

**PYÖRÄILYN HUOMIOIMINEN ESPOON LIIKENNEVALO-
OHJATTUJEN LIITTYMIEN SUUNNITTELUSSA**



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäki, Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

kevät, 2019

Elina Tamminen

Tulevaisuuden liikennejärjestelmät
Riihimäki

Tekijä	Elina Tamminen	Vuosi 2019
Työn nimi	Pyöräilyn huomioiminen Espoon liikennevalo-ohjattujen liittymien suunnittelussa	
Työn ohjaaja/t	Rami Tervo, Johanna Nyberg, Maija Musto	

TIIVISTELMÄ

Espoon kaupungin tavoitteena on pyöräilyn edistäminen ja kulkutapaosuu- den kasvattaminen. Pyöräilyolosuhteet tulee tehdä sujuviksi, turvallisiksi, mukaviksi ja nopeiksi, jotta pyöräilyn houkuttelevuutta kulkutapana saadaan lisättyä.

Tämän työn tavoitteena oli laatia Espoon kaupungille työvälineet, joiden avulla pyöräilijät otetaan paremmin huomioon liikennevalo-ohjatun liittymän ja liikennevalo-ohjauksen suunnittelussa. Työssä selvitettiin pyöräilyn olosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä ja keinoja, joiden avulla pyöräilijän olosuhteita voidaan parantaa liikennevalo-ohjatuissa liittymissä sekä määritettiin Espoon kaupungille soveltuvat keinot. Työn toimeksiantajina olivat Espoon kaupunki sekä Ramboll Finland Oy.

Työssä määritettiin ja ideoitiin yhdeksäntoista erilaista pyöräilyn olosuhteiden parannuskeinoa, esitettiin liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdot pyöräilijän näkökulmasta sekä selvitettiin pyöräilijän ilmaisimet. Keinot määritettiin Suomen tieliikennelaki ja suomalaiset suunnitteluohjeet huomioiden. Keinot täydentävät nykyisiä suunnittelukäytäntöjä ja niitä voidaan toteuttaa sellaisenaan tai soveltaen muissa kaupungeissa ja kunnissa sekä valo-ohjaamattomissa liittymissä.

Liikennevalo-ohjauksen vaihtoehtoja ja vaihtoehtoisia tapoja kääntäjä vasemmalle pyöräkaistalta tutkittiin simuloinneilla. Simulointien perusteella voitiin esimerkiksi todeta, että liittymän kokonaisuutta ajatellen parhaimmat lepotilavaihtoehdot olivat pääsuunnan vihreä lepotila ja viimeinen vaihe ennallaan -lepotila. Pyöräilijän sujuvuutta parantaa kuitenkin eniten riittävän aikainen vihreän pyyntö esimerkiksi silmukkailmaisimella.

Avainsanat Pyöräily, liikennevalot, liikennesuunnittelu

Sivut 169 sivua, joista liitteitä 56 sivua

Future Transport Systems
Riihimäki

Author	Elina Tamminen	Year 2019
Subject	Bicycle planning guidelines for signalized intersections in the City of Espoo	
Supervisors	Rami Tervo, Johanna Nyberg, Maija Musto	

ABSTRACT

The City of Espoo aims to improve cycling conditions and increase the modal share of bicycling as part of the City Strategy. Cycling conditions should be made smooth, safe, pleasant and quick so that the attractiveness of the bicycling increases.

The aim of the thesis was to create tools for the City of Espoo to better take cyclists into account when planning signalized intersections and signal programming. The work explores factors influencing cycling conditions by which the cycling experience can be improved in signalized intersections. In addition, appropriate tools for the City of Espoo were determined. Study was co-funded by the City of Espoo and Ramboll Finland Oy.

The study identified nineteen ways to improve cycling conditions. Signal programming options and selection of bicycle detectors were presented from the cyclist's point of view. Measures were defined considering the Finnish Road Traffic Act and Finnish traffic planning guidelines. The improvement tools complement current design guidelines and practices. The tools can be implemented as-is or with minor modifications for use in other cities and municipalities, as well as in un-signalized intersections.

Signal programming options and alternative left turns from the bicycle lane were studied with microsimulations. Based on the simulations, it could be stated that the mainstream green resting phase and last phase standing resting phase were the best options when the whole intersection is considered. However, detecting bicycles before intersections is the most efficient way to improve the bicycle flow.

Keywords Bicycle, traffic lights, traffic planning

Pages 169 pages including appendices 56 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Työn rajaus ja tutkimuskysymykset	2
1.3	Tutkimusmenetelmä	4
2	LÄHTÖTIEDOT JA KÄSITTEITÄ	5
2.1	Johdatus lähtötietoihin ja käsitteisiin	5
2.2	Polkupyörä ja pyöräilijä	5
2.3	Pyöräilyverkko ja pyörätie	7
2.4	Pyöräilyn järjestelyt tieliikennelaissa	10
2.5	Pyöräilyn suunnitteluohjeet	12
2.5.1	Suomalaiset suunnitteluohjeet	12
2.5.2	Muiden maiden suunnitteluohjeet ja julkaisut	13
2.6	Asiantuntijahaastattelut.....	14
2.7	Pyöräilyn simulointiselvitykset	18
3	YLEISKATSAUS KOHDEKAUPUNKI ESPOOSTA	20
3.1	Kohdekaupungin valinta	20
3.2	Espoon strategia	20
3.3	Espoon pyöräilyinfrastruktuuri	21
3.4	Espoon suunnitteluohjeet ja -periaatteet	22
4	PYÖRÄILYN OLOSUHTEISIIN VAIKUTTAVAT LAATUTEKIJÄT	24
4.1	Laatutekijöiden määrittely	24
4.2	Turvallisuus	24
4.3	Sujuvuus.....	26
4.4	Mukavuus ja selkeys.....	26
4.5	Materiaalit	28
5	PYÖRÄILIJÄN OLOSUHTEIDEN PARANNUSKEINOJA.....	30
5.1	Keinoin pätyminen	30
5.2	Keinojen luokittelu	30
5.3	Infrastruktuuri.....	31
5.3.1	Pyöräilijän odotustila	31
5.3.2	Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella.....	34
5.3.3	Pinnoitettu pyörätien jatke	35
5.3.4	Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu.....	38
5.3.5	Pyörätasku ja ryhmittymiskäännös.....	40
5.3.6	Pyöräkaista ja pitkäkäännös	42
5.3.7	Pyöräkaistan vapaa oikea.....	44
5.3.8	Footrest	46
5.3.9	Liikennemerkkit vihreän aallon ilmaisuun	48
5.3.10	Kuolleenkulman peili.....	49
5.4	Älykkäät menetelmät	50

5.4.1	BePolite-valo.....	50
5.4.2	Virtuaalinen painonappi.....	51
5.4.3	Pyörälaskenta	52
5.4.4	Pyöräilijän merkitty ilmainen	53
5.4.5	Liikennevalolaskuri.....	54
5.4.6	Sadetunnistin.....	57
5.4.7	RFID-tagit.....	58
5.4.8	Kuolleenkulman valot	60
6	PYÖRÄILIJÄN HUOMIOIVAT LIIKENNEVALOT	61
6.1	Vaihtoehtoiset ilmaisimet	61
6.1.1	Painonappi.....	61
6.1.2	Tutkailmaisina pylväaseen	62
6.1.3	Tutkailmaisina maahan	63
6.1.4	Silmukkailmaisina	64
6.1.5	Kuituoptinen kaapeli.....	65
6.1.6	Muita ilmaisinvaihtoehtoja	65
6.2	Liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdot	65
6.2.1	Pääsuunnan vihreä lepotila	65
6.2.2	Kokopunainen lepotila	66
6.2.3	Suojateiden kokovihreä lepotila.....	67
6.2.4	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	67
6.2.5	Oma pyyntö	68
6.2.6	Kiinteä pyyntö.....	68
6.2.7	Oheispyyntö.....	69
6.2.8	Pyöräilijän etuudet.....	69
6.2.9	Vihreä aalto	72
7	SIMULOINTITUTKIMUS.....	74
7.1	Johdatus simulointitutkimuksiin	74
7.2	Simulointiohjelma	74
7.2.1	Simulointiohjelman kuvaus	74
7.2.2	Simulointiohjelman rajoitteet	74
7.3	Parametrien määrittäminen	75
7.3.1	Pyöräilijäparametrit	76
7.3.2	Pyörätieparametrit	78
7.4	Tutkimusperiaatteet.....	79
7.4.1	Tutkimuksen lähtökohdat	79
7.4.2	Tilastollinen testaus	80
7.5	Tapaustutkimukset.....	82
7.5.1	Lepotilojen vertailu	82
7.5.2	Sivusuunnan pyöräilijän vihreän pyyntötapojen vertailu	87
7.5.3	Ryhmittymiskäännöksen ja pitkän käännöksen vertailu	93
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	98
8.1	Yhteenveto.....	98
8.2	Johtopäätökset	99
8.2.1	Valintaperusteet	99
8.3	Espoon kaupungin valitsema keinot	101

8.4	Keinojen soveltuvuus muualle.....	105
8.4.1	Työn ja tulosten arviointi	105
8.4.2	Jatkotutkimustarpeet.....	107
	LÄHTEET.....	108

Liitteet

Liite 1	Ideapankki
Liite 2	Pyöräsimulointien asetukset
Liite 3	Lepotilavertailu: Q-Q -kuvaajat, histogrammit ja p-arvot
Liite 4	Sivusuunnan pyöräilijän pyyntötapojen vertailu: Q-Q -kuvaajat, histogrammit ja p-arvot
Liite 5	Ryhmittymiskäännöksen ja pitkän käännöksen vertailu: Q-Q -kuvaajat ja histogrammit

TERMIT

Aktiivinen etuus

Ilmaispohjainen käyttäjäryhmän tunnustus, jonka ilmaisu muuttaa hetkellisesti tavallista liikennevalokiertoa (Liikennevirasto, 2016, s. 160).

Erillinen jalankulku- ja/tai pyörätie

Jalankulku- ja/tai pyörätielleä on ajoradasta riippumaton linjaus (Liikennevirasto, 2014, s. 14).

Erillisohjaus

Liittymän liikennevalojen itsenäinen toiminta, joka ei ole riippuvainen muiden liittymien liikennevalojen toiminnasta. Erillisohjauksessa kiertoaika on yleensä muuttuva. (Liikennevirasto, 2016, s. 10)

Eroteltu pyörätie ja jalkakäytävä (pyörätie ja jalkakäytävä rinnakkain)

Jalankulku ja pyöräily on eroteltu toisistaan tiemerkinillä tai rakenteellisesti kiveyksellä, viherkaistalla tai muulla vastaavalla (Liikennevirasto, 2014, s. 15).

Konfliktipiste

Kohta, jossa kahden liikennevirran ajolinjat erkanevat, liittyvät tai risteävät. Liikennevirran voi muodostaa moottoriajoneuvot, jalankulkijat ja pyöräilijät. (Tiehallinto, 2001, s. 8)

Lepotila

Vähäisen liikenteen aikainen liikennevalojen toiminta, joka määrittelee opastinryhmien tilan silloin, kun liittymässä ei ole liikennettä (Liikennevirasto, 2016, s. 140).

Maksimiaika

Maksimiaika määrittää enimmäisajan sille, kuinka kauan siihen liitetyt pidennystoiminnot voivat enintään ylläpitää ohjaussuunnan aktiivista etuutta (Liikennevirasto, 2016, s. 136).

Minimivihreä

Opastinryhmän näytettävän vihreän ajan lyhin mahdollinen kesto (Liikennevirasto, 2016, s. 11).

Passiivinen etuus

Yhteenkytkettyjen liikennevalojen ajoitus jonkun käyttäjäryhmän ajorytmin mukaan liikennemäärästä riippumatta. Toisin sanoen kiinteä etuus. (Liikennevirasto, 2016, s. 160)

Pyöräkaista

Polkupyöräliikenteelle tarkoitettu, tiemerkinin osoitettu ajoradan pituussuuntainen osa (Liikennevirasto, 2014, s. 16).

Pyöräkatu

Pyöräliikenteelle ja moottoriajoneuvoliikenteelle tarkoitettu liikennemerkein osoitettu tie, jolla moottoriajoneuvoliikenteen on sovitettava ajaminen pyöräliikenteen ehdoin (Helsingin kaupunki, 2016, s. 6).

Pyörätien jatke

Polkupyöräilijöille tiemerkinnoin osoitettu ajoradan ylityskohta (Liikennevirasto, 2014, s. 16).

Sekaliikenneväylä

Katu tai tie, jossa pyöräilylle ei ole varattu erillistä osaa eikä ajokelpoista piennarta kadun tai tien poikkileikkauksesta (Liikennevirasto, 2014, s. 17).

Suojatie

Jalankulkijoiden käytettäväksi tarkoitettu ajoradan, pyörätien tai raitiotien ylittämiseen liikennemerkeillä tai tiemerkinnoin osoitettu tien osa (Tieliikennelaki, 729/2018, §2).

Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä

Pyöräilylle ja jalankululle tarkoitettu, liikennemerkillä osoitettu, ajoradasta rakenteellisesti erotettu tai erillinen tien osa taikka erillinen tie (Liikennevirasto, 2014, s. 17).

Yhteenkytkentä tai kytketty ohjaus

Kahden tai useamman lähekkäisen liittymän ohjauskojeen toiminnan synkronoiminen ajallisesti siten, että valo-ohjaus noudattaa ennalta määritettyä kiinteää kiertoaikaa (Liikennevirasto, 2016, s. 12).

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Liikennesuunnittelussa on 2010-luvulla herätty kiinnittämään entistä enemmän huomiota kestäviin kulkumuotoihin. Kaupungeissa on entistä suurempi painoarvo jalankulun, polkupyöräilyn ja joukkoliikenteen suunnittelulla ilmastonmuutoksen sekä kestävä kehityksen vuoksi. Lyhyiden henkilöautomatkojen tekijöillä on suurin potentiaali vaihtaa kulkumuotonsa kestävämpään vaihtoehtoon, kuten pyöräilyyn.

Pyöräily on ekologista ja vie vähemmän tilaa niin kaduilla kuin pysäköidessä unohtamatta tietenkään pyöräilyn tuomia terveysvaikutuksia. Pyöräilijä on kuitenkin altis sääoloille. Kaupungeissa pyöräilyyn vaikuttaa myös, kuinka sujuviksi ja loogiseksi pyöräväylät on suunniteltu. Pitkät kiertoreitit ja matkan katkeaminen lukuisia kertoja liikennevaloihin eivät edistä pyöräilyn houkuttelevuutta.

Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu -ohjeen mukaan pyöräilyolosuhteet tulee luoda sujuviksi, turvalliseksi ja nopeiksi. Arkipyöräilijöiden kannalta tärkeimmät reitinvalintaperusteet ovat turvallisuus, matkanopeus ja sujuvuus. Pyöräilijä ajaa mielellään tasaista vauhtia ilman pysähdyksiä ja häiriöitä, joten myös väylän kunto, esteettömyys, hoito, korkeuserot ja suuri jalankulkijamäärä vaikuttavat oleellisesti pyöräilijän kokemukseen. (Liikennevirasto, 2014, s. 27)

Nykyisessä liikennevalojen suunnitteluohjeistuksessa on puutteita pyöräilijöiden näkökulmasta. Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) ohjeessa "Maanteiden liikennevalojen suunnittelu" pyöräilijöitä ei ole käsitelty omana kulkumuotonaan. Ohjeessa on esitetty jalankulku- ja pyöräiliikenteen ohjaus pintapuolisesti ja luvussa 7H-6 "Jalankulku- ja pyöräiliikenteen ohjaus" pyöräilyn oletetaan tapahtuvan pyörätiellä tai yhdistetyllä jalankulku- ja pyöräilyväylällä, jolloin ohjaus tapahtuu jalankulkuopastimilla. Erilaiset ohjeistukset on annettu vain yleisimmän tavan mukaan. Esimerkiksi ilmaisimet on esitetty painonapilla, tutkalla tai silmukalla, etuus vain pidennyksellä. Lepotiloina on ilmoitettu suojateiden punainen lepotila ajoneuvo-opastinten ollessa vihreänä ja suojatien kokovihreä lepotila. (Liikennevirasto, 2016, s. 196-199)

Pyöräilyä on perinteisesti suunniteltu osana toista kulkumuotoa. Pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattaminen tulee vaatimaan ainakin osittaista asennemuutosta suunnittelijoiden ja päättäjien keskuudessa. Jos autoliikenteelle määritetään erilaisia etuuksia, miksei omia etuuksia voisi myöntää myös pyöräiliikenteelle. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin liikenneympäristöön ja valo-ohjaukseen liittyviä ratkaisuja pyöräilijän näkökulmasta.

Työn kohdekaupunki Espoo on linjannut tavoitteekseen, että se aikoo kasvattaa pyöräilyn kulkutapaosuutta Espoossa liikutuilla matkoilla. Samalla kaupunki aikoo edistää pyöräilyä parantamalla pyörätieverkostoa ja päivittämällä pyöräteiden suunnitteluohjeet. (Espoon kaupunki, 2017, s.10).

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Espoon kaupungille työvälitteet, joiden avulla pyöräilijät otetaan entistä paremmin huomioon liikennevalo-ohjauksen ja liikennevalo-ohjatun liittymän suunnittelussa. Työssä selvitettiin pyöräilyn olosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä ja keinoja, joiden avulla olosuhteita voidaan parantaa, tutkittiin keinojen ja valo-ohjauksen vaikutavuutta muun muassa simulointien avulla sekä määritettiin Espoon kaupungille soveltuvat keinot.

Espoon kaupungille soveltuvat keinot koottiin niin sanottuun ideapankki-dokumenttiin. Dokumentti tulee toimimaan apuna uusien liittymäalueiden suunnittelussa ja soveltuvien osin myös vanhojen liittymäalueiden kehittämisessä. Keinot täydentävät nykyisiä suunnittelukäytäntöjä ja niitä voidaan toteuttaa tapauskohtaisesti. Useampia keinoja voidaan yhdistellä ja toteuttaa samoissa liittymissä.

Opinnäytetyössä määritettyjä liikennevalo-ohjauksen vaihtoehtoja tarkasteltiin simulointien avulla. Suomessa ei ole juurikaan tehty polkupyöräsimulointeja liikennesuunnittelun tukena samaan tapaan kuin auto- ja jalankulkumallinnusta. Polkupyöräsimulointeja voidaan toteuttaa esimerkiksi PTV Vissim-mikrosimulointiohjelmalla. PTV Vissimissä (käytössä versio 11.00-08) pyöräilijät mallinnetaan oletuksena ajoneuvoina, joka asettaa tiettyjä rajoituksia pyöräilijöiden mallinnukselle. Rajoituksista on kerrottu enemmän luvussa 7.2.2. Opinnäytetyössä määritetään Suomen olosuhteita vastaavat polkupyöräparametrit PTV Vissim -simulointiohjelmalle. Parametreja käytetään opinnäytetyön polkupyöräilysimulointeja koskevassa tutkimusosiossa, jotta pyöräilijät käyttäytyisivät mahdollisimman realistisesti.

1.2 Työn rajaus ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyö rajattiin käsittelemään liikennevalo-ohjattujen liittymien pyöräilyn olosuhteiden parantamista. Pyöräliikenteen olosuhteisiin voidaan vaikuttaa sekä liikennevalo-ohjauksella, että infrastruktuuriin liittyvillä ratkaisuilla. Liikennevalo-ohjauksen osalta keskityttiin pyöräilijän näkökulmaan olemassa olevien liikennevalojen toimintavaihtoehtojen kautta sekä niitä täydentäviin ratkaisuihin. Infrastruktuuriin liittyvillä keinoilla taas haluttiin parantaa pyöräilijän turvallisuutta, sujuvuutta sekä minimoida pysähtymisestä ja liikkeelle lähdöstä aiheutuvia haittoja.

Perinteinen suunnitteluohjeiden laadinta rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle ohjetyön laajuuden ja yksityiskohtaisuuden vuoksi. Espoon kaupunki

on laatinut oman liikennevalojen suunnitteluohjeen sekä liittymien tyyppi-piirustukset, joita käytettiin työn lähtöaineistona. Niihin ei tehty tai esitetty muutoksia.

Yhtenä opinnäytetyössä tutkittavia keinoja rajaavana tekijänä oli ehto, että ne olivat toteutettavissa olemassa olevalla tekniikalla. Työssä määritettyjen keinojen tarkoitus oli täydentää liikennesuunnittelun ohjeistusta vaihtoehtoisilla tavoilla pyöräilijän olosuhteiden parantamiseksi. Keinot on kuvattu siten, että suunnittelijalla on lähtökohdat niiden toteuttamiselle.

Keinojen vaikutuksia oli tarkoitus selvittää simulointien avulla, mutta mallinnusteknisten rajoitusten vuoksi keskityttiin lähinnä liikennevalo-ohjelmoinnin vaikutuksiin. Vaikutukset selvitettiin sekä pyöräilijän, että autoliikenteen osalta matka-aika vertailuilla. Mikäli liikennevalo-ohjelmointi vaikutti erityisen paljon käyttäjäryhmään sujuvuuden heikkenemiseen, sitä ei voitu suositella käytettäväksi ilman erityistä tarvetta. Polkupyöräsimulointien toteuttamisessa päädyttiin käyttämään PTV Vissim-mikrosimulointiohjelmia, jolla on mahdollista mallintaa myös pyöräilijöitä, jalankulkijoita ja autoliikennettä. Muita Suomessa yleisesti käytössä olevilla Syncho/SimTraffic ja Paramics -mikrosimulointiohjelmilla polkupyörämallinnusta ei voida toteuttaa. Uusia liikenteen mikrosimulointiohjelmiä ei tätä työtä varten lähdetty kartoittamaan.

Työn lähtökohdaksi määritettiin kaksi pääkysymystä, sekä niitä täydentävät apukysymykset. Ensimmäisenä pääkysymyksenä oli:

"Miten Suomessa ja muissa maissa on huomioitu polkupyöräilijät liikennevalo-ohjatuissa liittymissä?"

Kysymystä täydennettiin apukysymyksillä:

"Minkälaisia liikennevalo-ohjaukseen liittyviä pyöräilyn sujuvoittamisen keinoja on olemassa ja miten ne vaikuttavat pyöräilijöiden ja muun liikenteen sujuvuuteen?"

"Minkälaisia fyysisiä pyöräilyn sujuvoittamiseen liittyviä keinoja on olemassa?"

Toiseksi pääkysymykseksi määritettiin:

"Mitkä tekijät vaikuttavat päätöksentekoon, kun valitaan toteutukseen valittavat keinot?"

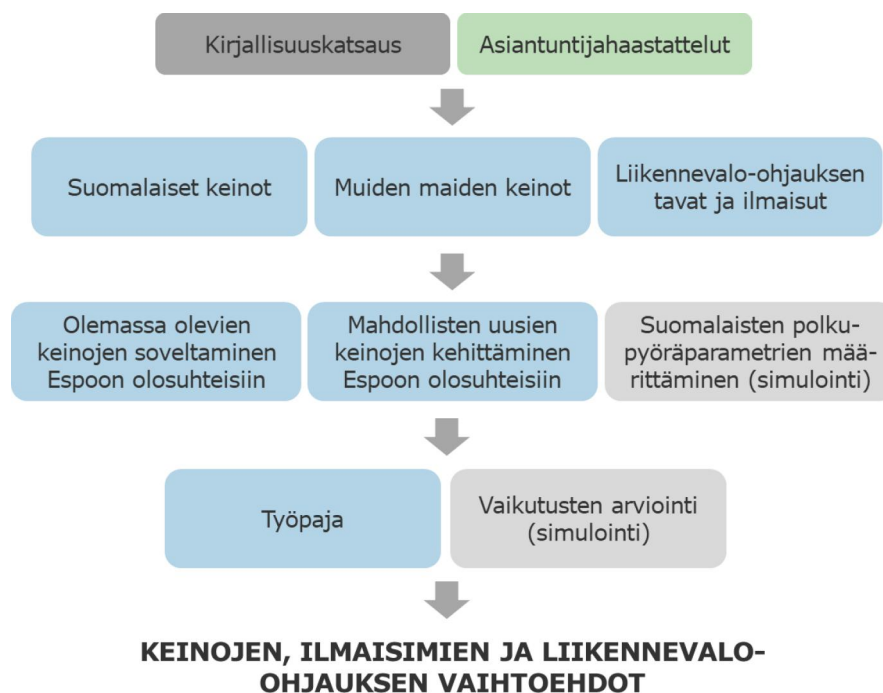
Tätä kysymystä täydennettiin Espooseen kohdennettavalla apukysymyksellä:

"Case Espoo: Mitkä näistä pyöräilyn olosuhteiden parantamisen keinoista soveltuvat Espooseen?"

1.3 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyö jakautui kahteen toisiaan täydentävään osioon, erilaisten pyöräilyn olosuhteiden parantamiskeinojen selvittämiseen sekä simulointitutkimukseen liikennevalo-ohjauksen ja kääntymistavan valinnan vaikutuksista. Työ aloitettiin kartoittamalla nykyistä liikennevaloihin, pyöräilyyn ja pyöräsimulointeihin liittyvää kirjallisuutta, kuten määräyksiä, suunnitteluohjeita, lakimääräyksiä sekä strategioita. Samalla lähdettiin selvittämään, mitä erilaisia pyöräilyn olosuhteiden parantamisen keinoja on olemassa niin Suomessa kuin muissa maissa. Näitä keinojen selvittämiseen hyödynnettiin kirjallisuuskatsauksen lisäksi asiantuntijahaastatteluista saatavaa hiljaista tietoa.

