, että laskentatekniikka sopii metroasemille ja toimii luvutulla tavalla. Pilottilaskenta kestää yhden kuukauden ja se on kestoaltaan hieman varsinaisia asemakohtaisia laskentoja pidempi. Varsinaiset laskennat on tarkoitus aloittaa vuoden 2016 alussa. Sopimus sisältää myös option vuodelle 2017. [36]

Varsinaiset laskennat tehdään siis vuoden 2016 aikana. Tarkoituksena on suorittaa tarkistuslaskennat kaikilla nykyisen metrolinjan 17 asemalla. Tarvittavien laskimien määrä riippuu asemasta. Väliaikaiset laskimet tulee asentaa laskentojen ajaksi kaikkien liukuportaiden, hissien ja ovien läheisyyteen, joissa kiinteät laskimet sijaitsevat. Tällä varmistetaan, että tarkistuslaskentojen tulokset vastaavat mahdollisimman tarkasti kiinteiden

laskimien tuloksia ja että niiden tietoja voidaan käyttää halutulla tavalla muun muassa kalibroinnissa. [36]

Laskenta yhdellä asemalla kestää vähintään 14 vuorokautta ja sinä aikana laskimien pitää laskea hyväksytysti kolme arkipäivää sekä lauantai ja sunnuntai kahdelta viikolta. Jokaiselta laskentapäivältä on oltava 24 tunnin havainnot. Laskentoja ei voi tehdä 15.6.- 31.7., 15.12. - 5.1. ja 15.2. - 28.2. välisinä aikoina, jolloin lomat vaikuttavat merkittävästi matkustajamääriin. Myöskään arkipyhiä ei voida laskea. [36]

Laskenta voidaan suorittaa joko vain yhdellä tai usealla asemalla kerrallaan ja se on toimijan itse päätettävissä. Laskennan frekvenssin tulee olla 15 minuuttia koko havaintovuorokauden ajan. Laskentadatassa pitää olla aikatieto, jotta mahdollisten tarkistuslaskentojen kellottaminen onnistuu. [36]

4.3.2 Metron WLAN-laskenta

Metron WLAN-laskenta tulee todennäköisesti olemaan ensimmäinen mobiililaskenta HSL-alueella. Laskenta on tarkoitus aloittaa vuonna 2016 ja hanke tehdään, koska matkojen suuntautumista ei saada muuten selvitettyä. Metron laskenta perustuu olemassa olevaan WLAN-infraan, mikäli sen käyttö on vain mahdollista. [92] Jos valmiin WLAN-infran hyödyntäminen onnistuu metrossa, niin se vaikuttaa olennaisesti hankkeen kustannuksiin. Uuden WLAN-infran rakentaminen vaatisi useita kymmeniä tukiasemia ja tukiasemien tulisi olla kuvan 37 tukiaseman kaltaisia, säänkestäviä laitteita. Tällaiset tukiasemat maksavat lähes 2 000 euroa kappaleelta [77].

Metron WLAN-laskentaa tehtäisiin alkuun vain nykyisellä linjalla ja se kattaisi linjan kaikki 17 asemaa. Mikäli laskenta onnistuu suunnitelmien mukaan, niin sitä voidaan laajentaa myös Länsimetroon. Tästä ei kuitenkaan ole vielä varmuutta. [92] Matkustajahavainto tapahtuisi luvun 4.2.1 kuvauksen mukaisesti eli laitteen tunnistus tapahtuisi MAC-osoitteen pohjalta sekä lähtö- että pääteasemalla ja tiedot paritettaisiin, jotta niistä saataisiin selville matkojen suuntautuminen.

WLAN-laskenta ei kuitenkaan syrjäytä nykyisiä laskentamenetelmiä metrossa. Vaikka WLAN-laskennalla saadaan selvitettyä matkojen suuntautumisia, niillä ei saada selville metron kokonaismatkustajamääriä. Nykyisen ja tulevien laskentatapojen tietoja voidaan täydentää toisillaan, jolloin saadaan melko kattava kokonaiskuva metrolinjan käytöstä. Tulevaisuudessa metron matkustajamääristä saadaan tietoja siis nykyisten laskimien lisäksi uusien metrojunien APC-laskimista sekä WLAN-mobiililaskennasta.

