



Aalto-yliopisto  
Insinööritieteiden korkeakoulu

Mikko Suhonen

## **Infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutukset linja-autoliikenteen liikennöinnin luotettavuuteen**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 16.11.2012

Valvoja: Professori Tapio Luttinen

|

AALTO-YLIOPISTO TEKNIIKAN KORKEAKOULUT PL 12100, 00076 Aalto <a href="http://www.aalto.fi">http://www.aalto.fi</a>		DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Mikko Suhonen			
Työn nimi: Infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutukset linja-autoliikenteen liikennöinnin luotettavuuteen			
Korkeakoulu: Insinööritieteiden korkeakoulu			
Laitos: Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka			
Professori: Liikennetekniikka		Koodi: Yhd-71	
Työn valvoja: Professori Tapio Luttinen Työn ohjaajat: DI Kerkko Vanhanen (HSL), DI Markus Holm (Trafix Oy)			
<p>Linja-autoliikenteen luotettavuus on matka-ajan ohella tärkeimpiä matkan osatekijöitä linja-autolla matkustaville. Arvioitaessa erilaisten infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutuksia joukkoliikenteeseen arvioidaan usein toimenpiteiden vaikutukset matka-aikaan. Toimenpiteestä mahdollisesti saatavan aikasäästön yhteiskuntataloudellista arvoa käytetään toimenpiteen kustannus-hyötylaskelmissa. Mahdolliset vaikutukset luotettavuuteen ja luotettavuuden paranemisesta seuraavat yhteiskuntataloudelliset hyödyt jäävät usein pois laskelmista, joten toimenpiteiden kaikkia hyötyjä ei siis oteta huomioon.</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli selvittää erilaisten infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutuksia linja-autoliikenteen liikennöinnin luotettavuuteen ja nopeuteen. Tutkimuksessa tutkittuja toimenpiteitä olivat joukkoliikenteen liikennevaloetus, kiertoliittymä, joukkoliikennekaista, joukkoliikennekaistan voimassaoloajan laajennus, liittymäohitus, pysäkin poisto ja pysäkkitaskun poisto.</p> <p>Työn kirjallisuusosassa selvitettiin maailmalla käytettäviä ajan ja luotettavuuden arvoja sekä keinoja niiden määrittämiselle. Joukkoliikennematkustajan ajan arvo määritetään usein erilaisilla kyselytutkimuksilla ja ajan arvona käytetään joko absoluuttista rahamäärää tai prosenttiosuutta palkasta. Luotettavuuden arvo johdetaan useimmiten ajan arvosta luotettavuuskerrointa RR käyttämällä. Luotettavuuskertoimelle löydettiin kirjallisuudesta suuresti vaihtelevia arvoja, mutta yleisimmin arvo sijoittui 0,8 – 2,0 välille.</p> <p>Tutkimus toteutettiin tutkimalla matkakorttiaineistosta saatavia pysäkkivälien ajoaikoja ennen ja jälkeen toimenpiteen. Aineiston avulla selvitettiin muutokset ajoaikojen keskiarvoissa ja keskihajonnoissa. Tutkimuksessa tutkittiin vain yksittäisiä pysäkkivälejä, joilla toimenpiteitä oli tehty.</p> <p>Tutkimuksessa kävi ilmi, että tutkittujen toimenpiteiden vaikutukset vaihtelevat suuresti. Tuloksista ei voitu johtaa yleistä ratkaisua toimenpiteiden vaikutuksille, sillä tutkitut kohteet olivat hyvin yksilöllisiä. Tuloksista voitiin kuitenkin päätellä, että liikennevaloetukset hyödyttävät joukkoliikennettä parhaiten päiväaikaan, jolloin muun liikenteen määrä on vähäisempää. Lisäksi havaittiin, että kiertoliittymät hyödyttävät erittäin paljon sivusuunnan vasemmalle kääntymistä, kuitenkin aiheuttamatta suuria haittoja muille suunnille.</p> <p>Tulevaisuudessa infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutuksia tulee tutkia ennen kaikkea matkaketjujen mittakaavassa, jotta nähdään todelliset joukkoliikenteen käyttäjiin kohdistuvat vaikutukset. Lisäksi tulevaisuudessa olisi hyvä määrittää Suomessa käytettäväksi soveltuvat luotettavuuskertoimen ja luotettavuuden arvot, jotta myös luotettavuus saadaan mukaan yhteiskuntataloudellisiin laskelmiin.</p>			
Päivämäärä: 16.11.2012		Kieli: Suomi	Sivumäärä: 89 + 68 (liit.)
Avainsanat: infrastruktuuri, joukkoliikenne, luotettavuus, ajan arvo, luotettavuuden arvo			

AALTO UNIVERSITY SCHOOLS OF TECHNOLOGY PO Box 12100, FI-00076 AALTO <a href="http://www.aalto.fi">http://www.aalto.fi</a>		ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS	
Author: Mikko Suhonen			
Title: The effects of infrastructure improvements on the reliability of bus traffic			
School: School of Engineering			
Department: Civil and Environmental Engineering			
Professorship: Transportation Engineering		Code: Yhd-71	
Supervisor: Professor Tapio Luttinen Instructor(s): Kerkko Vanhanen, HSL; Markus Holm, Trafix Oy			
<p>The reliability of bus traffic is one of the most important aspects of the trip along with travel time for bus passengers. Effects on travel time are often taken into account when estimating the effects of different infrastructure improvements, whereas effects on reliability are often forgotten. Monetary values of the time savings received from the improvements are used in cost-benefit analysis. Monetary value of improved reliability is often not included in cost-benefit analysis.</p> <p>The goal of this study was to find out the effects of different infrastructure improvements on bus traffic reliability and speed. The improvements included in this study were traffic signal priority, traffic circle, bus lane, expanding the operating hours of bus lane, junction bypass, removal of a bus stop and removal of bus stop pocket.</p> <p>Values of time and reliability used around the world and methods for determining them were researched in the literature part of this study. The value of time for public transportation passenger is often determined by different enquiry studies. Value of time is either a absolute amount of money or a percentage of passengers wage. Value of reliability is often derived from value of time by using a reliability ratio. The value of reliability ratio varies in literature, but often it is between 0,8 and 2.</p> <p>This study was conducted by comparing the driving times between bus stops before and after a improvement. These times were acquired from travel card system used in Helsinki metropolitan area. Average driving times and scatter were determined for trips between two stops where improvements had been made.</p> <p>The results of this study show that the effects of the improvements vary significantly. The results do not offer a universal solution for the effects of the improvements as the subjects were very unique. The study did show that signal priorities are most useful during daytime when traffic volumes are lower. Also traffic circles are proven to be very useful for secondary directions of intersection.</p> <p>In the future the research of effects of infrastructure improvements should focus on travel chains in order to see the true benefits for the users of public transportation. Also it would be ideal to define Finnish values for the reliability ratio and for the value of reliability. This way reliability can be added to cost-benefit analyses for infrastructure improvements.</p>			
Date: 16.11.2012		Language: Finnish	Number of pages: 89 + 68 (app.)
Keywords: infrastructure, bus, mass transportation, reliability, value of time, value of reliability			

## Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Helsingin seudun liikenne –kuntayhtymän (HSL) tilaamana Trafix Oy:lle. Työn ohjaajina ovat toimineet Kerkko Vanhanen HSL:stä sekä Markus Holm Trafix Oy:stä. Työn valvojana on toiminut professori Tapio Luttinen Aalto-yliopistosta.

Haluan kiittää työni ohjaajia Kerkko Vanhasta ja Markus Holmia ohjauksesta ja kannustuksesta työn aikana, lisäksi haluan kiittää työni valvojaa professori Tapio Luttista saamastani palautteesta. Kiitokset kuuluvat myös lukuisille Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunkien sekä HSL:n työntekijöille, jotka ovat auttaneet minua tarvittavien tutkimuskohteiden ja tutkimusmateriaalin keräämisessä. Lisäksi haluan osoittaa suuret kiitokset työpaikalleni Trafix Oy:lle tämän diplomityön mahdollistamisesta sekä joustamisesta ja ymmärryksestä elämäntilanteiden muuttuessa.

Kiitokset vanhoille hyvälle ystäväilleni, joita olen viime vuosina aivan liian harvoin nähnyt elämän viedessä eri puolille maata. Lisäksi kiitän opiskelukavereitani, joiden vertaistuki on mahdollistanut sen, että olen nyt oikeasti valmistumassa.

Ennen kaikkea kuitenkin haluan kiittää Erikkaa, joka on ymmärtänyt ja tukenut aina kaikessa ja jonka kanssa olemme saaneet aikaiseksi maailman kauneimman asian, ehtymättömän motivaation ja ilon lähteen nimeltä Pihla. Kiitos.

Vuoden 2007 syyskuussa nuori 20-vuotias miehen alku asteli Teknillisen korkeakoulun ovista sisään. Viisi vuotta ja kolme kuukautta myöhemmin Aalto-yliopiston ovista kävelee ulos kohti uusia haasteita 25-vuotias diplomi-insinööri ja isä.

Mikko Suhonen

Espoossa 16.11.2012

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo .....	1
Merkinnät .....	2
Käytetyt käsitteet ja lyhenteet .....	3
1 Johdanto .....	4
1.1 Tutkimuksen tausta.....	4
1.2 Tutkimuksen tavoite .....	4
1.3 Tutkimuksen rajaus .....	4
2 Luotettavuuden merkitys ja arvo.....	5
2.1 Luotettavuus .....	5
2.2 Luotettavuuden merkitys joukkoliikennematkustajalle.....	10
2.3 Ajan arvo .....	16
2.3.1 Tutkimuksissa saatuja arvoja .....	19
2.3.2 Teoreettinen lähestymistapa.....	22
2.4 Luotettavuuden arvo .....	26
2.4.1 Luotettavuuden arvon mittaaminen ja käyttö.....	29
2.4.2 Luotettavuuden ja matkanopeuden välinen suhde .....	32
2.5 Miten viivytykset muodostuvat .....	33
3 Tutkittavat toimenpiteet kirjallisuudessa .....	34
3.1 Joukkoliikennekaistat .....	35
3.2 Joukkoliikenteen liikennevaloetuedet .....	36
3.3 Kiertoliittymät .....	38
3.4 Pysäkin poistot ja pysäkkitaskun poistot.....	39
4 Tutkimusaineisto ja -menetelmä .....	40
4.1 Tutkimusaineisto .....	40
4.1.1 Matkakorttidata .....	40
4.1.2 Tutkittavat infrastruktuuritoimenpiteet .....	47
4.2 Toimenpiteiden vaikutusten arviointikeinot.....	49
4.3 Muiden tekijöiden vaikutusten määrittäminen .....	50
5 Tulokset.....	56
5.1 Tutkimustulosten esittäminen.....	56
5.2 Toimenpiteiden vaikutukset ajoaikojen keskihajontaan.....	57
5.3 Toimenpiteiden vaikutukset matka-aikaan.....	65
5.4 Toimenpiteiden vaikutukset ajoaikojen keskiarvoihin sekä keskihajontoihin ..	72
5.5 Toimenpiteiden yhteiskuntataloudelliset vaikutukset .....	75
5.6 Muiden tekijöiden vaikutukset tutkimustuloksiin .....	76
6 Yhteenveto ja päätelmät.....	78
6.1 Yhteenveto.....	78
6.2 Päätelmät .....	79
6.2.1 Tutkimuksen tuloksista tehtävät päätelmät .....	79
6.2.2 Tutkimukseen liittyvät epävarmuudet.....	81
6.3 Jatkosuositukset.....	81
Lähdeluettelo.....	83
Liitteet .....	89

## Merkinnät

$\Lambda$	Lagrangen funktio
$\lambda$	Lagrangen kerroin; tulon rajahyöty
$\mu$	Lagrangen kerroin
$\varphi$	Lagrangen kerroin
U	hyötyfunktio
$T_W$	töissä vietetty aika
$T_k$	aktiviteetissa k vietetty aika
$\bar{T}$	käytettävissä oleva aika
$\bar{T}_k$	aktiviteetissa k vietetyn ajan minimiarvo
Y	muut tulot (unearned income)
V	epäsuora hyötyfunktio
w	palkka
G	kulutetut hyödykkeet
$\alpha$	matka-ajan minuutin arvo
$\beta$	etuajassa saapumisen minuuttikustannus
$\gamma$	myöhässä saapumisen minuuttikustannus
$\theta$	myöhässä saapumisesta aiheutuva kiinteä kustannus
SDE	etuajassa lähtemisestä aiheutuva haitta
SDL	myöhässä saapumisesta aiheutuva haitta
DL	muuttuja joka saa arvon 1 kun saavutaan myöhässä, muulloin saa arvon 0
$T_f$	pienin mahdollinen matka-aika
$T_r$	ennustamaton matka-ajan komponentti
$t_d$	lähtöaika

## Käytetyt käsitteet ja lyhenteet

Luotettavuuden arvo = matka-aikojen jakauman keskihajonta; yksi epätasaisuusminuutti tarkoittaa keskihajonnan yhtä minuuttia TAI matka-aikojen jakauman 80. (tai 90.) persentiiliin ja keskiarvon erotus, epätasaisuusminuutti tarkoittaa tuon erotuksen yhtä minuuttia

Luotettavuuden arvo (value of reliability, VOR) = matka-ajan vaihteluiden, myöhästymisten ajan arvo

Luotettavuus = kuvaa kuinka hyvin matkustajalle luvattu palvelu toteutuu

Luotettavuus = taso, johon asti asiakas voi olla varma, että palveluita tuotetaan kuten on luvattu

Luotettavuussuhde (reliability ratio, RR) = kerroin jonka avulla voidaan määrittää luotettavuuden arvo ajan arvon perusteella. Luotettavuuden arvo jaettuna ajan arvolla (VOR/VOT).

Täsmällisyys = diskreetti muuttuja joka kuvaa onko myöhässä vai ei

Täsmällisyys (aikataulun mukaisissa palveluissa, punctuality) = taso, jolla kulkuneuvot noudattavat julkaistujen aikataulujen mukaisia lähtö- ja ohitusaikoja.

Täsmällisyyttä voidaan kuvata esim. alle 2 minuuttia aikataulun mukaisesta saapumisajasta poikkeavien ajoneuvojen osuudella (Ojala ja Pursula 1994)

SP-menetelmä (stated preference) = Kyselytutkimuksen toteuttamistapa, jossa ihmisiltä kysytään, miten he käyttäytyisivät oletetuissa tilanteissa

Säännöllisyys (vuorovälin mukaisissa palveluissa, regularity) = taso, jolla kulkuneuvot noudattavat julkaistujen aikataulujen mukaisia vuorovälejä (SFS-EN 13816). Säännöllisyyden mittarina voidaan käyttää esim. osuutta vuoroväleistä, jotka poikkeavat vähemmän kuin 2 minuuttia aikataulun mukaisista.

RP-menetelmä (revealed preference) = Tutkimusmenetelmä, jossa käytetään todellisista valinnoista kertynyttä aineistoa.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Toimivan ja luotettavan joukkoliikenteen merkitys kasvaa entisestään pääkaupunkiseudulla liikennemäärien jatkaessa kasvuaan ja liikenteen ruuhkautuessa. Joukkoliikenteen luotettavuus on erittäin tärkeä tekijä matkustajalle matkustusmuotoa valittaessa. Joukkoliikenteen luotettavuuden parantamisen ja hyvän luotettavuustason turvaamisen tulisi olla tärkeitä prioriteetteja liikenteen infrastruktuuria rakennettaessa ja parannettaessa. Valitettavasti erilaisten infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutuksia joukkoliikenteen luotettavuuteen ei ole riittävästi tutkittu, jotta niiden toteuttamista voitaisiin perustella luotettavuuden parantamisella. Lisäksi on tärkeää tietää, kuinka toimenpiteet, joiden ensisijaisena tarkoituksena ei ole luotettavuuden parantaminen, oikeasti vaikuttavat luotettavuuteen.

Luotettavuuden merkitys ja arvo matkustajille on usein johdettavissa ajan rahallisesta arvosta sekä ajan vaihtoehtoisen käytön merkityksestä. Ajan arvo vaihtelee varsin paljon maasta ja tutkimuksesta riippuen ja eroavien tutkimusten yhteenvedoista ei ole myöskään kunnolla Suomessa tehty. Lisäksi luotettavuuden arvo johdetaan ajan arvoista eri keinoilla. Näiden keinojen ja käytettyjen kertoimien eroavaisuuksien tutkiminen on tärkeää, jotta Suomessa voitaisiin käyttää järkevää keinoa luotettavuuden arvon arvioinnissa. Luotettavuuden arvottamisessa on tärkeää ymmärtää kuinka ajan arvo ja luotettavuuden arvo liittyvät toisiinsa, sillä joissain tapauksissa saatetaan joutua tekemään valinta nopeuden ja luotettavuuden maksimoinnin väliltä.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuinka erilaiset infrastruktuuritoimenpiteet vaikuttavat linja-autoliikenteen liikennöinnin luotettavuuteen. Tutkimukseen valitaan erilaisia pääkaupunkiseudulla viime vuosina toteutettuja toimenpiteitä. Tarkoitukseni on selvittää tutkimukseen valitsemiini toimenpiteiden vaikutus ajoaikoihin ja ajoaikojen hajontoihin niillä pysäkkiväleillä, joilla toimenpiteitä on tehty. Tavoitteenani tutkimuksessa on tutkia ajoaikojen muutoksia ennen ja jälkeen toimenpiteen käyttämällä matkakorttijärjestelmästä saatavaa matka-aikadataa. Kirjallisuudesta etsin vastaavia, muista tutkimuksista saatuja tuloksia toimenpiteiden vaikutuksille. Toimenpiteiden vaikutuksilla etsitään myös teoreettista taustaa tutkimalla hieman viivytysten muodostumisen teoriaa. Lisäksi tutkimuksessa on tavoitteena etsiä alan kirjallisuudessa käytettyjä ajan sekä luotettavuuden arvoja ja keinoja niiden laskemiseksi, sillä toteutettavia infrastruktuuritoimenpiteitä hyvin usein perustellaan näistä ajan ja luotettavuuden arvoista lasketuilla yhteiskuntataloudellisilla säästöillä.

## 1.3 Tutkimuksen rajaus

Tässä tutkimuksessa tutkin infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutuksia ainoastaan linja-autoliikenteeseen. Teen tarkastelun oletuksella, että liikenteenharjoittajilla on käytössään asianmukainen kalusto sekä liikennöintiin tarvittavat kuljettajat. En ota tarkastelussa huomioon ajosarjojen tai aikataulujen kireydestä johtuvia luotettavuusongelmia, vaan keskityn ainoastaan tiettyjen pysäkkivälien matka-aikojen vaihteluihin. Nämä pysäkkivälit ovat sellaisia, joilla on tehty jonkin infrastruktuuritoimenpide vuosien 2006 – 2012 välillä. Siinä tapauksessa, että tutkittavia kohteita on enemmän, käytän valintaperusteena toimenpiteen toteuttamisvuotta siten, että valitsen tuoreimmat toimenpiteet. Tällä helpotetaan tutkimusta ja varmistetaan käytettävän datan laatu. Olen valinnut tutkitta-

viksi toimenpiteiksi pysäkin poiston linjalta, pysäkitaskun poiston eli pysäkin muuttamisen ajoratapysäkiksi, kiertoliittymän rakentamisen, liikennevaloetuuden käyttöön-oton, joukkoliikennekaistan, joukkoliikennekaistan voimassaoloajan laajentamisen sekä liittymäohituksen rakentaminen.

Rajaan tutkimusta vielä siten, että mukaan valituilta pysäkkiväleiltä tutkin vain sellaiset tapahtumat, joissa linja-auto on pysähtynyt tutkittavan pysäkkivälin kummallakin pysäkillä. Tämä saadaan selvitettyä käytettävästä matkakorttiaineistosta. Teen tutkimuksen HSL:n liikennöntialueella ja tutkittavat toimenpiteet sijaitsevat Espoon, Helsingin ja Vantaan kaupunkien alueilla.

## **2 Luotettavuuden merkitys ja arvo**

### **2.1 Luotettavuus**

Ronghuin (2007) mukaan luotettavuus voidaan määrittää ominaisuudeksi mille tahansa systeemille, joka jatkuvasti tuottaa saman tuloksen. Vuonna 2003 vahvistetun standardin (SFS-EN 13816 2005) mukaan luotettavuus on taso, johon asti asiakas voi olla varma, että palveluita tuotetaan kuten on luvattu. Polus (1978) määritteli linja-autoliikenteen luotettavuuden palvelun kykynä tuottaa tasaista palvelua tietyn ajanjakson ajan. Käytännössä linja-autoliikenteessä luotettavuus kertoo kuinka moni linja-auto on myöhässä ja miten paljon ne ovat myöhässä. Termille luotettavuus on kuitenkin olemassa monta tulkintaa. Eri tutkimukset ovatkin liittäneet luotettavuuden joukkoliikenteen eri puoliin. Tutkimuksissa luotettavuus yhdistetään johdonmukaisuuteen matkajoissa, aikataulujen noudattamiseen, vuorovälin säännöllisyyteen, matkustajien odotusaikaan pysäkillä sekä joissain tapauksissa jopa bussikyödin saamiseen helppouteen eli siihen kuinka suuri osa matkustajista joutuu odottamaan seuraavaa bussia (Liu & Sinha 2007). Luotettavuus liittyy siis matka-ajan tilastolliseen vaihteluun sekä viiveiden todennäköisyyteen. Tarkemmin tarkasteltuna luotettavuuden voidaan sanoa koostuvan täsmällisyydestä sekä säännöllisyydestä, jotka eroavat hieman toisistaan.

Täsmällisyys liittyy aikataulun mukaisiin palveluihin ja sen katsotaan kuvaavan tasoa, jolla kulkuneuvot noudattavat julkaistujen aikataulujen mukaisia lähtö- ja ohitusaikoja (SFS-EN 13816 2005). Täsmällisyyttä voidaan kuvata esim. alle 2 minuuttia aikataulun mukaisesta saapumisajasta poikkeavien ajoneuvojen osuudella (Ojala & Pursula 1994). Täsmällisyys voidaan ilmaista ja todentaa ohitusaikojen poikkeamien itseisarvojen aritmeettisena keskiarvona (Lehtonen et al. 2001). Erään määritelmän mukaan täsmällisyys muodostuu normaalista matka-ajan hajonnasta ja häiriöistä. Esimerkiksi junaliikenteessä normaali matka-ajan hajonta on pientä, mutta kun häiriöitä sattuu, ovat ne merkittäviä (Pesonen et al. 2006).

Säännöllisyys taas puolestaan liittyy vuorovälin mukaisiin palveluihin ja sen katsotaan kuvaavan tasoa, jolla kulkuneuvot noudattavat julkaistujen aikataulujen mukaisia vuorovälejä (SFS-EN 13816 2005). Säännöllisyyden mittarina voidaan käyttää esim. osuutta vuoroväleistä, jotka poikkeavat vähemmän kuin 2 minuuttia aikataulun mukaisista (Lehtonen et al. 2001). Säännöllisyys voidaan ilmaista esimerkiksi vuorovälien poikkeamien itseisarvojen aritmeettisena keskiarvona (Lehtonen et al. 2001). Täsmällisyydessä ja säännöllisyydessä 80 %:n tasoa voidaan pitää välttävänä ja 90%:n tasoa hyvänä (Ojala & Pursula 1994).

Luotettavuuteen vaikuttavat monet asiat, kuten päivittäinen tai päivän aikainen vaihtelu liikennevirrassa ja ruuhkautumisessa, jotka aiheuttavat viivytyksiä ja tekevät bussin matka-ajan ennustamisesta vaikeaa. Suuret matkustajamäärät aiheuttavat pidempiä seisonta-aikoja pysäkeillä ja tämän seurauksena bussit eivät kulje aikataulussa tai kulkevat peräkkäin. Lisäksi liikennöitsijöillä saattaa olla liian pieni määrä varabusseja korvaamaan hajonneita busseja, jolloin luotettavuus voi kärsiä merkittävästi esimerkiksi teknisten vikojen vuoksi. (Liu & Sinha 2007).

Käytännössä luotettavuuteen vaikuttavat asiat voidaan jakaa neljään ryhmään; liikenteen ominaisuuksiin, reitin ominaisuuksiin, matkustajien ominaisuuksiin sekä linja-autoliikenteen operoinnin ominaisuuksiin. Liikenteen ominaisuuksia ovat liikenteen koostumus, päivittäinen ja päivän aikana tapahtuvat liikennemäärien ja kysynnän muutokset sekä ruuhkautumisaste. Reitin ominaisuuksia ovat reitin pituus, kaistojen määrä, bussipysäkkien sijainnit, bussikaistojen järjestely, liittymien määrä, bussietuisuudet liittymissä ja kadunvarsipysäköinti. Matkustajien ominaisuuksia ovat matkustajien määrä pysäkeillä ja määrän vaihtelu, matkustajien reitin valinta, matkustajien saapumisjakaumat. Linja-autoliikenteen operointiin liittyviä ominaisuuksia ovat aikataulutus, puutteellinen henkilökunta, kaluston saatavuus, kaluston huolto, lippujärjestelmä ja kuljettajakohmainen vaihtelu käytöksessä sekä kokemuksessa. (Liu & Sinha 2007).

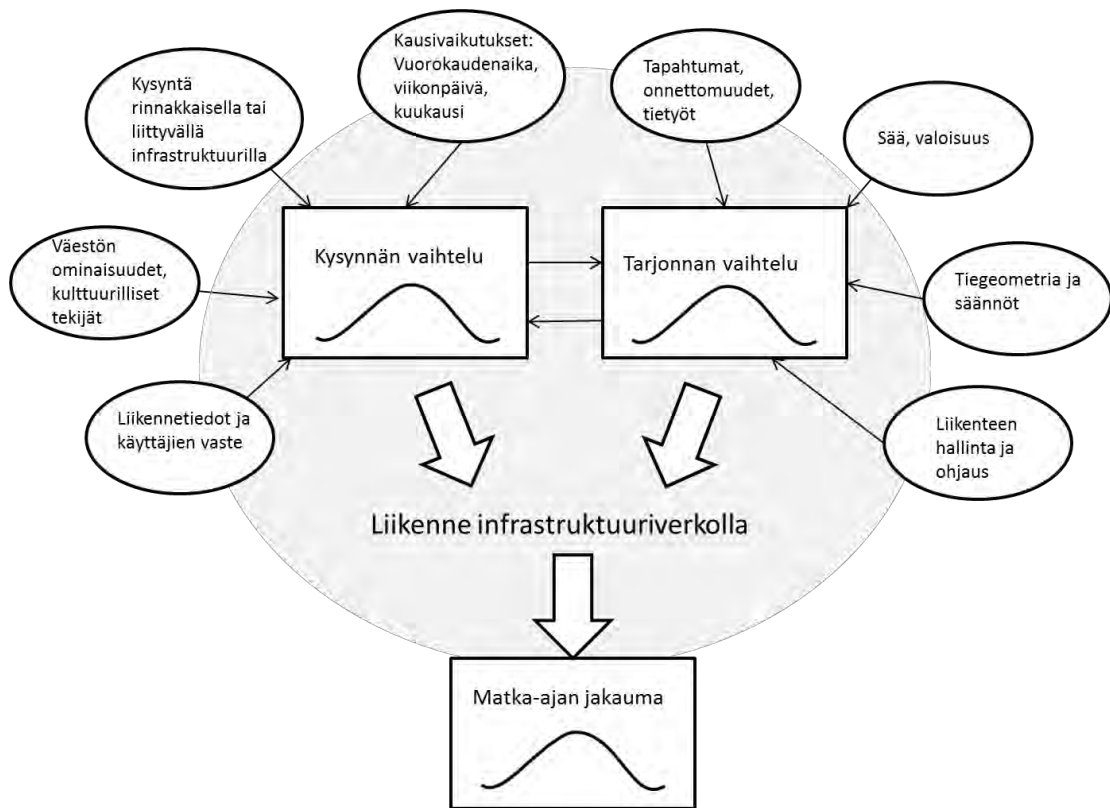
Taulukossa 1 on esitetty El-Geneidyn ym. (2009) eri tutkimuksista ja raporteista koostamat joukkoliikenteen matka-aikoihin vaikuttavat tekijät. Näiden havaitaan olevan juurikin samoja kuin luotettavuuteen vaikuttavat tekijät. Joukkoliikenteen matkojen luotettavuus onkin hyvin pitkälti kiinni matka-ajoista ja niiden vaihtelusta. Osa taulukossa esitetyistä tekijöistä on vaihtelevia ja osa taas pysyy esim. tietyllä linjalla tai tietyynä päivänä samana, eikä siten vaikuta luotettavuuteen. Taulukon 1 esittämien tekijöiden aiheuttamat viiveet voivat olla joko toistuvia tai epäsäännöllisiä.

**Taulukko 1. Matka-aikoihin vaikuttavat tekijät. (El-Geneidy et. al 2009)**

<b>Muuttuja</b>	<b>Kuvaus</b>
Etäisyys	Segmentin pituus
Liittymät	Liittymien määrä
Linja-autopysäkit	Pysäkkien lukumäärä
Kyytiin nousu	Kyytiin nousevien matkustajien määrä
Kyydistä jääminen	Kyydistä pois jäävien matkustajien määrä
Aika	Matkan ajanjakso
Kuljettaja	Kuljettajan kokemus
Työaika	Kuinka pitkään kuljettaja on ollut töissä yhtäjaksoisesti
Lähtöviive	Todellinen lähtöaika – aikataulun mukainen lähtöaika
Pysähtymisviiveet	Bussin ominaisuuksista johtuvat viiveet pysähtymisissä
Jaksottomat tapahtumat	Nostosillat yms.
Suunta	Saapuva tai lähtevä palvelu
Sää	Säähän liittyvät olosuhteet
Tie	Tien omaisuudet

Yleisemmin ottaen matka-ajan jakaumaan vaikuttavat tekijät liikenteessä on esitetty kuvassa 1. Matka-aikojen jakauma muodostuu käytännössä kahdesta eri tekijästä; kysynnästä ja tarjonnasta. Kysyntä ja tarjonta yhdessä muodostavat liikenteen infrastruktuuriverkolla. Kysyntään vaikuttavat vuorokaudenaika, viikonpäivä ja kuukausi, kysyntä muulla katu- ja tieverkolla, väestön ominaisuudet sekä kulttuurilliset tekijät ja liikenteen

netiedot ja käyttäjien reagointi niihin. Tarjontaan puolestaan vaikuttavat onnettomuudet, tietyöt, säätilanne ja valoisuus, tiegeometria ja säännöt ja lait sekä liikenteen hallinta ja ohjaus.



Kuva 1. Matka-ajan jakaumaan vaikuttavat tekijät. Suomennettu lähteestä Li et al. (2010).

Joukkoliikenteessä tasapaino toistuvan ja epäsäännöllisen viiveen välillä on erilainen kuin henkilöautoliikenteessä. Vaikeasti ennustettava, epäsäännöllinen viive on huomattavasti merkittävämpi joukkoliikenteessä, sillä joukkoliikennettä tuottavat liikennöitsijät huomioivat yleensä säännölliset viiveet (esim. toistuvat ruuhkat) aikatauluissa. Täten joukkoliikenteen matkustajat kohtaavat viiveitä, jotka vaihtelevat päivittäin ja tämä vaikuttaa joukkoliikenteen luotettavuuteen merkittävästi (Rietveld et. al 1999). Lisäksi matkustaja osaa yleensä ottaa huomioon ennustettavissa olevan vaihtelun, etenkin jos on käyttänyt samaa kulkutapaa ja reittiä aiemmin. Ennalta arvaamattomia myöhästymisiä aiheuttavat esimerkiksi onnettomuudet ja kaluston ongelmat, joten niiden ennakkoon huomioiminen on käytännössä mahdotonta. Liikenteessä olevien ihmisten käyttäytymisen on usein heterogeenistä, joten myös kaikkien matkajien käyttäytymistä ei voida ennakkoon ottaa huomioon (Carrion & Levinson 2012). Tutkimusten mukaan etukäteen ennustamattomat viiveet ja matka-ajan vaihtelut ovat käytännössä sekä kysynnästä että tarjonnasta johtuvia.

Yksi luotettavuuden arvottamisen haasteista on se, että luotettavuutta, täsmällisyyttä tai myöhästymistä voidaan mitata monin tavoin. Luotettavuuden arvo ja se, miten luotettavuuden paranemista voidaan arvioida, liittyvät keskeisesti siihen, miten luotettavuutta ja myöhästymistä mitataan. Luotettavuus esitetään usein todennäköisyytenä  $p$  jolla kuluneuvo saapuu  $x$  minuuttia myöhässä. Useita muita määritelmiä on myös olemassa ja jokainen näistä keskittyy johonkin tiettyyn näkökulmaan saapumis- tai lähtöaikojen jakaumassa;

- todennäköisyys, että kulkuväline on täsmällinen (esim. alle kolme minuuttia myöhässä)
- todennäköisyys, että kulkuväline on vain vähän (esim. 3-10 minuuttia) myöhässä
- todennäköisyys, että lähdetään etuajassa
- aikataulunmukaisen ja oletetun saapumisajan keskimääräinen ero
- keskimääräinen viive
- keskimääräinen viive saapumisessa mikäli saavutaan myöhässä
- keskimääräinen viive saapumisessa mikäli saavutaan enemmän kuin x minuuttia myöhässä
- saapumisaikojen keskihajonta
- saapumisaikojen korjattu keskihajonta (etuajassa saapumiset jätetään huomioimatta)
- matka-aikojen jakauman 80. (tai 90.) persentiiliin ja keskiarvon (tai mediaanin) erotus
- muut monimutkaisemmat mittarit, joissa huomioidaan epätasaisuuden vakaavuus

(Rietveld et. al 1999), (Paavilainen et al. 2011).

Edellä mainittuja määritelmiä on mahdollista edelleen tarkentaa tunnistamalla erilaisia matka-aikojen jakaumia erilaisille liikennetilanteille, kuten arkipäivä, viikonloppu, hyvä sää, huono sää ja niin edelleen (Rietveld et. al 1999).

Englannissa tehdyssä tutkimuksessa on esitetty kolme erityyppistä luotettavuuden mittaria: matka-ajan luotettavuus, vuorovälin luotettavuus sekä matkustajan odotusajan luotettavuus (Liu & Sinha 2007). Liun ja Sinhan (2007) tutkimuksessa matka-ajan luotettavuuden mittariksi on valittu matka-aikojen keskiarvo jaettuna matka-aikojen keskihajonnalla tietyllä aikavälillä, eli suhteellisen keskihajonnan käänteisluku (kaava 1).

$$RT_i = \frac{\mu_{t_i}}{\sigma_{t_i}} \quad \text{kun } t_i \in \{t_{inm}\} \quad (1)$$

jossa  $\mu_{t_i}$  = otoksen keskiarvo  
 $\sigma_{t_i}$  = otoksen keskihajonta

Suurempi RT:n arvo tarkoittaa parempaa luotettavuutta.

Samassa tutkimuksessa on myös mainittu muista usein käytettävistä mittareista. Näitä ovat:

- matka-aikojen keskihajonnan käänteisluku
- matkat joiden matka-aika on korkeintaan odotettu matka-aika + hyväksytty lisäaika % -osuus kaikista matkoista
- matkat joiden matka-aika ei ole enemmän kuin 10 % korkeampi kuin keskimäärin % -osuus kaikista matkoista. (Liu & Sinha 2007).

Vuorovälin luotettavuus on myös erittäin tärkeä ominaisuus vuoroväliin perustuvassa joukkoliikenteessä. Luotettavat vuorovälit vähentävät matkustajien kokemaa haittaa minimoimalla matkustajien keskimääräistä odotusaikaa. Mikäli vuorovälit eivät ole luotettavia, voivat bussit jonoutua ja tämä aiheuttaa ongelmia palvelutasoon. Vuorovälin luotettavuuden mittariksi Liu esittää kaavan 2 mukaista yhtälöä suhteellisen keskihajonnan laskemiseksi, jonka Bowman ja Turnquist (1980) esittivät alun perin.

$$RH_i = \frac{\sigma_{h_i}}{\mu_{h_i}} \quad \text{kun } h \in \{h_{inms}\} \quad (2)$$

jossa  $\mu_{h_i}$  = otoksen keskiarvo  
 $\sigma_{h_i}$  = otoksen keskihajonta

Kaavassa vuorovälin luotettavuus esitetään vuorovälin keskihajonnan suhteena vuorovälin keskiarvoon. Pienempi RH:n arvo tarkoittaa parempaa luotettavuutta.

Matkustajan odotusajan luotettavuus on myös erittäin merkittävä luotettavuuden mittari, sillä matkustajat arvottavat odotusajan lähes poikkeuksetta noin kaksi kertaa rasittavamaksi kuin varsinaisen ajoneuvossa vietetyn ajan. Matkustajan odotusajan luotettavuutta on alettu käyttää erityisesti Lontoossa, jossa käytetään ylimääräistä odotusaikaa (excess wait time, ewt) luotettavuuden tärkeimpänä mittarina tiheän vuorovälin palveluille (viisi tai useampi bussi tunnissa). Ylimääräinen odotusaika lasketaan kaavan 3 mukaan.

$$RW_{is} = EWT_{is} = AWT_{is} - SWT_{is} \quad (3)$$

jossa AWT on matkustajien todellisen odotusajan keskiarvo ja SWT on aika, jonka matkustajat keskimäärin odottaisivat, jos bussit kulkisivat täsmälleen aikataulun mukaan. Ylimääräinen matka-aika on siis todellisen ja suunnitellun odotusajan erotus. Tiheällä vuorovälillä SWT:n voidaan odottaa olevan puolet vuorovälistä ja AWT:n kertynyt matkustajien odotusaika pysäkillä. Matkustajan odotusajan luotettavuus voidaan määrittää reittikohtaisesti tai jokaiselle pysäkillä erikseen. (Liu & Sinha 2007).

Usein perinteiset odotusajan mittarit keskittyvät keskiarvoihin, kun matkustajien käsitykset pohjautuvat usein äärimmäisiin arvoihin, mitkä ovat usein riippuvaisia palvelun luotettavuudesta. Samaan aikaan perinteiset palvelun luotettavuuden mittarit ovat indikaattoreita operationaalisesta laadusta. Ne eivät ilmaise luotettavuuden vaikutusta matkustajiin. Täten odotusaikoja aliarvioidaan ja palvelun luotettavuutta aliarvioidaan. (Furth 2006).

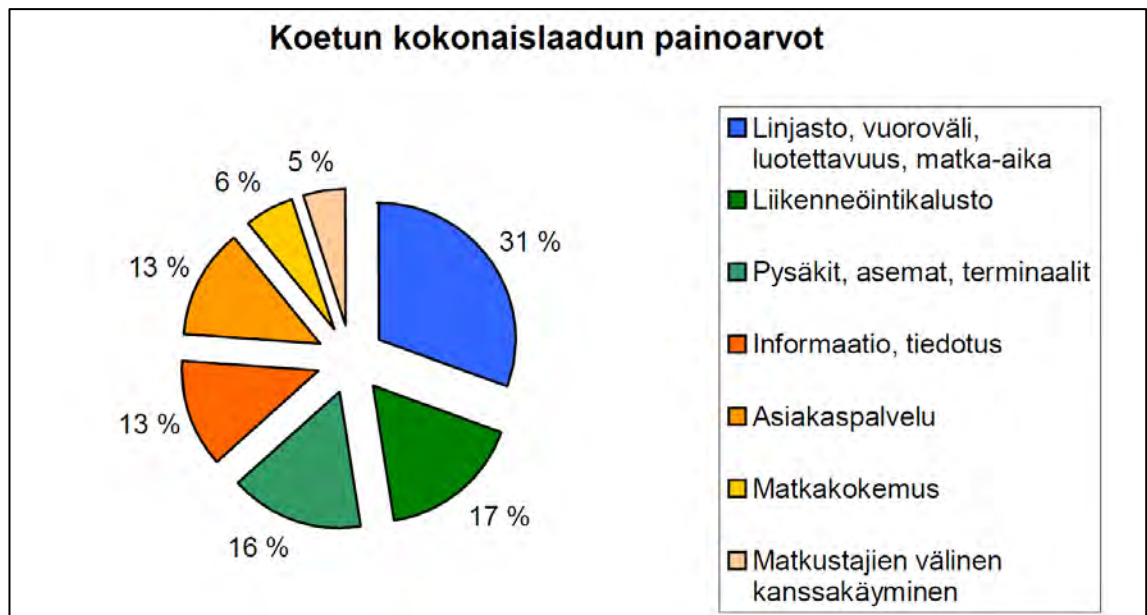
## **2.2 Luotettavuuden merkitys joukkoliikennematkustajalle**

Joukkoliikennematkustaja arvostaa erityisen paljon käytettävän joukkoliikennepalvelun luotettavuutta ja luotettavuus onkin matkustajille yksi tärkeimmistä ominaisuuksista. Koettuun palvelun laatuun vaikuttavista tekijöistä on tehty on valtavat määrät tutkimuksia ja kyselyitä, joita on käyty läpi osana tätä työtä.

Iso-Britanniassa tehdyn kyselytutkimuksen mukaan 39 % vastanneista ärsyyntyi myöhässä olevista busseista, 35 %:n mukaan on vaikeaa ennustaa kuinka kauan matka kestää ja 31 %:n mukaan bussia käyttäessä ei voi olla varma pääseekö perille oikeaan aikaan. Vain 18 % vastanneista sanoi bussimatkan kestävän liian kauan. Tämä kuvaa matkustajien arvostusta luottamusta kohtaan. Kyselyssä korostui myös huoli turvallisuudesta bussilla matkustettaessa ja bussia odottaessa. Bussin odottaminen yöllä yhdistettynä epätietoisuuteen siitä, kuinka kauan bussia joutuu odottamaan, koettiin erityisen epämiellyttäväksi. (Stradling et al. 2007).

Eräs joukkoliikenteen epämieluisa ominaisuus on, kuinka usein matka voidaan tehdä haluttuna ajankohtana. Epämiellyttävyyttä lisää se, että tämä riippuu täysin palvelun tiheydestä. Joukkoliikenteen käyttäjät voivat suunnitella menonsa aikataulun mukaisten lähtöaikojen perusteella, josta aiheutuu hankaluuksia ja kustannuksia samoin kuin jonkin verran odotusaikaa. Toinen vaihtoehto on saapua lähtöpisteeseen sattumanvaraisesti, jolloin vältetään aikataulutuksesta johtuvat kulut, mutta jolloin odotusaika kasvaa keskimäärin puoleen vuorovälistä. Saapumisaikojen epäluotettavuus ja matkalla tehtävä mahdollinen vaihto lisäävät odotusaikaa. Odotusaika arvotetaan huomattavasti kalliimmaksi kuin ajoneuvossa vietettävä aika, sillä siitä aiheutuu ylimääräistä stressiä ja turhautumista ja lisäksi odotusaikaa on vaikeampi käyttää tuottavasti. (Wardman 2004).

Osana JOKOLA-tutkimusta (Vanhanen et al. 2007) tehty analyttinen hierarkiaproseesikyselyssä selvitettiin joukkoliikenteen käyttäjiltä heidän mielipiteitään koettuun joukkoliikenteen kokonaislaatuun vaikuttavista tekijöistä. Kyselyn mukaan selvästi tärkein koettuun kokonaislaatuun vaikuttava teema on ”Linjasto, vuoroväli, luotettavuus, matka-aika”. Kaikki koetun kokonaislaadun laatuteemat ja niiden painoarvot on esitetty kuvassa 3. Tärkeimpänä yksittäisenä laadun osatekijänä tutkimuksessa pidettiin luotettavuutta ja aikataulussa pysymistä. Sen painoarvo koetusta kokonaislaadusta oli lähes 11%. On kuitenkin tärkeää muistaa, että tutkimuksen lähtökohtana oli se, että kulkutapavalinta oli jo tehty.



Kuva 2. Koetun kokonaislaadun painoarvot laatuteemoittain (Vanhanen et al 2007a).

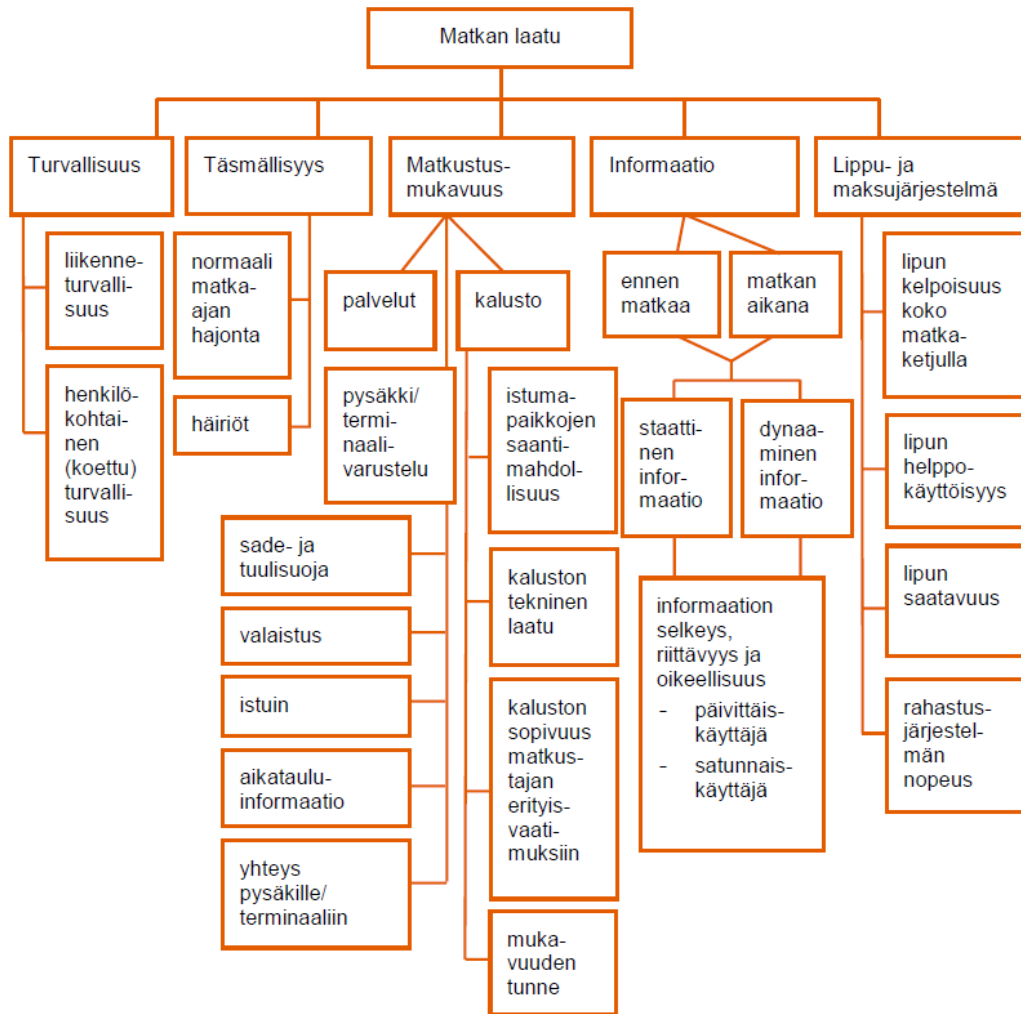
Kyselyn tuloksista havaittiin, että joukkoliikenteen käyttäjät kokevat konkreettiset palvelun perustekijät tärkeimmiksi kokonaislaatuun vaikuttaviksi tekijöiksi. Nämä tekijät toistuvat matkustajille jaettavassa materiaalissa ja informaatioissa aikataulujen, vuorovälien, matka-aikojen ja linjakarttojen muodossa. Matkustajilla on enemmän tietoa juuri näistä asioista informaation myötä ja näiden asioiden seuraaminen on tämän vuoksi helpompaa. Informoidut matkustajat ovat tietoisuuden myötä kriittisimpiä näitä tekijöitä kohtaan. Liikennöinnin täsmällisyys on laatutekijä, joka vaikuttaa erittäin paljon matkustajatytyväisyyteen ja matkustajien kokemaan joukkoliikennepalvelun laatuun. JOKOLA-tutkimuksessa selvisi, että kaikille joukkoliikennematkustajalle ensiarvoisen tärkeää on tiettyjen palvelun perusominaisuuksien saatavuus sekä luotettavuus ja vasta tämän jälkeen tulevat lisäarvoa tuovat laatutekijät. Joukkoliikennepalveluiden luotettavuuden teemaa on käytetty markkinointimielessä esimerkiksi Tukholmassa ja Göteborgissa. (Vanhanen et al. 2007a).

JOKOLA-tutkimuksen osana tehdyssä kirjallisuusselvityksessä läpi käydyissä tutkimuksissa ja selvityksissä luotettavuus nostettiin esiin yhdeksän kertaa neljästätoista (kuva 3), eniten kaikista laatutekijöistä yhdessä informaation ja opastuksen sekä henkilökunnan toiminnan ohella (Vanhanen et al. 2007b).

	Guttenplan	Roth	Quattro	TCRP	Friman	Li	Rietveld	El-Corchi	Burkhardt	Knutsson	Cozens	Vibe	BEST	ARTS	YHTEENSÄ
<b>Saatavuus, joukkoliikennepalvelu lähellä</b>	x	x	x	x								x	x	x	7
<b>Saavutettavuus muihin paikkoihin</b>	x	x	x	x								x	x	x	7
<b>Informaatio, opastus</b>	x		x	x	x				x	x	x		x	x	9
<b>Liikennöintiäika, aikataulut</b>	x		x	x								x	x		5
<b>Matkustusympäristö ja -mukavuus, siisteys, kapasiteetti (istumapaikat ja matkustusväljyys)</b>	x				x	x						x	x		5
Psykologiset esteet		x		x							x				3
Sosiaaliset esteet, sosiaalinen merkitys		x				x							x		3
Fyysiset esteet		x							x		x			x	4
<b>Luotettavuus</b>		x	x	x	x	x	x		x			x	x		9
<b>Asiakaskontaktit / henkilökunnan toiminta</b>		x	x	x	x				x	x	x	x	x		9
Matka-aika, matkan sujuvuus (koettu / todellinen)			x			x	x								3
Turvallisuus			x	x							x		x		3
Kulun tasaisuus liikennevälineessä								x							1
Vaihtoyhteydet, matkaketjut							x		x					x	3
Virikkeellisyys, viihteellisyys						x									1
Lippujärjestelmä, rahalle saatu vastine			x									x	x	x	4
Infrastruktuuri			x	x							x				3
Ympäristöystävällisyys			x												1

Kuva 3. Kirjallisuusselvitykseen kuuluneissa tutkimuksissa esiin nostetut laatutekijät. (Vanhanen et al. 2007b)

Useimmissa haastattelututkimuksissa tärkeimmiksi joukkoliikenteen palvelutasotekijöiksi ovat osoittautuneet vuorovälit ja täsmällisyys (Ojala & Pursula 1994). Täsmällisyys on yksi koettuun matkan laatuun vaikuttavista laatutekijöistä ja nämä laatutekijät on esitetty kuvassa 4 (Pesonen et al. 2006). Täsmällisyys on tärkeä osatekijä joukkoliikenteen palvelutasossa ja voidaanakin päätellä, että joukkoliikenteen kysyntä laskee jos palvelujen tarjonta on epäluotettavaa (Pesonen et al. 2006). Useat matkustuskäyttäytymistutkimukset ovat osoittaneet, että joukkoliikenteen täsmällisyys ja luotettavuus ovat käyttäjien erittäin tärkeäksi arvostamia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat heidän näkemuksiinsä palvelusta sekä sen käyttämiseen (Currie & Wallis 2008). Epäluotettavien bussien matkustajamäärät voivat vähentyä jopa 10 – 20 %:lla ja käänteisesti matkustajamäärät lisääntyisivät saman verran jos luotettavuusongelmat voidaan korjata. Toisaalta matkustajamäärien muutokset ovat riippuvaisia luotettavuuden lähtötasosta (Currie & Wallis 2008).



Kuva 4. Matkan laatutekijät (Pesonen et al. 2006).

Liikenne- ja viestintäministeriön teettämän asiantuntija-arvion (kuva 5) mukaan paikallis- ja lähiliikenteessä vuoroväli, kävelymatka, ajoaika, täsmällisyys ja lippu- sekä maksujärjestelmät ovat tärkeimpiä palvelutason osatekijöitä. Hyvin samankaltaisia tuloksia on saatu pääkaupunkiseudun joukkoliikennekokeilun osana tehdyssä kirjallisuusselvityksessä (Smeds 1975b), jossa selvisi, että 40 kaupungissa ympäri maailmaa suoritettujen tutkimusten tulosten mukaan vuoroväli on tärkein palvelutasotekijä ja lähes yhtä tärkeitä ovat nopeus ja luotettavuus. Luotettavuus on tutkimuksen tuloksissa kolmannelle sijalle kokonaisuudessaan ja kymmenessä kaupungissa luotettavuus on koettu tärkeimmäksi palvelutasotekijäksi.

	Kaupunki- ja lähiliikenne			Maaseudun joukkoliikenne				Kaukoliikenne
	Paikallisliikenne/lähiliikenne	Palveluliikenne	Kutsujoukkoliikenne	Vakiovuoroliikenne, kuntakeskusten välillä	Muu vakiovuoroliikenne	Palveluliikenne	Kutsutaksi, asiointiliikenne	
xxx = merkittävin osatekijä palvelutason muodostumisessa xx = osatekijällä on merkitys palvelutasoon x = osatekijällä voi olla pieni merkitys palvelutasoon - = osatekijällä ei ole merkitystä tai sitä ei voida lainkaan käyttää								
Tarjonnan ominaisuudet								
vuoroväli/vuoromäärä	xxx	-	-	xxx	x	-	-	xx
kävelymatka	xxx	xxx	-	xx	xx	xxx	-	x
liikennöinti-aika	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
tilauksen ennako-aika	-	-	xxx	-	-	xx	xxx	-
aikataulujen säännöllisyys	xx	x	-	xx	-	x	-	x
vaihtojen lukumäärä	xx	x	x	xx	x	x	x	xx
hallittavuus	xx	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx
valinnan vapaus	xx	x	xx	x	x	xx	x	xx
Matka-ajan komponentit								
odottelu-aika	x	x	x	xx	x	x	x	xx
kävelyaika	xx	xx	xx	xx	x	x	x	xx
odotusaika	xx	x	x	xx	x	x	x	xx
ajo-aika	xxx	x	x	xxx	x	x	x	xxx
vaihtoaika	xx	x	x	x	x	x	x	xx
Matkan laatutekijöitä								
täsmällisyys	xxx	-	x	xxx	xxx	x	x	xxx
turvallisuus	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
matkustusmukavuus								
- palvelut	x	xxx	xx	x	-	xxx	xx	xxx
- kalusto	xx	xxx	xx	x	x	xxx	x	xxx
- pysäkkivarustelu	xx	x	-	xx	xx	x	x	xx
informaatio	xx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xx
lippu- ja maksujärj.	xxx	x	x	xxx	xx	xx	xx	xx

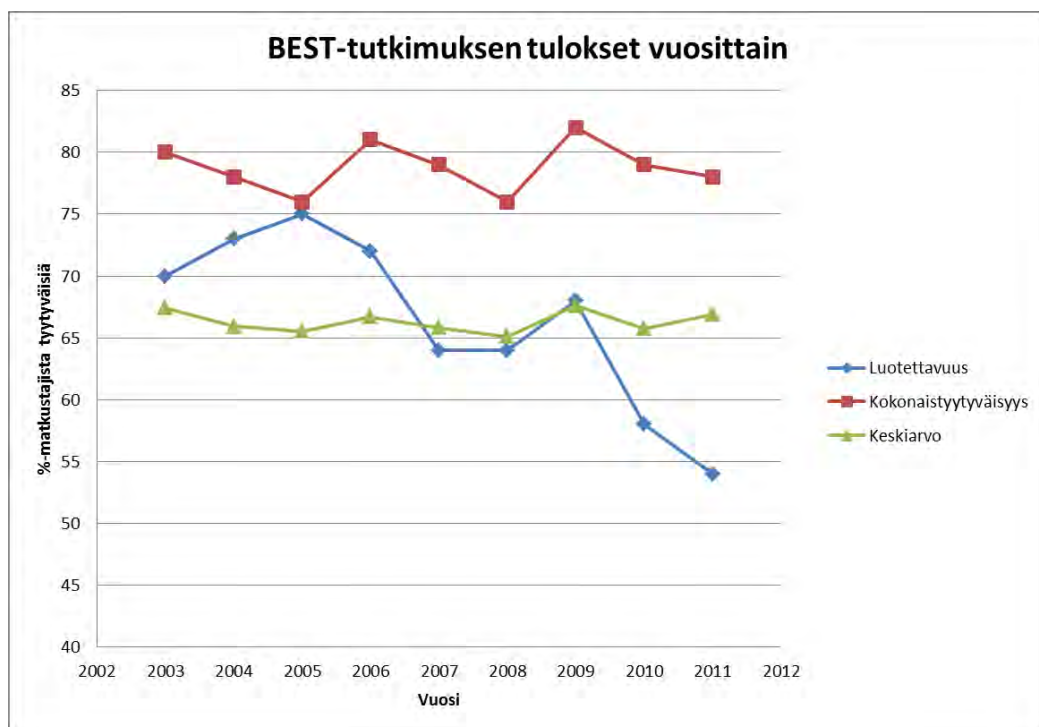
Kuva 5. Arvio palvelutason osatekijöiden merkittävydestä erityyppisessä liikenteessä (Pesonen et al. 2006).

Helsinki on ollut kansainvälisessä BEST-projektissa mukana vuodesta 2000-alkaen. BEST-projekti on saanut alkunsa pohjoismaisten pääkaupunkien leikkimielisestä kilpailusta parhaan joukkoliikenteen saralla. Vuonna 2011 tutkimuksessa oli mukana Helsingin lisäksi neljä muuta kaupunkia: Geneve, Kööpenhamina, Oslo ja Tukholma. Tutkimuksessa puhutaan yleisesti keskustakaupungeista, vaikka tutkimuksessa olisivatkin mukana myös ympäryskunnat. Vuonna 2011 Helsingin mukana tutkimuksessa olivat kaikki HSL:n jäsenkunnat. Tutkimuksen yhteydessä tehtiin yhteensä 1693 puhelinhaastattelua, joista tutkimuksen tulokset on laskettu painottamalla vastauksia iän, sukupuolen sekä kunnan asukasluvun mukaan. Puhelinhaastattelussa esitettiin 29 mielipidekysymystä joukkoliikenteen laadusta. Tyytyväisyyttä mitattiin eri osatekijöistä, joista tämän työn kannalta kiinnostavimpia ovat kokonaistyytyväisyys ja luotettavuus. (Nikula & Vuorela 2011).

Kokonaistyytyväisyydessä Helsinki on toista vuotta peräkkäin BEST-kyselyn ensimmäisellä sijalla, 78 % vastaajista ollessa tyytyväisiä. Palvelun luotettavuuteen tyytyväisiä on kuitenkin vain 54% matkustajista. Tämä on neljä prosenttiyksikköä vähemmän

kuin viime vuonna. Muihin kaupunkeihin verrattuna tulos on silti toiseksi paras Geneven (69 %) jälkeen. Alhaisiin tuloksiin on varmasti vaikuttanut kaksi erittäin lumista talvea, mutta lasku on ollut toisaalta myös pidempiaikaista. Parhaimmillaan vuonna 2005 luotettavuuteen tyytyväisiä oli 75% matkustajista, eli lukema on laskenut 21 prosenttiyksikköä sen jälkeen. Samaan aikaan kokonaistyytyväisyys on laskenut huomattavasti vähemmän, keskiarvon pysyessä suunnilleen samoissa lukemissa vuodesta toiseen. (Nikula & Vuorela 2011).

Kuvassa 6 on esitetty BEST-tutkimuksen tulosten kehittyminen Helsingissä vuosien 2003 ja 2011 välillä. Kokonaistyytyväisyys ja luotettavuus ovat kyselyn osa-alueita ja niiden arvot tulevat suoraan vastauksista, kun taas keskiarvo on kyselyn kaikkien osatekijöiden arvoista laskettu keskiarvo. Kyselyn tuloksista nähdään joukkoliikenteen luotettavuuteen tyytyväisten määrän huomattavan romahtamisen lisäksi mielenkiintoinen ero kokonaistyytyväisyyden ja keskiarvon välillä. Kyselyyn vastanneista 78% ilmoitti olevansa tyytyväinen pääkaupunkiseudun joukkoliikenteeseen, mutta kaikkien osatekijöiden tyytyväisten määrien keskiarvo on huomattavasti pienempi, eli noin 67 %. Tämä kertoo oletettavasti vastaajien omasta osatekijöiden painotuksesta, tai siitä että tilanteeseen ollaan kokonaisuudessaan tyytyväisiä, vaikka useisiin osatekijöihin ei oltaisi tyytyväisiä. (Nikula & Vuorela 2011).



Kuva 6. BEST-tutkimuksen tulokset vuosittain Helsingissä. (soveltaen Nikula & Vuorela 2011).

Matka-ajan vaihtelu on erityinen huolenaihe joukkoliikenteessä matkaketjujen vuoksi. Monet joukkoliikenteen käyttäjät matkustavat siten, että he käyttävät useampaa kuin yhtä liikennevälinettä, minkä vuoksi ongelma korostuu, mikäli vaihtoyhteyksiä menetetään. Viiden minuutin viive ensimmäisessä yhteydessä voi tarkoittaa sitä, että vaihtoyhteydestä myöhästyään, jolloin kokonaisviive kasvaa 30 minuuttiin. (Rietveld et al. 1999).

Tutkittaessa joukkoliikenteen matkaketjujen luotettavuutta huomio siirtyy syötteestä (ajoneuvojen saapumisaikojen luotettavuus) tuottoon (matkustajien saapumisajan luotettavuus) puolelle. Näiden välinen ero on pieni, mikäli matkaketjussa on vain yksi elementti. Ero on erittäin merkittävä, mikäli matkaketjuun kuuluu useampi elementti eli jos matkaketjussa vaihdetaan kulkuneuvoa. Ero on merkittävä hukattujen yhteyksien vuoksi. Luotettavuuden analysointi matkaketjujen ja matkustajien saapumisaikojen näkökulmasta on matkustajalähtöistä joukkoliikenteen analysointia ja siihen olisikin pyrittävä entistä enemmän tulevaisuudessa. (Rietveld et al. 1999).

Kun mietitään joukkoliikenteen luotettavuuden merkitystä matkustajille, on pohdittava epäluotettavuudesta matkustajalle aiheutuvia seurauksia. Näitä ovat muun muassa matka-ajan kasvu, vaihtoyhteyden menetys, myöhästyminen töistä, tapaamisesta ja niin edelleen sekä niistä aiheutuvat kustannukset. Lisäksi varautuminen myöhästyksiin johtaa perillä liian aikaisin olemiseen ja näin hukattuun aikaan. Täydempi kulkuväline tarkoittaa pienempää todennäköisyyttä saada istumapaikka, mikä hankaloittaa matkan tekoa. Näiden asioiden vuoksi tyytymättömyys palveluun kasvaa ja palvelun laatu koetaan huonoksi. (Paavilainen et al. 2011).

Matkustajiin kohdistuvista epäluotettavuuden seurauksista koituu pidemmällä aikavälillä myös operaattorille ja liikenteen tilaajalle seurauksia. Tällaisia ovat vaihtoehtoisten reittien tai kulkumuotojen etsiminen, kausilipulla matkustavien väheneminen ja joukkoliikenteen imagon heikkeneminen. Lisäksi, vaikka luotettavuus palautuisi hyvälle tasolle, voi mielikuva heikentyneestä palvelusta jäädä elämään. (Paavilainen et al. 2011).

Joukkoliikenteen luotettavuutta pitävät kriittisen tärkeänä niin sen käyttäjät kuin tuottajatkin. Joukkoliikenteen epäluotettavuus aiheuttaa epävarmuutta ja viivytyksiä, jotka häiritsevät matkustajia sekä lisäävät liikennöitsijöiden kustannuksia huonon tehokkuuden kautta. Iso-Britannian hallitus painottaa luotettavaa bussiliikennettä varmistaakseen sen kilpailukyvyyn henkilöauton kanssa. Kilpailukykyinen bussiliikenne voi aiheuttaa kulkutapaosuuksien muutoksen henkilöautovoittoisesta bussin suuntaan (Liu & Sinha 2007). Eräiden tutkimusten perusteella matkan nopeuttaminen ja erityisesti kävely- ja odotusaikojen lyhentäminen lisääi joukkoliikenteen kysyntää voimakkaammin kuin matkalippujen hinnan alentaminen (Ojala & Pursula 1994). Luotettavuuden parantaminen vaikuttaa merkittävästi odotusaikojen pituuteen ja täten matkustajien määrään.

Mietittäessä luotettavuuden merkitystä joukkoliikenteen matkustajalle ja yleisesti matkakokemuksen muodostumisesta, on tärkeää tunnistaa kriittisten kokemusten rooli tyytyväisyyden muodostumisessa. Positiivisiin kokemuksiin keskittyvien palveluiden (kuten ravintolat tai viihdepalvelut) asiakkaisiin verrattuna joukkoliikennematkustajien tavoitteena on tyytymättömyyden välttäminen joukkoliikennettä käytettäessä eikä niinkään varsinaisen positiivisen kokemuksen saavuttaminen. Tärkeintä matkustajille on ongelmien välttäminen ja luotettava bussiliikenne auttaa siinä merkittävästi. (Friman 2004).

### **2.3 Ajan arvo**

Jotta voidaan arvioida luotettavuuden arvoa taloustieteellisestä näkökulmasta, on ensin käsiteltävä siihen hyvin läheisesti liittyvää ajan arvoa. Ajan arvo on liikennealalla hyvin laajasti käytetty ja tutkittu käsite, joka voidaan käsittää monella eri tavalla. Yleisen näkemyksen mukaan ”*liikenteen ajan yksikköarvo ilmoittaa, mikä on yhden liikenteessä kuluvan aikayksikön arvo rahayksikössä*” (Pursula 1994).

Ajan arvoa käytetään laajalti tie- ja liikenneinvestointien hyöty-kustannuslaskelmissa, sillä investointien keskeisenä vaikutuksena on usein matka-aikojen muuttuminen. Näissä laskelmissa tutkitaan aika- ja muiden säästöjen määrä suhteessa investointien kustannuksiin. Säästetyn ajan arvo on erittäin merkittävässä roolissa perusteltaessa investointien taloudellista kannattavuutta (Pursula 1994), usein se on jopa liikenneinvestointien suurin hyöty (Shires & de Jong 2009). Siten aikasäästöjen tai –menetysten muuntaminen rahaksi on erittäin tärkeää vertailtaessa eri investointivaihtoehtojen kannattavuutta keskenään. Muuntamiseen käytetty tekijä on ajan arvo (Ojala & Pursula 1994).

Puhuttaessa säästyvän ajan arvosta käytetään ehkä hieman harhaanjohtavaa termiä, sillä kuten Pursula (1994) kirjoittaa, ”*ajalla sinällään ei ole arvoa eikä aikaa voi säästää myöhempää käyttöä varten*”. Näin ollen Pursulan (1994) mukaan säästyvän ajan arvolla tarkoitetaan sitä hyödyn tai hyvinvoinnin lisäystä, joka saadaan, kun säästetty matka-aika käytetään jossakin mielessä hyödyllisempään tai mieluisampaan toimintaan. Luonnollisin määritelmä ajan arvolle on ”*muutoksen korvaaminen*” (Varian 1992). Tietyn määrän ja tietyn tyyppisen matka-ajan säästämisen arvo tietyllä henkilölle on se summa, jonka henkilö voisi maksaa edun saatuaan ja olla yhtä hyvässä tilanteessa kuin aiemminkin. Tämä summa jaettuna säästetyllä ajalla on kyseisen henkilön keskimääräinen säästetyn ajan arvo kyseiselle muutokselle.

Hyödyllisempää tai mieluisampaa toimintaa ja niistä saatavia hyötyjä määritettäessä on otettava huomioon useita tekijöitä. Näistä yksi merkittävimmistä on ero ajan arvossa työajalla tehtävän matkan ja vapaa-ajan matkan välillä. Työajalla tehtävän matkan arvo perustuu siihen, että aika voitaisiin vaihtoehtoisesti käyttää tuottavan työn tekemiseen. Työnantaja joutuu maksamaan kustannuksia, kuten palkan ja sosiaalikulut työntekijästä ja näitä kustannuksia pidetäänkin usein työntekijän työn arvona työnantajalle. Ajan arvon määrittämisestä ongelmallisemman tekee se, että kaikkea matkaan käytettyä aikaa ei välttämättä voida käyttää tehokkaaseen työskentelyyn, mutta käänteisesti myös matkan aikana voi olla mahdollista työskennellä. Pursulan (1994) mukaan työajan matkan ajan arvo onkin jonkin verran pienempi kuin työntekijälle työntekijästä koituvat kulut.

Ajan arvo voi riippua useasta matkan tekijän ja matkan ominaisuudesta. Se riippuu matkan tarkoituksesta (työ, vapaa-aika jne), väestötieteellisistä ja sosioekonomisista tekijöistä, päivän ajasta, matkan aikana saatavilla olevista fyysisistä tai psyykkisistä mukavuuksista ja matkan kokonaiskestosta. Matka-kysyntä mallia voidaan tarkentaa ottaen huomioon tällaiset vaihtelut jakamalla markkinat osiin; näyte jaetaan tiettyjen kriteerien, kuten tulojen ja ruokakunnan tyyppin mukaan ja jokaiselle segmentille estimoidaan oma malli. Tämän lähestymistavan etuna on se, että siinä ei aseteta mitään mahdollisesti virheellisiä rajoituksia, mutta haittana on estimoitavien parametrien suuri määrä ilman mitään takuita siitä, että nämä estimaatit seuraavat mitään tiettyä järkevää kaavaa. (Small & Verhoef 2007).

Vapaa-ajalla tehtävien matkojen laskennallinen arvo voidaan määrittää usealla eri tavalla. Vapaa-ajan matkan ajan arvo voidaan laskea liikennekäyttäytymistä selittävästä ekonometrisistä malleista. Ihmiset valitsevat matkallaan tietyn vaihtoehdon ja paljastavat samalla kuinka paljon he ovat valmiita matkasta maksamaan. Tästä voidaan laskea alaraja, jota pienempi maksuhalukkuus ei ainakaan ole. (Pursula 1994).

Talousteorian kannalta ajateltuna voidaan ajan arvoa perustella ihmisten maksuhalukkuudella. Ajan arvo siis kuvastaa matkustajan maksuvalmiutta epämukavan matka-ajan välttämiseksi. Jos ihminen on valmis maksamaan hyödykkeestä, täytyy tästä hyödyk-

keestä tai sen kuluttamisesta olla saatavissa jotakin hyötyä, joko suoraan tai välillisesti. Hyödyn määrä on rahassa ilmaistuna vähintään yhtä suuri kuin hyödykkeen hinta. Maksuhalukkuusmenetelmien käyttö yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa ei kuitenkaan ole täysin ongelmatonta. Menetelmän mukaan hyödykkeen kuluttamisesta saatava hyöty katsotaan sitä suuremmaksi, mitä enemmän kuluttaja on siitä valmis maksamaan, eli käytännössä ajan arvo riippuu jossain määrin tuloista. Ihmisten maksukyvyt ovat hyvin erilaisia, joten yhteiskunnallinen oikeudenmukaisuus ei välttämättä toteudu. (Pursula 1994; Ojala & Pursula 1994).

Maksuhalukkuutta voidaan mitata havaitun liikennekäyttäytymisen perusteella (Revealed Preference, RP) tai ilmoitettujen mieltymysten pohjalta (Stated Preference, SP) (Pursula 1994). Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM) käyttää näistä menetelmistä nimityksiä osoitettujen arvostusten menetelmä sekä ilmoitettujen arvostusten menetelmä (Pesonen et al. 2006).

Osoitettujen arvostusten menetelmässä selvitetään LVM:n (Pesonen et al. 2006) määritelmän mukaan ”*yksilön mieltymyksiä vertaamalla toteutunutta käyttäytymistä tarjolla oleviin vaihtoehtoihin*”. Teoriassa matkustajat valitsevat tarjolla olevista kulkutavoista sen, mikä tuottaa suurimman hyödyn. Aineistot kerätään kyselyillä, joissa matkustajat kirjaavat päivittäiset matkansa matkapäiväkirjaan. Aineistoa on helposti saatavilla, mutta sen hyödynnettävyydessä on omat ongelmansa. Olosuhteiden ollessa vakiintuneet, eivät palvelutason muutoksien aikaansaamat reaktiot tule esiin valinnoissa. Toinen ongelma ilmaantuu kun matkustajille on tarjolla vain yksi vaihtoehto; tällöin aineistot eivät tuota tietoa valinnoista jotka perustuvat joukkoliikenteen palvelujen ominaisuuseroihin. Lisäksi joukkoliikennematkan laatutekijöiden erottaminen kuluttajien valintoihin vaikuttavista tekijöistä voi olla vaikeaa. Matka-aika ja matkan hinta ovat hyvin tärkeitä tekijöitä kuluttajille, joten muiden tekijöiden vaikutusten painoarvo jää hyvin pieneksi jolloin niiden havaitseminen kyselyssä on erittäin vaikeaa. Käytännössä RP-menetelmän avulla voidaan selvittää miten matkustajat sopeutuvat tarjolla oleviin matkustusvaihtoehtoihin, eikä niinkään sitä, miten he mieluiten matkustaisivat. Menetelmällä saadaan parhaat tulokset olosuhteissa, joissa on tarjolla useita ominaisuuksiltaan erilaisia kulkutapavaihtoehtoja. Suomessa tämä tarkoittaa käytännössä pääkaupunkiseutua ja sen joukkoliikennettä. (Pesonen et al. 2006).

Ilmoitettujen arvostusten menetelmässä LVM:n (Pesonen et al. 2006) määritelmän mukaan ”*kuluttajat arvottavat joukkoliikenteen palvelutasoa kuvitteellisessa tilanteessa*”. Kuvitteellisessa tilanteessa muunnetaan kuluttajalle tutun palvelun ominaisuuksia kuvailuun perustuen. Arvottaminen mahdollistaa informaation esittämisen sekä mieltymysten esille tuomisen laajemmin, kuin sidottaessa ne tiiviisti vallitseviin joukkoliikenteen olosuhteisiin. Kuvitteellisten tilanteiden arvottamista on kuitenkin arvosteltu siitä, että ne eivät tuo esiin käytännön tilanteita ja että tulokset voivat olla vääristyneitä. (Pesonen et al. 2006).

Ilmoitettujen arvostusten menetelmässä on arvotettava konkreettisia palvelutason muutoksia, jotka on mahdollista toteuttaa ja vastaajien on ymmärrettävä kysymykset, eikä heitä saa johdatella. Lisäksi vaihtoehtoja esittäessä on tehtävä ennako-odotuksia vastaajien mieltymyksistä, sillä täysin vapaamuotoisesti ilmaistuja mieltymyksiä olisi hyvin vaikeaa hyödyntää. SP-menetelmää käytettäessä on huomioitava arvottamistilanteen ja siinä käytettyjen apuvälineiden vaikutus vastauksiin. Esimerkiksi palvelutasoa esittävät valokuvat tai piirrookset vaikuttavat vastaajaan mielikuviin ja reaktioihin eri tavalla kuin sanalliset kuvaukset. SP-menetelmällä tapahtuma arvottaminen suoritetaan erilaisina

valintatehtävinä, joissa eri vaihtoehtoja asetetaan paremmuusjärjestykseen, annetaan vaihtoehdolle arvosanoja tai valitaan paras vaihtoehto annettujen joukosta. Joukkoliikenteen SP-tutkimuksissa ei yleensä kysytä suoraan maksuhalukkuutta palvelutasotekijöiden parantamisesta, vaan valintatehtävien tulokset muutetaan rahamääräisiksi matkalipun hinnan tai matka-aikasäästön arvon avulla. (Pesonen et al. 2006).

Vapaa-ajan matkan arvo voidaan määrittää myös sopimalla sille jokin oletuksiin ja harkintaan perustuva arvo, kuten keskimääräinen palkka tai liikennejärjestelmän palvelutasotavoite. Lisäksi matkan arvo voidaan määrittää myös taloustieteellisillä tai sosiologisilla menetelmillä. Taloustieteellisiä menetelmiä käytettäessä ajan arvo perustuu sen vaihtoehtoiseen käyttöön, mutta ei kuitenkaan ihmisten omiin arvostuksiin vaan esimerkiksi kansantuotteen tai työajan muutoksiin. Sosiologisissa menetelmissä ihmisten annetaan itse arvioida aikansa arvo haastatteluissa. Näissä haastatteluissa saadaan selville kuinka ajan arvo riippuu muista tekijöistä, mutta absoluuttista arvoa ei voida riittävän luotettavasti arvioida. (Pursula 1994).

### 2.3.1 Tutkimuksissa saatuja arvoja

Suomessa Liikennevirasto (LiVi) julkaisee säännöllisin väliajoin tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot –ohjeen ja viimeisin on julkaistu vuonna 2010 (Tervonen, Ristikartano 2010). Tätä ohjetta tulee Liikenneviraston mukaan käyttää tienpidon hankkeiden vaikutusarvioinnissa. Liikenneviraston ohjeessa matka-aikasäästön arvo perustuu matkaan kuluvan ajan vaihtoehtoisen käyttötarkoitukseen työskentelyyn, asioinnin ja vapaa-ajan toimintojen muodossa. LiVi:n ohjeessa matka-aikasäästön yksikköarvot määritellään tuntia kohti kolmessa matkantarkoitusr ryhmässä: työajan matkat, työssäkäyntimatkat sekä asiointi- ja muut vapaa-ajan matkat. Matka-aikasäästön yksikköarvo on määritetty aluksi työajan arvosta ja työajan arvona pidetään työnantajan keskimääräisiä palkkakustannuksia. Muiden matkantarkoitusr ryhmien matka-aikasäästön arvot on johdettu työajan arvosta suhdeluvuilla, jotka perustuvat kansainvälisiin tutkimuksiin.

Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2010 – ohjeessa on määritetty kaupunkiliikenteen linja-auton kuljettajan ja matkustajan matka-aikasäästön arvot kuvan 7 mukaisesti. Keskimäärin matkustajan matka-aikasäästön arvo on 7,75 €/ tunti.

Ajoneuvo	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/ auto	euroa/ tunti/ henkilö	euroa/ tunti/ auto
Linja-auto	Kuljettaja	1	24,28	24,28
kaupunkiliikenne	<u>Matkustajat:</u>			
	Työajan matka (5 %)		21,70	16,0
	Työssäkäyntimatka (36 %)		9,78	50,3
	Asiointi- ja muut vapaa-ajan matkat (59 %)		6,22	53,4
	Keskimäärin matkustajia	15,5	7,75	143,97

Kuva 7. Matka-aikasäästön arvot 2010 (Tervonen & Ristikartano 2010).

Ulkomailla matka-ajan arvoa on tutkittu erittäin runsaasti ja erään kansainvälisen matka-ajan arvoja tutkineen kirjallisuustutkimuksen (Shires & de Jong 2009) tulokset ovat nähtävissä taulukossa 2. Shiresin ja de Jongin tutkimuksen mukaan vuonna 2003 matka-ajan arvosta keskiarvo EU:ssa oli 8,84 €/h.