Selvitetyjä keinoja lähdettiin pohtimaan Espoon näkökulmasta. Voisiko keinoja käyttää sellaisenaan vai tulisiko niitä hieman kehittää Espoon ympäristöön sopivaksi? Keinojen soveltuvuutta arvioitiin muun muassa tielikenneläin, suunnitteluohjeiden sekä Espoon infrastruktuurin ja strategian perusteella. Keinoja käsiteltiin Espoon kaupungin asiantuntijoille järjestetyssä työpajassa, johon osallistui eri toimialojen edustajia keskustelemaan pyöräilyn olosuhteisiin vaikuttavista keinoista. Työpajan jälkeen valittiin Espoon kaupungille soveltuvat keinot. Toisessa vaiheessa pohdittiin nykyisen liikennevalo-ohjauksen näkökulmasta pyöräilyn sujuvoittamista. Liikennevalo-ohjauksen ja kääntymistavan vaikutuksia simuloitiin PTV Visim-mikrosimulointiohjelmalla. Ohjelman ominaisuuksista johtuen tarkasteluissa on mallinnettu vain yksisuuntaista pyöräliikennettä. Simulointien tulosten luotettavuutta on arvioitu tilastollisen testauksen kautta. Tilastollisen testauksen menetelmät on esitetty tarkemmin luvussa 7.4.2. Tutkimusmenetelmää on hahmotettu kuvassa 1.



Kuva 1. Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä.

2 LÄHTÖTIEDOT JA KÄSITTEITÄ

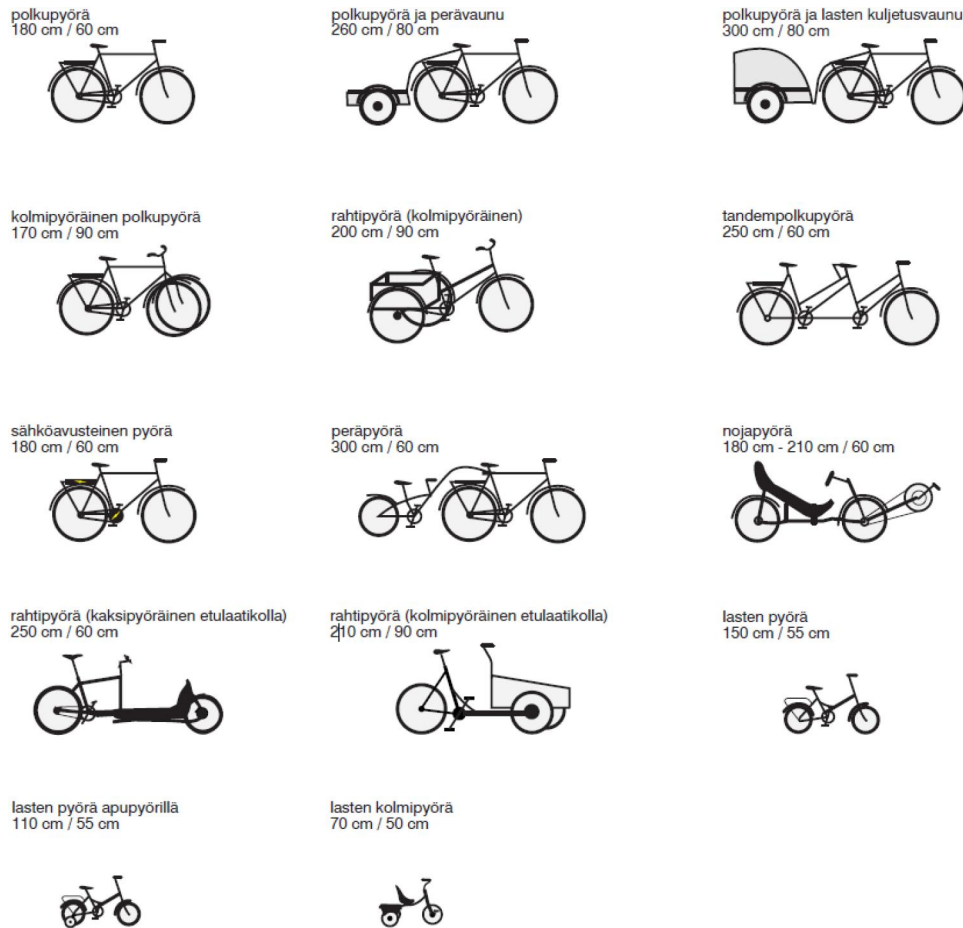
2.1 Johdatus lähtötietoihin ja käsitteisiin

Tässä luvussa kuvataan käsitteitä kuten polkupyörä, pyöräilijä ja pyörätie sekä eritellään lyhyesti, miten pyöräilijä ja pyöräliikenne on huomioitu Suomen lainsäädännössä. Keskeisen osan työstä muodostivat myös pyöräilyn ja liikennevalo-ohjauksen asiantuntijoiden haastattelut, jotka kuvataan luvussa 2.6. Asiantuntija haastatteluiden avulla saatiin paljon hiljaista tietoa pyöräliikenteen olosuhteiden parantamiskeinoista liikennevalo-ohjauksessa liittymissä. Luvun lopussa esitetään suunnitteluohjeita ja pyöräilyyn liittyviä simulointitutkimuksia.

2.2 Polkupyörä ja pyöräilijä

Pyöräilijällä tarkoitetaan polkupyörän kuljettajaa. Polkupyörä taas rinnastetaan ajoneuvoon. Polkupyörän leveydet on määritetty Asetuksessa ajoneuvojen käytöstä tiellä seuraavasti:

"Enintään kaksipyöräisen polkupyörän suurin sallittu leveys on 25 §:n 2 momentissa säädetystä poiketen 0,80 metriä, kaksipyöräisen moottorilla varustetun polkupyörän kuitenkin 1,00 metriä. Useampipyöräisen polkupyörän suurin sallittu leveys on 1,25 metriä. Kevyen sähköajoneuvon enimmäisleveys on 0,8 metriä." (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257 §28). Lisäksi *"polkupyörään ja kevyeen sähköajoneuvoon saa kytkeä perävaunun, jonka leveys on enintään 1,25 metriä ja kytkentämassa enintään 50 kilogrammaa"* (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257 §34). Erilaisten tieliikenteessä käytettävien polkupyörien pituuksia ja leveyksiä on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Polkupyörien pituuksia ja leveyksiä (Liikennevirasto, 2014, s.25)

Polkupyörällä voidaan kuljettaa tavaraa tai lapsia seuraavin ehdoin; ”Kaksipyöräisellä polkupyörällä saa viisitoista vuotta täyttänyt henkilö kuljettaa yhtä enintään kymmenvuotiasta lasta ja kahdeksantoista vuotta täyttänyt henkilö kahta enintään kuusivuotiasta lasta” (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257 §43)

Pyöräilijöiden ajonopeudet vaihtelevat käyttäjittäin. Tavallisesti pitkän matkan liikenne on nopeampaa kuin lyhyen matkan liikenne. Myös työmatkaliikenne on usein ajonopeudeltaan asiointiliikennettä korkeampaa. Nopeuteen vaikuttavat pyöräilyväylän sijainti ja tyyppi, ympäristön geometria sekä pysähdysten määrä. (Liikennevirasto, 2014, s. 28) Seuraaviin taulukkoihin on koottu erilaisten pyöräily-ympäristöjen ajonopeuksia. Taulukoiden tiedot on poimittu Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) ohjeesta Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu. Ensimmäisessä taulukossa on esitetty keskimääräisiä matkanopeuksia, pysähdykset mukaan lukien (taulukko 1). Toisen taulukon tiedot pohjautuvat tutkalla tehtyihin nopeusmittauksiin, jossa otanta on ollut pieni (taulukko 2). Tämän vuoksi esitettyjä nopeuksia voidaan pitää vain suuntaa antavina.

Taulukko 1. Pyöräilyn matkanopeus sisältäen pysähdykset (Liikennevirasto, 2014, s. 28)

	Missä	Nopeus
Keskimääräinen matkanopeus	Korkealuokkainen pääreitti	18-22 km/h
	Pääreitti	15-18 km/h
	Poikittainen reitti ja keskustat	10-15 km/h

Taulukko 2. Pyöräilijän ajonopeudet (Liikennevirasto, 2014, s. 28)

	Missä	Nopeus
Keskusta-alue	Päällystetty pyörätie ajoradan reunassa	13-27 km/h (keskiarvo 17 km/h)
	Päällystetty pyörätie puistossa	14-28 km/h (keskiarvo 21 km/h)
	Mootoriajoneuvolla kielletty katualue, jalankulku ja pyöräily sekoitettu	10-20 km/h (keskiarvo 15 km/h)
Keskustan ulkopuolella	Päällystetty jalankulku- ja pyöräilyväylä	17-29 km/h (keskiarvo 22 km/h)
	Päällystetty jalankulku- ja pyöräilyväylä, alamäki	18-44 km/h (keskiarvo 34 km/h)

Liikennesuunnittelun kannalta huomioitavaa on myös kilpapyöräilijän keskinopeus, joka saattaa nousta nopeuteen 40 km/h. Lisäksi yleistyvät sähköavusteiset polkupyörät saattavat kasvattaa keskiarvoista ajonopeutta, sillä sähköavusteisen polkupyörän nopeus on yleensä noin 25 km/h. Sähkömoottori lopettaa voiman tuottamisen vasta pyörän saavutettua 25 km/h nopeuden. (Liikennevirasto, 2014, s. 28)

2.3 Pyöräilyverkko ja pyörätie

Suomessa pyöräilyverkko koostuu kolmesta eri toiminnallisen luokituksen verkosta, pää-, alue ja paikallisverkosta. Pyöräilyn pää- ja aluereitit muodostavat pyöräilyn tavoiteverkon. Pyöräilyn pääreitit yhdistävät paikalliskeskustat kaupunkikeskuksiin ja niitä käytetään ensisijaisesti pitkämatkaiseen ja nopeaan pyöräilyyn. Pääreittejä kutsutaan myös nimityksellä laatuikäytävä. (Liikennevirasto, 2014, s. 36-38)

Aluereitit ovat alueellisia pääreittejä, jotka yhdistävät paikalliskeskukset toisiinsa tai palvelukylät kaupunki- ja paikalliskeskuksiin. Paikallisreittejä

taas ovat kaupunki- ja paikalliskeskusten sekä asutuskyläiden sisäiset reitit. Paikallisreiteiksi kutsutaan myös reittejä, jotka yhdistävät asutuskylät pää- ja aluereitteihin tai luokituksiltaan suurempiin keskuksiin. (Liikennevirasto, 2014, s. 38)

Pyöräilyverkko jaetaan liikennemuotojen erottelun perusteella eri väylätyyppeihin. Väylätyypin valinnassa tutkitaan ensin tarvetta pyöräliikenteen erottamiselle moottoriajoneuvoliikenteestä ja tämän jälkeen tarvetta erottaa pyöräily jalankulkuliikenteestä. Erottelu perustuu pääsääntöisesti liikennemääriin, nopeusrajoituksiin, pyöräilyverkon luokitukseen sekä yhdyskuntarakenteen vyöhykkeeseen. Pyöräilyyn tarkoitettuja väylätyyppejä ovat sekaliikenneväylä, yhdistetty jalankulku- ja pyöräilyväylä, yksi- tai kaksisuuntainen pyörätie, pyöräkaista sekä pyöräkatu. (Liikennevirasto, 2014, s. 59)

Sekaliikenneväylä on tie tai katu, jossa pyöräily tapahtuu samassa tilassa muun ajoneuvoliikenteen kanssa, kulkusuunnasta katsottuna tien oikeassa reunassa. Sekaliikenneväylää käytetään alueilla, joissa autoliikennettä on vähän tai sitä on rauhoitettu. Kaupunkiympäristössä sekaliikenneväylä toimii sitä paremmin mitä lähemmäs moottoriajoneuvojen nopeudet saadaan pyöräliikenteen kanssa. Sekaliikenneväylä soveltuu hyvin yhteen yksisuuntaisten pyöräliikenteen järjestelyiden kanssa. (Liikennevirasto, 2014, s. 59)

Yhdistetyllä jalankulku- ja pyöräilyväylällä jalankulkijat ja pyöräilijät kulkevat nimensä mukaisesti samaa väylää pitkin, molempiin kulkusuuntiin. Ratkaisu on toimiva silloin, kun jalankulkija- ja pyöräilijämäärät ovat vähäiset. Suomessa tämä on toiseksi yleisin väylätyyppi sekaliikenneväylän jälkeen, sillä pyöräilijä- ja jalankulkijämäärät harvoin täyttävät liikennemuotojen erottelun tarpeen. Yhdistettyä jalankulku- ja pyöräilyväylää ei suositella niin sanotuilla laatukäytävillä ja nopean pyöräilyn pääreiteillä. (Liikennevirasto, 2014, s. 62)

Yksi- ja kaksisuuntaiset pyörätiet ovat erillisiä, vain pyöräilijöille tarkoitettuja väyliä. Pyörätiet on erotettu rakenteellisesti autoliikenteestä ja ne voidaan toteuttaa kadun varrelle samaan tai eri tasoon jalkakäytävän kanssa. Yksisuuntaisella pyörätiellä ajetaan vain yhteen suuntaan muun ajoneuvoliikenteen rinnalla ja yksisuuntaisuudesta muistutetaan tarpeen mukaan ajokaistanuolella. Yksisuuntainen pyörätie on helppo linjata liittymissä lähemmäs ajorataa tai muuttaa pyöräkaistaksi. Kaksisuuntaisella pyörätiellä ajetaan molempiin suuntiin. Se on linjaosuuksilla turvallinen ratkaisu, mutta liittymäalueilla toisinaan ongelmallinen näkemien ja väistämismallisuuksien vuoksi. (Liikennevirasto, 2014, s. 59-61). Kun kaksisuuntainen pyörätie kulkee jalkakäytävän rinnalla, kutsutaan väylää nimellä **eroteltu pyörätie ja jalkakäytävä**. Eroteltu pyörätie ja jalkakäytävä on esitetty kuvassa 3.

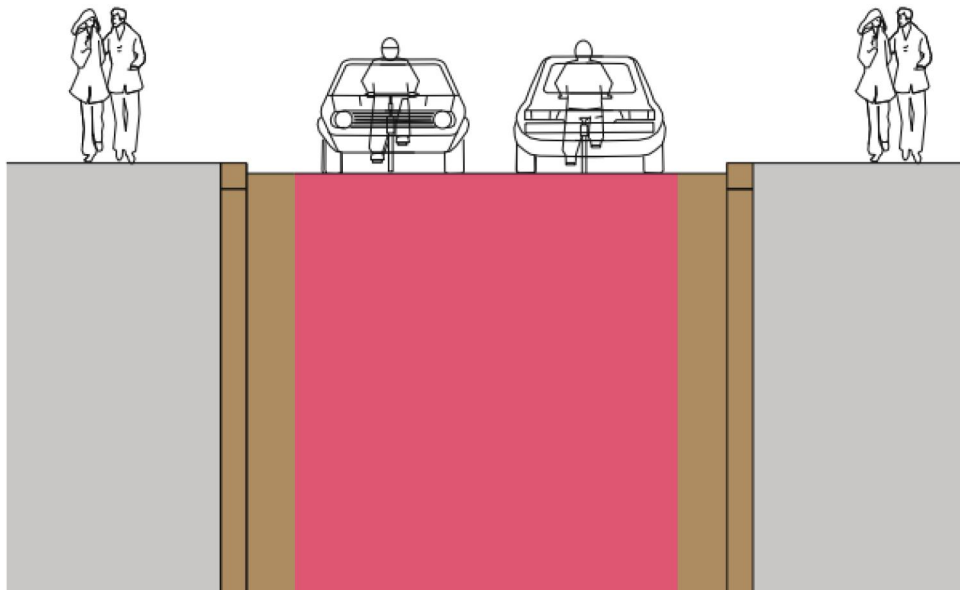


Kuva 3. Eroteltu pyörätie ja jalkakäytävä.

Pyöräkaista on tiemerkinnoilla pyöräilijälle osoitettu yksisuuntainen ajoradan pituussuuntainen osa ja se merkitään yleensä molempiin ajosuuntiin. Liittymäalueella pyöräkaistaa saavat käyttää kaikki ajoneuvot kääntymistä varten, ellei sitä ole estetty sulkuviivalla. Valo-ohjattuun liittymään saavuttaessa pyöräkaista voidaan ohjata pyörätaskuun. Pyörätaskun käyttö taas vaatii aina pyöräkaistan. (Liikennevirasto, 2014, s. 63). Uuden tieliikennelain mukaan pyöräkaista merkitään ajoratamerkinnoin normaalia leveämällä sulkuviivalla K3 tai ajokaistaviivalla K2, jonka viivan ja välin suhde on 1:1. Pyöräkaistalla käytetään myös valkoista pyöräilijämerkintää M8. Vanhasta tieliikennelaista poiketen pyöräkaista voidaan osoittaa liikennemerkeillä E13.1 ja E13.2 Pyöräkaista. Merkki voidaan sijoittaa ajoradan oikealle puolelle tai pyöräkaistan yläpuolelle. (Tieliikennelaki säädösluete 729/2018)

Pyöräkatu on sekaliikenneväylätyyppisesti toteutettu pyöräliikenteen yhteys, jossa pyöräliikenteellä on muuhun ajoneuvoliikenteeseen nähden ensisijainen asema. Pyöräkatu on kapea, värillisellä asfaltilla päällystetty väylä. Pyöräkadun edellytyksenä on, että pyöräilijämäärät ovat muuta ajoneuvoliikennemäärään nähden kaksinkertaiset osan aikaa vuodesta. Pyöräkatu voidaan toteuttaa yhdistetyin järjestelyin tai ajosuunnat erottelevalla järjestelyllä. (Helsingin kaupunki, 2016, s. 43-44). Uuden tieliikennelain mukaan pyöräkatu tulee osoittaa liikennemerkein, E28 Pyöräkatu ja E29 Pyöräkatu päättyy (Tieliikennelaki säädösluete 729/2018).

Ajettaessa moottoriajoneuvolla liikennemerkillä osoitetulla pyöräkadulla on polkupyöräilijälle annettava esteetön kulku. Ajonopeus on sovitettava pyöräilyn mukaiseksi. (Tieliikennelaki 729/2018 § 45). Suunnitelma kuva pyöräkadusta on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Pyöräkatu. (Helsingin kaupunki, 2016, s. 43)

2.4 Pyöräilyn järjestelyt tieliikennelaissa

Suomen liikennesuunnittelua ja liikenneympäristössä toteutettavia elementtejä määrää tieliikennelaki. Nykyistä voimassa olevaa tieliikennelakia (267/1981) täydentävät erilaiset asetukset sekä säädöslitteet. Mitä tieliikennelaissa ei ole ilmoitettu tai ei ole sovellettavissa, ei saa toteuttaa ilman poikkeuslupaa. Kunta tai kaupunki voi hakea poikkeuslupaa liikenne- ja viestintäministeriöstä vapaamuotoisella hakemuksella, jossa kerrotaan missä ja millaisia tieliikennesäännöksistä poikkeavia liikenneohjauslaitteita tai tiemerkintöjä aiotaan toteuttaa (Karhunen, 2019).

Tieliikennelaki koskee liikennettä tiellä. Se koskee ajoneuvoja, kuten esimerkiksi henkilöautoa ja pyöräilijää sekä jalankulkijoita. Uusi tieliikennelaki määrittää liikennesäännöt, liikenteen ohjauksen, ajoneuvon käyttäytymisen sekä liikennesankot ja liikennevirhemaksut. Uuden tieliikennelain on tarkoitus astua voimaan 1.6.2020 (LVM, 2018). Uudistumisen vuoksi opinnäytetyön lähtötietona ja keinojen määrittelyssä käytetään uuden tieliikennelain mukaisia säädöksiä vertailuja lukuun ottamatta.

Tieliikennelain mukaan pyöräilijän paikka on ajoradalla, ellei sille ole osoitettu muuta paikkaa. Paikkaa ajoradalla on tarkennettu seuraavasti: *”Jos tien oikealla puolella on piennar, jolla ajo käy haitatta päinsä, polkupyörä tai muuta moottoritonta ajoneuvoa on kuitenkin ajettava oikeanpuoleisella pientareella.”* Alle 12-vuotias saa pyöräillä myös jalkakäytävällä. (Tieliikennelaki, 729/2018, §18). Pyöräilijän paikkaa on täydennetty säädöslitteessä siten, että jos pyörätie tai -kaista on osoitettu merkeillä D5 ”Pyörä-

tie”, D6 ”Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä”, D7.1 ja D7.2 ”Pyörätie ja jalkakäytävä rinnakkain” pyöräilijän tulee käyttää sitä kulkiessaan asianomaiseen suuntaan. (Tieliikennelaki säädöslite, 729/2018, s. 97)

Pyöräilijää koskee samat perusliikennesäännöt kuin autoilijaa, myös väistämissäännöt. Jos pyöräilijän paikka on osoitettu muualle kuin ajoradalle, muun ajoneuvoliikenteen tulee kääntyessä väistää risteävää tietä ylittävää pyöräilijää, ajorataa tai piennarta käyttävää pyöräilijää ajoradalta poistuttaessa ja tietä ylittävää pyöräilijää kiertoliittymästä poistuttaessa. Muun ajoneuvoliikenteen tulee myös aina väistää ”jalkakäytävää tai pyörätietä käyttävää jalankulkijaa, pyöräilijää tai mopoilijaa ylittettäessä jalkakäytävää tai pyörätietä”. (Tieliikennelaki, 729/2018, §24)

Lisäksi pyöräilijää koskevat seuraavat poikkeus- tai erityissäännöt muuhun ajoneuvoliikenteeseen nähden:

- ”Polkupyörällä ajettaessa on annettava jalankulkijalle turvallinen tila tiellä” (Tieliikennelaki, 729/2018, §29)
- ”Polkupyöräilijä saa ohittaa muun ajoneuvon kuin polkupyörän oikealta” (Tieliikennelaki, 729/2018, §31)
- ”Polkupyörän tai mopon saa pysäyttää tai pysäköidä jalkakäytävälle ja pyörätielle” (Tieliikennelaki, 729/2018, §37)

Liikennevaloista pyöräilijän osalta on säädetty seuraavaa. ”Polkupyöräilijän on ensisijaisesti noudatettava polkupyöräopastimella näytettävää valoa. Muutoin polkupyöräilijän on noudatettava kulkusuuntansa ajoneuvoliikenteelle tarkoitettuja valoja. Pyörätietä käyttävän polkupyöräilijän ja mopoilijan on, missä erityistä polkupyöräopastinta ei ole, noudatettava jalankulkijaopastimen, tai jollei sitä ole, kulkusuuntansa ajoneuvoliikenteelle tarkoitettuja valoja.” (Tieliikennelaki, 729/2018, §74).

Tieliikennelain mukaan ”ajoneuvolla ei saa ajettaessa ylittää ajoneuvolle määritettyä suurinta sallittua rakenteellista tai valmistajan määrittelemää taikka rakenteesta tai kuormauksesta johtuvaa nopeutta” (Tieliikennelaki, 729/2018, §99). Tämä tarkoittaa sitä, että kun pyöräilijän paikka on ajoradalla tai pyörätiellä, joka kulkee ajoradan reunassa, koskee nopeusrajoitus myös pyöräilijää. Nopeusrajoituksella ei ole alarajaa, joten pyöräilijä voi useimmiten pyöräillä huoletta omaa nopeuttaan.

Tieliikennelain säädöslite määrittää liikenteenvalvojan käsimerkit, liikennevalo-opastimet, varoitusmerkit, etuajo-oikeus- ja väistämismmerkit, kielto- ja rajoitusmerkit, määräysmerkit, sääntömerkit, opastusmerkit, palvelukohteiden opastusmerkit, lisäkilvet, muut liikenteenohjaukseen tarkoitettut merkit, pituussuuntaisen tiemerkinäkinnät, poikkisuuntaiset tiemerkinäkinnät, muut tiemerkinäkinnät sekä suurimmat sallitut nopeudet, pituudet, leveydet, korkeudet ja massat. Säädöslitteessä on uusia merkkejä, merkintätapoja ja sääntöjä vanhaan tieliikennelakiin ja sen asetuksiin verrattuna. Merkittävin muutos opinnäytetyön kannalta on pyörätien jatkeen merkin-

tätavassa. ”Pyörätien jatke merkitään vain, jos väistämismuuttaminen ajorataa ylittävissä kohtaan on osoitettu liikennemerkillä B5, B6 tai B7. Pyörätien jatke merkitään myös liikennevalo-ohjatussa ajoradan ylityskohdassa” (Tieliikennelaki säädösluonnos, 729/2018, s. 158). Vanhan tieliikennelain mukaan pyörätien jatke on voitu merkitä kaikkien suojateiden reunaan tai keskelle.

Uutena liikennemerkkinä säädösluonnossa on B7 ”Väistämismuuttaminen pyöräilijän tienylityspaikassa”. ”Merkillä osoitetaan, että ajoneuvolla ja raitiovaunulla on väistettävä ajorataa pyörätien jatkeella ylittävää polkupyöräilijää. Merkillä voidaan osoittaa vain rakenteellisesti korotettu pyörätien jatke.” Muita uusia merkkejä ovat E13.1 ja E13.2 ”Pyöräkaista”, E28 ”Pyöräkatu”, E29 ”Pyöräkatu päättyy” sekä lisäkilvet H23.1 ja H23.2 ”Kaksisuuntainen pyörätie”. E26 ”Kävelykatu” ja E27 ”Kävelykatu päättyy” -merkkien ulkoasua uusitaan siten, että merkkeihin on tuotu vasempaan yläkulmaan pieni pyörän kuva, joka kertoo pyöräilyn olevan mahdollista myös kävelykadulla. (Tieliikennelaki säädösluonnos, 729/2018, s. 79, s. 105 & s. 109-110). Säädösluonnossa määritetään myös M8 ”Pyöräilijämerkintä” käytöstä seuraavaa. ”Valkoista pyöräilijämerkintää käytetään pyöräkaistalla, pyörätiellä, pyörätien jatkeella ja pyöräilijän odotustilassa. Merkintää käytetään myös yksisuuntaisella tiellä, jolla polkupyöräliikenne on sallittu molempiin suuntiin” (Tieliikennelaki säädösluonnos, 729/2018, s. 161).