Uuden mobiilisovelluksen ja WLAN-laskennan hyötyjen maksimoinnin kannalta on tärkeää, että niiden yhdistäminen toisiinsa onnistuu. Yhdistämällä kyseiset toiminnat on mahdollista houkuttaa molempiin lisää käyttäjiä. Yksi tapa tämän toteuttamiselle voisi olla jonkinlaisen kannustimen lisääminen sovellukseen. Esimerkiksi käyttäjille voitaisiin

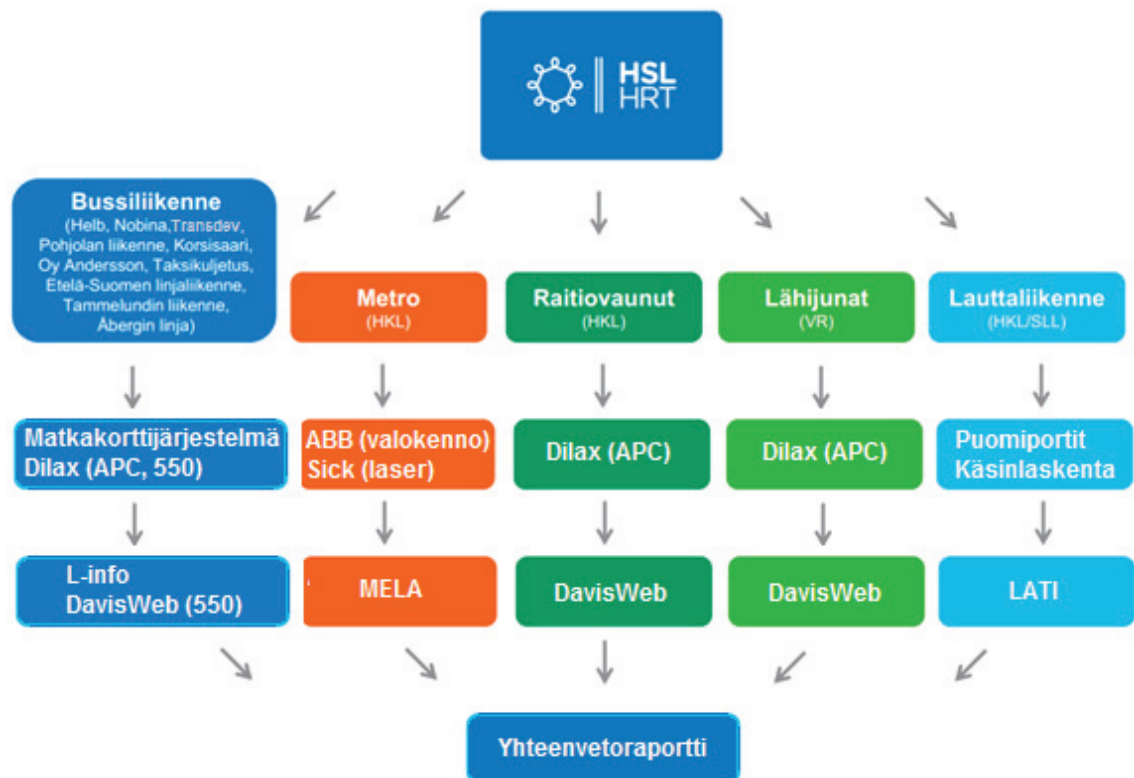
tarjota kahvia alennettuun hintaa metroasemilla, joissa on palveluja ja jotka olisivat HSL:n yhteistyökumppaneita, mikäli käyttäjä laittaisi WLAN-toiminnon päälle liikkueensa metrolla.

Mobiililaitteiden määrän on ennustettu kasvavan yli 10 miljardiin laitteeseen vuoteen 2018 mennessä [93]. WLAN-laskentojen kannalta tämä on erittäin tärkeää, koska se tarkoittaa suurempaa määrää potentiaalisia käyttäjiä. Ciscon mukaan ihmisten matkustuskäyttäytymiseen on tulossa uusia odotuksia ja matkustajat haluavat löytää pysäkit ja portit asemilla entistä nopeammin sekä saada tietoja reittimuutoksista. Yhdistämällä HSL-verkkoon käyttäjät voisivat nähdä sijaintinsa metroasemilla ja ainakin uudet käyttäjät löytäisivät oikealle laiturille nopeammin. Suuremmilla asemilla käyttäjä voisi saada mainoksia kolmansilta osapuolilta ja näkisi sovelluksen avulla palveluiden sijainnin asemalla. Tällaisten toimintojen käyttäminen saattaa vaatia kirjautumista WLAN-verkkoon (esimerkiksi sosiaalisen median kautta), mikä voi rajoittaa vain aseman läpi kulkevien matkustajien intoa yhdistää verkkoon. [93]

Tulevaisuudessa WLAN-laskennan laajentaminen myös muihin kulkumuotoihin on mahdollista. Vaatimuksena tälle on kuitenkin, että tulokset metron laskennoista ovat hyviä ja vastaavat odotuksia. Lisäksi laskentojen kustannusten tulee pysyä kohtuullisina, jotta WLAN-laskentojen aloittaminen muissa kulkumuodoissa on kannattavaa. [92]