**Taulukko 2. Matka-ajan arvot (€/tunti) lyhyen matkan työmatkaliikenteessä Euroopan maissa vuonna 2003 (Shires & de Jong 2009).**

<b>Maa</b>	<b>Bussi (€/tunti)</b>	<b>Muut kulkumuodot (auto, juna) (€/tunti)</b>
Alankomaat	8,22	9,94
Belgia	8,12	9,82
Eesti	5,17	6,26
Espanja	7,59	9,18
Irlanti	9,37	11,33
Italia	9,05	10,94
Itävalta	8,52	10,30
Kreikka	6,43	7,77
Kypros	6,95	8,40
Latvia	4,64	5,61
Liettua	4,63	5,60
Luxemburg	13,11	15,85
Malta	5,64	6,82
Portugali	5,98	7,23
Puola	5,02	6,08
Ranska	10,17	12,30
Ruotsi	9,39	11,35
Saksa	8,20	9,91
Slovakia	4,74	5,74
Slovenia	8,63	10,44
Suomi	8,52	10,30
Sveitsi	10,64	12,87
Tanska	9,89	11,96
Tšekki	5,91	7,14
Unkari	5,36	6,48
Yhdistynyt kuningaskunta	8,87	10,73
Euroopan keskiarvo	8,84	10,69

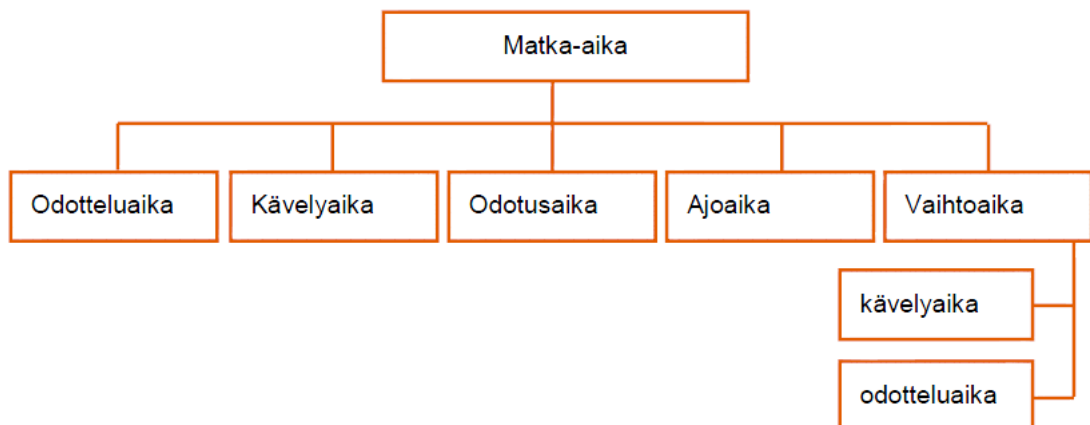
Usein ajan arvo esitetään myös prosentteina bruttopalkasta. Small ja Verhoef (2007) ovat teoksessaan analysoineet muiden tekemiä kirjallisuusselvityksiä ja saaneet niistä melko kirjavia tuloksia. Waters (1996) on tutkinut 56 ajan arvon estimaattia 14 eri maasta ja hänen tuloksiensa mukaan autolla tehdyillä työmatkoilla ajan arvo oli keskimäärin 48 % bruttopalkasta. Waters myös ehdottaa käytettäväksi ajan arvona 35-50 % palkasta. Tieviranomaiset Kanadassa (Transport Canada 1994) sekä Yhdysvalloissa (US Department of Transportation 1997) suosittelivatkin ajan arvona käytettävän 50 % bruttopalkasta. Yhdistyneissä kuningaskunnissa tehtyjä tutkimuksia arvioinut Wardman (1998) on löytänyt ajan arvon keskiarvoksi 3,58 punttaa, joka on 52 % vastaavasta palkasta, Mackie et al. (2003) puolestaan suosittelivat ajan arvoksi Yhdistyneissä kuningaskunnissa 51 % bruttopalkasta. Small ja Verhoef nostavat esiin myös Ranskalaisen selvityksen, jossa ajan arvon keskiarvoksi saatiin 59 % palkasta ja Japanilaisen selvityksen, jossa ajan arvon todettiin olevan 84 % palkasta.

Wardmanin (2001) meta-analyysistä käy ilmi, että työ- ja vapaa-ajan matkojen välillä on 16 % ero ajan-arvossa ja että kulkumuotojen välillä on merkittäviä eroja. Esimerkiksi

linja-autolla matkustavien ajan arvo on keskimääräistä pienempi ja junalla matkustavien keskimääräistä suurempi.

Tutkimuksissa on havaittu SP-menetelmällä saatavan huomattavasti pienempiä ajan arvoja kuin RP-menetelmällä. Hensher (1997) on saanut ajan arvoksi 19 % palkasta käyttämällä SP-testimenetelmää, kun vastaava arvo Calfeen ja Winstonin (1998) tutkimuksen mukaan on 20 % palkasta. Brownstone ja Small (2005) ovat tutkimuksessa havainneet, että SP-menetelmällä saadut tulokset ovat välillä yksi kolmasosa – puolet vastaavista RP-menetelmällä saaduista tuloksista jotka taas olivat 50 % - 90 % palkasta. Yksi selitys tälle on saatu ainakin siinä, että ihmiset yliarvioivat tietullien vaikutuksen kaksinkertaiseksi todelliseen nähden ja näin ollen vastatessaan SP-kyselyyn he voivat ilmoittaa halukkuutensa maksaa havaitsemistaan aikasäästöistä, joka on matalampi kuin heidän halukkuutensa maksaa todellisista aikasäästöistä.

Matkoja voidaan arvottaa yleistetyn matkavastuksen avulla. Yleistetty matkavastus koostuu matkan hinnasta sekä palvelutasosta. Palvelutaso pitää sisällään matka-ajan, matkan laatutekijät sekä liikennejärjestelmän ominaisuudet. Matka-aika koostuu useasta osatekijästä, jotka on esitetty kuvassa 8. Suomessa käytetään matka-aikasäästön arvona Liikenneviraston määrittämiä ja vahvistamia ajan arvoja, mutta kävely- ja odotteluajoja ei ole vahvistettu. Niitä voidaan arvottaa koetun matkavastuksen avulla painottamalla aikoja suhteessa ajo-aikaan. Erittäin tärkeä huomio on se, että kävely- ja odotusajat arvoetaan paljon arvokkaammaksi kuin kulkuvälineessä vietetty aika. Tämä on kansainvälisesti havaittu seikka ja tutkimuksissa kävely- ja odotusaikojen on havaittu olevan 2,0 – 2,5 kertaa arvokkaampia kuin kulkuvälineessä vietetyn ajan (Wardman 2001). Eräissä tutkimuksissa ehdotetaan laskelmissa käytettäväksi kerrointa 2 (Mackie et al 2003). Näissä ajan suhteellisissa arvotuksissa on kuitenkin huomattavaa hajontaa, erityisesti odotusajan arvossa (MVA Consultancy 1987). Tästä voidaan päätellä, että vaihtoyhteyden haitta voi olla melko vaihteleva. Esimerkiksi Suomessa pääkaupunkiseudulla on käytetty kävelylle painokerrointa 2 ja odottelulle painokerrointa 1,5 (Helin & Pesonen 2001). Painokertoimia on käytettävä harkiten, koska niillä saattaa olla ratkaiseva merkitys laskelman lopputulokseen. Painokertoimille löytyykin kirjallisuudesta arvoja erittäin suurella vaihteluvälillä.



Kuva 8. Matka-ajan osatekijät. (Pesonen et al. 2006).

Taulukossa 3 on esitetty Tiehallinnon selvityksessä (Helin & Pesonen 2001) esitettyjä matka-ajan osatekijöiden painokertoimia, joiden avulla voidaan laskea matkustajien yleistetty matkavastus, joka selittää joukkoliikenteen kysyntää ja kulkutavan valintaa.

**Taulukko 3. Matka-ajan osatekijöiden painokertoimia (Helin & Pesonen 2001).**

Matka-ajan osatekijöiden painokertoimia	
Ajoaika, istumapaikka	Painokerroin 1,0
Ajoaika, seisomapaikka	Painokerroin 1,1-1,7
Kävelyaika	Painokerroin 1,5-2,5
Odotusaika	Painokerroin 1,7-3,7
Vaihtoaika	Painokerroin 2,0-3,5

Ranskassa joukkoliikenteen palvelutasoa käsitellään hankearvioinnissa siten, että ruuhka-ajan matka-aikasäästön arvoa korotetaan kertoimella 1,5 ja odotusaikoja matkaketjussa korotetaan kertoimella 2 (Pesonen et al. 2006).

Tutkimusten mukaan ajan arvo nousee tulojen mukaan, mutta ei samassa suhteessa. Tämän vuoksi ajan arvon esittäminen suhteessa palkkaan on jonkinasteinen approksiimaatio. Wardmanin (2001) tutkimuksessa tämä esitetään ajan arvon joustona tulojen suhteen. Vuoden 2001 tutkimuksessa Wardman esittää jouston olevan 0,51 kun tuloja mitataan bruttokansantuotteena asukasta kohden ja vuoden 2004 tutkimuksessa joustoksi saadaan 0,72.

### 2.3.2 Teoreettinen lähestymistapa

Toinen lähestymistapa ajan arvon määrittämiseksi käyttää teoreettista pohdintaa esittämään funktionaalisen muodon hyötyfunktiolle, joka määrittää kuinka ajan arvo vaihtelee. Tämä teoreettinen pohdinta perustuu useisiin tutkimuksiin, joissa teoriaa on kehitetty eteenpäin. Teorian rungon kehitti Becker (1965) ja sitä eteenpäin kehittivät Oort (1969) ja DeSerpa (1971). Small ja Verhoef (2007) esittävät tämän teorian MVA Consultancy et al. (1987) esittämässä muodossa. Smallin ja Verhoefin esittämässä teoriassa hyötyfunktio  $U$  on riippuvainen hyödykkeiden  $G$  käytöstä, töissä vietetystä ajasta  $T_W$  ja eri aktiviteeteissa  $k$  vietetyistä ajoista  $T_k$ . Hyödyn maksimoinnissa pätevät useat rajoitukset. Budjettirajoitus määrää, että kulut eivät saa olla suurempia kuin muiden tulojen  $Y$  sekä palkkatulojen  $wT_W$  summa. Lisäksi aikarajoitus määrää, että kaikkiin aktiviteetteihin käytetyn ajan tulee olla käytettävissä olevan ajan  $\bar{T}$  rajoissa. Viimeisenä rajoituksena ovat joidenkin aktiviteettien, kuten matkustuksen, sisältämät teknologiset piirteet, kuten maksiminopeus, jotka asettavat aktiviteetissa  $k$  vietetylle ajalle  $T_k$  minimin  $\bar{T}_k$ .

Ongelma voidaan ratkaista maksimoimalla seuraava Lagrangen funktio  $G$ :n,  $T_W$ :n sekä  $T_k$ :n suhteen:

$$A = U(G, T_W, \{T_k\}) + \lambda \cdot [Y + wT_W - G] + \mu \cdot \left[ \bar{T} - T_W - \sum_k T_k \right] + \sum_k \varphi_k \cdot [T_k - \bar{T}_k] \quad (4)$$

missä  $\lambda$ ,  $\mu$  sekä  $\varphi_k$  ovat Lagrangen kertoimia, jotka ilmaisevat kuinka tiukasti kyseiset rajoitukset rajoittavat hyötyfunktiota. (Small & Verhoef 2007)

Jotta lauseke voidaan maksimoida, täytyy ensimmäisen kertaluvun ehdon täyttyä. Derivaatan täytyy siis olla nolla halutussa maksimipisteessä. Ensimmäisen kertaluvun ehto maksimoinnille yhden aktiviteetin ajan  $T_k$  suhteen saadaan osittaisderivoimalla kaava 4  $T_k$ :lla.

$$\frac{d\Lambda}{dT_k} = U_{Tk} + 0 - \mu + \varphi_k$$

Derivoinnin tuloksena saatu ehto on:

$$U_{Tk} - \mu + \varphi_k = 0 \quad (5)$$

Sama ehto Lagrangen funktion maksimoinnille töissä vietetyn ajan  $T_w$  suhteen saadaan osittaisderivoimalla kaava 1  $T_w$ :llä.

$$\frac{d\Lambda}{dT_w} = U_{T_w} + 0 \cdot [Y + wT_w - G] + \lambda \cdot \left[ 0 + T_w \cdot \frac{dw}{dT_w} + w \cdot 1 + 0 \right] - \mu + 0$$

$$\frac{d\Lambda}{dT_w} = U_{T_w} + \lambda \cdot \left[ T_w \cdot \frac{dw}{dT_w} + w \right] - \mu$$

Tämän derivoinnin tuloksena saatu Lagrangen funktion maksimoinnin ehto on:

$$U_{T_w} + \lambda \cdot [w + T_w \cdot (dw/dT_w)] - \mu = 0 \quad (6)$$

Kaavoissa 5 ja 6  $U$ :n alaindeksit osoittavat osittaisderivaattoja. Yhtälössä sallitaan myös epälineaarinen kompensatio antamalla palkka-asteikon  $w$  riippua työssä vietetystä ajasta  $T_w$ .

Hyötyfunktion arvo tämän maksimointiongelman ratkaisussa voidaan esittää epäsuorana hyötyfunktiona  $V$ , joka riippuu  $Y$ :n,  $\bar{T}$ :n, palkka-aikataulun (wage schedule)  $w(T_w)$  ja aktiviteettien minimiaikojen  $\{\bar{T}_k\}$  arvoista. Lagrangen kerroin  $\varphi_k$  määrää hyödyn kasvunopeuden  $k$ :nnen minimiaika-rajoitteen lieventyessä ja hyödyn kasvu muiden ansioiden suhteen on  $\lambda$ . Täten ajan arvo  $k$ :nnelle aikakomponentille on näiden kerrointen suhde:

$$v_T^k \equiv \left( \frac{dY}{d\bar{T}_k} \right)_V = - \frac{dV/d\bar{T}_k}{dV/dY} = \frac{\varphi_k}{\lambda} \quad (7)$$

Ne aktiviteetit, joille minimi-aika rajoite ei ole sitova, eli ne joilla  $\varphi_k = 0$  ovat DeSerpan (1971) määritelmän mukaan puhtaita vapaa-ajan aktiviteetteja (*pure leisure activities*). Saman määritelmän mukaan muut matkat, joissa olettavasti on eniten matkustusta, ovat keskitason aktiviteetteja (*intermediate activities*). (Small & Verhoef 2007).

Yhtälöt 5, 6 ja 7 osoittavat, että matkustus aktiviteetille  $k$ ,

$$v_T^k = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{U_{Tk}}{\lambda} \quad (8)$$

yhtälöstä 6 voidaan johtaa, että

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{U_{T_w}}{\lambda} + w + T_w \cdot (dw/dT_w) \quad (9)$$

ja kun yhtälö 9 sijoitetaan yhtälöön 8 saadaan matkustusaktiviteetin  $k$  ajan arvoksi

$$v_T^k = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{U_{Tk}}{\lambda} = w + T_w \cdot (dw/dT_w) + \frac{U_{Tw}}{\lambda} - \frac{U_{Tk}}{\lambda} \quad (10)$$

Yhtälössä 10 matka-ajan säästön arvo erotellaan ajan vaihtoehtoisen käytön arvoksi (*opportunity cost of time*) mikäli aika olisi käytetty töissä ja tästä vähennetään matkustamiseen käytetyn ajan rajahyödyn arvo (*value of marginal utility of time spent in travel*). Ajan vaihtoehtoisen käytön arvo  $\mu/\lambda$  on sekä rahassa mitattavaa että ei rahassa mitattavaa. Rahassa mitattavia ovat yhtälön 10 viimeisen yhtäsuuruus-merkin jälkeen olevat kaksi ensimmäistä termiä. Yhtälön 10 viimeinen termi ei ole rahassa mitattava. (Small & Verhoef 2007).

Suurimmassa osasta teoreettista kirjallisuutta oletetaan, että palkka-asteikko (wage rate) on kiinteä, jossa tapauksessa yhtälö 10 antaa Oortin (1969) esiin nostaman tuloksen: ajan arvo on suurempi kuin palkka, mikäli töissä vietetystä ajasta nautitaan suhteessa matkustamiseen käytettyyn aikaan ja on pienempi kuin palkka, mikäli töissä vietetystä ajasta ei pidetä suhteessa matkustusaikaan. Tämän ajatuksen mukaan ajan arvo riippuu työolosuhteista myös muilla kuin työmatkoilla. (Small & Verhoef 2007).

Ihmisten käyttäytyminen on monimutkaista ja monet lisätekijät vaikuttavat siihen kuinka ihmiset kohdentavat aikaansa. Kaikkia käyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä ei voida ottaa huomioon missään analyyttisessä mallissa, mutta edellä esitettyyn teoriaan voidaan liittää erittäin mielenkiintoisia jatkeita. Näiden jatkeiden avulla voidaan huomioida rajoitteet työssä vietetylle ajalle, vaihtelevat työmatka-ajat, kotituotannon teknologiat (*technologies of home production*) sekä ihmisten psykologiset ennakkoluulot menetyksille nykytilanteesta (*status quo*). (Small & Verhoef 2007).

Rajoite työssä vietetylle ajalle otetaan aiemmassa teoriassa jo jossain määrin huomioon antamalla  $w$ :n olla riippuvainen työssä vietetystä ajasta  $T_w$ , mutta myös tiukemman rajoitteen käyttö voi olla perusteltua. Tällainen rajoite voisi olla esimerkiksi työssä vietetyn ajan määrittäminen kiinteästi  $\bar{T}_w$ :ksi. Tällöin yhtälöön 4 lisätään termi

$$\varphi_w \cdot [T_w - \bar{T}_w]$$

jossa  $\varphi_w$  on Lagrangen kerroin, minkä merkki kertoo haluaisiko kyseinen henkilö olla töissä enemmän ( $\varphi_w > 0$ ) vai vähemmän ( $\varphi_w < 0$ ). Tämä muutos lisää termin  $\varphi_w/\lambda$  ajan arvoa kuvaavaan kaavaan 10. Lisätyn termin myötä kaavasta 10 saatava ajan arvo joko nousee tai laskee riippuen  $\varphi_w$ :n etumerkistä. Tälle teorialle on myös löydetty tukea MVA Consultancyn (1987) tutkimuksessa, jonka mukaan ihmisillä, jotka joutuvat tekemään pidempiä työpäiviä lyhyellä varoitusaajalla, on 15% - 20% korkeammat matka-ajan arvot kuin muilla työntekijöillä. (Small & Verhoef 2007).

Ajan arvo voi myös vaihdella sen mukaan ollaanko aikaa säästämässä vai menettämässä. Tappiokammo on hyvin tunnettu ilmiö, jonka mukaan ihmiset suhtautuvat hyvin eri tavoin tappioihin ja saavutuksiin suhteessa nykytilanteeseen tai referenssitilanteeseen. Tappioiden painoarvoa pidetään paljon suurempana kuin saavutusten. Tällainen ajattelutapa voi luoda suuria eroja aikasäästöjen ”maksuhalukkuuden” (WTP, willingness to pay) sekä identtisten ajanlisäysten ”hyväksymishalukkuuden” (WTA, willingness to accept) välille. Sekä WTP että WTA määritellään maksettavana tai saatavana rahasummana jonka ansiosta matkustaja on yhtä hyvässä tilanteessa kuin ennen muutosta. De Borgerin ja Fosgeraun (2006) tutkimuksessa sovelletaan Kahnemanin ja Tverskyn

vuonna 1979 kehittämää prospektiteoriaa ja esitetään sen pohjalta referenssi-riippuvainen hyötyfunktio:

$$V(c, t) = V^c(-c) + V^t(-v_T t) \quad (11)$$

missä  $c$  on poikkeama kustannuksissa ja  $t$  poikkeama ajassa verrattuna referenssitilanteeseen,  $v_T$  on kiinteä parametri määrätyn matkustajan ”referenssivapaalle ajan arvolle” ja arvo-funktio  $V^i(\cdot)$  on kasvava funktio jonka argumenttina ovat  $V^i(0) = 0, i = c, t$ . Tappiokammo voidaan esittää olettamalla, että  $V^t$  laskee nolasta alaspäin jyrkemmin kuin se nousee nolasta ylöspäin, eli  $V^i(x) < -V^i(-x)$  kun  $x > 0$ . De Borgerin ja Fosgeraun tutkimuksesta käytetään Tverskyn ja Kahnemanin (1991) kehittämää arvo-funktioita:

$$V^i(x) = x e^{-\eta_i S(x)} \quad (12)$$

missä  $S(x) \equiv x/|x|$  on  $x$ :n etumerkki,  $S(0) = 0$  ja  $\eta^c$  sekä  $\eta^t$  ovat vakio-parametreja.  $V^i$  sisältää tappiokam-moa, mikäli  $\eta^i > 0$ . Maksuhalukkuus WTP( $t$ ) määritetään määränä, jonka kuluttaja maksaisi ja hänen tilanteensa säilyisi muuttumattomana aikasäästön  $t > 0$  myötä. Toisin sanoen WTP on ratkaisu funktioon

$$V^c(-WTP) + V^t(v_T t) = 0 \quad (13)$$

Samankaltaisesti, WTA( $t$ ) on määrä, jonka kuluttajan tulisi saada, jotta hän olisi valmis hyväksymään ajan lisäyksen  $t$ :

$$V^c(WTA) + V^t(-v_T t) = 0 \quad (14)$$

Nämä määritelmät merkitsevät, että

$$WTP(t) = v_T e^{-(\eta^c + \eta^t)} \cdot t, \text{ kun } t > 0 \quad (15)$$

ja

$$WTA(t) = v_T e^{(\eta^c + \eta^t)} \cdot t, \text{ kun } t > 0 \quad (16)$$

Jos tappiokam-moa on ( $\eta > 0$ ) nähdään heti, että  $WTP < WTA$  ja sekä WTP että WTA eroavat  $v_T t$ :stä. Ajan marginaalinen arvo on siis pienempi kuin  $v_T$  kun kyseessä on aikasäästö ja on korkeampi kuin  $v_T$  mikäli kyseessä on ajan lisäys. De Borgerin ja Fosgeraun tutkimuksessa esitettiin 2000 hengelle tehtyyn sp-testiin perustuen, että WTA olisi neljä kertaa WTP:n suuruinen.

Tappiokam-moa käsiteltäessä usein tutkitaan yksittäistä, hypoteettista tilannetta, jolla on selkeä referenssitilanne vertailukohtana. Tällaisesta tutkimuksesta voidaan saada sellaisia tuloksia, jotka eivät millään tavalla ole sovellettavissa liikennejärjestelmätason tilanteisiin. Liikennejärjestelmään tehtävät muutokset vaikuttavat yksittäisten ihmisten sijasta tuhansiin ihmisiin vaihtuvissa tilanteissa (Small ja Verhoef 2007). Small ja Verhoef käyttävät tästä esimerkkinä tilannetta, jossa liikennevalo-ohjausta on parannettu ja sen jälkeen odotetaan muutama kuukausi. Useiden matkustajien tilanteet ovat muuttuneet verrattuna tilanteeseen ennen parannustoimenpidettä ja heidän referenssitilanteensa voivat olla epäselviä. Useat heidän matkaansa samanaikaisesti vaikuttavat tekijät voivat

saada heidät tietämättömiksi parannustoimenpiteistä. Lisäksi matkustajan muistissa voi olla negatiivisia tapauksia aiemmilta matkoilta, eli tilanteita, joissa toteutunut palvelutaso ei onnistu täyttämään matkustajan odotuksia. Mikäli nämä negatiiviset tapaukset ovat olleet toistuvia, vaikuttavat ne matkustajan tyytyväisyyteen. Parannustoimenpiteitä voi hankaloittaa pitkä käyttöönottojakso, jonka aikana väistämättä esiintyy jonkin verran palvelukatkoja. Siten kun matkustajat kohtaavat parannustoimenpiteitä, he saattavat silti ilmoittaa häiriöiden toistumistiheyden nousemisesta. Lisäksi tieto parannustoimenpiteistä voi lisätä matkustajien odotuksia, mikä lisää ilmoitettujen negatiivisten tapauksien määrää (Friman 2004).

Yhteenvedon ajan arvosta voidaan sanoa, että se vaihtelee suuresti olosuhteista riippuen. Olosuhteita ovat esimerkiksi matkan tarkoitus ja valittu kulkuneuvo. Ajan arvo voidaan määrittää joko

- kyselytutkimuksilla ilmoitetun tai havaitun käytöksen perusteella,
- taloustieteellisesti ajan vaihtoehtoisen käytön arvon mukaan
- laskennallisesti teoreettisen pohdinnan avulla muodostettua hyötyfunktiota käyttämällä.

Kyselytutkimuksissa ajan arvo saadaan melko tarkasti määritettyä jakamalla tulokset osiin käytetyn kulkuvälineen, matkan tarkoituksen ja käyttäjäryhmien perusteella. Ajan vaihtoehtoisen käytön arvon mukaan määritelty ajan arvo perustuu hyvin pitkälti käyttäjien palkkaan.

Ajan arvo voidaan esittää joko absoluuttisena määränä tai prosentteina tuloista ja kummallekin esitystavalle on omat käyttönsä. Ajan arvon on todistettu jossain määrin seuraavan palkkaa, joten sen ilmaiseminen suhteessa palkkaan on hyvä approksimaatio. Absoluuttisia rahamääriä yleensä halutaan käyttää kun aikasäästöillä pyritään perustelemaan toimenpiteitä tai toimintatapoja. Suomessa yleisesti käytetään keskimääräisenä bussimatkustajan ajan arvona 7,75 €/h ja työmatkalaisen ajan arvo on usein 9,78 €/h, joka on hieman Euroopan keskiarvoa (8,84 €/h) suurempi. Tutkittaessa kokonaisia matkaketjuja on syytä muistaa, että kävely- ja odotusajan arvo eroaa merkittävästi kulkuvälineessä vietetystä ajasta, ja yleensä ne koetaan noin kaksi kertaa arvokkaammaksi. Nopeustoitimenpiteiden vaikutuksia tulisikin arvioida kokonaisten matkaketjujen kannalta. Todelliset vaikutukset kokonaisten matkaketjujen osalta voivat olla jopa negatiivisia jos ketjun ensimmäisen osan nopeuttaminen johtaa vain pidempään odotusaikaan vaihtopaikalla.

Ajan arvo voidaan laskea myös funktioita apuna käyttäen, mutta tällöin joudutaan käyttämään erilaisia rajoituksia, jotta laskeminen onnistuu. Lisäämällä käytettyyn Lagrangen funktioon erilaisia rajoituksia, pystytään jossain määrin huomioimaan ihmisten käytöksen vaihtelevuutta. Jotta ajan arvo voidaan määrittellä hyötyfunktion avulla, on määritettävä Lagrangen kertointen arvo. Tämän valinnan merkitys on lopullisissa tuloksissa suuri, joten funktiosta saatava ajan arvo myös määräytyy pitkälti sen perusteella.

## **2.4 Luotettavuuden arvo**

Miksi ajan arvo tulisi arvioida luotettavuuden näkökulmasta? Useimmat hankkeet pienentävät matka-aikoja, ja on olemassa vakiintuneet käytännöt matka-aikasäästöjen huomioon ottamiseksi hyöty-kustannusanalyseissä. Muun muassa Hollannissa on todettu, että nykyisin useat hankkeet ja toimenpiteet – niin tie- kuin joukkoliikenteessäkin – lisäävät matka-aikojen ennustettavuutta, eli käytännössä vähentävät myöhästymisiä.

Luotettavuuden lisääntymistä ei kuitenkaan ole pystytty huomioimaan hyötykustannuslaskelmissa, koska se ei ole sisällynyt vakiintuneisiin käytäntöihin (Paavilainen et al. 2011).

On hyvin tiedossa, että matka-ajan epäluotettavuus, joka voi johtua ruuhkasta tai huonosta aikataulujen noudattamisesta, on merkittävä osa havaitusta matkakustannuksesta (perceived cost of travel). (MVA Consultancy et al. 1987). Luotettavuuden parantumisesta on hyötyä niin matkustajille kuin tavarakuljetuksillekin, joten sen jättäminen huomioimatta laskelmissa antaa rajoitetun kuvan arvioitavan hankkeen taloudellisesta vaikutuksesta (Paavilainen et al. 2011). Matkan viivytyksistä aiheutuu kuluja ja kustannuksia aivan kuten päivästä toiseen jatkuvasta epävarmuudesta ja matka-aikojen vaihtelusta, joiden vuoksi matkustajat joutuvat lähtemään matkaan aiemmin kuin haluaisivat tai joutuvat käyttämään muita varotoimia vähentääkseen myöhästymisriskiä. Tästä seuraa, että viivästysten toistuvuutta, suuruutta ja vaikutuksia pienentävillä menettelytavoilla sekä investoinneilla kuten infrastruktuuritoimenpiteillä voi olla merkittäviä taloudellisia hyötyjä (Jenelius et al. 2011).

Luotettavuuden arvon määrittelyssä tarvitaan tarkempaa tietoa siitä, kuinka moni liikenneväline myöhästyy ja kuinka paljon – eli kuinka suuria viiveet ovat. Luotettavuus liittyykin matka-ajan tilastolliseen vaihteluun sekä viiveiden todennäköisyyteen. Luotettavuuden rahallinen arvottaminen ja sen vaikeudet liittyvät siihen, miten matka-ajan vaihtelua tilastoidaan ja ennakoidaan, sekä siihen, miten kehittämistoimenpiteiden oletetaan vaikuttavan matka-ajan vaihteluun. (Paavilainen et al. 2011).

Liikenne- ja viestintäministeriön selvityksen (Pesonen et al. 2006) mukaan matka-ajan täsmällisyyttä voidaan arvottaa, mikäli siitä on olemassa riittävät havainnot tai perustellut arviot. Varsinaisissa matka-aikalaskelmissa huomioidaan yleensä aikataulun mukainen matka-aika ja mikäli perille tulo myöhästyy aikataulun mukaisesta ajasta, syntyy matkustajille aikakustannuksen lisäys. Aikakustannuksen lisäyksen määrä erään määritelmän mukaan on keskimääräisen myöhästymisajan, matka-aikasäästön arvon ja matkustajamäärän tulo. Kuitenkin osalle matkustajista on erityisen tärkeää olla ajoissa perillä ja näille matkustajille onkin keskimääräisen matka-ajan sijaan olennaista se, milloin väline on perillä tietyllä varmuudella. Ne matkustajat, jotka arvostavat saapumisaian varmuutta, saattavat joutua valitsemaan aikaisemman vuoron, jotta ajoissa perillä oleminen on riittävän todennäköistä. Mikäli matkustaja valitsee aikaisemman vuoron, sitoutuu matkaan huomattavasti enemmän aikaan kuin pelkän aikataulun mukaan voitaisiin päätellä. (Pesonen et al. 2006).

Luotettavuuden arvottamista kirjallisuudessa on käsitelty pääasiassa kahdesta eri näkökulmasta (Börjesson & Eliasson 2011): joko niin, että lähtöaikaa käsitellään eksplisiitisti (lähtökohtana aikatauluttaminen, esimerkiksi silloin kun mallinnetaan lähtöaikaa), tai niin, että mallissa on mukana jonkinlainen matka-ajan vaihtelua kuvaava muuttuja. Arviointitarkoituksiin matka-ajan vaihtelua kuvaava muuttuja on välttämätön, koska lähtöaikojen käsittely ei usein ole mahdollista. Paavilaisen (2011) mukaan matka-ajan vaihtelua voidaan kuvata esimerkiksi matka-aikojen keskihajonnalla.

Karkeana lähtökohtana luotettavuuden arvolle voidaan pitää sitä, että yksi myöhästymisminuutti olisi samanarvoinen kuin yksi matka-ajan minuutti. Jos myöhästymisminuutin arvoksi valitaan sama kuin matka-ajan minuutille, otetaan huomioon ainoastaan matka-ajan kasvu ja laadulliset tekijät jätetään huomioimatta. Tämä voi olla joissain tilanteissa osuva arvio, mutta toisissa liian epätarkka.

Jos kulkuvälinettä joudutaan odottamaan lähtöpäässä pysäkillä, koetaan myöhästymisminuutin arvo tavallista suuremmaksi. Tämä johtuu siitä, että odotusaika koetaan rasittavammaksi kuin kulkuvälineessä vietetty aika. Kuten jo kappaleessa 2.3 todettiin, odotusajan painokertoimena käytetään arvoja väliltä 1,7 – 3,7 (Helin & Pesonen 2001). Lisäksi täsmälliseksi oletetun välineen myöhästyessä on odotusaika intuitiivisesti vielä rasittavampaa kuin ilmoitetun lähtöajan odottelu. Myöhästymisestä aiheutuu keskimääräisiä kerrannaisvaikutuksia, kuten mahdollinen jatkoyhteyden menetys. Nämä kerrannaisvaikutukset on huomioitava luotettavuuden arvossa, jolloin luotettavuuden arvo nousee korkeammaksi kuin matka-ajan arvo (Paavilainen et al. 2011). Matkustajien on myös tutkimuksissa havaittu olevan riskiä välttäviä, jolloin epätasällisyysminuutin arvo on suurempi kuin matka-aikaminuutin (Small & Verhoef 2007).

Laajemmassa tarkastelussa luotettavuuden arvon yhteydessä käytetään usein käsitettä epätasällisyysminuutti, joka on Paavilaisen ym. (2011) mukaan määritelty kirjallisuudessa seuraavilla tavoilla:

- *luotettavuuden arvo = matka-aikojen jakauman keskihajonta; näin ollen yksi ”epätasällisyysminuutti” tarkoittaa keskihajonnan yhtä minuuttia, eli jos keskihajonta pienenee minuutilla, on säästetty yksi epätasällisyysminuutti, tai*
- *luotettavuuden arvo = matka-aikojen jakauman 80. (tai 90.) persentiilin ja keskiarvon erotus; näin ollen yksi ”epätasällisyysminuutti” tarkoittaa tuon erotuksen yhtä minuuttia.*

Aiemmin todettiin matka-ajan arvon vaihtelevan tulo- ja käyttäjäluokkien kesken ja myös luotettavuuden arvo vaihtelee samoin. Henkilöautoliikenteen puolelta on viitteitä myös siitä, että analyysimalleilla saadaan miehille ja naisille erilainen luotettavuuden arvo (Lam & Small 2001). Tällainen vaihtelu on luonnollista, sillä myöhästymisen seuraukset vaihtelevat tilanteen mukaan. Esimerkiksi vapaa-ajan matkoilla perille pääsemisen ajankohta ei ehkä ole aivan yhtä tarkka kuin työmatkoilla. Tällainen vaihtelu voidaan ottaa huomioon esimerkiksi niin, että luotettavuuden arvo (VOR) määritetään suhteessa ajan arvoon (VOT), eli määritetään luotettavuussuhde (reliability ratio RR) (Tseng et al. 2005):

$$RR = VOR / VOT \quad (17)$$

$$VOR = RR * VOT \quad (18)$$

Luotettavuussuhteen tulkitseminen riippuu luotettavuuden arvon määrittelemisestä. Luotettavuuden arvon määritelmänä voidaan käyttää esimerkiksi aiemmin esiteltyä määritelmää, jonka mukaan epätasällisyysminuutti on matka-aikojen jakauman keskihajonnan minuutti. Keskihajonta pienenee noin yhdellä minuutilla esim. jos päästään tilanteesta, jossa 5 prosenttia junista on 5 minuuttia myöhässä, tilanteeseen, jossa ei ole myöhästymistä. Luotettavuussuhteen RR arvosta voidaan tämän luotettavuuden arvon määritelmän avulla todeta seuraavaa:

- mikäli  $RR = 1$ , on luotettavuuden arvo (VOR) sama kuin matka-ajan arvo (VOT), jolloin minuutin lyhennys matka-ajassa on matkustajalle samanarvoinen kuin matka-aikojen keskihajonnan pienentyminen yhdellä minuutilla

- mikäli  $RR > 1$ , on luotettavuuden arvo suurempi kuin matka-ajan arvo. Keskihajonnan pienentäminen minuutilla olisi matkustajalle hyödyllisempää kuin matka-ajan lyhentäminen minuutilla
- mikäli  $RR < 1$ , on luotettavuuden arvo pienempi kuin matka-ajan arvo. Täten matka-ajan lyhentäminen minuutilla olisi hyödyllisempää kuin keskihajonnan pienentäminen minuutilla

(Paavilainen et al. 2011)

Luotettavuuden arvon määrittämiseen on käytetty sekä SP-menetelmää (stated preference), jossa ihmisiltä kysytään, miten he käyttäytyisivät oletetuissa tilanteissa, sekä RP-menetelmää (revealed preference), jossa käytetään todellisista valinnoista kertynyttä aineistoa. Tulokset eri menetelmistä näyttävät vaihtelevan jonkin verran. Joukkoliikenteen arvoja on kerätty muun muassa hollantilaisessa tutkimuksessa (Börjesson & Eliasson 2011), jossa yhteenvetona todettiin, että eri maissa luotettavuussuhteen RR arvot vaihtelevat käytännössä väleillä 0,24 – 6. Hollannissa käytettiin arvoa 2,4; Ruotsissa arvoja väliltä 3-6, Ranskassa arvoa 0,24 sekä Iso-Britanniassa arvoja väliltä 0,6-1,5. Lisäksi Batesin (2001) tutkimuksessa on havaittu luotettavuuden arvona käytetyn eri puolilla maailmaa kertoimia väliltä 0,8 – 1,3 kertaa ajan arvo.

### 2.4.1 Luotettavuuden arvon mittaaminen ja käyttö

Luotettavuuden arvon mittaaminen ja etenkin käyttö hyöty-kustannuslaskelmissa on ollut erittäin hankalaa ja lähelle tutkimustulosten käytännön hyödyntämistä on päästy Hollannissa, missä vuonna 2005 haluttiin käyttöön yhteiskuntataloudellisiin hyötykustannuslaskelmiin arvo luotettavuudelle. Luotettavuuden arvo haluttiin määrittää sekä autoliikenteeseen, joukkoliikenteeseen että tavaraliikenteeseen. Henkilöliikenteen osalta hollantilainen tutkimus päätyi ehdottamaan, että rahallinen arvo matka-ajan luotettavuuden paranemiselle liittyy matka-ajan vaihtelun vähenemiseen ja siten odottamattomien viivytysten vähenemiseen. Lisäksi esitettiin, että luotettavuuden arvo ilmaistaa matka-ajan jakauman keskihajonnan yhtenä minuuttina (siis luotettavuus kasvaa yhden minuutin, kun matka-ajan jakauman keskihajonta pienenee yhdellä minuutilla). (Hamer et al. 2005).

Hollantilaisen tutkimuksen yhteydessä järjestetyssä työpajassa keskityttiin määrittämään aiemmin esitetyn luotettavuussuhteen arvoja. Ne arvot, joihin työpajassa päädyttiin, on esitetty kuvassa 9.

Henkilöliikenteelle autolla:	
Matkan tarkoitus	RR
Työmatka	0,8
Liikematka (työasiamatka)	0,8
Muu	0,8
Henkilöliikenteelle joukkoliikenteellä:	
Kulkutapa	RR
Juna, pitkänmatkan (interurban)	1,4
Bussi/raitiovaunu/metro, urbaani	1,4

Kuva 9. Luotettavuussuhteen arvot. (Paavilainen et al. 2011)

Ruotsissa laaditussa ohjeessa luotettavuuden arvon käsittelemisestä hankkeiden arvioinnissa (SIKA 2008, sit. Paavilainen et al. 2011) suositellaan luotettavuuden arvon määrittämisessä käytettäväksi kerrointa 1,5 autoille ja 2,5 joukkoliikenteelle, kun kyseessä ei ole työmatka autolla tai ammattiautoilu. Kerroin vastaa suunnilleen edellä esiteltyä RR-kerrointa. Ruotsissa käytetyssä kertoimessa on kuitenkin mukana matka-ajan pidentyminen ja matkan laadun heikkeneminen.

Carrionin ja Levinsonin (2012) tutkimuksessa käytiin läpi laajalti aiempien tutkimusten tuloksia matka-ajan luotettavuuden arvosta ja he keräsivät laajalti arvoja luotettavuuskertoimelle. Näiden tutkimusten määrittelemien luotettavuuskertoimien keskimääräiset arvot vaihtelivat välillä 0,1 – 2,51 niiden yhteisen keskiarvon ollessa 1,09. Carrion ja Levinson eivät kuitenkaan millään tapaa erottele läpikäymiensä tutkimusten tuloksia esimerkiksi kulkumuodon tai matkan pituuden mukaan, joten tuloksista voidaan ainoastaan päätellä luotettavuuskertoimen arvon vaihtelevan merkittävästi, mutta syytä vaihtelulle ei saada tietää.

Erään tutkimuksen mukaan matkustajat arvottavat epäluotettavuudesta johtuvan ylimääräisen odotusajan 2-3 kertaa normaalin odotusajan arvoiseksi, normaalin odotusajan arvon ollessa 1,5-2 kertaa kulkuvälineessä vietetyn ajan arvoista. Palvelu, joka on 10 minuuttia myöhässä 20 % todennäköisyydellä tuottaa keskimäärin 2 minuuttia ylimääräistä odotusaikaa. Tämä vastaa siis 5 minuuttia normaalia odotusaikaa ja jopa noin 10 minuuttia ylimääräistä matka-aikaa. Tästä ylimääräisestä odotus- ja matkustusajasta johtuen matkustajien määrä voi vähentyä jopa 10-15 %:lla. (Currie & Wallis 2008).

Amsterdamin yliopistossa tehdyn tutkimuksen (Rietveld et al. 1999) mukaan yhden minuutin matka-ajan menetyksen arvo on 27 senttiä, kun taas 50 %:n todennäköisyydellä tapahtuvan kahden minuutin viivytyksen arvo on 64 senttiä. Tutkimuksessa todetaan aikataulun mukaisen matka-ajan ylimenevästä keskimääräisestä minuuttimäärästä aiheutuvan epävarmuus-sakon painokerroimen olevan 2,4. Ajoneuvossa vietetyn aikataulun mukaisen matka-ajan painokerroin on saman tutkimuksen mukaan 1 ja aikataulun mukaisen pysäkillä odotusajan painokerroin on 1,5. (Rietveld et al. 1999).

Numeeriset laskelmat osoittavat, että viivytysten keskimääräinen tuntihinta kasvaa viivytyksen kasvaessa, joten matkan jokainen lisäminuutti on edellistä kalliimpi. Hinta vaihtelee viivytyksen ennustettavuuden (huonompi ennustettavuus tarkoittaa suurempaa kustannusta) ja aikataulutuksen joustavuuden mukaan (suurempi joustavuus tarkoittaa pienempää kustannusta). (Jenelius et al. 2011).

Luotettavuuden arvo on usein riippuvainen siitä, miten tärkeää epäluotettavuuden välttäminen on. Nolandin ja Smallin (1995) mukaan eräs lähestymistapa epäluotettavuuden välttämisen arvon määrittämiseen on jakaa Smallin (1982) aiemmin esittämä hyötyfunktio tulon negatiivisella marginaalihyödyllä (minus the marginal utility of income), jolloin malli voidaan esittää matkakustannusten suhteen:

$$C(t_d, T_r) = \alpha \cdot T + \beta \cdot SDE + \gamma \cdot SDL + \theta \cdot DL \quad (19)$$

missä  $\alpha \equiv v_T/60$  on matka-ajan minuutin arvo,  $\beta$  on etuajassa saapumisen minuuttikustannus,  $\gamma$  on myöhässä saapumisen minuuttikustannus ja  $\theta$  on myöhässä saapumisesta aiheutuva kiinteä kustannus. Lisäksi SDE on toivotusta lähtöajasta etuajassa lähtevän lähdön aiheuttama haitta kun taas SDL on toivotusta lähtöajasta myöhemmin lähtevän lähdön aiheuttama haitta. DL on muuttuja joka saa arvon 1 kun saavutaan myöhässä ja

arvon 0 muulloin. Matka-aika  $T$  on jaettu arvoon  $T_f$  joka esittää pienintä mahdollista matka-aikaa tälle kyseiselle matkalle sekä satunnaiseen ja ennustamattomaan matka-ajan komponenttiin  $T_r > 0$ . Koska  $T_f$  on matkustajan tiedossa, voidaan laskennassa käyttää tarkoituksenmukaista merkintätapaa  $C(t_d, T_r)$ , jonka avulla voidaan keskittyä kahteen muuttujaan; lähtöaikaan  $t_d$  sekä satunnaiseen viiveeseen  $T_r$ . Tavoitteena on mitata satunnaisen viiveen  $T_r$  hajonnasta johtuvaa odotetun kustannuksen  $C$  kasvua ottaen huomioon, että lähtöaika  $t_d$  on matkustajan valittavissa. Kun matkustaja valitsee optimaalisen lähtöajan, merkitään odotettua kustannusta  $C^*$ :llä ja täten saadaan:

$$C^* = \min_{t_d} E [C(t_d, t_r)] = \min_{t_d} [\alpha \cdot E(T) + \beta \cdot E(SDE) + \gamma \cdot E(SDL) + \theta \cdot P_L] \quad (20)$$

missä  $E$  on  $T_r$ :n jakaumasta saatu odotusarvo joka on riippuvainen lähtöajasta  $t_d$  sekä missä  $P_L \equiv E(DL)$  on myöhästymisen todennäköisyys, joka on myös riippuvainen lähtöajasta. Yhtälö 20 voi muodostaa pohjan luotettavuuden määrittämiselle mallissa, sillä se kuvaa matka-ajan epävarmuuden vaikutusta odotettujen aikatauluviiveiden kustannuksiin, mutta toisaalta se jättää huomioimatta muita syitä miksi epäluotettavuus voi aiheuttaa haittoja. (Small & Verhoef 2007).

Jos keskitytään vain luotettavuuteen ja unohdetaan ruuhkautumisen dynamiikka, voidaan olettaa että  $T_f$  ja täten  $E(T)$  ovat riippumattomia lähtöajasta. Jotta löydetään optimaalinen lähtöaika, annetaan  $f(T_r)$ :n olla todennäköisyyden tiheysfunktio (*probability density function*)  $T_r$ :lle ja annetaan  $t^*$ :n olla toivottu saapumisaika määränpään. Kaavan 20 toiseksi viimeinen termi voidaan kirjoittaa muodossa:

$$\begin{aligned} \gamma \cdot E(SDL) &= \gamma \cdot E(t_d + T_r - \tilde{t} | T_r > \tilde{t} - t_d) \\ &= \gamma \cdot \int_{\tilde{t}-t_d}^{\infty} (t_d + T_r - \tilde{t}) \cdot f(T_r) dT_r \end{aligned} \quad (21)$$

missä  $\tilde{t} \equiv t^* - T_f$  on se aika milloin matkustaja lähtisi, jos  $T_r$  olisi varmasti yhtä kuin nolla. Derivoimalla tämä saadaan:

$$\frac{d}{dt_d} \gamma \cdot E(SDL) = 0 + \gamma \cdot \int_{\tilde{t}-t_d}^{\infty} \left[ \frac{d}{dt_d} (t_d + T_r - \tilde{t}) \cdot f(T_r) \right] dT_r = \gamma P_L^* \quad (22)$$

missä  $P_L^*$  on myöhässä olemisen todennäköisyys ottaen huomioon optimaalisen lähtöajan. Vastaavasti derivoimalla kaavan 20 termiä missä  $\beta$  on mukana, saadaan  $-\beta \cdot (1 - P_L^*)$ . Kaavan 20 viimeistä termiä derivoimalla saadaan  $-\theta f^0$ , missä  $f^0 \equiv f(\tilde{t} - t_d^*)$  on tiheysfunktio pisteessä, missä matkustaja ei ole myöhässä eikä ajoissa. Nämä derivaatat kertovat meille, myöhemmin lähteminen madaltaa etuajassa saapumisen kustannusten odotusarvoa, mutta kasvattaa myöhässä saapumisen kustannusten odotusarvoa. Yhdistämällä nämä kolme termiä ja määrittämällä niiden olevan yhtä suuria kuin nolla, saadaan ensimmäisen kertaluvun ehto optimaaliselle lähtöajalle:

$$P_L^* = \frac{\beta + \theta f^0}{\beta + \gamma}. \quad (23)$$

Mikäli  $\theta = 0$  saadaan yhtälöstä 23 Batesin (2001) mukaan  $P_L^* = \beta / (\beta + \gamma)$ .

Yhtälö 23 on vain implisiittinen yhtälö optimaaliselle lähtöajalle  $t_d^*$ , sillä sekä  $P_L$  että  $f^0$  ovat riippuvaisia lähtöajasta  $t_d$ . Yhtälöä 23 voidaanakin pitää sääntönä satunnaisen myö-

hästymisen sallivan puskurin luomiseksi. Tämän puskurin koko tasapainottaa vastenmielisyyttä aikaista ja myöhäistä saapumista kohtaan. Jos ennustamattoman matka-ajan komponentin  $T_r$  jakauma on tiheä, eli varianssi on pieni, voidaan haluttu todennäköisyys  $P_L^*$  saavuttaa pienellä aikapuskurilla. Hajonnan kasvaessa eli matka-ajan muuttuessa epäluotettavammaksi, vaaditaan suurempi aikapuskuri, jolloin aikaisten saapumisten merkitys kasvaa ja täten ne aiheuttavat suurempia kustannuksia. (Small & Verhoef 2007).

Kun jakauma  $T_r$  on tasainen (*uniform*) ja vaihteluväli on  $b$ , voidaan yhtälöä 23 yksinkertaistaa edelleen muotoon:

$$P_L^* = \frac{\beta + (\theta/b)}{\beta + \gamma}. \quad (24)$$

Tässä tapauksessa odotetun kustannuksen  $C^*$  arvo silloin kun  $\theta = 0$  on yhtä kuin odotetun matka-ajan kustannus  $\alpha \cdot E(t)$  plus epäluotettavuuden kustannus:

$$v_r R = \left(\frac{\beta\gamma}{\beta + \gamma}\right) \cdot \frac{b}{2} \quad (25)$$

eli

$$C^* = \alpha \cdot E(t) + v_r R = \alpha \cdot E(t) + \left(\frac{\beta\gamma}{\beta + \gamma}\right) \cdot \frac{b}{2} \quad (26)$$

Kaava 25 osoittaa, että luotettavuuden kustannukset johtuvat yhdistelmästä kalliita aikataulujen yhteensopimattuuksia sekä hajonnasta matka-ajassa. Tarkka arvo  $v_r$ :lle riippuu siitä miten epäluotettavuus  $R$  määritellään. Mikäli  $R$  määritellään puolena mahdollisesta matka-aikojen vaihteluvälistä pätee silloin:

$$v_r = \left(\frac{\beta\gamma}{\beta + \gamma}\right) \quad (27)$$

Yleisemmin ottaen, kaavan 20 kaksi viimeistä termiä ovat potentiaalisesti merkittäviä, mikäli myöhässä saapumisen kustannukset ovat suuremmat kuin aikaisessa saapumisen kustannukset ( $\gamma > \beta$ ) tai jos myöhästymisen kiinteät kustannukset ( $\theta$ ) ovat suuret. Koska nämä termit sisältävät  $E(\text{SDL})$ :n ja  $P_L$ :n, ovat ne riippuvaisia erityisesti  $T_r$ :n jakauman muodosta sen yläpäässä, mikä määrää sen todennäköisyyden, että  $T_r$  saa riittävän suuren arvon jotta matkustaja olisi myöhässä. Tämän perusteella voidaan päätellä, että epäluotettavuuden kustannukset ovat enemmän riippuvaisia jakauman ylemmästä hännästä kuin muista osista. (Small & Verhoef 2007).

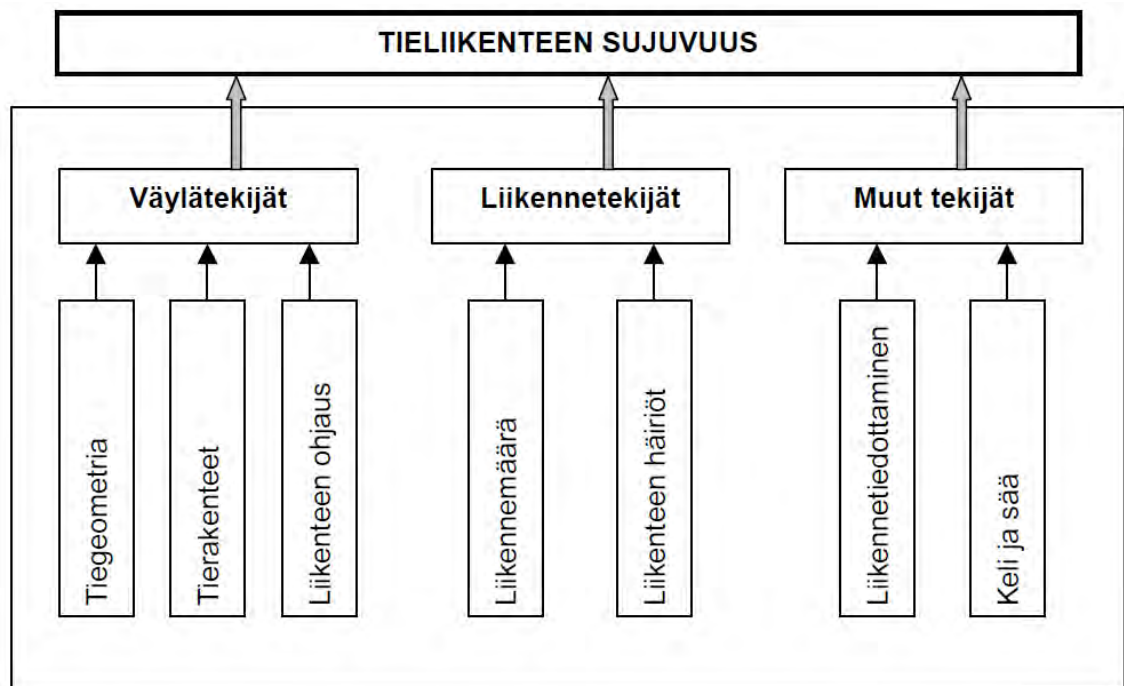
## 2.4.2 Luotettavuuden ja matkanopeuden välinen suhde

Luotettavuuden arvon määrittämiselle ei ole muotoutunut selkeää toimintatapaa ajan arvon määrittämisen tapaan, vaan se on yhä lapsenkengissään. Luotettavuuden arvon määrittäminen on kuitenkin tärkeää, sillä mikäli luotettavuuden arvo jätetään huomiotta yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa, annetaan toimenpiteen hyödyistä helposti vajavainen kuva. Yhden määritelmän mukaan luotettavuuden arvo voidaan johtaa ajan arvosta käyttämällä luotettavuussuhdetta  $RR$ . Kirjallisuudesta löydettiin hyvin vaihtelevia arvoja luotettavuussuhteelle, sillä eri maissa käytettiin arvoja kaikkialta 0,24 – 6 väliltä. Kuitenkin tavallisimmin arvot olivat 0,8 – 2 välillä. Jotta luotettavuus voitaisiin Suomessa ottaa mukaan yhteiskuntataloudellisiin laskelmiin, tulisi asiantuntijoiden

määrittää Suomessa käytettäväksi soveltuva luotettavuusuhteen arvo. RR-arvon valinta on tärkeä päätös kun halutaan ottaa luotettavuus mukaan yhteiskuntataloudellisiin hyöty-kustannus laskelmiin. Käytettävän RR-arvon valinta on osittain arvokysymys ja liikennepoliittinen päätös. Halutaanko perustella toimenpiteitä niiden liikennettä nopeuttavan vaikutuksen perusteella vai luotettavuutta parantavan vaikutuksen perusteella? Aikataulusuunnittelussa on otettava huomioon se seikka, että nopeampi liikenne ja lyhyemmät seisonta-ajat parantavat aikataulun mukaista matka-aikaa, mutta niillä on käänteinen vaikutus palvelun luotettavuuteen (Rietveld et al. 1999). Toisin sanoen nopeuden maksimointi ulosmittaa luotettavuutta ja päinvastoin. Pyritäänkö käytännössä maksimoimaan nopeutta vai luotettavuutta? Luotettavuutta on helppo parantaa hidastamalla nopeutta ja löysentämällä aikatauluja, mutta tällöin aliarvostetaan nopeutta. Arvo voidaan myös valita siten, että sekä nopeus että luotettavuus asetetaan samanarvoisiksi, mutta silloin hyvin usein voi toteutuksen perustelu kallistuu nopeutuksen puolelle.

## 2.5 Miten viivytykset muodostuvat

Joukkoliikenteen matka-ajat ja luotettavuus ovat kiinni pitkälti liikenteen yleisestä sujuvuudesta silloin kun joukkoliikennettä ei ole millään tavoin erotettu muusta liikenteestä. Tieliikenteen sujuvuuteen vaikuttavat tekijät voidaan Luoman (1998, sit. Kalliokoski 2003) mukaan jakaa kolmeen osaan; väylätekijöihin, liikennetekijöihin sekä muihin tekijöihin. Nämä tekijät jakaantuvat edelleen useampaan osaan. Vaikka Luoma esittelee nimenomaan tieliikenteen sujuvuuteen vaikuttavia seikkoja, samat asiat vaikuttavat myös kaupunkien katuverkkojen liikenteen sujuvuuteen.



Kuva 10. Tieliikenteen sujuvuuteen vaikuttavat tekijät. (Luoma 1998, sit. Kalliokoski 2003).

Yleisin viiveiden aiheuttaja liikenteessä on liikenteen ruuhkautuminen. Ruuhkatyyppit voidaan jakaa neljään luokkaan; ylikysyntäruuhkat, viikonloppuruuhkat, häiriöiden aiheuttamat ruuhkat sekä muut ruuhkat

Ylikysyntäruuhkia esiintyy pääasiassa kaupunkiseuduilla arkipäivien aamu- ja iltaruuhkien muodossa. Arkipäivän aamu- ja iltaruuhkat ovat usein hyvin ja säännöllisiä ja ne aiheutuvat pääasiassa työmatkaliikenteestä. Viikonloppuruuhkat ovat puolestaan erityi-

sesti kesäviikonloppujen meno- ja paluuliikenteen aikoihin yhteysväleillä, eli linkeillä esiintyviä ongelmia. Suurimmalla osalla Suomen tieverkkoa ruuhkat kuitenkin aiheuttavat yllättävistä häiriötilanteista ja tällaisia ovat esimerkiksi liikenneonnettomuudet, toimimattomat liikennevalot, poikkeukselliset sääolosuhteet sekä esteet ajoradalla. Äkillinen ja arvaamaton häiriötilanne ruuhka-aikana voi aiheuttaa poikkeuksellisen pitkän ja voimakkaan häiriön liikenteeseen, aiheuttaen jopa täydellisen tukkeutumisen. Lisäksi muita yksittäisiä ruuhkatilanteita aiheuttavat suuret yleisötapahtumat, ostoskeskukset, raja-asetat tai lossit. (Kalliokoski 2003).

Joukkoliikenteen luotettavuuden kannalta pahimpia tilanteita ovat ennalta arvaamattomat, äkilliset ruuhkatilanteet, joita ei voida etukäteen ennustaa. Säännölliset ylikysyntä- ja viikonloppuruuhkat osataan ennakoita ja täten ottaa huomioon joukkoliikenteen aikataulusuunnittelussa. Säännölliset ruuhkat kuitenkin aiheuttavat säännöllisiä viiveitä joukkoliikenteelle, joten matka-ajat kasvavat, vaikka luotettavuus saataisiin säilytettyä. Lisäksi säännöllistenkin ruuhkatilanteiden alkamis- ja päättymisajankohdat vaihtelevat jonkin verran, sillä liikennemäärien kasvaessa ja lähestyessä ruuhkautumispistettä eli kriittistä tiheyttä, voi jokin yksittäinen seikka aloittaa ruuhkan normaalia aiemmin tai tehdä siitä poikkeuksellisen voimakkaan ja pitkäkestoisen (Luttinen et al. 2005).

Luttisen ym. (2005) mukaan liikenne ruuhkautuu, kun liikennetiheys ylittää kriittisen arvon, jokin syy kuten onnettomuus tai huono keli alentaa väylän välityskyvyn liikennemäärää alhaisemmaksi tai jokin seikka kuten hidas ajoneuvo alentaa liikennevirran nopeuden liikennetiheyden edellyttämää nopeutta alhaisemmaksi. Väylän ruuhkautuessa väylän välittämä liikenne jää pienemmäksi kuin sille pyrkivä liikenne. Tällöin ruuhkautuminen näkyy jonojen kasvuna ja alentuneina nopeuksina. Alentuneet nopeudet aiheuttavat viivytyksiä teillä liikkujille.

### **3 Tutkittavat toimenpiteet kirjallisuudessa**

Muistissa olevien, toistuvien negatiivisten tapausten on osoitettu vaikuttavan tyytyväisyyteen. Parannustoimenpiteitä voi hankaloittaa pitkä käyttöönottojakso, jonka aikana väistämättä esiintyy jonkin verran palvelukatkoja. Siten kun matkustajat kohtaavat parannustoimenpiteitä, he saattavat silti ilmoittaa häiriöiden toistumistiheyden nousemisesta (Friman 2004). Negatiivisten tapausten nähdään olevan tilanteita, joissa tarkoitettu palvelutaso ei onnistu täyttämään odotuksia. Tieto parannustoimenpiteistä voi lisätä matkustajien odotuksia, mikä lisää ilmoitettujen negatiivisten tapausten määrää (Friman 2004). Näin ollen toimenpiteiden vaikutusten arviointiin kyselytutkimuksilla on suhtauduttava kriittisesti.

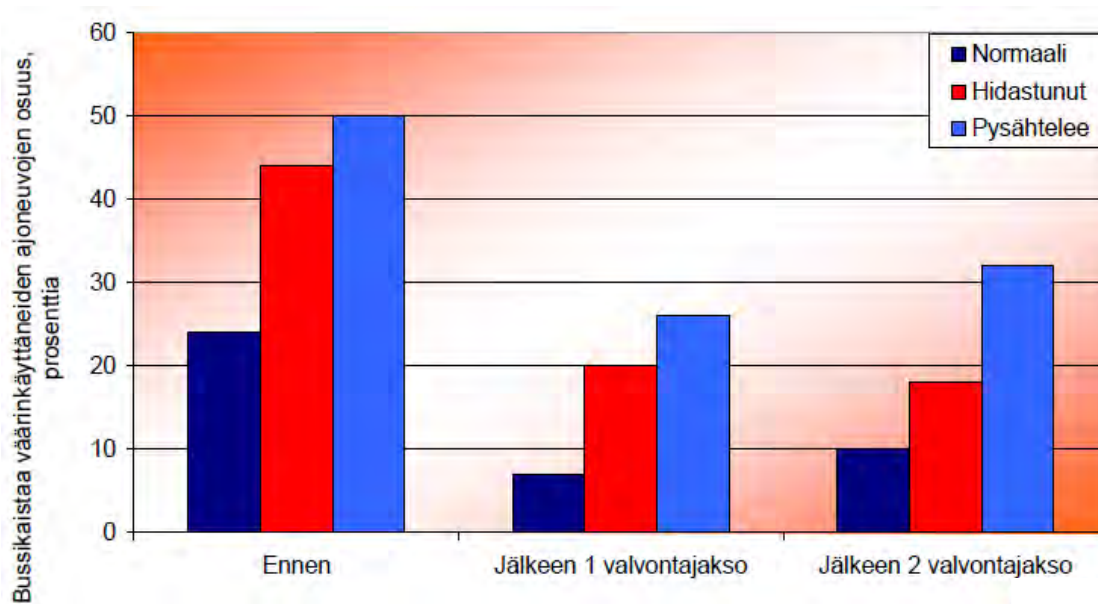
Joukkoliikenteen nopeuttamis- ja parantamistoimia testattiin Suomessa vuonna 1974 pääkaupunkiseudun joukkoliikennekokeilussa (Smeds 1975a). Kokeilussa oli mukana erilaisia kaista- ja risteysjärjestelyjä sekä joukkoliikenteen mukaan ajoitetut liikennevalot. Useat kokeilussa mukana olleista järjestelyistä toimivat esikuvina nykyisin käytössä oleville etuuksille ja järjestelyille. Tähän diplomityöhön on valittu tutkittaviksi toimenpiteiksi joukkoliikennekaistat, liittymäohitus, joukkoliikenteen liikennevaloetudet, pysäkin poisto, pysäkkitaskun poisto sekä kiertoliittymät.

### **3.1 Joukkoliikennekaistat**

Joukkoliikennekaista tarkoittaa ajoradan osaa, joka on yksinomaan tai pääsääntöisesti varattu joukkoliikenteen käyttöön. Joukkoliikennekaistan käyttöä perustellaan liikennemäärillä, -politiikalla, ja - taloudella. Kaistan varaamiselle käytetään kansainvälisesti hyvin eroavia raja-arvoja. Suomessa 20 linja-autoa tunnissa on suositeltava raja joukkoliikennekaistan käyttöönottamiselle. 60 linja-autoa tunnissa on kansainvälinen alaraja, jolloin linja-autokaista on käytännössä aina oltava. Suomessa käytössä olevat bussikaistat ovat hyvin pitkälti myötävirtakaistoja ajoradan reunalla, mutta myös muita tyyppejä on olemassa. Joukkoliikennekaista voidaan myös toteuttaa myötävirtakaistana ajoradan keskellä, vastavirtakaistana yksisuuntaisella kadulla sekä vaihtuvavirtakaistana (Suomen Paikallisliikenneliitto ry 2000). Bussikaistat voivat olla voimassa pysyvästi, osan vuorokaudesta tai epäsäännöllisesti. Pääkaupunkiseudulla bussikaistat ovat aiemmin olleet voimassa osan vuorokaudesta, mutta viime vuosina kaistoja muutettu pysyvästi voimassaolevaksi. Tällaisen muutoksen vaikutusta linja-autoliikenteeseen on myös tutkittu tässä työssä.

Joukkoliikennekaistojen sanotaan parantavan joukkoliikenteen nopeutta ja säännöllisyyttä 15 - 20 prosenttia (Ojala & Pursula 1994) ja joissakin tutkimuksissa nopeuksien on havaittu kasvaneen jopa 25 prosenttia (Laurila 1988). Pääkaupunkiseudun joukkoliikennekokeilussa (Smeds 1975a) saatujen tulosten perusteella aikoinaan arvioitiin, että linja-autokaistoilla ja niihin liittyvillä väylä- ja pysäkkijärjestelyillä voitaisiin lyhentää matka-aikoja 10–30 % ruuhka-aikoina. Liikenteen arvioitiin nopeutuvan myös ruuhka-aikojen ulkopuolella. Itse kokeilussa saavutettiin 7-18 %:n matka-aikojen lyhentymä. Joukkoliikennekokeilun yhteydessä todettiin myös linja-autokaistojen parantaneen linja-autojen säännöllisyyttä matka-aikojen pienentyessä. Ranskalaisen tutkimuksen (Surprenant-Legault 2011) mukaan matka-ajan ja matkan lopusta mitatun viiveen keskihajonnat ovat pienentyneet bussikaistan myötä. Tämä osoittaa tarjotun palvelun luotettavuuden parantuneen. Saman tutkimuksen mukaan bussikaistan rakentamisen myötä todennäköisyys olla myöhässä pieneni 65 %:lla.

Joukkoliikennekaistojen väärinkäyttö pienentää kaistoista saatavia hyötyjä jonkin verran. Valvonnan lisääminen olisi tarpeen. Mäkinen (1990, sit. Kuukka-Ruotsalainen et al. 2007) on tutkinut valvonnan ja valvonnasta tiedottamisen vaikutuksia joukkoliikennekaistan väärinkäyttöön liikenteen sujuvuuden mukaan. Tutkimuksen tulokset on esitetty kuvassa 11. Kuvasta havaitaan, että valvonnasta ja tiedottamisesta on selkeitä, pitkäaikaisia hyötyjä. Ensimmäisestä tutkimuksessa mukana olleesta valvontajaksosta tiedotettiin ennakkoon, kun taas toisesta valvontajaksosta ei tiedotettu etukäteen. Valvonnasta ennakkoon tiedottamista voidaan pitää perusteltuna, sillä tavoitteena on joukkoliikennekaistojen väärinkäytön minimointi, eikä sakkojen määrän maksimointi (Kuukka-Ruotsalainen et al 2007). Helsingissä onkin alettu käyttämään kameravalvontaa yhdessä voimakkaan tiedottamisen kanssa. Näillä toimenpiteillä on saatu koekäytössä hyviä tuloksia (Kuukka-Ruotsalainen et. al 2007).



Kuva 11. Valvonnan ja valvonnasta tiedottamisen vaikutus joukkoliikennekaistan väärinkäyttöön Länsiväylän liikenteen sujuvuuden mukaan. (Mäkinen 1990, sit. Kuukka-Ruotsalainen et al. 2007)

### 3.2 Joukkoliikenteen liikennevaloetuuudet

Joukkoliikenteen liikennevaloetuuudet tarkoittavat sitä, että liikennevaloja lähestyvälle joukkoliikennevälineelle pyritään järjestämään vihreä valo tavallisesta tilanteesta poikkeavalla tavalla. Joukkoliikenteen liikennevaloetuuudet voidaan antaa vaiheiden pituuden ja järjestyksen perusteella useilla eri tavoilla. Näitä ovat vihreän pidennys ja aienus, ylimääräinen vaihe, kierron nopeutus, vaihejärjestyksen vaihtaminen, pakkoetus tai nollaviive-etuus. Myös edellä mainittujen toteutustapojen yhdistelmiä voidaan käyttää. (Sane 2001).

Liikennevaloetuuudet voivat olla joko kiinteitä tai dynaamisia telemaattisia etuuksia, joista dynaamiset etuuudet perustuvat joukkoliikennevälineen tunnistamiseen. Kiinteät eli passiiviset etuuudet tarkoittavat järjestelmää, jossa liikennevalojen yhteenkytkennässä on huomioitu joukkoliikenteen kulku (Hounsell et al. 2004). Kiinteitä etuuksia voidaan Kuukka-Ruotsalaisen ym. (2007) mukaan käyttää kun joukkoliikenteen määrä on suuri tai kun joustavampaa järjestelmää ei ole mahdollista toteuttaa.

Dynaamisissa valoetuksissa bussi täytyy tunnistaa sen lähestyessä risteystä. Tunnistamistapoja on kolme erilaista; infrastruktuuriin perustuvilla ilmaisimilla, bussin ja ohjauskojeen välisellä paikallisella informaatiolla tai bussin ja keskusjärjestelmän välisellä tiedonsiirrolla toteutettava tunnistaminen (Hounsell et al. 2004). Infrastruktuuriin perustuva ilmaisimilla on esimerkiksi pitkäsilmutta, jota käytettäessä ei tarvita lisälaitteita. Silmutta ei kuitenkaan tunnista nopeutta tai mahdollisia liikenteen häiriöitä, jolloin usein etuus on liian lyhyt tai pitkä. Bussin ja ohjauskojeen väliseen informaatioon perustuvassa järjestelmässä bussi tunnistetaan esimerkiksi mikroaaltoilmaisimen tai infrapunalähettimen avulla (Hounsell et al. 2004). Bussin ja keskusjärjestelmän välistä informaatiota käyttävässä järjestelmässä bussi paikallistetaan esimerkiksi GPS-satelliittipaikannuksella ja valoetuksia varten voidaan käyttää radioyhteyttä bussin ja valo-ohjauskojeen välillä (Kuukka-Ruotsalainen et al. 2007).

Helsingissä käytössä olevassa Helsingin joukkoliikenteen liikennevaloetus- ja matkustainformaatiojärjestelmässä eli Helmessä bussit paikallistetaan satelliitin ja ödometrin avulla. Pysäkeillä bussin sijainti tarkistetaan satelliitin avulla ja pysäkkien välillä paikannus perustuu ödometrin tietoihin. Kun bussi lähestyy liikennevaloja, lähettää se etuuspyynnön radioyhteyden kautta ohjauskojeelle. Valot ohitettuaan bussi lähettää kuittauksen, ettei etuutta enää tarvita. (Seppänen 2007).

Etuuksia voidaan antaa joko kaikille busseille, aikatauluun perustuen tai vuoroväliin perustuen. Kun aikataulu otetaan huomioon, ei etuutta anneta etuajassa ajavalle bussille. Vuoroväliin perustuvia etuuksia käytettäessä seurataan bussien välisiä etuuksia ja etäisyyden perusteella päätetään annetaanko bussille etuus. Etuudet voidaan antaa suorana, jolloin bussi saa etuuden lähestyessään risteystä tai epäsuorana, jolloin risteuksen ollessa ruuhkainen pidennetään bussin ajosuunnan vihreää vaihetta jo ennen bussin saapumista risteykseen. Näin risteyksessä on vähemmän ruuhkaa bussin saapuessa paikalle. (Chada & Newland 2002).

Suurin osa tässä tutkimuksessa tutkituissa liikennevaloetuksista on Helmi-pohjaisia. Aiemmin toteutetuista etuuksista on tutkimusten mukaan saatu suuria hyötyjä. Linjalla 23 on matka-ajan havaittu lyhentyneen etuuksien ansiosta 6,5 minuuttia kierrosta kohden ja linjalla 14 ajoajan havaittiin lyhentyneen 7,5 minuuttia. Lisäksi linjojen täsmällisyyksien havaittiin parantuneen merkittävästi (Seppänen 2007).

Usein joukkoliikenteen liikennevaloetukset toteutetaan kytkemällä useita liittymiä yhteen ja säätämällä ne toimimaan parhaiten usean pysäkkivälin matkalla. Yhden pysäkkivälin matkalla ja yhden liittymän osalta etuuksista saadut hyödyt voivat olla lähes ole mattomia. Bussia saatetaan jopa ensimmäisissä valoissa viivytystä, jotta seuraaviin valoihin saavuttaisiin optimaaliseen aikaan. Tämän tutkimuksen yhteydessä yhteenkytkennän vaikutuksia ei kuitenkaan ole tutkittu, joten iso osa valoetuksista todellisuudessa saatavista hyödyistä voi jäädä huomioimatta. Edellä mainituissa Helsingin sisäisten linjojen 23 ja 14 Helmi-järjestelmän tapauksissa voidaan olettaa suurien hyötyjen koostuneen useiden yhteenkytkettyjen liittymien pienistä hyödyistä.

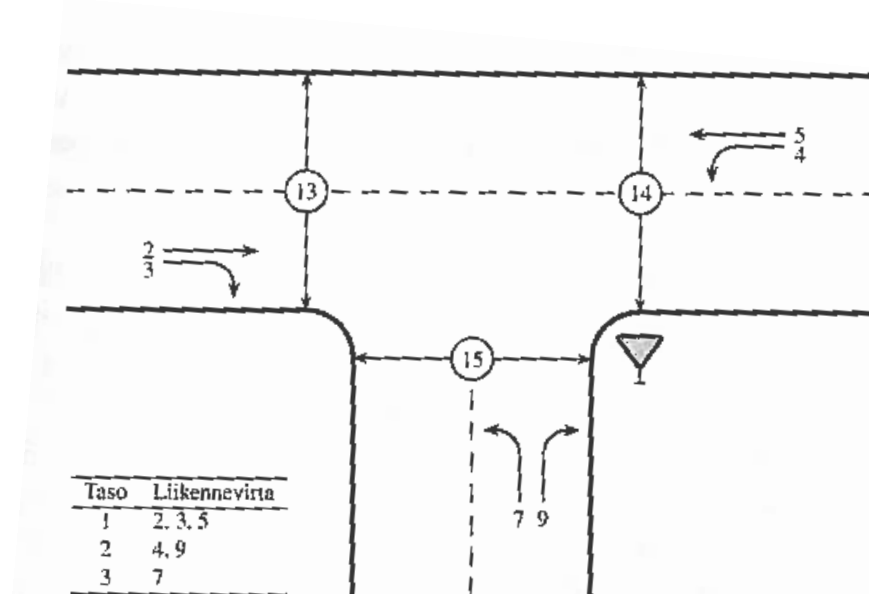
Joidenkin tutkimusten mukaan BRT-systeemeissä (Bus Rapid Transit) liikennevaloista johtuvat viiveet kokonaismatka-ajasta jopa 10 -20 % ja keskusta-alueille jopa 25 – 33 % koostuu liikennevalojen aiheuttamista viiveistä Liikennevaloetuksien myötä matka-ajat pienenevät usein jopa 10 % etuuksien myötä ja usein etuudet myös pienentävät matka-aikojen hajonnan luotettavuutta. Portlandissa Yhdysvalloissa matka-aikojen hajonta pieneni 19 % valoetuksien myötä ja bussioperaattori ei tarvinnut ostaa lisäkalustoa. BRT-systeemeissä bussien liikennöintiä on parannettu monilla muilla infratoimenpiteillä kuten erotelluilla bussikaistoilla ja niin edelleen. Tällaisessa tilanteessa, jossa bussien matkanteko on liittymiä lukuun ottamatta erittäin sujuvaa ja nopeaa, liikennevalojen merkitys korostuu ja näin myös liikennevaloetuksista saatavat hyödyt ovat erittäin suuria suhteessa kokonaismatka-aikaan ja hajontaan. (Schramm et al. 2010).

Tampereen teknillisessä yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa (Niittylä 2012) tutkittiin Tampereella käytössä olevan liikennevaloetusjärjestelmän vaikutusta matka-aikoihin ja liikennöinnin täsmällisyyteen. Tutkimuksen mukaan täsmällisyys parani etuuksien avulla huomattavasti, kun lähes 50 % enemmän ajoneuvoja pystyi liikennöimään minuutin sisällä aikataulusta etuuksien avulla.

Joukkoliikenteen liikennevaloetuuksilla voi olla myös negatiivisia vaikutuksia muuhun liikenteeseen, mutta tässä tutkimuksessa niitä ei ole tutkittu, sillä tutkimuksen rajauksessa todettiin, että tutkitaan vain vaikutuksia joukkoliikenteeseen. Vaikutuksia muuhun liikenteeseen on kuitenkin tutkittu aiemmin ja yksittäisen liittymän tasolla etuudet hidastavat muuta liikennettä enimmillään 1-2 % (Sane 2001). Aivan kuten hyötyjen tilanteessa, myös haittojen kanssa yhteenkytkettyjen liittymien osalta vaikutus on paljon monimutkaisempi.

### 3.3 Kiertoliittymät

Kiertoliittymällä voidaan korvata sekä valo-ohjattu että valo-ohjaukseton liittymä. Kiertoliittymä muuttaa liittymän väistämissääntöjä. Kiertoliittymän saapuva liikennevirta väistää kiertotilassa olevaa liikennettä, mistä johtuen kiertoliittymän kapasiteetti ei välttämättä ole tasainen kaikkien tulosuuntien suhteen, eikä kapasiteettia voida priorisoida tulosuunnan tärkeyden mukaan. Kiertoliittymällä voidaan parantaa sivusuuntien liikenteen sujuvuutta sekä lisätä liikenneturvallisuutta. Liikenneturvallisuus lisääntyy, kun kiertoliittymään saapuvat ajoneuvot joutuvat hidastamaan nopeuttaan kiertotilassa kiertämisen ajaksi.



Kuva 12. T-liittymän liikennevirrat. (Luttinen et al. 2005)

Liittymän toimintaa tarkasteltaessa on tärkeää määritellä liittymän liikennevirtojen keskinäiset väistämissuhteet. Väistämisvelvollista liikennevirtaa kutsutaan sivuvirraksi ja sivuvirran suhteen etuajo-oikeutettua virtaa kutsutaan päävirraksi. Liikennevirtojen väistämissuhteet määritellään hierarkkisin tasoina. Kuvassa 12 on esitetty t-liittymän liikennevirrat ja tasot. Tason 1 liikennevirroilla ei ole väistämisvelvollisuutta, tason 2 kaksi liikennevirta väistävät tason yksi virtoja ja tason 3 virrat väistävät ylempien tasojen virtoja. Kuvasta nähdään, että esimerkiksi t-liittymässä liikennevirta numero 7 on väistämisvelvollinen kaikkia muita liikennevirtoja kohtaan, eli sivusuunnasta vasemmalle kääntyvä suunta on t-liittymässä epäedullisimmassa asemassa. Sellaisessa tilanteessa, missä valo-ohjaukseton t-liittymä korvataan kiertoliittymällä, saa liikennevirta seitsemän teoriassa suurimman edun. Kiertoliittymässä liittymään tuleva liikenne väistää kiertotilassa olevaa liikennettä. Näin ollen liikennevirta 7 joutuu väistämään enää

yhden suunnan liikennettä. Erityisen suureksi kiertoliittymän rakentamisesta saatava etu voi nousta, mikäli t-liittymässä liikennevirta 2 ei ole ollut selvästi suurin liikennemäärältään. Mikäli suunnan 2 liikennemäärä on suuri, voi se kiertoliittymässä tukkia suuntien 7 ja 9 liikenteen kokonaan.