2.5 Pyöräilyn suunnitteluohjeet

2.5.1 Suomalaiset suunnitteluohjeet

Suomalaista pyöräilyliikenteen suunnittelua ohjaa Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) Jalankulku- ja pyöräilyliikenteen suunnittelu -ohje. Liikenteenohjauksen osalta pyöräilyliikenteen suunnittelua hyödyntäviä ohjeita ovat myös Liikenneviraston Tiemerkinntöjen suunnittelu, Yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä ja Viitoitus -ohjeet sekä Kuntaliiton Liikennemerkkien käyttö kaduilla -ohje, RT-kortit sekä kaupunkien omat tyyppiirustukset ja suunnitteluohjeet. Erityisesti Helsingin kaupungin laatimaa pyöräilyliikenteen suunnitteluohjetta sovelletaan useissa kaupungeissa. Espoon kaupungin omat suunnitteluohjeet ja tyyppiirustukset on esitetty luvussa 3.4.

Jalankulku- ja pyöräilyliikenteen suunnitteluohje on Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) vuonna 2014 julkaisema ohje. Siinä käsitellään jalankulku- ja pyöräilyliikenteen järjestelyiden suunnittelua ja se kattaa erilaiset liikenne- ja asuin ympäristöt. Ohje on tarkoitettu maantien ympäristöön ja sovellettavaksi kuntien katuverkoille. Suunnitteluohjeesta löytyy ohjeet verkko-, väylä- ja liittymäsuunnitteluun, liikenteen ohjaukseen, pyöräpysäköintiin ja infrastruktuurin varusteisiin. (Liikennevirasto, 2014, s. 3-9)

Tiemerkintöjen suunnittelu -ohje on Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) vuonna 2015 julkaisema ohje, jossa on esitetty tieliikenneasetuksen

mukaiset tiemerkintöjen mitoitus- ja käyttöohjeet. Ohje on tarkoitettu tiemerkintöjen suunnitteluun maanteille ja soveltaen katuverkolle. Suunnitteluohjeessa on kerrottu tiemerkintöjen merkintäperiaatteet, erilaiset merkintätavat pituussuuntaisille merkinnöille, muille merkinnöille ja tunnuksille sekä esitelty tiemerkintätapauksia. (Liikennevirasto, 2015, s. 4-6)

Helsingin Pyöräliikenne -ohjeen tarkoitus on tuoda liikennesuunnitteluun pyöräilyn ja jalankulkijan huomioivia näkökulmia ja sen avulla pyritään edistämään pyöräilyn turvallisemman ja houkuttelevamman ympäristön suunnittelua. Pyöräliikenneohje on kohdennettu erityisesti katu ympäristön suunnitteluun, sillä maantieympäristön suunnittelu lähtee erilaisista lähtökohdista kuin katualueen suunnittelu. Ohje sisältää periaatteet verkosuunnitteluun, perustiedot pyöräliikenteen suunnitteluun sekä ohjeet linjaosuuksien, risteysalueiden, tiemerkintöjen ja liikennemerkkien asettamisen suunnittelulle. (Helsinki, 2016, s. 3-5) Ohje on kohdennettu erityisesti Helsingin alueelle, mutta sitä voidaan soveltaen käyttää myös muissa Suomen kaupungeissa ja kunnissa.

Liikennevalo-ohjauksen suunnittelua ohjaavat Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) Maanteiden liikennevalojen suunnitteluohje LIVASU 2016 ja tämän vanhempi painos Liikennevalojen suunnitteluohje LIVASU (Tiehallinto). Maanteiden liikennevalojen suunnittelu -ohjeessa on esitetty liikennevalojen suunnittelun ohjeistuksen lisäksi maanteiden palvelutasovaatimukset liikennevalo-ohjatuissa liittymissä. Ohje on tarkoitettu maanteiden liikennevalojen sekä soveltaen katuverkon liikennevalojen suunnitteluun. Ohjeesta löytyy liikennevalojen asettamisen perusteet ja toiminnan suunnittelun perusteet, esiteltynä erilaiset liikennevalolaitteet, liittymägeometriat ja liikennevalot eri suunnitelmatasolla sekä ohjeet liikennevalojen toiminnan yksityiskohtaiseen suunnitteluun. (Liikennevirasto, 2016, s. 4-9)

2.5.2 Muiden maiden suunnitteluohjeet ja julkaisut

Eri maissa on useimmiten omat suunnitteluohjeensa autoliikenteen, jalankulun ja pyöräilyn suunnitteluun. Opinnäytetyön kannalta merkittävä pyöräilyn suunnitteluohje on hollantilainen ”Design Manual for Bicycle Traffic” (CROW). Pyöräilyaiheisia muita merkittäviä julkaisuja ovat laatineet muun muassa tanskalainen Cycling Embassy of Denmark -järjestö, Kööpenhaminan kaupunki sekä hollantilainen Dutch Cycling Embassy -järjestö.

Hollantilainen ”Design Manual for Bicycle Traffic” -suunnitteluohje vastaa ympäri Suomen sovellettua Helsingin pyöräliikenteen suunnitteluohjetta. Hollantilainen ohje käsittelee liikenteellisiä ratkaisuja pyöräilijän näkökulmasta ja esittelee periaatekuvia.

Hollantilaiset ja tanskalaiset suunnitteluperiaatteet eroavat suomalaisista suunnitteluperiaatteista merkittävästi siten, että pyöräilijä suunnitellaan

omana kulkumuotonaan, ei siis osana jalankulku- tai autoliikennettä. Suomessa suuntaus on sama, mutta muutokset tapahtuvat hitaasti.

2.6 Asiantuntijahaastattelut

Opinnäytetyön lähtötietoja ja olemassa olevia pyöräilyn edistämistoimenpiteitä selvitettiin asiantuntijahaastatteluin eri kaupunkien ja yritysten pyöräilyn tai liikennevalo-ohjauksen asiantuntijoiden kanssa. Kaupungeiksi valikoituivat ne kaupungit, joissa on toteutettu innovatiivisia pyöräilyn edistämistoimenpiteitä tai pyöräilyn kulkutapaosuus on korkea. Lisäksi haastateltiin konsulttiyritys Rambollin pyöräilyn asiantuntijoita Suomesta ja Tanskasta sekä asiantuntijoita Traficon Oy:stä, Dynniq Finland Oy:stä ja Pyöräiliitto ry:stä. Haastateltavat henkilöt olivat:

- liikenneinsinööri **Timo Seimelä**, Tampere
- suunnittelupäällikkö **Matti Salonen**, Turku
- liikenneinsinööri **Heikki Vikki**, Jyväskylä
- kaupungininsinööri **Ari Varonen**, Joensuu
- pyöräilykoordinaattori **Reetta Keisanen**, Helsinki
- liikenteenhallintayksikön päällikkö **Marko Mäenpää** ja liikenneinsinööri **Paula Tuovinen**, Helsinki
- liikenneinsinööri **Harri Vaarala**, Oulu
- toiminnanjohtaja **Matti Koistinen**, Pyöräiliitto ry
- operations director **Jukka-Pekka Alanissi**, Dynniq Finland Oy
- projektipäällikkö **Jaakko Tuominen**, Traficon Oy
- suunnittelupäällikkö **Reijo Vaarala**, Ramboll Finland Oy
- market manager **Marianne Weinreich**, Ramboll DK.

Kaupunkien asiantuntijoiden haastatteluiden aiheita olivat kohdekaupunkien pyöräilyn olosuhteiden parantamiskeinot sekä keskustelu yleisesti pyöräilyn sujuvuutta ja mukavuutta parantavista toimenpiteistä niin Suomessa kuin ulkomailla. Haastatteluissa selvitettiin lisäksi, millaista yhteistyötä on toteutettu pyöräily-yhdistysten kanssa, miten pyöräilyyn liittyvä päätöksenteko toteutuu ja millä perusteilla pyöräilyn budjettia kohdennetaan. Yksityisten yritysten henkilöiden kanssa keskusteltiin pyöräilijän huomioimisesta ja olosuhteiden parantamisesta heidän osaamisalueensa kautta.

Tampereen liikenneinsinööri **Timo Seimelän** (haastattelu 8.11.2018) mukaan Tampereen kaupungilla tähänastisesti innovatiivisin pyöräilyn olosuhteiden edistämiskeino on ollut CrossCycle-sovellus, jota voidaan haastatteluhetkellä hyödyntää 17 liikennevalo-ohjatussa liittymässä. CrossCycle-sovellus on niin sanottu pyöräilijän virtuaalinen painonappi. Muita Tampereen kaupungissa toteutettuja edistämistoimenpiteitä ovat seudullisten ja keskusta-alueen pyöräreittien laatutason nostaminen leventämällä väyliä, erottamalla pyöräily jalankulusta ja parantamalla pyöräteiden tunnistettavuutta. Liittymäalueilta Tampereen kaupunki on poistanut reu-

nakiviä olemassa olevista liittymistä ja uusien reunakiviohjeiden ja tyyppi-piirustusten mukaisesti niitä ei uusiin liittymiin ole rakennettu. Liikennevaloja on uusittu ja päivitetty, mikä mahdollistaa paremman ja laajemman reaaliaikaisen seurannan ja tiedonkeruun. Pyöräilyn seurantamenetelmiä on myös parannettu liikennelaskennoilla ja erilaisilla kyselyillä, viimeisimpänä 100 pyöräilytekoa -kysely. Tampereen kaupunki jakaa tietoa avoimesti. Tiedot esimerkiksi kyselyistä ja liikennemääristä ovat kaikkien nähtävillä Oskari-karttapalvelussa.

Turun kaupungin suunnittelupäällikkö **Matti Salonen** (haastattelu 9.11.2018) kertoi haastattelussa, että Turun kaupungin alueella on jalankulkua ja pyöräilyä lähdetty erottelemaan toisistaan entistä enemmän. Keskustaan on rakennettu pyöräkaistoja sekä liikennevalo-ohjattuihin liittymiin pyörätaskuja. Pyöräkaistat ja -taskut on päällystetty punaisella lateksipinnoitteella tai punaisella asfaltilla havaittavuuden parantamiseksi. Pyöräilyn uudet laatureitit suunnitellaan noin 4,5 – 5 metriä leveiksi ja niissä suunnat tullaan erottelemaan. Punaisen pinnoitteen toteutusalue määräytyy laatureiteillä kustannusten mukaan. Toteutusalueena voi olla koko laatureitti tai pelkästään liittymäalueet. Suunnittelun pohjalla käytetään soveltaen Helsingin kaupungin pyöräliikenteen suunnitteluohjetta. Turun kaupunki hyödyntää keskustassa olevien kaupungin videovalvontakameroiden materiaalia liikennesuunnittelussa sekä -laskennoissa.

Jyväskylän liikenneinsinööri **Heikki Vikki** (haastattelu 12.11.2018) kertoi Jyväskylän kaupungin panostavan pieniin pyöräilyn olosuhteiden parannustoimenpiteisiin kuten reunakivien poistoon ja näkemäesteiden raivaukseen. Reunakiviä poistetaan vuosittain noin 10 – 20 liittymästä. Lisäksi yhdistettyjen jalankulku- ja pyöräilyväylien linjauksia on parannettu liittymäalueilla siirtämällä suojateitä lähemmäksi liittymää ja suoristamalla yhteyksiä. Jyväskylän keskustassa on muutamia pyörätaskuja, jotka on aikaisemmin maalattu, mutta myöhemmin lopetettu kustannussyistä. Punaisen maalin tilalle on harkittu kaksikomponenttimassaa. Jyväskylän kaupunki tekee tiivistä yhteistyötä paikallisen pyöräilyjärjestön kanssa. Pyöräijärjestö pääsee vaikuttamaan suunnitteluun sekä heidän mielipiteitään kuunnellaan.

Joensuun kaikista arjen matkoista noin 32 prosenttia tehdään pyöräillen (Joensuun kaupunki, n.d.). Kaupungininsinööri **Ari Varosen** (haastattelu 15.11.2018) kanssa keskusteltiin syistä miksi Joensuussa pyöräily on niin suosittua. Suurimpana tekijänä Varonen pitää esimerkin voimaa. Kun kaupungin päättäjät ja työntekijät kulkevat matkansa pyöräillen, myös pyöräilyn suunnitteluun kiinnitetään enemmän huomiota ja annetaan painoarvoa. Suunnittelua pyritään toteuttamaan mahdollisuuksien mukaan pyöräilijät ensin -periaatteella. Pyöräilyn erottelua jalankulusta on alettu toteuttamaan 2010-luvulla ”Joensuun pyöräilyn ja jalankulun kehittämissuunnitelma 2030” mukaisesti. Liikennevalo-ohjattuja liittymiä on muutettu kiertoliittymiksi, jolloin pyöräilijöiden pysähtymistarve pienenee merkittä-

västi. Myös liikennevalo-ohjatuissa liittymissä on silmukkailmaisparit, joiden avulla pyöräilijä saa vihreän pyynnön jo ennen liittymään saapumista. Joensuu on myös Suomen ensimmäinen kaupunki, jossa toteutettiin pyöräkatu. Pyöräilyn ympärivuotista kulkutapaa pyritään vahvistamaan panostamalla laadukkaaseen talvikunnossapitoon.

Helsingin kaupungin asiantuntijoita haastateltiin kahdessa erässä. Pyöräilykoordinaattori **Reetta Keisasen** haastattelussa (haastattelu 11.12.2018) keskusteltiin Helsingin pyöräliikenteen suunnitteluohjeesta ja pyöräkaistoista. Keisasen mukaan Helsingin kaupunki harvoin pilotoi uusia kehitysideoita, vaan ne toteutetaan heti täysmittaisena. Pyöräliikenteen suunnitteluohjeesta löytyy kaikki kaupungin pyöräilyn edistämisen toimenpiteet. Pieninä pyöräilyn olosuhteiden parantamiskeinoina Helsingin kaupunki on poistanut reunakiviä sekä suoristanut pyörätieelinjoja liittymäalueilla. Pyöräkaistoilta käännetään vasemmalle sekä ryhmittymiskäännöksen, että pitkän käännöksen mukaisesti.

Tietoa pyöräkaistan vasemmalle kääntymisen periaatteista täydennettiin sähköpostikeskustelulla Helsingin kaupungin liikenneinsinööri **Teppo Pasasen** kanssa. Pasasen mukaan pitkää käännöstä käytetään vilkkaimpien katujen pääsuunnilla, jossa pyöräilijän ryhmittäytyminen oikeasta reunasta vasemmalle kääntymiskaistalle olisi haastavaa tai vaarallista. Pääkadun suuntaisesti voidaan toteuttaa myös pyörätasku, mutta Helsingin kaupunki harvoin toteuttaa niitä. Pääsuunta saa usein paljon vihreää aikaa, jolloin autojen eteen ryhmittäytymiseen jää vähemmän aikaa kuin sivusuunnalla. Sivukaduilla pyörätaskun käyttö on yleisempää ja tuottaa mahdollisimman suuren hyödyn pyöräilijän näkökulmasta. Pitkän käännöksen kohteita on Helsingissä vielä vähän, mutta kohteiden lisääntyessä kaupunki aikoo myös panostaa tiedottamiseen ja pyöräilijöiden ohjeistamiseen. Toteutettuja pitkän käännöksen liittymiä oli haastatteluhetkellä Hermannin rantatiellä, Lauttasaarentiellä ja Helsinginkadulla. Uusia kohteita oli tulossa Mechelininkadulle, Hämeentielle, Mäkelänskadulle ja Mannerheimintielle. (Pasanen, 2019)

Helsingin **Marko Mäenpään** ja **Paula Tuovisen** haastattelussa (haastattelu 14.12.2018) keskityttiin Helsingin kaupungin liikennevalo-ohjaukseen sekä valo-ohjauksen tuomiin mahdollisuuksiin pyöräilijän olosuhteiden parantamisessa. Helsingin kaupungilla on käytössään BePolite-valoja muutamissa liittymissä ja erillisissä suojatievaloissa. Uusia kohteita ei ole tullut lisää, sillä valo soveltuu vain hyvin harvoihin paikkoihin. Helsingistä löytyy myös niin sanotut VAROVA-valot kolmesta raitiotieylitys kohteesta, jotka myös osaltaan koskevat pyöräilijää. VAROVA-valo on raitiotieylityksissä kehitetty ohjaustapa. Suojatien ja jalankulkijaopastimet ovat tavallisesti pimeinä, mutta ratikan lähestyessä ne syttyvät punaisiksi. Valon lisäksi opastimesta kuuluu ratikasta varoittava äänimerkki. VAROVA-valon kohteista näkyvin paikka on Mannerheimintien ja Kaivokadun liittymä.

Mäenpään ja Tuovisen (haastattelu 14.12.2018) mukaan liikennesuunnittelija otetaan aina alusta asti mukaan liikennevalo-ohjatun liittymän suunnittelussa. Pyöräilijän paikka määrittää käytettävän opastimen ja valo-ohjauksen tuoman mahdollisuudet ja rajoitukset. Pyöräopastimien periaatteena on, että ne asennetaan vain, jos niistä on hyötyä.

Oulun kaupungin liikenneinsinöörin **Harri Vaaralan** (haastattelu 4.1.2019) kanssa keskusteltiin Oulussa toteutetuista, niin sanotuista supersuoja-teistä. Supersuojatiellä on tavallista leveämpi pyörätien jatke ja jatke on päällystetty punaisella kivisirotepinnoitteella. Ennen pyörätien jatketta ja sen jälkeen pyörätien suunnat on erotettu ajokaistaviivalla. Oulussa on myös pyöräilyn olosuhteiden parannustoimenpiteinä poistettu reunakiviä ja muita tasoeroja. Pyöräreiteille on laadittu oma pyöräteiden pintaohjelma. Pintaohjelma käsittää inventoinnin ja korjaustoimenpiteet noin 100 km pituudelta pääpyöräilyreiteillä ja 600 km pituudelta pääreittien ulkopuolisella verkolla. Vaaralan kanssa keskusteltiin yleisesti pintamateriaaleista, liikennevalojen ilmaisimista, pyöräilijälaskennoista ja uudesta tie-liikennelaista. Oulun kaupunki hoitaa asfaltoinnin ja pintauksen itse, jolloin laatu on mahdollisimman tasaista ja materiaaliaroilta voidaan välttyä.

Pyöräliitto ry:n toiminnanjohtaja **Matti Koistisen** (haastattelu 7.11.2018) kanssa keskusteltiin hyvistä pyöräliikenteen järjestelyistä liikennevalo-ohjatuissa liittymissä. Koistisen mukaan parhaat liikennevalo-ohjatut liittymät ovat sellaisia, joissa ei ole painonappeja ja reunakiviä. Muista maista Koistisella oli muutamia hyviä esimerkkejä pyöräilyn olosuhteiden parantamiseen, joista esimerkiksi työhön valikoitui mukaan liikennevalolaskurit ja kulkusuuntien viisto erottelu pyörätien jatkeella. Koistinen esitteli myös hollantilaisia kiertoliittymiä, joiden avulla voidaan korvata liikennevalo-ohjattuja liittymiä ja näin parantaa pyöräilijän sujuvuutta. Kiertoliittymässä pyöräilijä joutuu harvemmin pysähtymään. Hollantilaisessa kiertoliittymässä pyöräilijä kiertää kiertoliittymää joko ajoradan reunassa omaa pyöräkaistaa pitkin tai jalkakäytävän rinnalla erotettua yksi- tai kaksisuuntaista pyörätietä pitkin. Hollantilainen kiertoliittymä on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Hollantilainen kiertoliittymä, jossa on osittain yksi- ja kaksisuuntainen pyörätie. (van Caspel, 2017)

Liikennevalo-asiantuntijoiden **Jaakko Tuomisen** (haastattelu 14.11.2018) Traficon Oy:stä ja **Jukka-Pekka Alanissin** (haastattelu 7.1.2019) Dynniq Finland Oy:stä kanssa keskusteltiin liikennevalojen ohjaustavoista, adaptiivisesta liikennevalo-ohjauksesta ja mahdollisista pyöräilijän ilmaisimista. Erityisesti tieto uusista ilmaisimista liikkuu hiljaisena tietona. Ramboll Finland Oy:n suunnittelupäällikkö **Reijo Vaaralan** (haastattelu 1.11.2018) kanssa taas keskusteltiin pyöräliikenteen suunnittelun lähtökohdista ja tieliikennelaista.

Ramboll Denmark:in Market Manager **Marianne Weinreichin** (haastattelu 15.10.2018) keskusteltiin tanskalaisista pyöräliikenteen suunnittelukäytännöistä ja pyöräilijän olosuhteita parantavista keinoista. Weinreichin mukaan pyöräilyn suunnittelu tulee aloittaa turvallisuudesta. Turvallisuus on asia, josta ei pyöräliikenteen suunnittelussa saa tinkiä. Tanskassa turvalliset pyöräliikenteen järjestelyt ovat yksisuuntaiset ja ne on erotettu auto- ja jalankulkuliikenteestä. Yksisuuntaisilla järjestelyillä vältetään konflikteja pyöräilijöiden välillä. Tanskassa suositaan pyöräkaistalta tehtävää pitkää käännoästä, jolloin konfliktipisteitä eri kulkumuotojen välillä on vähiten. Weinreichin haastattelusta nousi esiin pyöräilyn olosuhteiden parannuskeinoista Footrest, RFID-tagit, vihreän aallon liikennemerkki, sadetunnistin sekä pyöräkaistan kääntymistavat vasemmalle ja oikealle. Tanskassa myös kääntyminen oikealle on sallittua punaisten valojen aikana.

2.7 Pyöräilyn simulointiselvitykset

Pyöräilyn simulointiselvityksiä on tehty maailmalla vähän. Tanska on edelläkävijä, mutta maa on edelläkävijä myös pyöräliikenteen suunnittelussa. Suomessa ei tietävästi ole julkaistu tutkimusta polkupyöräsimuloinneista. Itse simulointeja, joissa pyöräilijät on huomioitu, on tehty erittäin vähän, eivätkä ne ole olleet tarkastelun pääroolissa. Pääsääntöisesti simuloinnit ovat auto- tai jalankulkumallinnuksia. Tavallisissa autoliikenteen simuloinneissa jalankulkijoita ja pyöräilijöitä on mallinnettu suojateille. Ilman väistämismahdollisuutta autoliikenteen toimivuustarkasteluissa saadaan liian hyvät tulokset.

Kööpenhaminan kaupunki on julkaissut vuonna 2013 konsulttiyritys COWI:n toteuttaman simulointiohjeen ”Micro Simulation of Cyclists in Peak Hour Traffic”. Simulointiohje on osa hankkeiden ja analyysien sarjaa, joiden tarkoituksena on selvittää pyöräkaistojen kapasiteettia ja sen parantamismahdollisuuksia. Simulointiohjeen tarkoituksena on ollut määrittää pyöräilijöiden käyttäytymistä mahdollisimman realistisesti. Työssä kerättiin, käsiteltiin ja tutkittiin pyöräilijöiden käyttäytymismalleja, jonka jälkeen tieto siirrettiin PTV Vissimiin pyöräilijäparametreina. Ohjeen päämääränä oli neuvoa PTV Vissimin käyttäjiä mallinnuksessa, kertoa relevantit parametrit ja tarjota tietoa erilaisista mallinnustavoista. Simulointiohje on toiminut myös tämän opinnäytetyön lähtökohtana parametrien määrittämisessä. (COWI 2013, s. 7-8)

Singaporelainen Future Cities Laboratory (FCL) on tutkinut PTV Vissimin mahdollisuuksia mallintaa jalankulkija ja pyöräilijät samassa tilassa. Tällä hetkellä PTV Vissimissä pyöräilijät mallinnetaan ajoneuvoina ajoneuvojen käyttäytymismallin mukaisesti ja jalankulkijat jalankulkijoina ilman konflikteja ajoneuvoihin, suojateitä lukuun ottamatta. Jalankulkijoiden käyttäytymistä säätelevät muokattavat parametrit ovat siis hyvin erilaiset kuin pyöräilijöiden. Tarkastelluissa vaihtoehdoissa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden määrä oli vakio. (Kupferschmid, 2016)

3 YLEISKATSAUS KOHDEKAUPUNKI ESPOOSTA

3.1 Kohdekaupungin valinta

Opinnäytetyön kohdekaupunkina oli Espoon kaupunki. Espoon liikenneympäristö on hyvin moninainen. Espoosta löytyy kaupunki- ja paikalliskeskuksia, asutuskyliä sekä maaseutua. Espoosta löytyy myös kattavasti erilaisia pyöräilyväylätyyppejä ja liikennevalo-ohjattuja liittymiä.

Espoon kaupungin strategisena tavoitteena on edistää pyöräilyä. Pyöräilyn kulkutapaosuutta pyritään kasvattamaan ja pyöräilyaiheisia selvityksiä laaditaan tiheästi. Käynnissä on esimerkiksi Espoon pääpyöräilyreittien yleissuunnitelman laadinta, ja tammi-helmikuussa 2019 suoritettiin talvipyöräilijälaskentoja talvikunnossapidon kehittämistä varten. Espoon kaupungilla järjestettiin myös kaupunkipyörien pilottikokeilu vuonna 2017 ja vuonna 2018 kaupunkipyöräpalvelu otettiin virallisesti käyttöön. Metroasemien rakentamisen yhteydessä on toteutettu runsaasti laadukasta pyöräpysäköintiä jokaiselle asemalle sekä vuonna 2018 Leppävaaran asemanseudun pyöräpysäköintiä parannettiin merkittävästi (Nyberg, 2019). Espoon kaupungin moninainen liikenneympäristö ja motivaatio pyöräilyn kehittämiseksi mahdollistaa laaja-alaisen selvityksen pyöräilijöiden olosuhteiden parannuskeinoista liikennevalo-ohjatuissa liittymissä.