5. YHTEENVETO

Jo tällä hetkellä HSL-alueella tuotetaan kattavasti matkustajamäärätietoa joukkoliikenteen eri kulkumuodoista. Matkustajamäärien selvittäminen eroaa joidenkin kulkumuotojen välillä huomattavasti ja käytössä onkin monia eri teknologioita ja tekniikoita. Dilaxin automaattisia matkustajalaskentalaitteita käytetään HSL-alueella lähijuna- ja raitiovaunu-liikenteessä sekä runkolinjan 550 busseissa. Muun linja-autoliikenteen matkustajamäärät kerätään matkakorttijärjestelmästä ja näitä tietoja täydennetään lisäksi korjauskertoimilla. Korjauskertoimilla täydennetään myös metron matkustajamääriä. Metron matkustajalaskenta toteutetaan pääosin ABB:n toimittamilla valokennolaskureilla sekä kahdella asemalla Sick:n laserskannereilla. Suomenlinnan lauttaliikenteen matkustajamäärät saadaan satamien puomiporttien ja käsinlaskennan yhdistelmänä. Kutsuplus-palvelussa matkustajamäärät saadaan suoraan bussien tilauksista. Kuvassa 42 on tiivistettynä koko HSL-alueen matkustajalaskentaprosessi lukuun ottamatta Kutsuplussaa.



Kuva 42. HSL-alueen matkustajalaskentaprosessi.

Jokapäiväisten matkustajalaskentojen lisäksi HSL-alueella tehdään vuosittain useita manuaalilaskentoja. Laskentojen kesto voi vaihdella yhdestä päivästä useaan kuukauteen. Laajin vuosittainen manuaalilaskenta on *Liikenteen kehitys Helsingissä* -tutkimus, joka tehdään yhdessä KSV:n kanssa. Lyhyet manuaalilaskennat ovat usein suunnittelijoiden toivomia tutkimuksia halutuilla linjoilla ja niitä käytetään suunnittelun tukena.

Käsinlaskennalla tulee aina olemaan rooli joukkoliikenteen matkustajalaskennoissa. Se on joustava ja tehokas tapa toteuttaa lyhytaikaisia ja nopeaa mukautumista vaativia matkustajalaskentoja. Erityisesti tarkistus- ja profiililaskentojen tekeminen käsinlaskentana on edelleen tarpeellista. Käsinlaskennoissa tulee kuitenkin huomioida, että ihmiset tekevät virheitä ja laskijoiden asenteella sekä vireystilalla on merkittävä rooli manuaalisisten laskentojen tuloksissa. Manuaalilaskennatkin kehittyvät ja älypuhelimia sekä tabletteja hyödynnetään jo nyt lähes kaikissa HSL-alueen manuaalilaskennoissa tietojen tallentamiseen.

Matkustajalaskentojen kustannukset muodostuvat monista eri tekijöistä ja kustannusten vertailu eri kulkumuotojen matkustajalaskentojen välillä on hankalaa. Manuaalilaskentojen kustannukset muodostuvat muuttuvista ja kiinteistä kustannuksista ja laskentalaitteisiin perustuvien laskentojen kustannukset muodostuvat hankinnasta ja operoinnista. Jo pelkkä kaluston laajuus vaikuttaa osaltaan kustannuksiin ja esimerkiksi matkalippujärjestelmän hankinnan ja operoinnin kustannuksia ei voida vertailla kulkumuotojen välillä, koska järjestelmä on laajasti käytössä koko HSL-alueen joukkoliikenteessä.

Tätä työtä varten tehdyn kyselyn mukaan HSL-alueella tehdään matkustajalaskentoja samalla tavalla kuin monissa muissa Euroopan kaupungeissa. Monissa kaupungeissa käytetään hyvin paljon samoja laskentamenetelmiä ja -tapoja kuin HSL-alueella, vaikka laitteiden toimittajien välillä onkin eroja. Mielenkiintoista vastauksissa oli, että vastaajien mukaan vain osassa kaupungeista matkustajalaskentoja ollaan kehittämässä samaan suuntaan kuin HSL-alueella eli kohti mobiililaskentoja.

Matkustajamääristä halutaan entistä tarkempaa tietoa ja erityisesti suunnittelijoita kiinnostaa matkustajien matkojen suuntautuminen joukkoliikenneverkoston sisällä. Toisin sanoen jatkossa halutaan matkustajavirtainformaatiota ja tämän tiedon tuottamiseksi on jo olemassa useita eri teknologioita. Tällaisia teknologioita ovat muun muassa Bluetooth, WLAN, RFID ja 3G/4G-paikannus. Nykyisiin laskentatapoihin verrattaessa uudet teknologiat tarjoavat monia etuja, joista huomattavin on luultavasti OD-matriisien muodostaminen tuloksista. OD-matriisien avulla linjoille saadaan muodostettua kuormitusprofiilit, joiden perusteella puolestaan voidaan arvioida muun muassa linjojen lipputulota.

HSL-alueella matkustajalaskentojen uudistaminen alkaa metrosta. Ensinnäkin metron tarkistuslaskennat aiotaan tehdä koneellisesti ja toiseksi metrosta aletaan tuottaa matkustajavirtainformaatiota WLAN-teknologiaan perustuen. WLAN-teknologiaan perustuva matkustajalaskenta on ensimmäinen mobiililaskentamenetelmä HSL-alueella.