Kiertoliittymän ruuhkautumista aiheuttaa esimerkiksi tulosuuntien liikennemäärän epätasapaino Kiertoliittymän ja valo-ohjatun liittymän paremmuutta vertailtaessa on syytä muistaa, että koettu paremmuus on hyvin tapauskohtaista ja se riippuu esimerkiksi liittymän liikennevirtojen suuntautumisesta, keveyestä liikenteestä sekä väylän muiden liittymien ohjauksesta. Esimerkiksi liian lähellä kiertoliittymää oleva valo-ohjattu liittymä voi aiheuttaa suuria ongelmia kiertoliittymän välityskyvyille. (Jokela & Lehtomaa 2009).

### **3.4 Pysäkin poistot ja pysäkkitaskun poistot**

Pysäkin poistaminen joukkoliikenteen käytöstä valittiin yhdeksi tutkimuksessa tutkittavaksi toimenpiteeksi. Pysäkin käytöstä poistamisen voidaan ajatella nopeuttavan hieman joukkoliikennettä harvemman pysäkkivälin muodossa. HSL:n vuonna 2011 julkaisemassa selvityksessä ”HSL-alueen runkobussilinjasto 2012 – 2022” (Bäckström et al.) arvioitiin runkobussilinjoilla saatavan keskimäärin 15 sekunnin aikahyöty per poistettava pysäkki. Ruuhka-aikana hyödyn arvioitiin olevan jopa 2 – 3 kertainen keskimääräiseen hyötyyn verrattuna.

Pysäkkitaskun poisto otettiin myös mukaan yhdeksi tutkittavista toimenpiteistä. Tällä tarkoitetaan käytännössä pysäkin muokkaamista ajoratapysäkiksi. Tämä lisää liikenneturvallisuutta ja teoriassa voi nopeuttaa bussiliikennettä. Nopeutusvaikutus perustuu siihen, että bussin estää pysäkillä ollessaan muun liikenteen ohikulkemisen, jolloin seuraavassa liittymässä bussin edessä on vähemmän muuta liikennettä ja se voi täten päästä liittymästä nopeammin.

## 4 Tutkimusaineisto ja -menetelmä

### 4.1 Tutkimusaineisto

#### 4.1.1 Matkakorttidata

Tutkimuksessa käytetään HSL:ltä saatua matkakorttidataa pääkaupunkiseudun alueelta. Matkakorttidatan avulla voidaan vertailla sekä matka-aikoja ja matka-aikojen hajontoja ennen ja jälkeen toimenpiteitä.

```
2116209~2117202~7:24;10~02/01/2012~1;26~LINFO~0;22~23 ~2023 110720000
2117202~2115210~7:25;25~02/01/2012~1;01~LINFO~0;08~23 ~2023 110720000
2115210~2111241~7:26;48~02/01/2012~1;26~LINFO~0;11~23 ~2023 110720000
2111241~2111206~7:28;00~02/01/2012~1;11~LINFO~0;10~23 ~2023 110720000
2111206~2111216~7:28;32~02/01/2012~0;22~LINFO~0;00~23 ~2023 110720000
2111216~2111217~7:29;30~02/01/2012~1;27~LINFO~0;30~23 ~2023 110720000
```

Kuva 13. Matkakorttijärjestelmästä saatua dataa.

Matkakorttijärjestelmästä saatu data on .out tiedostoformaattissa, joka voidaan avata esimerkiksi Notepadilla tai Excelillä. Käsiteltävä data on kuvan 13 esittämässä muodossa, josta muunnetaan Vedit-ohjelmaa käyttäen ”;”-merkit ”:”-merkeiksi, jotta kellonajat ja matka-aikaa sekä pysäkkiaikaa kuvaavat sarakkeet saadaan saman muotoisiksi. Lisäksi Veditillä voidaan tarvittaessa jakaa .out- tiedostot useampaan osaan, koska Excel pystyy käsittelemään tiedostoja, joissa on maksimissaan 1 048 576 riviä tietoa. Usein tämä määrä ylittyy viikon mittaisissa matkakorttidata-paketeissa. Editoinnin jälkeen tiedosto avataan Excelissä ja sarakkeiden erotusmerkkeinä käytetään aaltoviivaa. Tällä tavalla matkakorttijärjestelmästä saatu data saadaan eroteltua järkevään muotoon, jossa sitä on helpompi analysoida, sillä tarvittavat tiedot on nyt eroteltu omiin sarakkeisiinsa. Exceliin avattu data on esitetty kuvassa 14.

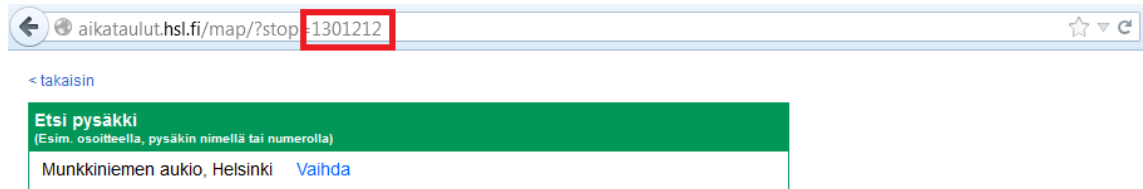
Lähtöpysäkki	Saapumis pysäkki	Kellonaika	Päivämäärä	Ajoaika		Pysäkkiaika	Linja				
2116209	2117202	7:24:10	2.1.2012	1:26	LINFO	0:22	23	2023	110720000		
2117202	2115210	7:25:25	2.1.2012	1:01	LINFO	0:08	23	2023	110720000		
2115210	2111241	7:26:48	2.1.2012	1:26	LINFO	0:11	23	2023	110720000		
2111241	2111206	7:28:00	2.1.2012	1:11	LINFO	0:10	23	2023	110720000		
2111206	2111216	7:28:32	2.1.2012	0:22	LINFO	0:00	23	2023	110720000		
2111216	2111217	7:29:30	2.1.2012	1:27	LINFO	0:30	23	2023	110720000		

Kuva 14. Matkakorttijärjestelmän data Excelissä eroteltuna.

Excelissä tiedoissa olevat ajo- sekä pysäkkiajat muunnetaan sekunneiksi matkakorttijärjestelmästä saadun muodon (m:ss) sijaan. Tällä helpotetaan tietojen analysointia myöhemmin.

Matkakorttijärjestelmässä pysäkkien numerot ovat edelleen vanhan numeroinnin mukaisia, seitsemännumeroisia lukuja, kun taas nykyisin pysäkeillä on käytössä 4-5 merkinen numerointi. Helsingin alueen pysäkit ovat neljännumeroisia lukuja ja Vantaan ja Espoon pysäkkeihin lisätään eteen kirjaimet V tai E riippuen kummasta kaupungista on kyse. Tutkimuskohteita tutkittaessa ensimmäisenä on selvitettävä tutkittavien pysäkkivälien pysäkinumerot. HSL:n Reittioppaan ja pysäkkilistausten kautta saadaan selville nykyisin käytössä olevat pysäkinumerot. Tämän jälkeen nykyisin käytössä oleva pysäkinumero syötetään HSL:n Omat lähdöt – palveluun ja valitaan pysäkki näytettäväksi kartalla. Kartan avautuessa selaimen, nähdään selaimen osoiteriviltä kyseisen pysä-

kin vanhan numerointisysteemin mukainen numero, jonka avulla pysäkki löydetään matkakorttiaineistosta. Kuvassa 15 on havainnollistettu kuinka Munkkiniemen aukion pysäkin vanha numero on löydetty Omat lähdöt – palvelusta. Kyseisen pysäkin uusi numero 1407 syötettiin palvelun hakukenttään ja pysäkin tiedoista valittiin ”Näytä kartalla” jonka jälkeen avautuvan karttaikkunan osoiteriviltä poimittiin vanha numero 1301212.



**Kuva 15. Vanhan pysäkinumeron löytäminen Omat lähdöt - palvelun avulla.**

Tämän tutkimuksen yhteydessä käytettävissä oli kaikki matkakorttidata, mitä heinäkuuhun 2012 mennessä oli HSL:n toimesta kerätty. Matkakorttidata tallennetaan viikon mittaisissa paketeissa kummallekin sekä Jorelle (Joukkoliikennerekisteri) että Hastukselle erikseen. Joren tiedot sisältävät Espoon, Vantaan sekä seutuliikenteen tiedot ja Hastus sisältää Helsingin tiedot. Aiempina vuosina matkakorttidata tallennettiin vuosittain tiettyinä viikkoina ja tästä johtuen ensimmäinen kokonainen vuosi datan osalta on vuosi 2009. Tämän vuoksi tutkittaviksi kohteiksi pyrittiin valitsemaan mahdollisimman tuoreita kohteita. Tutkimuksessa käytettävissä ollut data on luetteloitu liitteessä 1.

Tutkimusta tehtäessä havaittiin, että matka-ajoilla on matkakorttiaineistossa usein arvoja, jotka poikkeavat huomattavasti keskiarvosta. Nämä poikkeavat arvot voivat johtua järjestelmän virheestä tai vakavasta teknisestä tai liikenteellisestä ongelmasta. Tutkimuksen aikana havaittiin, että usein nämä arvot esiintyvät linjojen ensimmäisellä tai viimeisellä pysäkkivälillä ja näin ollen päätettiin, että näiden pysäkkiväliden tutkimista tulisi välttää. Poikkeavia ajoaikoja oli kuitenkin havaittavissa myös muilla pysäkkivälillä edellä mainittujen lisäksi. Tällaiset selvästi poikkeavat ajoajat eivät ole tämän työn kannalta olennaisia ja ne voivat vääristää tuloksia. Tämän vuoksi tutkimusta tehtäessä päätettiin tutkittavan pysäkkivälän ajoaikoja suodattaa, jotta virheelliset arvot saataisiin pois. Tutkimuksessa päädyttiin käyttämään suodatusta, jolla tutkittavan pysäkkivälän ajoajoista suodatetaan pois ylin ja alin 2 prosenttia. Tällä suodatuksella arvioitiin hyvin suurella todennäköisyydellä päästävän eroon kaikista virheellisistä arvoista. On kuitenkin aiheellista huomata, että tällaista suodatusta käytettäessä on riskinä, että samalla suodatetaan pois myös hyviä arvoja. Tämän seikan merkitys korostuu, kun otoskoko kasvaa. Kuvissa 16–21 on esitetty kahden eri tutkimuskohteen tulokset eri suodatuksia käyttäen. Kohteen 24 otoskoko on erittäin suuri ja kohteen 22 melko pieni. Kuvissa esitetään tutkimukseen valitun 2 % suodatuksen vaikutukset sekä vaihtoehdoisen suodatusmenetelmän vaikutukset. Vaihtoehdoisessa menetelmässä ajoajan arvoja suodatetaan siten, että pysäkkivälän ajoajan  $x$  tulee olla:

$$f_0 \leq x < (\bar{x} + 3 * \sigma),$$

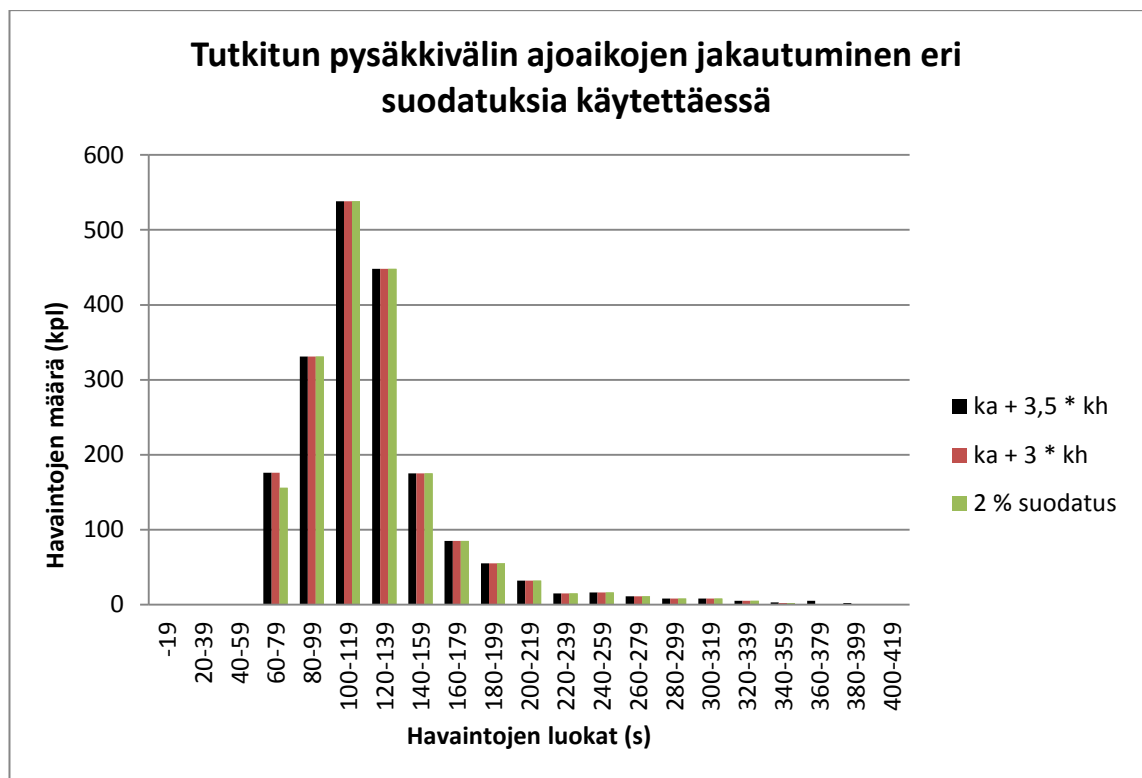
missä

$f_0$  = pysäkkivälän ajoajan fyysinen alaraja,  $> 0$

$\bar{x}$  = suodattamattoman otoksen keskiarvo

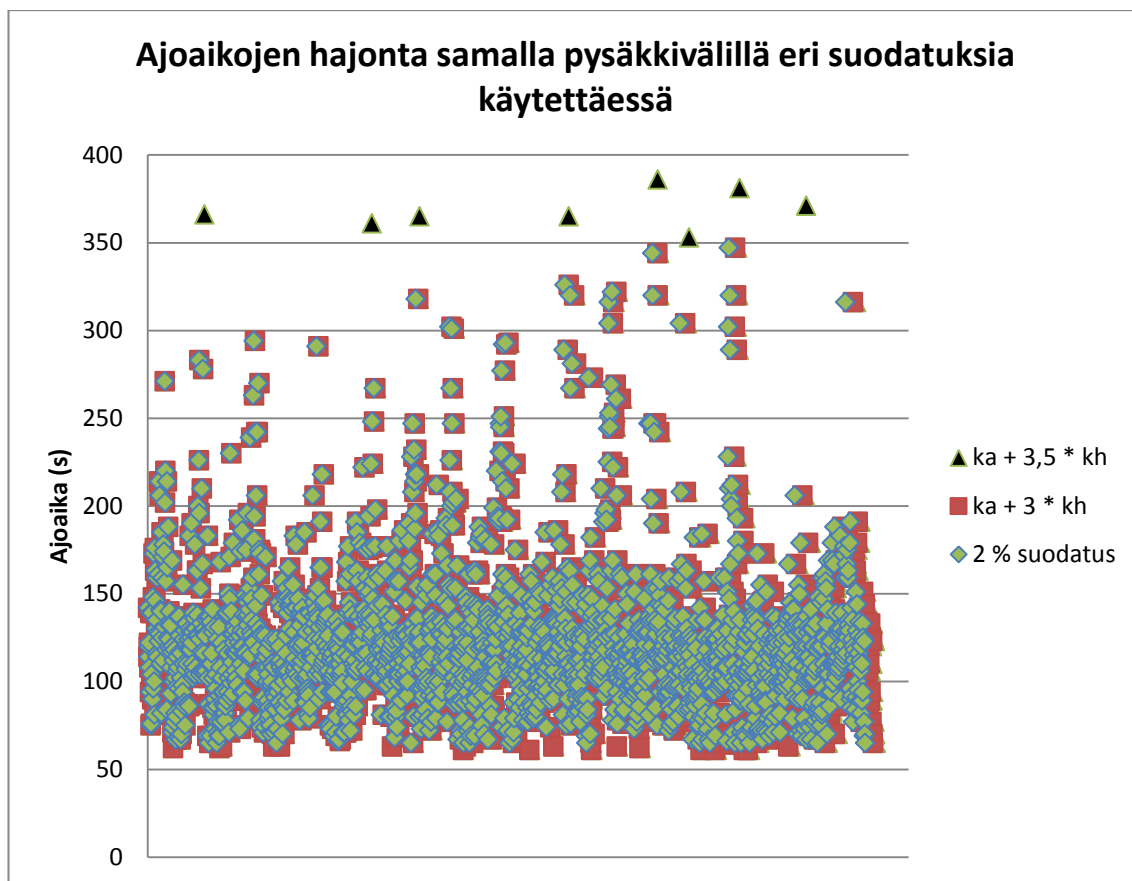
$\sigma$  = suodattamattoman otoksen keskihajonta.

Tutkitavan pysäkkivälin ajoajan tulee olla siis suurempi tai yhtä suuri kuin fyysinen alaraja, eli suurempi tai yhtä suuri kuin välin pienin mahdollinen ajoaika. Tämä arvo määritetään jokaiselle kohteelle ja pysäkkivälille erikseen. Tutkitavan ajoajan tulee lisäksi olla pienempi kuin suodattamattoman otoksen keskiarvon ja kolminkertaisen keskihajonnan summan. Sellaiset otoksen arvot, jotka eivät näitä ehtoja täytä, suodatetaan pois. Tästä suodatuksesta on myös testattu sellaista versiota, jossa yläraja on  $\bar{x} + 3,5 * \sigma$ . Tämä vaihtoehtoinen yläraja on erittäin tiukka, joten suodatettavien arvojen määrä jää suurella todennäköisyydellä hyvin pieneksi.



Kuva 16. Pysäkkivälin ajoaikojen jakautuminen, kohde 24, syyskuu 2010, suunta 2, koko päivä.

Kuvassa 16 on esitetty kohteen 24 ajosuunnan 2 pysäkkivälin ajoaikojen jakautuminen eri suodatuksia käytettäessä. Kuvasta nähdään selvästi, että tutkimuksessa käytetty kahden prosentin suodatus suodattaa pois jakauman alapäästä arvoja, kun taas muut suodatukset eivät. Keskiarvon ja keskihajonnan summiin perustuvissa suodatustavoissa ajoajan fyysiseksi minimiksi määritettiin 60 sekuntia, sillä tämän ajateltiin olevan fyysikan ja Suomen lakien mukaan periaatteessa mahdollista. Näin epärealistiset arvot olisivat suodattuneet pois, mutta tässä tapauksessa sellaisia ei ollut. Onkin syytä huomioda, että tutkimuksessa käytetty 2 % suodatus kuitenkin suodattaa tässä tapauksessa jakauman alapäästä pois arvoja, jotka ovat siis edellisen määritelmän mukaan realistisia. 2 % suodatus suodattaa arvoja myös jakauman yläpäästä pois, kun muilla suodatuksilla tätä ei tapahdu. Kuva 17 esittää tutkitun pysäkkivälin ajoaikojen hajontaa ja kuvasta nähdään selvästi kuinka jakauman yläpään arvot suodattuvat pois kahta suodatusta käyttäen, mutta jäävät tutkittavaksi kun suodatuksen ylärajaksi valitaan keskiarvo + 3,5 kertaa keskihajonta.



Kuva 17. Ajoaikojen hajonta kohde 24, suunta 2, koko päivä

Tutkimuksen yhteydessä tutkittiin kaksi kohdetta vaihtoehtoisia suodatuskeinoja käyttäen ja kuvassa 18 on esitetty kuinka tulokset vaihtelivat kohteessa 24. Kyseiset tulokset on laskettu kuvissa 16 ja 17 esitetystä hajonnasta. Tuloksista huomataan suodatuksen vaikuttavan hyvin vähän keskiarvoihin, jotka ovat kaikkia eri suodatuksia käytettäessä sekunnin sisällä toisistaan. Keskihajonnan osalta erot ovat hieman suurempia; kaikki keskihajonnat ovat kolmen sekunnin sisällä toisistaan. Näiden tulosten perusteella suodatuksen valinnalla ei ole suurta vaikutusta tuloksiin.

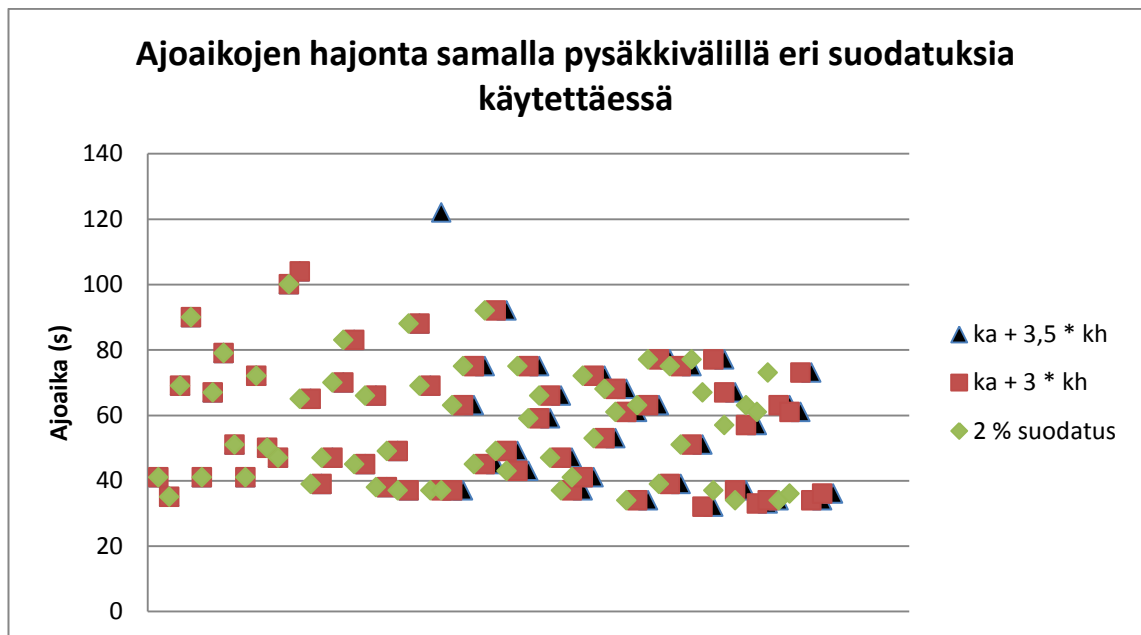
Kohde 24, suunta 2: Töölön kisahalli - Kansaneläkelaitos, koko päivä										
Suodatus	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss* <sup>†</sup>	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Syyskuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
2 %	123,1	110,9	-12,1	0,000	+++	40,6	26,5	-14,1	1886	1552
ka + 3 * kh	122,4	110,7	-11,8	0,000	+++	40,9	27,7	-13,2	1906	1580
ka + 3,5 * kh	123,4	111,0	-12,5	0,000	+++	43,8	28,3	-15,5	1914	1584

Kuva 18. Suodatusten vaikutukset tutkimustuloksiin.

Toinen eri suodatuksia käyttämällä tutkittu kohde on kohde 22, jonka yhden suunnan ajoaikojen jakautuminen iltaliikenteessä eri suodatuksia käytettäessä on esitetty kuvassa 19. Kuvasta nähdään tutkimuksessa käytetyn 2 % suodatuksen suodattavan arvoja pois jakauman molemmista päistä. Kun käytetään suodatuksen ylärajana keskiarvon ja 3,5 kertaa keskihajonnan summaa, ei tästä otoksesta suodatu pois yhtään arvoa. Vastaavasti suodatuksen ylärajan ollessa keskiarvo plus kolme kertaa keskihajonta, suodattuu pois vain yksi poikkeava arvo jakauman yläpäästä.



Kuva 19. Pysäkkivälin ajoaikojen jakautuminen, kohde 22, maaliskuu 2012, suunta 1, iltaliikenne.



Kuva 20. Ajoaikojen hajonta kohde 22, maaliskuu, suunta 1, iltaliikenne

Kuvassa 20 on edelleen esitetty sama jakauma kohteesta 22, ja jakaumasta nähdään selvästi kuinka yksi arvo on poikkeava ja muuten jakauma on melko tasainen ilman poikkeavia arvoja. Jakaumasta nähdään myös kuinka 2 % suodatusta käyttäen suodatetaan turhaan pois jakauman alapäästä normaaleja arvoja. Kuvassa 21 on esitetty suodatusten vaikutukset edellä esitellystä jakaumasta saatuihin tuloksiin ja vaikutusten havaitaan jälleen olevan melko pieniä. Maaliskuun 2012 tilanteissa otoskoko on noin 60 ja tällöin suodatuksen vaikutukset ovat keskiarvon osalta sekunnin ja keskihajonnan osalta muutamien sekunnin luokkaa. Toukokuun 2012 tilanteessa otoskoko pienenee alle puoleen aiemmasta ja tällöin keskiarvon osalta ero tuloksissa on sekunnin ja keskihajonnan osalta 0,3 sekuntia. Voidaankin siis todeta, että otoskoon pienentyessä suodatuksen vaikutukset pienenevät myös.

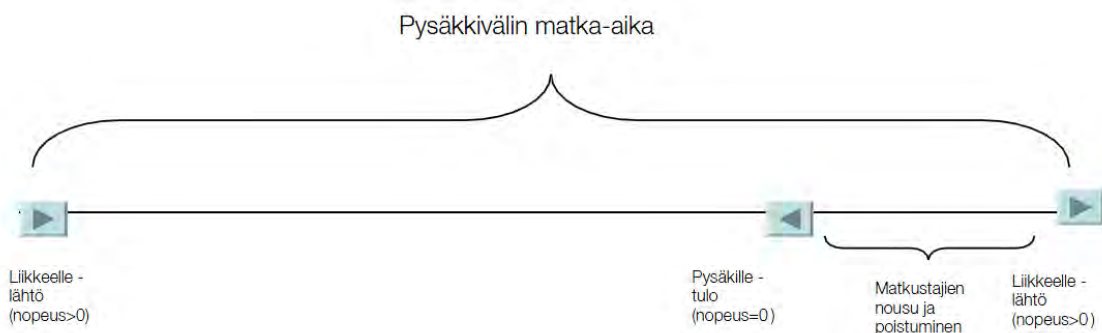
Kohde 22, suunta 1: Lummetie - Uimahalli, iltaliikenne

Suodatus	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Maaliskuu 2012 (s)	Toukokuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkit- sevyys*	Maaliskuu 2012 (s)	Toukokuu 2012 (s)	erotus (s)	Maaliskuu 2012 (kpl)	Toukokuu 2012 (kpl)
2 %	57,2	54,3	-2,9	0,539	-	17,2	20,2	3,0	59	25
ka + 3 * kh	57,2	53,3	-3,9	0,415	-	18,4	20,5	2,1	62	26
ka + 3,5 * kh	58,2	53,3	-4,9	0,313	-	19,9	20,5	0,5	63	26

Kuva 21. Suodatusten vaikutukset tutkimustuloksiin.

Esitettyjen tulosten perusteella voidaan sanoa, että tutkimuksessa käytetty 2 % suodatus poistaa hyvin todennäköisesti ajoaikojen jakaumien alapäästä turhaan arvoja, joiden olisi ollut hyvä olla mukana tutkimuksessa. Kuitenkaan, tällä ei ole loppujen lopuksi kovinkaan merkittävää vaikutusta tuloksiin. Jakaumien yläpäässä 2 % suodatus voi olla myös turhan karkea, erityisesti otoskoon ollessa suuri. Parempi suodatuskeino olisi todennäköisesti sopivan alarajan määrittäminen jokaiselle tutkittavalle pysäkkivälille ja ylärajana olisi hyvä käyttää keskiarvon ja 3 kertaa keskihajonnan summaa. Tällä tavoin saadaan suodatettua mahdolliset matkakorttijärjestelmän virheestä johtuvat liian pienet ja poikkeuksellisen suuret ja mahdollisista merkittävistä liikenteen poikkeustilanteista kuten onnettomuuksista johtuvat suuret ajoajan arvot.

Tutkittaessa matkakorttijärjestelmästä saatavaa informaatiota on tärkeää ymmärtää muutama seikka järjestelmän toiminnasta. Kuvassa 14 nähtävän ajoaika-sarakkeen sisältämä tieto on erittäin tärkeä tämän työn kannalta. Tämä sarake pitää sisällään ajoajan lähtöpysäkillä seuraavalle pysäkillä sekä tällä saapumis pysäkillä matkustajien linja-autoon nousuun ja poistumiseen kuluneen ajan siihen saakka, kunnes linja-auto jälleen lähtee liikkeelle (Haataja 2009). Tämä matka-ajan määrittelyn periaate on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Pysäkkivälin matka-ajan määrittely (Haataja 2009).

Tätä tutkimusta varten matkakorttijärjestelmästä saatavasta ajoaika-sarakkeen ajasta on vähennettävä samalla rivillä oleva pysäkkiaika-sarakkeen osoittama saapumis pysäkillä kulunut aika, jolloin saadaan tietää todellinen ajoaika pysäkkien välillä. Lisäksi on tärkeää tietää, että mikäli linja-auto ei todellisuudessa pysähdy pysäkillä on ohitus aika laskettu matkakorttijärjestelmän käsittelyssä (Haataja 2009). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että mikäli todellista pysähtymisaikaa pysäkillä ei ole tiedossa, laskee järjestelmä kyseisen pysäkin ohitusajan käyttämällä edellisen ja seuraavan käytettävissä olevan pysäkin pysähtymisaikoja. Tiedossa olevista ajoista interpoloidaan väliltä puuttuva aika pysäkkivälien pituuksien suhteen. Interpolointi voi aiheuttaa merkittäviä vääristymiä tutkittavien pysäkkivälien aikoihin, mikäli tutkittaville pysäkeille pysähdetään vain harvoin. Tämän vuoksi on tutkimukseen päätetty ottaa mukaan vain ne ajoajat, joissa bussi on pysähtynyt tutkittavalla pysäkkivälillä sekä lähtö-, että saapumis pysäkillä. Tällä varmistetaan tutkittavan aineiston laatu, joskin se pienentää otoskoko huomattavasti.

Suunta 1: Kivihaka - Metsäläntie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkit-sevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)
Aamu (7.00-9.00)	126,2	126,0	-0,2	0,960	-	13,9	14,2	0,4	34	24
Päivä (9.00-15.30)	118,6	123,8	5,2	0,045	+	10,8	13,3	2,5	41	50
Ilta (15.30-17.30)	120,7	124,4	3,7	0,301	-	13,3	11,5	-1,8	27	25
Koko päivä	120,3	126,1	5,8	0,000	+++	11,7	13,8	2,1	141	145

Suunta 2: Haagan ammattikorkeakoulu - Metsäläntie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkit-sevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)
Aamu (7.00-9.00)	81,0	73,6	-7,5	N/A	-	18,3	12,0	-6,4	22	9
Päivä (9.00-15.30)	65,8	61,9	-3,9	0,027	+	11,0	9,5	-1,5	76	65
Ilta (15.30-17.30)	69,6	68,8	-0,8	0,835	-	12,6	13,8	1,2	23	27
Koko päivä	69,0	64,9	-4,2	0,008	++	13,5	12,0	-1,5	144	123

Kuva 23. Kohteen 14 tulokset kun bussit ovat pysähtyneet kummallakin tutkittavan pysäkkivälin pysäkillä.

Kuvassa 23 on esitetty kohteen 14 tulokset kun tutkimusaineistona on käytetty sellaisia matkakorttijärjestelmästä saatuja ajoaikoja, joissa bussi on pysähtynyt tutkittavan pysäkkivälin ensimmäisellä ja toisella pysäkillä. Kuvassa 24 ovat vastaavat tulokset, kun aineistoa ei ole suodatettu pysähtymisen mukaan, vaan on käytetty kaikkea matkakorttijärjestelmästä kyseiselle ajalle ja pysäkkivälille saatua dataa. Kuvista havaitaan tulosten eroavan merkittävästi, joten aineiston suodattamista pysäkeille pysähtymisen suhteen voidaan pitää perusteltuna ja erittäin tarpeellisena työvaiheena.

Suunta 1: Kivihaka - Metsäläntie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkit-sevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)
Aamu (7.00-9.00)	137,7	137,5	-0,3	0,942	-	18,4	19,1	0,7	51	66
Päivä (9.00-15.30)	121,5	120,5	-1,0	0,674	-	13,9	14,4	0,5	61	84
Ilta (15.30-17.30)	129,5	129,1	-0,4	0,911	-	18,4	21,2	2,8	59	70
Koko päivä	127,6	126,1	-1,5	0,358	-	17,4	17,6	0,3	211	286

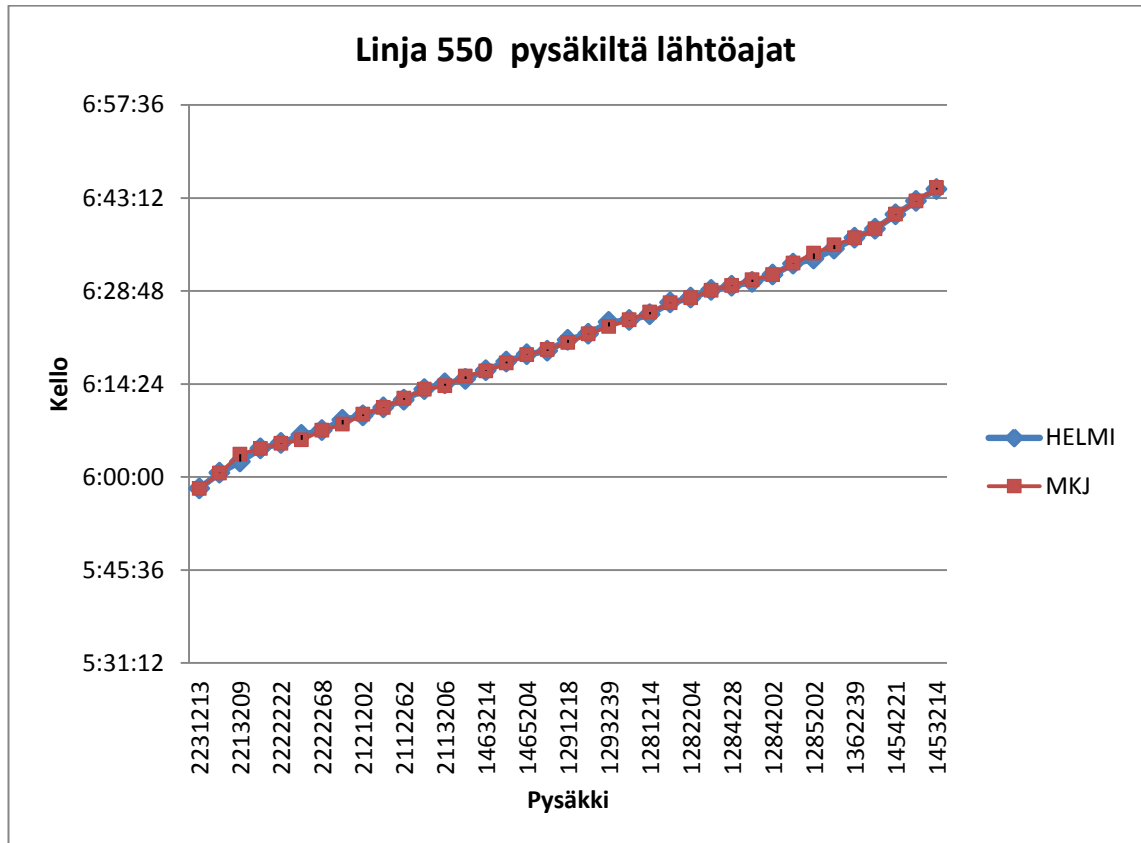
Suunta 2: Haagan ammattikorkeakoulu - Metsäläntie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkit-sevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)
Aamu (7.00-9.00)	57,1	51,5	-5,6	0,051	-	16,1	10,9	-5,2	45	53
Päivä (9.00-15.30)	56,9	50,1	-6,9	0,001	++	13,1	10,4	-2,7	61	80
Ilta (15.30-17.30)	54,9	56,8	1,9	0,318	-	12,0	12,9	1,0	78	93
Koko päivä	55,1	51,2	-3,8	0,000	+++	13,1	11,5	-1,6	232	309

Kuva 24. Kohteen 14 tulokset kun bussit eivät välttämättä ole pysähtyneet tutkittavalla pysäkkivälillä.

Joiltain linjoilta, esimerkiksi Helsingin sisäiset linjat 58 ja 59 sekä Jokeri-linja, on käytettävissä Helmi-järjestelmästä saatavaa gps-pohjaista matka-aikadataa. Helmi-järjestelmän keräämään historiatietoon päästää käsiksi Sweb-statistiikan avulla. Internet-pohjaisen sovelluksen kautta on mahdollista tutkia Helmi-järjestelmään käytävien linjojen ajoaikoja. Näitä Helmi-järjestelmästä saatavia, lähtökohtaisesti luotettavampia ja matkakorttidataa paremmin paikkansa pitäviä matka-aikoja verrattiin matkakorttidataan, jolloin voitiin varmistua matkakorttidatan laadusta. Vertailu suoritettiin yksinkertaisesti vertailemalla saman lähdön matkakorttijärjestelmän sekä Helmi-järjestelmän mukaisia matka-aikoja. Tässä tutkimuksessa on vertailtu eri järjestelmistä saatuja ajoaikoja Jokeri-linjalle ja näiden tulosten valossa vaikuttaisi vahvasti siltä, että molempien järjestelmien tiedot ovat hyvin yhteneviä. Kuvassa 25 on esitetty Jokeri-linjan saman vuoron eri järjestelmistä saadut pysäkillä lähtöajat. Nämä ovat hyvin samankaltaisia

keskenään lukuun ottamatta pieniä poikkeuksia muutamilla pysäkeillä. Tämän vertailun ja tutkimuksessa käytettyjen erilaisten suodatusten ansiosta voidaan todeta matkakorttidatan laadun olevan riittävä tämän tutkimuksen tarpeisiin. Kohteita olisi voitu tutkia myös Helmi-järjestelmän dataa käyttäen, mutta valitettavasti verkko-palvelussa säilytetään vain vähän yli vuoden verran historiatietoa. Tämä käytännössä rajoitti datan käytökelpoisuutta merkittävästi ja tutkimuksessa päätettiin käyttää vain matkakorttijärjestelmän dataa.

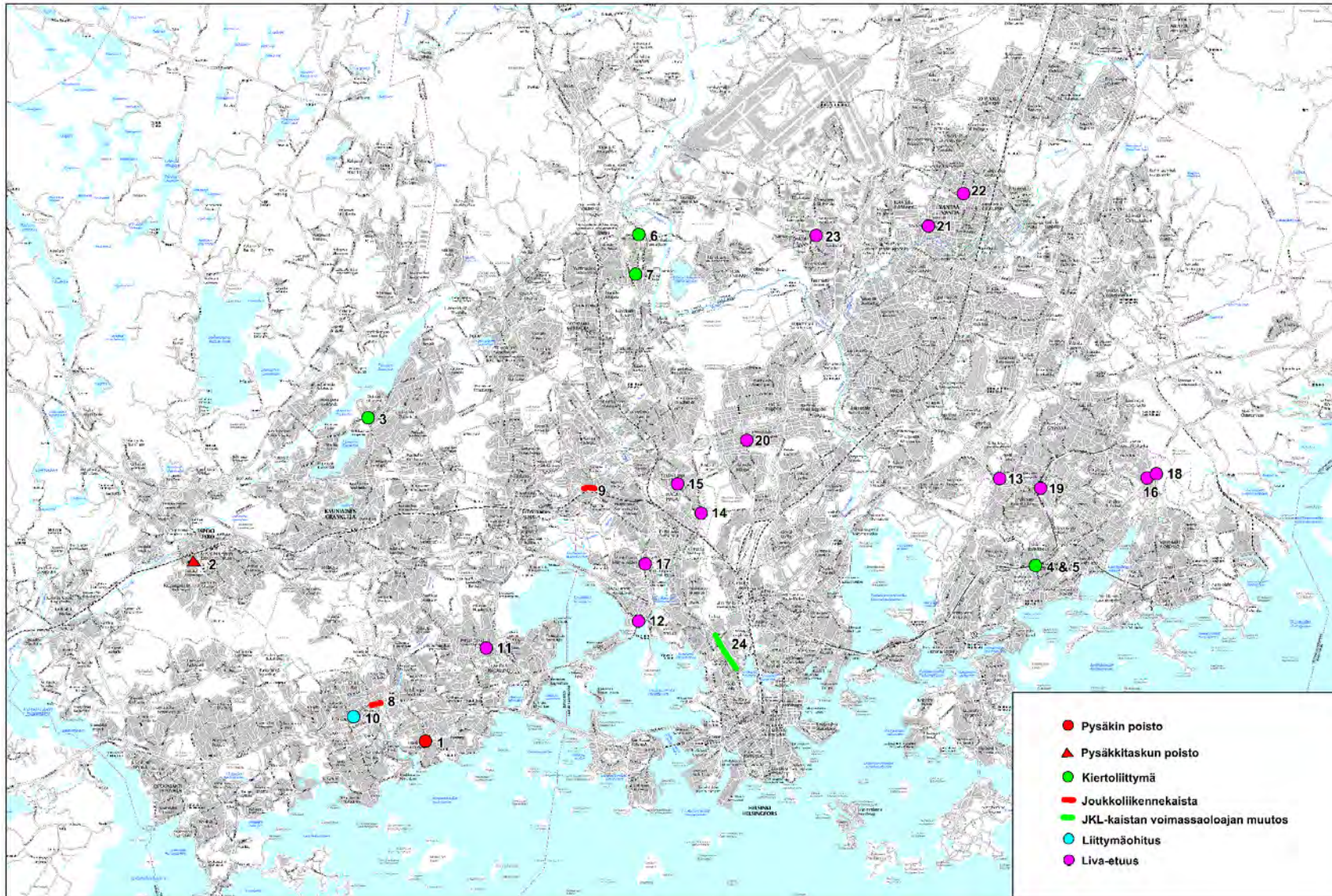


Kuva 25. Linja 550 pysäkiltä lähtöajat.

#### 4.1.2 Tutkittavat infrastruktuuritoimenpiteet

Tutkimuksessa tutkittiin pääkaupunkiseudulla viime vuosina tehtyjä infrastruktuuritoimenpiteitä. Nämä toimenpiteet on saatu selville olemalla yhteydessä Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunkeihin. Tehdyistä toimenpiteistä tutkimukseen otettiin mukavaksi katsottu määrä. Kohteet valittiin siten, että toteutusvuosi on mahdollisimman tuore ja että kohteessa ei ole tapahtunut liian suuria linjastomuutoksia tutkimusaikana.

Kuvassa 26 ja taulukossa 4 on esitetty tässä työssä tutkittavat kohteet, joita on kaiken kaikkiaan 24 kappaletta. Näistä 13 kappaletta on joukkoliikenteen liikennevaloetuksia, viisi kappaletta kiertoliittymiä, kaksi joukkoliikennekaistaa, yksi joukkoliikennekaistan voimassaoloajan laajennus, yksi liittymäohitus, yksi pysäkkitaskun poisto sekä yksi pysäkin poisto.



Kuva 26. Tutkittavat kohteet.

**Taulukko 4. Tutkittavat kohteet.**

<b>Kohde</b>	<b>Ajankohta</b>
Kohde 1: Pysäkin poisto, Haukilahdenranta, Espoo	28.11.2011
Kohde 2: Pysäkkitaskun poisto, Espoontori, Espoo	2009
Kohde 3: Kiertoliittymä, Kolkekannaksentie, Lähderanta, Espoo	2011
Kohde 4: Kiertoliittymä, Turunlinnantie, Marjaniementie, Helsinki	4/2010-10/2011
Kohde 5: Kiertoliittymä, Marjaniementie, Itäkatu, Helsinki	4/2010-10/2011
Kohde 6: Kiertoliittymä, Ylästontie, Vantaanlaaksontie, Vantaa	2010-2011
Kohde 7: Kiertoliittymä, Vantaanlaaksontie, Martinlaaksontie, Vantaa	2010-2011
Kohde 8: Joukkoliikennekaista, Kuitinmäentie, Espoo	2010
Kohde 9: Joukkoliikennekaista, Pitäjänmäentie, Helsinki	2010
Kohde 10: Liittymäohitus, Kuitinmäentie, Olarinkatu, Espoo	2009-2010
Kohde 11: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kalevantie, Tietäjätie, Espoo	12/2010
Kohde 12: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Ramsaynranta, Helsinki	23.11.2010
Kohde 13: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kivikontie, Kehä 1, Helsinki	5.5.2010
Kohde 13B: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kivikontie, Kehä 1, Helsinki	23.2.2011
Kohde 14: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Metsäläntie, Hämeenlinnanväylä, Helsinki	12.5.2010
Kohde 15: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Näyttelijätie, Pietari Hannikaisen tie, Helsinki	20.4.2010
Kohde 16: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Itäväylä, Mellunmäentie, Helsinki	3.5.2010
Kohde 17: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Huopalahdentie, Lapinmäentie, Helsinki	20.12.2010 ja 24.2.2011
Kohde 18: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Itäväylä, Kallvikintie, Helsinki	4.5.2010
Kohde 19: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kontulantie, Kurkimäentie, Helsinki	25.1.2010
Kohde 20: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Pakilantie, Osuuskunnantie, Helsinki	22.6.2010
Kohde 21: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Tikkurilantie, Osmankäämintie, Vantaa	1/2012
Kohde 22: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Talvikkitie, Läntinen Valkoisenlähteentie, Vantaa	4/2012
Kohde 23: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Lentoasemantie, Tasetie, Vantaa	kevät 2012
Kohde 24: Joukkoliikennekaistan voimassaoloajan laajentaminen, Mannerheimintie, Helsinki	syksy 2010

## **4.2 Toimenpiteiden vaikutusten arviointikeinot**

Tutkittavien toimenpiteiden vaikutuksia arvioidaan tutkimalla muutoksia tutkittavan pysäkkivälin ajoaikojen keskiarvoissa sekä keskihajonnoissa. Kuukauden ajalta tilanteista ennen ja jälkeen toimenpidettä etsitään matkakorttijärjestelmästä löytyvät tiedot.

Näistä tiedoista lasketaan keskiarvot ja keskihajonnat, joiden avulla voidaan arvioida tapahtunutta muutosta.

Ajoaikojen keskiarvon muutosta arvioidaan kahden riippumattoman otoksen t-testin avulla. Tämän testin avulla voidaan selvittää, onko kyseessä vain otantavirheestä johtuva ero, vai onko muutos todella tapahtunut. T-testin tuloksena saadaan p-arvo, joka on todennäköisyys sille, että keskiarvojen ero selittyy pelkästään otantavirheellä. Mitä pienempi p-arvo, sitä enemmän saadaan tukea sille, että keskiarvojen ero on merkitsevä. Kuvassa 27 on esitetty eri p-arvojen tilastollinen merkitsevyys. P-arvon tilalle on merkitty ”N/A” mikäli arvoa ei ole havaintojen vähäisen määrän vuoksi hyödyllistä esittää.

P-arvo	Ero on..
< 0,05	tilastollisesti melkein merkitsevä
< 0,01	tilastollisesti merkitsevä
< 0,001	tilastollisesti erittäin merkitsevä

Kuva 27. T-testin P-arvot.

Tutkimuksessa käytettävät keskihajonnat on laskettu Excelin avulla käyttämällä keskihajonta.p-funktiota, eli funktiota joka laskee populaation keskihajonnan. Funktio laskee keskihajonnan käyttämällä kaavaa 5.

$$\sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} \quad (5)$$

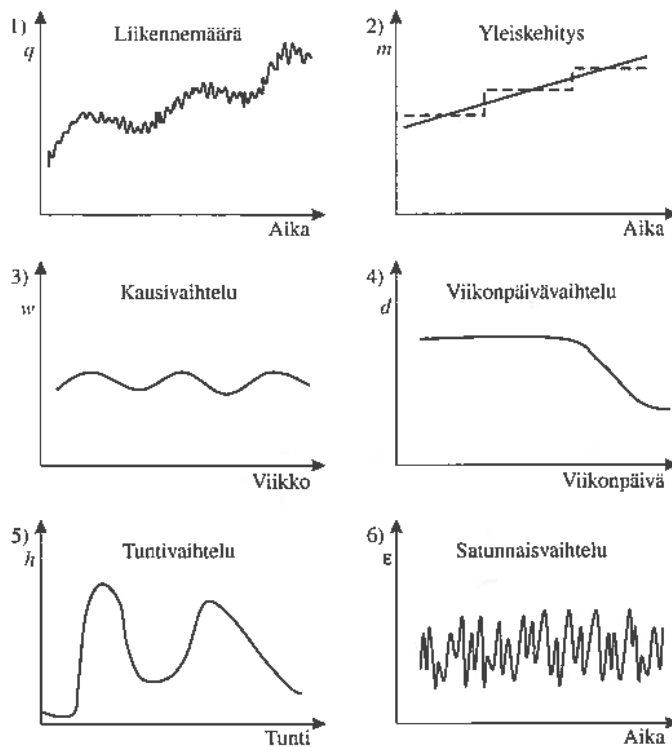
, jossa  $\bar{x}$  on otoskeskiarvo ja n on otoksen suuruus

Tutkimuksessa erotetaan liikenteellisesti hyvin erilaiset ajankohdat, eli aamutunnit (klo. 7.00–9.00) ja iltatunnit (klo. 15.30–17.30) sekä päiväaika (klo. 9.00–15.30) toisistaan. Tämän lisäksi infratoimenpiteiden vaikutuksia tutkitaan koko päivän ajalta. Tällä tavoin voidaan määrittää toimenpiteiden vaikutusten kohdentuminen eri vuorokaudenaikoihin ja ennen kaikkea parannetaan tutkimuksen laatua entisestään. Mikäli saman suunnan aamu- ja iltatunteja ei tutkittaisi erikseen, saattaisivat ne aiheuttaa vääristymiä ajoaikojen keskilukuihin ja hajoamiin, sillä useissa tilanteissa aamu- ja iltaliikenne ovat melkein päinvastaisia liikennemääriltään ja myös ajoajoiltaan sekä keskihajonnoiltaan.

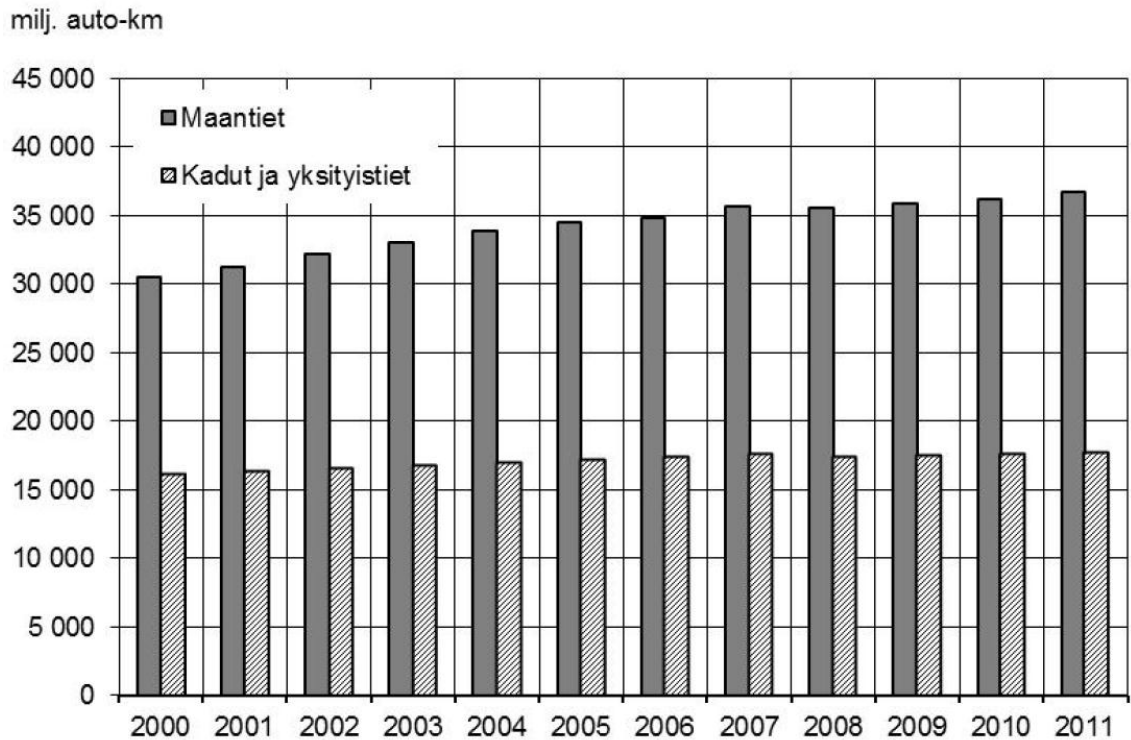
### 4.3 Muiden tekijöiden vaikutusten määrittäminen

Tutkimuksessa on otettava huomioon muiden tekijöiden vaikutus tutkimustuloksiin. Erityisesti sellaisissa kohteissa, joissa tutkittava aikaväli on useampia vuosia, täytyy muut tekijät huomioida tarkasti. Liikennemäärien muutokset ovat yksi tärkeimmistä joukkoliikenteen luotettavuuteen ja nopeuteen vaikuttavista tekijöistä, ja ne on mahdollisuuksien mukaan otettava huomioon kohteita tutkittaessa. Liikennemäärätietoja on saatavilla tutkimusalueelta hyvin vaihtelevasti. Säännöllisesti mitatut liikennemäärät muodostavat aikasarjan, joka osoittaa mittauspaikan liikennemäärän ajan funktiona (Luttinen et al. 2005). Liikennemääriin vaikuttavat useat seikat ja liikennemäärät vaihtelevat sekä lyhyillä että pitkillä aikaväleillä. Liikennemäärä voidaan jakaa eri komponentteihin ja nämä komponentit on esitetty kuvassa 28. Komponentit ovat yleiskehitys, kausivaihtelu, viikonpäivävaihtelu, tuntivaihtelu ja satunnaisvaihtelu (Luttinen et al. 2005). Liikennemäärän komponenteissa havaitaan hieman yhtäläisyyttä aiemmin esiteltyjen liikenteen ruuhkatyyppien kanssa.

Liikennemäärien keskimääräistä tasoa ilman vuotta lyhytkestoisempaa vaihtelua kuvaa yleiskehitys. Usein yleiskehitys ilmaistaan vuoden keskimääräisenä vuorokausiliikennemääränä (Luttinen et al. 2005). Yleiskehitykseen vaikuttavat muuttunut maankäyttö sekä liikennesuoritteiden kasvu, johon puolestaan vaikuttaa suoraan yleinen taloudellinen kehitys. Liikennesuoritteiden kehitys viime vuosina on esitetty kuvassa 29. Kuvasta nähdään, että viime vuosina liikennesuorite on kasvanut hieman maanteiden osalta, mutta pysynyt hyvin pitkälti samassa katu- ja yksityistieverkon osalla. On kuitenkin huomattava, että vaikka liikennesuorite ei ole välttämättä kasvanut, on osassa tutkittavista kohteista kasvanut paikallinen liikennemäärien yleiskehitys voinut vaikuttaa saatuihin tuloksiin.



Kuva 28. Liikennemäärän aikasarja ja sen komponentit (Luttinen et al. 2005).



Kuva 29. Liikennesuorituksen kehitys 2000–2011 (Liikennevirasto 2012).

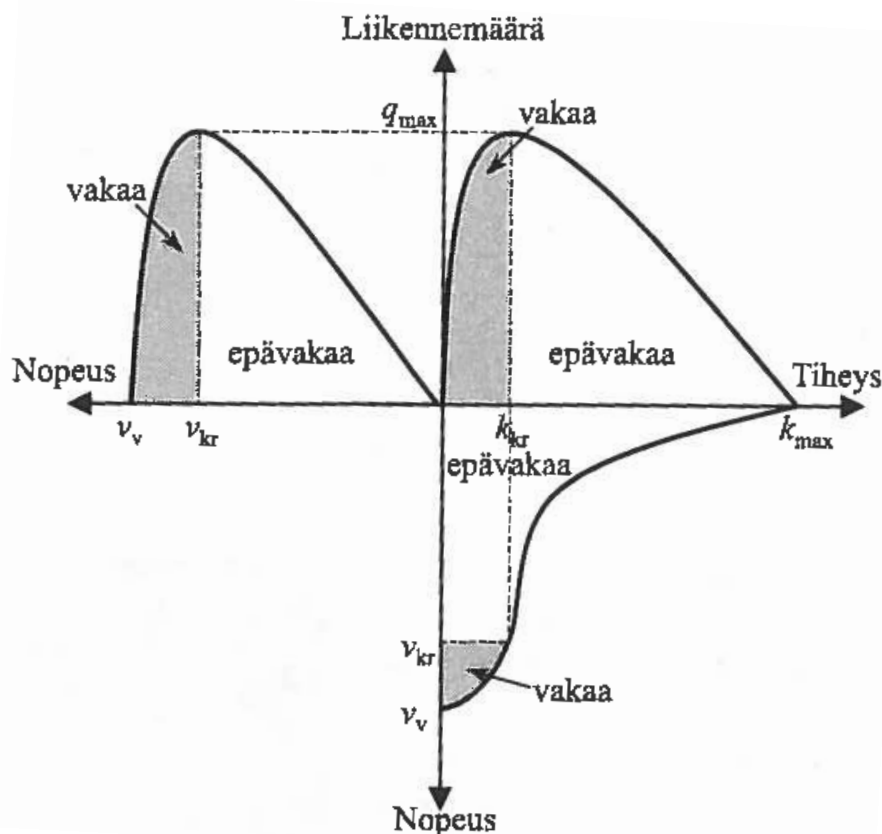
Liikennemäärien kausivaihtelu puolestaan tarkoittaa viikoittaista vaihtelua liikennemäärissä vuoden aikana. Kausivaihtelussa näkyvät lomakaudet hyvin selvästi ja kaupunkialueilla liikennemäärät ovat lomakausina pienemmät, kun taas yleisillä teillä liikennemäärät ovat lomakausina huomattavasti suurempia (Luttinen et al 2005). Kausivaihtelu on syytä ottaa huomioon tutkimuksissa, sillä esimerkiksi hiihtolomien ja kesälomien aikana liikenne on pääkaupunkiseudun katuverkolla sujuvampaa kuin muina aikoina. Tämä voi vaikuttaa tuloksiin, mikäli tutkittavista ajankohdista toinen sijoittuu loma-aikaan ja toinen ei.

Liikennemäärien viikonpäivävaihtelu ei merkittävästi vaikuta tämän tutkimuksen tuloksiin, sillä tämä vaihtelu toistuu likimain samanmuotoisena viikoittain (Luttinen et al. 2005). Lisäksi tutkimuksessa on otettu huomioon viikonlopun eli lauantain ja sunnuntain liikennemäärien poikkeavuus arkipäiviin verrattuna suodattamalla viikonloput pois tutkittavasta aineistosta.

Liikenteen tuntivaihtelussa on havaittavissa liikennemäärien huiput aamu- sekä iltaruuhkan aikaan ja näiden kahden huipun väliin jäävät hiljaisemmat jaksot. Tämän vaihtelun aiheuttavat vuorokautisen työ-, lepo-, ja vapaa-ajan vaihtelut. Vuorokauden suurin tuntiliikenne eli huipputunti on tavallisesti noin 10 % vuorokauden liikennemäärästä. Suurimmissa kaupungeissa voi kuvaajan huipun nähdä hieman madaltuvan ja leventyvän (Luttinen et al 2005). Tämä johtuu liikenteen ruuhkautumisesta, jolloin nopeudet pienenevät, ja huippuliikennemäärän aika kasvaa. Tässä tutkimuksessa liikenteen tuntivaihtelu on otettu huomioon tutkimalla aamu-, päivä-, ja iltatunnit erikseen. Tämän lisäksi on kuitenkin tutkittu vaikutuksia myös koko päivän osalta, jolloin ajoaikojen keskijonot voivat kasvaa, mikäli ruuhka-aikojen ajoajat poikkeavat suuresti hiljaisemmasta päiväajasta.

Joukkoliikenteen suunnittelun ja luotettavuuden kannalta eniten ongelmia aiheuttaa liikennemäärän satunnaisvaihtelu, jossa ei ole ennakoitavissa olevaa säännönmukaisuutta, eli aikasarjan satunnaiskomponentin historian avulla ei voida ennustaa tulevaisuutta (Luttinen et al. 2005). Tämä johtuu siitä, että ajoneuvojen kuljettajien ja jalankulkijoiden käyttäytymistä ei ole mahdollista tarkasti mallintaa ja lisäksi myös ajoneuvojen ominaisuudet poikkeavat toisistaan. Suuret tapahtumat kuten konsertit ja urheilukilpailut sekä juhlapyhät aiheuttavat poikkeuksellisia liikennemäärien vaihteluita, mutta nämä vaihtelut ovat kuitenkin ennakoitavissa. Tällaiseen vaihteluun voidaan etukäteen varautua muuttamalla joukkoliikenteen reittejä tai lisäämällä vuoroja, mutta esimerkiksi Helsingin alueella on kesäisin niin paljon erilaisia tapahtumia, että kaikkien vuoksi ei todennäköisesti ole mahdollista tehdä muutoksia liikennöintiin.

Liikenteen nopeudet yksiajorataisilla teillä ovat nykyisin samalla tasolla kuin neljäkymmentä vuotta sitten, mutta nopeuksien keskihajonta on kuitenkin merkittävästi alhaisempi. Tämä johtuu suurelta osin autokannan kehittymisestä; nykyiset autot ovat huomattavasti parempia kuin 1970-luvun autot. Liikennemäärien kasvaessa liikenteen nopeudet laskevat loivasti, mutta ruuhkatilanteessa nopeudet putoavat selvästi normaali-tasoa alhaisemmaksi. (Luttinen et al. 2005).



Kuva 30. Liikennevirran kuvaajat. (Luttinen et al. 2005)

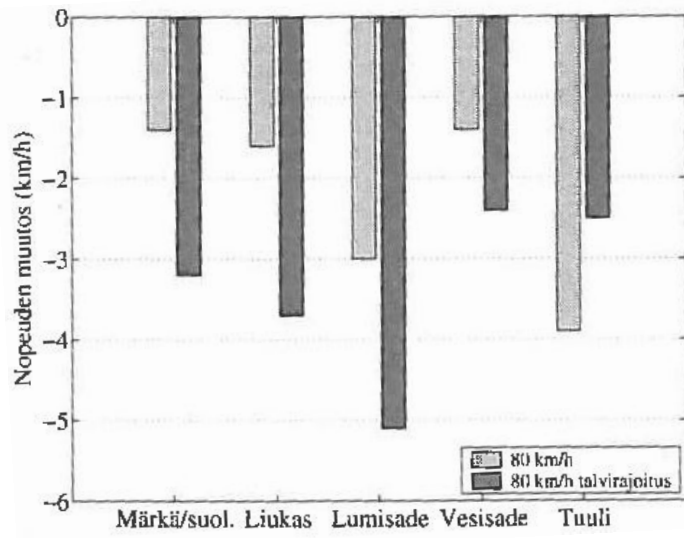
Liikennevirran perusyhtälössä  $q = kv$  esiintyvät liikenteen perussuureet ovat liikenteitiheys ( $k$ ), liikennemäärä ( $q$ ) sekä keskinopeus ( $v$ ). Perusyhtälön avulla voidaan laskea yksi perussuureista kun kaksi muuta tiedetään. Tämän lisäksi suureet ovat yhteydessä toisiinsa kuvan 30 osoittamalla tavalla, joka on havaittu mittaustuloksissa sekä teoreettisissa analyyseissä. Tämä yhteys todistaa jo edellä mainitun seikan; liikennemäärän kasvaessa nopeus alenee tiettyyn pisteeseen, eli kriittiseen nopeuteen ( $v_{kr}$ ) saakka, minkä

jälkeen sekä nopeus että liikennemäärä laskevat. Kun liikennetiheys puolestaan kasvaa, alkaa liikennevirran keskinopeus laskea, mutta liikennetiheyden ollessa hyvin alhainen, ei pieni tiheyden kasvu välttämättä hidasta liikennettä. Liikenteen tiheyden kasvaessa nopeus alkaa laskea tieosuuden vapaasta nopeudesta ja lopulta nopeus on nolla liikennetiheyden saavuttaessa maksiminsa. Todellisuudessa perussuureiden väliset suhteet riippuvat esimerkiksi väylän ominaisuuksista ja liikenteen koostumuksesta.

Joukkoliikenteen linjastosuunnittelulla on myös vaikutuksia, jotka on syytä huomioida tutkimuksessa. Linjastomuutokset voivat vaikuttaa linja-autojen käyttöasteeseen ja matkustajamääriin ja täten pysähdysten määrään ja pituuteen. Joissain tilanteessa linja-autot voivat hidastaa myös toisiaan. Linjastomuutosten vaikutukset voivat näkyä erityisesti pysäkkeihin liittyvissä tutkimuskohteissa. Linjastomuutoksia voi selvittää HSL:n liikennöintisuunnitelmien avulla. Kuitenkin mikäli tutkittavissa kohteissa havaittiin todella suuria linjastomuutoksia tutkittavalla aikavälillä, päätettiin tällaiset kohteet jättää pois lopullisesta tutkimuksesta. Tällaisia kohteita tuli tutkimuksen aikana vastaan muutamia.

Sään ja kelin vaikutukset on myös otettava huomioon tutkimusta tehtäessä. Sää määrittellään ilmakehän tilana maanpinnalla jollakin tietyllä paikalla tietyssä ajassa, kun taas keli on säästä riippuva teiden tai maaston kulkukelpoisuus (Kotimaisten kielten keskus 2011). Erityisesti talven eri kelit ja säätilanteet vaikuttavat liikenteen nopeuksiin ja sujuvuuteen. Sään ja kelin vaikutusta eri ajoneuvoryhmien nopeuksiin pääteillä on tutkinut Estlander (1995) diplomityössään. Kuvassa 31 on esitetty henkilö- ja pakettiautojen keskinopeuden muutos kuivaan keliin verrattuna talven eri keleillä 80 km/h – nopeusrajoitusalueella. Kuvasta huomataan, että erityisesti lumisateet ja tuulisuus vaikuttavat keskinopeuksiin huomattavasti. On kuitenkin huomattava, että kyseinen tutkimustulos on havaittu päätieverkolla, 80 km/h – nopeusrajoitusalueella, eikä täten päde aivan suoraan tässä työssä tutkittuihin kohteisiin, jotka sijaitsevat katuverkolla pienempien nopeusrajoitusten alueilla. Estlanderin tutkimustulokset kuitenkin antavat yleisen kuvan kelien vaikutuksesta liikenteen nopeuksiin.

Säätilanteen muutoksia voi tarkastella ilmatieteenlaitoksen internet-sivuilta löytyvistä tiedoista. Erityisesti lumitilanne on syytä ottaa huomioon, mikäli tutkittavat ajankohdat ovat talviaikaan. Lumitilanteella itsessään ei ole välttämättä suurta vaikutusta, mutta säätilan muutoksella kylläkin. Mikäli havaitaan, että lunta on satanut huomattava määrä lyhyessä ajassa, voidaan sen ajatella haitanneen ajoittain liikennettä. Tämän vaikutus kuitenkin pyritään eliminoimaan tutkimalla ensisijaisesti sellaisten kuukausien liikennettä, jolloin talvisia sää- ja keliolosuhteita ei ole.



Kuva 31. Henkilö- ja pakettiautojen keskinopeuden muutos kuivaan keliin verrattuna talven eri keleillä 80 km/h –nopeusrajoitusalueella (Estlander 1995).

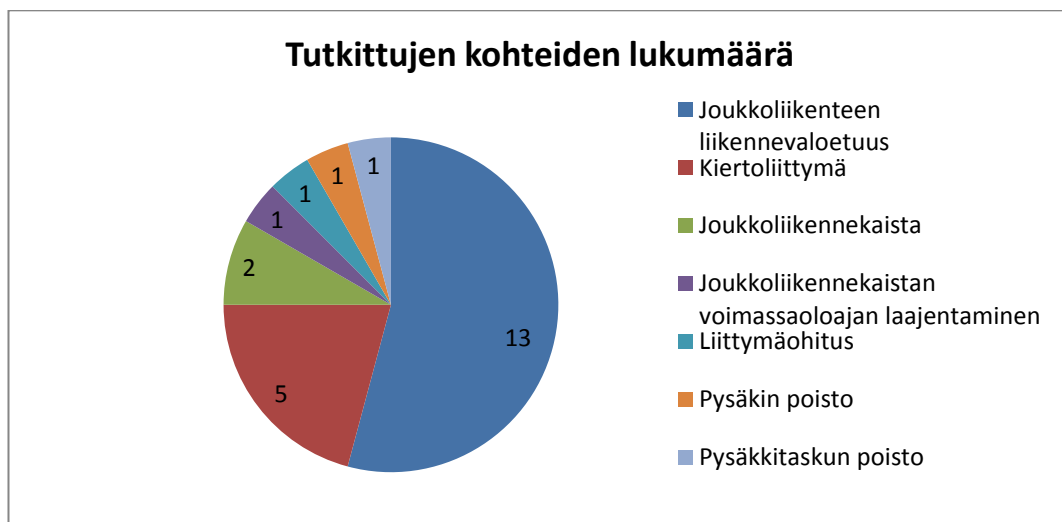
## 5 Tulokset

### 5.1 Tutkimustulosten esittäminen

Kappaleessa 5 esitellään tutkimuksen tulokset kootusti. Kaikki tulokset sekä kohde-esittelyt ovat tämän työn liitteessä 2. Tutkimuksessa on tehty tutkituista kohteista eräänlaiset toimenpidekortit, joissa on esitetty ilmakuva kohteesta sekä yleiset tiedot kuten sijainti, toimenpiteen toteutusajankohta, tutkittavat linjat ja pysäkkivälit. Ilmakuva aineisto on saatu käyttöön HSL:ltä ja se on kuvattu vuoden 2010 kesällä. Tutkittavissa kohteissa on vaihteleva määrä tutkittavia suuntia (1-4), riippuen kohteen luonteesta. Kaikista näistä suunnista on tutkittu ennen ja jälkeen tilanne matkakorttiaineiston avulla. Saadut tulokset on esitetty jokaisen kohteen esittelyn yhteydessä taulukkona sekä diagrammeina. Tulokset on eroteltu päivän aikojen osalta sekä lisäksi tulokset on myös esitetty koko päivän osalta. Tulokset on eroteltu aamuliikenteen (klo. 7.00 – 9.00), päiväliikenteen (klo. 9.00 – 15.30) sekä iltaliikenteen (klo. 15.30 – 17.30) osalta. Nämä ajankohdat on valittu sen vuoksi, että aamu- ja iltaliikenteen aikoihin liikennemäärät ovat hyvin erilaisia kuin päivän muina aikoina.

Tuloksista on huomattava se seikka, että mikäli kohteen liikenne on hyvin symmetristä eli suurin liikenteen määrä menee aamulla johonkin suuntaan ja illalla takaisin vastakkaiseen suuntaan, voi tämä aiheuttaa suuren hajonnan koko päivän osalta tehtävään ajoaikojen tarkasteluun. Tämä on erityisesti otettava huomioon sellaisissa kohteissa, joissa liikenne ruuhkautuu pahoin ja joissa joukkoliikenne on muun liikenteen seassa. Pääkaupunkiseudulla liikenne suuntautuu hyvin vahvasti aamuisin Helsingin keskustaan tai aluekeskuksia kohtaan ja illalla poispäin näistä kohteista.

Liitteessä 2 on jokaisen kohteen kohdalla esitetty tutkitut pysäkkivälit, joilla matka-aikojen muutoksia tutkittiin. Kuten luvussa 3 kerrottiin, on tutkimuksessa tarkasteltu myös varsinaista tutkittavaa pysäkkiväliä edeltäviä pysäkkivälejä, jotta varmistetaan linja-autojen pysähtyminen myös tutkimusvälin ensimmäisellä pysäkillä. Useissa kohteissa tutkitut linjat kulkivat eri pysäkkien kautta varsinaisille tutkimuspysäkeille. Käytetyn suodatuksen ansiosta näiden pysäkkivälien ominaisuuksilla ei ole käytännössä merkitystä. Kaikki tutkimuksessa käytetyt pysäkit on kuitenkin kirjattu liitteeseen 3. Liite 3 sisältää pysäkkien nimet sekä uudet ja vanhat pysäkinumerot.



Kuva 32. Tutkitut kohteet tyypeittäin.

Tämän tutkimuksen yhteydessä tutkittiin yhteensä 24 kohdetta, joiden määrät toimenpiteittäin on esitetty kuvassa 32. Näiden toimenpiteiden vaikutuksia ajoaikojen keskihajontoihin ja matka-aikoihin esitellään kappaleissa 4.2 ja 4.3. Tutkittujen kohteiden keskimääräinen otoskoko vuorokaudenajoittain on 147 ja otoskoon mediaani on 76.

## 5.2 Toimenpiteiden vaikutukset ajoaikojen keskihajontaan

Kaikkien kohteiden osalta on tutkittu toimenpiteiden vaikutusta linja-autoliikenteen liikennöinnin luotettavuuteen. Tämä on tehty tutkimalla muutoksia ajoaikojen keskihajonnoissa.

Keskihajonnat on laskettu kaikille kohteille muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Tässä tutkimuksessa on tutkittu yhteensä 24 kohdetta, joista muodostuu 251 kohteen, ajosuunnan sekä kellonajan yhdistelmää eli kombinaatiota. Näistä 251 tapauksesta tutkimustulosten mukaan keskihajonta on laskenut 60 %:ssa tapauksista (kuva 33).

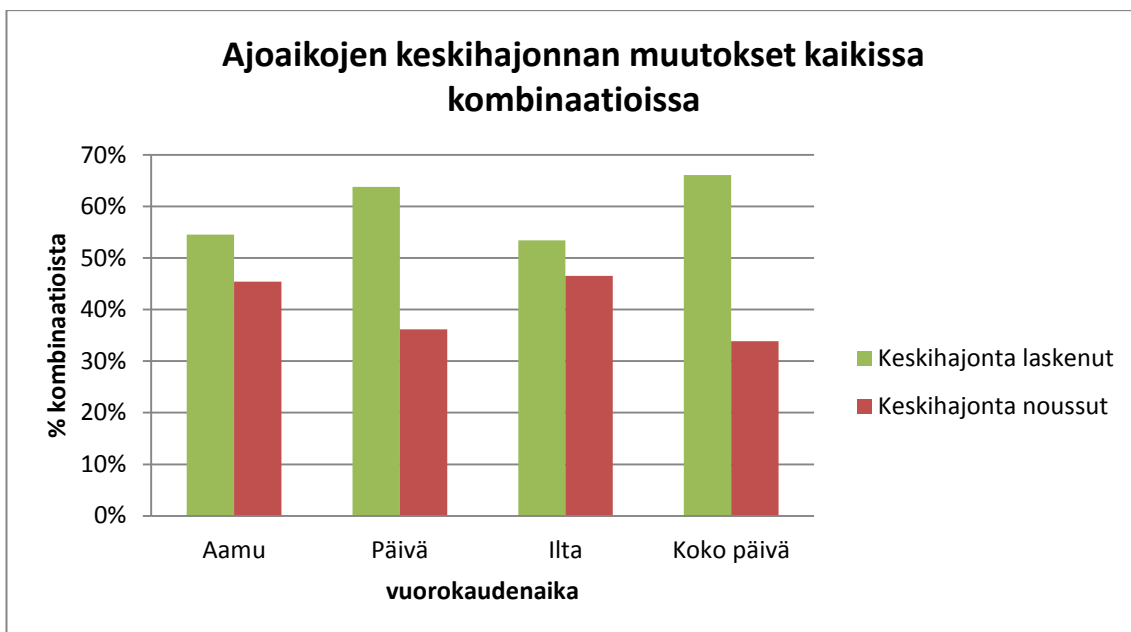


Kuva 33. Ajoaikojen keskihajonnan muutokset tutkituissa kombinaatioissa.

Taulukosta 5 nähdään kuinka suuria muutoksia ajoaikojen keskihajonnassa on tutkimuksen yhteydessä havaittu. Mikäli keskihajonnan on havaittu nousseen, on muutoksen suuruus ollut keskimäärin 5,6 sekuntia ja prosentteina sama muutos on keskimäärin ollut 41,8 %. Niissä tapauksissa, missä keskihajonnan on havaittu laskeneen, on muutos ollut keskimäärin -6,2 sekuntia ja prosentteina sama muutos on keskimäärin ollut -24,3 %. Vaikka muutosten sekuntimääräinen suuruusluokka on ollut hyvin samankaltainen, on prosenttimääräisessä muutoksessa suuria eroja. Tästä voidaan päätellä, että niissä tapauksissa, joissa keskihajonta on noussut, on keskihajonta alun alkaen ollut pienempi kuin niissä tapauksissa, joissa keskihajonta on laskenut.

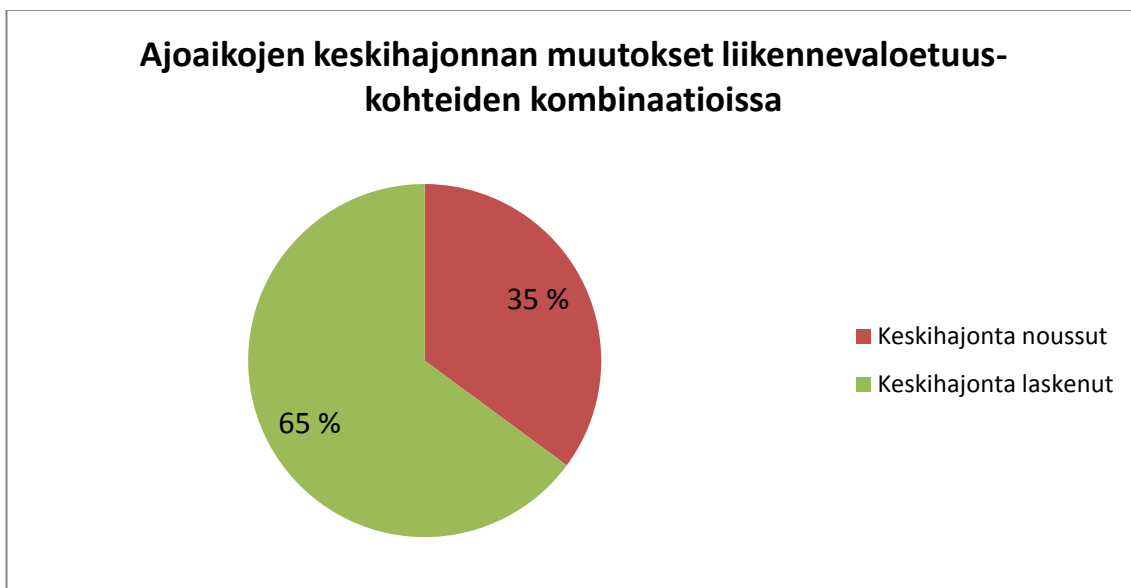
Taulukko 5. Ajoaikojen keskihajonnan muutosten suuruus kaikissa kombinaatioissa.