3.2 Espoon strategia

Espoon strategia eli Espoo-tarina ohjaa kaupungin kehittämistä ja suuntaa kaupungin toimintaa paremmin yhteisten tavoitteiden mukaisesti. Strategia perustuu visioon: *”Verkostomainen viiden kaupunkikeskuksen Espoo on vastuullinen ja inhimillinen edelläkävijäkaupunki, jossa kaikkien on hyvä asua, oppia, tehdä työtä ja yrittää ja jossa espoolainen voi aidosti vaikuttaa.”* Espoon arvoja ja toimintaperiaatteita ovat asukas- ja asiakaslähtöisyys, vastuullinen edelläkävijä ja oikeudenmukaisuus. (Espoon kaupunki, 2017, s. 5)

Espoon strategian yhtenä tavoitteena on lisätä kävelyn ja pyöräilyn osuutta Espoossa liikutuista matkoista. Kävelyn ja pyöräilyn osuuden lisäämiseksi Espoossa liikutuista matkoista Espoon kaupunki on tehnyt muita edistämistoimenpiteitä. Esimerkiksi suunnitteluperiaatteet on uudistettu uusien tyyppiirustusten myötä. Tyyppiirustusten mukaan reunakivet tullaan jatkossa upottamaan ajoradan tasoon ja suojatiet rakennetaan aiempaa leveämmäksi. (Espoon kaupunki, 2018)

Strategian lisäksi Espoossa on laadittu Pyöräilyn edistämishjelma 2013-2024. Edistämishjelmassa Espoon tavoitteeksi on määritetty pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattaminen 8 prosentista 15 prosenttiin vuoteen 2024 mennessä syksyn arkivuorokausiliikenteen osalta. Toimenpiteinä ovat esimerkiksi pyöräilyolosuhteiden parempi huomioon ottaminen eri

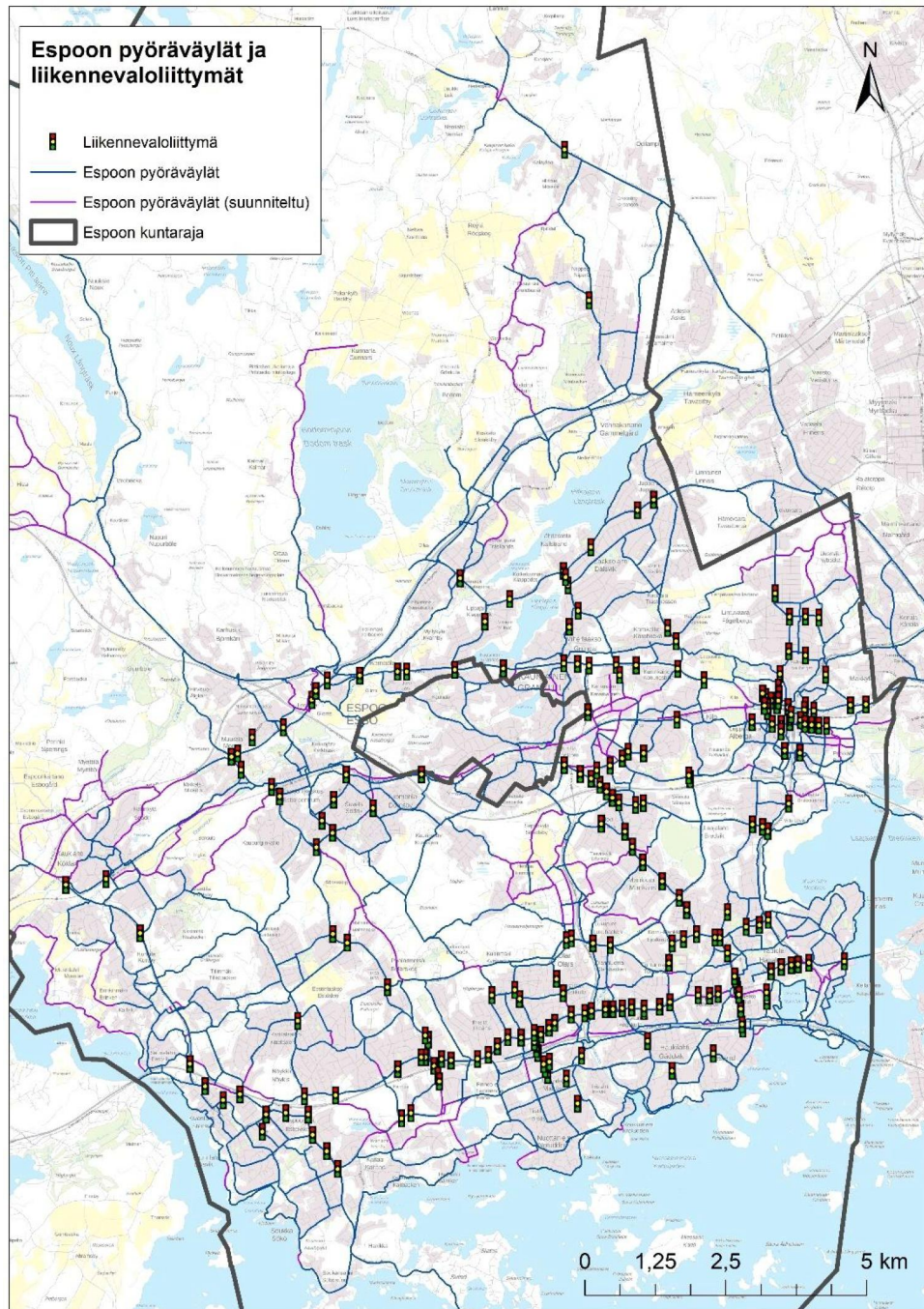
kaavatasoilla, risteysjärjestelyjen sujuvuuden ja turvallisuuden parantaminen sekä jalankulun ja pyöräilyn erottelemisen aluekeskuksissa ja ”kylissä”, opastuksen ja kunnossapidon parantaminen sekä pyöräilyn seurattavien käyttöönotto. (Espoon kaupunki, 2013, s. 70-71)

3.3 Espoon pyöräilyinfrastruktuuri

Espoon kaupunki koostuu viidestä kaupunkikeskuksesta, joita ovat Espoon keskus, Espoonlahti, Leppävaara, Matinkylä ja Tapiola. Näissä kaupunkikeskuksissa pyöräilyn pääreiteillä jalankulku ja pyöräily on jo eroteltu rakenteellisesti toisistaan tai tullaan erottelemaan uusien hankkeiden myötä Espoon suunnitteluperiaatteiden mukaisesti. Kaupunkikeskuksia pienemmissä paikalliskeskuksissa pyöräily ja jalankulku erotellaan tarpeen mukaan toisistaan uusien hankkeiden myötä. Pääsääntöisesti kuitenkin jalankulkijat ja pyöräilijät käyttävät samaa yhdistettyä jalankulku- ja pyöräilyväylää.

Kaupunki- ja paikalliskeskuksien ulkopuolella pyöräily tapahtuu tavallisesti yhdistetyillä jalankulku- ja pyöräilyväylillä, ajoradan reunassa tai sekaliikenneväylillä. Espoossa on myös testattu yhdistetyillä jalankulku- ja pyöräilyväylällä kulkusuuntien erottelua, esimerkiksi Turuntien varrella Leppävaaran ja Mäkkylän välillä.

Espoon pyöräilyväylät on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 6). Kuvaan on merkitty myös Espoon kaupungin liikennevalo-ohjatut liittymät. Tietoa pyöräilyväylän tyypeistä ei ollut saatavilla.



Kuva 6. Espoon pyöräilyväylät ja liikennevaloliittymät.

3.4 Espoon suunnitteluohjeet ja -periaatteet

Espeen kaupunki on laatinut suunnittelun tueksi omia Espoon kaupunkia koskevia ohjeita, esimerkiksi dokumentin ”Espoon liikennevalojen suunnitteluohje”. Ohjeen tarkoituksena on yhtenäistää tulevien liikennevalojen suunnitteluratkaisut. Esitetyt suunnitteluperiaatteet koskevat lähinnä liikennevalojen toiminnallista suunnittelua ja periaatteet on esitetty myös koskien jalankulkijoiden oheispyyntöjä, jalankulkuvalojen toimintaa ja

pyöräilijöiden ohjausta. (Nyberg, 2015, s. 3-4). Pyöräilijä on huomioitu ohjeessa seuraavasti. Kun lepotilana käytetään pääsuunnan vihreää lepotilaa, myös saman suuntaisten suojateiden jalankulkijaopastimet esitetään ohjelmoitavan vihreäksi. Pääreittien ylittäessä pääsuunnan suojatiet esitetään liittymä varustettavan pyöräliikenteen tunnistavalla tutkalla tai silmukkkailmaisimella. Jos tutkan tai silmukkkailmaisimen asettaminen ei ole mahdollista, asetetaan liittymään painonappi. (Nyberg, 2015, s. 8)

Espoon kaupunki on julkaissut internetsivuillaan Espoon kaupungin tyyppiirustukset erilaisista liittymistä ja liittymäratkaisuksista, joiden mukaan uudet liittymät tulee suunnitella. Liikennevalo-ohjattuja liittymiä koskevat tyyppiirustukset ovat:

- suojatie (5222/801)
 - suojatien ja pyörätien jatke (5222/802)
 - suojatien ja pyörätien jatke, kapea ratkaisu (5222/803)
 - vino suojatie ja pyörätien jatke (5222/804)
 - liittymä, jonka kohdalla kevyen liikenteen väylä on korotettu (5222/805)
 - suojatie ja pyörätien jatke liittymässä, betonireunatuki (5222/806)
 - suojatie ja pyörätien jatke, betonireunatuki, ennallistamiskohde (5222/807)
 - suojatie ja pyörätien jatke, betonireunatuki, kapea ennallistamiskohde (5222/808)
 - ohjaavat ja varoittavat laatat (5222/027A).
- (Espoon kaupunki, n.d.)

4 PYÖRÄILYN OLOSUHTEISIIN VAIKUTTAVAT LAATUTEKIJÄT

4.1 Laatutekijöiden määrittely

Pyöräteiden laatutekijät ovat tavoiteltavia ominaisuuksia liikennevalo-ohjatuissa liittymissä. Mitä paremmin laatutekijöihin pyritään, sitä paremmat olosuhteet pyöräilylle mahdollistetaan. Pyöräteiden laatutekijöitä ovat turvallisuus, sujuvuus, mukavuus ja selkeys. Lisäksi laadukkaisiin pyöräilyolosuhteisiin vaikuttaa liikenneympäristöön valitut ja toteutetut materiaalit.

Opinnäytetyössä tutkittavien pyöräilyn olosuhteiden parannuskeinojen määrittämistä varten selvitettiin, mitkä tekijät vaikuttavat pyöräilijän olosuhteisiin ja mitä tekijöitä keinoilla halutaan parantaa. Tutkittavan keinojen tulisi aina pyrkiä parantamaan vähintään yhtä pyöräilyn laatutekijää. Pyöräilyn laatutekijöitä on esitelty tässä luvussa.

4.2 Turvallisuus

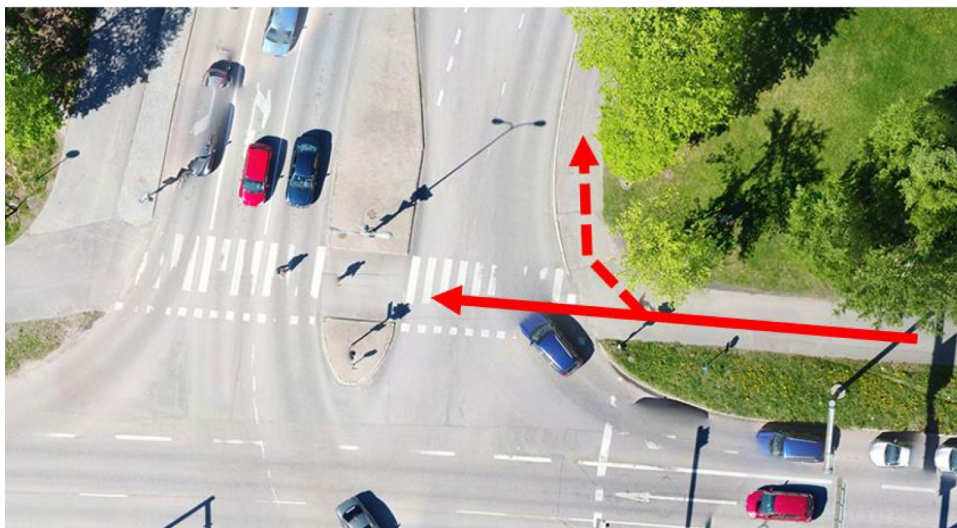
Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeen mukaan polkupyörällä ajavan henkilön kaatuessa tai törmätessä, on kyseessä liikenneonnettomuus. Jos pyörää talutetaan, kaatumista ei pidetä liikenneonnettomuutena. (Liikennevirasto, 2014, s. 30)

Pyöräilijöiden suurin onnettomuusriski on liittymissä, missä on mahdollisuus vakaviin konflikteihin. Konfliktit moottoriliikenteen kanssa tulee minimoida. Jos pyöräilijän reitti risteää vilkkaasti liikennöidyn ja korkean nopeustason liittymissä, suositellaan ylitys toteutettavan eritasossa. Mitä lähempänä moottoriajoneuvoliikenteen nopeus on pyöräilijän nopeutta, sitä turvallisempaa liikkuminen on pyöräilijälle ja jalankulkijalle. Liikenneympäristön tulee ohjata liikkujaa mahdollisimman selkeästi ja yksiselitteisesti. (Vaismaa ym., 2011, s. 147)

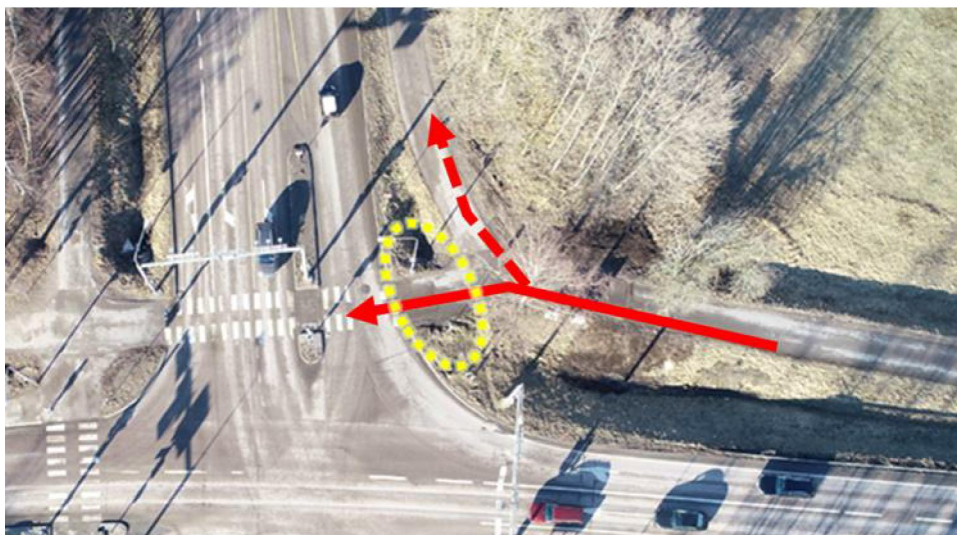
Liittymien suunnittelussa tulee ottaa huomioon käytettävyys ja se, että ne palvelevat turvallista ja sujuvaa liikennettä eri kulkumuodoilla. Käytettävyyteen vaikuttaa pyöräliikenteen ohjauksen selkeys. Pyöräilijän tulee hahmottaa jo liittymään saapuessa, mistä hänen kuuluu ajaa ja ylittää ajorata. Myös eri tienkäyttäjien on havaittava toistensa helposti. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden tulee olla autoilijan näkökentässä. (Vaismaa ym., 2011, s. 146-147)

Pyöräilijän turvallisuuteen pystytään vaikuttamaan kulkumuotojen erotte- lulla sekä pyöräilijän ja pyörätien havaittavuutta parantamalla. Erottelu vähentää konflikteja jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden välillä. Havaittavuutta taas voidaan parantaa esimerkiksi kiinnittämällä huomiota visuaalisiin pyöräilyliikenteen järjestelyihin värillisellä pinnoitteella ja erilaisilla tiemerkin- nöillä.

Reittien loogisuudella, suoruuudella ja muilla järjestelyillä voidaan vaikuttaa ennakointiin niin pyöräilijän, kuin auton näkökulmasta. Kun pyöräilijän kulkusuunta on autoilijalle selvä, autoilija pystyy reagoimaan paremmin pyöräilijän liikkeisiin. Kuvissa 7 ja 8 on vertailtu kahta tilannetta, joissa erilaisilla liittymäjärjestelyillä on saatu aikaan pyöräilijän suuntautumisen parempi ennakointi auton kuljettajan näkökulmasta.



Kuva 7. Erilaisten liittymäjärjestelyiden vertailu: pyöräilijän kulkusuunta selviää juuri ennen ylitystä.



Kuva 8. Erilaisten liittymäjärjestelyiden vertailu: pyöräilijän ajoreitti helpommin ennakoitavissa

Valaistuksella, näkemillä ja talvikunnossapidolla on suuri merkitys pyöräilijöiden turvallisuuden kannalta. Esteet ja talvella kasaantuvat lumikinokset voivat estää näköyhteyden auton ja pyöräilijän välillä. Lisäksi painonappien kylkeen kasatut lumivuoret voivat aiheuttaa vaaratilanteita, kun nappi ei ole helposti painettavissa. Hyvien näkemien ansiosta liikkujat havaitsevat toisensa ajoissa ja heille jää aikaa toimia turvallisesti. Näkemien

varmistaminen myös työmaa-aikaisten järjestelyiden aikana on erityisen tärkeää. (Vaismaa ym., 2011, s. 152)

4.3 Sujuvuus

Pyöräilyn sujuvuuteen vaikuttaa liittymän ylittämisen nopeus. Pysähtymisen todennäköisyyden tulee olla mahdollisimman pieni ja odotusajan mahdollisimman lyhyt. Sujuvuutta voidaan parantaa pyrkimällä vähentämään pysähdysten määrää ja vaikuttamalla pyöräilijän kokemaan pysähdyskokemukseen. Pyöräilijän reitiltä tulee poistaa jyrkät käännökset ja kiertoreitit, sillä ihmisluonteen takia, myös pyöräilijä menee siltä mistä helpoiten ja nopeimmin pääsee. (Vaismaa ym., 2011, s. 147)

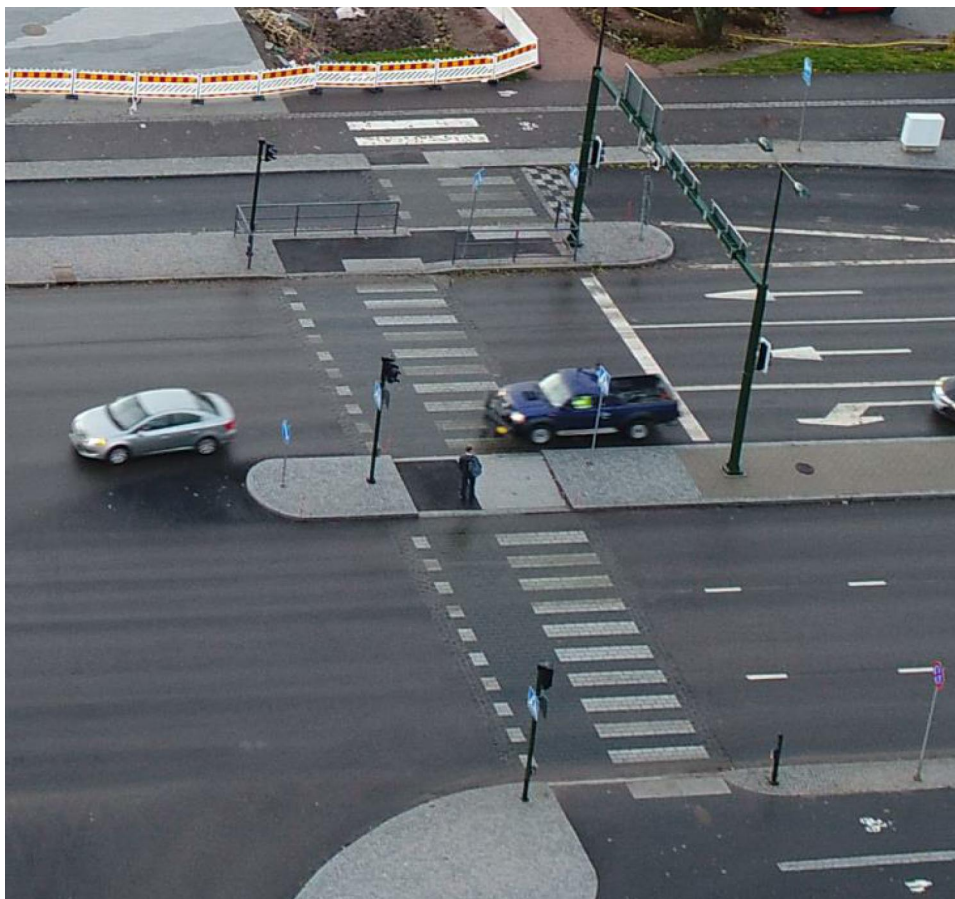
Pysähdysten määrää voidaan vähentää pyöräilyä suosiva liikennevalo-ohjauksen keinoin. Erityisesti pyöräilijän etuudet, vihreän pidennys ja aienus sekä vihreä aalto vähentävät pyöräilijöiden pysähdysten määrää. Riittävän aikaisella ilmaisulla ja vihreän pyynnöllä pyöräilijä saattaa välttyä pysähtymiseltä. Myös pyöräilijän ennakoitimahdollisuuksia voidaan parantaa esimerkiksi kaukaa havaittavan painonappivalon avulla.

Pyöräilijän pysähdystä voidaan helpottaa erilaisin suunnitteluratkaisuin. Kun pyöräilijä nousee pois pyöränsä päältä, vaatii liikkeelle lähtö paljon voimaa ja pysähdys enemmän tilaa, kun pyöräilijä ja pyörä ovat lähes rinnakkain. Pysähdystä voidaankin helpottaa erilaisilla pyöräilijän tukikaitteilla, jotka mahdollistavat pyörän selässä pysymisen valojen vaihtumista odotellessa. Jos pyöräilijän tarvitsee painaa painonappia saadakseen vihreän valon, tulee painonappi olla sijoiteltuna pyöräilijän näkökulmasta helposti saavutettavaan paikkaan.

4.4 Mukavuus ja selkeys

Liittymän selkeyteen ja pyöräilyn mukavuuteen vaikuttavat pyöräilijän näkökulmasta tasaisuus, viivytyksen minimointi, ohjaavuus ja houkuttelevuus. Pyörätien pinnan tulee olla mahdollisimman tasainen ja eritasoliittymät eivät saa aiheuttaa tarpeettoman suuria korkeuseroja. (Vaismaa ym., 2011, s. 147). Tasaisuuteen vaikuttavat myös liittymään rakennetut reunakivet ja saarekkeet. Pyöräilijän kannalta paras vaihtoehto on, että reunakiviä ei asennettaisi liittymään ollenkaan, erityisesti pyörätien jatkeen kohdalle. Mikäli reunakivet halutaan asentaa, tulisi ne upottaa maahan samaan tasoon pinnoitteen kanssa. Myös liuskereunatuki on mahdollinen, mutta kahta erityyppistä reunakiveä asennettaessa samaan liittymään, voi tapahtua inhimillisiä virheitä ja kivet asennetaan väärinpäin pyörätien jatkeen ja suojatien kohdille. Keskisaarekkeiden reunakivien toteutus tai toteutumattomuus tulee olla yhtenevä ajoradan reunassa oleviin reunakiviin. Keskisaarekkeen leveys tulee olla riittävä pyöräilijän pysähtymistä varten.

Espoossa on toteutettu linja-autojen etuutena omia ohituskaistoja liittymiin. Tällaiset ohituskaistat vaativat turvallisuutensa puolesta niin sanotun porrastetun keskisaarekkeen, sillä liittymäalueella on liikennevalo-ohjaus ja linja-autokaistalla ei. Yhtenäisessä ylityksessä valo-ohjaus tulee olla koko matkalla. Porrastuksen haittana on tila ja ajolinjojen tiukkuus. Pyöräilijän näkökulmasta tällainen ratkaisu on erityisen heikko, etenkin jos ajomatkaa kertyy useita metrejä ylimääräistä verrattuna suoraan ylitykseen. Niin sanottu porrastettu keskisaareke kaiteilla ja upotetuilla reunakivillä on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Porrastettu keskisaareke kaiteilla ja upotetuilla reunakivillä.

Liittymäratkaisuihin on erityisen paljon merkitystä pyöräilyn sujuvuuden kannalta. Paras vaihtoehto on, että ylitys tapahtuu eritasossa autoliikenteeseen nähden yli- tai alikulun kautta. Liittymätyypeistä kiertoliittymä on aina turvallisempi vaihtoehto kuin valo-ohjaamaton kolmi- tai nelihaara-liittymä, sillä konfliktipisteitä autojen, pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden välillä on vähemmän. Esimerkiksi nelihaarisessa liittymässä, jossa pyöräily tapahtuu yhdistetyllä jalankulku- ja pyöräilyväylällä, pyöräilijöiden ja autojen välillä on 16 konfliktipistettä. Kiertoliittymässä näitä on kahdeksan. Myös valo-ohjauksella voidaan vaikuttaa konfliktipisteiden määrään. Pallo-opastimilla konfliktipisteiden määrä putoaa nelihaarisessa liittymässä kahdeksaan, vasemmalle kääntyvien nuoliopastimilla neljään ja oikealle

kääntyvien nuoliopastimilla nollaan. Oikealle kääntyvän moottoriajoneuvon nuoliopastus tarkoittaa, että jalankulku- ja pyöräliikenne ei voi kulkea samassa vaiheessa, jolloin pysähdysten määrä ja kesto kasvavat.