Vaikka tulevaisuudessa matkustajalaskentoihin tulee yhä vahvemmin mukaan matkustajavirtainformaation tuottaminen, niin myös nykyisten laskentalaitteiden osuutta ajoneuvoissa pitäisi lisätä. Tämä on tärkeää, jotta matkustajamäärätiedoista saadaan mahdollisimman tarkasti todellisuutta vastaava kuva joukkoliikenteen käyttäjistä. Automaatio lisääntyy useilla aloilla, eikä joukkoliikenteen matkustajalaskennat ole poikkeus.

Muuttamalla laskentalaitteellisten vaunujen osuuden ohjearvoksi 30 prosenttia saadaan taattua laskennoille huomattavia etuja. Ehdotettu luku on alaraja ja, mitä suurempi luku olisi, sitä enemmän linjoilta saataisiin dataa. Suurempi datamäärä puolestaan tarjoaisi enemmän lähtö- ja pohjatietoja joukkoliikennesuunnittelijoille. 30 prosentin osuus laskentalaitteellisten vaunujen määrässä kuitenkin takaisi, että kaikilta linjoilta saataisiin riittävästi tietoa matkustajamääristä. Tämä tietenkin edellyttää, että kyseisten ajoneuvojen käyttäminen kaikilla linjoilla onnistuu. Riittävä osuus laskentalaitteellisia vaunuja myös helpottaisi niiden kierrätyksen suunnittelua linjojen välillä eikä järjestelmä olisi liian herkkä häiriöille. Esimerkiksi yhden vaunun hajoaminen ei estäisi päivän suunniteltujen laskentojen toteuttamista tai sotkisi muiden vaunujen suunniteltua kiertoa.

Tarkat tiedot kokonaismatkustajamääristä ja matkojen suuntautumisista mahdollistavat, että joukkoliikenteen linjat ja niiden aikataulut vastaavat käyttäjien tarpeita. Tarpeiden ja toteutumisen kohdatessa on todennäköistä, että yhä useampi valitsee kulkutavakseen joukkoliikenteen ja toimivan liikennejärjestelmän kannalta keskeistä on juuri joukkoliikenteen osuuden kasvattaminen kaikesta liikenteestä. Yksi keino houkutellessa vielä lisää käyttäjiä voi syntyä avoimen datan kautta.

Avoin data ja sen kautta syntyvät mobiiliapplikaatiot tarjoavat mahdollisuuden päästä käsiin reaaliaikaiseen ja tarkkaan informaatioon HSL-alueen joukkoliikenteestä. Yhdessä uuden lippu- ja informaatiojärjestelmän kanssa matkustajat näkevät muutokset ja häiriöt joukkoliikenneverkostossa välittömästi, mikä auttaa matkojen suunnittelussa. Tämä voi kasvattaa luottamusta joukkoliikenteen toimintaan ja laskea kynnystä valita joukkoliikenne oman auton sijasta. Älypuhelimien ja tablettien ansiosta sovellukset voivat tarjota käyttäjilleen informaation lisäksi myös monia muita toimintoja, kuten mobiilimaksamisen ja dynaamisen navigoinnin matkan aikana.

HSL-alueelle onkin tulossa uusi mobiiliapplikaatio ja jo muutaman vuoden kuluttua sovellus voi sisältää kaikki joukkoliikenteen matkustajan tarvitsemat toiminnot. WLAN-tekniikkaan perustuvan laskennan alkaessa yksi haaste on lisätä WLAN-toimintaa päälle pitävien matkustajien määrää. Ratkaisu tähän ongelmaan voi löytyä juuri uudesta mobiilisovelluksesta. Suurimpia haasteita onkin eri teknologioiden, sekä uusien että vanhojen, yhdistäminen ja tätä kautta niiden kaikkien hyötyjen maksimointi niin HSL:n kuin matkustajien näkökulmasta.