	Muutosten keskiarvo (s)	Muutosten keskiarvo (%)
Kaikki	-1,4	2,4 %
Jos keskihajonta noussut	5,6	41,8 %
Jos keskihajonta laskenut	-6,2	-24,3 %



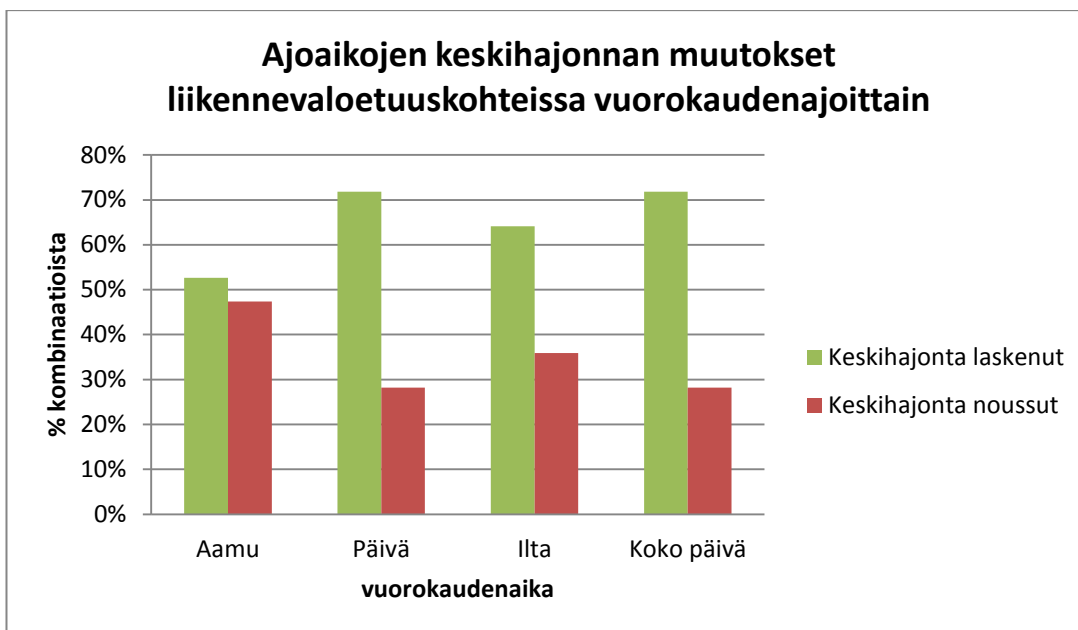
Kuva 34. Ajoaikojen keskihajonnan muutokset tutkituissa kombinaatioissa vuorokaudenajoittain.

Kaikkien kombinaatioiden osalta huomataan kuvan 34 osoittamalla tavalla, että yleisesti ottaen keskihajonta on laskenut useimmiten päiväliikenteessä ja koko päivän osalta. Aamu- ja iltaliikenteessä keskihajonnan on likimain yhtä usein havaittu nousseen kuin sen on havaittu laskeneen.



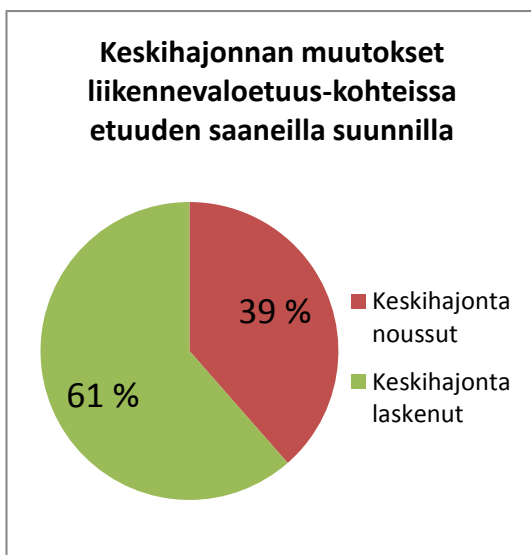
Kuva 35. Ajoaikojen keskihajonnan muutokset kohteissa, joissa on toteutettu joukkoliikenteen liikennevaloetus.

Tutkituista kohteista 13 kappaletta oli kohteita, joissa oli toteutettu erilaisia joukkoliikenteen liikennevaloetuksia. Kohteissa, joissa on toteutettu joukkoliikenteen liikennevaloetus, on matka-aikojen keskihajonnan havaittu laskeneen 65 % tapauksista. Tämä % -luku pitää sisällään sekä etuuden saaneet suunnat että etuuden saaneita suuntia risteävät suunnat. Eli luvussa ovat mukana myös sellaiset suunnat, joille etuudet etukäteen ajateltuina voisivat aiheuttaa haittoja.



**Kuva 36.** Ajoaikojen keskihajonnan muutokset vuorokaudenajoittain kohteissa, joissa on toteutettu joukkoliikenteen liikennevaloetus.

Vuorokaudenajoittain tarkasteltuna huomataan liikennevaloetuskohteissa keskihajontojen pienentyneen erityisesti niin päiväliikenteen kuin koko päivänkin osalta. Lisäksi myös ilta-liikenteeseen vaikutukset ovat olleet enimmäkseen positiivisia, eli keskihajontojen havaittiin laskeneen yli 60 % tutkituista kombinaatioista. Aamuliikenteessä kuitenkin etuoskohteiden osalta keskihajontojen havaittiin kasvaneen yhtä usein kuin ne laskivat.



**Kuva 37.** Etuuden saaneet suunnat.



**Kuva 38.** Sivusuunnat.

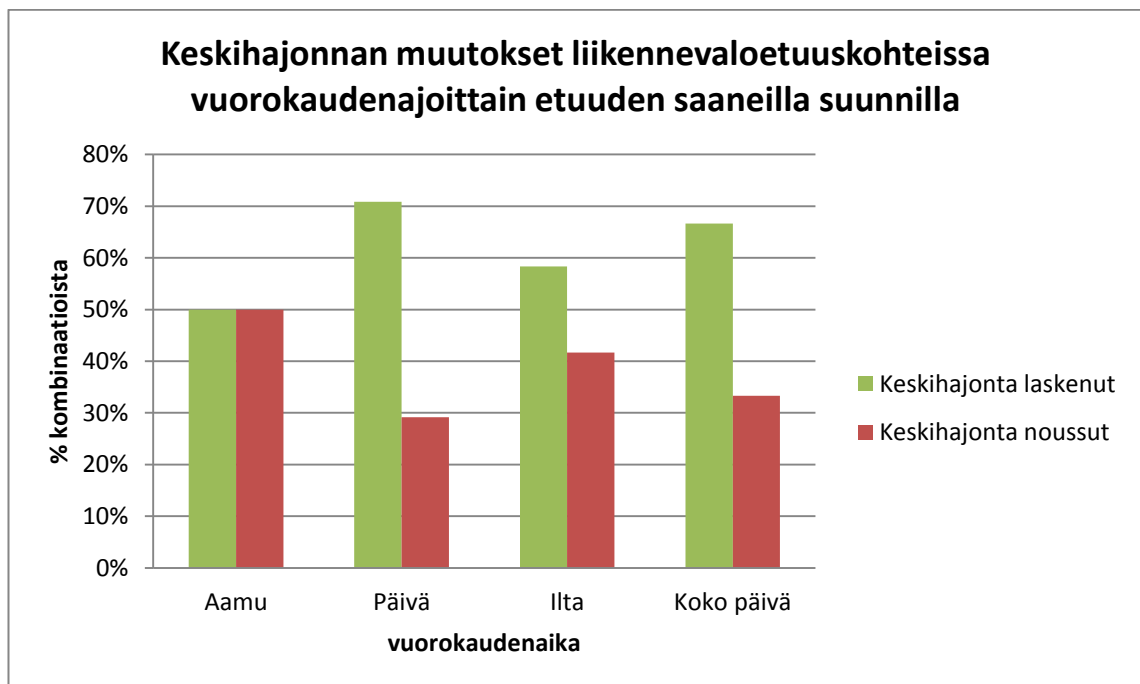
Hieman yllättäen tutkimustuloksista voidaan havaita, että keskihajonnat ovat muuttuneet liikennevalokohteissa kuvien 37 ja 38 osoittamalla tavalla. Kuvista huomataan, että keskihajonta on laskenut 61 % tapauksista, kun on tutkittu etuuden saantua suuntaa ja 74 % tapauksista kun on tutkittu risteävää sivusuuntaa.

**Taulukko 6. Ajoaikojen keskihajonnan muutosten suuruudet liikennevaloetus-kohteissa.**

<b>Etuuden saanut suunta</b>	<b>Muutosten keskiarvo (s)</b>	<b>Muutosten keskiarvo (%)</b>
Kaikki	0,4	3,4 %
Jos keskihajonta noussut	8,4	39,8 %
Jos keskihajonta laskenut	-4,7	-19,5 %

<b>Sivusuunta</b>	<b>Muutosten keskiarvo (s)</b>	<b>Muutosten keskiarvo (%)</b>
Kaikki	-6,9	-18,6 %
Jos keskihajonta noussut	1,0	6,7 %
Jos keskihajonta laskenut	-9,6	-27,4 %

Taulukko 6 osoittaa, että jos etuuden saaneella suunnalla on keskihajonnan havaittu nousseen, on muutos suuri niin sekunneissa (8,4 sekuntia) kuin myös prosenteissa (39,8 %). Etuuden saaneella suunnalla ajoaikojen keskihajonnan havaittiin laskeneen keskimäärin 4,7 sekunnilla. Mikäli sivusuunnassa on ajoaikojen keskihajonnan havaittu nousseen, on muutos keskimäärin hyvin pieni. Jos taas sivusuunnassa keskihajonta on laskenut, on havaittu muutos tällöin keskimäärin melko suuri.



**Kuva 39. Keskihajonnan muutokset vuorokaudenajoittain etuuden saaneilla suunnilla.**

Kuvasta 39 nähdään kuinka tutkimuksessa havaittiin keskihajontojen muuttuneen vuorokaudenajoittain niillä joukkoliikenteen suunnilla, jotka ovat saaneet joukkoliikenteen etuuden. Etuuden saaneilla suunnilla keskihajonnat ovat laskeneet päiväliikenteessä sekä koko päivän osalta yli 70 % tutkituista tapauksista. Iltaliikenteessä keskihajonta on laskenut lähes 60 % tutkituista tapauksista ja aamuliikenteessä noin 50 % tutkituista tapauksista. Tämä tukee oletusta siitä, että liikennevaloetuksista saadaan eniten hyötyjä silloin kun liikenne on melko rauhallista.

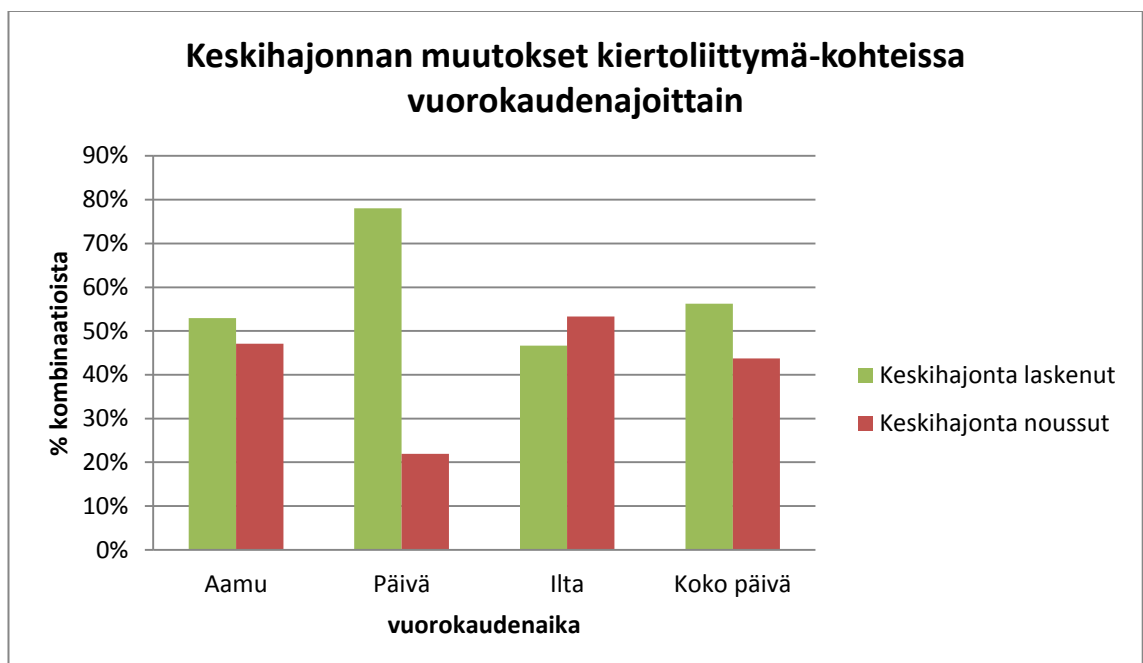
Liikennevalokohteissa on tutkittu vain yhtä valo-ohjattua liittymää kerrallaan ja vain yhtä pysäkkiväliä kerrallaan. Tämän myötä mahdollisesti useiden liittymien yhteenkytkennästä seuraavan vihreän aallon hyödyt ovat jääneet mittaamatta. Usein yhden liitty-

män tasolla liikennevaloetuuden hyödyt voivat olla hyvinkin pienet tai jopa lähes negatiiviset, mutta usean liittymän yhteisvaikutuksena saatavat hyödyt voivat olla suuria.



**Kuva 40. Keskihajonnan muutokset kohteissa, joihin on rakennettu kiertoliittymä.**

Viiden tutkitun kiertoliittymän tapauksessa keskihajonnat laskivat 55 %:ssa tutkituista kohteiden, suuntien ja kellonaikojen yhdistelmistä. Useimmiten keskihajonnat laskivat päiväliikenteen aikaan, jolloin keskihajonnan havaittiin laskeneen lähes 80 % tutkituista tapauksista. Kuva 41 osoittaa kuinka muina vuorokaudenaikoina keskihajonnan havaittiin laskeneen ja nousseen noin 50 % tutkituissa tapauksista.



**Kuva 41. Keskihajonnan muutokset vuorokaudenajoittain kohteissa, joihin on rakennettu kiertoliittymä.**

Taulukossa 7 on esitetty tarkemmin tutkimuksessa havaitut keskihajontojen muutokset kohteissa, joihin on rakennettu kiertoliittymä. Taulukosta nähdään keskihajontojen muutosten olevan sekuntimääräisesti melko pieniä, mutta prosentuaalisesti muutokset

ovat suuria. Tämä seikka nähdään myös taulukosta 8; tapauksissa, joissa keskihajonta on laskenut, on muutos keskimäärin ollut -6,3 sekuntia, mutta prosentteina sama muutos on keskimäärin -29,7 %. Kohteissa, joissa keskihajonta on kasvanut, on tämä ero vielä selvempi; keskihajonta on kasvanut keskimäärin 1,6 sekuntia, mutta prosentteina muutos on keskimäärin 43,8 %. Tämä tarkoittaa sitä, että tilanteissa, joissa keskihajonta on kasvanut, ovat keskihajonnan arvot olleet lähtötilanteessa hyvin pieniä. Näissä tilanteissa keskihajonnan laskeminen olisi hyvin epätodennäköistä. Niissä tapauksissa, joissa keskihajonta on laskenut, on alun alkaen ollut hieman enemmän parantamisen varaa.

**Taulukko 7. Keskihajonnan muutokset kiertoliittymäkohteissa.**

Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskihajonnan muutos (s)	Keskihajonnan muutos (%)	Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskihajonnan muutos (s)	Keskihajonnan muutos (%)	
3	1	Aamu	-4,3	-20,7 %	6	1	Aamu	1,0	18,7 %	
		Päivä	-0,8	-5,0 %			Päivä	0,5	12,5 %	
		Ilta	-3,6	-16,2 %			Ilta	3,9	154,2 %	
		Koko pv.	-3,2	-16,4 %			Koko pv.	1,2	35,1 %	
	2	Aamu	-3,1	-17,8 %		2	Aamu	0,5	11,2 %	
		Päivä	1,8	16,2 %			Päivä	1,4	43,8 %	
		Ilta	-5,9	-29,4 %			Ilta	1,0	30,0 %	
		Koko pv.	-2,6	-16,1 %			Koko pv.	1,8	55,5 %	
	3	Aamu	-	-		3	Aamu	2,2	69,2 %	
		Päivä	-	-			Päivä	1,7	77,8 %	
		Ilta	-	-			Ilta	2,3	73,6 %	
		Koko pv.	-15,2	-59,7 %			Koko pv.	4,1	156,8 %	
4	Aamu	-17,7	-61,8 %	4	Aamu	-1,4	-12,2 %			
	Päivä	-0,6	-2,6 %		Päivä	1,2	19,4 %			
	Ilta	-21,3	-59,8 %		Ilta	2,7	15,2 %			
	Koko pv.	-4,2	-15,2 %		Koko pv.	1,1	14,8 %			
Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskihajonnan muutos (s)	Keskihajonnan muutos (%)	Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskihajonnan muutos (s)	Keskihajonnan muutos (%)	
4	1	Aamu	-6,6	-41,2 %	7	1	Aamu	-	-	
		Päivä	-3,2	-21,0 %			Päivä	1,3	41,9 %	
		Ilta	-3,9	-22,6 %			Ilta	1,2	33,2 %	
		Koko pv.	-4,3	-27,4 %			Koko pv.	0,7	17,2 %	
	2	Aamu	-4,8	-20,7 %		2	Aamu	-5,0	-77,2 %	
		Päivä	-6,9	-27,9 %			Päivä	-1,0	-20,0 %	
		Ilta	-6,0	-25,1 %			Ilta	1,4	26,5 %	
		Koko pv.	-6,2	-25,8 %			Koko pv.	0,1	1,6 %	
	5	1	Aamu	-12,6		-65,0 %	3	Aamu	2,6	67,7 %
			Päivä	-8,9		-37,5 %		Päivä	3,7	132,9 %
			Ilta	-21,9		-52,7 %		Ilta	0,1	1,3 %
			Koko pv.	-14,1		-52,0 %		Koko pv.	1,9	48,8 %
2	Aamu	0,4	1,8 %	4	Aamu	-1,7	-18,8 %			
	Päivä	-2,2	-8,0 %		Päivä	-1,0	-16,5 %			
	Ilta	1,3	5,1 %		Ilta	-7,0	-40,7 %			
	Koko pv.	-3,2	-11,1 %		Koko pv.	-3,0	-34,4 %			

**Taulukko 8. Keskihajonnan muutosten suuruudet kiertoliittymä-kohteissa.**

	Muutosten keskiarvo (s)	Muutosten keskiarvo (%)
Kaikki	-2,7	3,4 %
Jos keskihajonta noussut	1,6	43,8 %
Jos keskihajonta laskenut	-6,3	-29,7 %

Tutkimuksessa tutkitut kohteet 3, 6 ja 7 ovat hyvin samankaltaisia kiertoliittymiä, jotka ovat aiemmin olleet t-liittymiä. Näistä kohteesta 3 on ollut aiemmin valo-ohjaus ja muut ovat olleet tavallisia tasoliittymiä. Kaikissa näissä kohteissa suunta 4 on sivusuunnan vasemmalle kääntyvä suunta. Kohteissa 3 ja 7 kyseisen suunnan ajoaikojen keskihajontojen havaitaan laskevan. Erityisesti valo-ohjatun liittymän sivusuunnan voidaan todeta hyötyvän kiertoliittymäksi muokkaamisesta ajoaikojen hajonnan pienentyessä.

Kuva 42 osoittaa tutkittujen joukkoliikennekaistojen vaikutukset ajoaikojen keskihajontaan ja kuvasta huomataan, että suurimmassa osasta tapauksista keskihajonta on kasvanut. Voidaan siis todeta tämän tutkimuksen osalta, että joukkoliikennekaistojen ei havaittu parantaneen joukkoliikenteen luotettavuutta tutkituilla pysäkkiväleillä.



**Kuva 42. Keskihajonnan muutokset kohteissa, joihin on toteutettu joukkoliikennekaista.**

Taulukko 9 esittää tarkempia tuloksia yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksista ajoaikojen keskihajontoihin. Taulukosta havaitaan myös kuvan 42 esittämä seikka; joukkoliikennekaistoilla ei havaita olevan laskevaa vaikutusta ajoaikojen keskihajontaan, vaan ne ovat päinvastoin kasvaneet. Muutosten suuruus vaihtelee, mutta prosentuaalisesti muutokset ovat kuitenkin kohtalaisen merkittäviä, joissain tapauksessa jopa todella merkittäviä.

Tutkimuksessa havaittiin taulukon 9 osoittamalla tavalla ajoaikojen keskihajonnan laskeneen sekä pysäkin poiston, pysäkkitaskun poiston että joukkoliikennekaistan voimassaolon laajentamisen yhteydessä. Muutokset ovat pääsääntöisesti melko pieniä sekuntimääräisesti, mutta joukkoliikennekaistan voimassaoloajan havaittiin pienentäneen keskihajontaa iltaliikenteen aikaan ruuhkasuunnassa jopa 50 sekuntia. Liittymäohituksen vaikutukset ajoaikojen keskihajontoihin ovat sekuntimääräisesti melko pieniä, mutta prosentteina liittymäohitusta tutkittaessa havaittiin jopa yli 50 % nousu sekä lasku ajoajoissa. Kyseisen liittymäohituksen kohdalla ajoaikojen hajonta oli melko pientä jo lähtötilanteessakin.

**Taulukko 9. Tutkittujen toimenpiteiden vaikutuksia ajoaikojen keskihajontoihin.**

Kohde	Suunta	Vuorokaudenaika	Keskihajonnan muutos (s)	Keskihajonnan muutos (%)
<b>1, pysäkin poisto</b>	1	Aamu	-3,3	-76,6 %
		Päivä	-3,3	-54,5 %
		Ilta	-6,4	-65,4 %
		Koko pv.	-2,8	-42,0 %
<b>2, pysäkkitaskun poisto</b>	1	Aamu	-	-
		Päivä	-2,6	-16,7 %
		Ilta	4,8	36,6 %
		Koko pv.	-0,8	-5,7 %
	2	Aamu	-2,9	-9,1 %
		Päivä	-3,0	-10,8 %
		Ilta	2,8	9,5 %
		Koko pv.	-2,4	-8,0 %
<b>8, joukkoliikennekaista</b>	1	Aamu	13,4	58,3 %
		Päivä	9,1	44,0 %
		Ilta	3,6	13,3 %
		Koko pv.	9,7	41,9 %
	2a	Aamu	18,0	170,8 %
		Päivä	13,1	157,8 %
		Ilta	6,5	54,1 %
		Koko pv.	13,9	134,3 %
	2b	Aamu	-0,5	-2,3 %
		Päivä	6,3	44,2 %
		Ilta	6,8	34,3 %
		Koko pv.	3,5	18,3 %
<b>9, joukkoliikennekaista</b>	1	Aamu	2,3	7,6 %
		Päivä	16,6	152,9 %
		Ilta	8,5	41,5 %
		Koko pv.	10,7	62,0 %
<b>10, liittymäohitus</b>	1	Aamu	1,6	28,7 %
		Päivä	-5,0	-51,1 %
		Ilta	4,0	55,4 %
		Koko pv.	-1,9	-21,5 %
<b>24, jkl-kaistan voimassaolo</b>	1	Aamu	1,9	8,2 %
		Päivä	-2,5	-8,8 %
		Ilta	-0,8	-3,1 %
		Koko pv.	-2,7	-10,2 %
	2	Aamu	-2,4	-8,2 %
		Päivä	-2,8	-10,9 %
		Ilta	-53,2	-54,9 %
		Koko pv.	-14,1	-34,7 %

### 5.3 Toimenpiteiden vaikutukset matka-aikaan

Toimenpiteiden vaikutuksia matka-aikaan tutkittiin laskemalla tutkittavien pysäkkiväli-  
en ajoaikojen keskiarvot noin kuukauden ajalta ennen ja jälkeen toimenpidettä. Lisäksi  
keskiarvon muutoksen tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin kahden riippumattoman  
otoksen t-testillä.

Yhteensä tutkittavia kohteiden, ajosuuntien ja kellonaikojen yhdistelmiä oli 233. Tutki-  
tuista tapauksista keskiarvo laski 57 % tutkituista kombinaatioista. Tilastollisesti mer-  
kitseviä muutoksia tutkimuksessa havaittiin 46 % tutkituista kombinaatioista. Niistä  
tapauksista, joissa keskiarvo laski, noin puolessa muutos oli tilastollisesti merkitsevä  
vähintään 5 % merkitsevyystasolla.



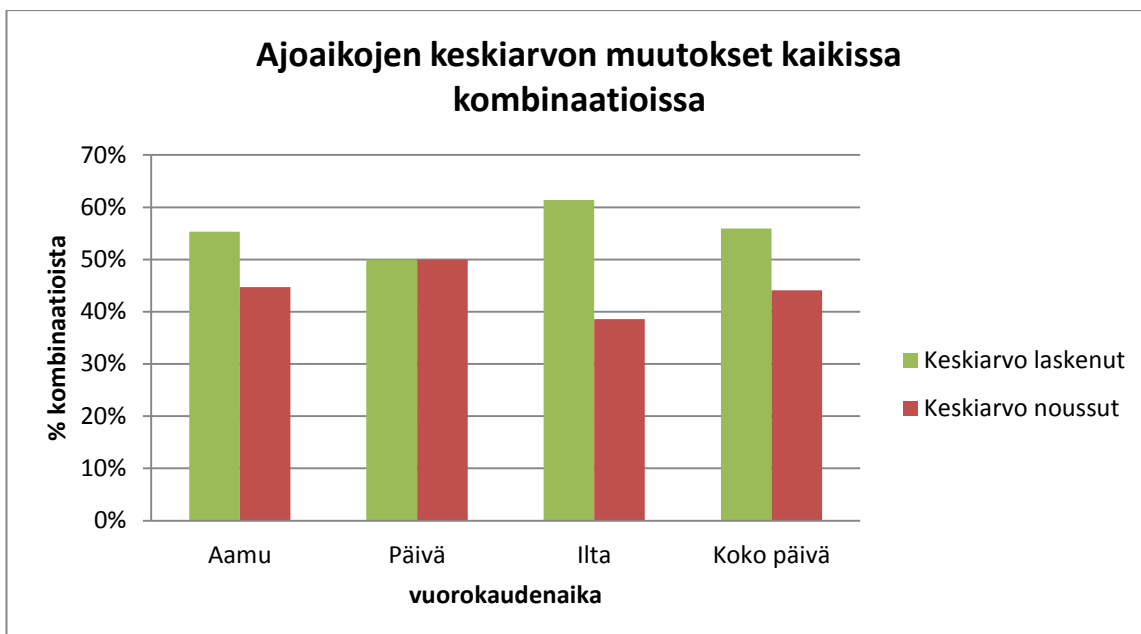
Kuva 43. Muutokset ajoaikojen keskiarvoissa, kaikki kombinaatiot.

Taulukko 10 esittää tutkimuksessa havaittujen ajoaikojen keskiarvojen muutosten suu-  
rusluokat. Ajoaikojen keskiarvojen muutokset ovat prosentuaalisesti samaa luokkaa,  
oli kohteessa keskiarvo sitten laskenut tai noussut. Sekuntimääräisissä muutoksissa on  
kuitenkin havaittavissa eroa.

Taulukko 10. Ajoaikojen keskiarvon muutosten suuruus.

	Muutosten keskiarvo (s)	Muutosten keskiarvo (%)
Kaikki	-4,0	-0,9 %
Jos keskiarvo noussut	7,8	13,67 %
Jos keskiarvo laskenut	-12,9	-12,00 %

Kuva 44 havainnollistaa kuinka ajoaikojen keskiarvot muuttuivat tutkituilla pysäkkivä-  
leillä vuorokaudenajoittain. Muutoksia on tapahtunut tasaisesti siten, että noin 50 – 60  
% tutkituista tapauksista ajoajan keskiarvo on laskenut, vuorokaudenajasta riippumatta.

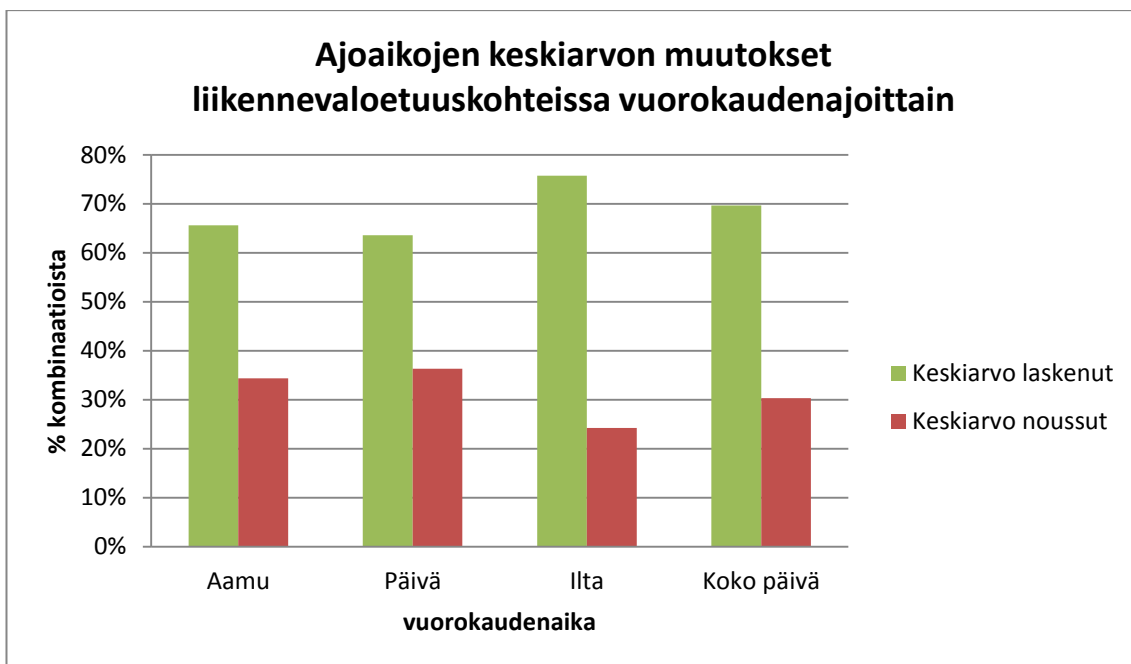


Kuva 44. Ajoaikojen keskiarvon muutokset kaikissa kombinaatioissa vuorokaudenajoittain.

Kuva 45 esittää ajoaikojen keskiarvojen muutoksia kohteissa, joihin on toteutettu joukkoliikenteen liikennevaloetuuudet. Tutkimuksessa ajoaikojen keskiarvon havaittiin laskeneen 69 % tutkituista liikennevaloetuuskohteiden kombinaatioista. Kuva 46 esittää tutkimuksessa saatua tulosta siitä, että liikennevaloetuuksien hyödyt ajoaikojen keskiarvoon jakautuvat hyvin tasaisesti kaikkien vuorokaudenaikojen kesken, eikä etuuksien havaittu vaikuttavan poikkeavasti minään vuorokaudenaikana. Keskiarvot laskivat vuorokaudenajasta riippumatta noin 60 – 75 % tutkituissa kohteissa. Parhaiten etuuksien todettiin vaikuttuvan iltaliikenteeseen, joissa 75 % tutkituista tapauksista ajoaikojen keskiarvo on laskenut.



Kuva 45. Ajoaikojen keskiarvojen muutokset liikennevaloetuus-kohteissa



Kuva 46. Ajoaikojen keskiarvojen muutokset liikennevaloetuoskohteissa vuorokaudenajoittain.

Tarkempi tarkastelu osoittaa kuvien 47 ja 48 tapaan, että liittymissä, joihin on toteutettu liikennevaloetus, ovat sivusuunnat hyötynet siitä useammin kuin itse etuuden saaneet pääsuunnat. Etuuden saaneilla suunnilla ajoaikojen keskiarvon todettiin laskeneen 66 % tutkituista tapauksista ja sivusuunnilla keskiarvon todettiin laskeneen 77 % tapauksista.



Kuva 47. Ajoaikojen keskiarvot etuuden saaneilla suunnilla.



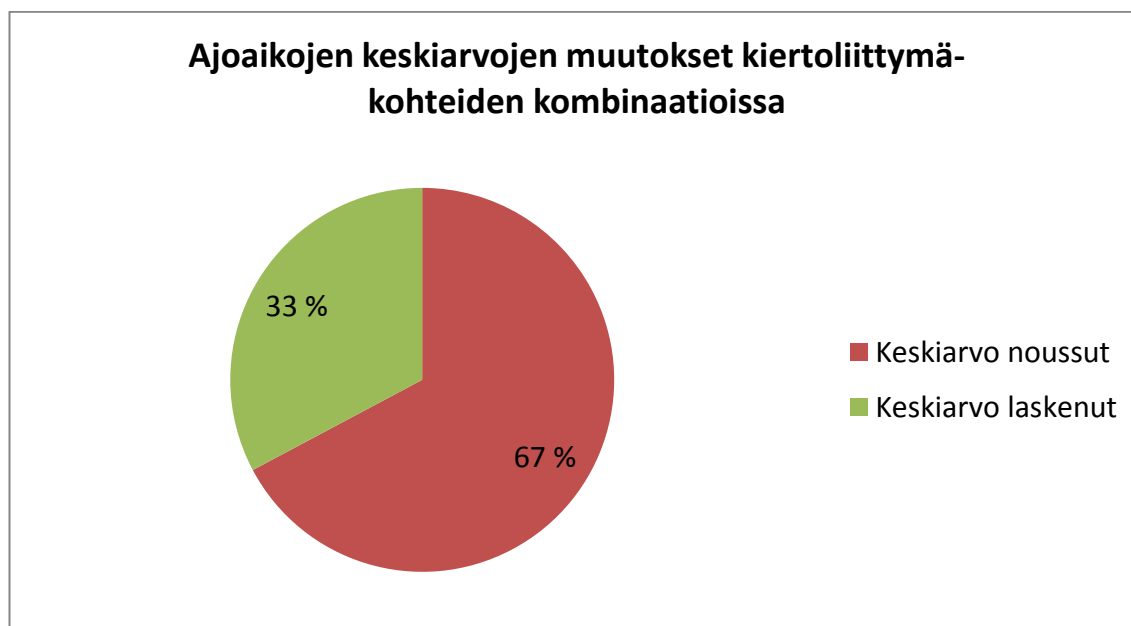
Kuva 48. Ajoaikojen keskiarvot sivusuunnilla.

Taulukko 11 esittää tutkimuksessa havaittujen ajoaikojen keskiarvojen muutokset etuuden saaneille suunnille ja sivusuunnille. Taulukosta huomataan, että etuuden saaneilla suunnilla ajoaikojen keskiarvojen muutokset ovat olleet noin 10 % luokkaa, oli ajoaika sitten noussut tai laskenut. Sivusuunnilla ajoaikojen keskiarvojen muutokset olivat keskimäärin hyvin pieniä niissä tapauksissa, joissa ajoajan havaittiin nousseen.

**Taulukko 11. Ajoaikojen keskiarvon muutokset liikennevaloetus-kohteissa.**

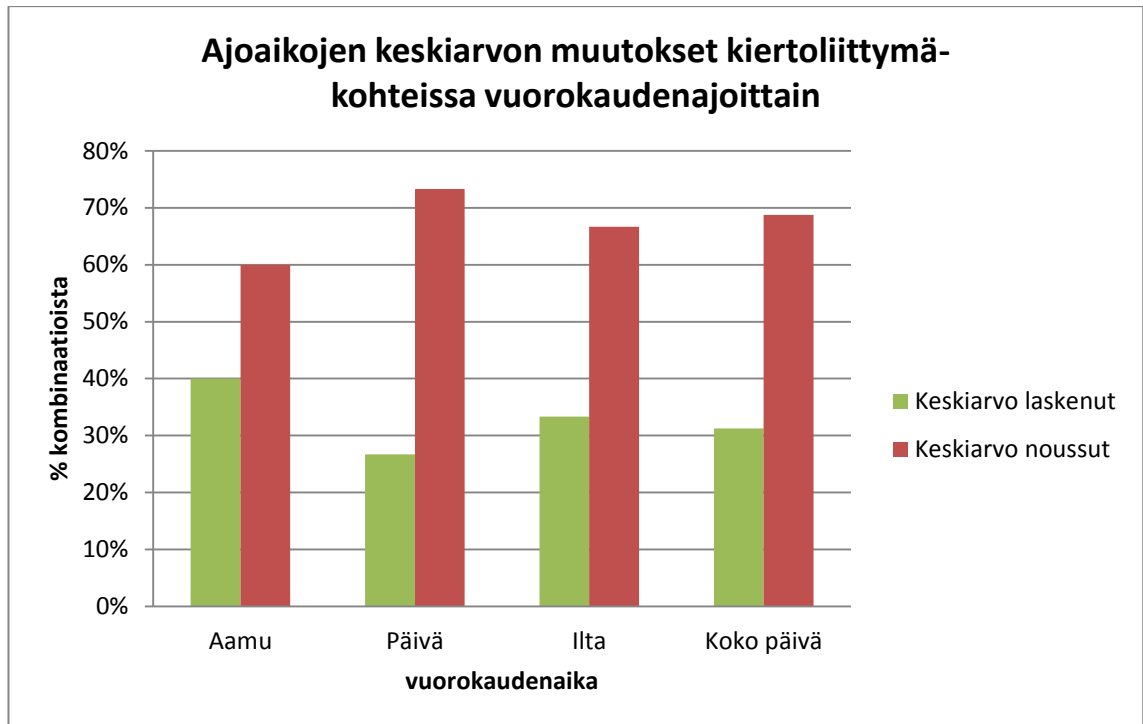
Etuuden saanut suunta	Muutosten keskiarvo (s)	Muutosten keskiarvo (%)
Kaikki	-3,8	-3,3 %
Jos keskiarvo noussut	7,1	8,4 %
Jos keskiarvo laskenut	-9,5	-9,4 %

Sivusuunta	Muutosten keskiarvo (s)	Muutosten keskiarvo (%)
Kaikki	-11,8	-8,4 %
Jos keskiarvo noussut	1,2	2,3 %
Jos keskiarvo laskenut	-15,7	-11,6 %



**Kuva 49. Ajoaikojen keskiarvojen muutokset kiertoliittymäkohteissa.**

Tutkimuksessa havaittiin, että kiertoliittymäkohteissa ajoaikojen keskiarvo on noussut 67 % tutkituista kombinaatioista ja laskenut vain 33 % kombinaatioista (kuva 49). Muutokset kohdistuvat vuorokaudenaikoihin hyvin tasaisesti, ja kaikkina vuorokaudenaikoina ajoaikojen keskiarvot ovat kiertoliittymäkohteissa laskeneet n. 30 – 40 % tutkituista kombinaatioista (kuva 50).



**Kuva 50. Ajoaikojen keskiarvon muutokset kiertoliittymäkohteissa vuorokaudenajoittain.**

Taulukko 12 esittää tutkimuksessa saatuja tuloksia ajoaikojen keskiarvon muuttumisen osalta kohteissa, joissa on toteutettu kiertoliittymä. Tuloksista havaitaan ajoaikojen keskimäärin laskeneen erityisesti kohteiden 3 ja 6 suunnissa 4. Kohteet 3 ja 6 ovat t-risteyskohteita, jotka on korvattu kiertoliittymällä ja suunta 4 on ollut näiden t-liittymien sivusuunnan vasemmalle kääntyvä suunta, eli se suunta, joka väistää kaikkia muita suuntia. Kohde 7 on myös samanlainen t-risteys ja myös tämän kohteen osalta havaitaan, että suunta 4 on tutkimustulosten mukaan saanut parhaat hyödyt kiertoliittymästä. Tässä tapauksessa tosin ajoajat ovat keskimäärin nousseet, mutta huomattavasti vähemmän kuin muilla suunnilla kyseisessä kiertoliittymässä.

Taulukosta 12 nähdään ajoaikojen keskiarvojen laskeneen merkittävästi kohteessa 5 kumpaankin ajosuuntaan. Kohteessa 5 on tutkittu kahden valo-ohjatun liittymän tilalle rakennettujen kiertoliittymien yhteisvaikutuksia, ja niiden havaitaan olevan erittäin positiiviset ainakin liikenteen pääsuunnalle, joita tässä tapauksessa on tutkittu. Aiemmassa tilanteessa valo-ohjatuissa liittymissä sivusuuntien liikenne häiritsi pääsuunnalla kulkevaa linja-autoliikennettä, mutta nykyisellään pääsuunnan linja-autot pääsevät kiertoliittymän kiertotilaan usein ensimmäisenä, jolloin sivusuuntien liikenne väistää linja-autoja.

**Taulukko 12. Ajoaikojen keskiarvojen muutokset kiertoliittymä-kohteissa.**

Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskiarvon muutos (s)	Keskiarvon muutos (%)	Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskiarvon muutos (s)	Keskiarvon muutos (%)	
3	1	Aamu	-3,2	-4,0 %	6	1	Aamu	12,3	26,6 %	
		Päivä	2,2	3,3 %			Päivä	11,7	25,3 %	
		Ilta	5,5	7,1 %			Ilta	15,3	33,1 %	
		Koko pv.	4,6	6,6 %			Koko pv.	12,6	27,1 %	
	2	Aamu	4,4	8,2 %		2	Aamu	11,2	22,6 %	
		Päivä	8,6	18,5 %			Päivä	8,0	16,2 %	
		Ilta	0,9	1,8 %			Ilta	7,6	14,8 %	
		Koko pv.	5,3	10,7 %			Koko pv.	9,9	20,2 %	
	3	Aamu	-	-		3	Aamu	4,4	7,5 %	
		Päivä	-	-			Päivä	3,3	5,7 %	
		Ilta	-	-			Ilta	1,8	3,1 %	
		Koko pv.	-21,9	-24,1 %			Koko pv.	3,7	6,4 %	
4	Aamu	-44,8	-38,9 %	4	Aamu	-57,9	-59,7 %			
	Päivä	-15,2	-15,3 %		Päivä	-50,3	-56,9 %			
	Ilta	-37,2	-32,0 %		Ilta	-50,3	-52,6 %			
	Koko pv.	-20,6	-19,4 %		Koko pv.	-51,1	-56,7 %			
Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskiarvon muutos (s)	Keskiarvon muutos (%)	Kohde	Suunta	Vuorokauden-aika	Keskiarvon muutos (s)	Keskiarvon muutos (%)	
4	1	Aamu	-0,6	-0,5 %	7	1	Aamu	12,0	23,5 %	
		Päivä	0,8	0,7 %			Päivä	9,6	17,7 %	
		Ilta	1,5	1,2 %			Ilta	10,0	17,6 %	
		Koko pv.	1,6	1,3 %			Koko pv.	8,3	14,8 %	
	2	Aamu	2,3	1,5 %		2	Aamu	13,5	24,2 %	
		Päivä	5,0	3,2 %			Päivä	15,1	27,5 %	
		Ilta	3,9	2,4 %			Ilta	17,8	32,8 %	
		Koko pv.	4,6	2,9 %			Koko pv.	14,0	25,6 %	
	5	1	Aamu	-6,3		-7,7 %	3	Aamu	5,4	9,7 %
			Päivä	-21,2		-23,4 %		Päivä	5,8	10,8 %
			Ilta	-23,5		-23,8 %		Ilta	3,5	6,2 %
			Koko pv.	-17,6		-20,0 %		Koko pv.	4,8	8,8 %
2		Aamu	-11,6	-10,9 %	4	Aamu		2,2	3,3 %	
		Päivä	-12,1	-12,2 %		Päivä		1,9	2,9 %	
		Ilta	-19,7	-17,6 %		Ilta		-4,6	-6,5 %	
		Koko pv.	-9,9	-9,9 %		Koko pv.		1,7	2,6 %	

Kuva 51 esittää tutkimuksessa saatuja tuloksia joukkoliikennekaistojen vaikutuksista ajoaikoihin. Tutkimuksen mukaan ajoaikojen keskiarvo on laskenut 31 % tutkituista tapauksista.



**Kuva 51. Ajoaikojen keskiarvon muutokset joukkoliikennekaista-kohteissa.**

Taulukossa 13 on esitelty tarkemmin yksittäisistä kohteista havaitut muutokset keskiarvoissa. Taulukko esittää hyvin sen tosiasian, kuinka pieniä ja suuria muutoksia tutki-

muksessa on havaittu. Suurimmillaan esimerkiksi kohteessa 8 ajoajan keskiarvo on liki kaksinkertaistunut. Pysäkin poiston ja pysäkkitaskun poiston tapauksessa muutokset ajoaikojen keskiarvoissa jäivät hyvin pieniksi.

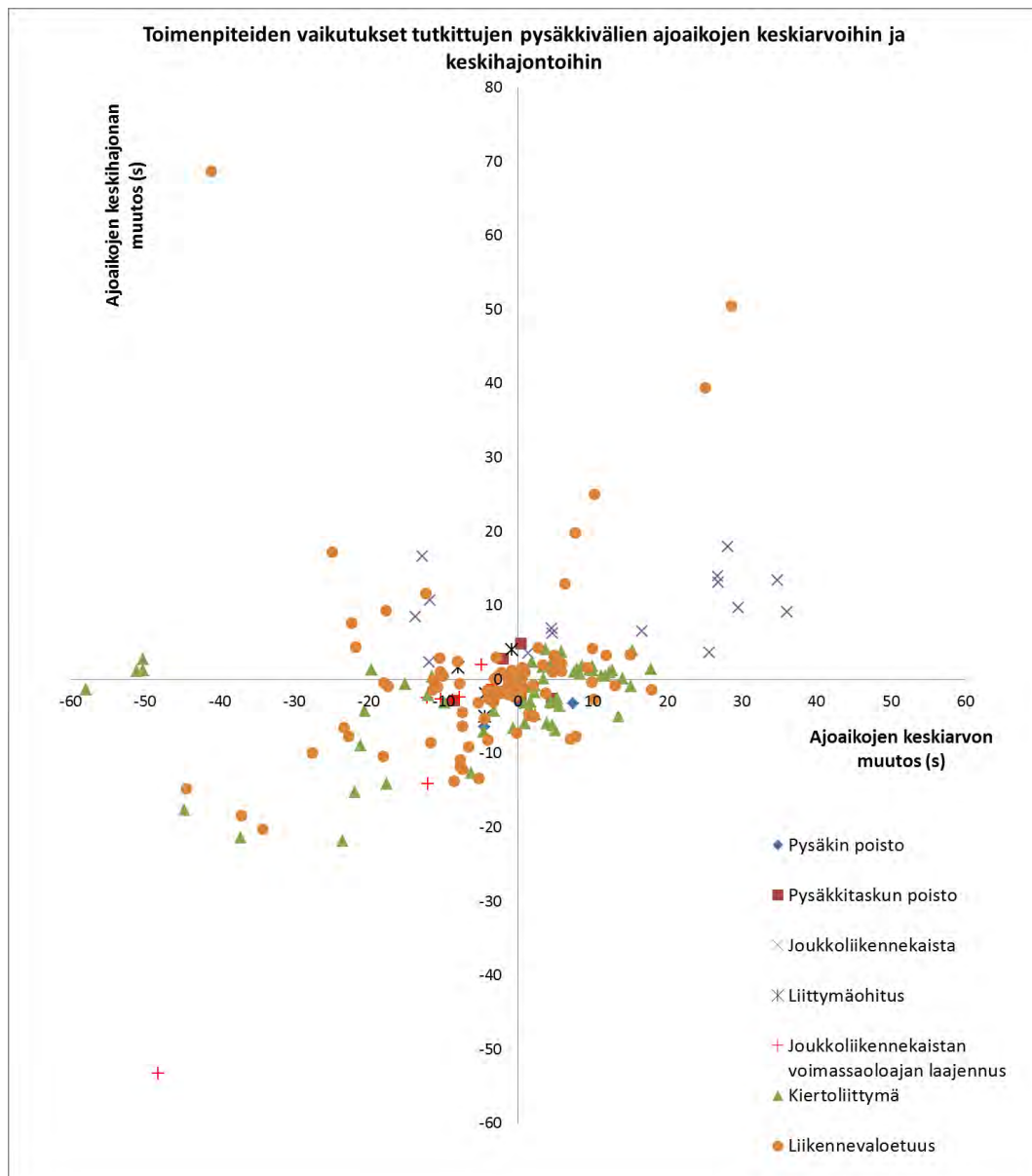
Tutkitulla liittymäohituksella havaitaan olleen hyviä vaikutuksia ajoaikojen keskiarvoihin, esimerkiksi aamuliikenteessä tutkitun pysäkkivälin ajoajat ovat laskeneet keskimäärin 18 %. Iltaliikenteessä ei käytännössä havaittu muutoksia, mutta tulos oli odotettavissa, sillä iltaisin liikenteen pääsuunta on päinvastainen liittymäohitukseen nähden.

**Taulukko 13. Ajoaikojen keskiarvojen muutokset kohteittain.**

Kohde	Suunta	Vuorokaudenaika	Keskiarvon muutos (s)	Keskiarvon muutos (%)
<b>1, pysäkin poisto</b>	1	Aamu	7,4	17,7 %
		Päivä	0,2	0,6 %
		Ilta	-4,6	-9,5 %
		Koko pv.	0,0	0,1 %
<b>2, pysäkkitaskun poisto</b>	1	Aamu	-4,8	-5,1 %
		Päivä	4,5	5,1 %
		Ilta	0,3	0,4 %
		Koko pv.	-0,3	-0,4 %
	2	Aamu	-8,5	-5,3 %
		Päivä	4,6	3,1 %
		Ilta	-2,0	-1,2 %
		Koko pv.	0,4	0,3 %
<b>8, joukkoliikennekaista</b>	1	Aamu	34,8	58,4 %
		Päivä	36,1	58,0 %
		Ilta	25,7	36,0 %
		Koko pv.	29,5	47,4 %
	2a	Aamu	28,2	86,0 %
		Päivä	26,8	95,4 %
		Ilta	16,6	51,1 %
		Koko pv.	26,8	89,4 %
	2b	Aamu	-1,6	-2,2 %
		Päivä	4,6	7,7 %
		Ilta	4,6	6,0 %
		Koko pv.	1,4	2,2 %
<b>9, joukkoliikennekaista</b>	1	Aamu	-11,9	-10,1 %
		Päivä	-12,9	-13,5 %
		Ilta	-13,8	-12,9 %
		Koko pv.	-11,8	-11,7 %
<b>10, liittymäohitus</b>	1	Aamu	-8,0	-18,3 %
		Päivä	-4,5	-10,9 %
		Ilta	-0,8	-2,0 %
		Koko pv.	-4,3	-10,5 %
<b>24, jkl-kaistan voimassaolo</b>	1	Aamu	-4,9	-3,8 %
		Päivä	-12,1	-8,6 %
		Ilta	-3,4	-2,5 %
		Koko pv.	-10,3	-7,5 %
	2	Aamu	-7,9	-7,0 %
		Päivä	-8,8	-7,3 %
		Ilta	-48,3	-26,1 %
		Koko pv.	-12,1	-9,9 %

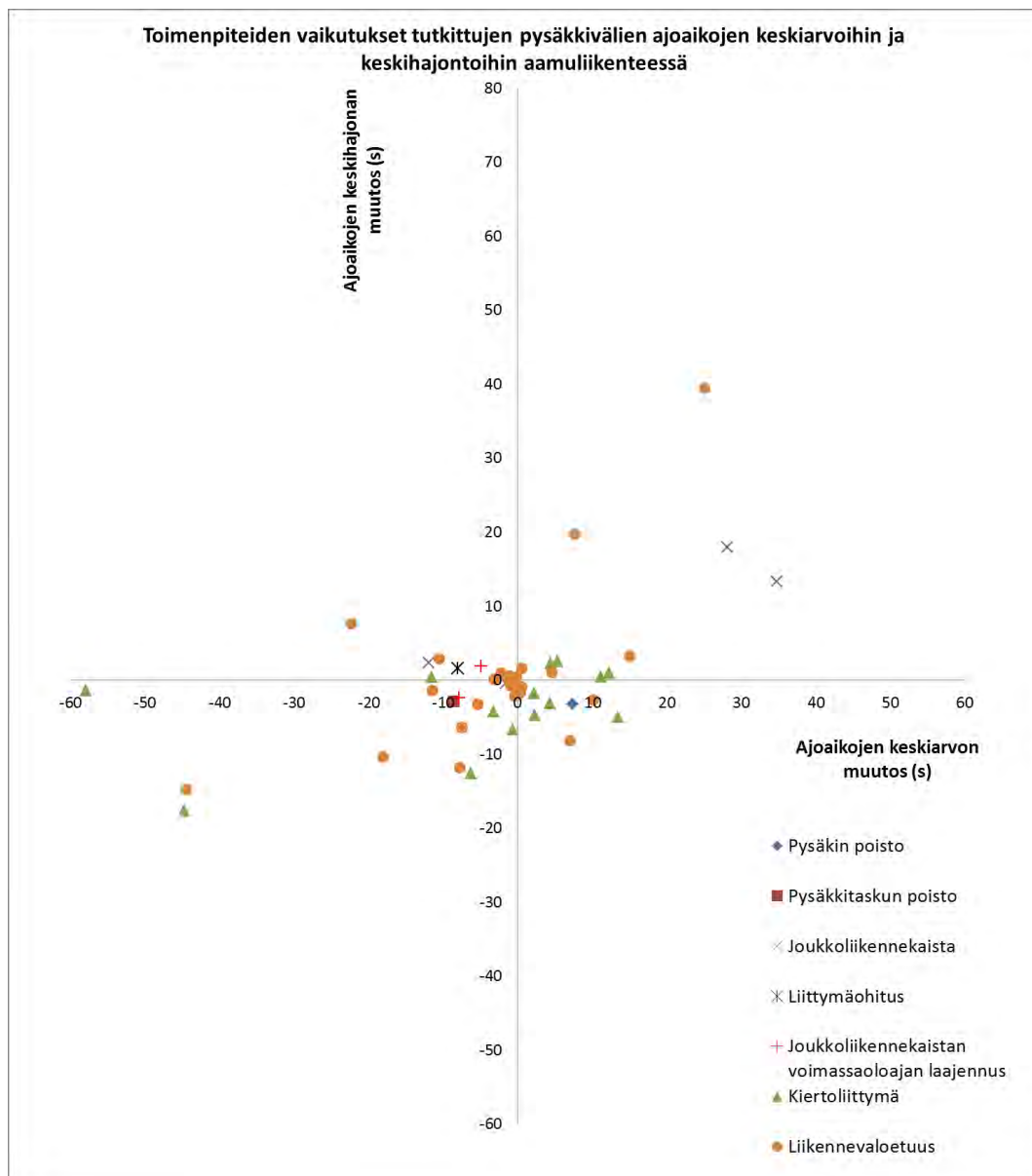
## 5.4 Toimenpiteiden vaikutukset ajoaikojen keskiarvoihin sekä keskihajontoihin

Kuvassa 52 nähdään tutkimuksen tulokset yhteen kuvaan kerättyinä. Kuvan arvopisteet esittävät tutkituissa kohteissa havaittuja ajoajan keskiarvon ja ajoajan keskihajonnan muutoksia. Kuvassa on esitetty kaikki tulokset, lukuun ottamatta liikennevalokohteiden sivusuuntia. Ajoaika on sijoitettu vaaka-akselille ja ajoaikojen keskihajonta pystyakselille. Muutosten suuruus on esitetty sekunteina ja kummankin akselin nollapiste on akseleiden leikkauskohdassa. Akseleiden muodostama nelikenttä kuvaa kuinka toimenpiteet vaikuttavat käytännössä. Mikäli toimenpide on pystyakselin vasemmalla puolella, on toimenpide pienentänyt ajoaikoja, eli liikenne on nopeutunut. Mikäli taas toimenpide on vaaka-akselin alapuolella, on toimenpide pienentänyt ajoaikojen hajontaa ja täten parantanut liikennöinnin luotettavuutta. Nelikentän vasempaan alakulmaan sijoittuvia toimenpiteitä voidaan pitää sekä liikennöinnin nopeuden että luotettavuuden kannalta parhaimpina, kun taas oikeaan yläkulmaan sijoittuvien toimenpiteiden toteuttamista olisi syytä harkita.



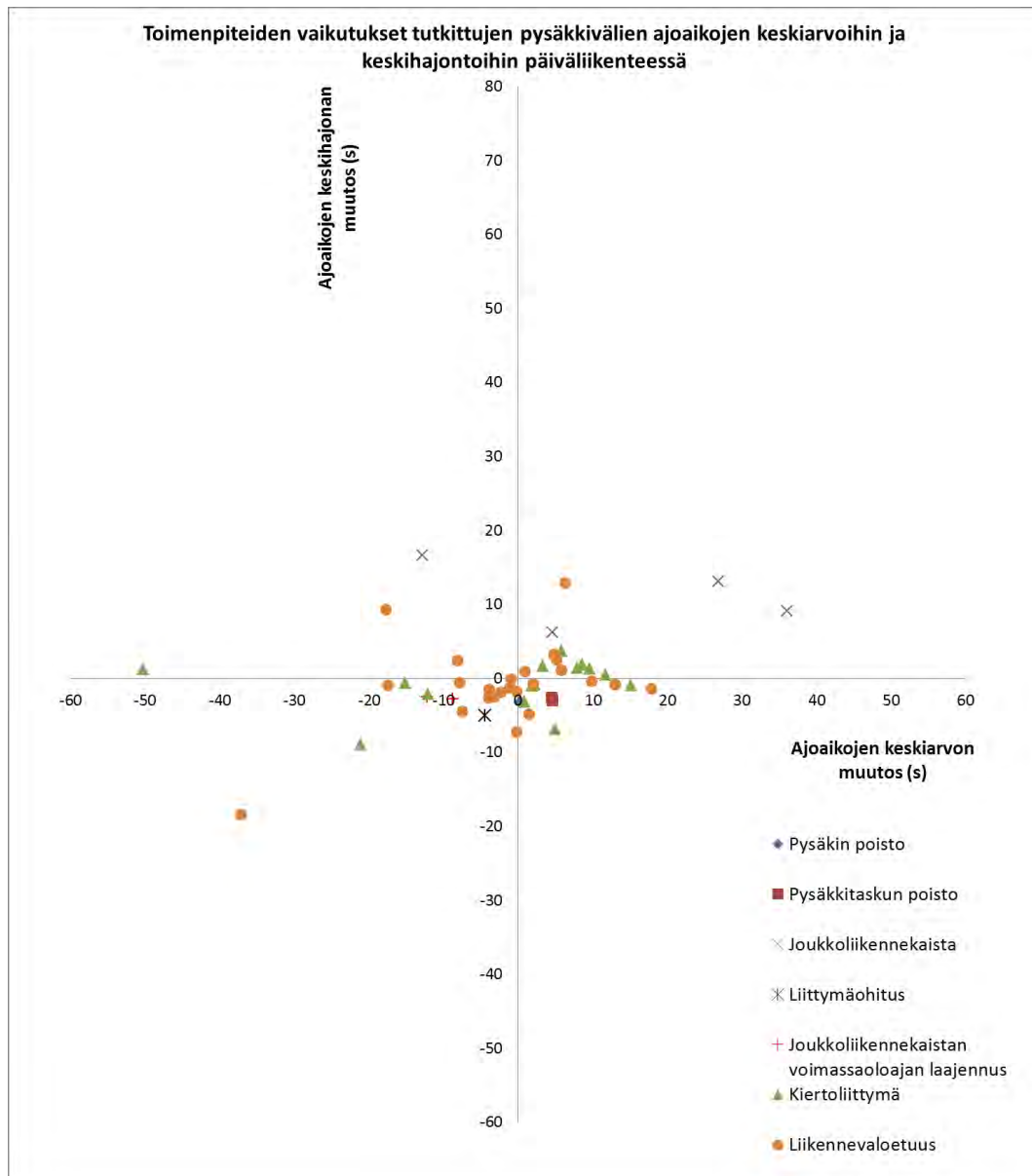
Kuva 52. Muutokset ajoaikojen keskiarvoissa ja keskihajonnoissa kohteittain.

Kuvasta 52 huomataan, että tulokset jakautuvat erittäin laajalle alueelle, mutta pisteiden keskittymä havaitaan kuitenkin origon ympäristössä. Lisäksi kuvasta 52 nähdään, että keskihajonnat kasvavat vain hyvin vähän kiertoliittymien vaikutuksesta ja myös keskiarvon kasvu kiertoliittymäkohteissa on hyvin vähäistä. Useiden kiertoliittymäkohteiden tulosten havaitaan sijoittuvan nelikentän vasempaan alanurkkaan, joten kiertoliittymien voidaan todeta olevan erinomaisia toimenpiteitä joidenkin ajosuuntien suhteen ja vain vähän haitallisia muiden ajosuuntien suhteen. Kuvan 52 perusteella voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa tutkitut joukkoliikennekaistat eivät ole edistäneet joukkoliikenteen tilannetta halutulla tavalla, vaan hidastaneet linja-autoja ja huonontaneet linja-autojen luotettavuutta. On kuitenkin hyvin mahdollista, että havaitut muutokset johtuvat muista seikoista, kuin vain joukkoliikennekaistoista.



Kuva 53. Muutokset aamuliikenteen ajoaikojen keskiarvoissa ja keskihajonnoissa kohteittain.

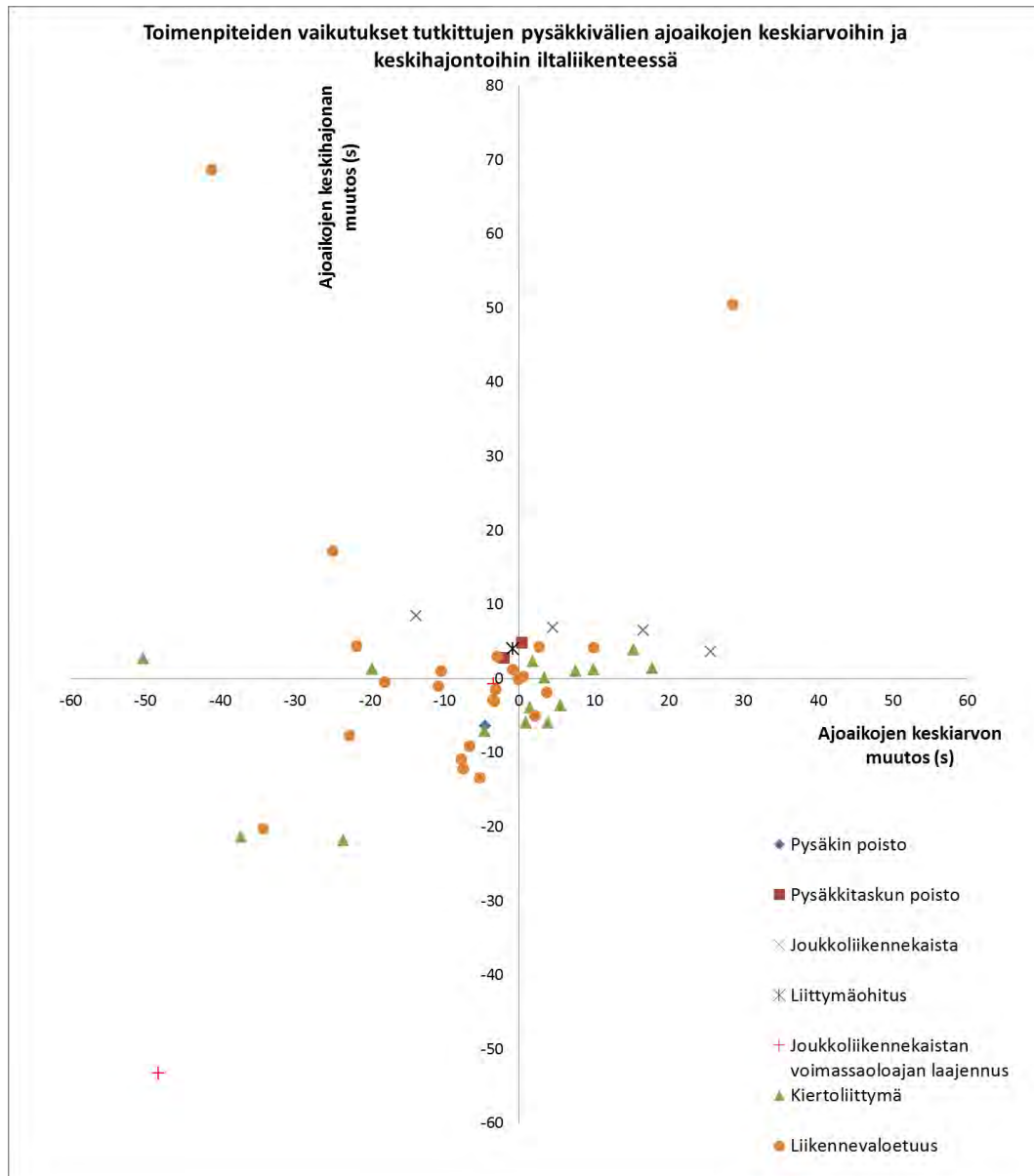
Kuva 53 esittää tutkimuksen tuloksia aamuliikenteen osalta. Kuvassa havaitaan suuri keskittymä liikennevaloetus-kohteita aivan origon ympärillä, joten näiden toimenpiteiden vaikutukset ovat jääneet hyvin pieniksi niin ajoaikojen kuin ajoaikojen hajonnan suhteen.



**Kuva 54. Muutokset päiväliikenteen ajoaikojen keskiarvoissa ja keskihajonnoissa kohteittain.**

Kuva 54 esittää tutkimuksen tuloksia päiväliikenteen osalta. Kuvasta havaitaan kuinka muutokset ajoaikojen keskihajonnoissa ovat päiväliikenteessä melko pieniä ja arvopisteet ovatkin keskittyneet vaaka-akselin läheisyyteen. Tämän voidaan tulkita johtuvan siitä, että päiväliikenteessä ajoaikojen hajonnat ovat lähtökohtaisesti pieniä ja joukkoliikenne luotettavaa. Päiväliikenteessä toimenpiteet vaikuttavat siis ensisijaisesti liikenteen nopeuteen.

Kuva 55 esittää tutkimuksen tuloksia iltaliikenteen osalta. Liikennevaloetuksien voidaan kuvan 55 perusteella havaita nopeuttavan joukkoliikennettä iltaliikenteessä. Lisäksi kuvasta havaitaan edelleen se seikka, että kiertoliittymät eivät aiheuta merkittäviä haittavaikutuksia linja-autoliikenteen luotettavuudelle. Aamu- ja iltaliikenteen tuloksia esittävistä kuvista voidaan havaita se yhteinen seikka, että kummassakin on yksittäisiä erittäin suuria muutoksia havaittavissa. Päiväliikenteessä äärimmäiset arvo ovat huomattavasti pienempiä kuin aamu- ja iltaliikenteessä.



Kuva 55. Muutokset iltaliikenteen ajoaikojen keskiarvoissa ja keskihajonnoissa kohteittain.

### 5.5 Toimenpiteiden yhteiskuntataloudelliset vaikutukset

Jos tässä tutkimuksessa tutkittujen toimenpiteiden vaikutusten yhteiskuntataloudellisia arvoja haluttaisiin määrittää, tulisi ajalle ja luotettavuudelle määrittää rahalliset arvot. Näiden arvojen kautta olisi mahdollista määrittää toimenpiteiden taloudelliset hyödyt ja haitat. Kuitenkin toimenpiteiden todelliset vaikutukset voivat olla näitä sekuntimääräisiä muutoksia merkittävästi laajempia. Toimenpiteiden vaikutuksesta matkustajamäärät voivat muuttua. Kysynnän aikajoustopille on kirjallisuudesta löydettävissä runsaasti arvoja ja myös luotettavuuden vaikutuksesta matkustajamääriin on olemassa jonkinlaista tietoa. Sekä luotettavuuden että matka-ajan yhteisvaikutus matkustajamääriin on kuitenkin huomattavasti vaikeampi määrittää. Näin ollen tutkittujen toimenpiteiden vaikutusten rahallista arvo ei lähdetty tässä työssä määrittämään, vaan sen todettiin soveltuvan paremmin konsulttityönä tehtäväksi.

## 5.6 Muiden tekijöiden vaikutukset tutkimustuloksiin

Osassa tutkituista kohteista on syytä olettaa, että myös muilla tekijöillä varsinaisten tutkittujen toimenpiteiden ohella on ollut vaikutusta havaittuihin muutoksiin. Tällainen on esimerkiksi kohde 11, eli joukkoliikenteen liikennevaloetus seutulinjalle 506 Kalevantien ja Tietäjätie liittymässä Espoossa. Etuus on toteutettu joulukuussa 2010 ja tutkimuksessa tutkittiin aluksi marraskuun 2010 sekä tammikuun 2011 ajoaikoja. Näissä kuvassa 56 esitetyissä tuloksissa havaittiin hyvin erikoisia muutoksia.

Suunta 1: Maarinniitty - Keijuniitty

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Marraskuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkit- sevyys*	Marraskuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	Marraskuu 2010 (kpl)	Tammikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	66,7	98,1	<b>31,4</b>	0,035	+	20,8	73,5	<b>52,6</b>	49	29
Päivä (9.00-15.30)	57,0	76,7	<b>19,7</b>	0,001	++	12,2	33,2	<b>21,0</b>	32	39
Iltta (15.30-17.30)	66,6	156,0	<b>89,4</b>	N/A	-	20,1	125,9	<b>105,8</b>	7	8
Koko päivä	62,5	91,8	<b>29,3</b>	0,000	+++	17,8	65,6	<b>47,8</b>	99	87

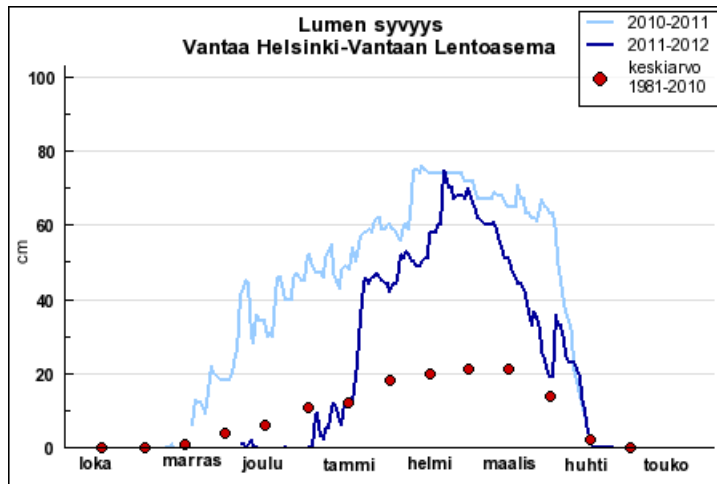
Suunta 2: Keijuniitty - Maarinniitty

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Marraskuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkit- sevyys*	Marraskuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	Marraskuu 2010 (kpl)	Tammikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	138,3	96,4	<b>-42,0</b>	0,000	+++	33,9	18,2	<b>-15,7</b>	26	27
Päivä (9.00-15.30)	113,0	101,4	<b>-11,6</b>	0,069	-	25,9	34,1	<b>8,2</b>	44	49
Iltta (15.30-17.30)	119,2	115,7	<b>-3,4</b>	0,713	-	33,9	41,8	<b>7,9</b>	39	32
Koko päivä	116,5	104,4	<b>-12,1</b>	0,004	++	32,0	36,1	<b>4,0</b>	135	139

Kuva 56. Kohteen 11 tutkimustulokset.

Ajoaikojen havaittiin kasvaneen pahimmillaan jopa 90 sekunnilla ja keskihajonnan yli sadalla sekunnilla. Tällaisia muutoksia havaittiin erityisesti iltaliikenteessä, mutta myös muina vuorokaudenaikoina. Kun tutkittaviksi ajankohdiksi vaihdettiin syyskuu 2010 ja huhtikuu 2011, havaittiin ajoaikojen keskiarvojen laskeneen useissa tilanteissa ja muutamissa kasvaneen vain hieman. Lisäksi ajoaikojen keskihajontojen havaittiin laskeneen kaikkina vuorokaudenaikoina kumpaankin tutkituista ajosuunnista.

Yksi selittävä tekijä näille vähintäänkin ristiriitaisille tuloksille voisi olla säätilanne. Kuvassa 57 on esitetty lumen syvyys Helsinki – Vantaan lentokentän mittauspisteessä viime vuosina ja se antaa hyvän kuvan koko pääkaupunkiseudun yleistilanteesta. Kaksi viimeistä vuotta ovat olleet poikkeuksellisen lumisia ja aiheuttaneet poikkeuksellisen paljon ongelmia joukkoliikenteelle. Nämä ongelmat näkyvät erittäin selvästi joukkoliikenteen luotettavuudessa. Kun lyhyessä ajassa sataa suuri määrä lunta kuten tammikuussa 2011, aiheuttaa se ongelmia liikenteelle. Kaupunkien avaruskalusto voi olla ylikuormitettua ja ongelmatilanne voi tällöin pitkittyä. Ajoajat vaihtelevat sääolojen muutosten vuoksi jonkin verran ja keskihajonnat kasvavat. Kohteessa 11 havaittua muutosta ei pystytty selittämään muutoin kuin sää- ja keliolojen vaikutuksella tai vaihtoehtoisesti liikennettä merkittävästi haitanneella tie- tai rakennustyöllä. Tällaisesta poikkeustilanteesta ei kuitenkaan saatua tietoa tutkimuksen yhteydessä.



Kuva 57. Lumen syvyys pääkaupunkiseudulla ([www.ilmatieteenlaitos.fi](http://www.ilmatieteenlaitos.fi)).

Niissä paikoissa, missä joukkoliikenne kulkee muun liikenteen seassa, on sen sujuva kulkeminen hyvin pitkälti riippuvainen muusta liikenteestä. Näin ollen joukkoliikenne on herkkä muun liikenteen määrän muuttumiselle. Mikäli muu liikenne kasvaa niin paljon, että se alkaa paikoitellen ruuhkautua, niin myös joukkoliikenne ruuhkautuu. Liikennemäärien kasvu voi olla laajamittaista, esimerkiksi koko pääkaupunkiseudun mitta-kaavassa kasvaneet työmatkalaisten määrät tai paikallista, eli pääkaupunkiseudun sisällä liikennemäärät kasvavat tai paremminkin kasvavat toisaalla ja vähenevät toisaalla. Autoilijat voivat esimerkiksi ulosmitata uuden parannustoimenpiteen hyödyn siirtymällä käyttämään parannettua reittiä. Lisäksi liikenteen suuntautumista muokkaavat suuret uudisrakennukset, kuten uudet asuinalueet ja kauppakeskukset. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei kuitenkaan selvitetty liikennemäärien muutoksia kohteittain, sillä se olisi aiheuttanut erittäin suuren lisätyömäärän. Näin ollen tuloksia arvioitaessa on syytä muistaa, että osa havaituista muutoksista voi johtua myös liikennemäärien muutoksista. Tämä pitää erityisesti paikkansa kohteissa, joissa tutkimusajankohtien välillä oli useita vuosia.

Kohteen 2 tapauksessa muita vaikutuksia voidaan etsiä kauppakeskus Entressen rakentamisesta ja Siltakadun liikennejärjestelyjen uusimisesta. Näiden voidaan ajatella houkutelleen alueelle merkittävästi lisäliikennettä, joka voi vaikuttaa tuloksiin. Samoin kohteen 3 läheisyyteen Lähderantaan on rakennettu uusi ostoskeskus, joka voi kasvattaa paikallisia liikennemääriä. Kuitenkaan tämä ostoskeskus on kooltaan ja näin ollen myös vaikutukseltaan huomattavasti pienempi kuin Entresse. Kuitenmääntiellä Espoossa on viime vuosina tehty enemmänkin suuria tietöitä, jotka ovat voineet vaikuttaa kohteiden 8 ja 10 tuloksiin. Näiden vaikutusten erittelemine ja arviointi on kuitenkin hyvin vaikeaa, joten asiasta on mainittu toimenpidekorttien yhteydessä.

## 6 Yhteenveto ja päätelmät

### 6.1 Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa on käyty läpi luotettavuutta käsitteenä ja sen merkitystä matkustajalle. On selvää, että luotettavuus on monimutkainen käsite, jolle on esitetty useita tulkintatapoja. Luotettavuus määritellään palvelun kykynä tuottaa tasaista palvelua tietyn ajanjakson ajan eli linja-autoliikenteessä luotettavuus kertoo kuinka moni linja-auto on myöhässä ja miten paljon ne ovat myöhässä. Luotettavuuden voisi sanoa kuvaavaan palvelun aikataulunmukaisuutta, eli miten paljon matkustaja voi luottaa siihen, että bussi on pysäkillä silloin kun sen aikataulun mukaan tulisi pysäkillä olla.

Tämän työn yhteydessä luotettavuutta päätettiin tutkia ajoaikojen keskihajonnan kautta. Ajoaikojen keskihajonta esiintyi myös useissa eri luotettavuuden määritelmässä ja se oli järkevä valinta tämän työn puitteissa. Käyttämällä pelkästään ajoaikojen keskihajontaa välttyttiin siltä, että tutkimuksessa olisi jouduttu selvittämään ovatko tutkitut lähdöt olleet myöhässä tai etuajassa. Tällaista tietoa ei käytetystä matkakorttidatasta ole mahdollista saada. Lisäksi tutkimuksessa päädyttiin rajaamaan tutkittava väli yhdeksi pysäkkiväliksi per kohde, jolloin ajoaikojen vaihtelua oli helppo tutkia.

Kirjallisuustutkimuksessa todettiin matka-ajan ja luotettavuuden olevan erittäin merkittäviä joukkoliikenteen käyttäjille. Useat eri haastattelututkimukset todistavat matkustajien arvostavan luotettavuutta todella paljon. Matka-aika ja luotettavuus ovat sellaisia tekijöitä, jotka voivat kasvattaa tai laskea joukkoliikenteen käyttäjien määrää. Mikäli matkustaja ei ole perillä aikataulun mukaisesti, koituu siitä aikakustannuksia ja mahdollisesti myös muita seurannaisvaikutuksia. Kun palveluun ei voi luottaa, joutuu matkustaja mahdollisesti valitsemaan aikaisemman vuoron kuin muutoin olisi tarpeen tai vaihtamaan kulkumuotoa kokonaan.

Tässä työssä tutkittiin myös ajan ja luotettavuuden arvottamista ja käytettyjä arvoja. Ajan arvo esitetään usein prosentteina palkasta. Tämän todettiin olevan jossain määrin hyvä approksimaatio, sillä ajan arvo ei todellisuudessa seuraa palkkaa samassa suhteessa. Absoluuttisia rahamääriä yleensä halutaan käyttää kun aikasäästöillä pyritään perustelemaan toimenpiteitä tai toimintatapoja. Suomessa yleisesti käytetään keskimääräisenä bussimatkustajan ajan arvona 7,75 €/h ja työmatkalaisen ajan arvo on usein 9,78 €/h, joka on hieman Euroopan keskiarvoa (8,84 €/h) suurempi. Matkaketjuja tutkittaessa on syytä muistaa erilaiset painotukset ajoneuvossa vietetyn ajan, odotusajan ja kävelyajan arvoille. Esimerkiksi toimenpiteen yhteiskuntataloudellisia vaikutuksia arvioitaessa olisi syytä arvioida kokonaisia matkaketjuja.

Ajan arvo voidaan laskea myös funktioita apuna käyttäen, mutta tällöin joudutaan käyttämään erilaisia rajoituksia, jotta laskeminen onnistuu. ja jotta voidaan ottaa huomioon ihmisten käyttäytymisen monimutkaisuus. Laskennassa käytettävien rajoitusten ja kertoimien valinnalla on suuri merkitys lopullisissa tuloksissa, joten valinnat olisi pystyttävä perustelemaan hyvin.

Luotettavuuden arvo johdetaan usein ajan arvosta luotettavuussuhdetta RR käyttäen. Tätä suhdekerrointa käsittelevää kirjallisuutta on runsaasti ja erilaisia kertoimen arvoja löytyy useita. Kertoimelle on määritetty erilaisia arvoja eri kulkumuotoja ja matkan tarkoituksia varten ja eri maissa on päädytty hyvin erilaisiin arvoihin. Tämän arvon valinnan arvioitiin kuitenkin olevan osittain liikennepoliittinen päätös, jolla ohjataan valintaa

nopeuden tai luotettavuuden maksimoinnin väliltä. Todennäköisesti käytettävä RR-kertoimen arvo löytyy jostain 0,8 – 2,0 väliltä.

Myös luotettavuuden arvo voidaan laskea funktioita käyttäen ja tätä laskentakeinoa esiteltiin tämän työn yhteydessä. Laskennassa kuitenkin käytetään ajan arvon määrittämisen tapaan lähtöarvoja ja kertoimia, joilla on suuret vaikutukset tuloksiin. Lisäksi myös laskennallisessa keinossa luotettavuuden arvon määrittämiseksi lähdetään liikkeelle ajan arvosta.

Työn tavoitteena oli tutkia ajoaikojen keskiarvon ja keskihajonnan muutoksia niillä pysäkkiväleillä, joilla toimenpiteitä oli tehty. Tutkimuksessa käytettiin hyödyksi matkakorttiaineistosta saatavia ajoaikoja. Näitä ajoaikoja suodatettiin eri tavoilla, jotta käyttöön saatiin luotettavaa aineistoa, vaikka otoskoko tällä tavoin pieneni jonkin verran. Tutkimukset pystyttiin kuitenkin tekemään 24 eri kohteelle ja muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta havaintoja saatiin riittävästi.