Liikenneympäristön tulee ohjata käyttäjä oikeisiin ratkaisuihin. Liikenne-merkit ja tiemerkinnot tulee olla selkeitä ja yksiselitteisiä. Ympäristön hyvä suunnittelu ja loogiset reitit vähentävät liikennemerkkien tarvetta. Jos liikennemerkkejä on liian paljon, niiden huomionarvo ja uskottavuus vähenvät. Kun tiemerkinnot ja opasteet ovat ajan tasalla, väylien jatkuvuus on selkeää. Liittymään saapuvan pyöräilijän näkökulmasta on myös tärkeää, että pyöräilijä hahmottaa helposti ja nopeasti, miten liittymä tulee ylittää. Päätös pitää pystyä tekemään riittävän aikaisin, jotta ylityksestä tulee mahdollisimman sujuva turvallinen. Pyöräilijän täytyy tietää, mikä suunta on etuajo-oikeutettu, minne pyöräilijän kuuluu ryhmittä ja mahdollisesti pysähtyä. (Vaismaa ym., 2011, s. 152 & s. 156)

Etujajo-oikeutta ja reittejä voidaan korostaa pyöräilijöille esimerkiksi erilaisten pinnoitusmateriaalien avulla. Myös merkinnot voidaan toteuttaa erilaisilla tavoilla; laatoilla tai tiemerkinnoilla. Materiaalit on kuvattu tarkemmin luvussa 4.5.

Pyöräilyn olosuhteita voidaan parantaa yhtenäisillä järjestelyillä, erityisesti liikennevalo-ohjauksen osalta. Jos liikennevalojen vaihtumistapa vaihtelee peräkkäisten liittymien, ajankohtien ja saman liittymän eri ylityskohtien välillä, autoilijan, pyöräilijän ja jalankulkijan epätietoisuus kasvaa. Toivottavaa on, että läheiset liittymät ohjelmoidaan vaihejärjestykseltään samanlaisiksi. Myös esimerkiksi yhteisellä tavalla asennetut painonapit ja ilmaisimet selkeyttävät liittymän toimintaa pyöräilijän näkökulmasta. Vaikka pyöräilijän ilmaisu saavuttaessa liittymään tapahtuisi erilaisilla ilmaisimilla, pyöräilijä kokee ilmaisun yhteneväksi, jos liittymässä on painonapit, jotka ilmaisevat valolla pyynnön toteutuneeksi.

4.5 Materiaalit

Asfaltin ja sitä päällystävien materiaalien valinnassa on erilaisia vaihtoehtoja. Markkinoilla on tarjolla tavallisen asfaltin lisäksi myös kestävästi kehitetyksi valmistettuja asfalttivalintoja. Ympäristöystävällisyyden vaikuttaa esimerkiksi uusiokäyttö, pinnoitteessa käytetyt aineet, päällystysmenetelmä sekä pinnoitteen paksuus. Ohuempi päällyste vaatii vähemmän päällystystä. Kun vanhaa asfalttia käytetään uudestaan tai se asennetaan matalammalla lämpötilalla, hiilidioksidipäästöt vähenevät ja hiilijalanjälki pienenee. (Väänänen, 2019)

Pyöräilijän ajoreitit voidaan osoittaa värillisellä pinnoitteella. Tavallisesti Suomessa käytetään punaista väriä, mutta myös muut värit ovat mahdollisia. Värillinen pintamateriaali voidaan toteuttaa erilaisilla materiaaleilla tai niiden yhdistelmillä:

- värillinen asfaltti

- värillinen maali ja tavallinen musta asfaltti
- värillinen maali ja värillinen asfaltti
- värillinen lateksipinnoite ja tavallinen musta asfaltti
- värillinen lateksipinnoite ja värillinen asfaltti
- kivisirotepinna ja tavallinen musta asfaltti
- kivisirotepinna ja värillinen asfaltti.

Värin kestoja voidaan parantaa yhdistelemällä erilaiset pinnoitusmateriaalit. Värillinen asfaltti jonkun muun värillisen pinnoitusaineen kanssa parantaa kestävyyttä ja vähentää uusimistarvetta. Esimerkiksi nykyisin saatavilla oleva värillinen asfaltti on sävyltään hyvin tumma, joten kirkkaamalla punaisella maalilla, lateksilla tai kivisirotteella sävy saadaan paremmin esiin ja herättämään huomiota.

Päällysteen hintaan materiaalivalinnan lisäksi on monta vaikuttavaa tekijää, kuten kohteen sijainti, työmäärä ja tekemiseen kuluva aika. Lisäksi raaka-aineiden hinta vaihtelee saatavuuden ja kuljetusmatkojen vuoksi. Käytännössä kuitenkin pieni päällystekohde maksaa aina enemmän kuin suuri. Mitä enemmän pinnoitetta asennetaan kerralla, neliömetrihinta laskee, sillä työn aloituksesta ja järjestämisestä aiheutuneet kulut jakautuvat useammalle neliömetrille. Värillistä asfalttia asentaessa hintaa kasvattaa myös asfalttikoneen puhdistus, sillä koneet tulee puhdistaa ennen työtä ja työn jälkeen. (Väänänen, 2019)

Päällysteiden väriaineen kulumiseen on monia tekijöitä. Aurinko haalistaa ja lumi, vesi sekä talvikunnossapito kuluttavat pintaa. Myös käytöstä johtuva kulumisen vaikuttavat kesto ja väriaineen kuntoon. Asfaltin väriaine taas haalistuu vuosien saatossa, mutta uusimissykli on huomattavasti harvempi kuin vain maalatulla pinnalla. (Väänänen, 2019)

Pinnoitteen lisäksi myös tiemerkinnot voidaan toteuttaa eri tavoilla ja materiaaleilla. Pyöräilijämerkinnät voidaan toteuttaa tiemerkinillä, jyrksityllä tiemerkinillä tai laatalla. Ohjaus- ja sulkuviivat taas voidaan toteuttaa tiemerkinillä, jyrksityllä tiemerkinillä tai kivetyksellä. Tavallinen tiemerkintä kuluu nopeasti ja se tulee uusia vuosittain. Jyrksitty merkintä taas kestää liikennemäärästä ja sijoituspaikasta riippuen 2-5 vuotta. Kivetykset ja laatat ovat tätäkin pitkäikäisempiä. (Uusikauppila, 2019)

5 PYÖRÄILIJÄN OLOSUHTEIDEN PARANNUSKEINOJA

5.1 Keinoihin päätyminen

Erilaisiin pyöräilyn olosuhteiden parantamiskeinoihin kerättiin muissa maissa ja Suomen kaupungeissa käytössä olevia menetelmiä, toimenpiteitä sekä suunnitteluohjeissa esiintyneitä tapoja ja ohjeistuksia. Osa näistä keinoista voitiin esittää työssä lähes sellaisenaan, esimerkiksi virtuaalinen painonappi ja pyöräkaistan käännökset vasempaan. Muita potentiaalisia keinoja jatkojalostettiin koko Suomen ja erityisesti Espoon pyöräily-ympäristöön sopivaksi. Tutkimuksen pohjalta oli mahdollista ideoida täysin uusia keinoja, jotka yhdistelivät liikennevalo-ohjauksen mahdollisuuksia ja ympäristöön toteutettavia elementtejä.

Työssä määritetyt keinot liittyivät joko infrastruktuurin parannustoimenpiteisiin, joiden avulla haluttiin parantaa pyöräilijän turvallisuutta ja pysähdysten sujuvuutta tai liikennevalo-ohjaukseen ja älykkäisiin ratkaisuihin. Keinojen on tarkoitus olla vaihtoehtoja, joita voidaan toteuttaa tavallisen liittymäsuunnittelun yhteydessä ja niiden käyttö tulee harkita aina tapauskohtaisesti. Kaikkia työssä määritettyjä keinoja ei voida välttämättä toteuttaa heti, sillä jotkin merkintävaihtoehdosta tai keinosta vaativat poikkeusluvan ennen toteutusta. Osa älykkäistä ratkaisusta vaatii myös tarkempaa tutkimista ja suunnittelua. Tästä esimerkkinä pyöräilijän vihreä aalto.

Valo-ohjauksesta ja ilmaisimista tehtiin erilliset vaihtoehtolistaukset, joissa jokainen ilmaisintyyppi tai valo-ohjauksen tapa on kuvattu myös pyöräilijän näkökulmasta. Pyöräsimuloinneilla haettiin perusteluita erilaisten valo-ohjelmien käyttöön.

5.2 Keinojen luokittelu

Työssä määritetyt pyöräilyn olosuhteiden parantamisen keinot on jaettu kahteen ryhmään, infrastruktuurin muutoksia toteutettaviin keinoihin sekä älykkäisiin ratkaisuihin. Infrastruktuurin muutoksilla toteutettavia keinoja ovat esimerkiksi tiemerkinnoilla tai liittymiin lisättävillä kiinteillä elementeillä toteutettavia parannustoimia. Älykkäisiin ratkaisuihin taas kuulivat kaikki ne keinot, joiden toteuttaminen vaatii esimerkiksi liittymässä olevaan tekniikkaan muutoksia, uusimista ja/tai liikennevalojen ohjelmointia. Älykkäissä menetelmissä on myös esitetty ne keinot jotka osoittavat tiettyä teknistä pyöräilyn olosuhteiden parantamiskeinoa, kuten vihreää aaltoa tai suunnan tunnistavaa ilmaisinyhtä.

Opinnäytetyössä määritettiin ja ideoitiin yhteensä 19 erilaista pyöräilyn olosuhteiden parannuskeinoa, joista infrastruktuurin muutoksiin perustuvia olivat pyöräilijän odotustila, pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella, pin-

noitettu pyörätien jatke, jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu, pyöräkaistan vaihtoehtoiset kääntymistavat vasemmalle, pyöräkaistan vapaa oikea, Footrest-tukipylväs ja -kaide, liikennemerkkit vihreän aallon ilmaisuun ja kuolleenkulman peili. Älykkäitä ratkaisuja taas olivat kuolleenkulman valot, virtuaalinen painonappi, RFID-tagit, pyörälaskenta, pyöräilijän merkitty ilmaisin, BePolite-valo, liikennevalolaskuri sekä sadetunnistin.

5.3 Infrastrukturi

5.3.1 Pyöräilijän odotustila

Pyöräilijän odotustilalla tarkoitetaan tiemerkinnoin merkittyä aluetta pyörätien jatkeen edessä. Odotustilan tarkoituksena on jäsentää odotustilaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden välillä. Maalaus ohjaa pyöräilijät odottamaan pyörätien jatkeen eteen ja jalankulkijat suojatien puolelle. Odotustilan ansioista jalankulkijat ja pyöräilijät saadaan odottamaan valoihin omiin tiloihinsa, jolloin pyörällä liikkeelle lähtö helpottuu. Jos jalankulkijat ja pyöräilijät ovat ryhmittyneet sekaisin, pyöräilijä joutuu varomaan jalankulkijoita, eikä matkaan lähtö ole yhtä sujuvaa.

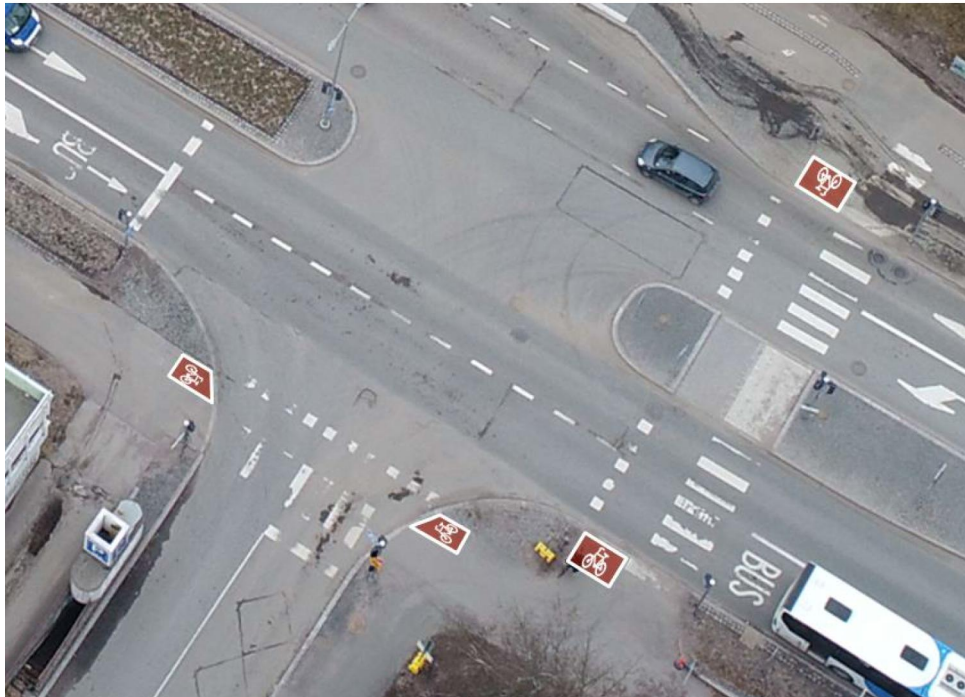
Odotustila soveltuu liittymiin, joissa yhdistetty jalankulku- ja pyöräilyväylä johtaa suojatiehen, jossa on reunassa oleva pyörätien jatke. Pyörätien päässä odotustila menettää merkityksensä, sillä jalankulku on jo eroteltu pyöräilystä.

Odotustila suositellaan toteutettavaksi erityisesti tilanteissa, joissa painonappi sijaitsee vain pyörätien jatkeen puolella, yhdistetyn jalankulku- ja pyöräilyväylän vasemmalla puolella. Tavallisesti painonappia painava jalankulkija jää odottamaan valojen vaihtumista napin kohdalle, vaikka nappi sijaitsisikin pyörätien jatkeen puolella. Kun jalankulkija lähtee ylittämään suojatietä, hänen kävelyreitinsä saattaa kulkea suojatiellä vasemmasta laidasta oikeaan laitaan, joka pyöräilijän näkökulmasta haittaa jalankulkijan ennakoitua ja varomista.

Pyöräilijän odotustila voidaan toteuttaa neljällä eri tavalla. Odotustila voidaan rajata reunaviivalla, erottaa jalankulusta ohjausviivalla tai se voidaan merkitä vain pyöräilijämerkinnällä. Reunaviivalla rajattu odotustila voidaan korostaa värillisellä pinnoitteella tai jättää pinnoittamatta. Yhdistävänä tekijänä merkintätavoille on pyöräilijämerkintä odotustilan keskellä. Odotustilan toteutusvaihtoehdot on esitetty kuvissa 10 – 13.



Kuva 10. Pyöräilijän odotustila reunaviivalla ja pyöräilijämerkinnällä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).



Kuva 11. Pyöräilijän odotustila reunaviivalla, värillisellä pinnoitteella ja pyöräilijämerkinnällä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).



Kuva 12. Pyöräilijän odotustila ohjausviivalla ja pyöräilijämerkinnällä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).



Kuva 13. Pyöräilijän odotustila pyöräilijämerkinnällä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).

Ohjausviivalla merkitty odotusalue ei vaadi poikkeuslupaa, mutta tällöin pyöräily erotetaan jalankulusta tiemerkein. Merkin lisäksi erottelu suositellaan osoitettavaksi myös liikennemerkkein. Merkit voidaan asettaa

yhdistetyltä jalankulku- ja pyöräilyväylältä siirryttäessä liittymäalueelle olemassa olevien merkkien toiselle puolelle.

Alueen rajaaminen reunaviivalla edellyttää poikkeuslupaa liikenne- ja viestintäministeriöstä. Kunta laatii vapaamuotoisen hakemuksen, josta käy ilmi millaisia tieliikennesäädöksistä poikkeavia merkintöjä aiotaan toteuttaa ja missä niitä aiotaan käyttää. (Karhunen, 2019)

Odotustilan toteutuksessa tulee huomioida odotustilan maalauksen uusimissykli vuoden välein sekä riittävä talvikunnossapito odotustilan maalauksen havaittavuuden säilyttämiseksi. Odotustila on helposti toteutettavissa jo olemassa oleviin liittymiin, eikä suunnitteluvaiheessa tarvitse ottaa tilavarausta huomioon.

Pyöräilijän odotustila on kehitetty opinnäytetyössä vaihtoehtoiseksi ratkaisuksi pyöräilyn ja jalankulun hetkelliselle erottelulle punaisissa valoissa odottamisen ajaksi yhdistetyllä jalankulku- ja pyöräilyväylällä. Odotustilan merkintä ohjausviivaa lukuun ottamatta ei erottele varsinaisesti pyöräilyä ja jalankulkua, vaan osoittaa alueen, jossa pyöräilijä voi odottaa valojen vaihtumista omassa tilassaan ilman jalankulkijoita.

5.3.2 Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella

Pyöräilijämerkinnällä pyörätien jatkeella tarkoitetaan tiemerkinäällä tai erilaisilla laatoilla toteutettavaa merkintää pyörätien jatkeen keskellä. Pyöräilijämerkinnän tarkoituksena on osoittaa selkeämmin pyörätien jatke polkupyöräilijöiden käyttöön. Pyörätien jatkeelle merkittyä pyöräilijämerkintää on havainnollistettu kuvassa 14.



Kuva 14. Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella.

Pyörätien jatkeen pyöräilijämerkintä soveltuu erityisesti kohteisiin, joissa jalankulkijat ja pyöräilijät ovat yhdistetyllä jalankulku- ja pyöräilyväylällä sekä pyörätien jatke on merkitty suoratien reunaan. Merkinnän tavoitteena on ohjata jalankulkijat käyttämään suojatietä pyörätien jatkeen sijasta. Tavoitteena on, että viimeistään ylitysvaiheessa jalankulkijat siirtyvät heti suojatien puolelle ja jatkeelle jää vapaa ajotila pyöräilijälle. Jatkeelle sijoitettavaa merkintää suositellaan toteutettavaksi tilanteissa, joissa painonappi sijaitsee vain pyörätien jatkeen puolella, yhdistetyn jalankulku- ja pyöräilyväylän vasemmalla puolella.

Pyöräilijämerkintä voidaan toteuttaa tiemerkinällä, jyrksityllä tiemerkinällä tai pinnoitteeseen upotetulla laatalla. Pyöräilijämerkintä voidaan toteuttaa esimerkiksi Tiemerkinöjen suunnittelu-ohjeen mukaisesti 54 x 60 senttimetrin kokoisena. Merkintä voidaan asettaa vain yhteen suuntaan tai molempiin suuntiin. Mikäli merkintä asetetaan vain yhteen suuntaan, tulee merkinnän olla oikein päin liittymään saapumissuunnasta katsotuna. Mahdollinen keskisaarekkeen jälkeinen merkintä on tällöin ylösalaisin kulkusuuntaan nähden.

Pyöräilijämerkinnän toteutuksessa tulee huomioida merkinnän kuluminen. Tiemerkinä tulee uusia vuoden välein. Jyrksityllä toteutettu tiemerkinä täytyy uusia huomattavasti harvemmin, noin 2 – 5 vuoden välein riippuen liikennemäärästä. Merkintä voidaan toteuttaa myös kivi- tai metallilaatalla. Laatta ei vaadi poikkeuslupaa, mikäli sen reunoille ei merkitä kehystä (Karhunen, 2019). Merkintä voidaan toteuttaa joko uusiin tai jo olemassa oleviin liittyisiin.

Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella tai sitä vastaavalla ylityksellä on esimerkiksi käytössä Japanissa. Suomessa pyöräilijämerkintää pyörätiellä ei tiettävästi ole toteutettu. Uuden tieliikennelain säädösliitteen mukaan pyöräilijämerkintää voidaan käyttää pyörätien jatkeella.

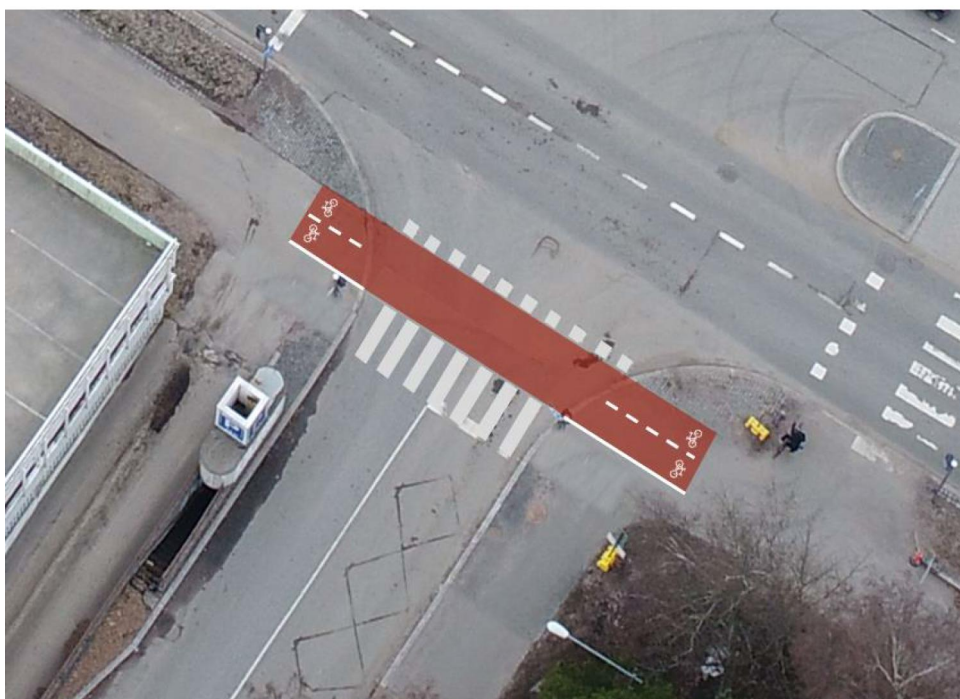
5.3.3 Pinnoitettu pyörätien jatke

Pinnoitetulla pyörätien jatkeella tarkoitetaan värillisellä pinnoitusmateriaalilla korostettua pyörätien jatketta. Pinnoitus alkaa ennen pyörätien jatketta ja päättyy sen jälkeen. Pinnoituksen tarkoituksena on osoittaa selkeämmin pyörätien jatke polkupyöräilijöiden käyttöön sekä samalla parantaa suojatien ja pyöräilijän havaittavuutta ja turvallisuutta liittymässä.

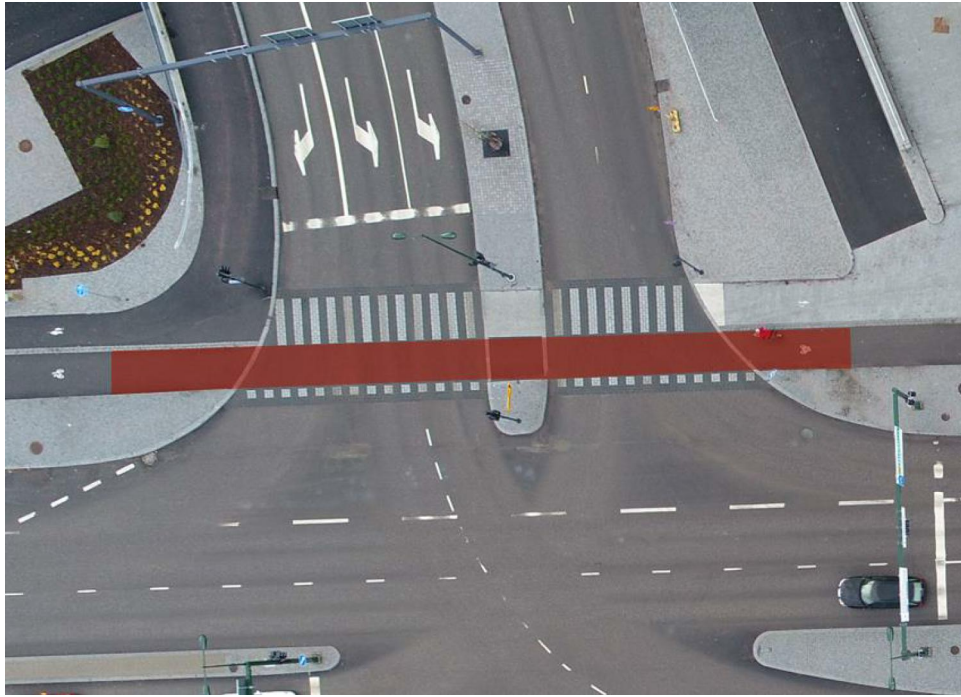
Pinnoitus soveltuu vain kohteisiin, joissa pyörätien jatke on merkitty suoratien reunaan. Pinnoitus erottaa pyöräilyn jalankulusta, joten erottelu on hyvä osoittaa myös liikennemerkkein. Merkit voidaan asettaa yhdistetyltä jalankulku- ja pyöräilyväylältä siirryttäessä liittymäalueelle olemassa olevien merkkien toiselle puolelle. Erilaiset toteutustavat on esitetty kuvissa 15-17. Leveä pyörätien jatke, jossa suunnat on eroteltu ennen pyörätien jatketta, soveltuu erityisesti pyöräilyn laatukäytävälle, joissa pyörätie on tavallista leveämpi.



Kuva 15. Kaksisuuntainen värillinen pyörätienjatke yhdistetyllä jalan-
kulkua- ja pyöräilyväylällä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).



Kuva 16. Leveä kaksisuuntainen pyörätien jatke, jossa suunnat eroteltu
(havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).



Kuva 17. Kaksisuuntainen värillinen pyörätienjatke rakenteellisesti erotellulla pyörätiellä (havainnekuva Merituulentien ja Haukilahdenkadun liittymästä, ei mittakaavassa).