LÄHTEET

- [1] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, HSL liikuttaa meitä kaikkia, HSL:n yleisesittely, viitattu 7.1.2015, saatavissa: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/hsl_liikuttaa_meita_kaikkia_0.pdf
- [2] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.1.2015, saatavissa: <https://www.hsl.fi/hsl-kuntayhtyma>
- [3] Nikula, N, VR-lähiliikenteen matkustajamäärien estimointi sekä matkan pituuksien mallintaminen automaattisilla matkustajalaskentalaitteilla kerättyjen näytteiden perusteella, Pro gardu-tutkielma, Helsingin yliopisto, 2013, 67 s.
- [4] KUUMA-seutu, Internet-sivusto, 2015, viitattu 4.5.2015, saatavissa: <http://www.kuuma.fi/kuuma-seutu>
- [5] Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestörakenne, ISSN=1797-5379, Helsinki: Tilastokeskus, viitattu 4.5.2015, saatavissa: <http://www.stat.fi/til/vaerak/index.html>
- [6] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, HLJ 2015, Liikkumistottumukset Helsingin seudulla 2012, 2013, 130 s., saatavissa: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/liikkumistottumukset_helsingin_seudulla2012.pdf
- [7] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma HLJ 2015, 2015, 102 s., saatavissa: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/2015-03-03-hlj_2015-raportti.pdf
- [8] Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste, ISSN=1798-5137, Helsinki: Tilastokeskus, viitattu 4.5.2015, saatavissa: <http://www.stat.fi/til/vaenn/index.html>
- [9] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Ympäristöraportti 2013, 2014, 43 s., saatavissa: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/hsl_ymparistoraportti_2013.pdf
- [10] Nikula, N, liikennetutkija, haastattelu: VR:n lähijunaliikenteen matkustajalaskenta, 28.1.2015.
- [11] Stadin kalusto, Internet-sivusto, viitattu 23.2.2015, saatavissa: <http://www.stadinkalusto.fi/kalustoluettelot/>
- [12] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 8.1.2015, saatavissa: <https://www.hsl.fi/liikennesuunnittelu-ja-tutkimus>
- [13] Berezina, N, Dia-esitys: Matkustajalaskenta, Helsingin seudun liikenne – kuntayhtymä, 24.11.2014.

- [14] Onnenlehto, K, tutkimuskoordinaattori, haastattelu: Linja-autoliikenteen matkustajalaskenta, 26.1.2015.
- [15] Kokki, E, haastattelu: Suomenlinnan lauttaliikenne, 27.1.2015.
- [16] Into, L, Joukkoliikenteen matkustajalaskentajärjestelmät, Diplomityö, Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, 2010, 126 s.
- [17] Karhula, K, Luukkonen, T, Metsäpuro, P, Mäntynen, J, Rantala, T, Vaismaa, K, Parhaat eurooppalaiset käytännöt pyöräilyn ja kävelyn edistämiseksi, luku 9: Seurannalla kohti tavoitteita, Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenteen tutkimuskeskus Verne, 2009, 242-257 s., saatavissa: <http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/Luku-9-Seurannalla-kohti-tavoitteita.pdf>
- [18] Reponen, H, PowerPoint-esitys: Joukkoliikenneosuus, Helsingin seudun liikenne –kuntayhtymä, 24.7.2014.
- [19] Data Rangers Oy, tiedonkeruusovellus Louhin, Internet-sivusto, 2015, viitattu: 2.3.2015, rajoitettu saatavuus: <https://cloud.louhin.com/>
- [20] Reponen, H, sähköpostikeskustelu: Ratikkalaskennan tulokset, 26.2.2015.
- [21] Gaál, B, Horváth, B, Horváth, R, A new iterative method to estimate origin-destination matrix in urban public transport, Department of Transport, Széchenyi István University, Győr, Hungary, 2014, 9 s., viitattu 7.1.2015, saatavissa: http://www.traconference.eu/papers/pdfs/TRA2014_Fpaper_18136.pdf
- [22] Hälvä, H, Raide-Jokeri – Helsingin seudun merkittävin pikaraitiohanke, Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, Väylät ja liikenne 2014: Kaupunkiseudut ja liikenne, 38 s., saatavissa: http://tapahtumat.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1298/kaupunkiseudut_ja_liikenne.pdf
- [23] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Operatiiviset tutkimukset, Runkolinjan 550 tarkistuslaskentatutkimuksen tulokset, 2014, 11 s.
- [24] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 26.2.2015, saatavissa: <https://www.hsl.fi/runkolinja560>
- [25] Saarinen, J, sähköpostikeskustelu: Runkolinjan 560 laskentalaitteet, 26.2.2015.
- [26] Helsingin kaupunki, HKL, Internet-sivusto, 2014, viitattu 5.1.2015, saatavissa: <http://www.hel.fi/www/hkl/fi/raiovaunulla/kalusto/>
- [27] Kokki, E, Lindström, B, Rätty, L, sähköpostikeskustelu: Raitiovaunujen matkustajalaskennoista, 26.2.2015.