Tutkimuksessa saadut tulokset vaihtelivat suuresti ja esimerkiksi läheskään kaikki havaituista ajoaikojen keskihajontojen muutoksista eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Näin ollen todellista muutosta ei aina tapahtunut, vaan osa havaituista muutoksista oli tilastollisen vaihtelun rajoissa.

## **6.2 Päätelmät**

### **6.2.1 Tutkimuksen tuloksista tehtävät päätelmät**

Tutkittaessa keskihajontojen muutoksia, havaittiin tutkimuksessa mielenkiintoinen seikka; silloin kun keskihajonta oli noussut, oli muutos keskimäärin 5,6 sekuntia ja prosentteina sama muutos oli keskimäärin 41,8 % aiemmasta keskihajonnasta. Tätä tulosta kun verrataan lukuihin, joita saatiin kohteista, joissa keskihajonta oli laskenut (-6,2 sekuntia, -24,3 %), havaitaan prosenttiosuuksissa huomattava ero. Tämä kertoo siitä, että niissä tapauksissa, joissa keskihajonnan havaittiin nousseen, oli lähtötilanteen keskihajonta keskimäärin huomattavasti pienempi kuin sellaisten kohteiden, joissa keskihajonnan havaittiin laskeneen. Tästä voidaan päätellä, että jo valmiiksi matalaa keskihajonnan arvoa on hankala pienentää entisestään.

Tutkimustuloksista voidaan nostaa esiin se yllättävä seikka, että liikennevaloetuksista on koitunut tulosten mukaan hyvin vähän haittoja sivusuuntien liikenteelle. Tulosten mukaan sivusuunnat ovat jopa hyötäneet merkittävästi pääsuunnan saamista etuuksista. Liikennevaloetuuden saaneilla suunnilla ajoaikojen keskihajontojen havaittiin laskeneen useimmiten päiväliikenteen aikana. Tästä voidaan päätellä, että etuuksista saataisiin eniten hyötyä kun liikennemäärät ovat pienet. Tällöin etuuksia on helppo antaa joukko liikenteen suunnalle ilman, että aiheutetaan muille suunnille merkittäviä haittoja. Ajoaikojen keskiarvot ovat laskeneet melko tasaisesti eri vuorokaudenaikoina etuuskohteissa, eivätkä etuudet hyödytä päiväliikennettä yhtä selvästi kuin ajoaikojen keskihajonnan tapauksessa. Tutkimuksen tuloksista voidaan päätellä, että liikennevaloetuksien vaikutukset eivät välttämättä näy kun tutkitaan yhtä erillistä liittymää. Tulevaisuudessa vaikutuksia tutkittaessa tulisi keskittää huomio usein liittymien yhteisvaikutuksen tutkimiseen. Tämän tutkimuksen tuloksista on kuitenkin huomioitavissa se seikka, että joukko liikenteen liikennevaloetuksia kannattaa toteuttaa sellaisiin paikkoihin, joissa liikenne ei ole valmiiksi ruuhkautunut. Tällaisissa tilanteissa etuuksilla voidaan saavuttaa todellisia hyötyjä.

Kiertoliittymäkohteista havaittiin samankaltaisia tuloksia kuin liikennevaloetuksista ajoaikojen keskihajontojen osalta; keskihajontojen havaittiin laskeneen erityisesti päiväliikenteessä. Tästä voidaan päätellä liittymässä liikkumisen nopeutuneen ja helpottuneen erityisesti silloin, kun liikennemäärät ovat vähäiset. Tämän voidaan ajatella johtuvan siitä, että liittymän sivusuunnista on helpompi päästä pääsuunnan liikennevirran mukaan, kun ajoneuvojen välit ovat pidempiä. Täten liittymästä ajamiseen vaadittavia hyväksyttäviä aikavälejä on useammin. Kiertoliittymän tilanteessa tällaiset aikavälit pystytään hyödyntämään silloin kun niitä tulee, eivätkä esimerkiksi ennen kiertoliittymän rakentamista liittymässä olleet liikennevalot enää estä tätä. Lisäksi kiertoliittymä hidastaa liikenteen nopeuksia liittymäalueella, jolloin liittyminen kaikista ajosuunnista on helpompaa ja turvallisempaa. Ajoaikojen keskiarvot pienenevät kiertoliittymien tapauksessa vain 33 % tutkituista tapauksista, eivätkä kiertoliittymät selvästi nopeuttaneet liikennettä minään tietynä vuorokaudenaikana. Näin myös kiertoliittymien vaikutukset korostuvat ajoaikojen keskihajonnassa päiväliikenteessä. Lisäksi tarkemmassa tarkastelussa kiertoliittymien havaittiin alentaneen ajoaikojen keskihajontoja ja keskiarvoja erityisesti aiemmin niiden tilalla olleen t-liittymän sivusuunnasta vasemmalle kääntymisissä. Tämän suunnan liikenne on kaikista alisteisin ja lähtötilanteessa joutunut väistämään muiden suuntien liikennettä. Tutkimuksen tulosten perusteella kiertoliittymän rakentaminen on suositeltavaa, mikäli sivusuunnan liikenteellä on ongelmia liittyä pääsuunnan liikenteeseen, mutta luonnollisesti kiertoliittymän toteuttamiseen normaalisti liittyvät rajoitukset ja ohjeet on otettava huomioon.

Tutkimuksessa tuloksista yllättävimpänä voidaan pitää joukkoliikennekaistakohteissa havaittuja muutoksia. Tutkituista joukkoliikennekaistoista Espooseen Kuitinmäentielle toteutetulla joukkoliikennekaistalla ei havaittu olleen positiivista vaikutusta ajoaikaan eikä ajoaikojen hajontaan. Tässä tapauksessa voidaan kuitenkin sanoa, että muilla teki-  
jöllä on mahdollisesti ollut suuria vaikutuksia tuloksiin. Kuitinmäentillä on tehty tutkimuksen aikaan paljon tietöitä joilla on voinut olla vaikutusta tuloksiin. Lisäksi aivan tutkitussa kohteessa kahteen ajosuuntaan sisältyy liikennevaloliittymä, jonka toiminta voi olla heikentynyt esimerkiksi sivusuunnan liikennemäärien kasvettua. Pitäjänmäelle Helsinkiin toteutetun joukkoliikennekaistan havaittiin lyhentäneen ajoaikoja tutkitulla pysäkkivälillä, mutta ajoaikojen hajonnassa ei kuitenkaan havaittu muutosta. Tämän tutkimuksen osalta voidaan todeta joukkoliikennekaistan nopeuttavan joukkoliikennettä, mutta ei kuitenkaan parantavan joukkoliikenteen luotettavuutta. Tulos on kuitenkin niin erikoislaatuinen, että jatkotutkimuksia olisi syytä harkita.

Tutkitun liittymäohituksen todettiin hieman nopeuttaneen joukkoliikennettä, mutta vaikutukset joukkoliikenteen luotettavuuteen olivat pieniä. Tutkittu liittymäohitus kuitenkin sijaitsee Kuitinmäentillä Espoossa, jossa kuten jo aiemmin on mainittu, on tehty laajamittaisia kadunrakennustoimenpiteitä tutkimusaikana. Nämä ovat voineet vaikuttaa merkittävästi tuloksiin.

Pysäkin poisto ja pysäkkitaskun poisto eivät tämän tutkimuksen tulosten mukaan nopeuta joukkoliikennettä, mutta laskevat hieman ajoaikojen keskihajontoja ja täten parantavat mahdollisesti joukkoliikenteen luotettavuutta paikallisesti. Havaitut vaikutukset kuitenkin olivat hyvin pieniä ja ajoaikojen keskiarvoissa havaitut muutokset eivät olleet tilastollisesti lainkaan merkitseviä. Tästä voidaan päätellä myös hajontojen muutosten olevan mahdollisesti tilastollisesta vaihtelusta johtuvia.

Mannerheimintien joukkoliikennekaistan voimassaoloajan laajentamisen vaikutuksia ei pystytty tutkitun kohteen numero 24 perusteella luotettavasti erottelemaan muiden teki-

jöiden vaikutuksista. Ajoaikojen keskiarvot sekä keskihajonnat laskivat kauttaaltaan, mutta erityisesti laskua tapahtui iltaliikenteessä pois päin Helsingin keskustasta. Tämän voi arvella johtuvan jostain muusta seikasta, kuin joukkoliikennekaistan voimassaoloajan laajentamisesta, kuten esimerkiksi Reijolankadun ja Mannerheimintien liittymäjärjestelyistä. Tämän lisäksi kyseinen joukkoliikennekaista on jo aiemmin ollut voimassa kello 7-18 välisenä aikana, joten voimassaoloajan laajentamisen mahdolliset vaikutukset jäävät tutkimuksen yhteydessä käytetyn aikarajauksen vuoksi näkyviin vain koko päivän tuloksiin. Koko päivän tuloksissa kello 18-7 välisen ajan vähäisen liikenteen vuoksi vaikutukset eivät todennäköisesti näy kovin merkittävinä muutoksina.

### **6.2.2 Tutkimukseen liittyvät epävarmuudet**

Mikäli tutkimuksessa olisi haluttu noudattaa kaikkia tilastotieteen sääntöjä, olisi jokaiselle tutkimuskohteelle täytynyt etsiä vastaavanlainen verrokkutilanne, jossa mitään toimenpiteitä ei olisi tehty. Vastaavanlaisen vertailukohteen löytäminen 24 tutkitulle kohteelle olisi ollut liki mahdotonta tai ainakin erittäin vaikeaa ja se olisi kaksinkertaistanut tehtävän työn määrän. Tämän vuoksi tällaisia vertailukohteita ei tämän tutkimuksen yhteydessä käytetty. Näin ollen ennen ja jälkeen tilanteiden vertailu keskenään on tieteilisestään hieman epäluotettavaa. Tuloksiin ja havaittuihin muutoksiin sisältyy väistämättä jonkin verran muista tekijöistä aiheutuvia vaikutuksia. Erityisesti liikennemäärien muutokset kohteissa ovat voineet vaikuttaa tuloksiin.

### **6.3 Jatkosuosituks**

Jatkossa olisi tärkeää määrittää luotettavuudelle arvo, jota voidaan käyttää yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa. Helpon luotettavuuden arvon määrittäminen onnistuisi määrittämällä Suomessa käytettävät arvot luotettavuussuhteelle RR. Tämän avulla luotettavuudelle voitaisiin laskea arvoja eri tilanteissa ajan arvon perusteella. Luotettavuussuhteen arvon määrittäminen ohjaa jossain määrin valintaa nopeuden ja luotettavuuden maksimoinnin suhteen, joten käytettävät arvot tulisi valita tarkkaan ja huolella, sillä niiden valinnalla voidaan vaikuttaa liikennepolitiikkaan merkittävästi.

Tulevaisuudessa toimenpiteiden vaikutusten tutkimista on jatkettava ja edelleen laajennettava huomiomaan muut liikennemuodot ja laajemmat kokonaisuudet. Tämän tutkimuksen osalta vaikutuksia tutkittiin äärimmäisen rajoitetussa tilanteessa yhden pysäkkivälän muodossa. Tulevaisuudessa olisi tärkeää tutkia vaikutuksia koko linjavälille ja ennen kaikkea matkustajien matkaketjuihin. Aiemmin kirjallisuustutkimuksen yhteydessä nostettiin esiin se seikka, että hyvin pieneltä tuntuva viivytys yhdessä matkan osassa voi vaikuttaa erittäin merkittävästi matkaketjuun aiheuttaen suuria viivytyksiä ennen määränpäähän saapumista. Tämä pätee kuitenkin myös toisin päin, eli hyvin pieneltäkin tuntuvan toimenpiteen vaikutukset voivat korostua matkaketjussa merkittävästi, jos esimerkiksi nopeutuneen yhteyden vuoksi matkustaja ennättää aiempaan jatkoyhteyteen ja välttää näin pitkän odotusajan. Samalla tavoin luotettavuuden parantaminen matkaketjussa vaikuttaa merkittävästi jos esimerkiksi toimenpiteiden myötä matkustaja voi olla varma, että ennättää suunnittelemaansa jatkoyhteyteen joka kerta. Aiemmin matkustaja on saattanut joutua lähtemään matkaan haluamaansa aiemmin, jotta olisi varmasti ajoissa perillä. Matkaketjun parantuneen luotettavuuden ansiosta voidaan välttää suuria ajankäyttöön liittyviä riskejä ja myös vähentää turhaa odotusaikaa, joka koetaan huomattavasti arvokkaammaksi kuin kulkuvälineessä vietetty aika. Tämän vuoksi vaikutuksia matkaketjuihin tulisi tulevaisuudessa myös tutkia. Tutkimalla vain paikallisia vaikutuksia voidaan jättää huomioon ottamatta suuria säästöjä. Paikallisesti pieniä

vaikutuksia tuottavien toimenpiteiden vaikutuksia ei tule väheksyä, sillä useiden toimenpiteiden vaikutukset voivat kumuloitua ja tuottaa osiaan suuremman summavaikutuksen.

Toimenpiteiden vaikutuksia ihmisten käsityksiin liikenteen nopeudesta ja luotettavuudesta sekä ihmisten käytökseen olisi syytä myös tutkia. Nykyisellään on hyvin vaikea arvioida, kuinka joukkoliikenteen luotettavuutta parantavat toimenpiteet lisäävät joukkoliikenteen matkustajamääriä. Kaikki helpot lähestymistavat matka-kysyntä analyysiin perustuvat merkittävästi yksinkertaistettuun kuvaukseen ihmisten käyttäytymisestä. Tämä on luonnollisesti tarpeen, sillä matkojen tarkoitusten vaihtelu sekä tehtävissä olevat valinnat tekevät matkakäyttäytymisestä erittäin monimutkaista. Tämän vuoksi erilaisesta näkökulmasta ja erilaisilla lähestymistavoilla tehdyt tutkimukset voivat kaikki tuottaa käytettävää tietoa ja valistuneen tutkijan olisi hyvä ymmärtää useita erilaisia lähestymistapoja. Luotettavuuden vaikutuksista matkustajien käytökseen olisikin hyvä tehdä erilaisia tutkimuksia eri näkökulmista, jotta ihmisten käyttäytymisestä suhteessa luotettavuuteen saadaan mahdollisimman laaja-alainen näkemys. Lisäksi joukkoliikenteen nopeuden ja luotettavuuden yhteisvaikutuksia joukkoliikenteen kysyntään tulisi tutkia, jotta toimenpiteiden yhteiskuntaloudellisia vaikutuksia voidaan määrittää tarkemmin.

Infrastruktuuritoimenpiteiden vaikutuksia olisi syytä aktiivisesti ja rohkeasti tutkia ennen toteutusta, toteutuksen aikana ja toteutuksen jälkeen. Jos toimenpiteen toteutuksen perusteluna on käytetty ennakkoon tehtyä vaikutusarviota, on tämän arvion paikkansapitävyyttä uskallettava arvioida kriittisesti. Kun tehdään päätös jonkin toimenpiteen toteuttamisesta, on samalla tehtävä päätös sen vaikutusten tutkimisesta. Päätöksentekovaiheessa on helppo tutkia tilannetta ennen rakennustöiden aloittamista ja näin saadaan luotettavia tuloksia vertailua varten. Tarkat tiedot rakentamisen aloittamisesta ja valmistumisesta helpottavat vaikutusten tutkimista ja parantavat tulosten laatua kun mahdollisimman tarkoin ajankohdilla voidaan eliminoida muiden tekijöiden vaikutuksia tuloksista. Mikäli toimenpiteen vaikutusten havaitaan tutkimusten mukaan poikkeavan merkittävästi ennakkoon tehdystä arviosta, on arviointiprosessia tarkasteltava kriittisesti ja tulokset otettava huomioon seuraavan toimenpiteen vaikutuksia arvioitaessa.

## Lähdeluettelo

- Bates, J. 2001, "The Valuation of reliability for personal travel", *Transportation Research*, vol. 37E, pp. 191-229.
- Becker, G. 1965, "A theory of the allocation of time", *Economic Journal*, vol. 75, no. 299, pp. 493-517.
- Bowman, L.A. & Turnquist, M.A. 1980, "The effects of network structure on reliability of transit service", *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 14, no. 1-2, pp. 79-86.
- Brownstone, D. & Small, K.A. 2005 "Valuing time and reliability: assessing the evidence from road pricing demonstrations," *Transportation Research* 39A: 279-93.
- Bäckström, J. et al. 2011. "HSL-alueen runkobussilinjasto 2012-2022". Edita Prima Oy. Helsinki. ISBN 978-952-253-117-9. Saatavissa osoitteesta:  
[http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/julkaisut/Documents/2011/Runkolinjaston\\_kehittamissuunnitelma\\_2011\\_27.pdf](http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/julkaisut/Documents/2011/Runkolinjaston_kehittamissuunnitelma_2011_27.pdf)
- Börjesson, M. & Eliasson, J. 2011, "On the use of "average delay" as a measure of train reliability", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 45, no. 3, pp. 171-184.
- Calfee, J. & Winston, C. 1998. "The value of automobile travel time: implications for congestion policy," *Journal of Public Economics* 69: 83-102.
- Carrion, C. & Levinson, D. 2012, "Value of travel time reliability: A review of current evidence", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 46, no. 4, pp. 720-741.
- Chada, S. & Newland, R. 2002. *Effectiveness of Bus Signal Priority, Final Report*. National Center For Transit Research (NCTR), University of South Florida. Tampa. 40 s.
- Currie, G. & Wallis, I. 2008, "Effective ways to grow urban bus markets – a synthesis of evidence", *Journal of Transport Geography*, vol. 16, no. 6, pp. 419-429.
- De Borger, B. & Fosgerau, M. 2006, "Discrete choices and the trade-off between money and time: another test of the theory of reference-dependent preferences", Saatavissa osoitteesta:  
[http://www.ua.ac.be/download.aspx?c=\\*TEWHI&n=39157&ct=39867&e=114660](http://www.ua.ac.be/download.aspx?c=*TEWHI&n=39157&ct=39867&e=114660). Viitattu 15.9.2012.
- DeSerpa, A.C. 1971, "A theory of the economics of time", *Economic Journal*, vol. 81, no. 324, pp. 828-846.
- El-Geneidy, A., Hourdos, J. & Horning, J. 2009, "Bus Transit Service Planning and Operations in a competitive environment", *Journal of Public Transportation*, vol. 12:3, pp. s. 39-59.

- Estlander, K. 1995: Sään ja kelin vaikutukset eri ajoneuvoryhmien nopeuksiin. Helsinki 1995. Tielaitos, keskushallinto. Tielaitoksen selvityksiä 23/1995, 90s. + liitt. 16s. TIEL 3200301, ISBN 951-726-057-1, ISSN 0788-3722
- Friman, M. 2004, "Implementing Quality Improvements in Public Transport | National Center for Transit Research", vol. 7, no. 4.
- Furth, P.G. 2006, "Service reliability and hidden waiting time - Insights from automatic vehicle location data", *TRANSIT: INTERMODAL TRANSFER FACILITIES AND FERRY TRANSPORTATION; COMMUTER RAIL; LIGHT RAIL AND MAJOR ACTIVITY CENTER CIRCULATION SYSTEMS; CAPACITY AND QUALITY OF SERVICE*, no. 1955, pp. 79-87.
- Haataja, S. 2009, "Helsingin sisäisten bussilinjojen matka-aikatutkimus syksyllä 2008", Helsingin kaupunki HKL-liikelaitos, Helsinki.
- Hamer R., De Jong G., Kroes E. & Warffemius P. 2005. "The Value of Reliability in Transport. Provisional values for the Netherlands based on expert opinion". Rand Europe, prepared for AVV, Transport Reserch Center of the Dutch Ministry of Transport.
- Helin, E. & Pesonen, H. 2001, *Joukkoliikenne hankearvioinnissa. Tiehallinnon selvityksiä 40/2001.*, Edita Oyj., Helsinki.
- Hensher, D. A. 1997. "Behavioral value of travel time savings in personal and commercial automobile travel," in Greene, Jones and Delucchi (1997), pp. 245–79.
- Hounsell, N.B., McLeod, F.N. & Shestra, B.P. 2004, "Bus Priority at treaffic signals: investigating the options.", *Road Transport Information and Control. RTIC 2004, 12th IEE International Conference on London, 2004*, pp. 287-294.
- Jenelius, E., Mattsson, L. & Levinson, D. 2011, "Traveler delay costs and value of time with trip chains, flexible activity scheduling and information", *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 45, no. 5, pp. 789-807.
- Jokela, J. & Lehtomaa, J. 2009, "Liikenteen sujuvuuden parantaminen kaupunkien pääväylillä pienin toimenpitein.", *Tiehallinnon selvityksiä 35/2009*.
- Kahneman, D. & Tversky, A. 1979, "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk", *Econometrica*, vol. 47, no. 2, pp. 263-292.
- Kalliokoski. 2003. "Liikenteen hallinnan keinot ja vaikutukset ruuhka-aikoina, esiselvitys." *Tiehallinnon selvityksiä 16/2003*. Helsinki
- Kotimaisten kielten keskus. 2011. Kotimaisten kielten keskuksen internetsivut osoitteessa [http://www.kotus.fi/index.phtml?i=514&s=2613#faq\\_514](http://www.kotus.fi/index.phtml?i=514&s=2613#faq_514). Viitattu 12.09.2012.
- Kuukka-Ruotsalainen, V., Airaksinen, S., Lehmuskoski, M., Musto, M. & Murole, P. 2007, *Joukkoliikenteen nopeuttaminen keskeisenä kilpailutekijänä*, Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki.

- Lam, T.C. & Small, K.A. 2001, "The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 37, no. 2–3, pp. 231-251.
- Laurila, L. 1988, *Linja-autokaistojen varaamisperusteet.*, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere.
- Lehtonen, M., Anttila, V., Koskinen, O.H., Kulmala, R., Pajunen-Muhonen, H., Pesonen, H., Rintanen, J. & Ristola, T. 2001, *Liikennevaloetuksien ja ajantasaisen tiedotuksen vaikutukset raitiolinjalla 4 ja bussilinjalla 23 Helsingissä.*, Oy Edita Ab., Helsinki.
- Li, Z., Hensher, D.A. & Rose, J.M. 2010, Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: A review and some new empirical evidence, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 46, no. 3, pp. 384-403.
- Liikennevirasto 2012, Tieliikenteen suoritteet vuonna 2012. Tiedote 15.3.2012. Saatavilla osoitteesta:  
[http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/liikennevirasto/tilastot/liikennemaaarat/Tieliikenteen\\_suoritteet\\_2011\\_tiedote.pdf](http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/liikennevirasto/tilastot/liikennemaaarat/Tieliikenteen_suoritteet_2011_tiedote.pdf). Viitattu 25.9.2012.
- Liu, R. & Sinha, S. 2007, "Modelling Urban Bus Service and Passenger Reliability"
- Luoma, Sami. Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen. *Tielaitoksen selvityksiä 21/1998*. Helsinki, 1998.
- Luttinen, T., Pursula, M. & Innamaa, S. 2005, *Liikennevirran ominaisuudet. Teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka, opetusmoniste 15*. Picaset Oy, Helsinki.
- Mackie, P.J. et al. 2003 *Values of Travel Time Savings in the UK: Summary Report*, report to the UK Department for Transport, Leeds, UK: Institute of Transport Studies, University of Leeds. Saatavissa osoitteesta:  
[http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft\\_econappr/documents/page/dft\\_econappr022708-01.hcsp](http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_econappr/documents/page/dft_econappr022708-01.hcsp). Viitattu 18.9.2012.
- MVA Consultancy et al. 1987, "The Value of Travel Time Savings: A Report of Research Undertaken for the Department of Transport", *Policy Journals*, .
- Mäkinen, T. 1990, *Liikenneviraston subjektiivinen kiinnijäämisriski ja sen lisäämisen vaikutukset kuljettajien toimintaan.*, Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia, 707., Espoo.
- Niittylä, L. 2012, *Joukkoliikenteen liikennevaloetuksien vaikutukset Tampereella*, Tampereen teknillinen yliopisto.
- Nikula, J. & Vuorela, A. 2011, *Helsingin joukkoliikenne kansainvälisessä BEST-tutkimuksessa 2011.*, HSL Helsingin seudun liikenne, 2011.
- Noland, R. B. and Small, K. A. 1995 "Travel-time uncertainty, departure time choice, and the cost of morning commutes," *Transportation Research Record* 1493: 150–58.

- Ojala, J. & Pursula, M. 1994, *Taajamien joukkoliikenteen suunnittelu ja hoito*, Teknillinen korkeakoulu, Otaniemi.
- Oort, C.J. 1969, "The evaluation of travelling time", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 111, no. 3, pp. 279-286.
- Paavilainen, J., Mäkelä, T., Pitkänen, M., Pastinen, V., Rantala, A. & Airaksinen, S. 2011, *Helsingin seudun lähijunaliikenteen luotettavuuden parantaminen*, HSL Helsingin seudun liikenne, Helsinki.
- Pesonen, H., Moilanen, P., Tervonen, J. & Weiste, H. 2006, *Joukkoliikenteen palvelutasotekijöiden arvottaminen*, Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki.
- Polus, A. 1978, "Modeling and measurements of bus service reliability", *Transportation Research*, vol. 12, no. 4, pp. 253-256.
- Pursula, M. 1994, *Ajan arvo lyhytmatkaisessa henkilöliikenteessä*, Liikenneministeriö, Helsinki.
- Rietveld, P., Bruinsma, F.R. & Vuuren, D.J. 1999, "Coping with unreliability in public transport chains".
- Sane, K. 2001. *Joukkoliikenteen liikennevaloetus – miten se oikein toimii*. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, liikenteenohjauskeskus, Ajantasa 2001. Internetsivut osoitteessa [http://www.hel2.fi/liikenteenohjaus/liikennevaloetudet/etuuden\\_toiminta.asp](http://www.hel2.fi/liikenteenohjaus/liikennevaloetudet/etuuden_toiminta.asp). Viitattu 12.10.2012.
- Schramm, L., Watkins, K. & Rutherford, S. 2010, "Features that affect variability of travel time on bus rapid transit systems", *Transportation Research Record*, no. 2143, pp. 77-84.
- Seppänen, J. 2007, *Helsingin joukkoliikenteen liikennevaloetus- ja matkustajainformaatiojärjestelmä (Helmi)*, Helsingin kaupunki liikennelaitos, Helsinki.
- SFS-EN 13816 2005, *Kuljetus. Logistiikka ja palvelut. Joukkoliikenne. Palvelun laadun määrittäminen, tavoite ja mittaaminen.*, Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki.
- Shires, J.D. & de Jong, G.C. 2009, "An international meta-analysis of values of travel time savings", *Evaluation and program planning*, vol. 32, no. 4, pp. 315-325.
- SIKA 2008. Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4.SIKA Report ([http://www.sika-institute.se/Doclib/2008/PM/pm\\_2008\\_3.pdf](http://www.sika-institute.se/Doclib/2008/PM/pm_2008_3.pdf)).
- Small, K. A. 1982 "The scheduling of consumer activities: work trips," *American Economic Review* 72: 467–79.
- Small, K.A. & Verhoef, E. (eds) 2007, *The economics of urban transportation*, Routledge, London; New York.

- Smeds, O. 1975a, *Pääkaupunkiseudun joukkoliikennekokeilu*, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki.
- Smeds, O. 1975b, *Pääkaupunkiseudun joukkoliikennekokeilu : liite 10.: kirjallisuusselvitys joukkoliikenteen parantamistoimenpiteistä*, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki.
- Stradling, S., Carreno, M., Rye, T. & Noble, A. 2007, "Passenger perceptions and the ideal urban bus journey experience", *Transport Policy*, vol. 14, no. 4, pp. 283-292.
- Suomen Paikallisliikenneliitto ry 2000, *Fyysiset bussiliikenne-etuudet. Bussiliikenteen infrakortti no 7*. Suomen Paikallisliikenneliitto ry (PLL), Helsinki.
- Surprenant-Legault, J. 2011, "Introduction of Reserved Bus Lane Impact on Bus Running Time and On-Time Performance", *Transportation Research Record*, , no. 2218, pp. 10-18.
- Tervonen, J. & Ristikartano, J. 2010, *Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2010 - Liikenneviraston ohjeita 21/2010*, Liikennevirasto, Helsinki.
- Transport Canada. 1994. *Guide to Benefit–Cost Analysis in Transport Canada*, Ottawa (September). Saatavilla osoitteesta:  
<http://www.tc.gc.ca/media/documents/corporate-services/bca.pdf>. Viitattu 2.9.2012.
- Tseng, Y., Rietveld, P. & Verhoef, E. 2005, *A meta-analysis of valuation of travel time reliability. Conference paper.*, CVS 2005.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1991) "Loss aversion in riskless choice: a reference-dependent model," *Quarterly Journal of Economics* 106: 1039–61.
- US Department of Transportation (1997) *The Value of Travel Time: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations*, Washington, DC: US Department of Transportation
- Vanhanen, K., Toiskallio, K. & Aalto, P. 2007a, *Joukkoliikenteen kokonaislaatuun vaikuttavat tekijät, painopisteenä paikallisliikenne. Osaraportti 2*. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki.
- Vanhanen, K., Toiskallio, K., Aalto, P., Lehto, H., Lehmuskoski, V. & Sihvola, T. 2007b, *Joukkoliikenteen kokonaislaatuun vaikuttavat tekijät, painopisteenä paikallisliikenne. Osaraportti 3*. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki.
- Wardman, Mark. 2001. "A review of British evidence on time and service quality valuations," *Transportation Research* 37E: 107–28.
- Wardman, M. 2004, "Public transport values of time", *Transport Policy*, vol. 11, no. 4, pp. 363-377.
- Waters, W. G., II (1996) "Values of travel time savings in road transport project evaluation," teoksessa Hensher, D, King, J. and Oum, H. T. (eds.) *World Transport Re-*

*search: Proceedings of 7th World Conference on Transport Research, Vol. 3, Oxford: Pergamon, pp. 213–223.*

Varian, H.R. 1992, *Microeconomic analysis*, kolmas painos, Norton, New York. ISBN: 978-0393957358.

## **Liitteet**

LIITE 1. Tutkimuksessa käytettävissä ollut matkakorttidata. (1 s.)

LIITE 2. Toimenpidekortit, tutkimuksen tulokset kohteittain. (62 s.)

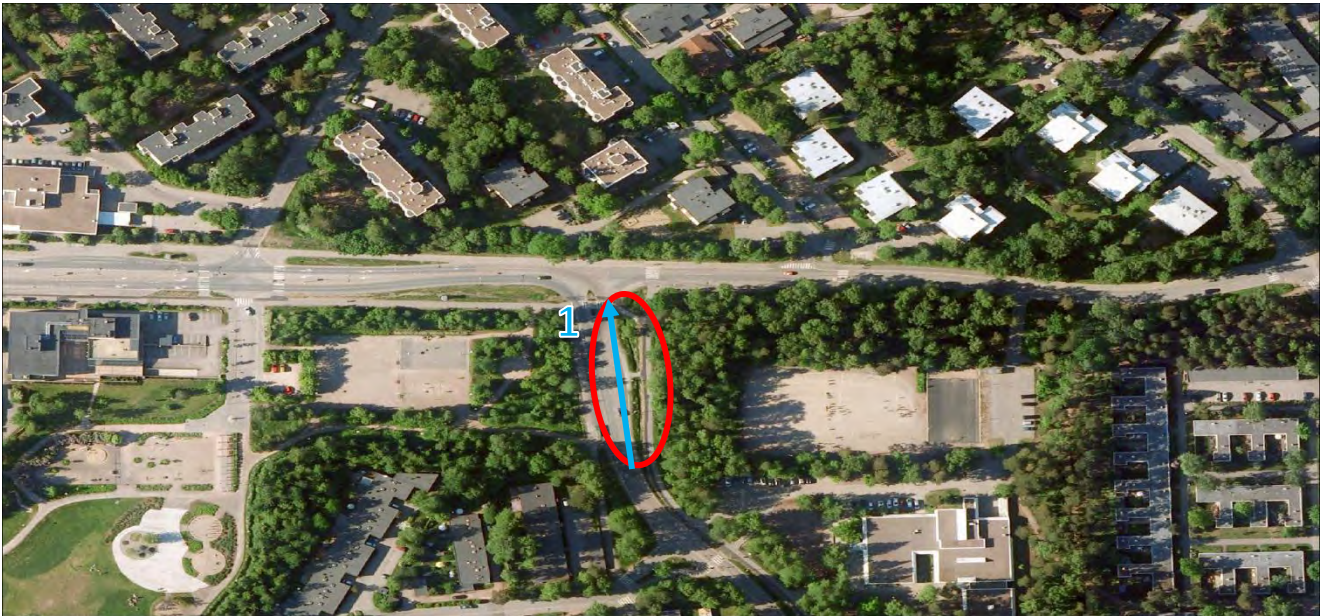
LIITE 3. Tutkimuksessa käytetyt pysäkit sekä niiden uudet ja vanhat pysäkinumerot. (5 s.)

LIITE 1. Tutkimuksessa käytävissä ollut matkakorttidata.

		käytävissä ollut viikko				puuttuva viikko											
		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012			
Jore	Hastus	Jore	Hastus	Jore	Hastus	Jore	Hastus	Jore	Hastus	Jore	Hastus	Jore	Hastus	Jore	Hastus	Jore	Hastus
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33			
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34			
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35			
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36		
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37			
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38			
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39			
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40			
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41			
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42			
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43			
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44			
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45			
46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46			
47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47			
48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48			
49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49			
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51			
52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52			
				53	53												

LIITE 2. Toimenpidekortit, tutkimuksen tulokset kohteittain.

## Kohde 1: Pysäkin poisto, Haukilahdenranta, Espoo



### Sijainti:

Käytöstä poistettu pysäkki sijaitsee Haukilahdenranta nimisellä kadulla, pohjoiseen päin ajettaessa, juuri ennen Haukilahdenkadun liittymää.

### Toteutusajankohta:

Pysäkki on poistettu käytöstä 28.11.2011, joten tutkimuksessa tutkitaan marraskuun 2011 ja joulukuun 2011 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

Linja	suunta 1
111 ja 111T	Haukitie (E2355) – Haukilahden keskus (E2364)

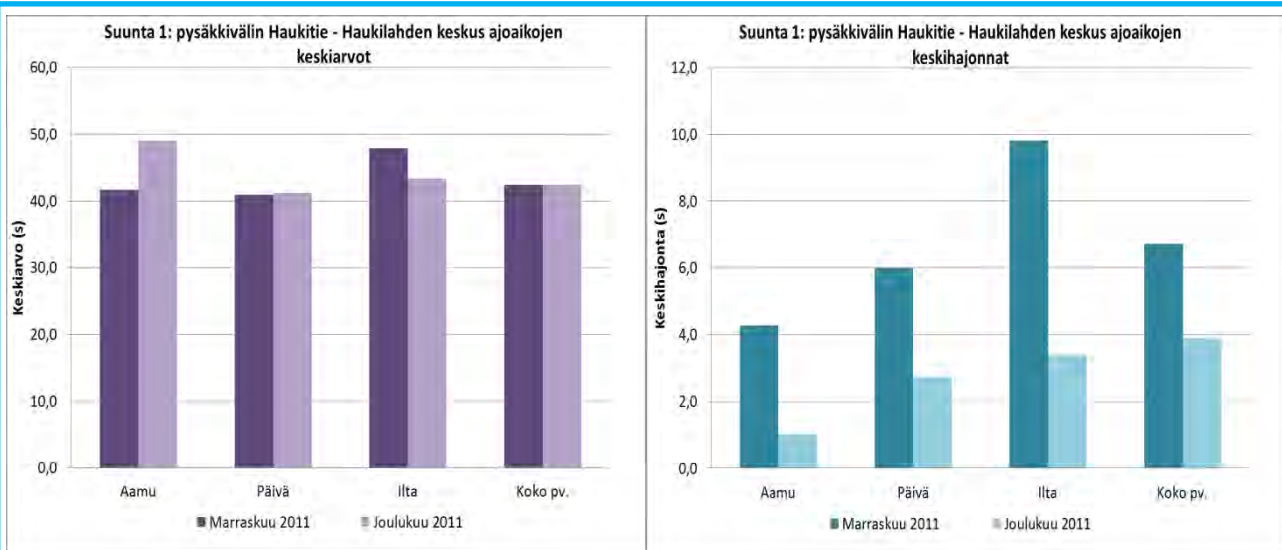
### Vaikutusten arviointi:

Toimenpiteen jälkeen havaitaan keskihajontojen laskeneen hieman, kun taas ajoaikojen keskiarvot ovat pysyneet suunnilleen samoina lukuun ottamatta illan osalta, jossa ne ovat hieman laskeneet. Myös keskihajonnan lasku on suurinta ilta-aikaan. Tutkittavien arvojen lukumäärien perusteella voidaan arvioida, että tutkittavan pysäkkivälin pysäkeillä pysähdytään eniten ilta-aikaan ja tästä voidaan päätellä että myös poistetulla pysäkillä pysähdyttiin useimmiten iltaisin. Täten olisi luonnollista, että myös vaikutukset luotettavuuteen ovat suurimmat silloin.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Toimenpiteen jälkeen on hyvin vähän tapauksia, jossa bussi olisi pysähtynyt sekä pysäkkivälin ensimmäisellä että toisella pysäkillä, joten tulosten luotettavuus on kyseenalaista. Tämä nähdään tehdyn t-testin p-arvoista, joiden mukaan keskiarvojen muutokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

Tutkittavalla pysäkkivälillä on liittymä, jossa on kärkikolmio suuntaan 1 ajavilla autoilla, joten Haukilahdenkadun liikenteen määrä vaikuttaa kyseisen suunnan ajoaikoihin.



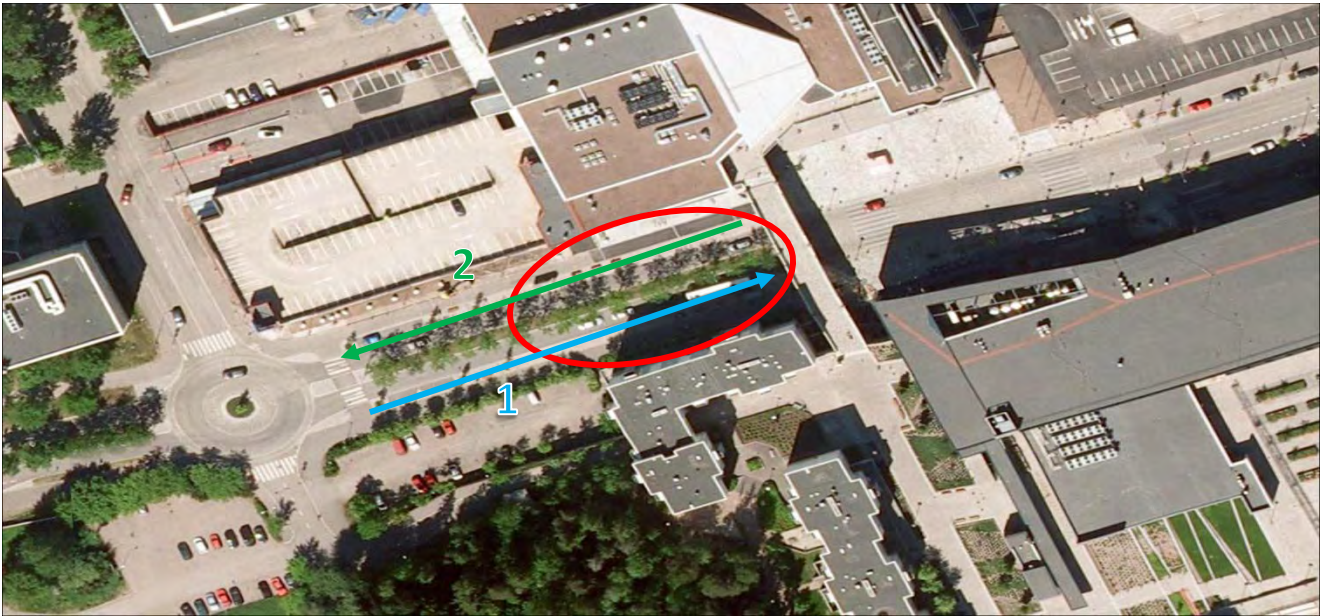
**Suunta 1: Haukitie - Haukilahden keskus**

	Ajoaikojen keskiarvo				Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä		
	Marraskuu 2011 (s)	Joulukuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Marraskuu 2011 (s)	Joulukuu 2011 (s)	erotus (s)	Marraskuu 2011 (kpl)	Joulukuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	41,6	49,0	<b>7,4</b>	N/A	-	4,3	1,0	<b>-3,3</b>	17	2
Päivä (9.00-15.30)	40,9	41,2	<b>0,2</b>	N/A	-	6,0	2,7	<b>-3,3</b>	32	11
Ilta (15.30-17.30)	47,9	43,3	<b>-4,6</b>	N/A	-	9,8	3,4	<b>-6,4</b>	10	6
Koko päivä	42,4	42,4	<b>0,0</b>	0,973	-	6,7	3,9	<b>-2,8</b>	65	25

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 2: Pysäkkitaskun poisto, Espoontori, Espoo



### Sijainti:

Pysäkkitaskut on poistettu Siltakadulla sijaitsevalta pysäkkiparilta (Espoontori E6023 , Espoontori E6024).

### Toteutusajankohta:

Pysäkkitaskut on poistettu vuonna 2009. Tutkimuksessa tutkitaan vuoden 2008 syyskuun sekä vuoden 2010 syyskuun ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

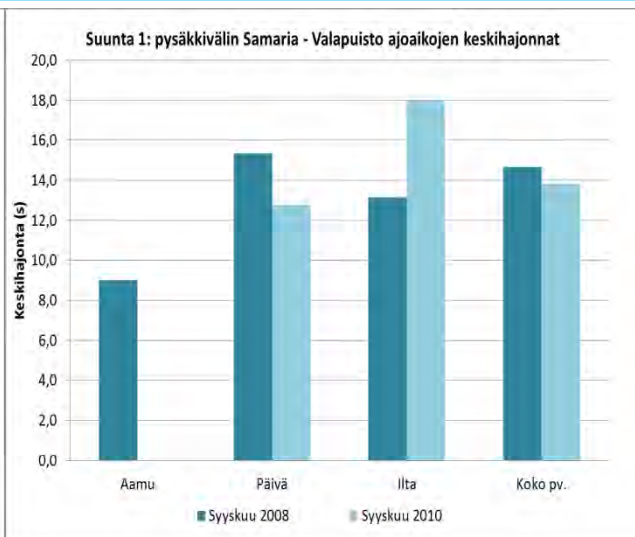
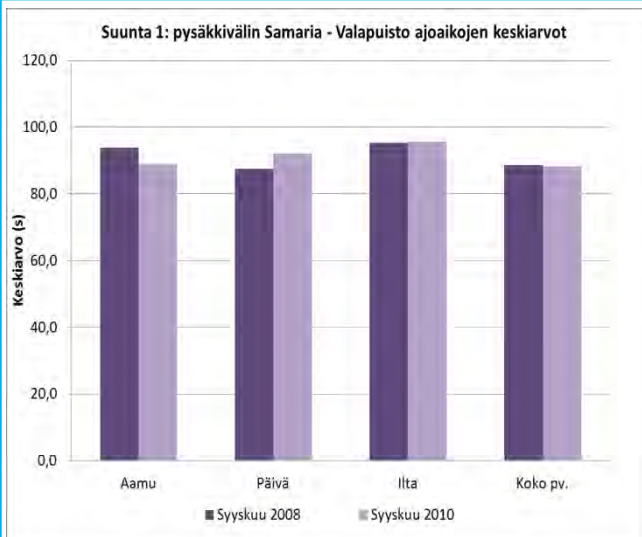
Linja	suunta 1	suunta 2
154, 154T, 156	Samaria (E6025) – Valapuisto (E6106)	Valapuisto (E6107) – Samaria (E6170)

### Vaikutusten arviointi:

Ajoaikojen keskiarvoissa ei ole nähtävissä tilastollisesti merkittävää muutosta, mutta suurin muutos on tapahtunut aamuisin, jolloin suuntaan 2 keskiarvo on laskenut 8,5 sekuntia. Keskihajontojen osalta muutokset ovat olleet muutaman sekunnin luokkaa kumpaankin suuntaan.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tätä kohdetta tutkittaessa on tärkeä muistaa, että alueella on tapahtunut suuria liikenteellisiä muutoksia samaan aikaan kun pysäkkitaskut on poistettu, muun muassa kauppakeskus Entressen valmistuminen ja Siltakadun liikennejärjestelyjen uusiminen. Tutkittava aikaväli on melko pitkä, joten muiden tekijöiden vaikutuksen todennäköisyys havaittuihin muutoksiin on melko suuri. Entresse vetää puoleensa liikennettä melko paljon, joten voidaan arvioida, että kokonaisliikennemäärät olisivat alueella kasvaneet. Näin ollen voidaan ajatella, että mahdollisesti pysäkkitaskujen poiston ansiosta tilanne ei ole aiempaa huonompi. Pysäkkitaskujen poiston kiistämätön etu on niiden tuoma liikenneturvallisuuden paraneminen kun autot eivät pysty ohittamaan pysäkillä olevaa linja-autoa.

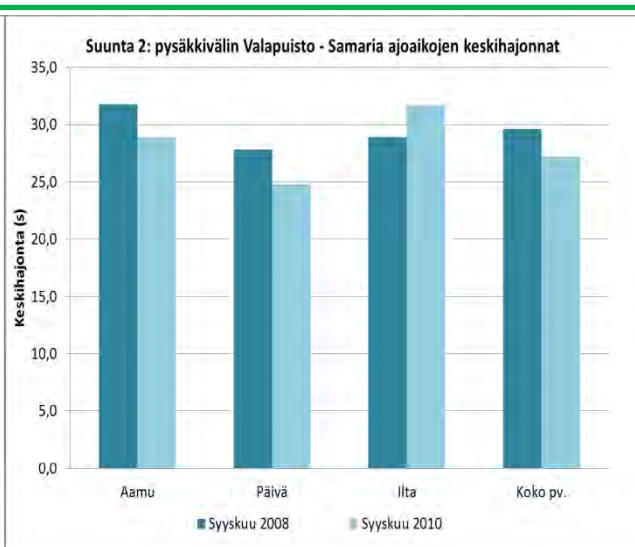
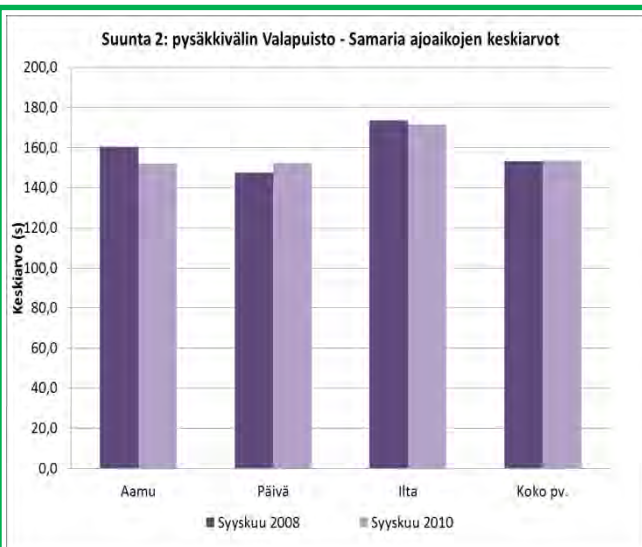


**Suunta 1: Samaria - Valapuisto**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Syyskuu 2008 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Syyskuu 2008 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	Syyskuu 2008 (kpl)	Syyskuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	93,8	89,0	-4,8	N/A	-	9,0	-	-	10	1
Päivä (9.00-15.30)	87,5	92,0	4,5	0,143	-	15,4	12,8	-2,6	83	27
Ilta (15.30-17.30)	95,3	95,6	0,3	N/A	-	13,2	18,0	4,8	35	10
Koko päivä	88,6	88,3	-0,3	0,878	-	14,7	13,8	-0,8	203	59

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



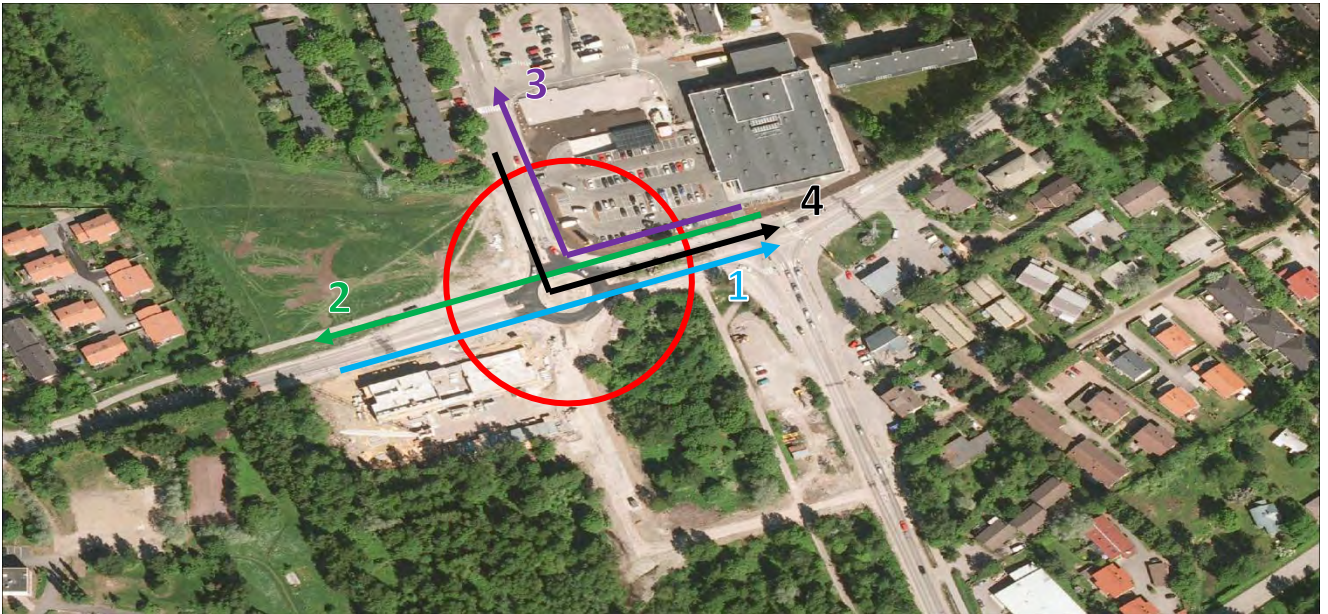
**Suunta 2: Valapuisto - Samaria**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Syyskuu 2008 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Syyskuu 2008 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	Syyskuu 2008 (kpl)	Syyskuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	160,5	151,9	-8,5	0,067	-	31,8	28,9	-2,9	83	93
Päivä (9.00-15.30)	147,6	152,2	4,6	0,064	-	27,8	24,8	-3,0	247	208
Ilta (15.30-17.30)	173,5	171,5	-2,0	0,710	-	28,9	31,7	2,8	63	63
Koko päivä	153,1	153,5	0,4	0,835	-	29,6	27,2	-2,4	482	435

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 3: Kiertoliittymä, Kolkekannaksentie, Lähderanta, Espoo



### Sijainti:

Kiertoliittymä on toteutettu Kolkekannaksentien ja Lähderannan liittymään. Paikalla on ollut aiemmin valo-ohjattu liittymä.

### Toteutusajankohta:

Kiertoliittymä on rakennettu vuonna 2011, tutkimuksessa on tutkittu ajoaikoja huhtikuulta 2010 sekä huhtikuulta 2012.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

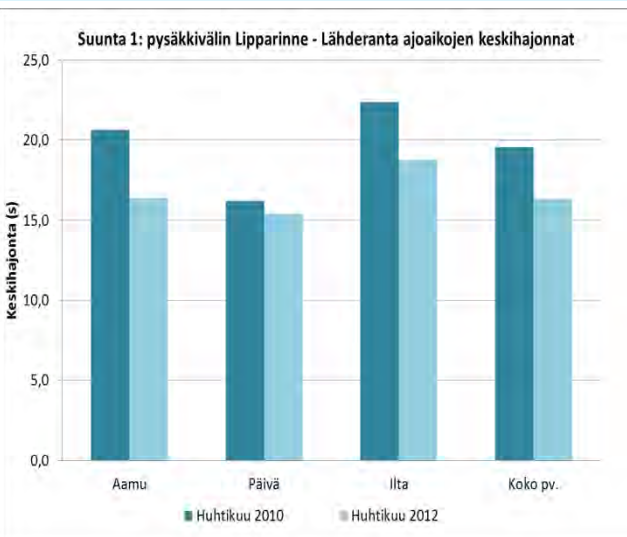
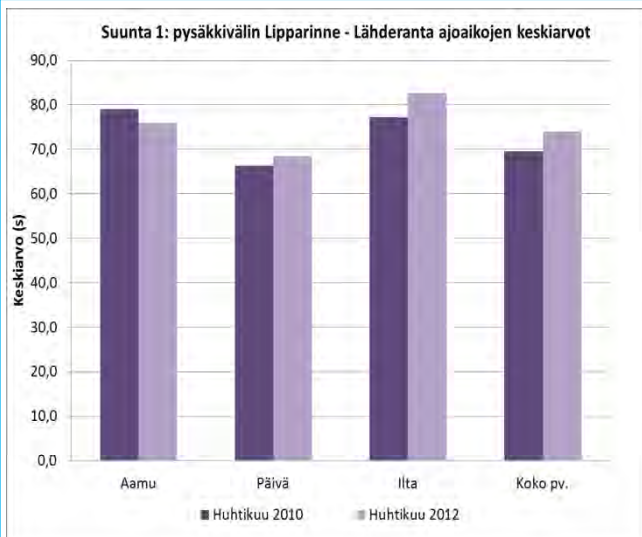
Linja	suunta 1	suunta 2
25A, 315, 530	Lipparinne (E1427) – Lähderanta (E1404)	Laaksoalahdenristi (E1422) – Lähderanta (E1430)
Linja	suunta 3	suunta 4
25	Lähderanta (E1431) – Lähderanta (E1404)	Laaksoalahdenristi (E1422) – Lähderanta (E1431)

### Vaikutusten arviointi:

Suunnassa 1 havaitaan ajoaikojen keskiarvojen pysyneen käytännössä samoina, eikä mikään muutoksista ole tilastollisesti merkitsevä. Myös keskihajontojen muutokset ovat pieniä. Suunnassa 2 ajoaikojen keskiarvot ovat hieman kasvaneet ja päivän sekä koko päivän osalta muutokset ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Samaan aikaan suunnan 2 ajoaikojen keskihajonnat ovat hieman laskeneet päivää lukuun ottamatta. Suunnan 4 osalta tutkittavien havaintojen lukumäärä on pieni, joten tilastollisesti merkittävä tulos on saatu vain koko päivän osalta. Koko päivän tulos kuitenkin on merkittävä, sillä ajoaikojen keskiarvo on laskenut jopa yli 20 sekuntia ja myös keskihajonnassa huomataan laskua.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Alueelle on rakennettu uusi ostoskeskus vuosina 2010–2011, jolla voi olla vaikutusta liikennemääriin ja niiden kautta joukkoliikenteen ajoaikoihin.

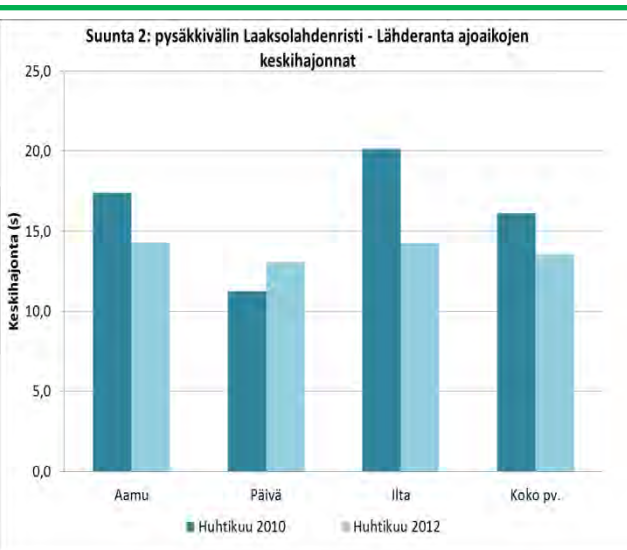
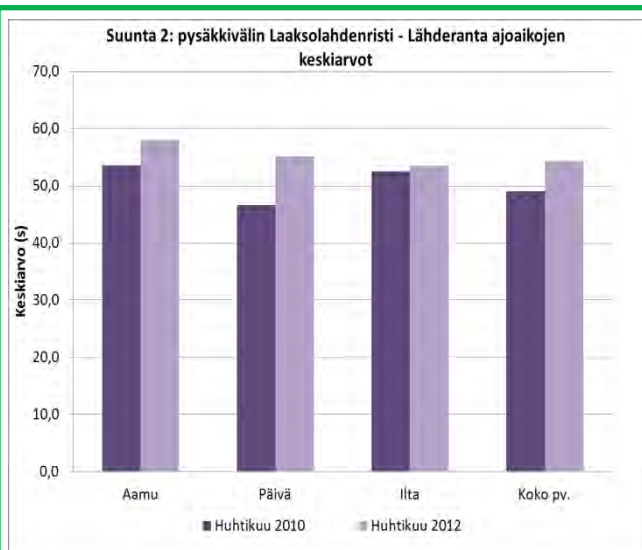


### Suunta 1: Lipparinne - Lähderanta

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	79,1	75,9	-3,2	0,541	-	20,7	16,4	-4,3	29	24
Päivä (9.00-15.30)	66,3	68,5	2,2	0,408	-	16,2	15,4	-0,8	92	61
Ilta (15.30-17.30)	77,2	82,7	5,5	0,287	-	22,4	18,8	-3,6	32	36
Koko päivä	69,5	74,1	4,6	0,018	-	19,6	16,4	-3,2	196	158

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

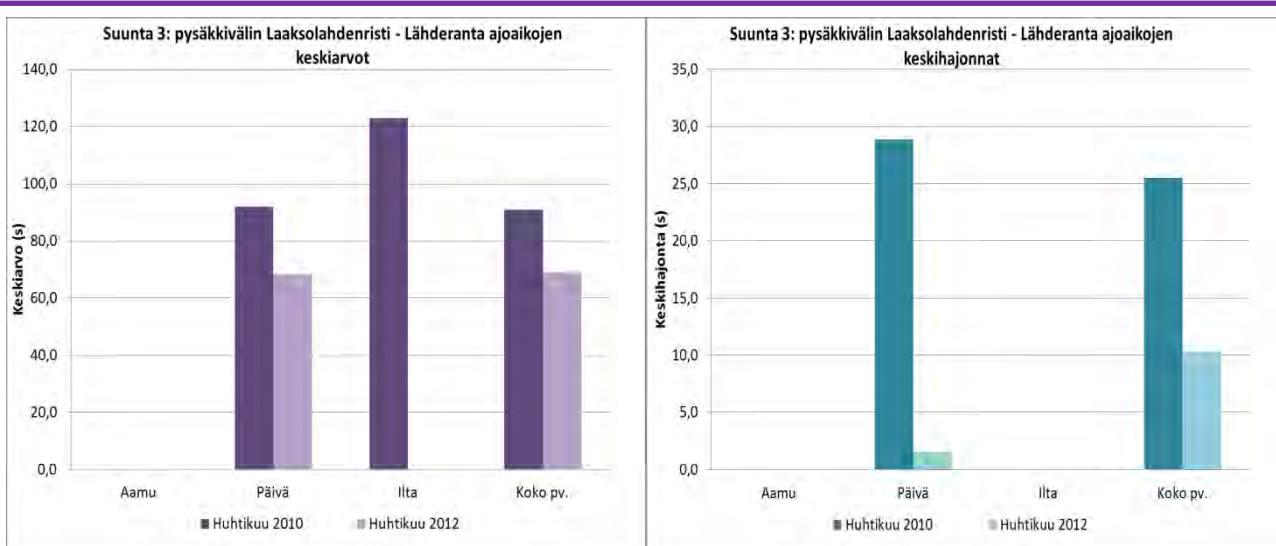


### Suunta 2: Laaksoalahdenristi - Lähderanta

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	53,6	58,0	4,4	0,294	-	17,4	14,3	-3,1	38	24
Päivä (9.00-15.30)	46,6	55,2	8,6	0,000	+++	11,3	13,1	1,8	58	53
Ilta (15.30-17.30)	52,5	53,5	0,9	0,810	-	20,2	14,2	-5,9	50	32
Koko päivä	49,1	54,3	5,3	0,001	+++	16,1	13,5	-2,6	198	169

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

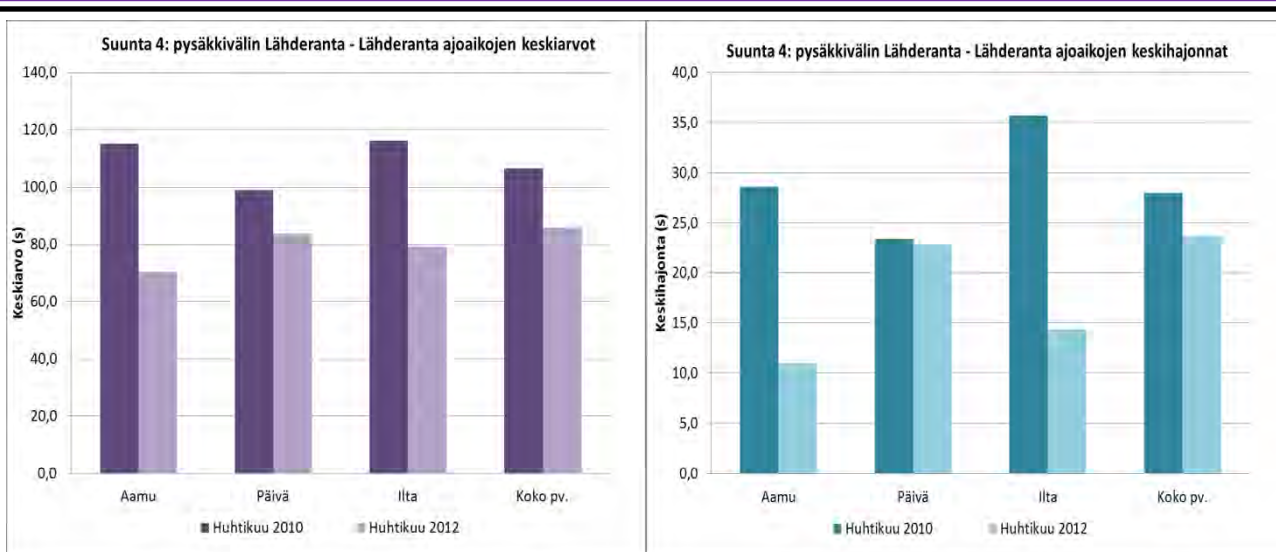


### Suunta 3: Laaksoalahdenristi - Lähderanta

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Päivä (9.00-15.30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ilta (15.30-17.30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Koko päivä	91,0	69,1	<b>-21,9</b>	N/A	-	25,5	10,3	<b>-15,2</b>	16	10

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää



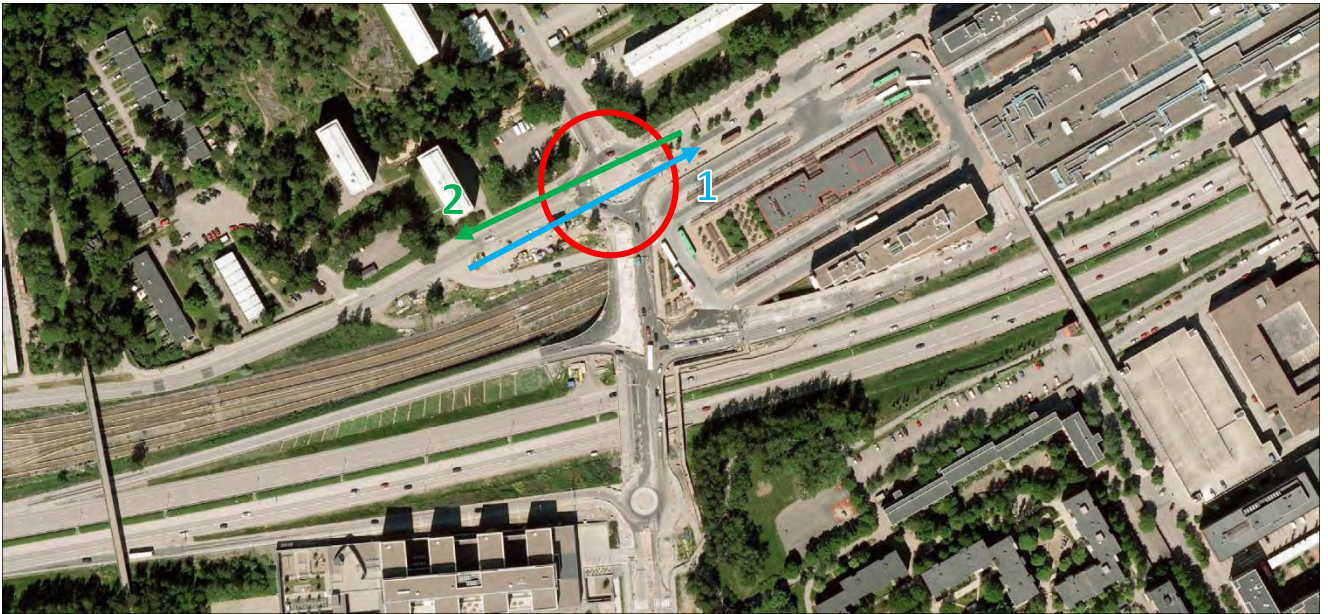
### Suunta 4: Lähderanta - Lähderanta

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	115,2	70,4	<b>-44,8</b>	N/A	-	28,6	10,9	<b>-17,7</b>	48	5
Päivä (9.00-15.30)	98,9	83,7	<b>-15,2</b>	0,015	+	23,4	22,8	<b>-0,6</b>	63	21
Ilta (15.30-17.30)	116,3	79,1	<b>-37,2</b>	N/A	-	35,7	14,4	<b>-21,3</b>	17	10
Koko päivä	106,4	85,8	<b>-20,6</b>	0,000	+++	28,0	23,7	<b>-4,2</b>	142	49

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 4: Kiertoliittymä, Turunlinnantie, Marjaniementie, Helsinki



### Sijainti:

Kiertoliittymä on toteutettu Turunlinnantien ja Marjaniementien liittymään Helsingin Itäkeskukseen.

### Toteutusajankohta:

Kiertoliittymän rakentaminen on aloitettu huhtikuussa 2010 ja se on valmistunut lokakuussa 2011. Tutkimuksessa on tutkittu ajoaikoja maaliskuulta 2010 ja maaliskuulta 2012.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

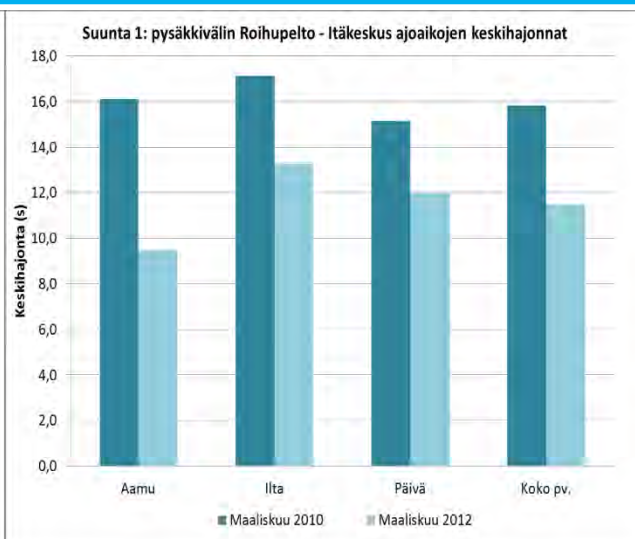
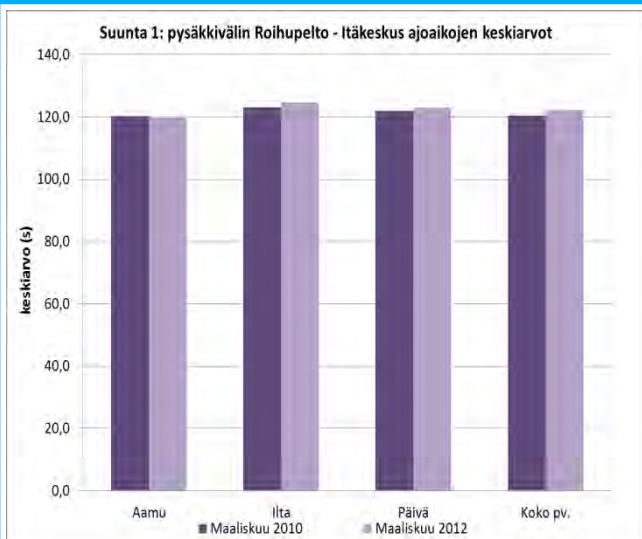
Linja	suunta 1	suunta 2
550, 550B	Roihupelto (4231) – Itäkeskus (M), tulo (4314)	Itäkeskus (4322) – Roihupelto (4247)

### Vaikutusten arviointi:

Rakennetun kiertoliittymän vaikutuksia on tutkittu vertaamalla pysäkkivälien ajoaikoja vuoden 2010 maaliskuun vuoden 2012 maaliskuun ajoaikoihin. Tutkimuksessa havaittiin, että suunnan 1 ajoaikojen keskiarvo ei ole muuttunut merkittävästi, mutta suunnassa 2 ajoaikojen keskiarvo kasvoi ja tämä muutos oli myös tilastollisesti erittäin merkitsevä päiväajalta sekä koko päivän osalta. Tutkituilla pysäkkiväleillä havaittiin myös selkeitä muutoksia ajoaikojen keskihajonnoissa. Selvimmin tämä oli nähtävissä suunnassa 2, jossa keskihajonnat laskivat 4,8 – 6,9 sekuntia ja suunnan 1 aamuliikenteessä, jossa keskihajonta laski 6,6 sekuntia.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Alueen liikennejärjestelyt ovat muuttuneet, sillä alueelle on rakennettu useampi kiertoliittymä jotka vaikuttavat alueen toimintaan. Lisäksi linja-autojen reitit ja pysäkit ovat hieman muuttuneet, mutta näillä ei pitäisi olla suurta vaikutusta tutkittaviin pysäkkiväleihin.

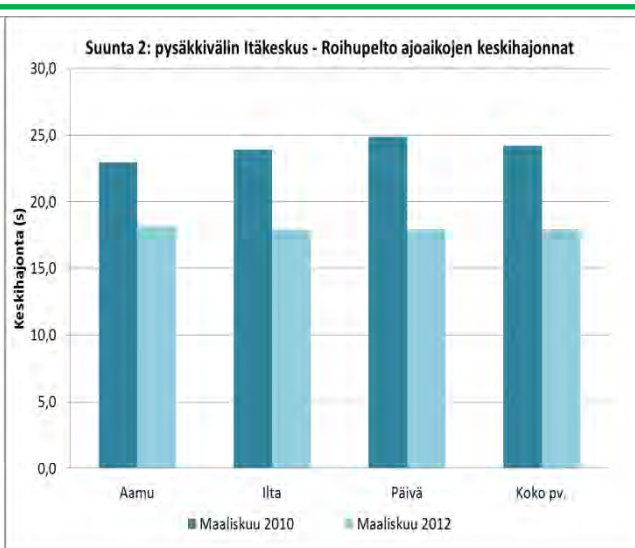
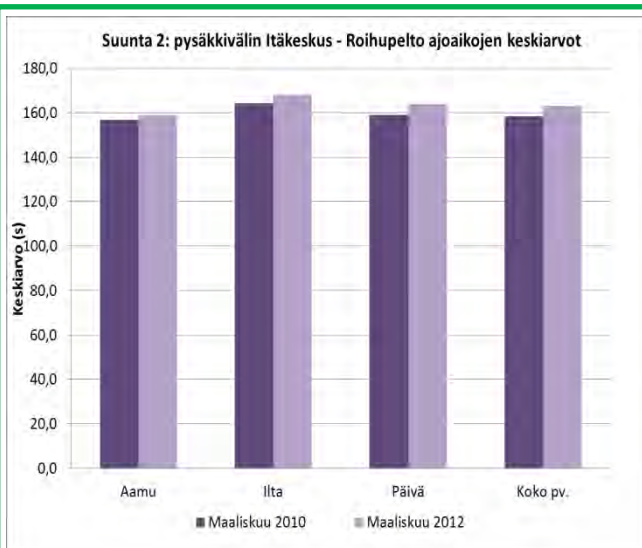


**Suunta 1: Roihupelto - Itäkeskus**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	Maaliskuu 2010 (kpl)	Maaliskuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	120,2	119,6	-0,6	0,783	-	16,1	9,5	-6,6	70	72
Päivä (9.00-15.30)	122,0	122,8	0,8	0,637	-	15,2	12,0	-3,2	111	135
Ilta (15.30-17.30)	123,1	124,6	1,5	0,596	-	17,1	13,3	-3,9	60	60
Koko päivä	120,5	122,1	1,6	0,119	-	15,8	11,5	-4,3	354	370

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



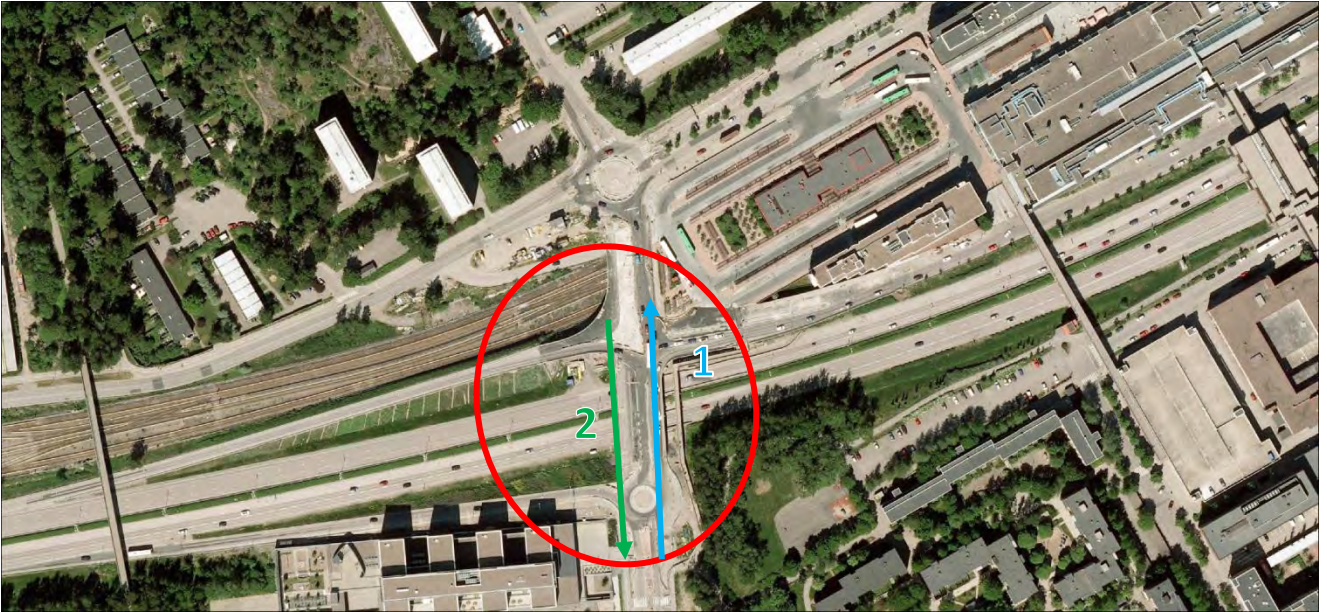
**Suunta 2: Itäkeskus - Roihupelto**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	Maaliskuu 2010 (kpl)	Maaliskuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	156,8	159,1	2,3	0,297	-	22,9	18,2	-4,8	207	147
Päivä (9.00-15.30)	158,9	163,9	5,0	0,002	++	24,8	17,9	-6,9	395	297
Ilta (15.30-17.30)	164,3	168,2	3,9	0,077	-	23,9	17,9	-6,0	213	153
Koko päivä	158,6	163,2	4,6	0,000	+++	24,2	17,9	-6,2	1080	836

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 5: Kiertoliittymä, Marjaniementie, Itäkatu, Helsinki



### Sijainti:

Ensimmäinen kiertoliittymä on toteutettu Marjaniementien ja Itäkadun liittymään ja toinen Marjaniementien ja Itäväylältä Helsingin keskustan suunnasta nousevan rampin liittymään Helsingin Itäkeskukseen.

### Toteutusajankohta:

Kiertoliittymien rakentaminen on aloitettu huhtikuussa 2010 ja ne ovat valmistuneet lokakuussa 2011. Tutkimuksessa on tutkittu ajoaikoja maaliskuulta 2010 ja maaliskuulta 2012.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

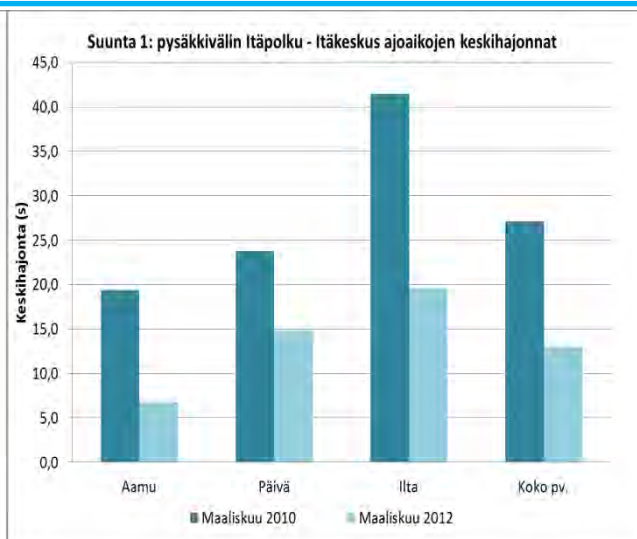
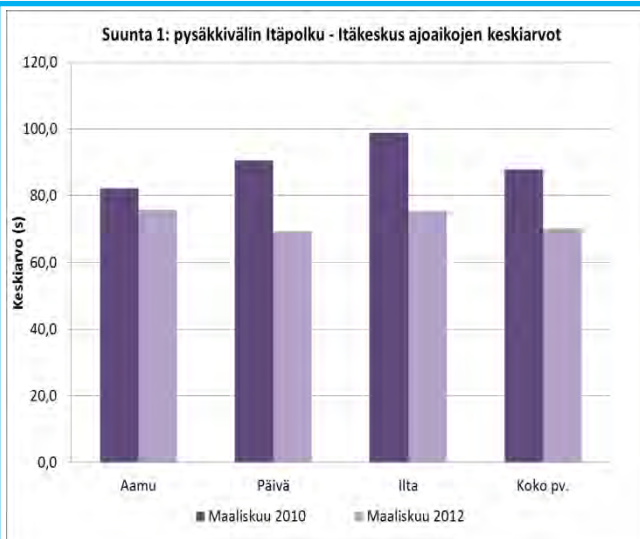
Linja	suunta 1	suunta 2
82, 98	Itäpolku (4491) – Itäkeskus (4312)	Itäkeskus (4328) – Itäpolku (4490)
		Itäkeskus (4326) – Itäpolku (4490)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa havaittiin ajoaikojen keskiarvojen laskeneen kummassakin suunnassa, erityisesti suunnassa 1, jossa päivän ja illan osalta havaittiin jopa yli 20 sekunnin lasku ajoaikojen keskiarvoissa. Suunnassa 1 on myös havaittavissa merkittäviä muutoksia keskihajonnoissa, erityisesti ilta-aikaan. Suunnassa 2 havaittiin tilastollisesti merkittäviä muutoksia keskiarvoissa ja tässäkin suunnassa suurin muutos tapahtui ilta-aikaan. Keskihajontojen osalta suunnan 2 muutokset olivat pieniä. Aiemmin kumpikin liittymä oli valo-ohjattu, joten etuajo-oikeutetun suunnan liikenteen nopeutuminen oli odotettavissa.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Ajoaikojen muutoksia tutkitaan kahden vuoden väliltä ja tänä aikana on voinut tapahtua muutoksia liikennemäärissä, jotka on otettava huomioon tutkimustuloksia arvioitaessa.