Pinnoitetun osuuden leveys määräytyy pyörätien jatkeen leveyden mukaan. Pinnoitus voi jatkua valmiiksi punaiseksi pinnoitetulta pyörätieltä tai se voidaan aloittaa vasta ennen liittymää, viimeistään viisi metriä ennen ajoradan reunaa. Punaiselle pinnoitteelle suositellaan merkittävän lisäksi pyöräilijämerkintä, jonka koko määräytyy Tiemerkinntöjen suunnittelu -ohjeen mukaisesti esimerkiksi 54 x 60 senttimetrin tai 90 x 100 senttimetrin kokoisena.

Pinnoitukseen valittu materiaali määrittää pinnoituksen uusimissyklin. Materiaalit on kuvattu tarkemmin luvussa 4.5. Pinnoitus voidaan toteuttaa uusiin tai jo olemassa oleviin liittymiin.

Värillinen pinnoite voidaan erottaa tavallisesta asfaltista tiemerkinntöin sulkuviivalla. Myös ohjausviiva on mahdollinen, mutta se on hieman ongelmallinen. Tavallisesti ohjausviivaa käytetään kulkusuuntien erotteluun eikä jalankulun ja pyöräilyn erotteluun. Viivan merkintä ei vaadi poikkeuslupaa. (Karhunen, 2019)

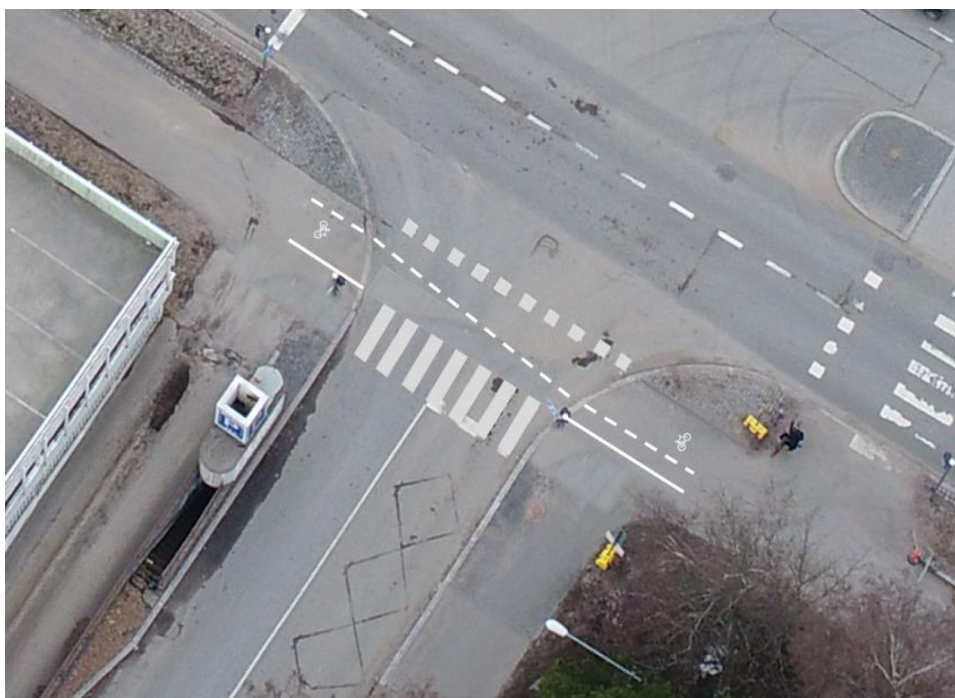
Pinnoitettu pyörätienjatke ja sen toteutusvaihtoehdot on sovellettu Oulussa toteutetuista supersuojateista. Supersuojateilla punainen pinnoite jatkuu liittymän läpi pyörätien jatkeen kohdalla.

5.3.4 Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu

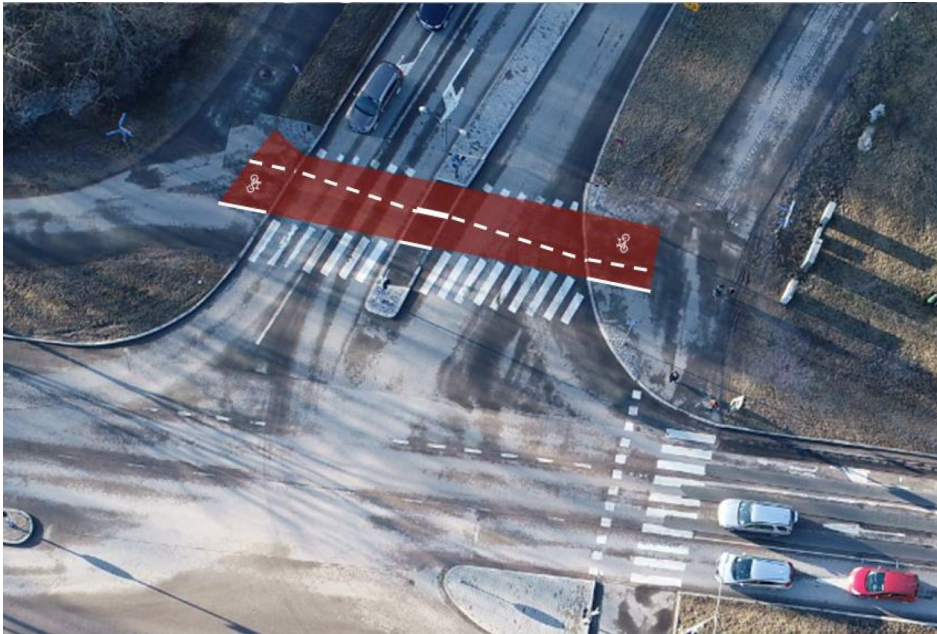
Jatkeen kulkusuuntien viistolla erottelulla tarkoitetaan erityisen leveää pyörätien jatketta, jossa kulkusuunnat on eroteltu viistolla ohjausviivalla toisistaan. Kulkusuuntien erottelu alkaa liittymään saavuttaessa ja se jatkuu liittymän yli. Ylityssuunnan odotustila on leveämpi kuin ylityksen jälkeinen osuus. Mahdollisella keskisaarekkeella kulkusuuntien leveys on yhtenevä. Viiston erottelun tarkoituksena on varata enemmän tilaa liikkeelle lähteville pyöräilijöille. Pysähtynyt pyöräilijä vie enemmän tilaa kuin liikkuva, sillä pysähdyksissä ollessaan pyöräilijä on joko jalkautuneena pyörän viereen tai pyörä on hieman poikittain pyöräilijän alla, jotta pyöräilijän jalka ylettyy maahan.

Viisto erottelu soveltuu erityisesti liittymiin pyöräilyn laatukäytävillä, joissa pyörätie on tavallista leveämpi ja ajosuunnat eroteltu. Viisto erottelu voidaan toteuttaa myös liittymäalueilla, joissa pyörätien linjaosuuksien kulkusuuntia ei olisikaan eroteltu. Merkintä erottaa pyöräilyn jalankulusta, joten erottelu on hyvä osoittaa myös liikennemerkkein.

Viisto erottelu voidaan toteuttaa pelkällä tiemerkinillä tai tiemerkinillä ja värillisellä pinnoitteella. Vaihtoehtoista suositellaan toteutettavaksi värillinen vaihtoehto, sillä värilliseksi pinnoitettu pyörätien jatke ja odotustilat parantavat pyöräilijän havaittavuutta sekä sen avulla muistutetaan ajoneuvon kuljettajia väistämisvelvollisuudesta. Myös pyöräilijä kokee ajolinjat selkeämpänä. Ajoratamaalauksen kuluminen ei vaikuta havaittavuuteen niin nopeasti, kuin ilman pinnoitusta olevassa vaihtoehdossa. Erilaiset toteutustavat on esitetty kuvissa 18 ja 19.



Kuva 18. Viisto erottelu tiemerkinillä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).



Kuva 19. Viisto erottelu tiemerkinnoilla ja värillisellä pinnoitteella (havainnekuva Merituulentien ja Koivu-Mankkaan tien liittymästä, ei mittakaavassa).

Työn alussa tarkasteltiin myös vaihtoehtoa, jossa jatkeella oleva viisto kulkusuuntien ohjausviiva jätettäisiin pois. Tämä koettiin huonona vaihtoehtona, sillä ilman ohjaavaa viivaa pyöräilijälle saattaa jäädä epäselväksi, kuinka hänen odotetaan toimivan. Havainnekuva on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Erottelu ilman viistoa kulkusuuntien erottelua pyörätien jatkeella (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).

Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu vaatii tavallista leveämmän pyörätien jatkeen. Esimerkkinä, jos pyörätien jatke on 4 metriä leveä, odotustilan leveys on tällöin 3 metriä ja poistumistilan metri. Keskisaarekkeella tilat ovat yhtä suuret, 2 metriä kumpaankin suuntaan. Erottelu ja mahdollinen värillinen pinnoitus tulee aloittaa viimeistään viisi metriä ennen ajoradan reunaa. Saapumissuunnasta katsottuna odotustilaan suositellaan merkittävän pyöräilijämaalaus. Merkinnän koko määräytyy Tiemerkinntöjen suunnittelu -ohjeen mukaisesti. Esimerkiksi 54 x 60 senttimetriä tai 90 x 100 senttimetriä. Jatkeen pinnoitukseen valittu materiaali määrittää uusimisyklin. Materiaalit on kuvattu tarkemmin luvussa 4.5.

Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu ei välttämättä vaadi poikkeuslupahakemusta, jos sen katsotaan olevan sovellus keskiviivasta (Karhunen, 2019). Ennen toteuttamista asia tulee varmistaa liikenne ja viestintäministeriöstä.

Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu on käytössä jo esimerkiksi Hollannissa, jossa pyöräilijämäärät ovat suuria.

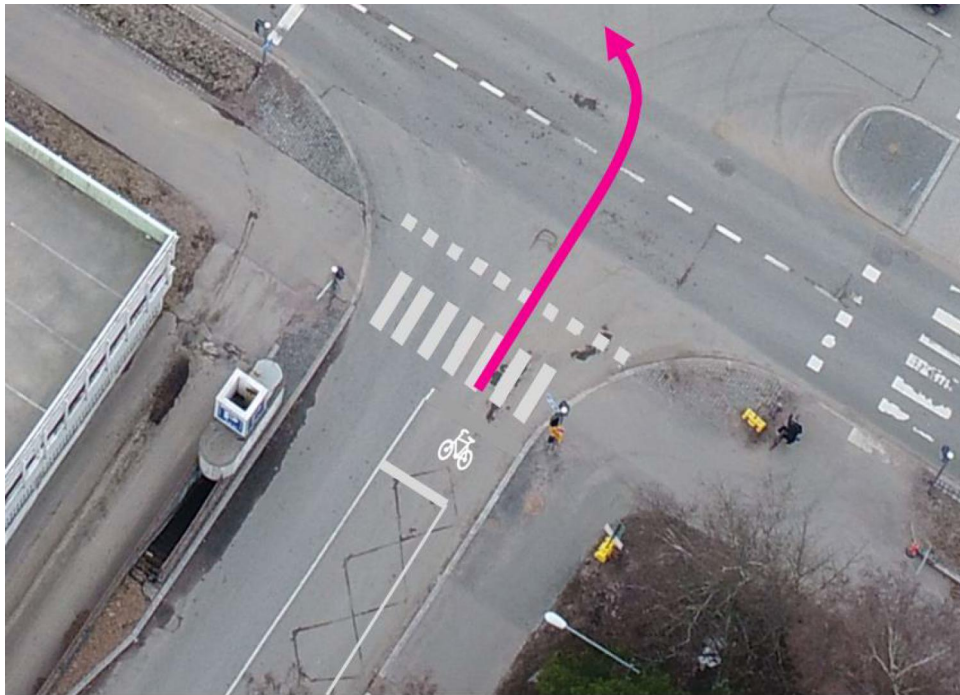
5.3.5 Pyörätasku ja ryhmittymiskäänös

Pyörätasku on liikennevaloristeyksessä pyöräilijöille varattu odotustila pyöräkaistan yhteydessä. Pyöräilijä voi ryhmittyä ja odottaa valojen vaihtumista autoliikenteen edessä. Pyörätaskusta kääntyäessä vasemmalle pyöräilijä ryhmittyy vasempaan reunaan ja suorittaa niin sanotun ryhmittymiskäänöksen valon vaihduttua vihreäksi. Pyörätaskun tarkoituksena on parantaa pyöräilijän näkyvyyttä muihin ajoneuvoihin nähden.

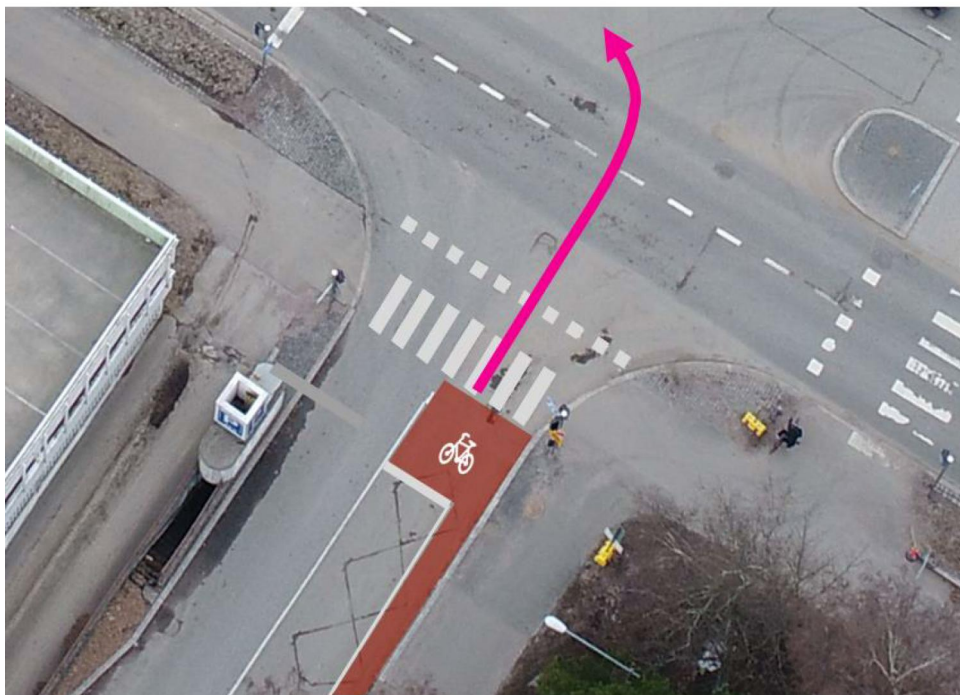
Pyörätasku voidaan toteuttaa vain valo-ohjatussa liittymässä, mikäli pyöräilijät ajavat liittymään pyöräkaistaa pitkin. Pyörätasku soveltuu toteutettavaksi erityisesti liittymän sivusuunnille, kun sivusuunnan liikennemäärä on vähäinen ja liikennevalojen vihreä vaihe on lyhyt. Pääsuunnalla tulee olla myös pyöräkaistat.

Pyörätaskun käyttö tilanteissa, joissa suunta saa paljon vihreää ei ole kannattavaa. Lyhyiden punaisten vaiheiden aikana pyöräilijät eivät välttämättä ehdi ryhmittyä autojen eteen. Valon vaihtuessa pyöräilijä saattaa olla vasta ajamassa auton eteen aiheuttaen näin konfliktitilanteen auton kanssa.

Pyörätasku voidaan toteuttaa tiemerkinnoilla tai tiemerkinnoilla ja värillisellä pinnoitteella. Värilliseksi pinnoitettu pyörätasku parantaa taskun havaittavuutta, jolloin autot eivät vahingossa aja pyörätaskun päälle odottaen valojen vaihtumista. Erilaiset pyörätaskun toteuttamisvaihtoehdot on esitetty kuvissa 21 ja 22.



Kuva 21. Pyörätasku ajoratamaalauksilla, suuntanuoli havainnollistaa ryhmittymiskäännyttä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).



Kuva 22. Pyörätasku ajoratamaalauksilla ja värillisellä pinnoitteella, suuntanuoli havainnollistaa ryhmittymiskäännyttä (havainnekuva Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymästä, ei mittakaavassa).

Pyörätaskun koko ja järjestelyt määräytyvät Tiemerkitöjen suunnittelu - ohjeen mukaisesti. Pyörätaskun pituus tulee olla 5 m. Leveys määräytyy ajoradan tai ajoratojen ja pyöräkaistan yhteen lasketun leveyden mukaan.

Pyörätaskun keskellä tulee olla pyöräilijämerkintä (esimerkiksi 180 x 200 m). Pyöräkaistan minimimita ennen pyörätaskua on 30 metriä Tiemerkin-töjen suunnitteluohjeen ja 5 metriä Helsingin pyöräliikenteen suunnitte-luohjeen mukaan.

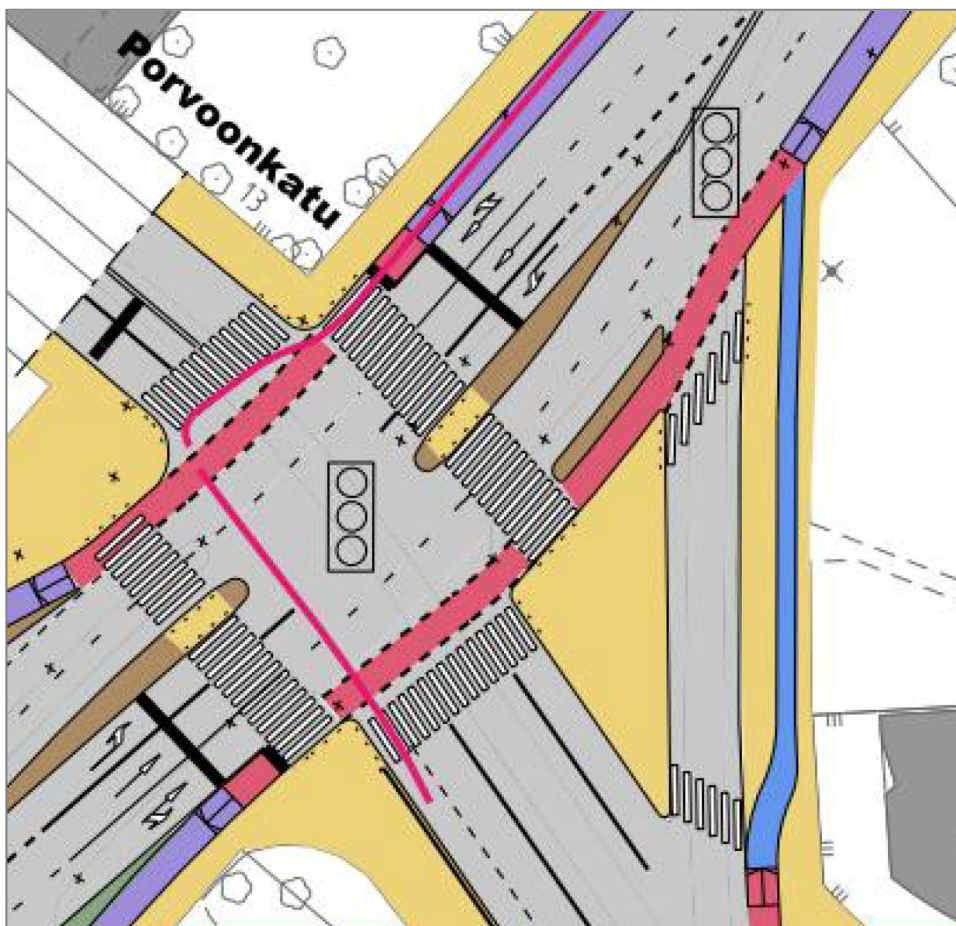
Pyörätaskun toteutuksessa tulee huomioida maalauksen uusimissykli vuo-den välein sekä riittävä talvikunnossapito pyörätaskun havaittavuuden säi-lyttämiseksi. Pyörätaskua ei suositella toteutettavaksi olemassa olevaan liittymään ilman muita toimenpiteitä. Esimerkiksi silmukkailmaisimien si-jainti tulee tarkistaa ja tarvittaessa muuttaa. Pyörätasku vaatii aina oman ilmaisimen.

Pyörätaskusta pyöräilijä suorittaa vasemmalle kääntyessään ryhmittymis-käännöksen. Taskuun saapuessaan pyöräilijä ryhmittyy taskun vasempaan reunaan ja valon vaihtuessa ajaa liittymän läpi pääsuunnan vastaanotta-valle pyöräkaistalle. Ryhmittymiskäännöksen etuna pitkään käännökseen on, että pyöräilijän ei tarvitse pysähtyä toistamiseen, vaan pääsee ajamaan liittymän läpi enintään yhdellä liikennevaloista aiheutuvalla pysähdyksellä. Väistämisvelvollisuuden vuoksi kääntyvä pyöräilijä saattaa joutua pysähty-mään keskelle liittymäaluetta. Ryhmittymiskäännöksestä tekee heikom-man pyöräilijän turvallisuus, sillä konfliktipisteitä muiden ajoneuvojen ja pyöräilijöiden kanssa on useita. Myös peräänajomahdollisuus on korkea, mikäli vasemmalle käännytään pallo-opastimella.

Pyörätaskuja on toteutettu Suomessa ainakin Jyväskylässä, Turussa ja Hel-singissä. Pyörätaskuja on toteutettu myös muissa maissa, kuten Alanko-maissa ja Yhdysvalloissa.

5.3.6 Pyöräkaista ja pitkäkäännös

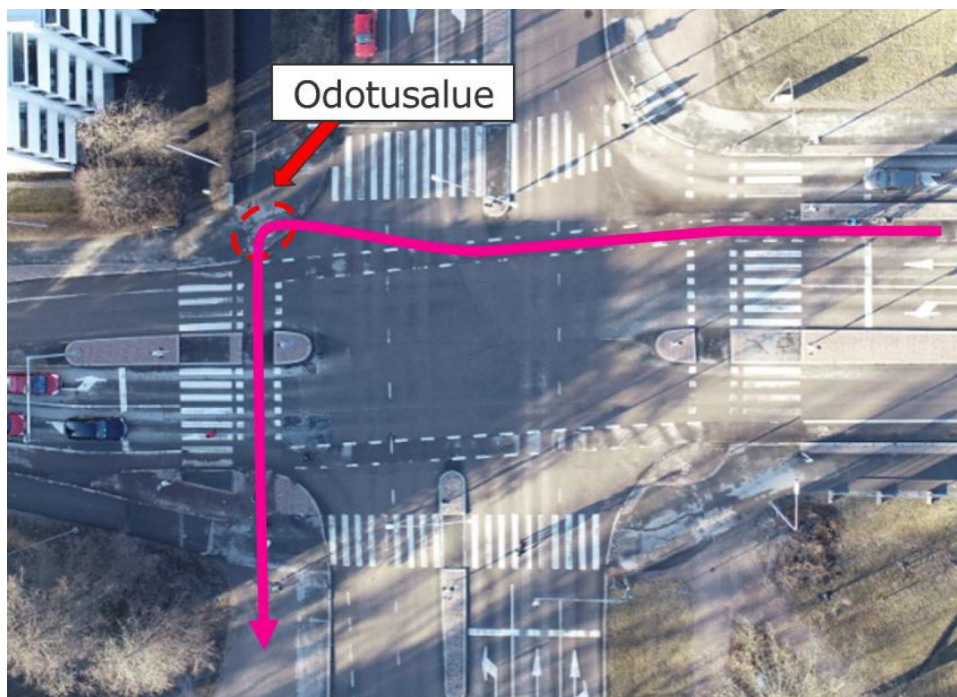
Pitkässä käännöksessä pyöräilijä saapuu liittymään pyöräkaistaa pitkin ja kääntyy vasemmalle kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa pyöräi-lijä etenee liittymän yli sivusuunnan suoraan jatkavan kaistan tai pyörä-kaistan kohdalle, suojatien ja pääsuunnan pyöräkaistan väliin. Mikäli sivu-suunnalla ei ole sekaliikenneväylää, pyöräkaistaa tai –taskua, voidaan pyö-räilijä ohjata odottamaan jalankulku- ja pyöräväylälle merkitylle odotus-alueelle. Pyöräilijä saa jatkaa matkaa, kun sivusuunta saa vihreän valon. Pitkän käännöksen periaate on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Pitkän käännöksen periaate (Helsingin kaupunki, 2016, s. 92)

Pitkääkäännöksen tarkoituksena on parantaa merkittävästi pyöräilijän turvallisuutta. Pitkääkäännös on turvallisin tapa kääntyä pyöräkaistalta vasemmalle vilkasliikenteisissä liittymissä. Kun pyöräilijän ei tarvitse pysähtyä liittymän keskelle väistämisvelvollisuuden vuoksi, pyörä- ja autoliikenteen konfliktipisteet ja peräänajon mahdollisuudet poistuvat. Kun pyöräilijä jää odottamaan valon vaihtumista risteävän ajoradan eteen myös auton kuljettaja havaitsee helposti pyöräilijän.

Liittymän läpi jatkuva pyöräkaista voidaan pinnoittaa värillisellä asfaltilla kokonaan liittymän läpi, pinnoitus voidaan päättää pysäytysviivalle tai pyöräkaista voidaan toteuttaa ilman punaista pinnoitusta. Värilliseksi pinnoitettu pyöräkaista parantaa pyöräilijän ja pyöräkaistan havaittavuutta. Myös pyöräilijä kokee ajolinjat selkeämpänä, kun väylät on yhtenevästi merkitty värillisellä pinnoitteella. Ilman punaista pinnoitusta pyöräilijämerkintä tulee olla merkittynä riittävän usein, jotta selkeys ja havaittavuus säilyvät. Mikäli sivusuunnilla pyöräily on järjestetty yhdistetylle jalankulku- ja pyöräilyväylälle, suositellaan odotusalueen merkintää pyörätien jatkeen edustalle vasemmalle kääntymistä varten (kuva 24).