- [28] Reponen, H. tutkimuskoordinaattori, Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, raitiovaunujen kuvat 2014, metron kuvat 2011.
- [29] Onnenlehto, K, Dia-esitys: Raitiovaunujen tarkistuslaskennat,
- [30] Reponen, H, 2014, joulukuun raitiovaunujen profiililaskentojen lasketut lähdöt, 4.-12.12.2014.
- [31] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Seuruu-metro 2014, metron matkustajamäärät päivittäin, Excel-tiedosto.
- [32] Länsimetro, Internet-sivusto, 2015, viitattu 12.2.2015, saatavissa: <http://www.lansimetro.fi/>
- [33] Berezina, N, Nikula, N, haastattelu: Metron matkustajalaskenta, 11.2.2015.
- [34] Halonen, M, sähköpostikeskustelu: Metron matkustajalaskentajärjestelmä, 19.2.2015.
- [35] Nikula, N, Metrokertoimet MELAan yö jatkettu, metron korjauskertoimet, Excel-tiedosto.
- [36] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Tarjouspyyntö metroasemien liukuportaiden kävijälaskureiden kalibroinnista, 2015.
- [37] Länsimetro, Internet-sivusto, 2015, viitattu 25.3.2015, saatavissa: <http://www.lansimetro.fi/tietoa-hankkeesta/automaattimetro.html>
- [38] Helsingin kaupunki, HKL, Internet-sivusto, 2014, viitattu 15.1.2015, saatavissa: <http://www.hel.fi/www/hkl/fi/metrolla/kalusto/>
- [39] Hölttä, T, sähköpostikeskustelu: Uudet metrojunat, 27.4.2015.
- [40] Nikula, N, sähköpostikeskustelu: Lähijunaliikenteen kalusto, 6.1.2015.
- [41] Junakalusto, Uutiset: 34 uutta Flirt-junaa lähijunaliikenteeseen, Internet-sivusto, 2014, viitattu 6.1.2015, saatavissa: http://www.junakalusto.fi/site/?lan=1&mode=tiedotteet&laji=1&tiedote_id=9
- [42] Nikula, N, sähköpostikeskustelu: Lähijunien tarkistuslaskenta, 4.3.2015.
- [43] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Dia-esitys: Junien tarkistuslaskentatutkimuksen tulokset Sm4-yksikössä 6307, 2015, 6 diaa.

- [44] Suomenlinna, Internet-sivusto, 2015, viitattu 19.1.2015, saatavissa: <http://www.suomenlinna.fi/suomenlinnassa-ennatysmaara-kavijoita-vuonna-2013/>
- [45] Berezina, N, Nikula, N, Vuorela, A, HSL matkustajamäärätilasto kuukausittain, Excel-tiedosto.
- [46] Helsingin kaupunki, HKL, Internet-sivusto, 2014, viitattu 15.1.2015, saatavissa: <http://www.hel.fi/www/hkl/fi/lautalla/>
- [47] Suomenlinnan liikenne, Internet-sivusto, 2015, viitattu 19.1.2015, saatavissa: <http://www.suomenlinnanliikenne.fi/fi/Kalusto>
- [48] Euroopan Neuvosto, Neuvoston direktiivi 98/41/EY, 1998, 9 s., saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0041:20081211:FI:PDF>
- [49] Lati Web, Lauttaliikenteen tietokanta, HSL, 2015, saatavissa: <https://hsl.louhin.com/>
- [50] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Dia-esitys: Kutsuplus - Uusi vaivaton liikkumispalvelu, 2015, 45 diaa.
- [51] Kutsuplus, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.5.2015, saatavissa: <https://kutsuplus.fi/pricing>
- [52] Kutsuplus, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.5.2015, saatavissa: <https://kutsuplus.fi/tour>
- [53] Kutsuplus, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.5.2015, saatavissa: <https://kutsuplus.fi/home>
- [54] Rissanen, K, sähköpostikysely: Kutsuplus, 7.5.2015.
- [55] UITP (International Association of Public Transport), Local public transport trends in the European Union, Statistics brief, 2014, saatavissa: http://www.ceec.uitp.org/sites/default/files/Local_PT_in_the_EU_web%20%282%29.pdf
- [56] EPOMM (European Platform om Mobility Management), TEMS - The EPOMM Modal Split Tool, Kulikutapajakaumat Euroopan kaupungeissa, viitattu 6.5.2015, saatavissa: http://www.epomm.eu/tems/result_cities.phtml?more=1