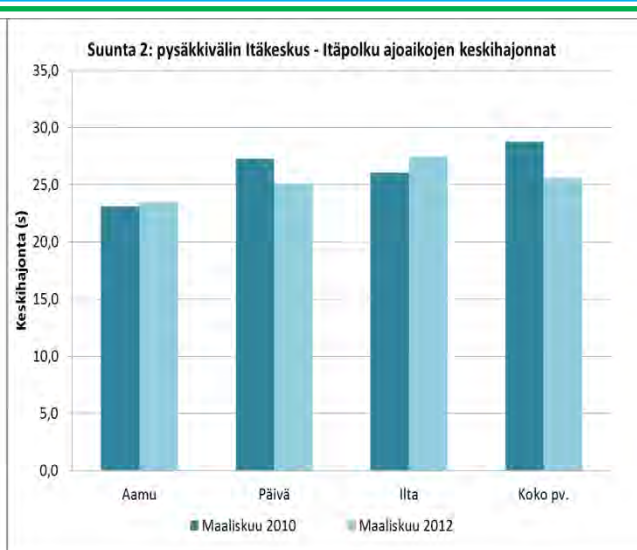
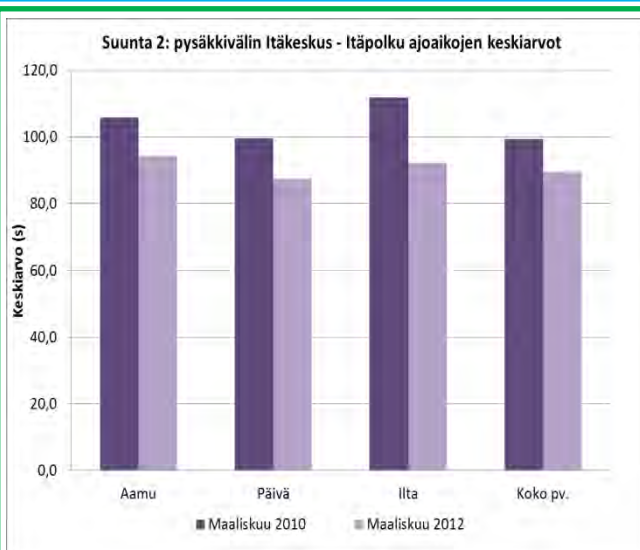


**Suunta 1: Itäpolku - Itäkeskus**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	Maaliskuu 2010 (kpl)	Maaliskuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	82,2	75,9	<b>-6,3</b>	0,057	-	19,4	6,8	<b>-12,6</b>	55	14
Päivä (9.00-15.30)	90,6	69,4	<b>-21,2</b>	0,000	+++	23,7	14,8	<b>-8,9</b>	107	26
Ilta (15.30-17.30)	98,9	75,4	<b>-23,5</b>	0,010	++	41,4	19,6	<b>-21,9</b>	41	13
Koko päivä	87,9	70,3	<b>-17,6</b>	0,000	+++	27,1	13,0	<b>-14,1</b>	256	71

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



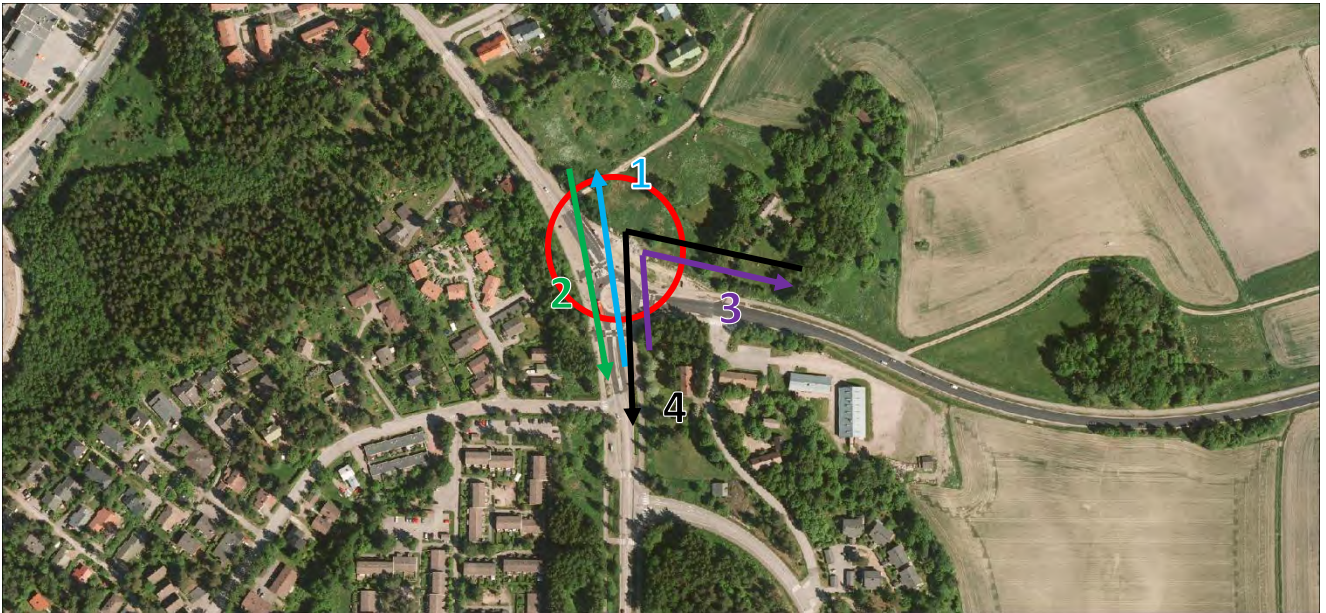
**Suunta 2: Itäkeskus - Itäpolku**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Maaliskuu 2010 (s)	Maaliskuu 2012 (s)	erotus (s)	Maaliskuu 2010 (kpl)	Maaliskuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	105,9	94,3	<b>-11,6</b>	0,002	++	23,1	23,5	<b>0,4</b>	120	64
Päivä (9.00-15.30)	99,6	87,4	<b>-12,1</b>	0,001	+++	27,2	25,1	<b>-2,2</b>	159	90
Ilta (15.30-17.30)	112,0	92,3	<b>-19,7</b>	0,000	+++	26,1	27,4	<b>1,3</b>	90	70
Koko päivä	99,4	89,6	<b>-9,9</b>	0,000	+++	28,8	25,6	<b>-3,2</b>	536	314

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 6: Kiertoliittymä, Ylästöntie, Vantaanlaaksontie, Vanha Nurmijärventie, Vantaa



### Sijainti:

Kiertoliittymä on toteutettu Ylästöntien, Vantaanlaaksontien ja Vanhan Nurmijärventien liittymään Vantaalle.

### Toteutusajankohta:

Kiertoliittymän rakentaminen on aloitettu 2010 ja se on valmistunut 2011. Tutkimuksessa on tutkittu ajoaikoja vuoden 2009 huhtikuulta sekä vuoden 2012 huhtikuulta.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

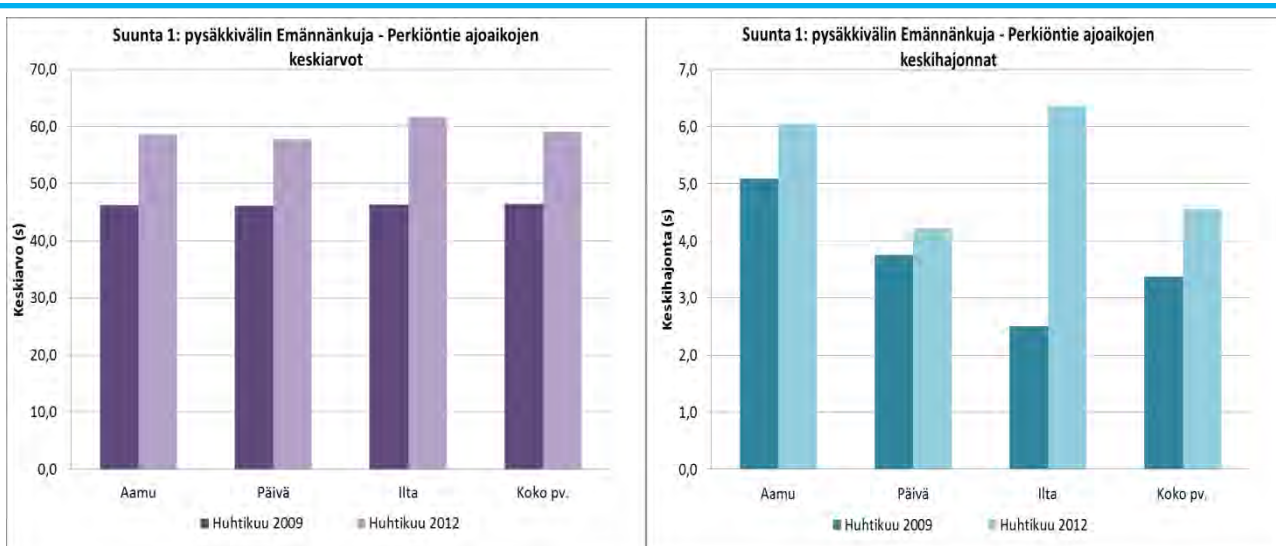
Linja	suunta 1	suunta 2
474, 474A, 474K, 474V	Emännänkuja (V1825) – Perkiöntie (V1810)	Martinkyläntie (V1813) – Perkiöntie (V1811)
Linja	suunta 3	suunta 4
55	Emännänkuja (V1825) – Vanha Nurmijärventie (V1830)	Kuninkaantie (V4098) – Perkiöntie (V1811)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa havaittiin suuntien 1, 2 ja 3 ajoaikojen keskiarvojen kasvaneen ja suunnassa 1 kaikkien näiden muutosten todettiin olevan tilastollisesti erittäin merkitseviä. Myös keskihajonnat kasvoivat näissä ajosuunnissa. Suunnan 2 osalta vuoden 2012 huhtikuun tilanteesta oli erittäin vähän tutkittavia arvoja eri päivänaikojen osalta, mutta koko päivän osalta arvoja oli riittävästi luotettavan tuloksen saamiseksi. Suunnassa 4 havaittiin erittäin suuret muutokset ajoaikojen keskiarvoissa, sillä kierto liittymän rakentamisen jälkeisen tilanteen keskiarvot laskivat yli 50 sekuntia verrattuna alkuperäiseen liittymään. Alkuperäisessä tilanteessa suunnalla 4 oli kärkikolmio osoittamassa väistämismisvelvollisuutta.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Kohteen tutkimustuloksia analysoitaessa on syytä muistaa, että ennen – tilanne on vuodelta 2009 ja jälkeen tilanne vuodelta 2012, joten liikennemäärien, linja-autojen vuorovälin sekä liikennejärjestelmän laajamittaisilla muutoksilla on mahdollisesti ollut suuri vaikutus tähän tutkimuskohteeseen.

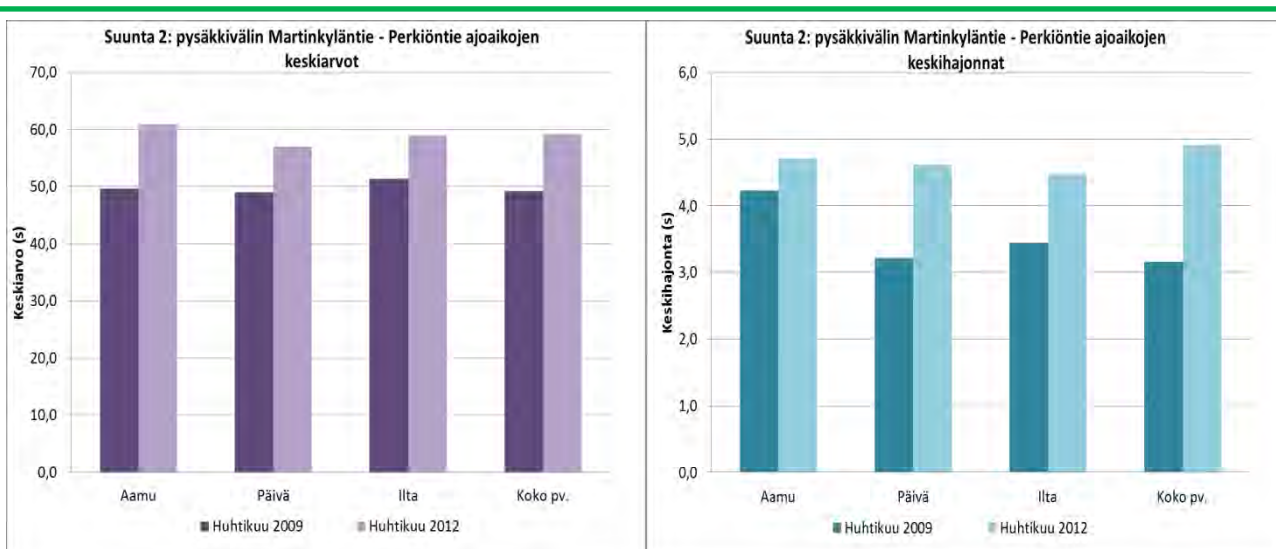


### Suunta 1: Emännänkuja - Perkiöntie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	46,3	58,6	<b>12,3</b>	0,000	+++	5,1	6,0	<b>1,0</b>	14	15
Päivä (9.00-15.30)	46,1	57,8	<b>11,7</b>	0,000	+++	3,8	4,2	<b>0,5</b>	45	42
Ilta (15.30-17.30)	46,3	61,6	<b>15,3</b>	0,000	+++	2,5	6,4	<b>3,9</b>	37	32
Koko päivä	46,5	59,1	<b>12,6</b>	0,000	+++	3,4	4,5	<b>1,2</b>	121	117

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

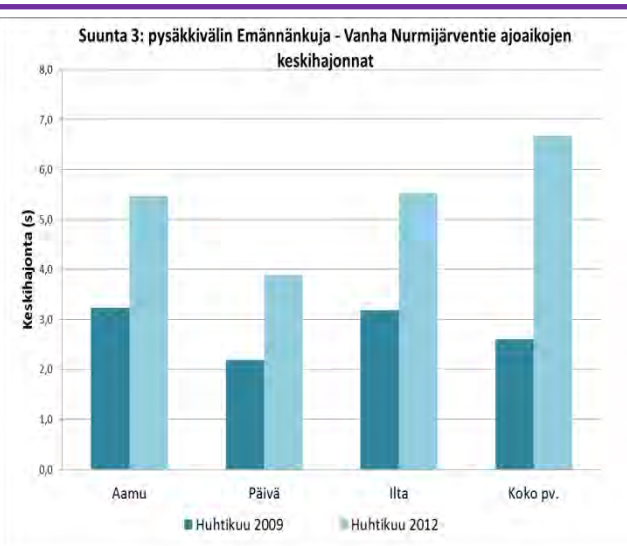
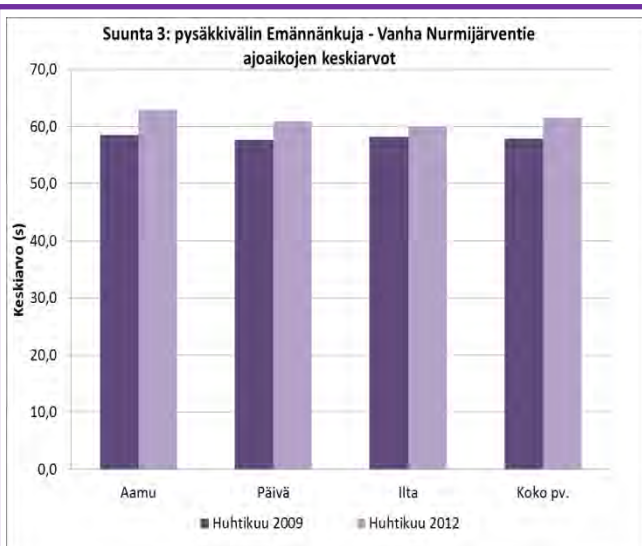


### Suunta 2: Martinkyläntie - Perkiöntie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	49,6	60,8	<b>11,2</b>	N/A	-	4,2	4,7	<b>0,5</b>	24	6
Päivä (9.00-15.30)	49,0	57,0	<b>8,0</b>	N/A	-	3,2	4,6	<b>1,4</b>	28	6
Ilta (15.30-17.30)	51,4	59,0	<b>7,6</b>	N/A	-	3,4	4,5	<b>1,0</b>	10	4
Koko päivä	49,2	59,2	<b>9,9</b>	0,000	+++	3,2	4,9	<b>1,8</b>	70	26

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

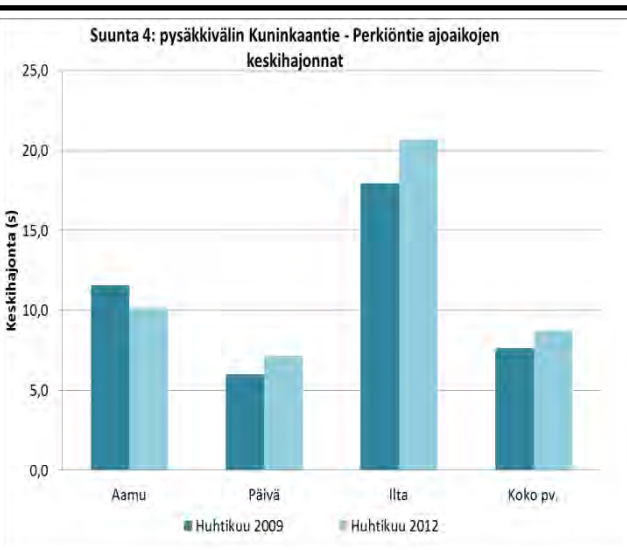
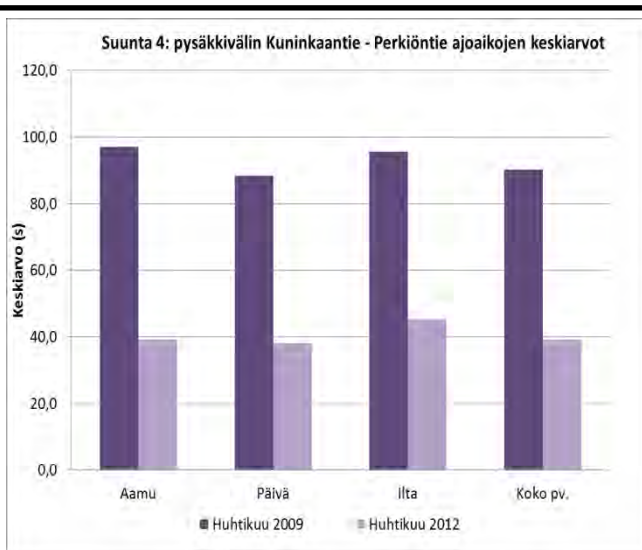


Suunta 3: Emännänkuja - Vanha Nurmijärventie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	58,5	62,9	<b>4,4</b>	N/A	-	3,2	5,5	<b>2,2</b>	30	12
Päivä (9.00-15.30)	57,6	60,9	<b>3,3</b>	0,001	+++	2,2	3,9	<b>1,7</b>	69	23
Ilta (15.30-17.30)	58,2	60,0	<b>1,8</b>	N/A	-	3,2	5,5	<b>2,3</b>	34	7
Koko päivä	57,8	61,5	<b>3,7</b>	0,000	+++	2,6	6,7	<b>4,1</b>	178	52

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää



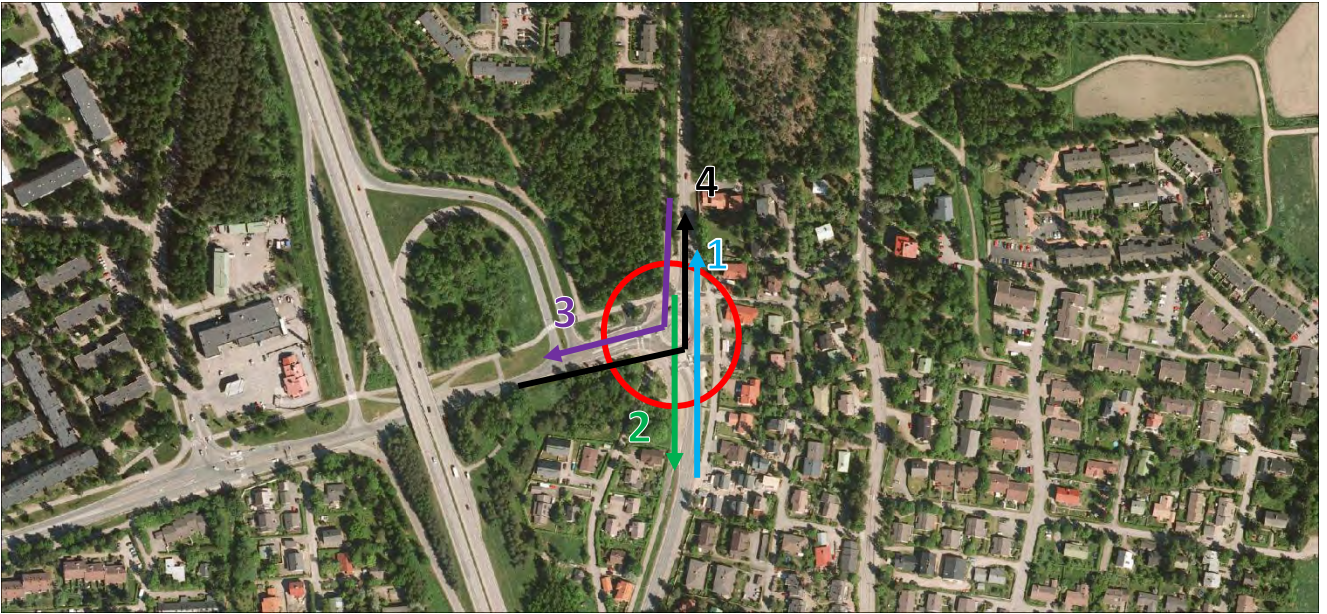
Suunta 4: Kuninkaantie - Perkiöntie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	97,0	39,1	<b>-57,9</b>	0,000	+++	11,6	10,2	<b>-1,4</b>	60	46
Päivä (9.00-15.30)	88,4	38,1	<b>-50,3</b>	0,000	+++	6,0	7,2	<b>1,2</b>	153	74
Ilta (15.30-17.30)	95,6	45,3	<b>-50,3</b>	0,000	+++	17,9	20,7	<b>2,7</b>	41	38
Koko päivä	90,2	39,1	<b>-51,1</b>	0,000	+++	7,6	8,7	<b>1,1</b>	436	234

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 7: Kiertoliittymä, Vantaanlaaksontie, Martinlaaksontie, Vantaa



### Sijainti:

Kiertoliittymä on toteutettu Vantaalle Vantaanlaaksontien ja Martinlaaksontien liittymään Hämeenlinnanväylän itäpuolelle, Silvolan tekojärven länsipuolelle.

### Toteutusajankohta:

Kiertoliittymän rakentaminen on aloitettu 2010 ja se on valmistunut 2011.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

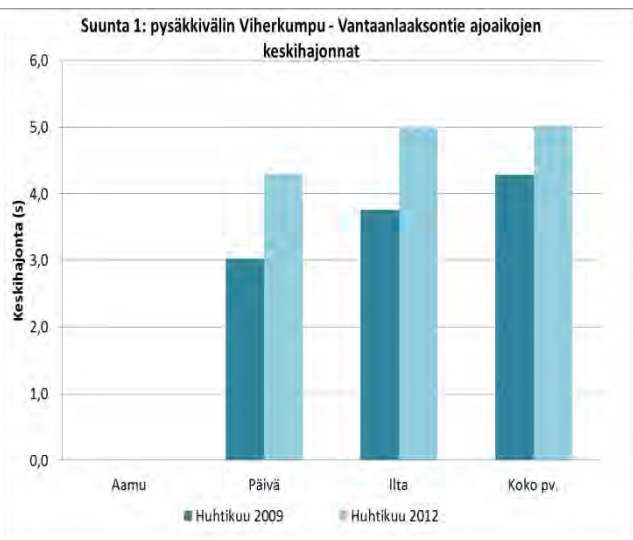
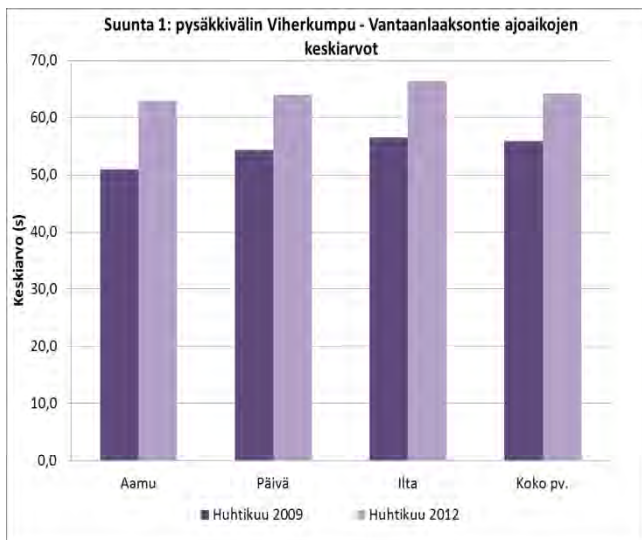
Linja	suunta 1	suunta 2
474, 474A, 474K, 474V	Viherkumpu (V1803) – Vantaanlaaksontie (V1823)	Emännänkuja (V1826) – Kynttiläkuja (V1822)
Linja	suunta 3	suunta 4
55, 57	Emännänkuja (V1826) – Vantaanlaaksontie (V1824)	Kukintie (V1709) – Vantaanlaaksontie (V1823)

### Vaikutusten arviointi:

Ajoaikojen keskiarvot kasvoivat kaikissa tutkituissa suunnissa, erityisesti suunnassa 2. Suunnissa 1 ja 3 muutokset olivat lisäksi tilastollisesti erittäin merkitseviä. Suunnassa 2 keskiarvon muutos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vain koko päivän osalta, sillä eri päivänajoille oli tutkittavia arvoja liian vähän tilastollisen merkitsevyyden saavuttamiseksi. Ajoaikojen keskihajonnat muuttuivat hyvin vähän, suunnissa 1 ja 3 muutos oli suurempaan päin, kun taas suunnissa 2 ja 4 keskihajonnat pienenivät hieman.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Kohteen tutkimustuloksia analysoitaessa on syytä muistaa, että ennen – tilanne on vuodelta 2009 ja jälkeen tilanne vuodelta 2012, joten liikennemäärien, linja-autojen vuorovälin sekä liikennejärjestelmän laajamittaisilla muutoksilla on mahdollisesti ollut suuri vaikutus tähän tutkimuskohteeseen.

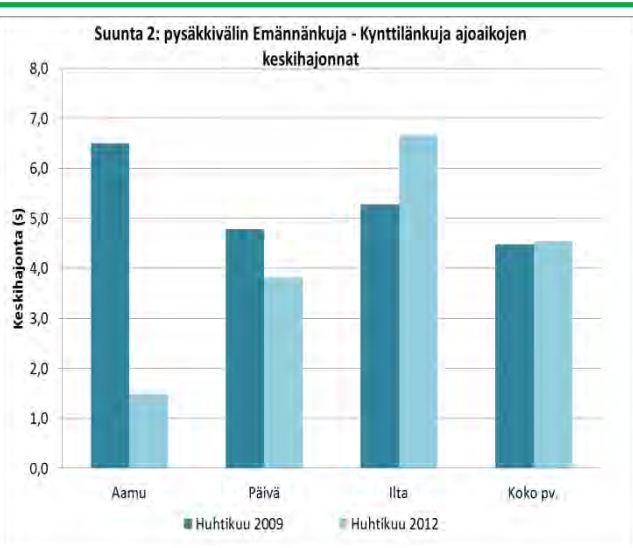
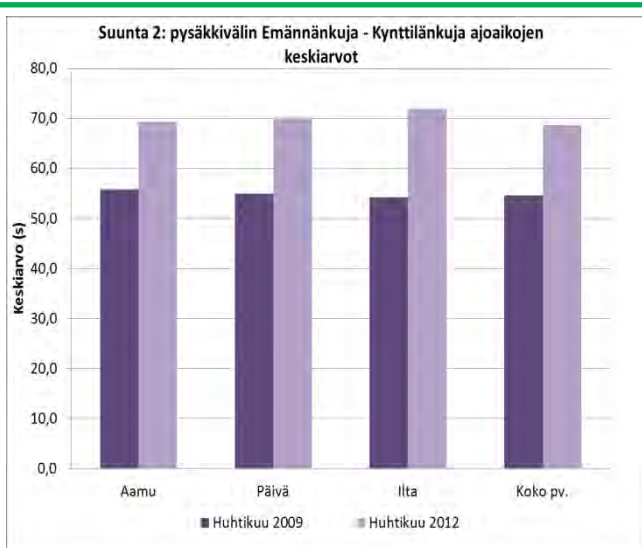


Suunta 1: Viherkumpu - Vantaanlaaksontie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	51,0	63,0	<b>12,0</b>	N/A	-	-	-	-	1	1
Päivä (9.00-15.30)	54,4	64,0	<b>9,6</b>	0,000	+++	3,0	4,3	<b>1,3</b>	11	15
Ilta (15.30-17.30)	56,5	66,5	<b>10,0</b>	0,000	+++	3,8	5,0	<b>1,2</b>	16	15
Koko päivä	55,9	64,3	<b>8,3</b>	0,000	+++	4,3	5,0	<b>0,7</b>	39	52

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

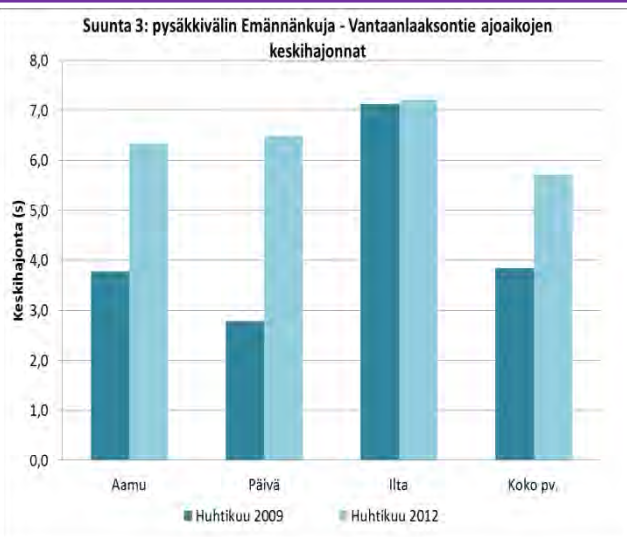
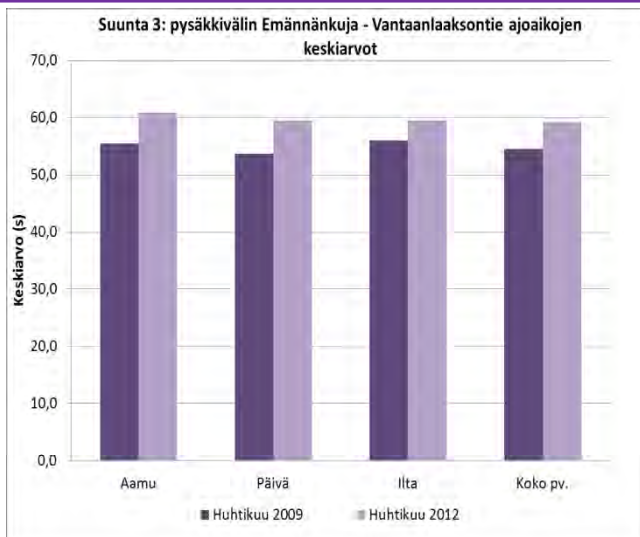


Suunta 2: Emännänkuja - Kynttilänkuja

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	55,8	69,3	<b>13,5</b>	N/A	-	6,5	1,5	<b>-5,0</b>	32	7
Päivä (9.00-15.30)	55,0	70,1	<b>15,1</b>	N/A	-	4,8	3,8	<b>-1,0</b>	38	8
Ilta (15.30-17.30)	54,2	72,0	<b>17,8</b>	N/A	-	5,3	6,7	<b>1,4</b>	17	4
Koko päivä	54,7	68,7	<b>14,0</b>	0,000	+++	4,5	4,5	<b>0,1</b>	96	26

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

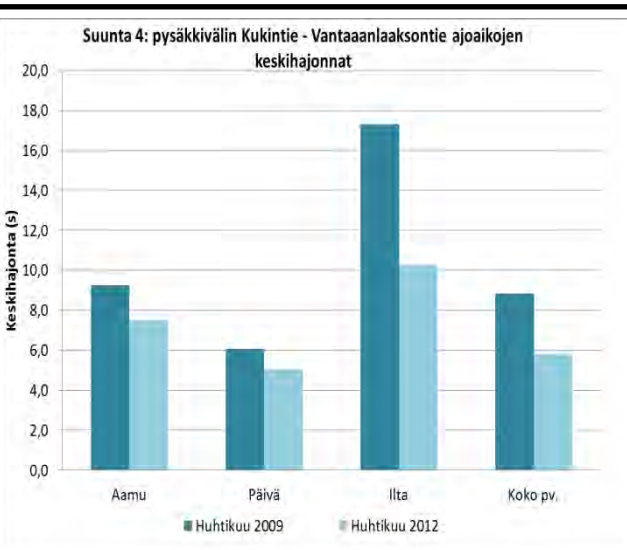
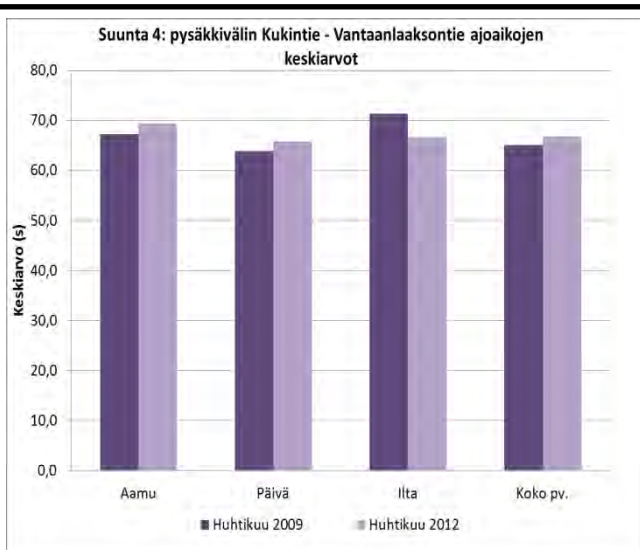


Suunta 3: Emännänkuja - Vantaanlaaksontie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	55,5	60,8	5,4	0,000	+++	3,8	6,3	2,6	50	37
Päivä (9.00-15.30)	53,7	59,5	5,8	0,000	+++	2,8	6,5	3,7	84	47
Ilta (15.30-17.30)	56,0	59,4	3,5	0,031	+	7,1	7,2	0,1	43	42
Koko päivä	54,5	59,3	4,8	0,000	+++	3,8	5,7	1,9	226	146

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



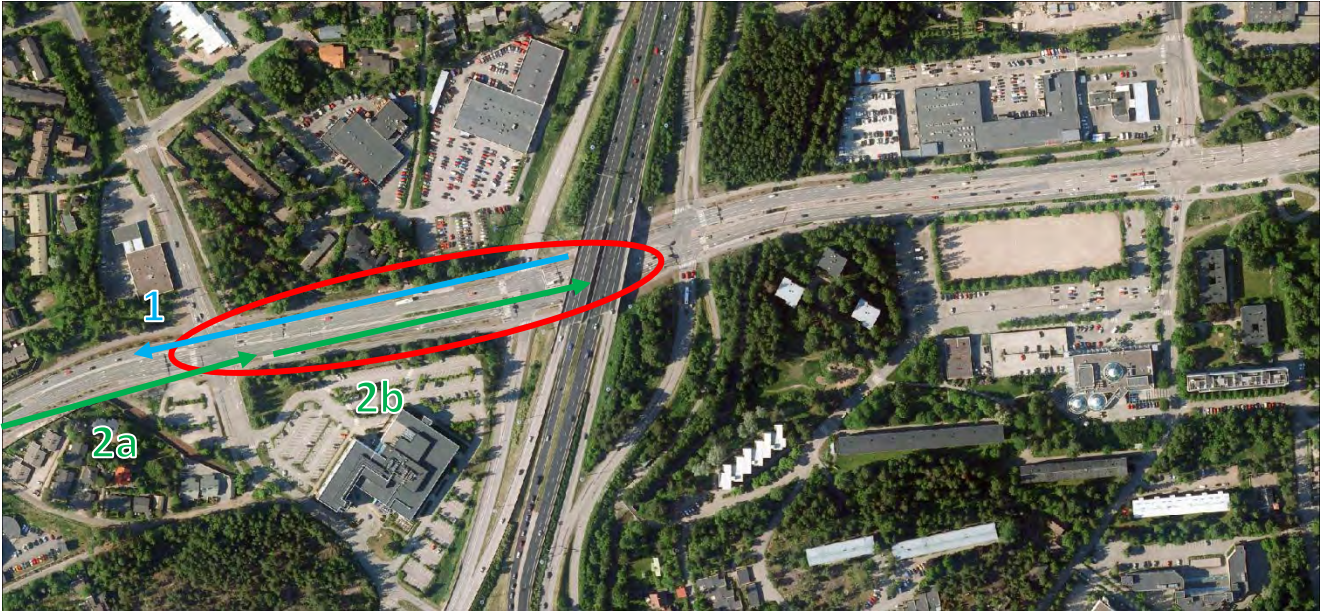
Suunta 4: Kukintie - Vantaanlaaksontie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	67,2	69,4	2,2	0,217	-	9,3	7,5	-1,7	56	35
Päivä (9.00-15.30)	63,9	65,8	1,9	0,040	+	6,1	5,1	-1,0	105	57
Ilta (15.30-17.30)	71,3	66,7	-4,6	0,147	-	17,3	10,3	-7,0	49	30
Koko päivä	65,1	66,8	1,7	0,021	+	8,8	5,8	-3,0	277	144

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 8: Joukkoliikennekaista, Kuitinmäentie välillä Kehä II – Uuskartanontie, Espoo



### Sijainti:

Joukkoliikennekaista on toteutettu Espooseen Kuitinmäentielle välille Uuskartanontie – Kehä molempiin suuntiin.

### Toteutusajankohta:

Joukkoliikennekaista on toteutettu vuonna 2010. Tutkimuksessa on tutkittu vuoden 2009 ja 2011 huhtikuuden ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

Linja	suunta 1	suunta 2A
12, 13, 14, 19, 122, 122A	Gräsanristi (E3227) – Aamutie (E3228)	Aamutie (E3229) – Piispankalliontie (E3249)
Linja		suunta 2B
12, 13, 14, 19, 122, 122A		Piispankalliontie (E3249) – Gräsanristi (E3236)

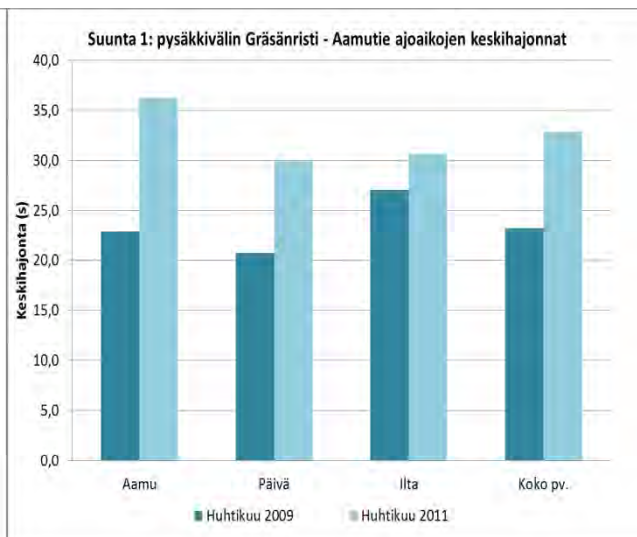
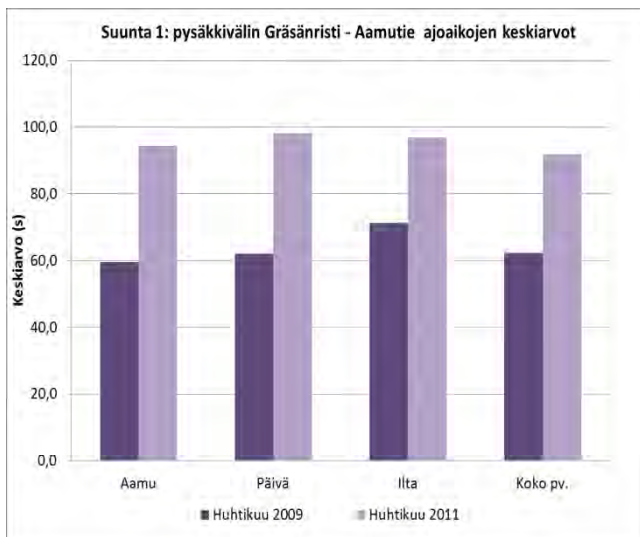
### Vaikutusten arviointi:

Suunnat 1 ja 2A pitävät sisällään myös Uuskartanontien valoliittymän, joka hyvin todennäköisesti vaikuttaa tuloksiin merkittävästi. Suunta 2B:ssä tutkittava pysäkkiväli on vasta kyseisen valoliittymän jälkeen ja pitää sisällään pelkästään joukkoliikennekaistaosuutta.

Suunnissa 1 ja 2A ovat niin ajoaikojen keskiarvot kuin keskihajonnatkin nousseet. Keskiarvojen muutokset ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä, joten muutokset ovat todellisia. Kuten edellä on mainittu, pitävät kyseiset suunnat sisällään liikennevaloliittymän, joten on oletettava, että havaitut muutokset ovat liikennevaloista johtuvia. Myös suunnan 2B pysäkkivälillä ajoaikojen keskiarvot ja keskihajonnat ovat nousseet, mutta nämä muutokset ovat pienempiä eivätkä ne ole tilastollisesti merkitseviä.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Uuskartanontien liittymän ympäristössä on tehty myös muita tietöitä, jotka voivat vaikuttaa tuloksiin.

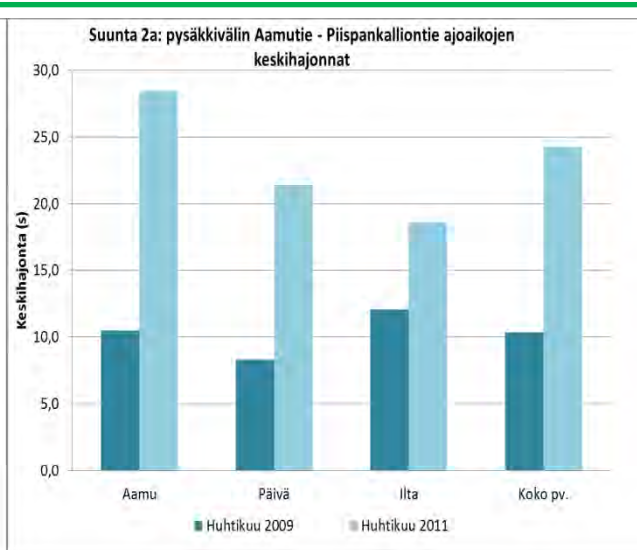
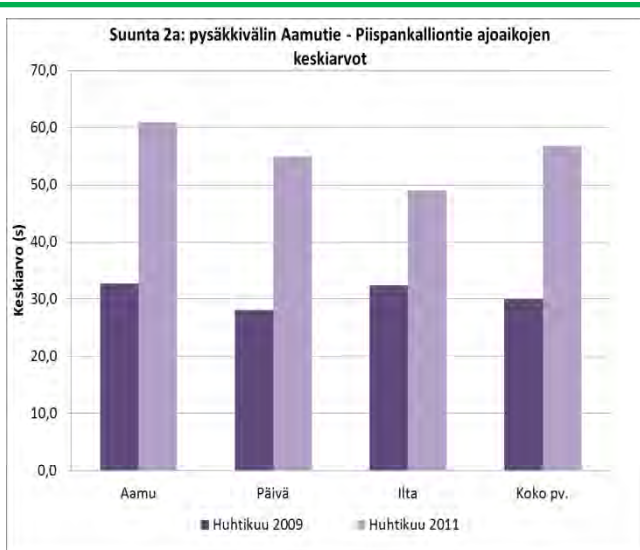


Suunta 1: Gräsänristi - Aamutie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	59,6	94,4	<b>34,8</b>	0,000	+++	22,9	36,3	<b>13,4</b>	103	59
Päivä (9.00-15.30)	62,2	98,2	<b>36,1</b>	0,000	+++	20,8	29,9	<b>9,1</b>	208	107
Ilta (15.30-17.30)	71,2	96,9	<b>25,7</b>	0,000	+++	27,0	30,6	<b>3,6</b>	194	80
Koko päivä	62,3	91,8	<b>29,5</b>	0,000	+++	23,2	32,9	<b>9,7</b>	716	383

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin

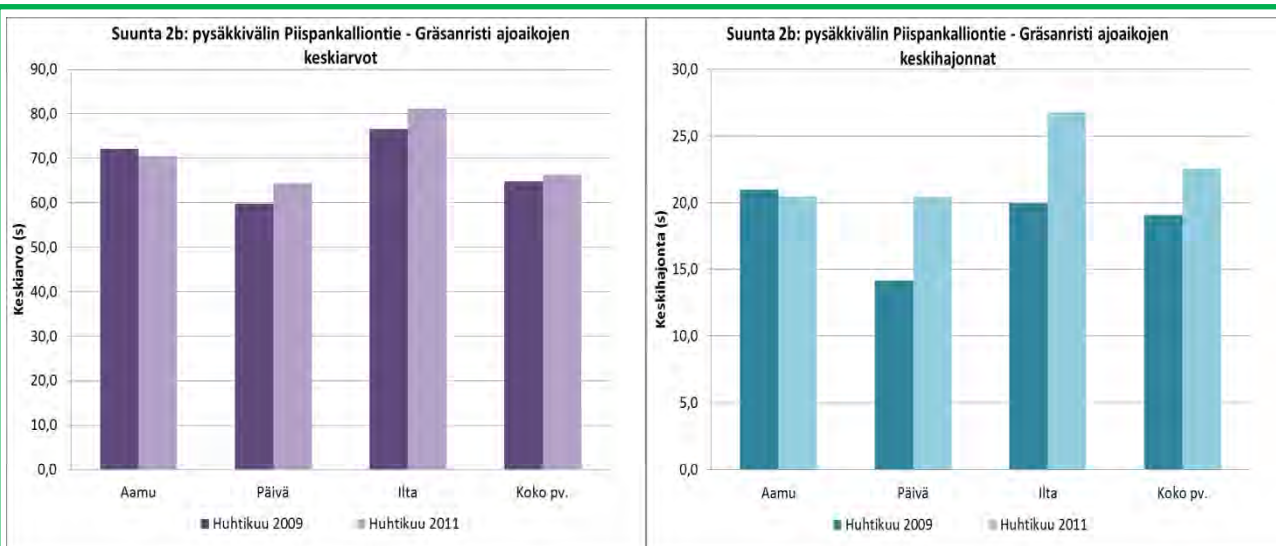


Suunta 2a: Aamutie - Piispankalliontie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	32,8	60,9	<b>28,2</b>	0,000	+++	10,5	28,5	<b>18,0</b>	121	62
Päivä (9.00-15.30)	28,1	54,9	<b>26,8</b>	0,000	+++	8,3	21,4	<b>13,1</b>	121	55
Ilta (15.30-17.30)	32,5	49,1	<b>16,6</b>	0,000	+++	12,1	18,6	<b>6,5</b>	81	33
Koko päivä	29,9	56,7	<b>26,8</b>	0,000	+++	10,4	24,3	<b>13,9</b>	405	174

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää



**Suunta 2b: Piispankalliontie - Gräsänristi**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyt*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	72,1	70,5	<b>-1,6</b>	0,709	-	21,0	20,5	<b>-0,5</b>	72	35
Päivä (9.00-15.30)	59,8	64,4	<b>4,6</b>	0,151	-	14,1	20,4	<b>6,3</b>	119	51
Ilta (15.30-17.30)	76,6	81,2	<b>4,6</b>	0,546	-	20,0	26,8	<b>6,8</b>	39	17
Koko päivä	64,8	66,3	<b>1,4</b>	0,546	-	19,1	22,6	<b>3,5</b>	276	123

\*T-testin merkitsevyyt:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 9: Joukkoliikennekaista, Pitäjänmäentie välillä Henrikintie – Konalantie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikennekaista on toteutettu Pitäjänmäentielle Helsinkiin välillä Henrikintie – Konalantie itään päin ajettaessa.

### Toteutusajankohta:

Joukkoliikennekaista on toteutettu vuonna 2010. Tutkimuksessa on tutkittu ajoaikojavuoden 2009 huhtikuulta ja vuoden 2011 huhtikuulta.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

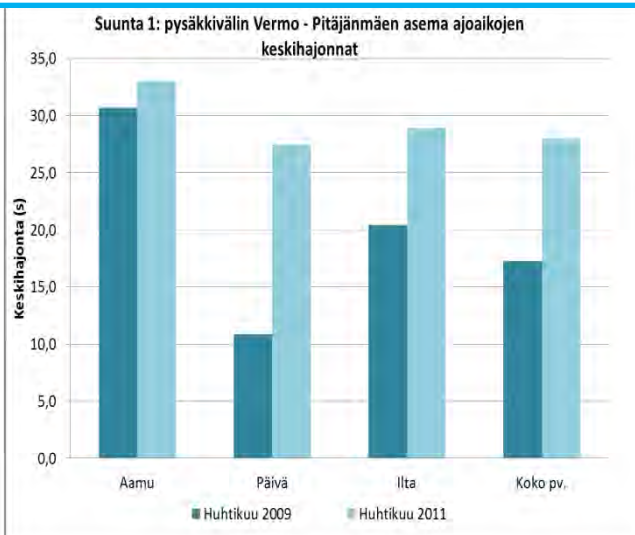
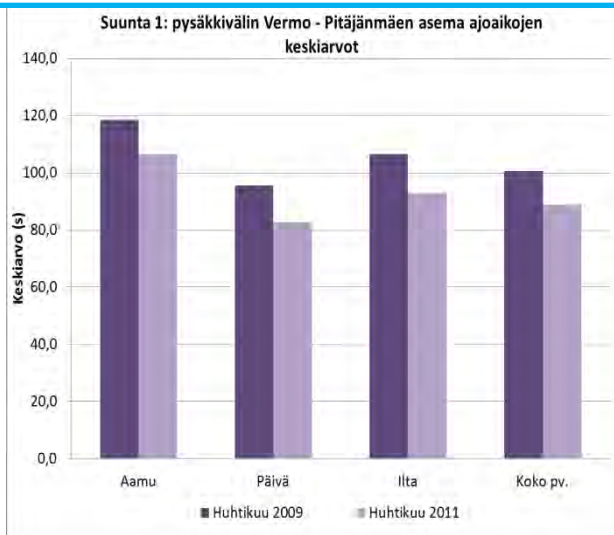
Linja	suunta 1
550	Vermo (E1132) - Pitäjämäen asema (1524)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksen tuloksista nähdään, että ajoaikojen keskiarvot ovat laskeneet reilun kymmenen sekuntia kaikkina vuorokauden aikoina ja näistä aamun osalta tulokset ovat tilastollisesti melkein merkitseviä ja päivän, illan sekä koko päivän osalta tilastollisesti erittäin merkitseviä. Samaan aikaan kuitenkin keskihajonnat ovat kasvaneet, erityisesti päivä-aikaan eli kello 9.00–15.30 välisenä aikana bussien liikennöinti on muuttunut epäluotettavammaksi. Toisaalta lähtötilanteessa päivä-ajan keskihajonta oli todella pieni ja huhtikuun 2011 tilanteessa eri aikojen keskihajonnat ovat lähempänä toisiaan.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tutkimuksissa ei ole löydetty muita kohteeseen merkittävistä vaikuttavista tekijöitä.



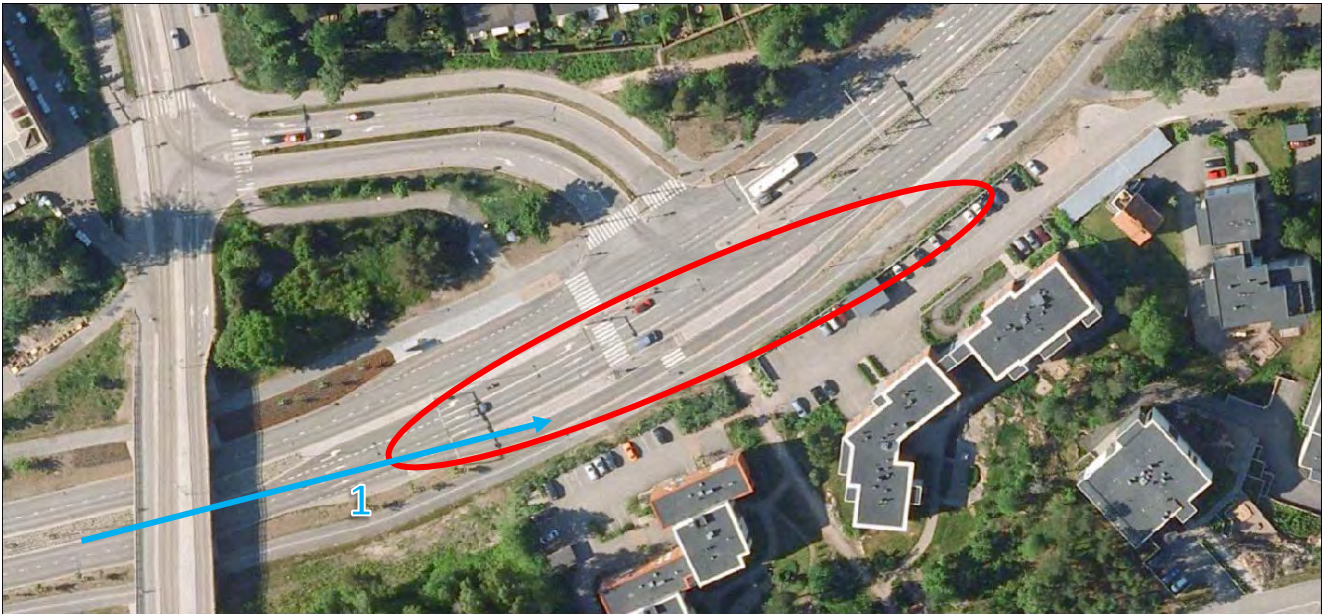
Suunta 1: Vermo - Pitäjänmäen asema

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	118,5	106,5	-11,9	0,026	+	30,7	33,0	2,3	59	94
Päivä (9.00-15.30)	95,5	82,7	-12,9	0,000	+++	10,9	27,5	16,6	115	137
Ilta (15.30-17.30)	106,5	92,8	-13,8	0,000	+++	20,4	28,9	8,5	108	120
Koko päivä	100,7	88,9	-11,8	0,000	+++	17,3	28,0	10,7	414	481

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 10: Liittymäohitus Kuitinmäentie, Olarinkatu, Espoo



### Sijainti:

Liittymäohitus sijaitsee Kuitinmäentiellä Olarinkadun liittymän kohdalla itään päin ajettaessa.

### Toteutusajankohta:

Liittymäohituksen rakentaminen aloitettiin vuonna 2009, valmistui 2010. Tutkimuksessa tutkitaan vuoden 2009 huhtikuun ajoaikoja sekä vuoden 2011 huhtikuun ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

Linjat	suunta 1
12, 13, 14	Piispanportti (E3260) – Olarinristi (E3258)

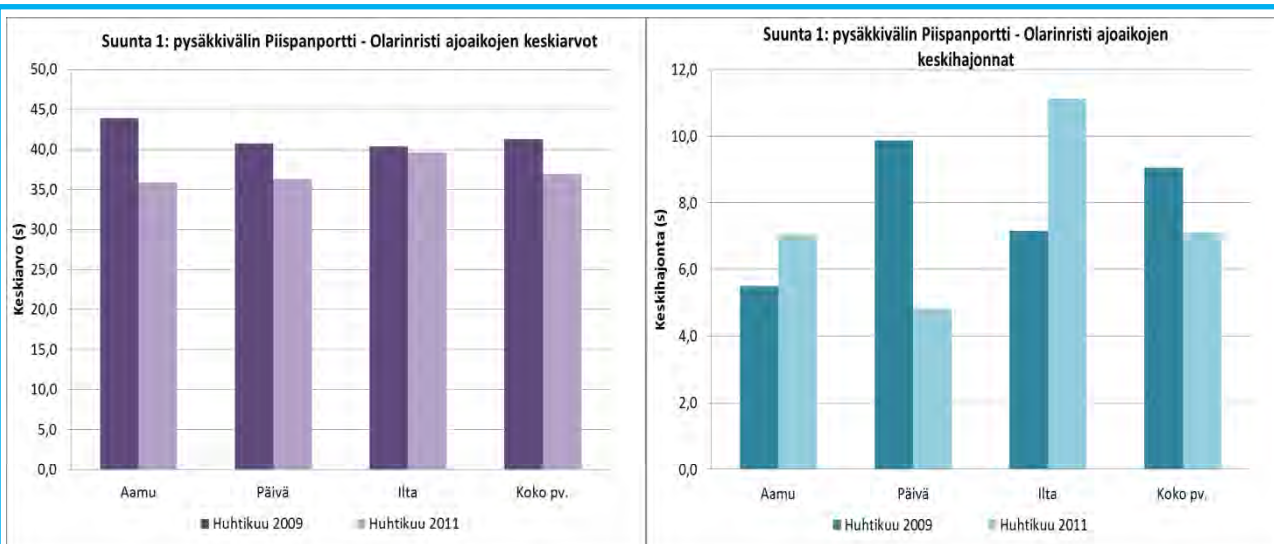
### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa havaittiin ajoaikojen keskiarvojen laskeneen tutkittavalla pysäkkivälillä erityisesti aamulla, jolloin keskiarvo laski 8 sekuntia. Päivällä ja koko päivänä keskiarvot laskivat noin 4 sekuntia. Pysäkkivälin matka-aika on verrattain lyhyt 8 (n. 40 sekuntia), joten keskiarvot ovat pienentyneet noin 10 – 20 %.

Ajoaikojen keskihajonnat ovat kasvaneet hieman aamuisin ja iltaisin, mutta päivällä ja koko päivän osalta ne ovat hieman laskeneet. Kuten matka-aikojen keskiarvot, myös keskihajonnat ovat tässä kohteessa olleet jo vuoden 2009 tilanteessa olleet melko pieniä.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Kuitinmäentiellä on tehty enemmänkin suuria tietöitä, joilla voi olla vaikutuksia myös tämän tutkimuskohteen ajoaikoihin.



### Suunta 1: Piispanportti - Olarinristi

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Huhtikuu 2009 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2009 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	43,9	35,9	<b>-8,0</b>	N/A	-	5,5	7,1	<b>1,6</b>	10	8
Päivä (9.00-15.30)	40,8	36,3	<b>-4,5</b>	0,009	++	9,9	4,8	<b>-5,0</b>	53	28
Ilta (15.30-17.30)	40,4	39,6	<b>-0,8</b>	0,831	-	7,2	11,1	<b>4,0</b>	17	13
Koko päivä	41,3	36,9	<b>-4,3</b>	0,001	+++	9,1	7,1	<b>-1,9</b>	111	59

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 11: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kalevantie, Tietäjantie, Espoo



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu tiedelinjalle (linja 506) Espoon Kalevalantien ja Tietäjätien risteykseen. Lisäksi etuus vaikuttaa samaa reittiä ajavaan seutuliikenteen linjaan 103.

### Toteutusajankohta:

Joukkoliikenne-etuus on otettu käyttöön joulukuussa 2010. Tutkimuksessa on tutkittu syyskuun 2010 sekä huhtikuun 2011 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

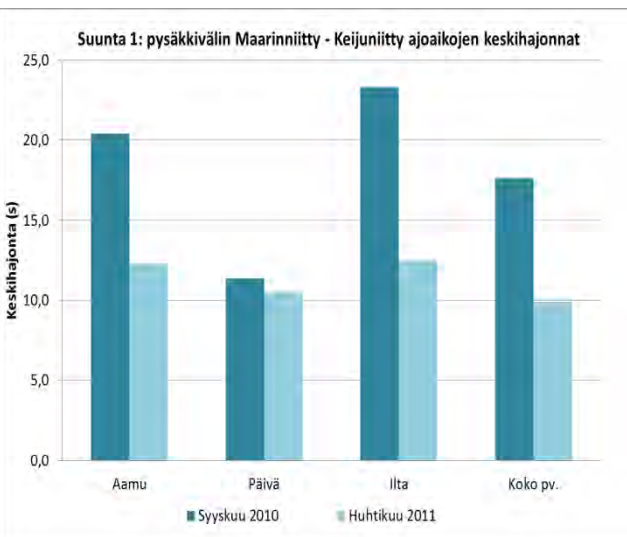
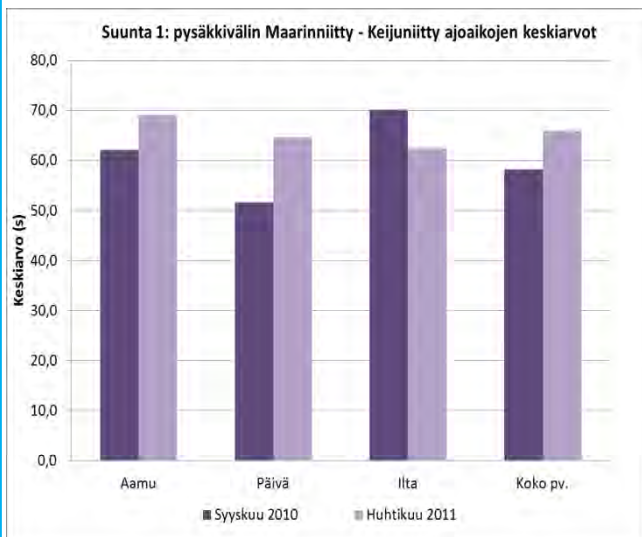
Linjat	suunta 1	suunta 2
506	Maarinniitty (E2079) – Keijuniitty (E2065)	Keijuniitty (E2063) - Maarinniitty (E2072)

### Vaikutusten arviointi:

Suunnassa 1 keskiarvoissa ainoat tilastollisesti merkitsevät muutokset ovat keskiarvon kasvu päiväliikenteessä sekä koko päivän osalta. Samalla kuitenkin suunnan 1 ajoaikojen keskihajonnat ovat pienentyneet aamu- ja iltaliikenteessä. Keskihajonnat ovat laskeneet jopa 8 – 11 sekuntia, eli noin 40 % alkuperäisestä. Suunta 2 on etukäteen ajateltuna se suunta, joka voisi tutkittavasti liikennevaloetuudesta eniten hyötyä. Suunta 1 on käytännössä liittymän pääsuunta, sillä siihen suuntaan kääntyvillä ei ole erillistä nuolivaloa, vaikka kääntyville oma kaista onkin. Suunta 2 on selkeästi liittymän sivusuunta ja uuden etuuden myötä ajoaikojen keskiarvot ovatkin laskeneet. Suurin vaikutus on huomattavissa iltaliikenteessä, jolloin keskiarvo on laskenut 22,7 sekuntia. Keskihajonnan osalta suurin muutos on havaittavissa koko päivän liikenteen arvoissa sekä aamuliikenteessä.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Liikenteen ruuhkautuminen Kehä I:n liittymässä voi aiheuttaa jonoja, jotka venyvät kauas liittymästä ja täten vaikuttavat suunnan 2 tuloksiin. Jokeri-linjalla on Kehä I:n liittymässä vahvat etuudet, jotka erityisesti ruuhka-aikaan voivat aiheuttaa viiveitä muulle liikenteelle.

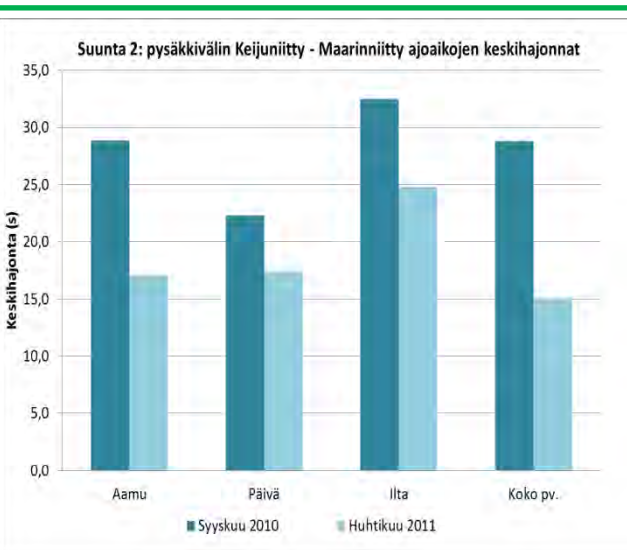
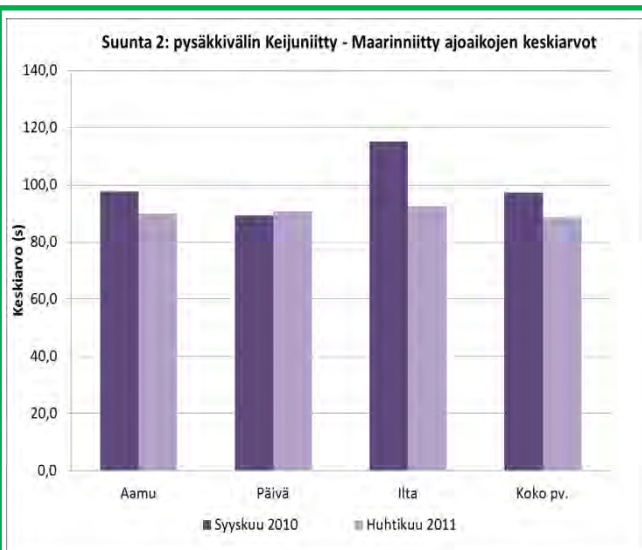


Suunta 1: Maarinniitty - Keijuniitty

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Syyskuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	62,1	69,1	7,0	0,087	-	20,4	12,3	-8,1	39	29
Päivä (9.00-15.30)	51,6	64,6	13,0	0,000	+++	11,4	10,5	-0,8	39	25
Ilta (15.30-17.30)	70,1	62,4	-7,7	0,296	-	23,3	12,5	-10,9	14	17
Koko päivä	58,2	65,9	7,7	0,000	+++	17,6	9,9	-7,7	102	81

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää



Suunta 2: Keijuniitty - Maarinniitty

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Syyskuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	97,7	90,0	-7,7	0,300	-	28,9	17,1	-11,8	26	15
Päivä (9.00-15.30)	89,2	90,7	1,5	0,750	-	22,3	17,4	-4,8	35	50
Ilta (15.30-17.30)	115,2	92,5	-22,7	0,004	++	32,5	24,8	-7,7	32	29
Koko päivä	97,2	88,7	-8,6	0,006	+	28,8	15,1	-13,7	114	115

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 12: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Ramsaynranta, Saunalahdentie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Ramsaynrannan ja Saunalahdentien liittymään Ramsaynrantaa kulkeville linja-autoille.

### Toteutusajankohta:

Etuus on otettu käyttöön 23.11.2010. Tutkimuksessa on tutkittu lokakuun 2010 ja huhtikuun 2011 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

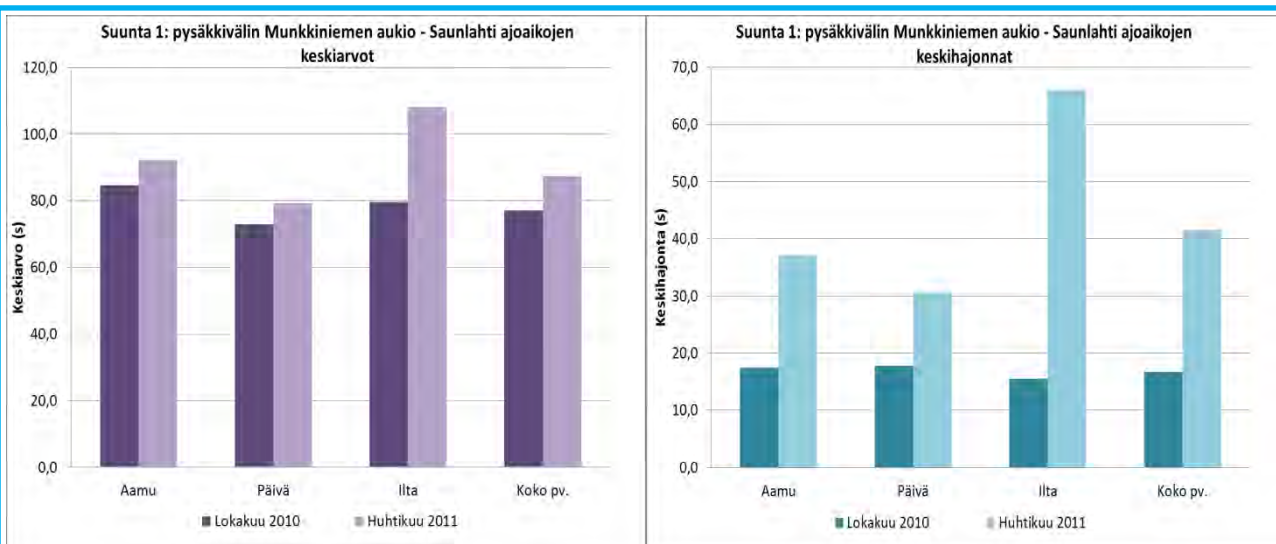
Linjat	suunta 1	suunta 2
194,194A,195, 195N,503-506	Munkkiniemen aukio (1407) – Saunalahti (1409)	Kuusiniementie (1410) – Saunalahti (1408)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksissa havaittiin tutkittujen pysäkkivälien ajoaikojen keskiarvojen kasvaneen huomattavasti. Suurin kasvu havaittiin suunnassa 1 iltana-aikaan, jolloin keskimääräinen matka-aika kasvoi liki 30 sekuntia. Tämä kasvu todettiin tilastollisesti erittäin merkitseväksi. Saman suunnan ja ajankohdan ajoaikojen keskihajonta kasvoi 15,5 sekuntista 66 sekuntiin eli kasvua tuli yli 50 sekuntia. Suunnassa 1 nähdään myös muita merkittäviä keskihajontojen nousuja, mutta suunnassa 2 muutokset ovat huomattavasti maltillisimpia, noin 3-4 sekunnin luokkaa. Suunnan 2 ajoaikojen keskiarvot kasvoivat myös n. 10–15 sekunnin verran ja nämä tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä ja erittäin merkitseviä. Tuloksia voidaan pitää ennako-odotuksien vastaisina, sillä suunnilla 1 ja 2 annettujen liikennevaloetuksien odotettiin nopeuttavan matkaa sekä mahdollisesti parantavan matkanteon luotettavuutta, mutta tulokset olivat päinvastaisia.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Kohdetta tutkittaessa ei ole havaittu muita tekijöitä, joilla voisi olla merkittäviä vaikutuksia tuloksiin.

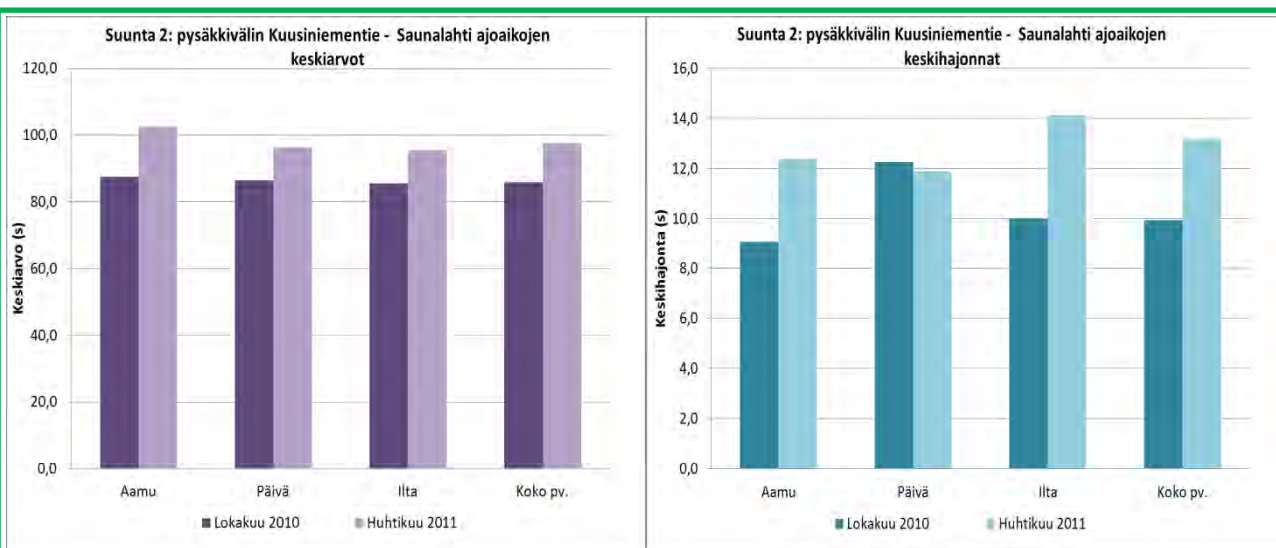


**Suunta 1: Munkkiniemen aukio - Saunalahti**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Lokakuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Lokakuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Lokakuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	84,6	92,2	<b>7,7</b>	0,055	-	17,4	37,2	<b>19,8</b>	117	106
Päivä (9.00-15.30)	72,9	79,2	<b>6,3</b>	0,037	+	17,8	30,7	<b>12,9</b>	138	142
Ilta (15.30-17.30)	79,5	108,1	<b>28,6</b>	0,000	+++	15,5	66,0	<b>50,5</b>	120	114
Koko päivä	77,1	87,4	<b>10,3</b>	0,000	+++	16,7	41,6	<b>25,0</b>	475	470

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



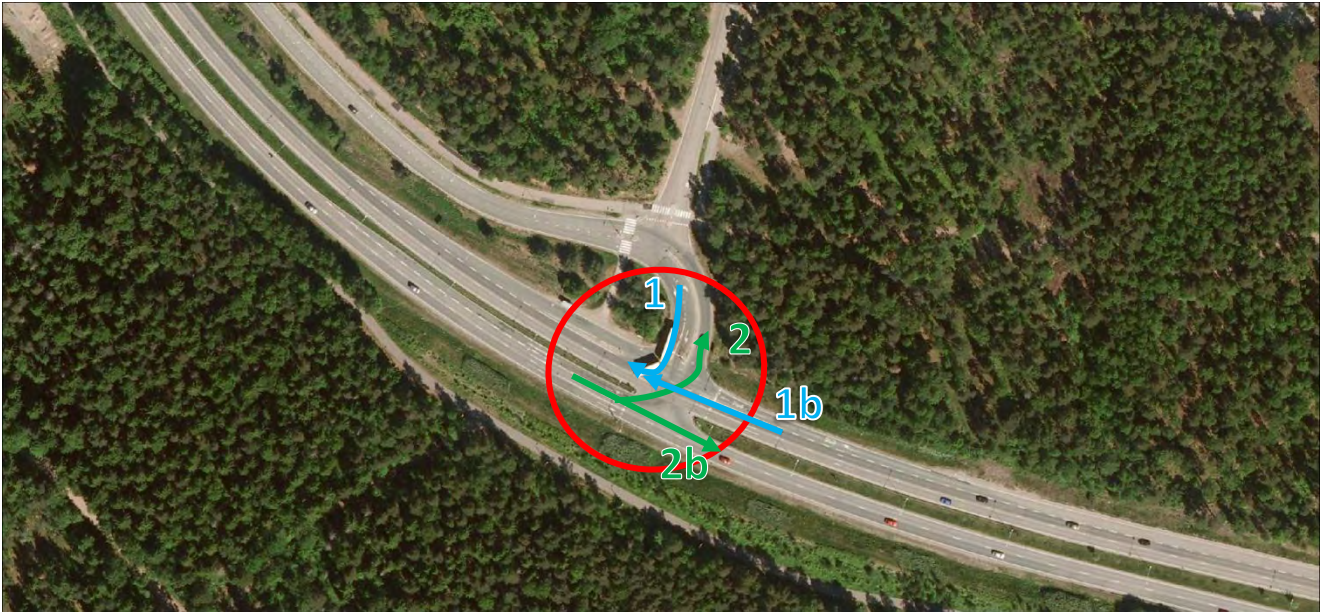
**Suunta 2: Kuusiniementie - Saunalahti**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Lokakuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Lokakuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Lokakuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	87,5	102,6	<b>15,0</b>	0,000	+++	9,1	12,4	<b>3,3</b>	42	29
Päivä (9.00-15.30)	86,5	96,4	<b>9,9</b>	0,001	++	12,3	11,9	<b>-0,4</b>	40	31
Ilta (15.30-17.30)	85,5	95,5	<b>10,0</b>	0,001	++	10,0	14,1	<b>4,1</b>	44	34
Koko päivä	85,9	97,7	<b>11,8</b>	0,000	+++	9,9	13,2	<b>3,2</b>	146	118

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 13: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kivikontie, Kehä I, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Kivikontien ja Kehä I:n liittymään Kivikontieltä tuleville ja sinne Kehä I:ltä lännestä päin kääntyville linja-autoille (suunnat 1 ja 2). Lisäksi etuus vaikuttaa suuntien 1A ja 2B liikenteeseen. Etuudet saanut linja 78 käyttää HELMI-järjestelmää.

### Toteutusajankohta:

Etuus on otettu käyttöön 5.5.2010 ja etuuksia on lievennetty 23.2.2011 Kehä I:n ruuhkautumisen takia. Tässä osassa tutkimusta on tutkittu etuuksien käyttöönoton vaikutuksia vertailemalla huhtikuun 2010 ja toukokuun 2010 ajoaikoja.

### Tutkittavat pysäkkivälit:

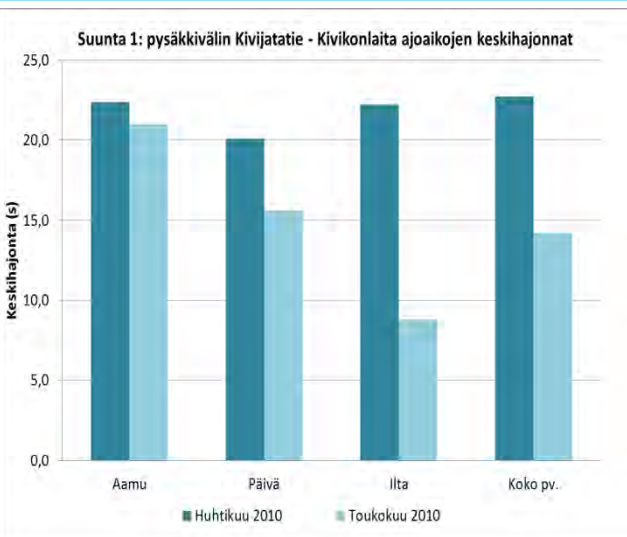
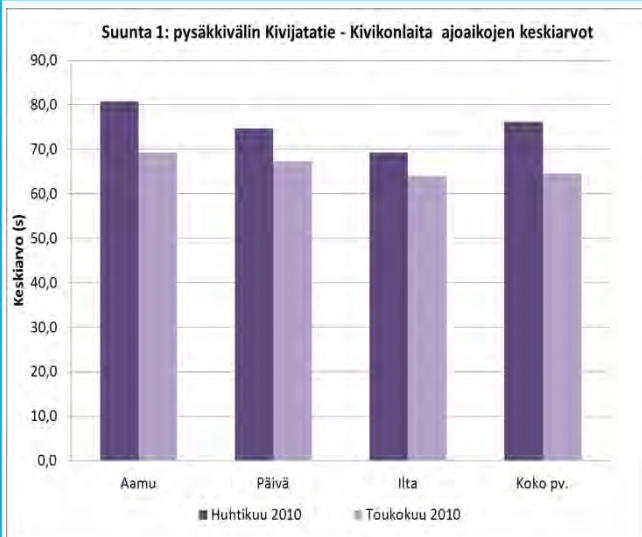
Linja	suunta 1	suunta 2
78	Kivijatatatie (4443) – Kivikonlaita (4293)	Kivikonlaita (4292) – Kivikonlaita (4446)
Linja	suunta 1B	suunta 2B
54, 519, 520	Myllytuvantie (4291) – Kivikonlaita (4293)	Kivikonlaita (4292) - Myllytuvantie (4290)

### Vaikutusten arviointi:

Liikennevaloetuksia saaneet suunnat 1 ja 2 ovat tutkimuksen mukaan saaneet hyötyjä niin ajoaikojen keskiarvoihin kuin keskihajontoihinkin. Näistä suunnista hyödyt ovat merkittävimmät suunnassa 2 iltapäiväaikaan, jolloin ajoaikojen keskiarvo on laskenut 34,2 sekuntia ja keskihajonta 20,3 sekuntia. Lisäksi havaittu keskiarvon muutos on tilastollisesti erittäin merkitsevä, joten tulosta voidaan pitää luotettavana. Suunnissa 1B ja 2B, eli niissä suunnissa, jotka ovat etuudet saaneisiin suuntiin nähden sivusuuntia, ei ole havaittavissa merkittäviä muutoksia. Suunnassa 1B ajoaikojen keskiarvot ovat kasvaneet muutamia sekunteja, samoin kuin keskihajonnatkin. Lisäksi suunnassa 2B keskiarvot ja keskihajonnat ovat laskeneet muutamia sekunnin verran. Suuntien 1B ja 2B muutokset eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä, joten etuuksia voidaan pitää onnistuneina, sillä ne hyödyntävät suuntia 1 ja 2 kuitenkin haittaamatta muuta liikennettä.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tarkka tieto liikennevaloetuksien toteuttamispäivästä mahdollistaa kohteen tarkan tutkimisen ja muiden vaikutusten minimoinnin valitsemalla tutkittavat ajat juuri ennen ja jälkeen etuuksien toteuttamista.