Kuva 24. Pitkääkäynnös pyörätien jatkeen kautta, väylätyyppi muuttuu.

Pitkääkäynnös soveltuu toteutettavaksi erityisesti vilkasliikenteisiin liittymiin pääsuunnille, mutta se voidaan toteuttaa myös sivusuunnille. Sivusuunnille toteuttaessa pääsuunnilla tulee olla pyöräkaistat, joista vasemmalle kääntyminen tapahtuu pitkällä käänöksellä.

Pyöräkaistan toteutus vaatii aina suunnittelua ja mahdollisen olemassa olevan liittymän rakenteellisia muutoksia. Odotusalueen sijainti määräytyy sivusuunnan ajoratajärjestelyiden mukaan. Toteutuksessa tulee lisäksi huomioida tiemerkintöjen uusimissykli vuoden välein sekä riittävä talvikunnossapito ajoratojen havaittavuuden säilyttämiseksi.

Pitkääkäynnös on erityisesti Tanskassa pääasiallinen vasemmalle kääntymistapa sen turvallisuuden vuoksi. Myös Helsingissä pitkää käänöstä on alettu toteuttamaan uusiin tai saneerattuihin liittymiin. Helsingin kaupungin periaatteiden mukaan pitkää käänöstä suositellaan erityisesti pääsuunnille (Pasanen, 2019).

5.3.7 Pyöräkaistan vapaa oikea

Pyöräkaistan vapaalla oikealla tarkoitetaan liikenteen rakenteellisin järjestyin toteutettua pyöräkaistaa oikealle. Pyöräkaistan linjaus kulkee siten, että oikealle kääntyminen tapahtuu ennen liikennevalo-opastinta. Hollannissa linjaus saatetaan viedä myös valo-opastimen takaa, sillä liikennesääntöjen mukaan pyöräilijä saa kääntyä oikealle myös punaisten valojen aikana (Vaismaa ym., 2011, s. 162). Pyöräkaistan vapaan oikean tarkoituk-

sena on poistaa pyöräilijän pysähtyminen kääntyessä oikealle. Kun pyöräilijän ei tarvitse pysähtyä punaisiin valoihin, pyöräilijän matka-aika lyhenee ja sujuvuus paranee. Pyöräkaistan vapaa oikea on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Pyöräkaistan vapaa oikea Nordenskiöldin aukiolla.

Pyöräkaistan vapaa oikea soveltuu liittymiin, jossa liittymään saavutaan pyöräkaistaa pitkin ja oikealle kääntyessä pyöräilijä ohjataan sekaliikenneväylälle tai pyöräkaistalle. Mikäli pyöräilijä ohjataan oikealle käänöksessä pyörätielle, kyseessä ei ole pyöräkaistan vapaa oikea -käänös. Vapaa oikea voidaan toteuttaa niin pää- kuin sivusuunnillekin.

Pyöräkaistan vapaan oikean suunnittelussa tulee huomioida jalankulkuliikenteen ylitys- ja odotusalue, tilantarve, reittien looginen linjaus sekä talvikunnossapidon haasteet. Mitä paremmin ja selkeämmin pyöräkaistan vapaa oikea merkitään liittymään erilaisin materiaalein ja värein, sitä paremmin pyöräilijät ja autoilijat tunnistavat tilan vain pyöräilijöille. Talviaikaan lumi ja jää heikentävät ajoratamaalausten näkymistä, joten talvikunnossapitoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Riskinä tilanteessa on, että myös autoilijat käyttävät pyöräkaistaa lumen alla piilossa olevien merkintöjen vuoksi. Värillinen pinnoite on tiemerkinä parempi vaihtoehto, sillä sen pinta-ala on huomattavasti suurempi kuin yksittäisen merkin.

Pyöräkaistan vapaa oikea on käytössä esimerkiksi Alankomaissa ja Tanskassa. Helsingissä on ainakin Helsinginkadun ja Mäntymäentien sekä Runeberginkadun ja Tykistönkadun liittymät, joissa pyöräkaista on ohjattu oikealle vapaan oikean tavoin.

5.3.8 Footrest

Footrest on tanskalaisten kehittämä nimitys pyöräilijän tukikaiteelle tai tukipylväälle. Pyöräilijän tukikaiteella tai -pylväällä tarkoitetaan liittymään sijoitettavaa lyhyttä kaidetta tai pylvästä, johon pyöräilijä voi nojata odottaessaan liikennevalojen vaihtumista. Tukikaiteeseen mahtuu nojaamaan useampia pyöräilijöitä, kun taas yhteen pylvääseen mahtuu nojaamaan yksi pyöräilijä. Tukikaide on esitetty kuvassa 26 ja tukipylväs kuvassa 27.



Kuva 26. Pyöräilijän tukikaide - footrest (Colville-Andersen, 2010)



Kuva 27. Pyöräilijän tukipylväs (Nola Industrier AB, n.d.)

Tukikaiteen ja -pylvään tarkoituksena on helpottaa pyöräilijän pysähdystä punaisissa liikennevaloissa. Tukikaiteen tai tukipylvään ansiosta pyöräilijän ei tarvitse nousta pois pyörän päältä. Tukikaide ja -pylväs suositellaan sijoitettavan pyöräilijän painonapin yhteyteen saapumissuunnan oikeaan reunaan tai pyöräkaistan odotusalueen yhteyteen. Tukipylväitä voidaan sijoitella samalle tulosuunnalle useampia, noin 3 – 5 metrin etäisyydelle toisistaan. Tukikaide ja -pylväs voidaan asentaa uusiin tai jo olemassa oleviin liittymiin. Tukipylvään käsituki ja jalkatuki voidaan esimerkiksi integroida pyöräilijän erilliseen painonappipylvääseen.

Tukikaiteen pituudeksi suositellaan 2 – 3 metriä, jolloin siihen mahtuu nojaamaan kaksi pyöräilijää. Pidempi kaide vaikeuttaa talvikunnossapitoa. Jalkatuki tulee olla koko kaiteen pituudella, noin 30 senttimetrin suosituskorkeudella ajoradasta. Jalkatuen tulee olla riittävän leveä, noin 20 – 30 senttimetriä ja liukumaton materiaalia. Käsituki tulee olla noin 1,1 – 1,2 metrin korkeudella ajoradasta suoraan jalkatuen yläpuolella.

Erillisen tukipylvään korkeudeksi suositellaan 1,2 metriä. Jalkatuki tulee olla liukumaton materiaalia ja noin 30 senttimetrin korkeudella ajoradasta. Käsikahva tulee olla malliltaan helposti tartuttava ja noin 1,1 – 1,2 metrin korkeudella ajoradasta, jalkatuen yläpuolella.

Tukikaiteen ja -pylvään toteutuksessa tulee huomioida kaiteen tai pylvään muotoilu, sijoittelu ja talvikunnossapito. Kaide ja pylväs saattavat heikentää kunnossapidon toimintaa.

Footrest-tukikaiteita on toteutettu Tanskassa ja Yhdysvalloissa, jossa ne on usein asetettu pyöräkaistan oikealle puolelle. Suomessa Vantaalta löytyy ainakin kaksi liittymää, joissa tukikaiteita on jo toteutettu yhdistetylle ja-

lankulku- ja pyöräilyväylälle. Toinen liittymistä on Martinkyläntien ja Raappavuorentien välinen liittymä. Tukikaiteen muotoilussa päädyttiin suosittelemaan tanskalaista muotoilua. Vantaalla toteutetuissa tukikaiteissa jalkatuki on kapea ja erilaisissa keliolosuhteissa liukas. Tukipylväitä on käytössä Ruotsissa.

5.3.9 Liikennemerkit vihreän aallon ilmaisuun

Pyöräilijän vihreä aalto tarkoittaa peräkkäisten liikennevalojen ajoittamista pyöräilijän nopeudella siten, että aallon suunnassa pyöräilijä pystyy etenemään liittymästä toiseen pysähtymättä. Vihreä aalto on esitetty tarkemmin luvussa 6.2.9. Vihreä aalto voidaan ilmoittaa pyöräilijöille sinipohjaisella tekstillisellä lisäkilvellä. Lisäkilven tekstissä ilmoitetaan tavoite-nopeus ja kellonaika, jolloin vihreäaalto on toiminnassa (kuva 28). Merkin suunta ilmaisee vihreän aallon kulkusuuntaa.



Kuva 28. Esimerkkejä lisäkilvestä, joka ilmaisee vihreän aallon ajankohdan ja tavoitenopeuden.

Vihreän aallon ilmaisevien liikennemerkkien tarkoituksena on ilmoittaa pyöräilijälle, että pyöräilyosuudelle on ohjelmoitu pyöräilijän vihreä aalto ja kertoa millä nopeudella aallossa pysyy mukana. Merkit toimivat ohjaavana, ei määrävänä, jolloin jokainen pyöräilijä voi edelleen pyöräillä omaa ajonopeuttaan.

Liikennemerkkien yhteyteen voidaan asettaa lisäksi siirrettäviä nopeusnäyttöjä. Nopeusnäyttöjen ansiosta myös ne pyöräilijät, joilla ei ole omaa nopeutta ilmoittavaa laitetta, näkevät ajonopeutensa.

Pyöräilijän vihreän aallon ilmaisevat liikennemerkit ovat käytössä Tanskassa. Merkeissä on ilmoitettu ajankohta koska vihreä aalto on aktiivinen ja nopeus, johon pyrkimällä pyöräilijä pysyy vihreässä aallossa. Vihreän aallon ilmaisuun käytetään myös ”valoaltoa”.

5.3.10 Kuolleenkulman peili

Kuolleenkulman peili on opastinpylvääseen tai pylvään läheisyyteen sijoitettava pieni peili. Peili asetetaan siten, että auton kuljettaja näkee peilin kautta vieressä kulkevalle pyörätielle tai -kaistalle. Peilin tarkoituksena on parantaa pyöräilijän turvallisuutta ja havaittavuutta näyttämällä auton kuljettajalle vieressä jo oleva tai viereen saapuva pyöräilijä. Erityisesti raskaiden ajoneuvojen hytit ovat usein korkealla, jolloin pyöräilijä saattaa jäädä havaitsematta. Peili parantaa pyöräilijän turvallisuutta liikennevalo-ohjatussa liittymässä erityisesti silloin, kun vieressä oleva auto on kääntymässä oikealle. Kun kuljettaja on havainnut pyörän, hän osaa väistää pyöräilijää ja kääntyä vasta kun pyöräilijä on päässyt riittävän pitkälle. Kuolleenkulman peili liikennevalo-opastimen yhteydessä on esitetty kuvassa 29.



Kuva 29. Kuolleenkulman peili (Road Safety GB, 2011)

Kuolleenkulman peili soveltuu liittymiin, joissa on pyöräkaistat ilman pyörätaskuja. Peilejä voidaan käyttää myös kohteissa, joissa pyörätie kulkee aivan ajoradan vieressä ja etäisyys näiden välillä on hyvin pieni. Suomessa opastimeen kiinnitettävä pieni peili vaatii poikkeuslupaa. Mikäli peili asetetaan omaan pylvääseen, sitä varten ei tarvitse hakea poikkeuslupaa.

Kuolleenkulman peilejä on käytössä Hollannissa ja Tanskassa, jossa pyöräilijät on tavallisesti ohjattu pyöräkaistoille. Myös Iso-Britanniassa peilejä käytetään paljon, sillä pyöräkaistat ovat usein hyvin kapeita. Kapean pyöräkaistan vuoksi pyöräilijät ovat odottaessa aivan autoissa kiinni. Kuolleenkulman peilit ovat tavallisesti pieniä ja lähes huomaamattomia.

5.4 Älykkäät menetelmät

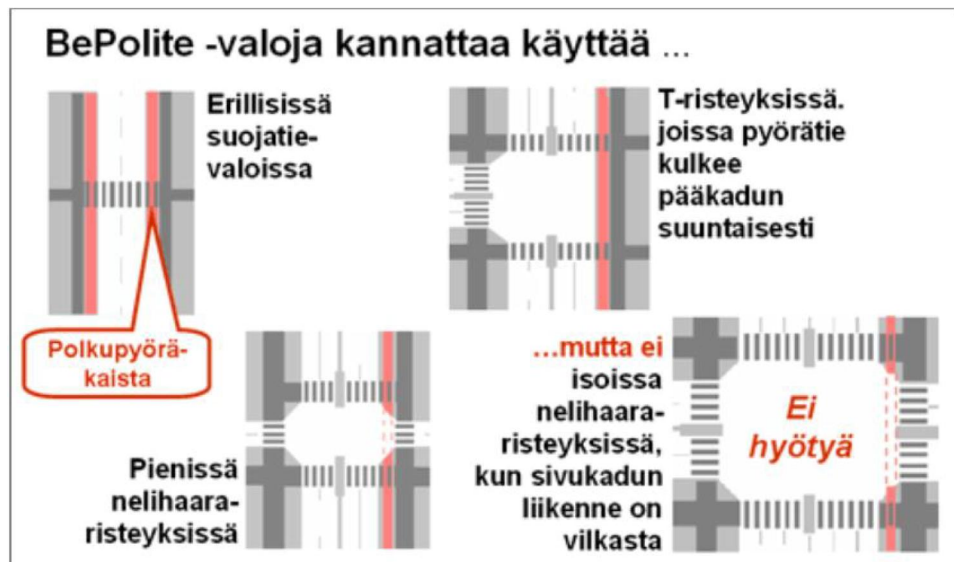
5.4.1 BePolite-valo

BePolite -valolla, toisin sanoen ennakkovilkulla, tarkoitetaan keltaisena vilkkuvaa opastinvaihetta polkupyörä-opastimessa ja sen tarkoituksena on lyhentää pyöräilijän odotusaikaa. Keltaisena vilkkuva vaihe on pyöräkais-talla (tai rakenteellisesti erotetulla pyörätiellä) samanaikaisesti sitä risteävän suojatien vihreän vaiheen kanssa. Pyöräilijät voivat vilkun aikana lähteä liikkeelle väistäen suojatietä ylittäviä jalankulkijoita ja mahdollisesti risteävää moottoriajoneuvoliikennettä erityistä varovaisuutta noudattaen. BePolite -valo voidaan ohjelmoida vain polkupyöräopastimeen (kuva 30). (Liikennevalot.info, n.d.a)



Kuva 30. Polkupyöräopastin Mannerheimintiellä, jossa keltainen ennakkovilkku, BePolite

BePolite -valo soveltuu käytettäväksi erillisiin suojatievaloihin, T-liittymiin, joissa pyörätie kulkee pääkadun suuntaisesti liittymähaaran vastapuolella sekä hyvin pieniin nelihaaraliittymiin (kuva 31). BePolite -valoa ei suositella liittymiin, joissa sivusuunnan liikenne on vilkasta. Suojatien opastimen tulee ohjata myös pyörätien tai -kaistan ylitys.



Kuva 31. BePolite-valon käyttökohteita (Liikennevalot.info, n.d.a)

Valon käytössä tulee huomioida liittymän rakenne ja liikennemäärät. BePolite -valoa ei suositella liittymässä tai erillisissä suojatievaloissa, joissa pyöräilijä voi kiertää valo-ohjauksen jalankulkijoiden takaa yhdistettyä ja-lankulku- ja pyöräilyväylää tai muuta pyöräilylle sallittua aluetta pitkin.

BePolite -valo on käytössä muutamissa Helsingin liikennevalo-ohjatuissa liittymissä ja erillisissä suojatievaloissa. Yksi tällainen erillisen suojatievalon kohde on Mannerheimintielle, Apollon edustalla.

5.4.2 Virtuaalinen painonappi

Virtuaalinen painonappi on puhelimella tai muulla äylaitteella toimiva sovellus. Sovellus lähettää vihreän valon pyynnön jo ennen liittymään saapumista. Pyöräilijän etenemistä ja liittymään saapumista voidaan seurata esimerkiksi GPS-paikannuksen avulla.

Virtuaalisen painonapin tarkoituksena on vähentää pyöräilijöiden pysähtymisten määrää. Kun sovellus yhdistetään liittymässä olevaan painonappiin, painonapissa syttyvä valo ilmoittaa pyöräilijälle vihreän pyynnön rekisteröitymisestä. Valon ansiosta pyöräilijä tietää hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymiseltä.

Virtuaalinen painonappi suositellaan asetettavaksi toimimaan vain tavallisen painonapin tapaan, mutta siihen voidaan asettaa myös pyöräilijän liikennevaloetuedet, kuten pidennys tai aientaminen. Pyöräilyväylän tyyppi ei vaikuta virtuaalisen painonapin käyttöönottoon eikä olemassa olevan liittymän infrastruktuuriin tarvitse tehdä muutoksia. Virtuaalinen painonappi voidaan sovelluksesta ja tekniikasta riippuen asettaa toimimaan vain pääsuunnan suuntaisten suojateiden vihreän pyyntöön tai reitinvalinnan kanssa myös pääsuunnan ylittävälle suojateille. Reitinvalintamahdollisuudella pyyntö tulee voida kohdentaa manuaalisesti juuri oikealle suojatielle,

jotta turhilta pyynnöiltä vältytään. Reitinvalintaa voivat hyödyntää erityisesti aktiivipyöräilijät sekä työmatkapyöräilijät, joilla reitti on usein sama ja ylityspaikat tiedossa.

Virtuaalinen painonappi -sovelluksen käyttöönotossa tulee huomioida siihen yhteensopivat liikennevalokojeet. Myös tiedon tallennuksen kanssa tulee olla takkana GDPR-asetuksen vuoksi. Matkan tiedot voidaan joko tallentaa tai hävittää heti matkan päätyttyä. Sovelluksesta riippuen voidaan kerätä tietoa esimerkiksi matkan pituudesta, kestosta, ajoreitistä, keskinopeudesta, kellonajoista, lähetetyistä pyynnöistä ja punaisissa vietetyistä ajasta.

Pyöräilijän virtuaalinen painonappisovellus CrossCycle (kuva 32.) on ollut käytössä Tampereella vuodesta 2017. Vantaalla sovellus otettiin käyttöön toukokuussa 2019.



Kuva 32. CrossCycle -sovellus (Alanissi, 2019)

5.4.3 Pyörälaskenta

Pyöräilijälaskennalla tarkoitetaan ilmaisimilla tai erillisillä liikennelaskentalaitteilla tapahtuvaa pyöräilijöiden määrällistä laskentaa. Pyöräilijälaskentojen tarkoituksena on kerätä tietoa kaupungin omiin tarpeisiin, suunnitteluun ja tiedonkeruuseen muun muassa Espoon kaupunkisuunnittelukeskuksen liikennetutkimus -yksikölle. Laskentojen avulla voidaan perinteisen laskennan lisäksi tunnistaa pyöräilijöiden huipputunteja, mitata pyöräilijänopeuksia ja pyörien pituuksia. Pyörälaskentaa suositellaan toteuttavan liittymässä mahdollisuuksien mukaan.

Pyörälaskentalaitteiden tai ilmaisimen valinnassa tulee kiinnittää huomiota mittausajan keston. Pysyviin mittauksiin soveltuvat erityisesti sil-

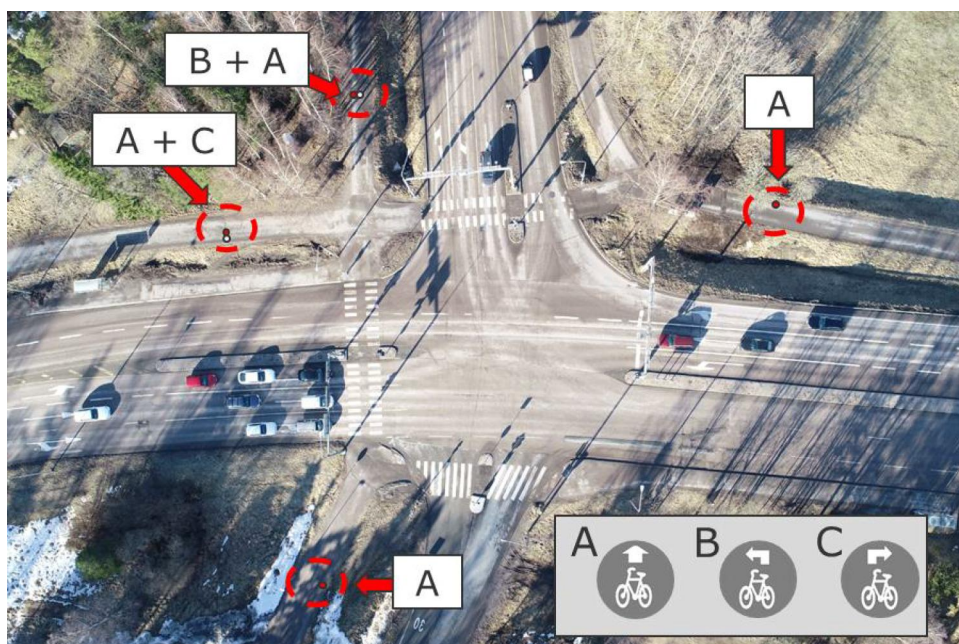
mukkapohjaiset ilmaisimet. Myös EcoCounter -laskentalaite mittaa pyöräilijät ilmaisinsilmukan avulla. Väliaikaisia mittauksia voidaan suorittaa esimerkiksi videokuvauksella ja videokuva-analyysillä sekä muilla koneellisilla laskentalaitteilla, kuten ViaCount 2 -laskureilla.

Pyörälaskentaa toteutetaan ympäri Suomen, mutta sitä ei ole osoitettu pyöräilyn olosuhteiden parannuskeinona. Mitä enemmän dataa saadaan kerättyä, sitä paremmat lähtötiedot mahdollistetaan kehitykselle ja suunnittelulle.

5.4.4 Pyöräilijän merkitty ilmaisim

Pyöräilijän merkityllä ilmaisimella tarkoitetaan pinnoitteeseen asennettavaa ilmaisinta, joka merkitään pyöräilijöille näkyviin. Ilmaisimia voidaan asentaa maksimissaan kaksi rinnakkain, toinen ilmaisemaan pääsuunnan ja toinen sivusuunnan suuntaisten suojateiden vihreän pyyntöjä. Rinnakkain asennuksella estetään pyöräilijän mahdollisuus ajaa molemmista ilmaisimista samaan aikaan.

Merkityn ilmaisimen tarkoituksena on osoittaa pyöräilijälle kohta, josta ajamalla yli pyöräilijä saa vihreän valon pyynnön seuraavaan valo-ohjattuun liittymään, haluamaansa suuntaan. Ilmaisimien pyyntö olisi hyvä näkyä suojateille saapuville pyöräilijöille painonappikoteloissa syttyvänä valona. Syttyvä valo ilmoittaa pyöräilijälle vihreän pyynnön rekisteröitymisestä. Valon ansiosta pyöräilijä tietää hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymiseltä. Merkittyjen ilmaisimien avulla voidaan myös laskea pyöräliikennemääriä. Merkittyjä ilmaisimia havainnollistava kuva on esitetty alla (kuva 33).



Kuva 33. Havainnekuva merkitystä ilmaisimesta Turuntien ja Rastaalantien liittymässä (ei mittakaavassa).

Merkitty ilmaisoin soveltuu käytettäväksi erityisesti hiljaiseen aikaan, kun liittymä on kokopunaisessa lepotilassa tai viimeinen vaihe ennallaan -lepotilassa. Merkitty ilmaisoin soveltuu sivusuunnan pyöräliikenteelle, kun pääsuunta on vihreässä lepotilassa. Merkitty ilmaisoin mahdollistaa pääsuunnan ylittävän suojatien ilmaisun ennen liittymää tilanteessa, jossa suojatiet ovat sekä pää-, että sivusuunnan yli. Tavallisilla pyöräilijän ilmaisukeinoilla tämä ei ole mahdollista.

Merkityn ilmaisimen haasteena on käyttäjien oppiminen ja tiedon välittäminen. Mikäli pyöräilijä ei ymmärrä valintaperustetta, voi liittymään tulla vääriä ilmaisuja. Vilkaissa liittymissä haitta ei ole merkittävä, sillä sivusuunnan ja pääsuunnan ajoneuvojen opastimet vaihtuvat vihreälle lähes joka kierrossa. Riittävällä opastuksella, kuten tiedotuksella ja opastauluilla, pyöräilijöiden tietoisuutta voidaan parantaa merkittävästi.

Ilmaisoin voidaan merkitä ajoratamaalauksella tai laatalla. Jos ilmaisimia on kaksi rinnan, tulee suunta ilmoittaa nuolimerkinnällä. Merkintätapa on tieliikennelain mukainen sovellus tieliikenneasetuksen 40 ja 45 §:n ajokaistanuolesta ja pyöräilijätunnuksesta ilman ympyräkehää (Karhunen, 2019). Toteutuksessa tulee huomioida merkinnän uusimissykli. Tiemerkinä kuluu nopeasti ja se tulee uusia vuosittain. Laatalla toteutettu merkintä täytyy uusia huomattavasti harvemmin. Riittävällä talvikunnossapidolla varmistetaan ilmaisimien havaittavuus myös talvella tai ne voidaan kylkeä pois käytöstä.

Pyöräilijän merkitty ilmaisoin on opinnäytetyön aikana ideoitu pyöräilyn olosuhteiden edistämiskeino. Keinon pohjalla on selvitys olemassa olevista ilmaisimista ja ajatus, kuinka niiden käyttöä voidaan tehostaa ja parantaa pyöräilijän näkökulmasta. Helsingissä kääntyvän pyöräilijän ilmaisoin on käytössä ryhmittyvällä pyöräkaistalla. Tällöin toimintaperiaate on sama, mutta pyöräilijällä ei ole välttämättä tietoa maahan asennetun ilmaisimen sijainnista tai sen toiminnasta.