- [57] Häyrynen, J-P, Joukkoliikenne eurooppalaisissa kaupungeissa, Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos, Tutkimusraportti 58, Tampere, 2005, 160 s., saatavissa: http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/joukkoliikenne_eur_kaupungeissa.pdf
- [58] Wikipedia, Internet-sivusto, 2015, viitattu 9.3.2015, saatavissa: http://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Luettelo_Euroopan_Unionin_urbanialueista_v%C3%A4kiluvun_mukaan&previous=yes
- [59] Webropol-kysely: Passenger calculation of the public transport, Kyselyn tulokset, 20.4.2015.
- [60] Vanhanen, K, sähköpostikysely: Dilax-laskentalaitteiden kustannukset, 7.5.2015.
- [61] Dilax Intelcom GmbH, Internet-sivusto, 2012, viitattu 14.1.2015, saatavissa: <http://www.dilax.co.uk/index.php>
- [62] Dilax Intelcom GmbH, Internet-sivusto, 2012, viitattu 14.1.2015, saatavissa: http://www.dilax.co.uk/pdf/DILAX_Solutions_for_Public_Transport_Companies_EN.pdf
- [63] Dilax Intelcom GmbH, Internet-sivusto, 2012, viitattu 14.1.2015, saatavissa: http://www.dilax.co.uk/pdf/Passenger_Counting_System_tech_EN.pdf
- [64] Dilax, Automatic Passenger Counting System, manual, 2009, DILAX-prosessi.
- [65] Vaattovaara, R, haastattelu: Matkakorttijärjestelmä, 11.3.2015.
- [66] RFID Lab Finland ry, Internet-sivusto, 2015, viitattu 12.3.2015, saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet>
- [67] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 12.3.2015, saatavissa <https://www.hsl.fi/ohjeita-ja-tietoja/matkakortti/kortin-kayttaminen>
- [68] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 12.3.2015, saatavissa: <https://www.hsl.fi/uutiset/2015/matkakortti-uudistuu-siniseksi-hsl-kortiksi-2016-6171>
- [69] Viestintävirasto, Internet-sivusto, 2015, viitattu 12.3.2015, saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/tietoturva/palveluidenturvallinenkaytto/voip.html>
- [70] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 12.3.2015, saatavissa: <https://www.hsl.fi/taksa-ja-lippujarjestelma>

- [71] Joukkoliikennefoorumi, keskusteku: LIJ 2014 –hanke, Internet-sivusto, 2015, viitattu 25.2.2015, saatavissa: <http://jlf.fi/f12/1495-lij-2014-hanke/index2.html>
- [72] Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 12.3.2015, saatavissa: <https://www.hsl.fi/lippu-ja-informaatiojarjestelma>
- [73] Tekniikka&Talous, Internet-sivusto, 2015, viitattu 21.4.2015, saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/Liikenne/hsl+uusii+lippujarjestelmaansa+60+miljoonalla++7+000+uutta+laitetta+miljoonia+usia+matkakortteja/a1055746>
- [74] Talouselämä, Internet-sivusto, 2015, viitattu 21.4.2015, saatavissa: <http://www.talouselama.fi/uutiset/vihdoinkin+hsl+lanseeraa+kesalla+kattavan+mobiililipun/a2301982>
- [75] Koivurinta, J, HKL suunnitteluyksikkö, Metron automaattisen matkustajalaskennan uudistaminen, 12.3.2014.
- [76] Viestintävirasto, PowerPoint-esitys: Matkapuhelintietojen käyttäminen matkustajatilastoissa, 20.10.2014, 6 s.
- [77] Lehikoinen, S, Agiilit Oy, PowerPoint-esitys: Länsimetron ennen-jälkeen matkustajatutkimuksen tekninen esiselvitys, 20.10.2014, 67 s.
- [78] Bluetooth, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.4.2015, saatavissa: <http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>
- [79] Bluetooth, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.4.2015, saatavissa: <http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.aspx>
- [80] Gnome, Internet-sivusto, 2014, viitattu 7.4.2015, saatavissa: <https://help.gnome.org/users/gnome-help/stable/net-macaddress.html.fi>
- [81] Wireless Mobile Vaasa, Internet-sivusto, 2003, viitattu 9.4.2015, saatavissa: <http://www.wlan.puv.fi/fakta.htm>
- [82] Direct Industry, Products: Cisco, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.4.2015, saatavissa: http://www.directindustry.com/prod/cisco-systems/wlan-wireless-access-point-ip67-61398-1584876.html#product-item_1584878
- [83] VTT, Teollisuuden käynnissäpidon prognostiikka, VTT Symposium 236, 2005, 124 s., viitattu 7.4.2015, saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2005/S236.pdf?q=teollisuuden#page=69>
- [84] Hak5, Internet-sivusto, 2015, viitattu 8.4.2015, saatavissa: <http://hak5.org/episodes/haktip-23>

- [85] Rashid, H, Matkapuhelinverkkojen paikannuspalvelut, Insinöörityö, Metropolia, 2010, 48 s., saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15590/paikannuspalvelut.pdf?sequence=1>
- [86] RFID Lab Finland ry, Internet-sivusto, 2015, viitattu 7.4.2015, saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/nfc>
- [87] Meeuwissen, M, PowerPoint-esitys: Travel SMART; you can be a smart-ass as well, Florence ECOMM, 2014, 34 s.
- [88] SMART in Twente, Internet-sivusto, 2015, viitattu 17.4.2015, saatavissa: <http://www.smartintwente.nl/howto>
- [89] SMART in Twente, Internet-sivusto, 2015, viitattu 17.4.2015, saatavissa: <http://www.smartintwente.nl/over-smart>
- [90] Laine, S, haastattelu: HSL:n uusi mobiilisovellus, 21.4.2015.
- [91] Laine, S, Data Rangers, PowerPoint-esitys: Mobiilisovelluksen kokonaisarkkitehtuuri, 5 diaa.
- [92] Vuorela, A, haastattelu: Metron WLAN-laskenta, 27.4.2015.
- [93] Cisco, Dia-esitys: Cisco Connected Mobile Experiences Engage with Location-Based Wi-Fi, 2014, 15 diaa.