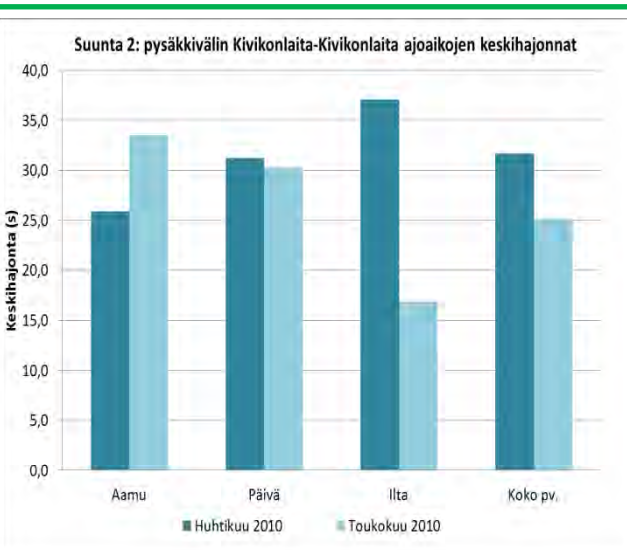
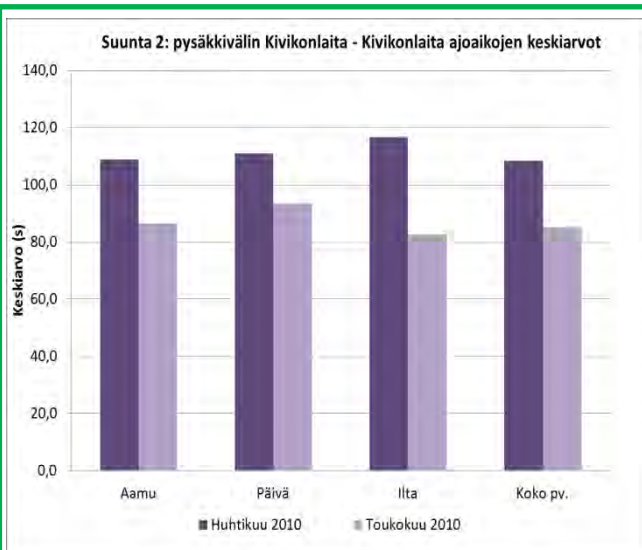


### Suunta 1: Kivijatie - Kivikonlaita

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	80,8	69,3	-11,5	0,013	+	22,4	21,0	-1,4	49	46
Päivä (9.00-15.30)	74,8	67,3	-7,5	0,009	++	20,1	15,6	-4,5	88	76
Ilta (15.30-17.30)	69,3	64,0	-5,3	0,094	-	22,2	8,8	-13,4	62	50
Koko päivä	76,2	64,5	-11,7	0,000	+++	22,7	14,2	-8,5	279	262

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

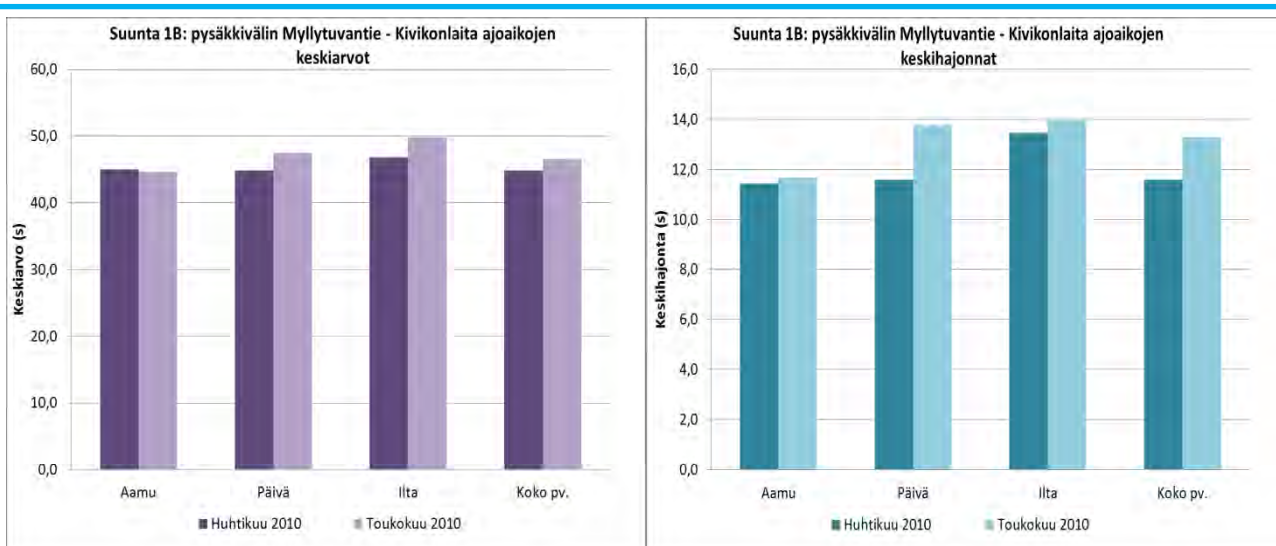


### Suunta 2: Kivikonlaita - Kivikonlaita

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	108,9	86,6	-22,3	N/A	-	25,9	33,5	7,7	18	13
Päivä (9.00-15.30)	110,9	93,5	-17,4	0,071	-	31,2	30,3	-0,9	21	24
Ilta (15.30-17.30)	116,7	82,4	-34,2	0,000	+++	37,1	16,9	-20,3	26	16
Koko päivä	108,4	85,1	-23,3	0,000	+++	31,7	25,2	-6,5	104	87

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

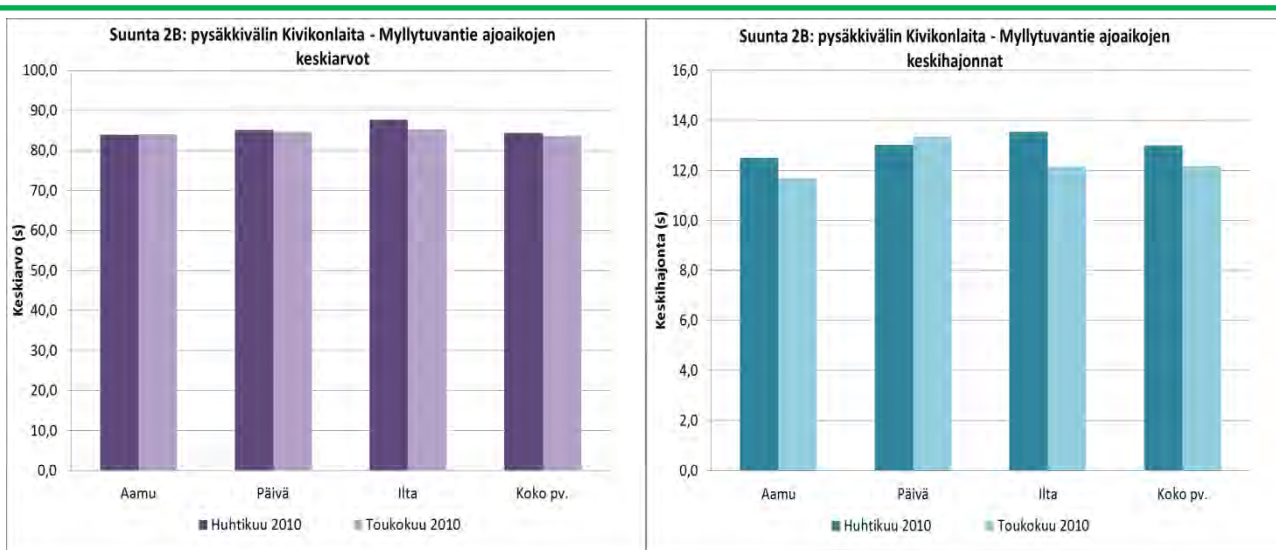


### Suunta 1B: Myllytuvatantie - Kivikonlaita

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	45,0	44,6	<b>-0,3</b>	0,857	-	11,4	11,7	<b>0,2</b>	68	77
Päivä (9.00-15.30)	44,8	47,4	<b>2,6</b>	0,117	-	11,6	13,8	<b>2,2</b>	126	114
Ilta (15.30-17.30)	46,8	49,8	<b>3,0</b>	0,249	-	13,5	14,0	<b>0,5</b>	61	56
Koko päivä	44,9	46,5	<b>1,7</b>	0,077	-	11,6	13,3	<b>1,7</b>	374	343

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



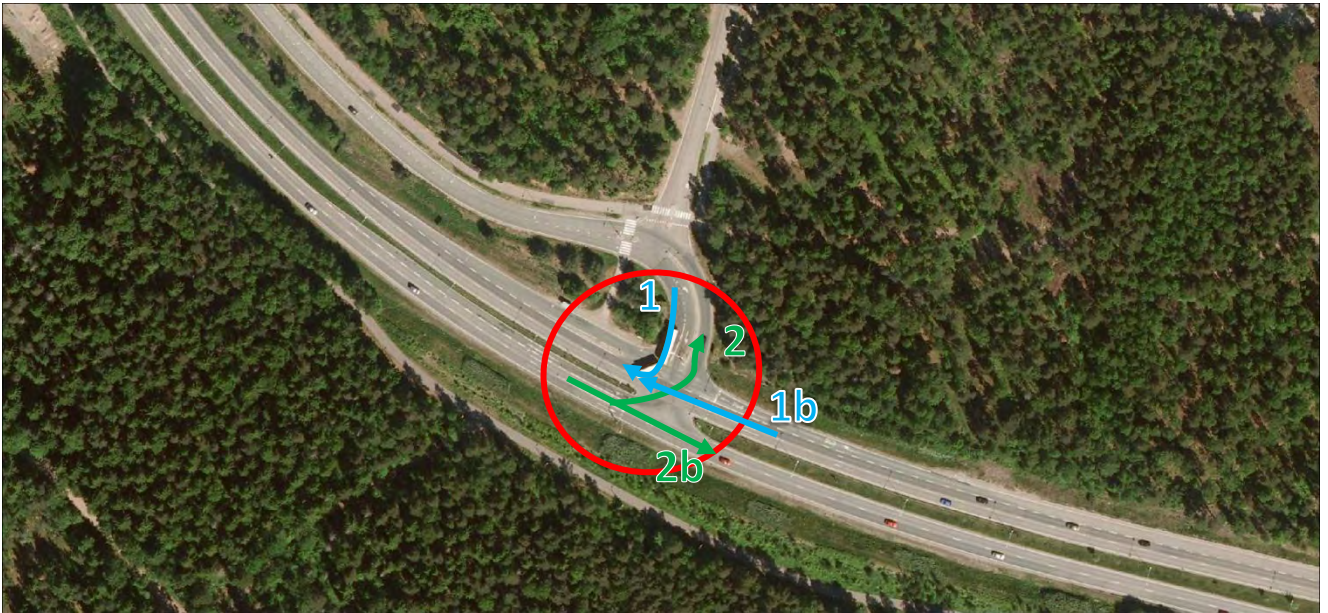
### Suunta 2B: Kivikonlaita - Myllytuvatantie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	83,9	84,0	<b>0,2</b>	0,905	-	12,5	11,7	<b>-0,8</b>	125	122
Päivä (9.00-15.30)	85,2	84,7	<b>-0,5</b>	0,755	-	13,0	13,4	<b>0,3</b>	142	150
Ilta (15.30-17.30)	87,7	85,2	<b>-2,5</b>	0,106	-	13,5	12,2	<b>-1,4</b>	138	133
Koko päivä	84,4	83,6	<b>-0,8</b>	0,307	-	13,0	12,2	<b>-0,8</b>	521	510

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 13B: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kivikontie, Kehä I, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Kivikontien ja Kehä I:n liittymään Kivikontieltä tuleville ja sinne Kehä I:ltä lännestä päin kääntyville linja-autoille (suunnat 1 ja 2). Lisäksi etuus vaikuttaa suuntien 1B ja 2B liikenteeseen.

### Toteutusajankohta:

Etuus on otettu käyttöön 5.5.2010, etuuksia lievennetty 23.2.2011 Kehä I:n ruuhkautumisen takia. Tässä osassa tutkimusta on tutkittu etuuksien lieventämisen vaikutuksia vertailemalla helmikuu 2011 ajoaikoja maaliskuun 2011 ajoaikoihin.

### Tutkittavat pysäkkivälit:

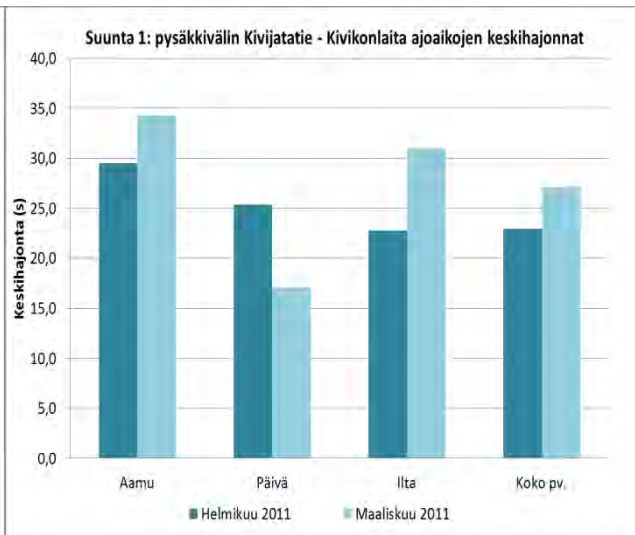
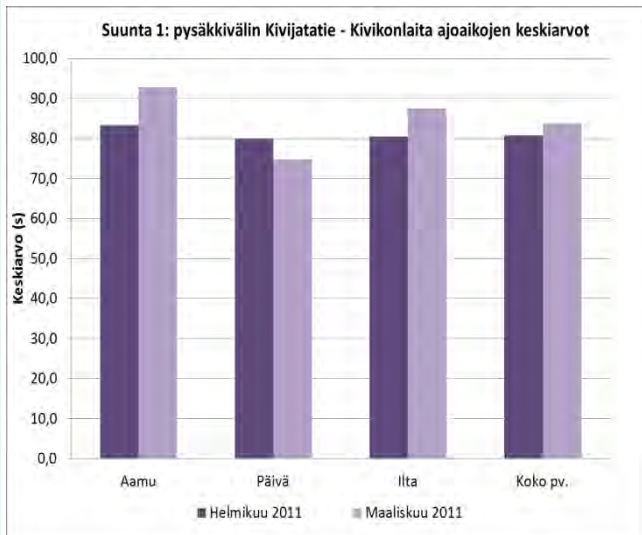
Linja	suunta 1	suunta 2
78	Kivijatatie (4443) – Kivikonlaita (4293)	Kivikonlaita (4292) – Kivikonlaita (4446)
Linja	suunta 1B	suunta 2B
54, 519, 520	Myllytuvantie (4291) – Kivikonlaita (4293)	Kivikonlaita (4292) - Myllytuvantie (4290)

### Vaikutusten arviointi:

Suuntien 1 ja 2 etuuksia on lievennetty 23.2.2011 Kehä I:n ruuhkautumisen takia. Etuuksien lieventäminen ei näy suuntien 1 ja 2 ajoaikojen keskiarvoissa tilastollisesti merkitsevinä tuloksina, vaikka etenkin suunnan 1 keskiarvot ja keskihajonnat ovat nousseet päivä-aikaa lukuun ottamatta. Suunnassa 2 iltatajan keskiarvo on laskenut, mutta tämäkään tulos ei ole tilastollisesti merkitsevä. Etuuksien lieventämisellä on kuitenkin saavutettu kiistattomia hyötyjä Kehä 1:n suuntaiselle liikenteelle, kuten suuntien 1B ja 2B tuloksista voidaan nähdä. Hyödyt ovat olleet suurimpia suunnan 1B iltaliikenteessä sekä suunnan 2B aamuliikenteessä. Vertaamalla tämän kohteen arvoja kohteen 13 arvoihin, voidaan havaita Kehä I:n liikenteen keskiarvojen ja – hajontojen kasvaneen aiempaan nähden, eli liikenne on selvästi hidastunut.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Muilla toimenpiteillä ja liikennemäärien muutoksilla ei voida olettaa olevan suuria vaikutuksia, mutta vuodenajan vuoksi säällä voi olla vaikutusta esimerkiksi lumimäärien kautta.

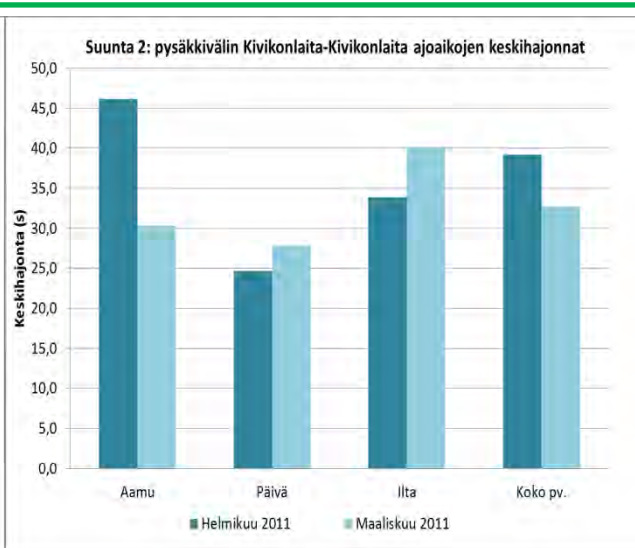
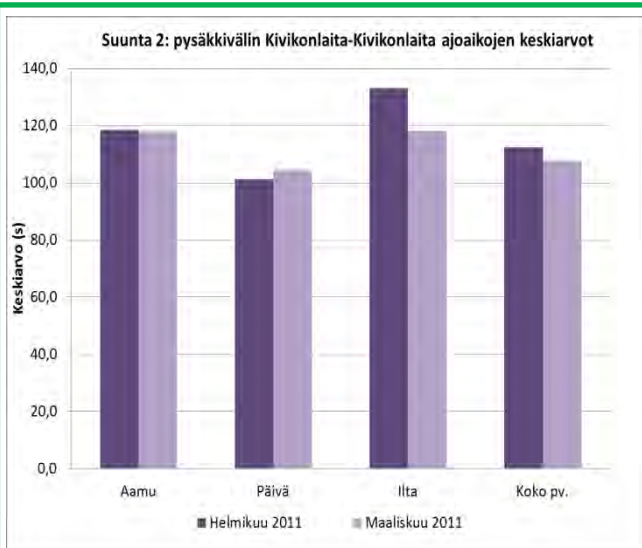


**Suunta 1: Kivijatie - Kivijatie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	Helmikuu 2011 (kpl)	Maaliskuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	83,3	92,8	<b>9,6</b>	0,144	-	29,5	34,3	<b>4,7</b>	48	51
Päivä (9.00-15.30)	79,8	74,7	<b>-5,1</b>	0,183	-	25,4	17,1	<b>-8,3</b>	67	62
Ilta (15.30-17.30)	80,4	87,5	<b>7,1</b>	0,219	-	22,8	31,0	<b>8,2</b>	51	44
Koko päivä	80,7	83,7	<b>3,0</b>	0,228	-	22,9	27,1	<b>4,2</b>	206	199

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

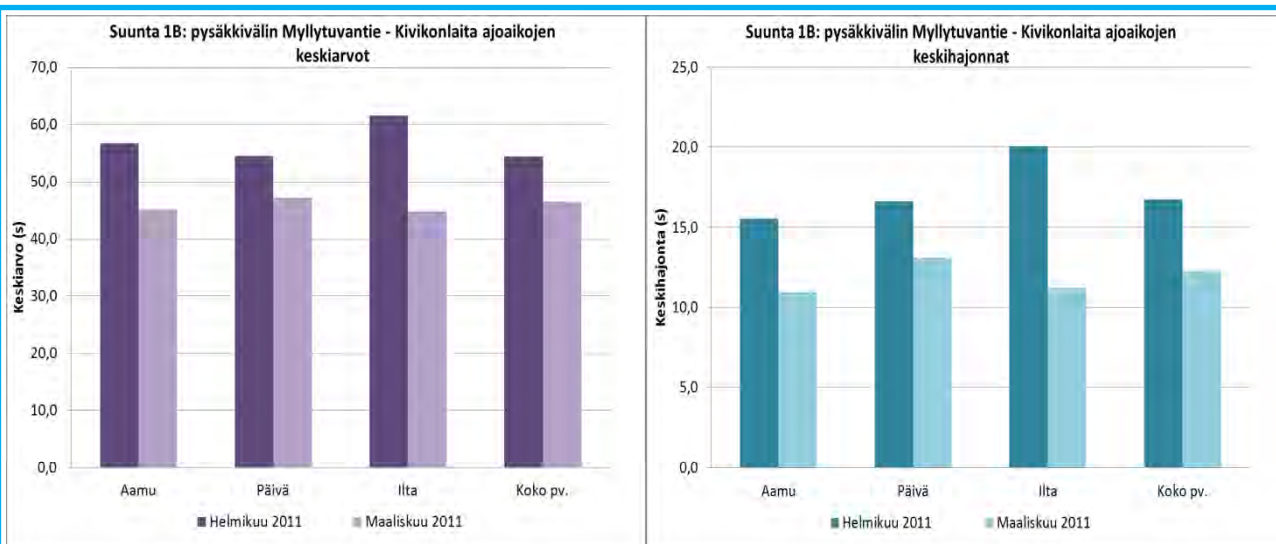


**Suunta 2: Kivikonlaita - Kivikonlaita**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	Helmikuu 2011 (kpl)	Maaliskuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	118,6	117,9	<b>-0,6</b>	0,947	-	46,2	30,3	<b>-15,9</b>	39	28
Päivä (9.00-15.30)	101,3	104,4	<b>3,2</b>	0,677	-	24,7	27,8	<b>3,1</b>	28	23
Ilta (15.30-17.30)	133,0	118,1	<b>-14,9</b>	0,180	-	33,9	40,1	<b>6,2</b>	20	28
Koko päivä	112,4	107,9	<b>-4,5</b>	0,359	-	39,2	32,7	<b>-6,5</b>	111	109

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

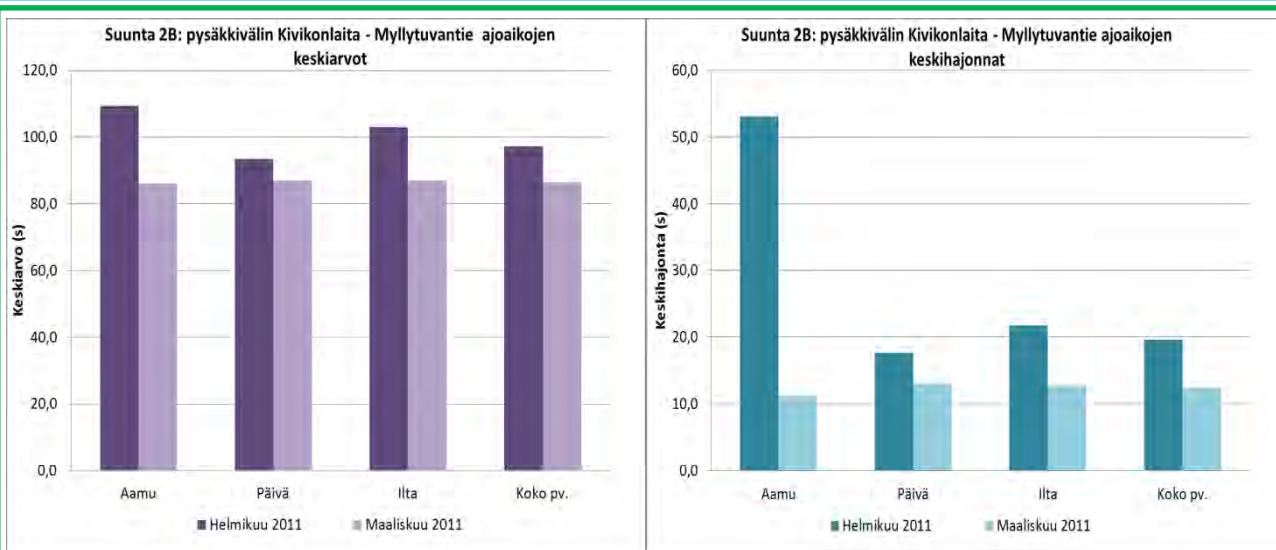


**Suunta 1B: Myllytuvatie - Kivikonlaita**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			vojen lukumäärä	
	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	Helmikuu 2011 (kpl)	Maaliskuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	56,7	45,1	<b>-11,6</b>	0,000	+++	15,5	11,0	<b>-4,6</b>	66	66
Päivä (9.00-15.30)	54,5	47,3	<b>-7,2</b>	0,001	++	16,7	13,1	<b>-3,5</b>	92	100
Ilta (15.30-17.30)	61,6	44,8	<b>-16,7</b>	0,000	+++	20,1	11,2	<b>-8,9</b>	45	51
Koko päivä	54,4	46,5	<b>-7,9</b>	0,000	+++	16,8	12,3	<b>-4,5</b>	286	315

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



**Suunta 2B: Kivikonlaita - Myllytuvatie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			vojen lukumäärä	
	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	Helmikuu 2011 (kpl)	Maaliskuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	109,3	86,1	<b>-23,2</b>	0,000	+++	53,1	11,1	<b>-41,9</b>	92	99
Päivä (9.00-15.30)	93,5	87,0	<b>-6,6</b>	0,001	++	17,7	13,1	<b>-4,6</b>	129	111
Ilta (15.30-17.30)	103,0	87,0	<b>-16,0</b>	0,000	+++	21,7	12,8	<b>-8,9</b>	91	100
Koko päivä	97,3	86,5	<b>-10,8</b>	0,000	+++	19,6	12,4	<b>-7,2</b>	423	436

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 14: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Metsäläntie, Hämeenlinnanväylän ramppi, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Metsäläntien ja Hämeenlinnan länsipuolella olevien ramppien liittymään, siten että siitä hyötyvät Metsäläntietä ajavat linja-autot.

### Toteutusajankohta:

Etuus on otettu käyttöön 12.5.2010. Kohteessa on tutkittu huhtikuun 2010 sekä toukokuun 2010 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

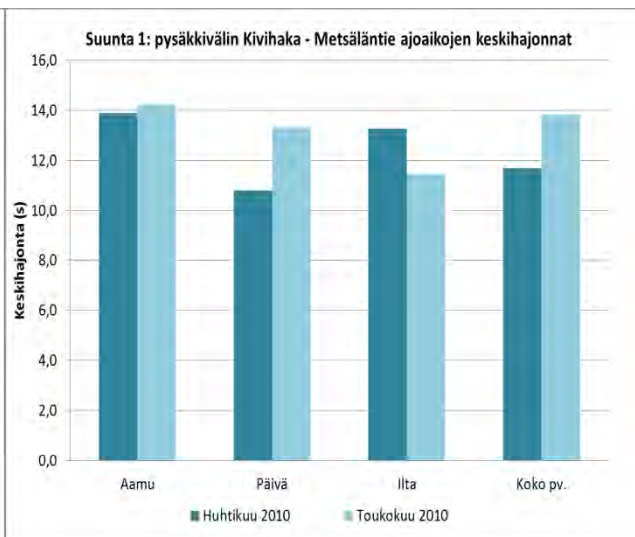
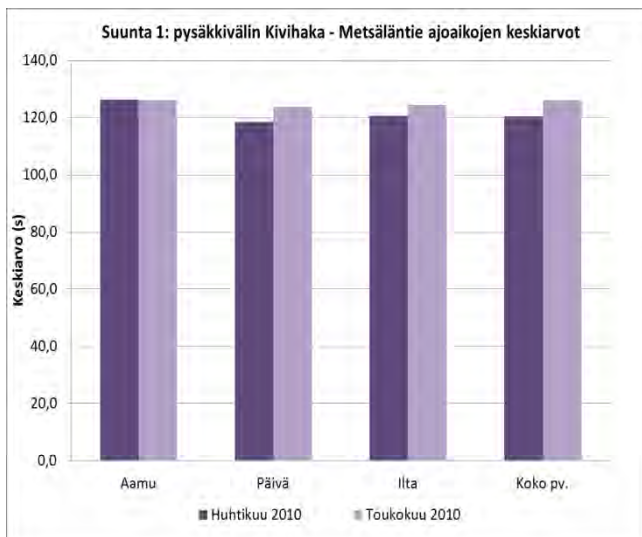
Linja	suunta 1	suunta 2
Linja 43	Kivihaka (1941) – Metsäläntie (1681)	Haagan ammattikorkeakoulu (1650) – Metsäläntie (1680)

### Vaikutusten arviointi:

Toteutetuilla liikennevaloetuksilla ei tämän tutkimuksen perusteella havaittu olleen merkittävää vaikutusta linjan 43 liikennöintiin tutkituilla pysäkkiväleillä. Tilastollisesti merkitseviä tuloksia saatiin koko päivän osalta molempiin suuntiin ja näiden tuloksien perusteella suunnassa 1 ajoaikojen keskiarvo on kasvanut 5,8 sekunnilla ja suunnassa 2 laskenut 4,2 sekunnilla. Etuuksilla voidaan siis todeta olleen pientä hyötyä suunnan 2 liikenteeseen, mutta suunnassa 1 hyötyä ei ole havaittavissa. Vaikutukset keskihajontoihin ovat hyvin pieniä kummassakin suunnassa.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tutkimuskohteen läheisyydessä ei ole havaittu toteutetun muita kohteeseen merkittävästi vaikuttavia toimenpiteitä, jotka olisivat voineet vaikuttaa tutkimustulokseen.

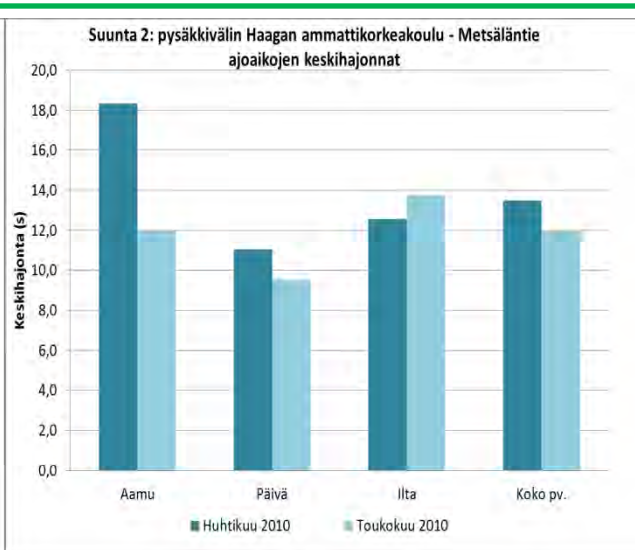
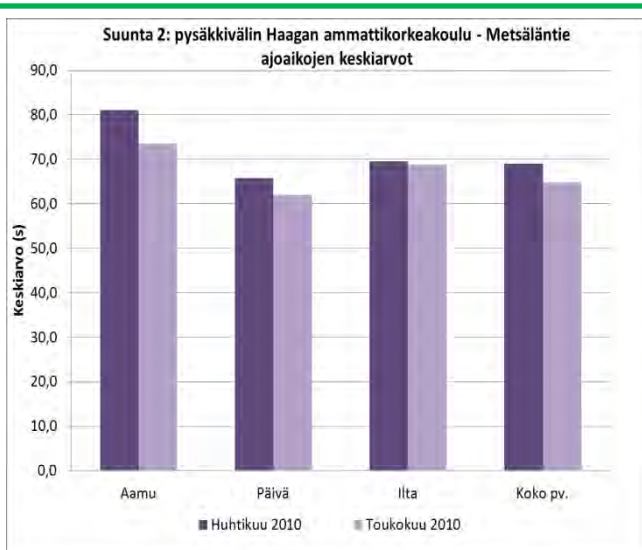


**Suunta 1: Kivihaka - Metsäläntie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)
Aamu (7.00-9.00)	126,2	126,0	-0,2	0,960	-	13,9	14,2	0,4	34	24
Päivä (9.00-15.30)	118,6	123,8	5,2	0,045	+	10,8	13,3	2,5	41	50
Ilta (15.30-17.30)	120,7	124,4	3,7	0,301	-	13,3	11,5	-1,8	27	25
Koko päivä	120,3	126,1	5,8	0,000	+++	11,7	13,8	2,1	141	145

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



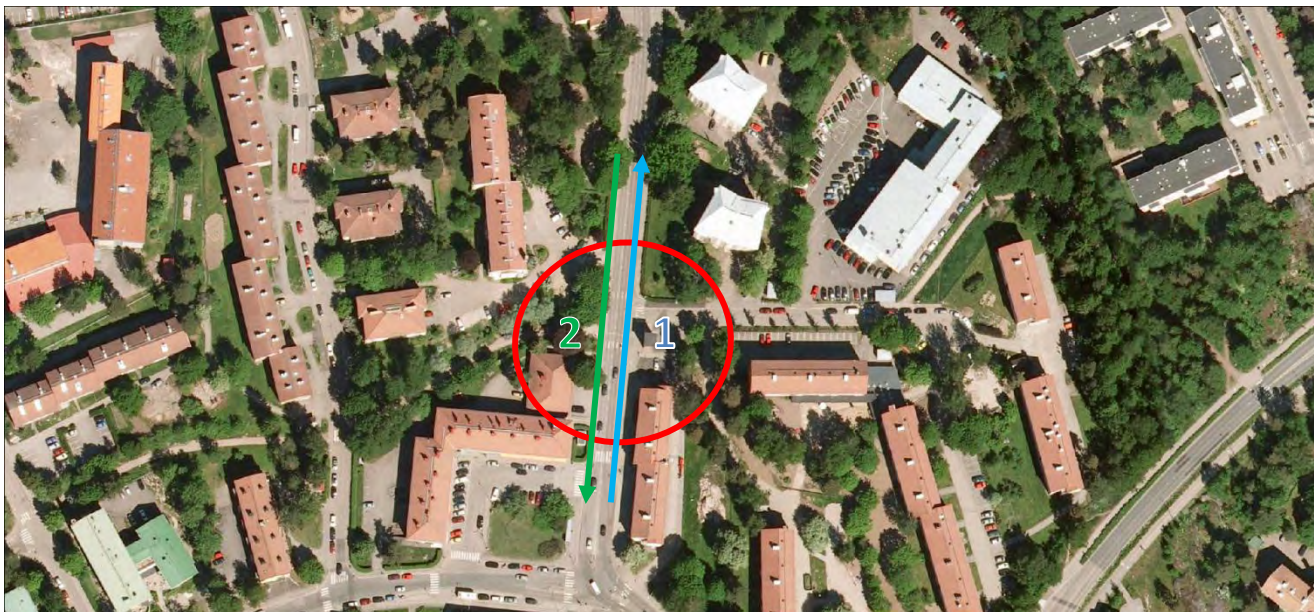
**Suunta 2: Haagan ammattikorkeakoulu - Metsäläntie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)
Aamu (7.00-9.00)	81,0	73,6	-7,5	N/A	-	18,3	12,0	-6,4	22	9
Päivä (9.00-15.30)	65,8	61,9	-3,9	0,027	+	11,0	9,5	-1,5	76	65
Ilta (15.30-17.30)	69,6	68,8	-0,8	0,835	-	12,6	13,8	1,2	23	27
Koko päivä	69,0	64,9	-4,2	0,008	++	13,5	12,0	-1,5	144	123

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 15: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Näyttelijäntie, Pietari Hannikaisen tie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Näyttelijäntien ja Pietari Hannikaisen tien liittymään, siten että etuus on Näyttelijäntietä ajavilla busseilla molempiin suuntiin.

### Toteutusajankohta:

Etuus on otettu käyttöön 20.4.2010. Tutkimuksessa on tutkittu huhtikuun 2010 ja toukokuun 2010 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

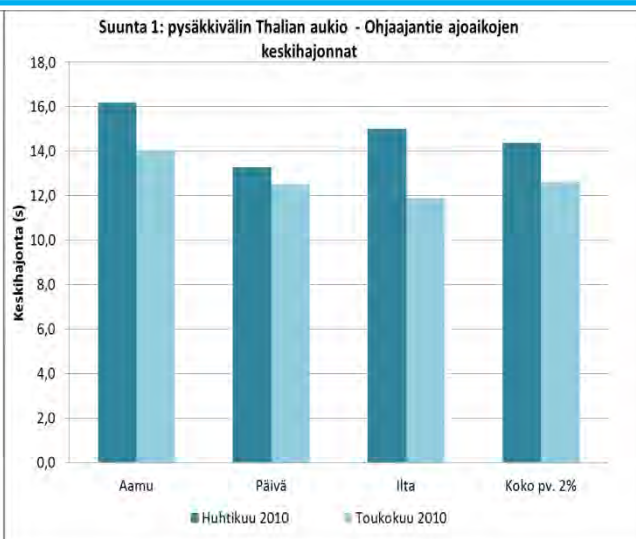
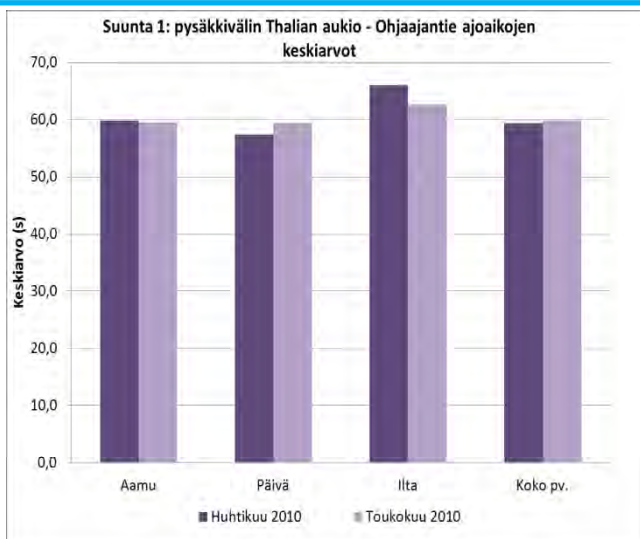
Linjat	suunta 1	suunta 2
43, 51	Thalian aukio (1657) – Ohjaajantie (1659)	Ohjaajantie (1658) – Thalian aukio (1656)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksen tulosten mukaan toteutetulla etuudella ei ole merkittäviä vaikutuksia kumpaankaan ajosuuntaan. Keskihajonnat ovat laskeneet kummassakin suunnassa 1-3 sekunnilla ja keskiarvot myös suunnilleen saman verran. Keskiarvojen muutokset eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä, vaan ne ovat mahdollisesti tilastollisesti vaihtelusta johtuvia.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tarkka tieto liikennevaloetuksien toteuttamispäivästä mahdollistaa kohteen tarkan tutkimisen ja muiden vaikutusten minimoinnin valitsemalla tutkittavat ajat juuri ennen ja jälkeen etuuskäytön toteuttamista. Lisäksi kohteen läheisyydessä ei ole tutkimusaikana tehty muita merkittäviä liikenteeseen vaikuttavia toimenpiteitä.

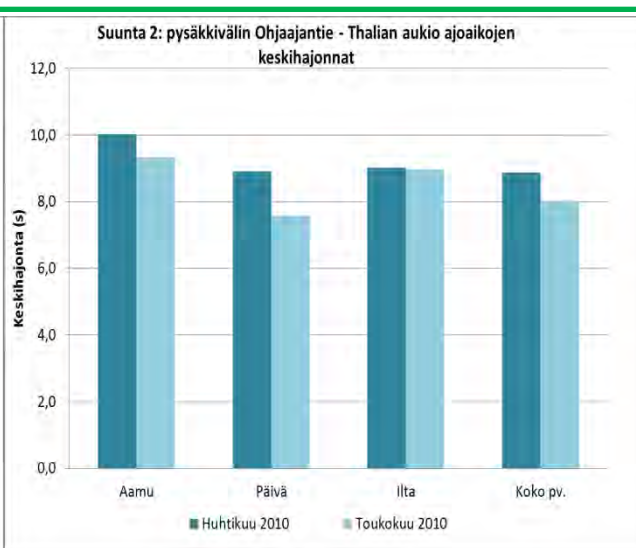
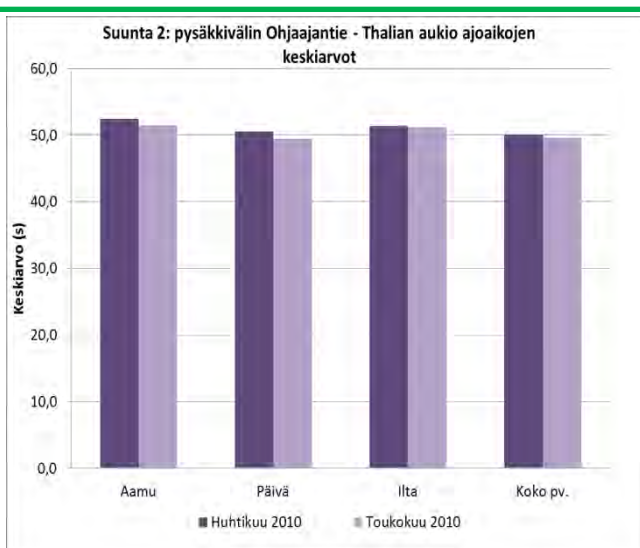


Suunta 1: Thalian aukio - Ohjaajantie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	59,8	59,5	-0,3	0,886	-	16,2	14,1	-2,1	68	100
Päivä (9.00-15.30)	57,4	59,4	2,0	0,163	-	13,3	12,5	-0,8	148	194
Ilta (15.30-17.30)	66,0	62,7	-3,3	0,126	-	15,0	11,9	-3,1	68	114
Koko päivä	59,3	59,7	0,4	0,653	-	14,4	12,6	-1,8	364	511

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää



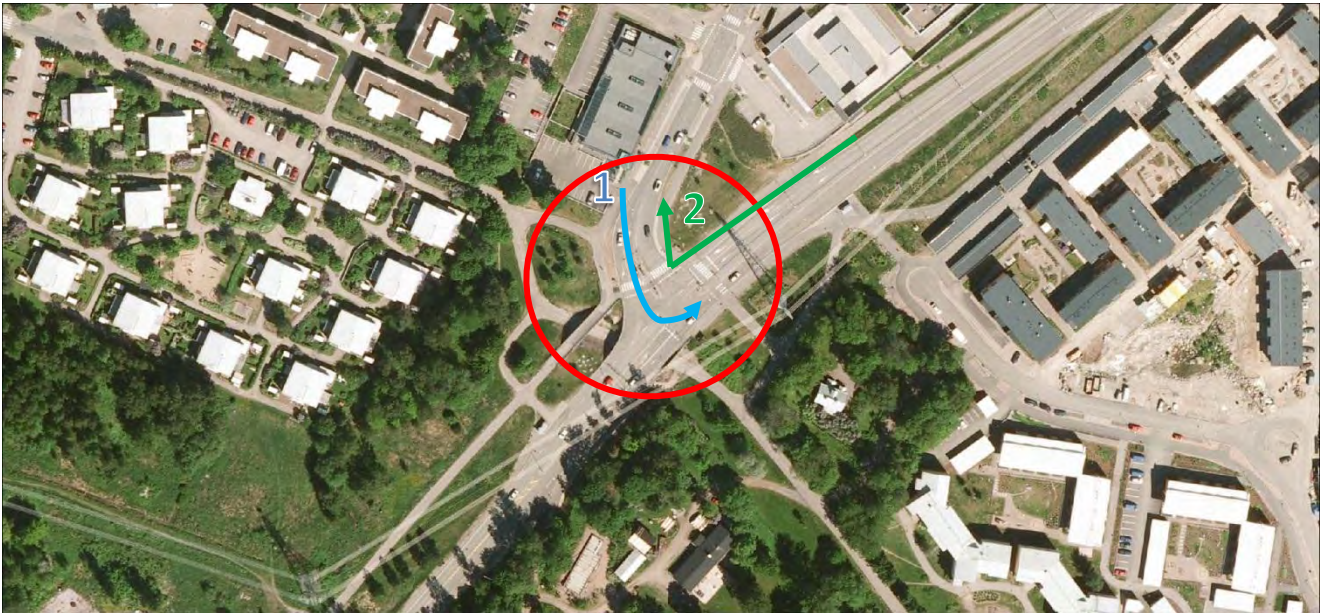
Suunta 2: Ohjaajantie - Thalian aukio

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	52,4	51,4	-0,9	0,435	-	10,0	9,3	-0,7	134	124
Päivä (9.00-15.30)	50,6	49,4	-1,1	0,098	-	8,9	7,6	-1,3	285	321
Ilta (15.30-17.30)	51,3	51,2	-0,1	0,907	-	9,0	9,0	-0,1	141	126
Koko päivä	50,1	49,6	-0,5	0,303	-	8,9	8,0	-0,9	702	700

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 16: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Itäväylä, Mellunmäentie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Itäväylän ja Mellunmäentien liittymään.

### Toteutusajankohta:

Etuus on otettu käyttöön 3.5.2010. Tutkimuksessa tutkitaan huhtikuun 2010 ja toukokuun 2010 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

Linja	suunta 1 (etuus)	suunta 2 (etuus)
78	Kaunisääntie (4356) - Mellunmäentie (4541)	Mellunmäentie (4542) – Kaunisääntie (4357)

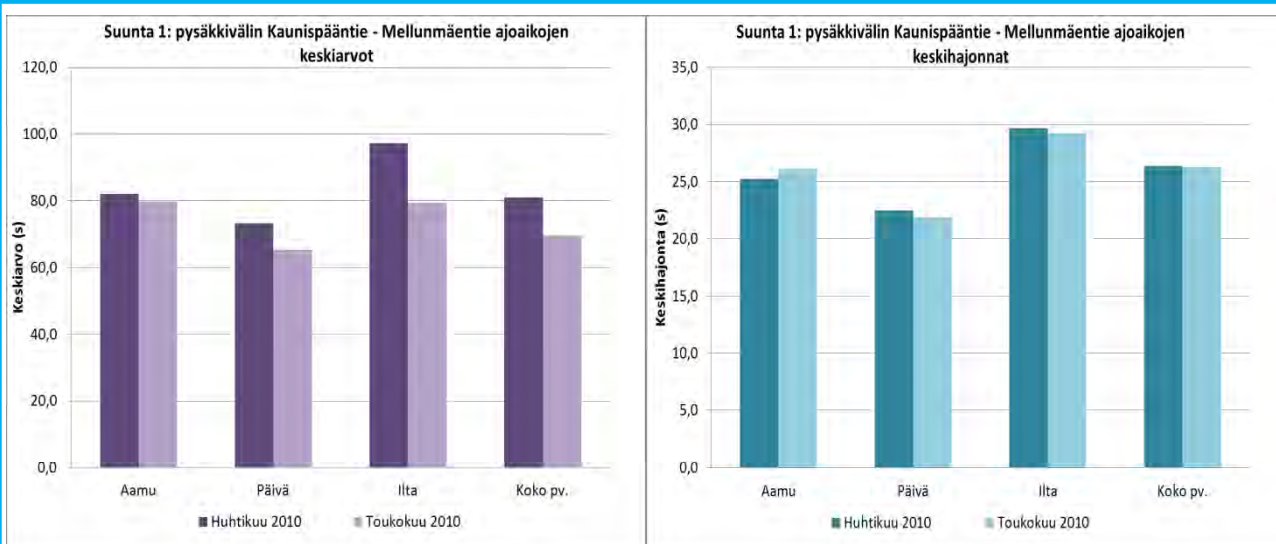
### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitseviä parannuksia suunnan 1 ajoaikojen keskiarvoissa päivällä, illalla ja koko päivän osalta. Suurin muutos havaittiin iltaliikenteessä, jossa ajoaikojen keskiarvo laski 17,9 sekuntia verrattuna tilanteeseen ennen etuuksien toteuttamista. Suunnan 1 ajoaikojen keskihajontoihin etuudella ei kuitenkaan ollut suurta vaikutusta.

Suunnassa 2 liikennevaloetuuden vaikutukset jäivät hyvin pieniksi ja aamun ja illan osalta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Päivän ja koko päivän osalta keskiarvon muutokset olivat tilastollisesti melkein merkitseviä. Suunnan 2 keskihajontoihin etuudet vaikuttivat hyvin vähän, mutta nämä keskihajonnat olivat jo lähtötilanteessa hyvin pieniä. Suunnalla 2 on erillinen kääntyvien kaista sekä nuolivalo, joten todennäköisesti liikennevalot ovat toimineet tämän suunnan kannalta hyvin jo ennen etuuksien toteuttamista.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tarkka tieto liikennevaloetuksien toteuttamispäivästä mahdollistaa kohteen tarkan tutkimisen ja muiden vaikutusten minimoinnin valitsemalla tutkittavat ajat juuri ennen ja jälkeen etuuksien toteuttamista. Lisäksi kohteen läheisyydessä ei ole tutkimusaikana tehty muita merkittäviä liikenteeseen vaikuttavia toimenpiteitä.

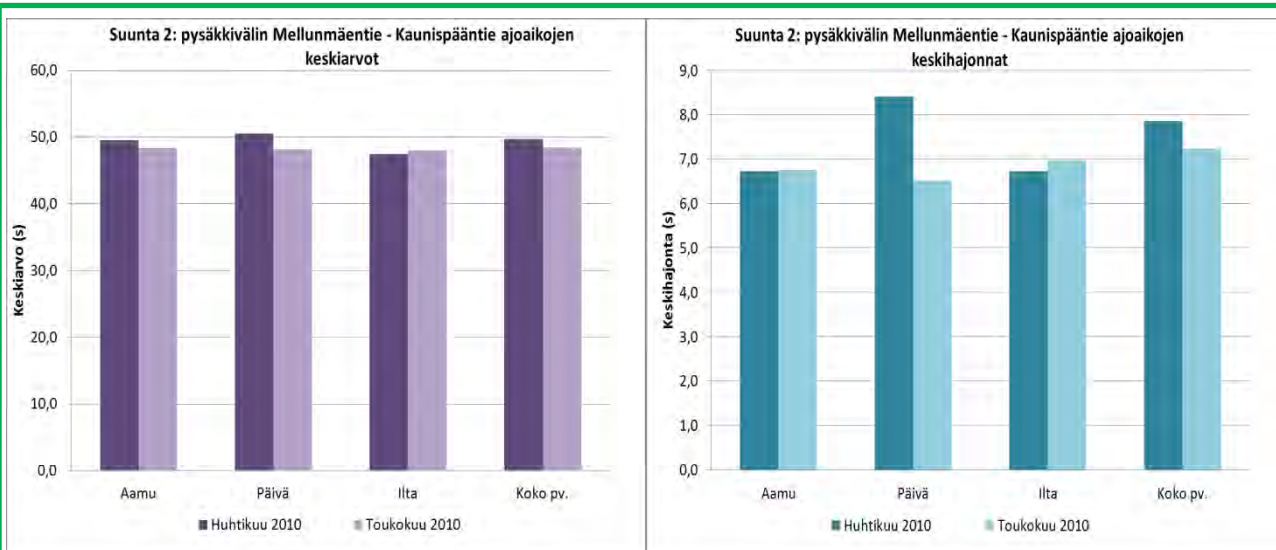


**Suunta 1: Kaunispääntie - Mellunmäentie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	82,0	79,8	-2,2	0,670	-	25,2	26,1	0,9	62	42
Päivä (9.00-15.30)	73,2	65,3	-7,9	0,007	++	22,4	21,9	-0,6	124	111
Ilta (15.30-17.30)	97,3	79,4	-17,9	0,000	+++	29,7	29,2	-0,5	98	90
Koko päivä	81,0	69,6	-11,4	0,000	+++	26,4	26,3	-0,1	360	339

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



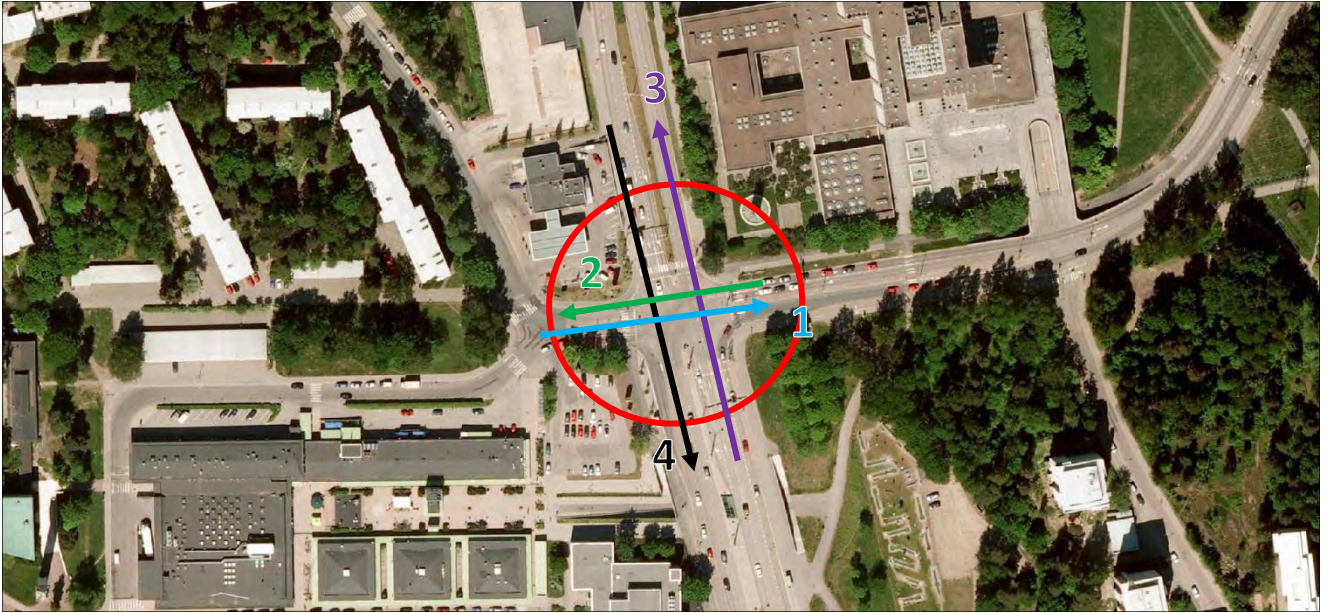
**Suunta 2: Mellunmäentie - Kaunispääntie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	49,5	48,3	-1,2	0,259	-	6,7	6,8	0,0	89	78
Päivä (9.00-15.30)	50,5	48,2	-2,3	0,015	+	8,4	6,5	-1,9	125	149
Ilta (15.30-17.30)	47,5	48,0	0,5	0,695	-	6,7	7,0	0,2	52	50
Koko päivä	49,7	48,5	-1,3	0,033	+	7,9	7,2	-0,6	322	340

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 17: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Huopalahdentie, Lapinmäentie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu vaiheittain Huopalahdentien, Lapinmäentien sekä Ulvilantien liittymään. Etuus on ollut ensimmäisenä Huopalahdentien suunnassa ja myöhemmin se on lisätty Ulvilantien liittymän sekä Lapinmäentien liittymän suuntiin.

### Toteutusajankohta:

Ulvilantien suunnan etuus on otettu käyttöön 20.12.2010 ja Lapinmäentien suunnan etuus 24.2.2011.. Pääsuunnan (Huopalahdentie) etuudet ovat olleet jo kauan käytössä. Tutkimuksessa on tutkittu joulukuun 2010, tammikuun 2011, helmikuun 2011 ja maaliskuun 2011 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

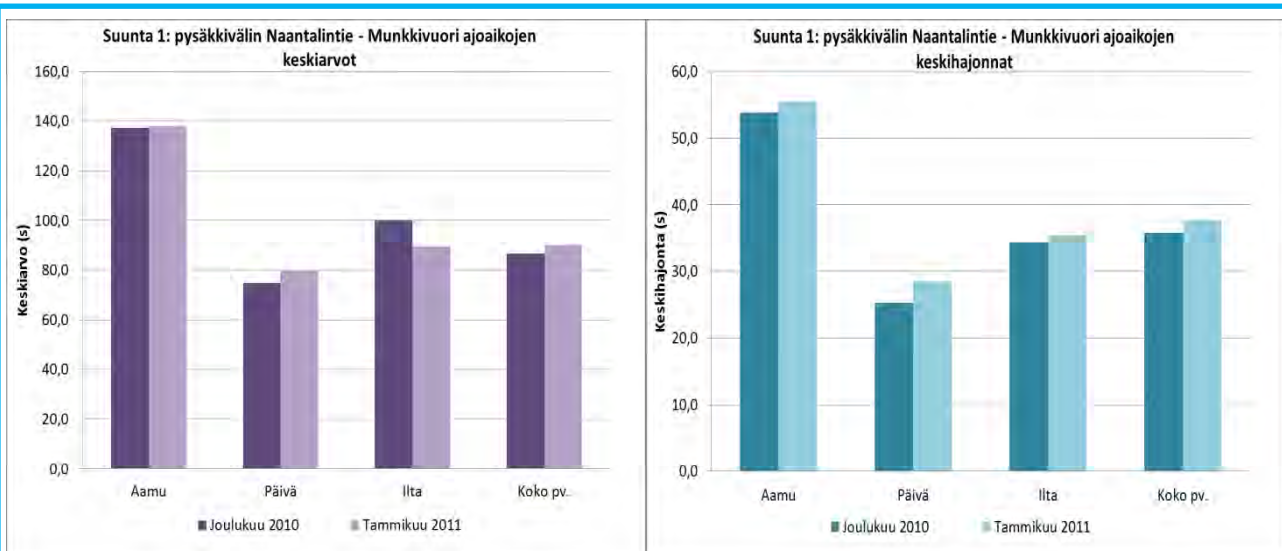
Linja	suunta 1 (etuus 20.12.2010)	suunta 2 (etuus 24.2.2011)
52	Naantalintie (1431) – Munkkivuori (1398)	Ansartie (1439) – Naantalintie (1430)
Linja	suunta 3	suunta 4
14	Munkkivuori (1397) – Vanha viertotie (1437)	Vanha viertotie (1436) - Munkkivuori (1396)

### Vaikutusten arviointi:

Suuntien 1 ja 2 osalta tutkimuksessa saadut tulokset ovat hyvin ristiriitaisia, sillä kummassakin suunnassa ajoaikojen keskiarvot ovat kasvaneet iltoja lukuun ottamatta. Suunnassa kaksi ajoaikojen keskiarvot iltaisin ovat pienentyneet 41,2 sekuntia kun samaan aikaan keskihajonta on kasvanut liki 70 sekuntia. Syytä tähän on hyvin vaikea sanoa. Suunnassa 3 ei ole havaittu merkitseviä muutoksia kummankaan etuuden käyttöönoton yhteydessä. Suunnassa 4 on taas havaittu tilastollisesti erittäin merkitseviä muutoksia kummankin etuuden käyttöönoton yhteydessä. Kaiken kaikkiaan keskiarvot ja keskihajonnat ovat maaliskuun 2011 tilanteessa huomattavasti pienempiä kuin joulukuussa 2010.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tutkimustuloksia arvioitaessa on otettava huomioon mahdolliset poikkeukselliset sääolot, jotka voisivat selittää suunnan 4 erikoislaatuisia tuloksia. Muissa tutkituissa suunnissa ei kuitenkaan ollut havaittavissa mitään vastaavaa.

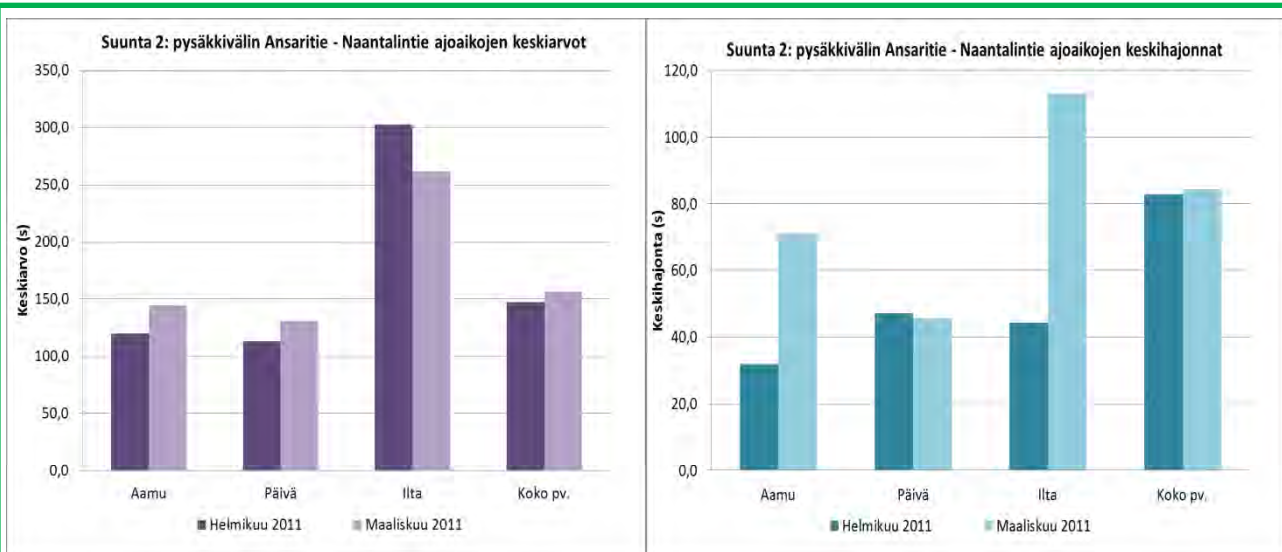


**Suunta 1: Naantalintie - Munkkivuori**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Joulukuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Joulukuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	Joulukuu 2010 (kpl)	Tammikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	137,3	137,9	0,5	0,967	-	53,9	55,5	1,6	32	43
Päivä (9.00-15.30)	74,8	79,6	4,8	0,146	-	25,2	28,5	3,3	124	141
Ilta (15.30-17.30)	99,9	89,5	-10,4	0,135	-	34,4	35,4	1,1	42	68
Koko päivä	86,6	90,0	3,3	0,269	-	35,8	37,7	1,9	275	319

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

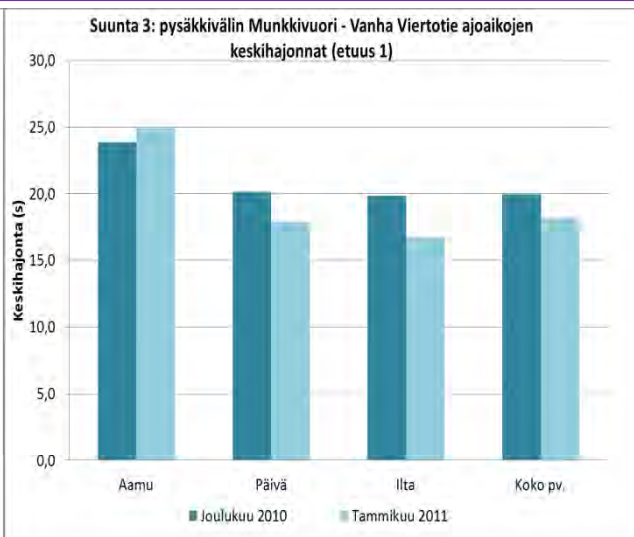
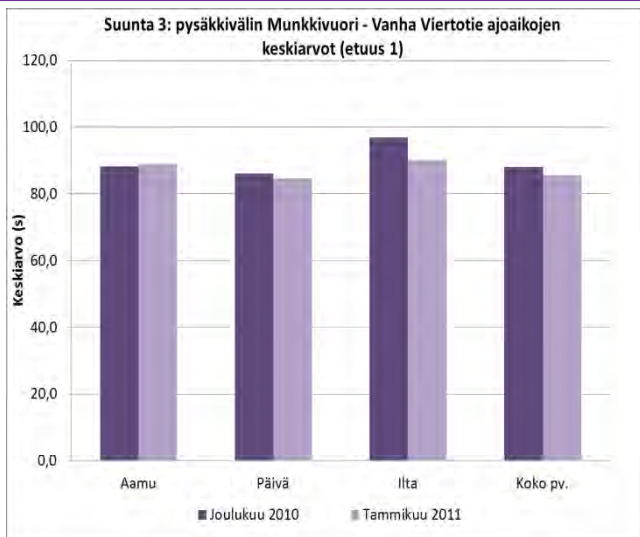


**Suunta 2: Ansaritie - Naantalintie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	Helmikuu 2011 (kpl)	Maaliskuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	119,8	144,8	25,1	0,036	+	31,8	71,3	39,4	40	47
Päivä (9.00-15.30)	113,2	131,1	17,9	0,015	+	47,0	45,7	-1,4	81	85
Ilta (15.30-17.30)	302,7	261,5	-41,2	0,032	+	44,3	113,0	68,7	33	45
Koko päivä	147,5	156,9	9,4	0,238	-	82,8	84,4	1,6	209	240

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

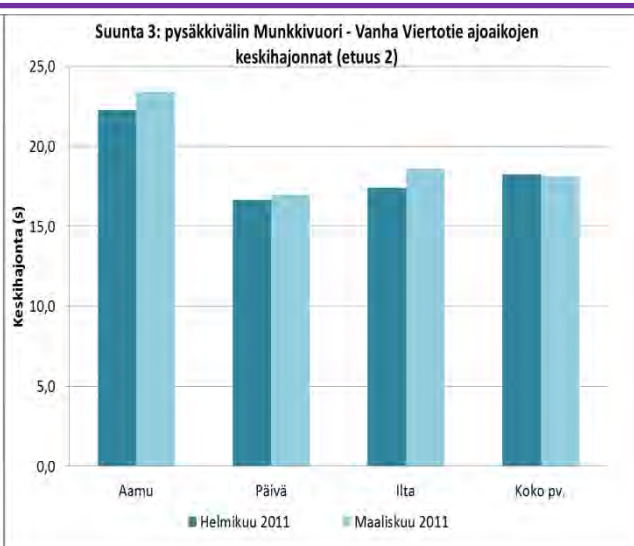
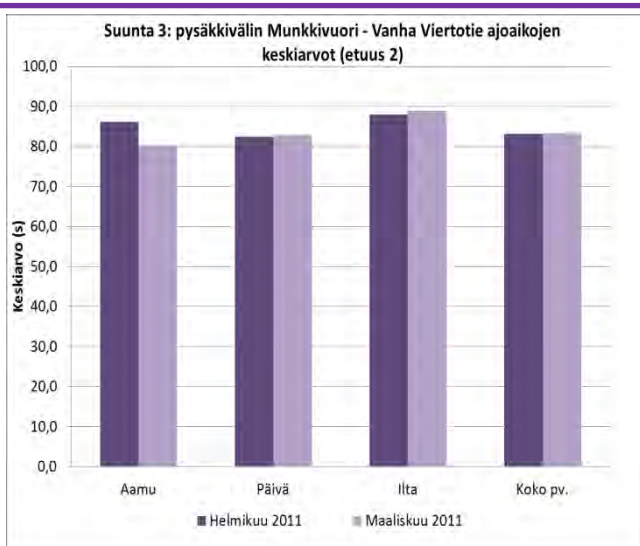


Suunta 3: Munkkivuori - Vanha Viertotie (etus 1)

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Joulukuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Joulukuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	Joulukuu 2010 (kpl)	Tammikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	88,3	89,0	0,6	0,867	-	23,9	24,9	1,0	78	92
Päivä (9.00-15.30)	86,1	84,7	-1,4	0,439	-	20,1	17,9	-2,2	210	254
Ilta (15.30-17.30)	96,9	90,1	-6,7	0,005	++	19,9	16,7	-3,1	109	149
Koko päivä	88,1	85,6	-2,5	0,024	+	19,9	18,2	-1,8	546	676

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

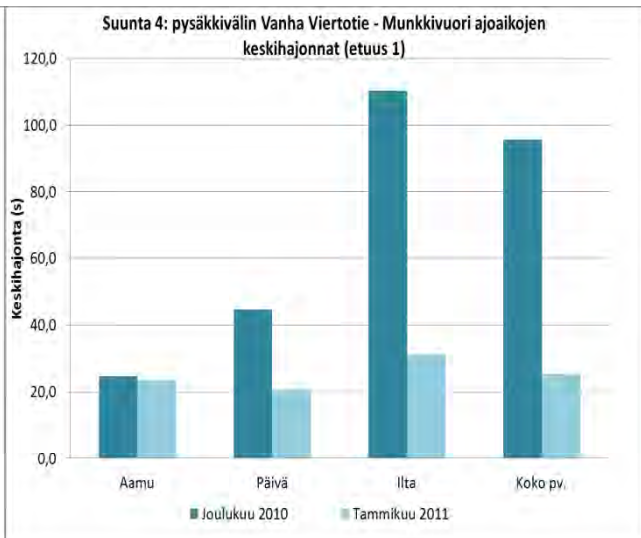
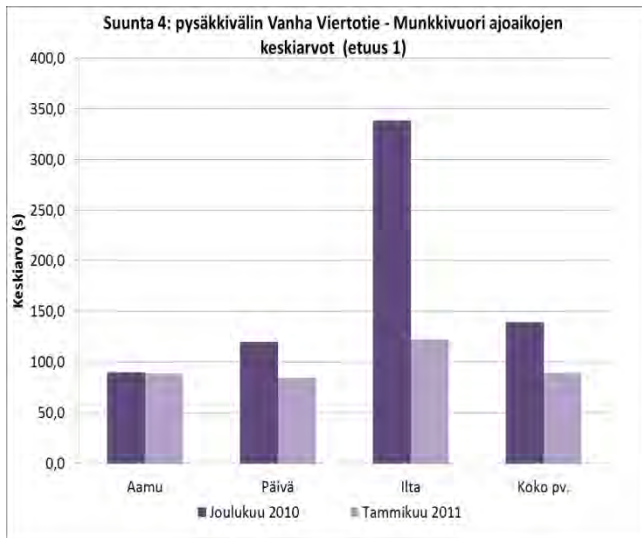


Suunta 3: Munkkivuori - Vanha Viertotie (etus 2)

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	Helmikuu 2011 (kpl)	Maaliskuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	86,2	80,3	-5,9	0,106	-	22,3	23,4	1,2	68	98
Päivä (9.00-15.30)	82,4	82,9	0,4	0,782	-	16,7	17,0	0,3	205	259
Ilta (15.30-17.30)	87,9	88,9	1,0	0,645	-	17,4	18,6	1,2	122	138
Koko päivä	83,2	83,3	0,1	0,961	-	18,2	18,1	-0,1	530	663

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

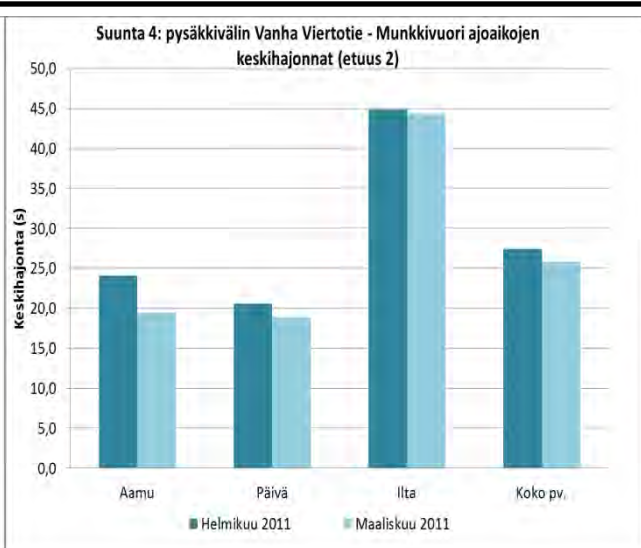
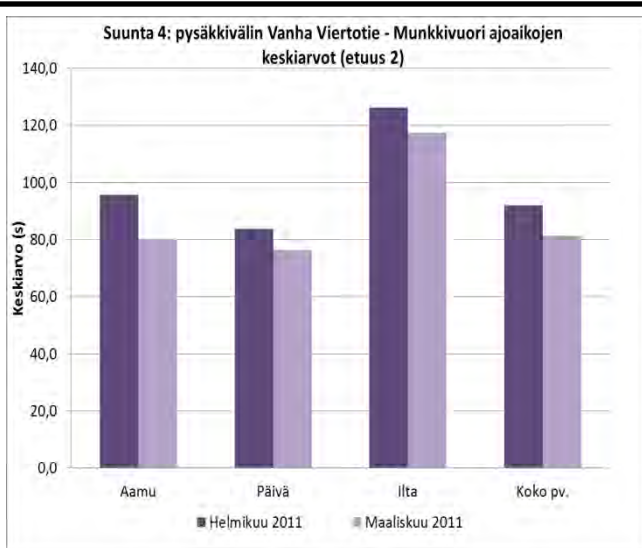


Suunta 4: Vanha Viertotie - Munkkivuori (etus 1)

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Joulukuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Joulukuu 2010 (s)	Tammikuu 2011 (s)	erotus (s)	Joulukuu 2010 (kpl)	Tammikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	89,8	89,0	-0,8	0,814	-	24,7	23,4	-1,3	111	109
Päivä (9.00-15.30)	119,6	84,4	-35,2	0,000	+++	44,7	20,6	-24,1	242	297
Ilta (15.30-17.30)	338,7	122,2	-216,5	0,000	+++	110,3	31,1	-79,2	84	98
Koko päivä	139,4	89,5	-49,9	0,000	+++	95,6	25,4	-70,1	556	641

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää



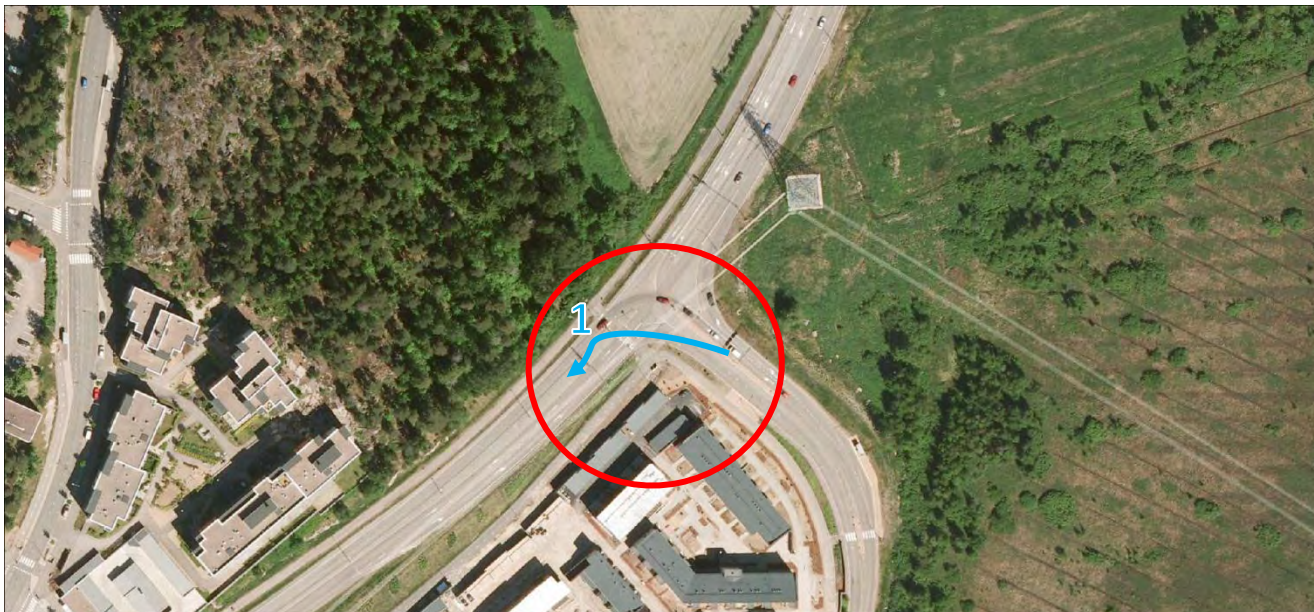
Suunta 4: Vanha Viertotie - Munkkivuori (etus 2)

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Helmikuu 2011 (s)	Maaliskuu 2011 (s)	erotus (s)	Helmikuu 2011 (kpl)	Maaliskuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	95,8	80,4	-15,4	0,000	+++	24,1	19,5	-4,6	94	114
Päivä (9.00-15.30)	83,8	76,5	-7,3	0,000	+++	20,6	18,9	-1,7	223	297
Ilta (15.30-17.30)	126,2	117,5	-8,7	0,157	-	44,9	44,3	-0,5	98	119
Koko päivä	92,0	81,4	-10,6	0,000	+++	27,4	25,8	-1,6	521	666

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 18: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Itäväylä, Kallvikintie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Itäväylän ja Kallvikintien liittymään siten, että etuus on Itäväylää itään päin ajavilla linja-autoilla sekä Kallvikintieltä Itäväylälle länteen päin kääntyvillä linja-autoilla.

### Toteutusajankohta:

Etuus on otettu käyttöön 4.5.2010. Tutkimuksessa on tutkittu ajoaikoja vuoden 2010 huhtikuulta sekä toukokuulta.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

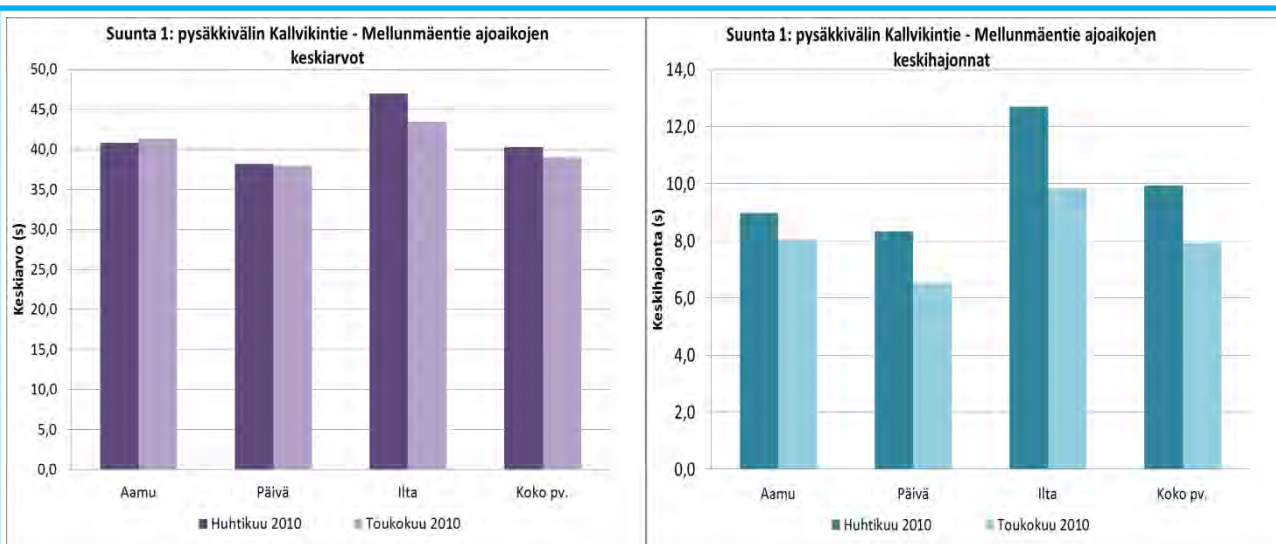
Linja	suunta 1
78	Kallvikintie (4629) – Mellunmäentie (4542)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia ajoajoissa. Havaitut muutokset olivat hyvin pieniä niin keskiarvon kuin keskihajonnan osalta, mutta on huomattava, että nämä arvot olivat hyvin pieniä jo lähtötilanteessa.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tarkka tieto liikennevaloetuksien toteuttamispäivästä mahdollistaa kohteen tarkan tutkimisen ja muiden vaikutusten minimoinnin valitsemalla tutkittavat ajat juuri ennen ja jälkeen etuuskäytön toteuttamista. Lisäksi kohteen läheisyydessä ei ole tutkimusaikana tehty muita merkittäviä liikenteeseen vaikuttavia toimenpiteitä.



**Suunta 1: Kallvikintie - Mellunmäentie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Toukokuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Toukokuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	40,8	41,4	<b>0,5</b>	0,715	-	9,0	8,1	<b>-0,9</b>	73	59
Päivä (9.00-15.30)	38,2	38,0	<b>-0,2</b>	0,843	-	8,3	6,5	<b>-1,8</b>	122	150
Ilta (15.30-17.30)	47,0	43,4	<b>-3,6</b>	0,118	-	12,7	9,8	<b>-2,9</b>	58	44
Koko päivä	40,3	39,1	<b>-1,3</b>	0,071	-	9,9	7,9	<b>-2,0</b>	317	339

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 19: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Kontulantie, Kurkimäentie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittavat joukkoliikenteen liikennevaloetukset on toteutettu Kontulantien ja Kurkimäentien liittymään siten että etuudet palvelevat linjaa 78 kumpaankin ajosuuntaan. Vastakkaisten ajosuuntien etuudet ovat keskenään liikennevalojen eri vaiheissa.

### Toteutusajankohta:

Etudet on otettu käyttöön 25.1.2010. Tutkimuksessa on tutkittu tammikuun 2010 ja helmikuun 2010 ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

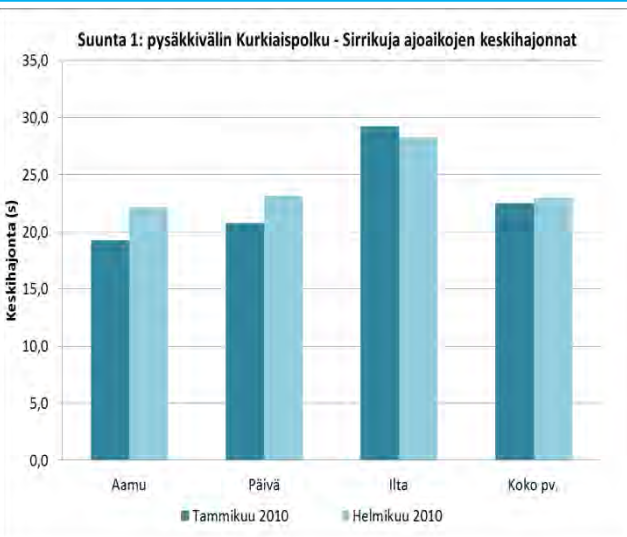
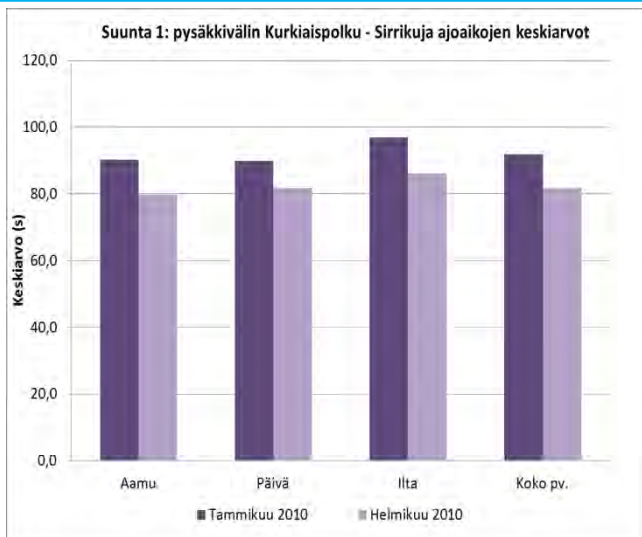
Linjat	suunta 1	suunta 2
78	Kurkiaispolku (4436) – Sirrikuja (4401)	Sirrikuja (4400) – Kurkiaispolku (4435)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa on havaittu muutoksia suunnan 1 ajoaikojen keskiarvoissa. Keskiarvot ovat laskeneet n. 10 sekuntia ja koko päivän osalta muutos on myös tilastollisesti erittäin merkitsevä. Etuuksien toteuttamisella ei havaittu olleen vaikutusta ajoaikojen keskihajontoihin kummassakaan tutkituista suunnista. Suunnassa 2 etuuksilla ei havaittu olleen käytännössä minkäänlaista vaikutusta. Tämä on selitettävissä sillä, että kyseisessä suunnassa ei ole kääntyvien kaistaa tai erillistä valo-ohjausta kääntyville vaan kääntyvät ovat samassa vaiheessa liittymän pääsuunnan liikennevirran kanssa, joten todennäköisesti valo-ohjaus on toiminut jo ennestään hyvin suunnan 2 kaksi kannalta. On hyvä huomata, että vaikka suunta 1 on etuuden myötä nopeutunut, ei tästä ole koitunut haittaa pääsuunnan liikenteelle.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tarkka tieto liikennevaloetuksien toteuttamispäivästä mahdollistaa kohteen tarkan tutkimisen ja muiden vaikutusten minimoinnin valitsemalla tutkittavat ajat juuri ennen ja jälkeen etuuksien toteuttamista. Lisäksi kohteen läheisyydessä ei tiettävästi ole tutkimusajana tehty muita merkittäviä liikenteeseen vaikuttavia toimenpiteitä.

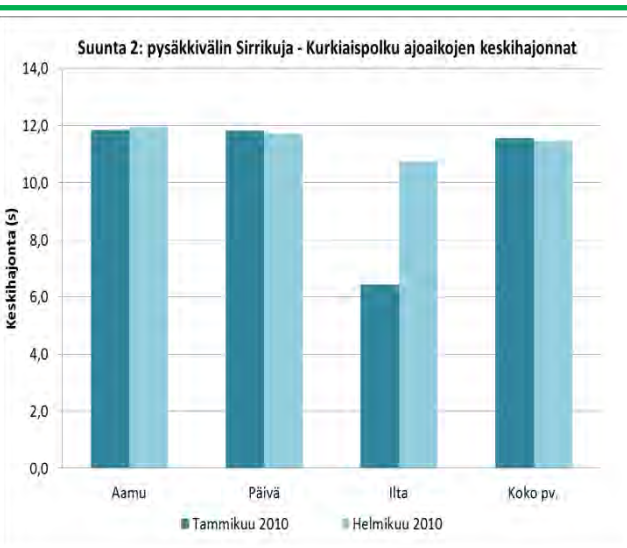
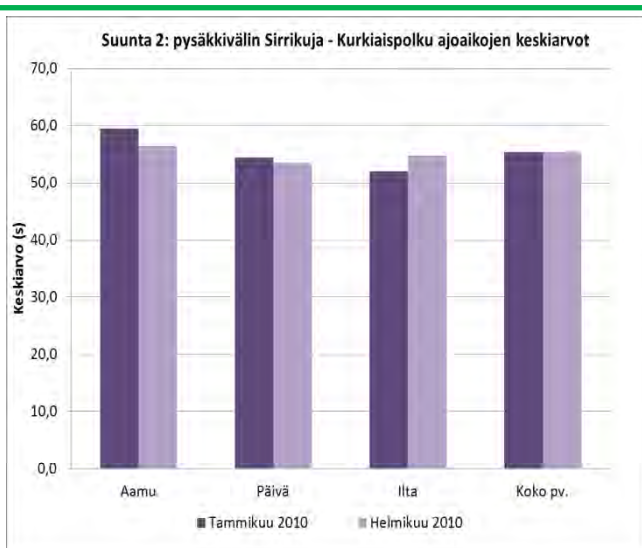


**Suunta 1: Kurkiaispolku - Sirrikuja**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Tammikuu 2010 (s)	Helmikuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Tammikuu 2010 (s)	Helmikuu 2010 (s)	erotus (s)	Tammikuu 2010 (kpl)	Helmikuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	90,2	79,7	-10,5	0,019	+	19,3	22,1	2,9	51	42
Päivä (9.00-15.30)	89,9	81,8	-8,1	0,029	+	20,8	23,2	2,4	73	74
Ilta (15.30-17.30)	96,8	86,0	-10,8	0,086	-	29,2	28,3	-1,0	45	43
Koko päivä	91,9	81,8	-10,1	0,000	+++	22,5	23,0	0,5	212	198

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



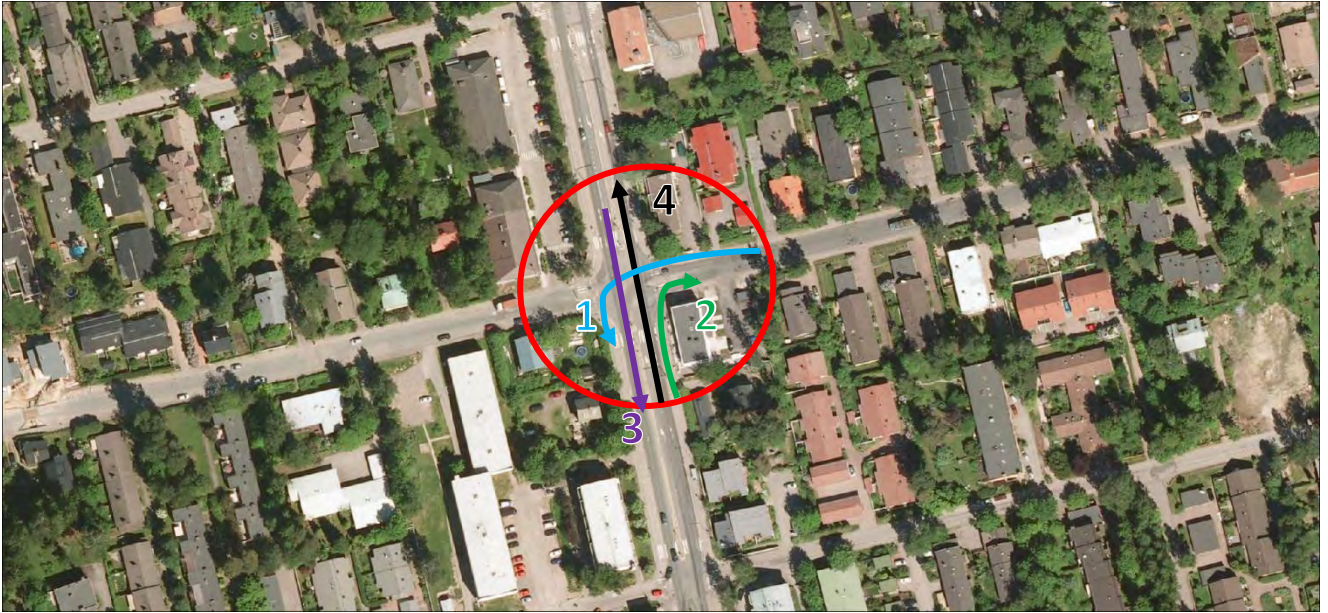
**Suunta 2: Sirrikuja - Kurkiaispolku**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Tammikuu 2010 (s)	Helmikuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Tammikuu 2010 (s)	Helmikuu 2010 (s)	erotus (s)	Tammikuu 2010 (kpl)	Helmikuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	59,5	56,4	-3,1	0,204	-	11,9	11,9	0,1	46	53
Päivä (9.00-15.30)	54,5	53,5	-1,0	0,678	-	11,8	11,7	-0,1	62	47
Ilta (15.30-17.30)	52,0	54,7	2,7	0,424	-	6,4	10,7	4,3	20	14
Koko päivä	55,3	55,4	0,1	0,967	-	11,6	11,5	-0,1	181	170

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 20: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Pakilantie, Osuuskunnantie, Helsinki



### Sijainti:

Tutkittava joukkoliikenteen liikennevaloetus on toteutettu Helsingin sisäiselle linjalle 67 Pakilantien ja Osuuskunnantien liittymään. Etuus on käytössä Osuuskunnantieltä etelään päin Pakilantielle kääntyessä. Liittymän pääsuunnalle Pakilantielle on jo aiemmin toteutettu etuus.

### Toteutusajankohta:

Sivusuunnan etuus on otettu käyttöön 22.6.2010. Tutkimuksessa on tutkittu huhti- ja syyskuun ajoaikoja vuodelta 2010.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

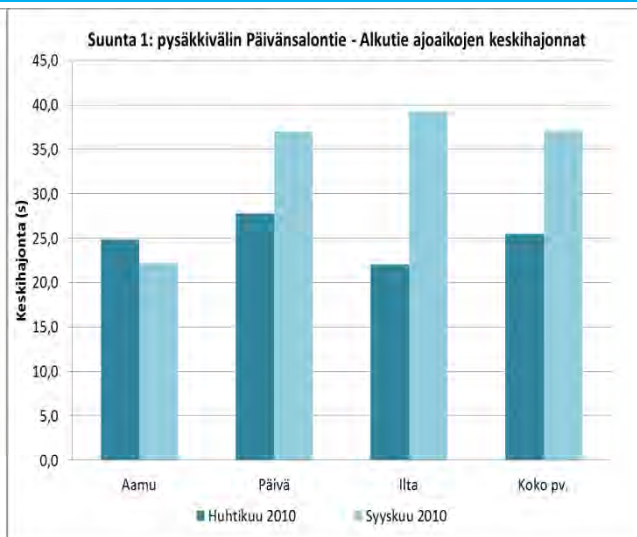
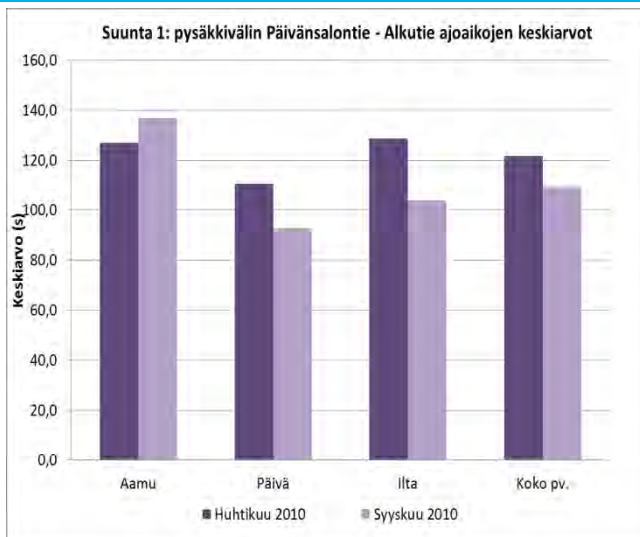
Linjat	suunta 1 (etuus 22.6.2010)	suunta 2 (vanha etuus)
67	Päivänsalontie (2270) – Alkutie (2240)	Alkutie (2241) – Päivänsalontie (2271)
Linjat	suunta 3 (vanha etuus)	suunta 4 (vanha etuus)
63,66,66A	Muurimestarintie (2242) – Alkutie (2240)	Alkutie (2241) – Muurimestarintie (2243)

### Vaikutusten arviointi:

Uuden etuuden saaneen suunnan 1 ajoaikojen keskiarvot laskivat päivä- ja iltaliikenteessä, sekä koko päivän osalta. Nämä tulokset eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä pienten otoskokojen vuoksi. Aamuliikenteessä ajoaikojen keskiarvon todettiin nousseen noin 10 sekuntia. Ajoaikojen keskihajonnat kasvoivat suunnassa 1 kaikkina vuorokaudenaikoina aamua lukuun ottamatta. Muissa suunnissa ajoajat nopeutuivat ja ajoaikojen keskihajonnat laskivat vuorokaudenajasta riippumatta. Osa näistä muutoksista on myös tilastollisesti merkitseviä.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Kohteen läheisyydessä ei tiettävästi ole tutkimusaikana tehty muita merkittäviä liikenteeseen vaikuttavia toimenpiteitä.

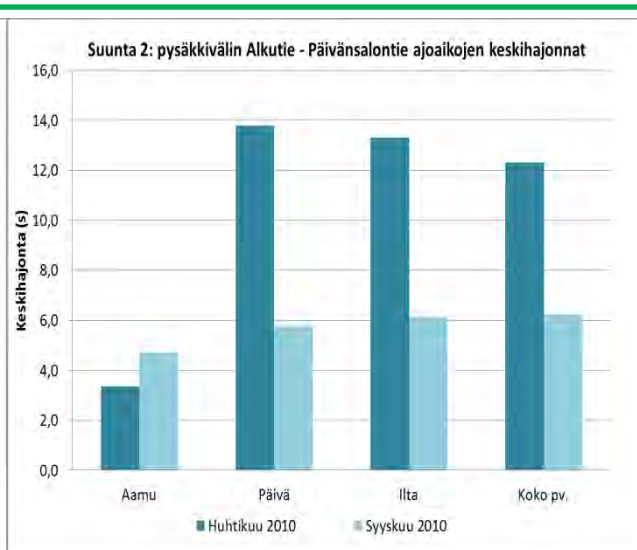
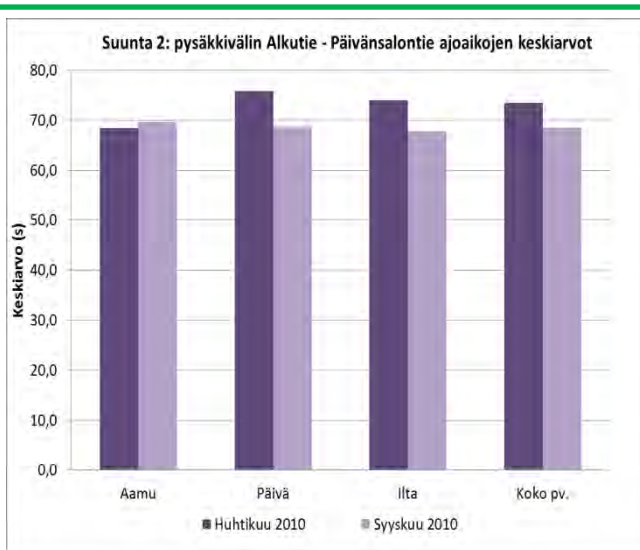


**Suunta 1: Päivänsalontie - Alkutie (uusi etuus)**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Syyskuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	126,9	137,0	<b>10,1</b>	N/A	-	24,8	22,2	<b>-2,7</b>	17	8
Päivä (9.00-15.30)	110,6	92,9	<b>-17,8</b>	0,185	-	27,8	37,0	<b>9,2</b>	17	19
Ilta (15.30-17.30)	128,8	103,9	<b>-24,9</b>	N/A	-	22,0	39,2	<b>17,2</b>	13	14
Koko päivä	121,9	109,5	<b>-12,4</b>	0,072	-	25,5	37,1	<b>11,6</b>	50	43

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

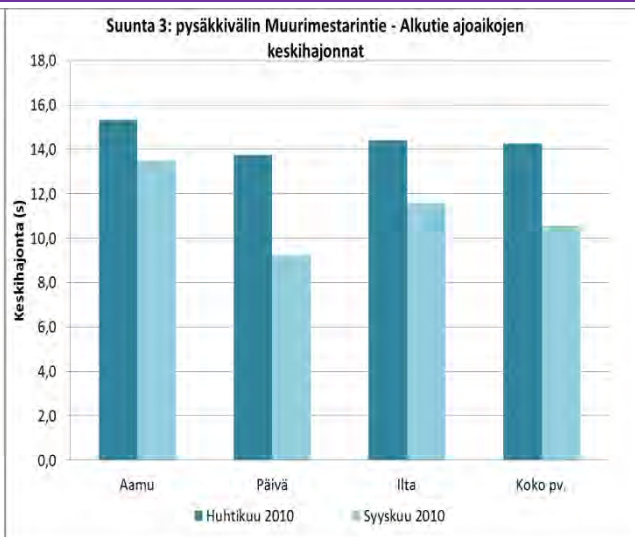
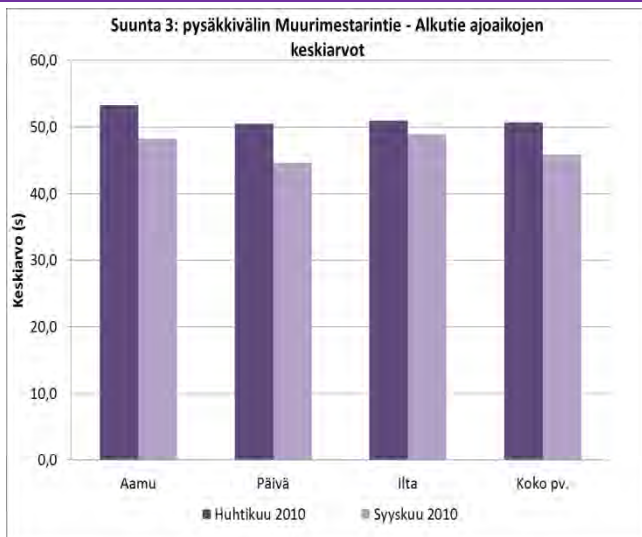


**Suunta 2: Alkutie - Päivänsalontie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Syyskuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	-	-	-	N/A	-	-	-	-	-	-
Päivä (9.00-15.30)	75,9	68,7	<b>-7,2</b>	0,049	+	13,8	5,8	<b>-8,0</b>	19	36
Ilta (15.30-17.30)	74,0	67,8	<b>-6,2</b>	0,022	+	13,3	6,1	<b>-7,2</b>	32	25
Koko päivä	73,6	68,6	<b>-5,0</b>	0,004	++	12,3	6,2	<b>-6,1</b>	65	76

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

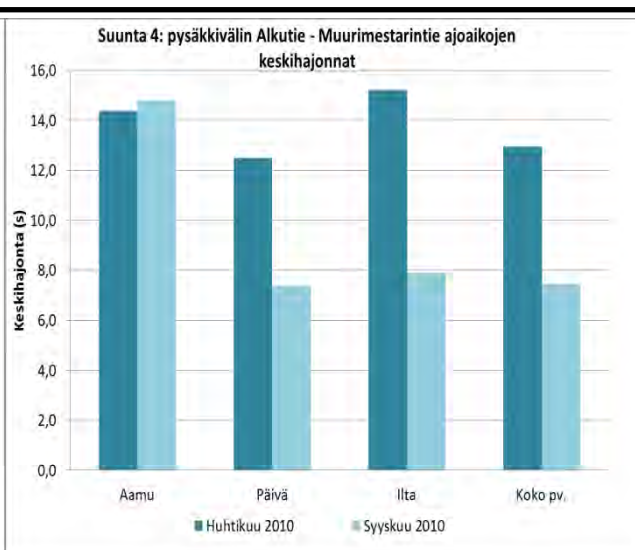
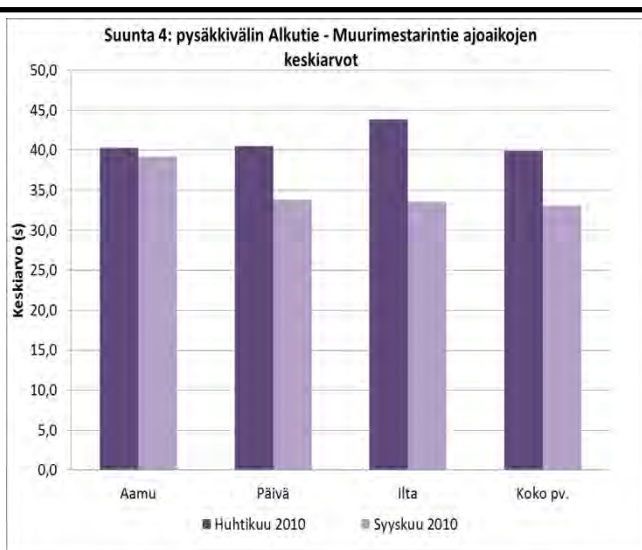


Suunta 3: Muurimestarintie - Alkutie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Syyskuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	53,3	48,3	-5,1	0,005	++	15,3	13,5	-1,8	131	138
Päivä (9.00-15.30)	50,5	44,6	-5,9	0,000	+++	13,7	9,2	-4,5	309	252
Ilta (15.30-17.30)	50,9	48,9	-2,0	0,230	-	14,4	11,6	-2,8	133	108
Koko päivä	50,7	45,8	-4,9	0,000	+++	14,3	10,6	-3,7	695	624

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



Suunta 4: Alkutie - Muurimestarintie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2010 (s)	Syyskuu 2010 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2010 (kpl)	Syyskuu 2010 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	39,4	39,0	-0,4	N/A	-	13,9	13,6	-0,3	26	11
Päivä (9.00-15.30)	40,8	32,3	-8,5	0,000	+++	13,4	6,3	-7,2	335	278
Ilta (15.30-17.30)	39,6	31,9	-7,6	0,000	+++	12,6	5,9	-6,7	218	148
Koko päivä	38,3	31,8	-6,5	0,000	+++	12,5	5,8	-6,7	851	590

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

## Kohde 21: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Tikkurilantie, Osmankäämintie, Vantaa



### Sijainti:

Etuus on toteutettu Tikkurilantieltä lännestä vasemmalle Osmankäämintielle kääntyville.

### Toteutusajankohta:

Tehostettu etuus eli ylimääräinen vaihe ja aiennus linjalla 61 suuntaan lännestä vasemmalle otettiin käyttöön tammikuussa 2012. Aiemmin käytössä oli vaiheen pidennys samalla suunnalla. Tutkimuksessa tutkittiin tehostetun etuuden vaikutuksia tutkimalla ajoaikoja vuoden 2011 joulukuulta ja vuoden 2012 helmikuulta.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

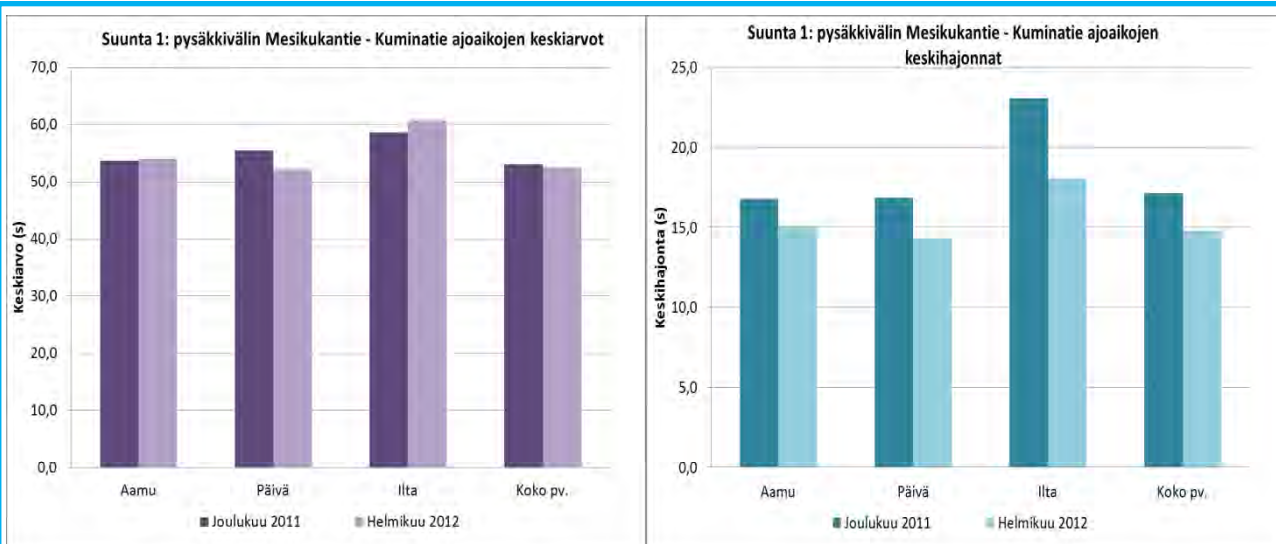
Linjat	suunta 1
54, 55, 61, 61V	Mesikukantie (V6827) – Kuminatie (V6318)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa havaittiin tehostetun etuuden vaikutusten olleen melko pieniä, sillä ajoaikojen keskiarvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Keskihajontojen muutokset viittaavat siihen, että tehostetun etuuden vaikutus on kohdistunut luotettavuuteen nopeuttamisen sijaan. Suurin vaikutus keskihajontaan etuudella havaittiin olleen iltaliikenteessä, jossa hajonta pieneni 5 sekuntia eli n. 22 % alkuperäisestä hajonnasta.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Kohteen tuloksiin on voinut mahdollisesti vaikuttaa talviajan poikkeukselliset sääolot, mutta tämän vaikutusta osaltaan varmasti pienentää se seikka, että kumpikin tutkituista ajanjaksoista kuuluu talveen.



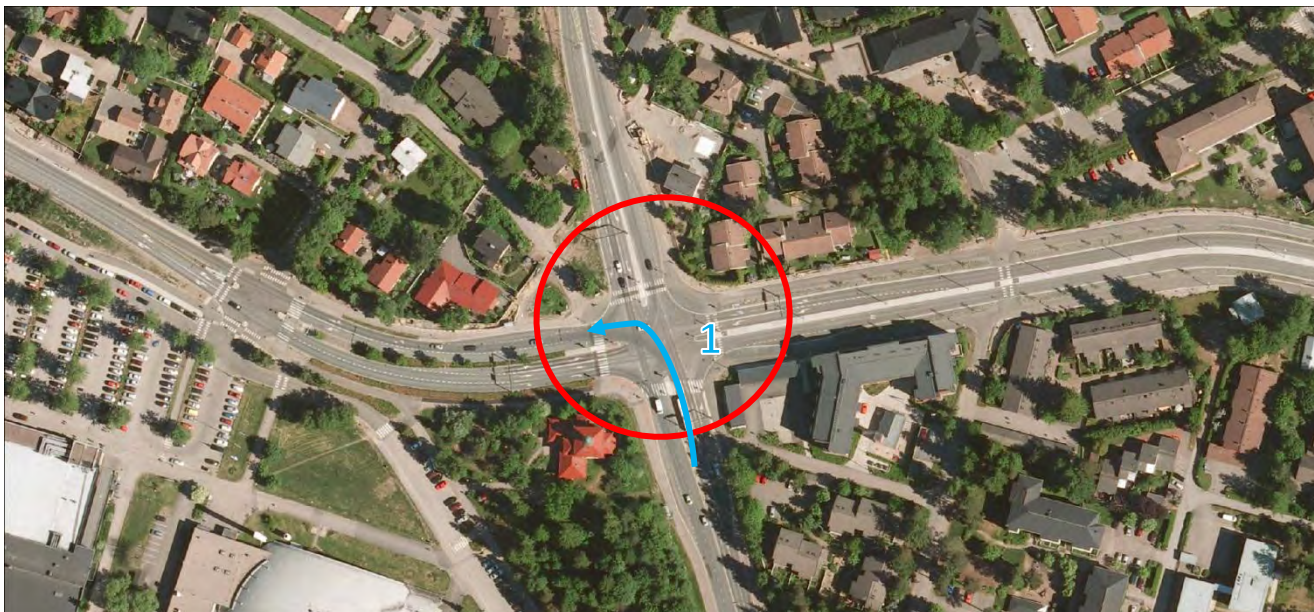
**Suunta 1: Mesikukantie - Kuminatie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Joulukuu 2011 (s)	Helmikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyt*	Joulukuu 2011 (s)	Helmikuu 2012 (s)	erotus (s)	Joulukuu 2011 (kpl)	Helmikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	53,6	54,0	<b>0,4</b>	0,896	-	16,8	15,1	<b>-1,7</b>	62	55
Päivä (9.00-15.30)	55,5	52,2	<b>-3,3</b>	0,132	-	16,8	14,3	<b>-2,5</b>	114	96
Ilta (15.30-17.30)	58,6	60,7	<b>2,1</b>	0,657	-	23,1	18,1	<b>-5,0</b>	40	38
Koko päivä	53,1	52,6	<b>-0,5</b>	0,697	-	17,1	14,8	<b>-2,4</b>	289	247

\*T-testin merkitsevyyt:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 22: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Talvikkitie, Läntinen valkoisenlähteentie, Vantaa



### Sijainti:

Talvikkitieltä etelästä vasemmalle kääntyville linja-autoille on toteutettu etuus joka sisältää ylimääräisen vaiheen sekä nopeutuksen.

### Toteutusajankohta:

Etuus on toteutettu huhtikuussa 2012. Tutkimuksessa on tutkittu ajoaikoja vuoden 2012 maaliskuulta sekä toukokuulta.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

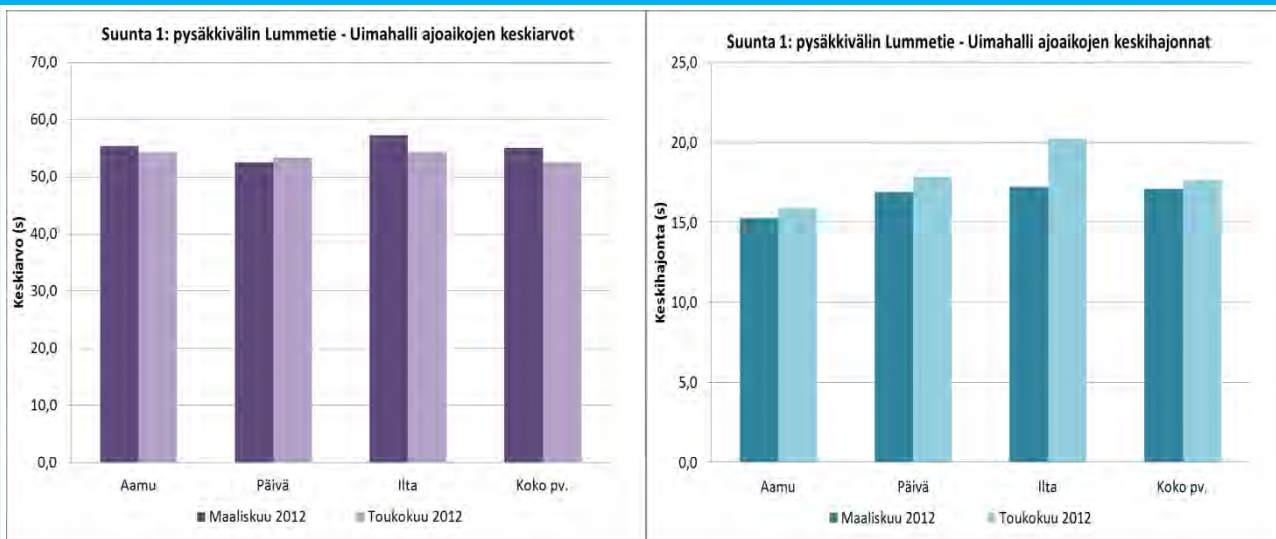
Linjat	suunta 1
50, 55, 63, 68, 68A, 72, 99, 99B	Lummetie (V6131) – Uimahalli (V6310)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa havaittiin pientä laskua ajoaikojen keskiarvoissa pysäkkivälillä Lummetie – Uimahalli, mutta nämä muutokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, joten ne voivat myös johtua tilastollisesta vaihtelusta otoksen sisällä. Tutkimustulosten mukaan keskihajonnat kasvoivat tutkitulla pysäkkivälillä tutkimusaikana, joten tulosten mukaan valoetuudesta ei ollut hyötyä joukkoliikenteelle nopeuden eikä myöskään luotettavuuden kannalta. Kaikki havaitut muutokset olivat kuitenkin hyvin pieniä.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa ei ole tullut esiin tietoa muista toimenpiteistä tai olosuhteista, jotka olisivat vaikuttaneet saatuihin tuloksiin.



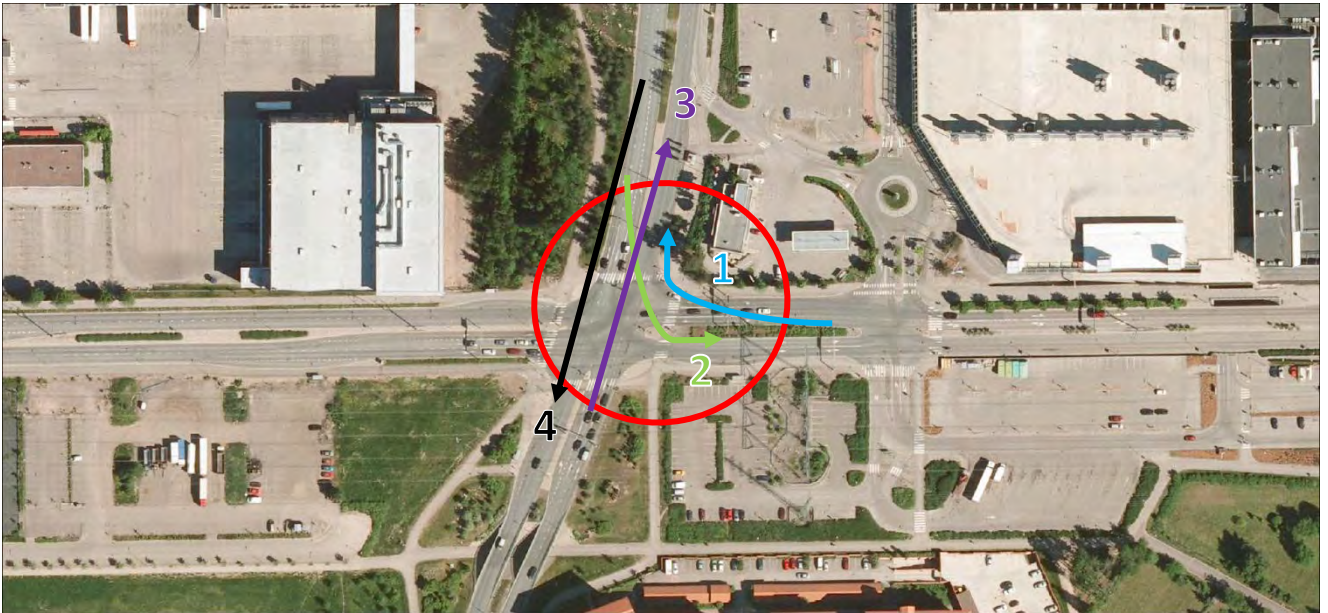
**Suunta 1: Lummetie - Uimahalli**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Maaliskuu 2012 (s)	Toukokuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyyss*	Maaliskuu 2012 (s)	Toukokuu 2012 (s)	erotus (s)	Maaliskuu 2012 (kpl)	Toukokuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	55,4	54,3	<b>-1,1</b>	0,808	-	15,3	15,9	<b>0,6</b>	46	19
Päivä (9.00-15.30)	52,5	53,4	<b>0,9</b>	0,761	-	16,9	17,8	<b>0,9</b>	77	70
Ilta (15.30-17.30)	57,2	54,3	<b>-2,9</b>	0,539	-	17,2	20,2	<b>3,0</b>	59	25
Koko päivä	55,1	52,5	<b>-2,6</b>	0,141	-	17,1	17,7	<b>0,6</b>	255	165

\*T-testin merkitsevyyss:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 23: Joukkoliikenteen liikennevaloetus, Lentoasemantie, Tasetie, Vantaa



### Sijainti:

Etuus on toteutettu Tasetien ja Lentoasemantien liittymään siten, että Tasetieltä idästä oikealle kääntyvät ja toiseen suuntaan Lentoasemantieltä pohjoisesta vasemmalle kääntyvä linjat sekä Lentoasementtiellä suunnassa etelä-pohjoinen sekä pohjoinen etelä kulkevat linjat saavat SYVARI-pohjaiset etuudet aiennuksilla ja ylimääräisillä vaiheilla.

### Toteutusajankohta:

Etuudet toteutettiin kevät-talvella 2012. Etuuksia otettiin käyttöön pikkuhiljaa ohjelmointiongelmien takia. Maalis-huhtikuussa etuudet toimivat halutulla tavalla. Tutkimuksessa on tutkittu vuoden 2011 huhtikuun sekä vuoden 2012 huhtikuun ajoaikoja.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

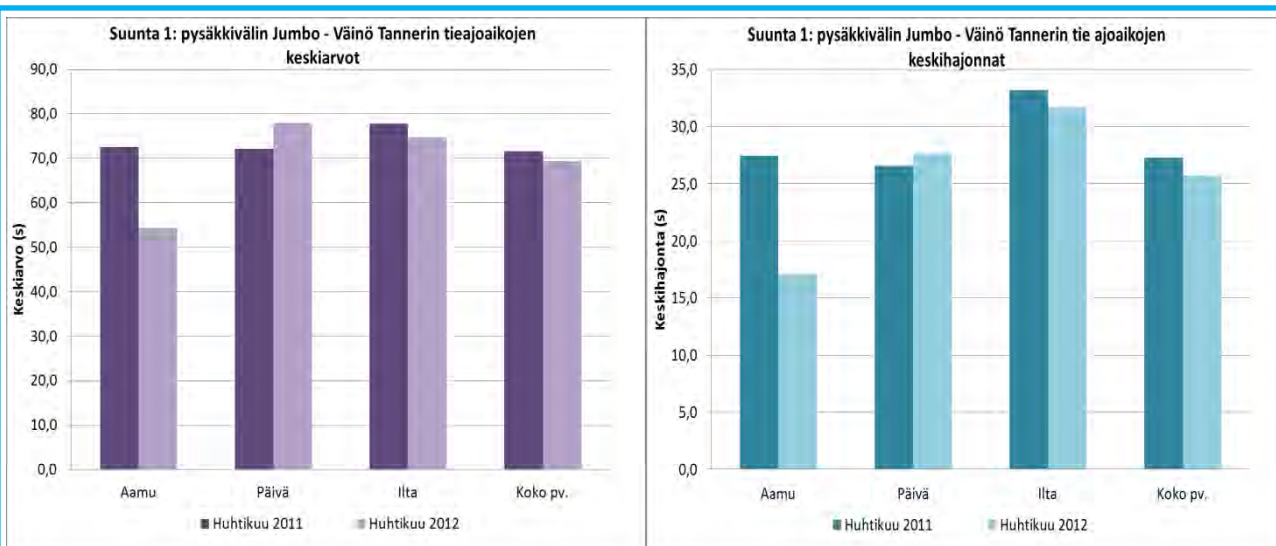
Linjat	suunta 1	suunta 2
61	Jumbo (V5127) – Väinö Tannerin tie (V5102)	Vantaanportti (V5202) – Tasetie (V5124)
Linjat	suunta 3	suunta 4
51,51K,451,519,519A, 514, 514K	Lentoasemantie (V5121) – Väinö Tannerin tie (V5102)	Vantaanportti (V5202) – Väinö Tannerin tie (V5101)

### Vaikutusten arviointi:

Tutkimuksessa on havaittu tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus suunnan 1 aamuliikenteeseen, jossa on nähtävissä 18,1 sekunnin lasku ajoaikojen keskiarvossa ja 10,4 sekunnin lasku keskihajonnassa. Suunnan 2 osalta nähdään laajempia muutoksia koko päivän osalta ja erityisesti aamu- sekä päiväliikenteessä. Näissä tapauksissa keskiarvot ovat laskeneet 37–44 sekuntia ja keskihajonnat 15–18 sekuntia. Suunnissa 3 ja 4 havaittiin maltillisempia muutoksia, eli pientä laskua keskiarvoissa sekä keskihajonnoissa. Poikkeuksena tässä kohteessa oli suunnan 4 aamuliikenne, jonka osalta keskiarvon ja keskihajonnan havaittiin nousseen.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Muita vaikutuksia on vaikea arvioida tämän kohteen osalta.

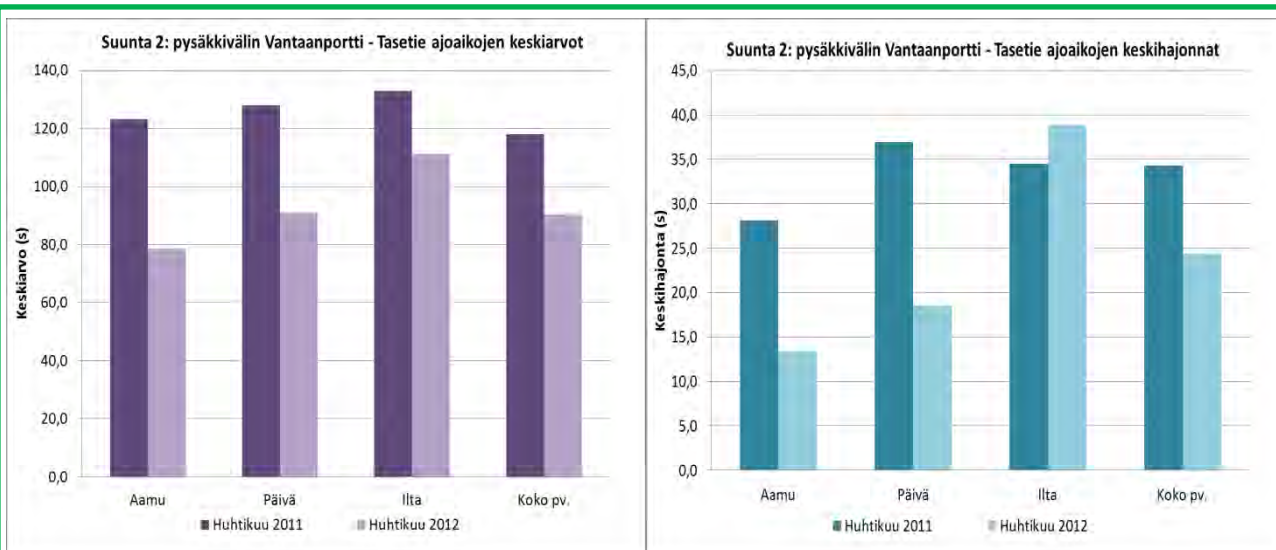


**Suunta 1: Jumbo - Väinö Tannerin tie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2011 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	72,5	54,5	-18,1	0,000	+++	27,5	17,1	-10,4	83	37
Päivä (9.00-15.30)	72,1	77,9	5,8	0,056	-	26,5	27,6	1,1	196	138
Ilta (15.30-17.30)	77,9	74,8	-3,1	0,689	-	33,2	31,7	-1,5	57	26
Koko päivä	71,6	69,4	-2,2	0,258	-	27,3	25,7	-1,5	519	305

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

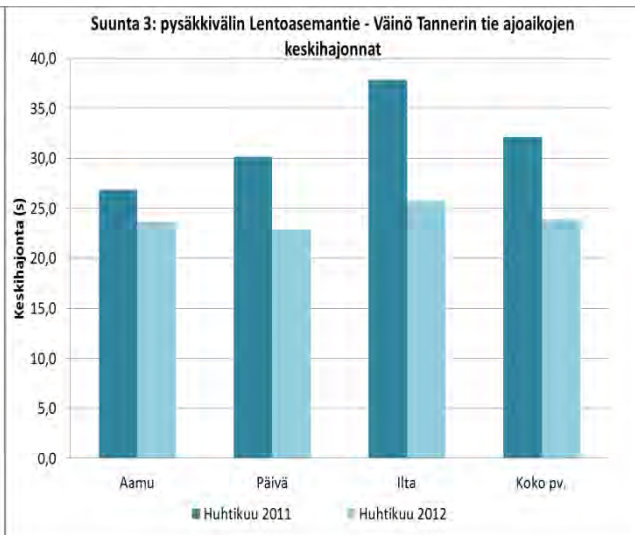
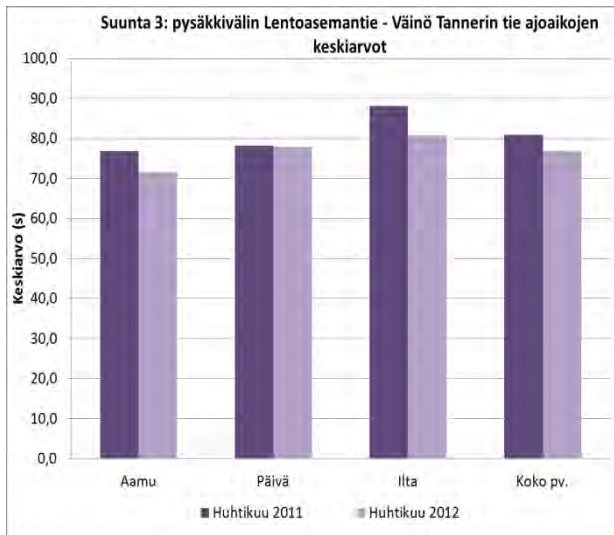


**Suunta 2: Vantaanportti - Tasetie**

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2011 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	123,1	78,7	-44,5	0,000	+++	28,1	13,4	-14,8	46	25
Päivä (9.00-15.30)	128,1	91,0	-37,1	0,000	+++	36,9	18,5	-18,4	80	51
Ilta (15.30-17.30)	132,9	111,1	-21,8	0,013	+	34,5	38,9	4,4	37	39
Koko päivä	118,0	90,4	-27,6	0,000	+++	34,3	24,4	-9,9	261	166

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

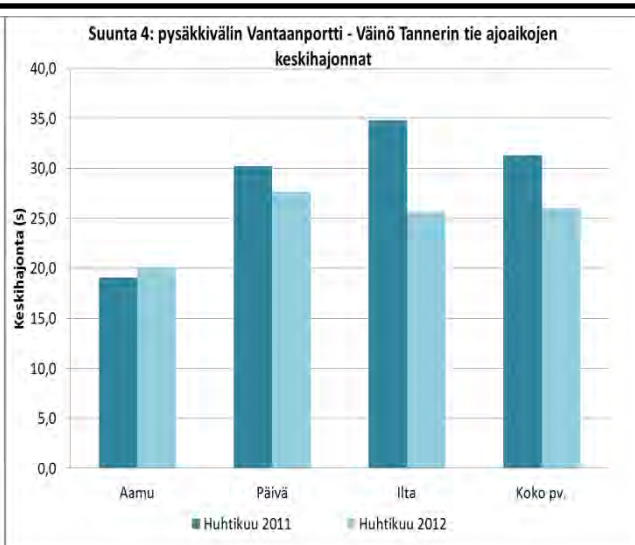
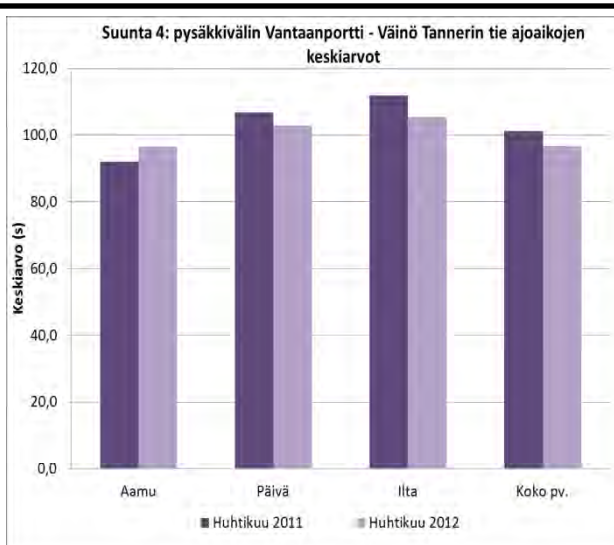


Suunta 3: Lentoasemantie - Väinö Tannerin tie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2011 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	76,9	71,5	-5,4	0,321	-	26,8	23,6	-3,2	58	35
Päivä (9.00-15.30)	78,2	78,0	-0,2	0,953	-	30,2	22,9	-7,3	123	129
Ilta (15.30-17.30)	88,2	80,7	-7,5	0,249	-	37,9	25,7	-12,2	50	54
Koko päivä	80,9	76,8	-4,0	0,086	-	32,1	23,9	-8,2	313	263

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää



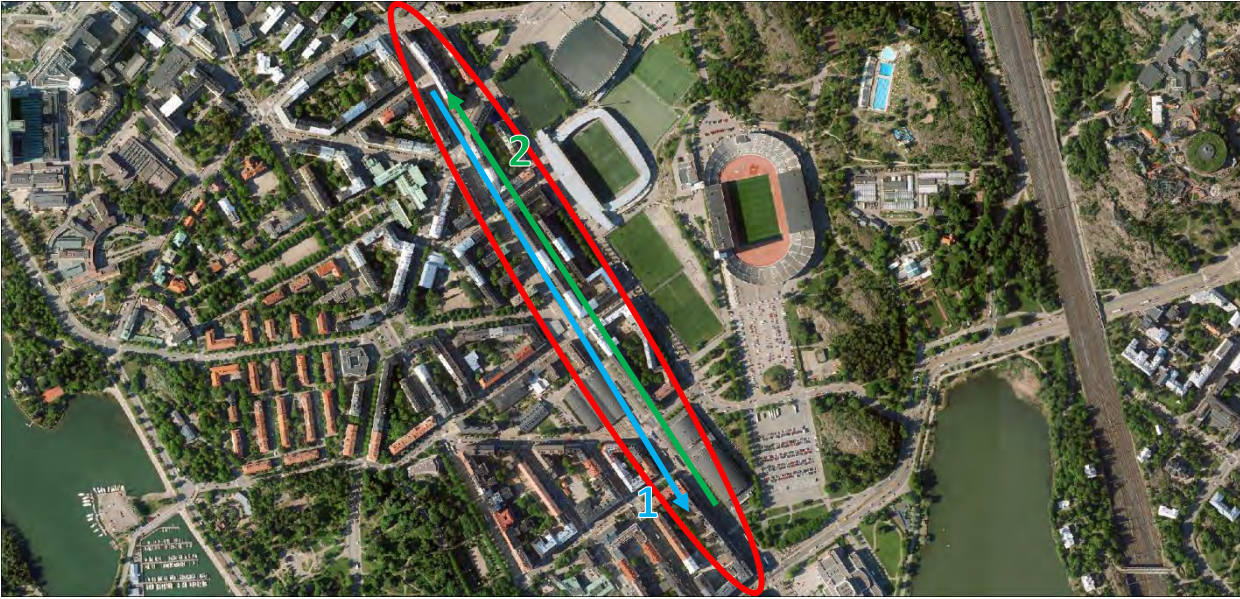
Suunta 4: Vantaanportti - Väinö Tannerin tie

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Huhtikuu 2011 (s)	Huhtikuu 2012 (s)	erotus (s)	Huhtikuu 2011 (kpl)	Huhtikuu 2012 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	92,1	96,6	4,6	0,508	-	19,1	20,1	1,0	16	19
Päivä (9.00-15.30)	106,8	102,8	-4,0	0,365	-	30,2	27,6	-2,6	101	79
Ilta (15.30-17.30)	111,9	105,3	-6,6	0,271	-	34,8	25,7	-9,1	57	48
Koko päivä	101,3	96,8	-4,5	0,076	-	31,3	26,0	-5,3	289	229

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevää, + tilastollisesti melkein merkitsevää, ++ tilastollisesti merkitsevää, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevää

## Kohde 24: Joukkoliikennekaistan voimassaoloajan laajentaminen vuorokauden ympäri, Mannerheimintie, Helsinki



### Sijainti:

Mannerheimintien joukkoliikennekaistat muutettiin ympäri vuorokautisiksi syksyllä 2010. Tutkittavat osuudet sijaitsevat kumpaankin suuntaan Mannerheimintiellä välillä Reijolankatu – Helsinginkatu.

### Toteutusajankohta:

Uudet voimassaoloaika-kyllit on asennettu vuoden 2010 lopulla. Tämän kohteen osalta tutkimuksessa vertaillaan vuoden 2010 syyskuun tilannetta vuoden 2011 huhtikuun tilanteeseen. Ajankohdat on valittu syystä että tarkkoja kylltien asentamisajankohtia ei tiedetä ja jälkeen- tilanteeksi haluttiin valita sääoloiltaan varmasti normaali tilanne.

### Tutkittavat linjat ja pysäkkivälit:

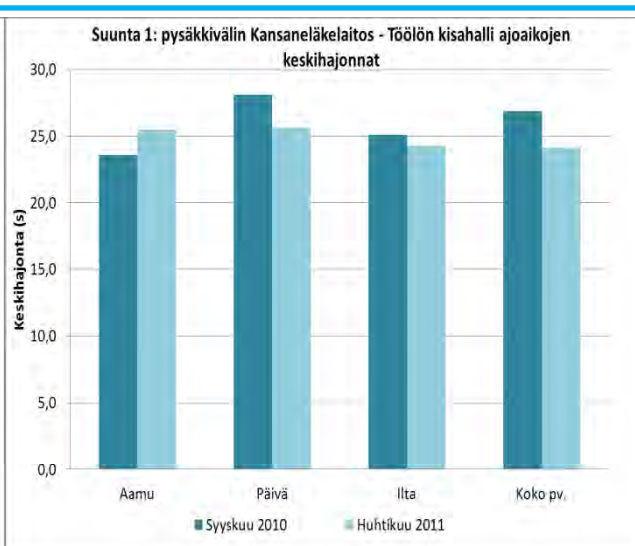
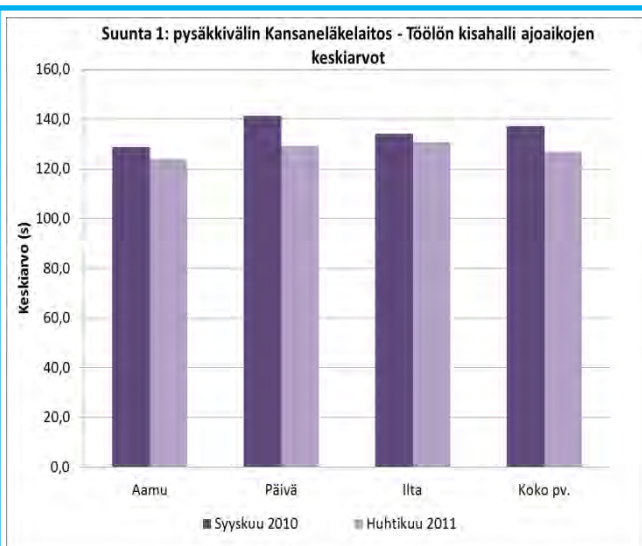
Linjat	suunta 1	suunta 2
xxxx	Kansaneläkelaitos (1916) – Töölön Kisahalli (1914)	Töölön kisahalli (1913) – Kansaneläkelaitos (1917)

### Vaikutusten arviointi:

Suuntaan 1 on havaittavissa suurin vaikutus päiväliikenteeseen, joka vastaa hypoteesia, sillä aiemmin bussikaistat olivat käytännössä voimassa aamu- ja iltaliikenteen aikoihin. Päiväliikenteen osalta ajoaikojen keskiarvo on laskenut 12,1 sekuntia ja muutos on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Suunnassa 2 muutokset ovat olleet suurempia ja iltaliikenteen muutokset ovat epäilyttävän suuria ja niiden perusteella on syytä ajatella, että lähtötilanteessa liikenteessä on ollut joitain ongelmia, jotka ovat aiheuttaneet suuria viiveitä. Päiväliikenteen osalta ajoaikojen muutokset vastaavat suuntaa 1. Lisätarkastelussa havaitaan, että syksyllä 2011 ajoajat ovat palanneet syksyn 2010 tasolle, lukuun ottamatta suunnan 2 iltaliikennettä.

### Muiden vaikutusten arviointi:

Joukkoliikennekaistojen kokopäiväisiksi muuttaminen on voinut selkeyttää tilannetta yksityisautoilijoiden näkökulmasta katsottuna ja näin ollen kaistaa väärin käyttävien määrä on voinut pienentyä. Lisäksi ei sovi unohtaa poliisin tekemiä joukkoliikennekaistojen tehovalvontoja ja niiden vaikutuksia kaistan väärinkäyttäjiin. Tällaista tehovalvontaa suoritettiin Helsingissä esimerkiksi vuoden 2011 tammikuussa.

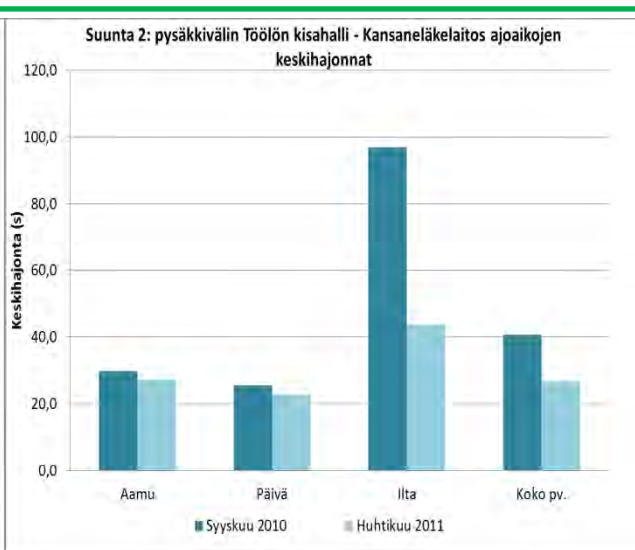
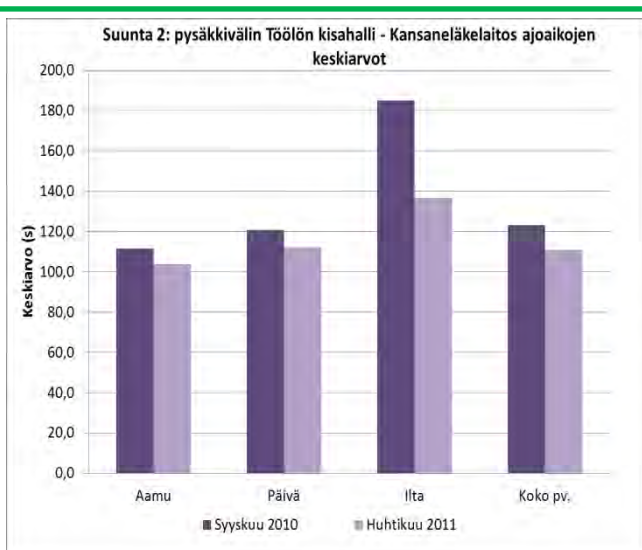


Suunta 1: Kansaneläkelaitos - Töölön kisahalli

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Syyskuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	128,9	123,9	-4,9	0,050	+	23,5	25,5	1,9	213	179
Päivä (9.00-15.30)	141,3	129,2	-12,1	0,000	+++	28,1	25,6	-2,5	437	376
Ilta (15.30-17.30)	134,0	130,6	-3,4	0,143	-	25,1	24,3	-0,8	256	211
Koko päivä	137,2	126,9	-10,3	0,000	+++	26,9	24,1	-2,7	1246	1072

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä

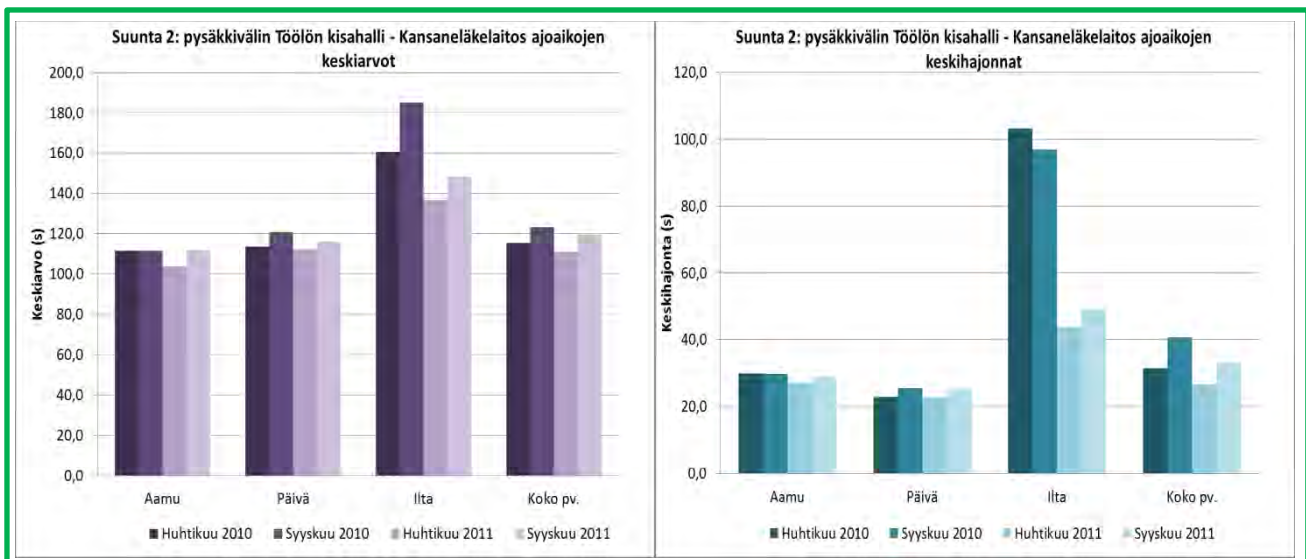
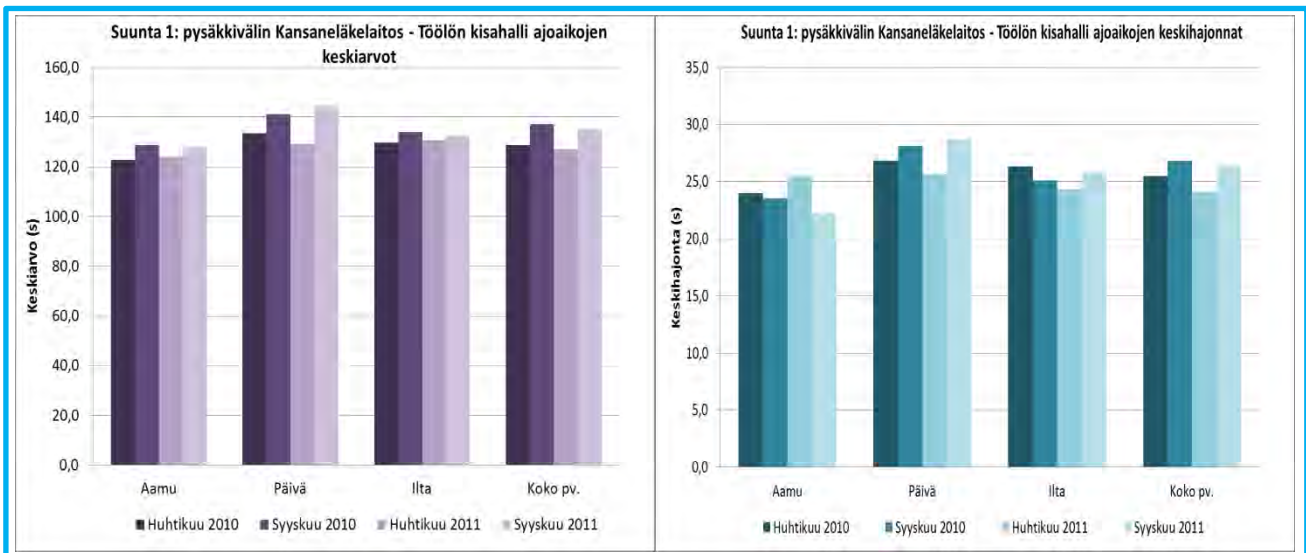


Suunta 2: Töölön kisahalli - Kansaneläkelaitos

	Ajoaikojen keskiarvo					Ajoaikojen keskihajonta			Arvojen lukumäärä	
	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	t-testin p-arvo	merkitsevyys*	Syyskuu 2010 (s)	Huhtikuu 2011 (s)	erotus (s)	Syyskuu 2010 (kpl)	Huhtikuu 2011 (kpl)
Aamu (7.00-9.00)	111,5	103,6	-7,9	0,002	++	29,6	27,2	-2,4	291	217
Päivä (9.00-15.30)	120,8	112,1	-8,8	0,000	+++	25,5	22,7	-2,8	647	574
Ilta (15.30-17.30)	185,0	136,8	-48,3	0,000	+++	96,9	43,7	-53,2	336	262
Koko päivä	123,1	110,9	-12,1	0,000	+++	40,6	26,5	-14,1	1886	1552

\*T-testin merkitsevyys:

- Ei tilastollisesti merkitsevä, + tilastollisesti melkein merkitsevä, ++ tilastollisesti merkitsevä, +++ tilastollisesti erittäin merkitsevä



LIITE 3. Tutkimuksessa käytetyt pysäkit sekä niiden uudet ja vanhat pysäkinumerot.

Kohteen nro.	Suunta	Nimi	Vanha pysäkinumero	Uusi pysäkinumero
Kohde 1	-1	Haukiverkko	2232230	E2357
Kohde 1	1	Haukitie	2232228	E2355
Kohde 1	1	Poistettu pysäkki	2232222	-
Kohde 1	1	Haukilahden keskus	2232237	E2364
Kohde 2	-1	Kiltakallio	2611234	E6015
Kohde 2	1	Samaria	2611256	E6025
Kohde 2	1	Espoonatori	2611255	E6024
Kohde 2	1	Valapuisto	2613008	E6106
Kohde 2	-2	Kirstinharju	2613011	E6108
Kohde 2	2	Valapuisto	2613009	E6107
Kohde 2	2	Espoonatori	2611254	E6023
Kohde 2	2	Samaria	2615233	E6170
Kohde 3	-1	Aurinkoniitty	2142224	E1429
Kohde 3	1	Lipparinne	2142222	E1427
Kohde 3	1	Lähteranta	2141205	E1404
Kohde 3	-2	Kuttulammentie	2142208	E1423
Kohde 3	2	Laakolahdenristi	2142206	E1422
Kohde 3	2	Lähteranta	2142225	E1430
Kohde 3	3	Lähteranta	2142226	E1431
Kohde 3	3	Lähteranta	2141205	E1404
Kohde 3	-4	Kuttulammentie	2142208	E1423
Kohde 3	4	Laakolahdenristi	2142206	E1422
Kohde 3	4	Lähteranta	2142226	E1431
Kohde 4	-1	Myllärintie	1454121	4242
Kohde 4	1	Roihupelto	1456107	4231
Kohde 4	1	Itäkeskus (M)	1453114	4314
Kohde 4	2	Itäkeskus	1453287	4322
Kohde 4	2	Roihupelto	1456118	4247
Kohde 5	-1	Marjaniementie	1455173	4337
Kohde 5	1	Itäpolku	1455102	4491
Kohde 5	1	Itäkeskus	1453112	4312
Kohde 5	1b	Itäkeskus	1453202	4302
Kohde 5	2	Itäkeskus	1453128	4328
Kohde 5	2	Itäkeskus	1453126	4326
Kohde 5	2	Itäpolku	1455101	4490
Kohde 6	-1	Vantaanlaaksontie	4180223	V1823
Kohde 6	1	Emännänkuja	4180225	V1825
Kohde 6	1	Perkiöntie	4180210	V1810
Kohde 6	-2	Myllärinkuja	4210202	V2102
Kohde 6	2	Martinkyläntie	4180213	V1813
Kohde 6	2	Perkiöntie	4180211	V1811
Kohde 6	-3	Vantaanlaaksontie	4180223	V1823
Kohde 6	3	Emännänkuja	4180225	V1825

Kohde 6	3	Vanha Nurmijärventie	4180230	V1830
Kohde 6	-4	Silvolantie	4400204	V4004
Kohde 6	4	Kuninkaantie	4400298	V4098
Kohde 6	4	Perkiöntie	4180211	V1811
Kohde 7	-1	Vetokuja	4160220	V1620
Kohde 7	1	Viherkumpu	4180203	V1803
Kohde 7	1	Vantaanlaaksontie	4180223	V1823
Kohde 7	-2	Perkiöntie	4180211	V1811
Kohde 7	2	Emännänkuja	4180226	V1826
Kohde 7	2	Kynttiläkuja	4180222	V1822
Kohde 7	-3	Vetokuja	4160220	V1620
Kohde 7	3	Viherkumpu	4180203	V1803
Kohde 7	3	Vantaanlaaksontie	4180224	V1824
Kohde 7	-4	Louhelantie	4170207	V1707
Kohde 7	4	Kukintie	4170209	V1709
Kohde 7	4	Kynttiläkuja	4180222	V1822
Kohde 7	-5	Perkiöntie	4180211	V1811
Kohde 7	5	Emännänkuja	4180226	V1826
Kohde 7	5	Vantaanlaaksontie	4180224	V1824
Kohde 7	-6	Louhelantie	4170207	V1707
Kohde 7	6	Kukintie	4170209	V1709
Kohde 7	6	Vantaanlaaksontie	4180223	V1823
Kohde 8	-1	Niittykumpu	2214245	E2137
Kohde 8	-1	Niittykumpu	2214239	E2132
Kohde 8	1	Gräsänristi	2322204	E3227
Kohde 8	1	Aamutie	2322205	E3228
Kohde 8	-2	Päiväntaite	2322287	-
Kohde 8	-2	Olarinristi	2323209	E3258
Kohde 8	2	Aamutie	2322206	E3229
Kohde 8	2	Piispankalliontie	2322247	E3249
Kohde 8	2	Gräsänristi	2322229	E3236
Kohde 9	-1	Mäkkylä	2113206	E1134
Kohde 9	1	Vermo	2113204	E1132
Kohde 9	1	Pitäjänmäen asema	1463114	1524
Kohde 10	-1	Kuitinmäenraitti	2323213	E3261
Kohde 10	1	Piispanportti	2323211	E3260
Kohde 10	1	Olarinristi	2323209	E3258
Kohde 11	-1	Innopoly	2222225	E2220
Kohde 11	1	Maarinniitty	2215299	E2079
Kohde 11	1	Keijuniitty	2215235	E2065
Kohde 11	-2	Rauduntie	2215284	E2078
Kohde 11	2	Keijuniitty	2215232	E2063
Kohde 11	2	Maarinniitty	2215274	E2072
Kohde 12	-1	Paciuksenkaari	1150213	-
Kohde 12	-1	Paciuksenkaari	1150113	1387
Kohde 12	1	Munkkiniemen aukio	1301212	1407

Kohde 12	1	Saunalahti	1301214	1409
Kohde 12	-2	Kuusisaarenkuja	1302219	1412
Kohde 12	2	Kuusiniementie	1302217	1410
Kohde 12	2	Saunalahti	1301215	1408
Kohde 13	-1	Panosaukio	1474111	-
Kohde 13	-1	Kurkimäentie	1474102	4447
Kohde 13	1	Kivijatatie	1474113	4443
Kohde 13	1	Kivikonlaita	1474189	4293
Kohde 13	-2	Tattariharjuntie	1382102	3180
Kohde 13	2	Kivikonlaita	1474190	4292
Kohde 13	2	Kivikonlaita	1474116	4446
Kohde 13	-1B	Myllyrengintie	1454213	-
Kohde 13	-1B	Myllyrengintie	1454113	4289
Kohde 13	1B	Myllytuvantie	1474287	
Kohde 13	1B	Myllytuvantie	1474187	4291
Kohde 13	1B	Kivikonlaita	1474289	4293
Kohde 13	-2B	Tattariharjuntie	1382281	-
Kohde 13	-2B	Tattariharjuntie	1382102	3180
Kohde 13	2B	Kivikonlaita	1474190	-
Kohde 13	2B	Kivikonlaita	1474290	4292
Kohde 13	2B	Myllytuvantie	1474188	-
Kohde 13	2B	Myllytuvantie	1474288	4290
Kohde 14	-1	Ruskeasuon varikko	1291144	1939
Kohde 14	1	Kivihaka	1292146	1941
Kohde 14	1	Metsäläntie	1293168	1681
Kohde 14	-2	Ilkantie 11	1293129	1652
Kohde 14	2	Haagan ammattikorkeakoulu	1293127	1650
Kohde 14	2	Metsäläntie	1293151	1680
Kohde 15	-1	Aino Ackten tie	1293164	1635
Kohde 15	-1	Eliel Saarisen tie	1293123	1655
Kohde 15	1	Thalian aukio	1293130	1657
Kohde 15	1	Ohjaajantie	1293132	1659
Kohde 15	-2	Näyttelijäntie 22	1293135	1660
Kohde 15	2	Ohjaajantie	1293133	1658
Kohde 15	2	Thalian aukio	1293131	1656
Kohde 16	-1	Saanatunturintie	1473104	4358
Kohde 16	1	Kaunispääntie	1473102	4356
Kohde 16	1	Mellunmäentie	1473119	4541
Kohde 16	-2	Kallvikintie	1473183	4629
Kohde 16	2	Mellunmäentie	1473120	4542
Kohde 16	2	Kaunispääntie	1473101	4357
Kohde 17	-1	Ulvilantie 27	1304134	1429
Kohde 17	1	Naantalintie	1304135	1431
Kohde 17	1	Munkkivuori	1305151	1398
Kohde 17	-2	Talontie	1291119	1514
Kohde 17	-2	Talontie	1291219	1512

Kohde 17	2	Ansaritie	1291121	1439
Kohde 17	2	Naantalintie	1304140	1430
Kohde 17	-3	Niemenmäki	1304127	1395
Kohde 17	3	Munkkivuori	1304136	1397
Kohde 17	3	Vanha Viertotie	1291138	1437
Kohde 17	-4	Valimotie	1465102	1516
Kohde 17	4	Vanha Viertotie	1291139	1436
Kohde 17	4	Munkkivuori	1304137	1396
Kohde 18	-1	Fallpakankuja	1473111	4627
Kohde 18	1	Kallvikintie	1473183	4629
Kohde 18	1	Mellunmäentie	1473120	4542
Kohde 19	-1	Harmaahaikarankuja	1471177	4438
Kohde 19	1	Kurkiaispolku	1471187	4436
Kohde 19	1	Sirrikuja	1471190	4401
Kohde 19	-2	Porttatie	1471119	4402
Kohde 19	2	Sirrikuja	1471191	4400
Kohde 19	2	Kurkiaispolku	1471188	4435
Kohde 20	-1	Jakokunnantie	1341129	2272
Kohde 20	1	Päivänsalontie	1341127	2270
Kohde 20	1	Alkutie	1341119	2240
Kohde 20	-2	Pirjontie	1281107	2239
Kohde 20	2	Alkutie	1341118	2241
Kohde 20	2	Päivänsalontie	1341126	2271
Kohde 20	-3	Halkosuontie	1341123	2244
Kohde 20	3	Muurimestarintie	1341121	2242
Kohde 20	3	Alkutie	1341119	2240
Kohde 20	-4	Pirjontie	1281107	2239
Kohde 20	4	Alkutie	1341118	2241
Kohde 20	4	Muurimestarintie	1341120	2243
Kohde 21	-1	Uusitie	4680225	V6825
Kohde 21	-1	Puutarhatie	4680203	V6803
Kohde 21	1	Mesikukantie	4680227	V6827
Kohde 21	1	Kuminatie	4630218	V6318
Kohde 22	-1	Valtion virastotalo	4610228	V6128
Kohde 22	1	Lummetie	4610213	V6131
Kohde 22	1	Uimahalli	4630210	V6310
Kohde 23	-1	Äyritie	4520210	V5210
Kohde 23	1	Jumbo	4510227	V5127
Kohde 23	1	Väinö Tannerin tie	4510202	V5102
Kohde 23	-2	Veromiehen teoll.al.	4520204	V5204
Kohde 23	2	Vantaanportti	4520202	V5202
Kohde 23	2	Tasetie	4510224	V5124
Kohde 23	-3	Veromäen koulu	4510204	V5104
Kohde 23	-3	Backas	4510214	V5114
Kohde 23	3	Lentoasemantie	4510221	V5121
Kohde 23	3	Väinö Tannerin tie	4510202	V5102

Kohde 23	-4	Veromiehen teoll.al.	4520204	V5204
Kohde 23	4	Vantaanportti	4520202	V5202
Kohde 23	4	Väinö Tannerin tie	4510201	V5101
Kohde 24	-1	Töölön tulli	1180115	1918
Kohde 24	-1	Tukholmankatu	1150118	1380
Kohde 24	1	Kansaneläkelaitos	1140118	1916
Kohde 24	1	Töölön kisahalli	1140115	1914
Kohde 24	-2	Hesperian puisto	1130206	1909
Kohde 24	2	Töölön kisahalli	1140116	1913
Kohde 24	2	Kansaneläkelaitos	1140117	1917