LIITE A: JOUKKOLIIKENTEN AIKASARJA JA POIKKILEIKKAUS -LOMAKE



Sivunumero _____

JOUKKOLIIKENNESUUNNITTELUOSASTO
OPERATIIVINEN TUTKIMUS

JOUKKOLIIKENTEN AIKASARJA JA POIKKILEIKKAUS

Laskentapiste _____ Päiväys/viikontpäivä ____/____ 2015 / ____

Suunta 1 2 ← → Laskijat _____

Ohitusaika		Linjatunnus		Matkustaja	HUOM	Ohitusaika		Linjatunnus		Matkustaja	HUOM
h	min	Numero	K			h	min	Numero	K		

Huomautuksia _____

LIITE C: WEBROPOL-KYSELYN SAATEKIRJE JA KYSYMYKSET

I'm a student at Tampere University of Technology in Finland and I'm writing my Master's Thesis to Helsinki Region Transport (HSL). Subject of my Thesis is Passenger calculation of the public transport in HSL area. A part of the thesis is this questionnaire, which is used to gather information about passenger calculation of the public transport in European cities.

Please answer the questionnaire by April 12th 2015. The questionnaire has three sections: 1st section is about the current situation of passenger counting of the public transport, 2nd section concerns the usage of mobile technologies in passenger counting and 3rd section is about the usage of open data. Answering the questions will not take much of your time.

Please be kind and send this message and the questionnaire to the appropriate people, if necessary. Also feel free to distribute this message and the questionnaire to your colleagues and other agencies. I will send a summary of the results to all those who answer the questionnaire as soon as I have processed the information.

Best regards, Joonas Stenroth

This questionnaire is a part of my Master's Thesis: Passenger calculation of the public transport in Helsinki Region Transport (HSL) in Finland. Questions 2–10 cover the current situation of passenger calculation of the public transport in your city and questions 11–21 address mobile technologies and open data. Question 22 is for comments regarding passenger calculation in public transport.

1. Please give your basic information.*

- City
- Agency
- Title
- Sex
- Age
- Email

2. What modes of public transport do you have in your city?*

- Bus
- Tram
- Metro
- Local trains
- Ferry
- Other. What?

3. How are passenger calculations of the public transport executed in your city?*
- Automated passenger counting (APC) systems
- Automated fare collection (AFC) system
- Manual passenger counting
- Other. What?

4. Brief description of the system/systems in use. If you have more than one system in use, please describe which system is used in which transport mode.

5. Does your city/agency use automatic passenger calculation systems? If you answer NO, please continue to question 9.*
- Yes
- No

6. When did your agency start using APC?

7. Which manufacturer systems does your city/agency use?

8. What percentage of the public transport vehicles are equipped with APC systems? Please check the last option if you know the precise percentage and mark it next to the option.
- < 10 %
- 10–20 %
- 20–30 %
- > 30 %
- Don't know
- Precise percentage

9. How many per cent of the vehicles you think should be equipped with APC systems for sufficient data collection?*
- < 15 %
- 16–30 %
- 31–45 %
- 46–60 %
- > 60 %

10. Please describe why you ended up with your answer in question 9.*

Passenger calculations are developing and the development aims to produce more accurate information of individual passenger's behaviour in public transport (passenger flow information). These kind of passenger calculations can be based on mobile technologies like WLAN, Bluetooth or 3G/4G.

11. Does your city/agency have a system that enables mobile technologies? If you answer Yes, please continue to question 13.*

- Yes
- No

12. If you answered No, has your city/agency considered developing their passenger calculation towards this direction?

- Yes
- No
- Don't know

13. What technology is your system based on?

- WLAN
- Bluetooth
- 3G/4G
- RFID
- Other. What?

14. Brief description of the system.

15. How important do you consider passenger flow information is for planning public transport?*

- 1 (Not important at all)
- 2
- 3
- 4
- 5 (Very important)

16. What do you consider to be the most important aspects of passenger flow information?*

Helsinki Region Transport (HSL) is using open data. This has helped and accelerated the development and creation of variety of mobile applications. For example, passengers can buy a mobile ticket for Helsinki region transport via HRT Ticket app or they can check the timetables from the app Helsinki Timetables.

17. Does your city/agency use open data?*

- Yes
- No

18. What kind of mobile applications, that improve passenger information, does your city/agency have?

19. Has any of these applications been developed by 3rd party individuals or organisations by using open data?

20. How important do you think that the usage of open data is in the development of new mobile applications for public transport agencies?*

1 (Not important at all)

2

3

4

5 (Very important)

21. Why?*

22. Do you have any comments regarding passenger calculation in public transport?

*Mandatory questions.