5.4.5 Liikennevalolaskuri

Liikennevalolaskuri on liikennevalopylvään yhteyteen asennettava ajankulua ilmaiseva laite. Liikennevalolaskureita on kahdenlaisia. Ensimmäinen osoittaa aikaa vihreän päättymiseen ja toinen vihreän alkamiseen. Vihreän päättymisen laskureita käytetään jalankulkuopastimen rinnalla ilmoittamaan jalankulkijoille koska valo vaihtuu takaisin punaiselle. Vihreän alkamisen ilmaisevia laskureita käytetään painonapin tai jalankulkuopastimen yhteydessä. Laskuri voi näyttää aikaa sekunteina tai vähenevänä aikapalkkina. Erilaisia laskureita on esitetty kuvissa 34 – 36.



Kuva 34. Jalankulkijaopastimen laskuri sekuntinäytöllä (Ferro, 2014).



Kuva 35. Pyöräilijän liikennevalolaskuri aikapalkilla Amsterdamissa (rEvolving Transportation, 2011).



Kuva 36. Pyöräilijän liikennevalolaskuri sekuntinäytöllä Amsterdamissa (Mallis, 2017).

Laskureiden tarkoituksena on osoittaa jalankulkijalle ja pyöräilijälle aika tai aika-arvio, jonka jälkeen valo vaihtuu vihreälle tai punaiselle liikennevalolaskurityypistä riippuen. Aikailmaisimen ansiosta pyöräilijä voi suhteuttaa nopeutensa valojen vaihtumiseen ja mahdollisesti välttyä pysähtymiseltä. Kun laskurin lisäksi liittymässä on vihreän pyynnön kulkuilmaisimia, pyöräilijän sujuvuus ja mukavuus paranevat entisestään.

Liikennevalolaskurit soveltuvat liittymiin, joissa liikennevalot on ohjelmoitu kiinteällä kiertoaajalla. Mikäli liikennevaloissa on kysyntään pohjautuva liikennevalo-ohjaus, ajankulku heittelee auto-, jalankulku- ja pyöräliikenteen kysynnän mukaan. Tällöin näytettävä aika voi yhtäkkiä vähentyä tai kasvaa merkittävästi. Suomessa liikennevalot on tavallisesti ohjelmoitu

kysyntään perustuvaksi, jolloin varmaa tietoa valojen vaihtumishetkestä ei ole saatavilla edellisen opastinryhmän vihreän vaiheen aikana. Myös erilaiset joukkoliikenne- ja hälytysajoneuvoetuudet sekoittavat liikennevalokiertoja. Ajan heittäminen näytössä heikentää pyöräilijän kokemaa mukavuutta ja luo epävarmuutta valojen toimintaan. Liittymässä on usein kiinteä suoja-aika, mutta muutaman sekunnin ilmoittaminen ei paranna olosuhteita riittävästi, jotta se olisi kannattavaa.

Adaptiivisella liikennevalo-ohjauksella sekä laskurilla, jossa on vihreän valon alkamisen ilmaiseva aikapalkki, voidaan päästä lähelle sitä tilannetta, että pyöräilijä kokee ajanilmaisun luotettavana. Adaptiivisesta liikennevalo-ohjauksesta on Suomessa vain vähän kokemusta, joten liikennelaskurin yhdistäminen ohjaukseen vaatii laajempaa selvitystä. Liikennevalolaskuri on nykyisen ja uuden tieliikennelain vastainen ja sitä varten tulee hakea poikkeuslupaa. Mikäli selvitys adaptiivisen valo-ohjauksen yhteensopivuudesta osoittaa laskurien toiminnan luotettavaksi, saa poikkeuslupa lisä perusteluita pilotointiin.

Pyöräilijän liikennevalolaskureita, jotka näyttävät aikaa vihreän vaihtumiseen, on käytössä esimerkiksi Alankomaissa. Jalankulkijaopastimen liikennevalolaskureita, jotka näyttävät aikaa vihreän päättymiseen tai alkamiseen on käytössä eri puolilla maailmaa, esimerkiksi Iso-Britanniassa.

5.4.6 Sadetunnistin

Sadetunnistimella tarkoitetaan liittymän läheisyydessä sijaitsevaa sääasemaa tai erillistä pienempää säätunnistinta. Tieto vallitsevasta sääolosuhteesta välitetään liikennevalo-kojeelle ja haluttu sääolosuhteen toiminta ohjelmoidaan liikennevaloihin. Pyöräilijän kannalta merkitsevä tieto on vesi- tai lumisade. Kun sääasema tai -tunnistin havaitsee sateen, voidaan liikennevalot ohjelmoida jalankulkijan tai pyöräilijän etuuskäytävään. Etuuskäytävää voi olla esimerkiksi vihreän aiennus tai pidennys.

Sadetunnistimen tarkoituksena on vähentää liittymässä vietettävää aikaa erityisesti sadesäällä. Pyöräilijä on liittymässä suojaton sadetta vastaan, toisin kuin auton sisällä istuva kuljettaja tai matkustaja. Sadetunnistin sopii erityisesti alueille, joissa autoliikennettä on vähän ja jalankulkua sekä pyöräilyä halutaan priorisoida liikennevalo-ohjauksessa.

Sadetunnistin soveltuu erityisesti liittymiin, joissa pyöräliikenne ohjataan jalankulkuopastimilla. Tällöin myös jalankulkijat hyötyvät etuuskäytävistä. Suomessa sadetunnistimen käyttöä haastavat Suomen olosuhteet, sillä Suomessa sataa ympäri vuoden. Suomessa sadesäällä myös pyöräilijöiden määrä perinteisesti vähenee ja pyöräilijät siirtyvät käyttämään omaa autoa tai joukkoliikennettä. Etuudet heikentävät myös merkittävästi autoliikenteen toimivuuteen, mutta kaupunkien ja kuntien linjauksien mukaan tämä voi olla jopa tarkoituksenmukaista tietyillä asuinalueilla tai jalankulkuvyöhykkeillä.

Sadetunnistimia on käytössä Tanskassa. Painonapin yhteyteen on merkitty kyltti, jossa pyöräilijää ja jalankulkijaa informoidaan sadesään poikkeuksellisesta liikennevalo-ohjauksesta. Tanskalainen sadetunnistimesta ilmaiseva opastaulu liikennevalo-opastimen yhteydessä on esitetty kuvassa 37.



Kuva 37. Tanskalainen sadetunnistimellisen valo-ohjatun liittymän painonappi ja informaatioteksti. (Cycling Embassy of Denmark, 2016)

5.4.7 RFID-tagit

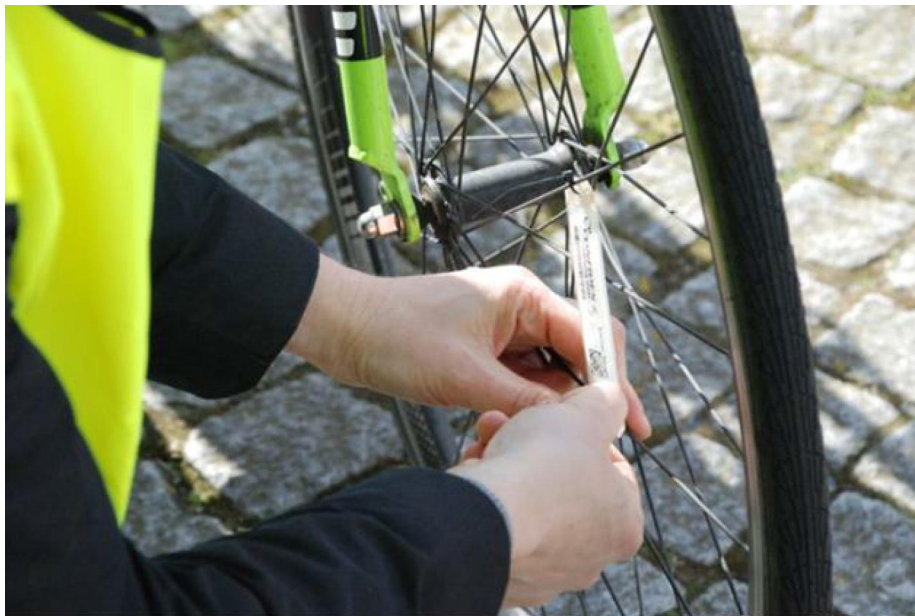
RFID-tagit on pyörään kiinnitettävä pieni laite, joka toimii vuorovaikutuksessa liittymän yhteyteen asetetun tunnistimen tai skannerin kanssa. Pyöräilijän ajaessa tunnistimen ohi, tunnistin välittää vihreän pyynnön seuraavaan liittymään. RFID-tagit on GPS-pohjainen, joten sen avulla voidaan myös jäljittää varastettuja pyöriä. RFID-tagit toimii pääasiassa kuten virtuaalinen painonappisovellus tai riittävän etäälle liittymästä asennettu ilmaisinsilmukka. Sen tarkoituksena on vähentää pyöräilijöiden pysähtymisten määrää.

RFID-tagin pyyntö suositellaan asetettavaksi toimimaan vain tavallisen painonapin tapaan, jottei etuoksista hyödy vain tietyt yksittäiset käyttäjät. Pyöräilyväylän tyyppi ei vaikuta RFID-tagin käyttöönottoon. Olemassa olevaan liittymään tulee asentaa RFID-tagin tunnistin sekä kytkeä se liikennevalo-kojeeseen.

RFID-tagin haasteena virtuaaliseen painonappisovellukseen verrattuna on, että sitä varten liittymän läheisyyteen joudutaan asentamaan erillinen tunnistin tai skanneri. Lisäksi käyttäjät joutuvat hankkimaan itselleen oman

henkilökohtaisen RFID-tagin. RFID-tagit soveltuu vain kohteisiin, joissa on selkeä suunta, sillä reitinvalintaa ei ole mahdollista toteuttaa.

RFID-tagit ovat käytössä esimerkiksi Tanskassa. Tankalainen pyörään kiinnitettävä RFID- tagi on esitetty kuvassa 38 ja skanneri kuvassa 39.



Kuva 38. RFID-tagin kiinnitys (Garfield, 2015).



Kuva 39. RFID-tagin skanneri (Garfield, 2015).

5.4.8 Kuolleenkulman valot

Kuolleenkulman valoilla tarkoitetaan esimerkiksi pyöräkaistan reunaan sijoitettavia pieniä valoja, jotka syttyvät, kun pyöräilijä saapuu liittymään. Kuolleenkulman valot voidaan asettaa joko liukuviksi tai vilkkuviksi. Kuolleenkulman valoja on käytössä Tanskassa, jossa pyöräilijät on tavallisesti ohjattu pyöräkaistoille. Vastaavia valoja on toteutettu myös Yhdysvalloissa. Kuolleen kulman valoja on havainnollistettu kuvassa 40.



Kuva 40. Tanskalaiset vilkkuvat kuolleenkulman valot (Colville-Andersen, 2009)

Valojen tarkoituksena on parantaa pyöräilijän turvallisuutta ja havaittavuutta näyttämällä auton kuljettajalle vieressä jo oleva tai viereen saapuva pyöräilijä. Kuolleenkulman valojen tarkoitus on sama kuin kuolleenkulman peilillä, mutta toteutus on kalliimpaa ja vaatii liittymän rakenteiden muutoksia.

Kuolleenkulman valot soveltuvat liittymiin, joissa on pyöräkaistat. Valoja voidaan käyttää myös kohteissa, joissa pyörätie kulkee aivan ajoradan vieressä ja etäisyys näiden välillä on hyvin pieni. Kuolleen kulman valot vaativat erityisen tekniikan asentamista liittymiin, joka ei ole Suomen tieliikennelain mukaista. Tällöin tulee hakea poikkeuslupaa liikenne- ja viestintäministeriöstä. Suomessa myös talviolosuhteet luovat omat haasteensa valojen toimintaan ja havaittavuuteen. Suomen olosuhteissa kuolleenkulman valon luontevampi paikka olisikin pienen pylvään päässä.

6 PYÖRÄILIJÄN HUOMIOIVAT LIIKENNEVALOT

6.1 Vaihtoehtoiset ilmaisimet

6.1.1 Painonappi

Painonappi on liikennevalopylvään yhteyteen asennettava kotelo, jossa on vihreän pyynnön rekisteröivä painike ja pyynnön ilmaiseva valo. Painonappeja ei tarvitse asettaa liittymään, mikäli valo-ohjaus toimii aina kiinteässä kierrossa. Painonapit voidaan asettaa kuitenkin pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden informaation vuoksi. Painonapit voidaan varustaa myös ääniopastimilla.

Painonappikoteloita on useita eri malleja, valmistajasta ja valmistusajankohdasta riippuen. Asennettavaksi suositellaan kotelo, jossa pyynnön ilmaiseva valo näkyy jokaiseen tulosuuntaan (kuva 41). Pynnön ilmaisevan valon avulla pyöräilijän ennakointi paranee ja tieto pyynnöstä välittyy pyöräilijälle jo ennen painonapille saapumista. Tiedon avulla pyöräilijä voi hidastaa nopeuttaan ja mahdollisesti välttyä pysähtymiseltä.



Kuva 41. Painonappi, jossa pyynnön ilmaiseva valo näkyy jokaiseen tulosuuntaan.

Painonappi on toiminnaltaan luotettavin jalankulkijan ja pyöräilijän ilmaisimien. Sen yhteyteen suositellaan asennettavaksi tutka- tai silmukkalmaisina parantamaan pyöräliikenteen palvelutasoa ja samalla vähentämään pyöräilijöiden pysähtymisten määrää. Kun muiden ilmaisimien pyyntö näkyy painonappikotelossa valona, pyöräilijän ennakointi paranee edellä mainitun mukaisesti.

Pyöräilijä kokee matkansa yhtenäisemmäksi ja valo-ohjauksen selkeämmäksi, kun mahdollisimman monessa painonappikotelossa näkyy valo pyöräilijälle. Riippumatta matkan ajankohdasta ja valokojeen ohjelmoinnista, yhtenäisesti näkyvä valo ilmaisee pyöräilijälle vihreän pyynnön. Vaikka tavoitteena on luoda mahdollisimman yhtenäiset valo-ohjelmoinnit eri ajankohtina lähekkäin oleviin liittymiin, se ei ole aina mahdollista esimerkiksi liikennemäärien ja kuntarajojen vuoksi. Myöskään pyöräilijä ei välttämättä täysin ymmärrä reittinsä merkitystä pyyntöihin saavuttaessa liittymään vaihtelevasti joko sivu- tai pääsuunnasta. Erityisesti toisen liittymän kiinteä ohjaus ja seuraavan liittymän vihreä vain omalla pyynnöllä saattaa hämentää pyöräilijöitä. Kun painonappikotelo ja siinä oleva vihreän pyynnön ilmaiseva valo näkyy kaikissa liittymissä samoin, valojen toiminta koetaan yhtenäisemmäksi ja loogisemmaksi.

Painonappi suositellaan asennettavaksi liittymään jalankulkijoiden vuoksi sekä osoittamaan vihreän pyyntöä pyöräilijöille. Ylimääräistä pyöräilijän painonappia ei tarvita, mikäli muita saapuvan pyöräilijän tunnistavia ilmaisimia on käytetty ja painonapin valo syttyy näiden pyynnöstä. Pyöräilijän kannalta painonappi, jota joudutaan painamaan, heikentää pyöräilijän matkan sujuvuutta ja aiheuttaa pysähdyksen.

6.1.2 Tutkailmaisimien pylvääseen

Liikennevalopylvääseen asennettava tutkailmaisimien ilmaisee kaikki ilmaisimissa ilmaistavaan suuntaan liikkuvat kohteet. Polkupyörät ja jalankulkijat voidaan ilmaista noin 0 – 40 metrin etäisyydeltä tutkasta riippuen. Tutkailmaisimien heikko puoli on keilan koon rajoitukset ja heijastumien aiheuttamat ylimääräiset pyynnöt. Tutkailmaisimet voidaan jakaa karkeasti kolmeen ilmaisintyyppiin, joita ovat kulku-, läsnäolo- ja suojatieilmaisimeen. (Liikennevirasto, 2016, s. 89-90)

Kulkuilmaisimien ilmaisee liittymään saapuvan jalankulkijan tai pyöräilijän. Se lähettää vihreän pyynnön havaitessaan liikettä ilmaisemaansa suuntaan. Ilmaisimen käyttö edellyttää, että osa laajasta ilmaisimista on mahdollista suunnata jalankulku- ja pyöräilyväylän ulkopuolelle. Ulkopuolella ei saa myöskään olla ilmaistavaan suuntaan olevaa liikennettä tai heijastumia. Kulkuilmaisimien ei sovellu kohteisiin, joissa ilmaisimetäisyys täytyy rajata alle 10 metriin esimerkiksi risteävän väylän vuoksi. Ilmaisinta suositellaan kohteisiin, joissa ei ole risteävää jalankulku- ja pyöräliikennettä. (Liikennevirasto, 2016, s. 90) Kun kulkuilmaisimen ilmaisu yhdistetään liikennevalokojeen kautta liittymässä olevaan painonappikotelon valoon, tieto vihreän

pyynnöstä välittyy pyöräilijälle ja täten pyöräilijän ennakointi ja koettu sujuvuus paranevat.

Suojatieilmaisin ottaa ilmaisunsa nimensä mukaisesti suojatieltä. Ilmaisimen tarkoituksena on havaita jalankulkijat ja pyöräilijät vihreän vaiheen loppupuolella ja tarvittaessa lähettää vihreän vaiheen pidennys ohjauskojeelle. Suojatieilmais in asennetaan siten, että se kattaa koko suojatien ja ilmaisee molemmat kulkusuunnat (Liikennevirasto, 2016, s. 90). Pyöräilijän näkökulmasta pidennykselle suojatien ylityksessä on harvoin tarvetta, sillä pyöräilijä ylittää suojatien jalankulkijaa huomattavasti nopeammin. Seuraava pyöräilijä voi hyötyä pidennyksestä, mutta tilanteessa, jossa seuraa vaa pyöräilijää ei ole, autoliikenne saattaa kärsiä turhaan viivytyksestä.

Läsnäoloilmaisin ilmaisee liittymässä odottavan jalankulkijan tai pyöräilijän. Havaittava alue on suojatien reunassa ja pinta-alaltaan noin 6 m² riippuen laitteesta (Wenzel, 2019). Eri laitevalmistajien laitteilla havaittavan alueen koko ja muoto vaihtelevat. Läsnäoloilmaisimella voidaan korvata painonappi, mutta se ei ole luotettavuuden kannalta yhtä hyvä. Kun liittymään lisätään läsnäoloilmaisimen lisäksi kulkuilmais in tai muu pyöräilijän kauempaa havaitseva ilmais in, pyöräilijän ilmaisuvarmuus paranee ja vihreän pyyntö saadaan ohjauskojeelle aikaisemmin. Läsnäoloilmais in ei sovellu kohteeseen tai alueelle, jossa jalankulkijat ja pyöräilijät odottavat lähekkäin toisiaan kahdelle eri suojatielle.

6.1.3 Tutkailmais in maahan

Maahan asennettava tutkailmais in koostuu langattomasta anturista, vastaanotinyksiköstä ja vahvistinyksiköstä. Ilmais in toimii akulla ja sen käyttöikä on noin 10 vuotta. Tiedonsiirto perustuu lyhyen kantaman langattomaan siirtotekniikkaan ja tieto on heti käytettävissä. Ilmais in asennetaan päällysteeseen, esimerkiksi noin 10 senttimetriä leveään ja noin 6 senttimetriä syvään reikään, laitevalmistajasta riippuen. Ilmaisimen havaintoalueen kokoon voidaan vaikuttaa rajatusti. Se voidaan asettaa esimerkiksi 1,2, 2,4 tai 4 metrin leveydelle. (Wenzel, 2019)

Maahan asennettava tutkailmais in toimii kuten silmukkailmais in eli se lähettää vihreän pyynnön liittymään. Ilmais in suositellaan yhdistettäväksi liittymässä olevan painonapin kanssa. Painonapissa syttyvä valo ilmoittaa pyöräilijälle vihreän pyynnön rekisteröitymisestä, kun pyöräilijä on ajanut ilmaisimesta yli. Valon ansiosta tieto vihreän pyynnöstä välittyy pyöräilijälle, jolloin pyöräilijän ennakointi ja koettu sujuvuus paranevat.

Maahan asennettu tutkailmais in soveltuu asennettavaksi tulosuuntiin, joissa on selkeä ylityksen suunta. Ilmaisimen avulla voidaan myös kerätä pyöräilijöiden reaaliaikaista liikennemäärätietoa. Tutkailmaisimen etuna muihin laskentalaitteisiin on, että sen avulla voidaan myös laskea jalankulkijoita. Laskentatiedosta voidaan tunnistaa eri käyttäjäryhmät ja niiden määrät.

Maahan asennettavaa tutkailmaisinta suositellaan asennettavan liittymään väliaikaisten ja työmaa-aikaisten järjestelyiden aikana, sillä sen asennuskustannukset olemassa olevaan liittymään ovat vähäiset silmukkailmaisimeen verrattuna. Pitkänaikavälin kustannukset vastaavat ilmaisinsilmukan kustannuksia.

Maassa olevan tutkailmaisimen tarkkuus kärsii talvella. Noin viiden senttimetrin paksuinen jää- ja lumikerros vaikuttavat tutkan ilmaisutarkkuuteen (Wenzel, 2019). Harjasuolauksella voidaan vaikuttaa toimintatarkkuuteen.

6.1.4 Silmukkailmaisin

Silmukkailmaisin koostuu päällysteeseen asennetusta suunnan tunnistavasta ilmaisinsilmukkaparista, silmukkaparin ja kojeen välisestä kaapelista ja vahvistinyksiköstä. Pyörätiellä polkupyörät voidaan ilmaista 45 asteen kulmaan asennetulla suorakaideilmaisinarilla. Ilmaisinarille määritetty ilmaisinjärjestys kertoo pyöräilijän suunnan. Silmukkailmaisin asennetaan tavallisesti 20 – 40 metriä ennen liittymää. (Liikennevirasto, 2016, s. 84-85)

Silmukkailmaisin lähettää vihreän pyynnön liittymään, kun pyöräilijä ajaa siitä yli ilmaistuun suuntaan. Pyöräilijän tunnistaminen perustuu ilmaisimen luoman magneettikentän muutoksiin, kun riittävän suuri metallinen kohde ylittää silmukan (Liikennevirasto, 2011, s. 14). Silmukkailmaisimen pyyntö suositellaan näytettävän liittymän saapuvalla pyöräilijälle painonappikotelossa syttyvänä valona. Painonapissa syttyvä valo ilmoittaa pyöräilijälle vihreän pyynnön rekisteröitymisestä, kun pyöräilijä on ajanut silmukasta yli. Valon ansiosta tieto vihreän pyynnöstä välittyy pyöräilijälle, jolloin pyöräilijän ennakointi ja koettu sujuvuus paranevat.

Silmukkailmaisin soveltuu asennettavaksi tulosuuntiin, joissa on selkeä suojatien ylityksen suunta, pää- tai sivusuunnan ylityksiin. Silmukkailmaisimen avulla voidaan kerätä pyöräilijöiden liikennemäärätietoa ja toteuttaa ”pyöräilijän merkitty ilmaisinar” yhdellä tai kahdella rinnakkaisella silmukkailmaisinarilla. Merkitty silmukkailmaisinaripari voidaan asentaa erityisesti kohteisiin, joihin tavallista silmukkailmaisinariparia ei suositella asennettavaksi, kuten selkeän ylityksen suunnan puuttuessa. Silmukkailmaisinarin suositellaan asennettavaksi uusiin ja saneerattaviin liittymiin, vaikka niiden pääasiallinen tarkoitus olisi vain laskea liikennettä. Liikennelaskennoista kaupungit ja kunnat saavat tärkeää tietoa pyöräilijämääristä ja niiden kehityksestä.

Silmukkailmaisimen kustannukset ovat korkeat, mikäli silmukka asennetaan maahan jälkikäteen. Uuden liittymän toteutuksessa kustannukset jäävät vähäisiksi.

6.1.5 Kuituoptinen kaapeli

Kuituoptisen kaapelin toiminta ja asennuspaikat vastaavat ilmaisinsilmukan toimintaa ja sijoittamista. Kaapeli asennetaan silmukkailmaisimesta poiketen lähelle kadun pintaa, jolloin se saattaa vaurioitua talvikunnossapidon yhteydessä. Kuituoptiikan etuna silmukkailmaisimeen taas on, että se tunnistaa myös muovi- ja alumiinirunkoiset polkupyörät. Silmukkailmaisimella tämä ei ole mahdollista. (Liikennevirasto, 2011, s. 14)

Mikäli liittymän talvikunnossapito hoidetaan harjasuolauksella, myös kuituoptinen kaapeli on hyvä vaihtoehto vihreän pyynnön ilmaisuun tai liikenne-laskentojen suorittamiseen.

6.1.6 Muita ilmaisinvaihtoehtoja

Magnetometri-ilmaisinta ei voida käyttää pyöräilijöiden ilmaisuun, sillä ilmaisujen luotettavuus on heikko. Tämä perustuu polkupyörän vähäiseen metallin määrään ja hyvin pieneen ilmaisualueen kokoon. Myös moottoripyörien ja mopojen ilmaisussa saattaa ilmetä ongelmia. Magnetometri onkin kehitetty henkilö- ja linja-autojen sekä raskaiden ajoneuvojen ilmaisuun, joten sitä ei ole käsitelty tarkemmin tässä työssä. (Wenzel, 2019)

Infrapuna- ja kamerailmaisimia ei suositella ilmaisemaan pyöräliikennettä, sillä ne ovat hyvin herkkiä sää- ja keliolosuhteille. Infrapunailmaisimen toiminta perustuu lämpösäteilyn muutosten havaitsemiseen ja kamerailmaisimen kuvantulkintaan. Suomen lämpötilojen radikaalit vaihtelut heikentävät infrapunailmaisimen luotettavuutta. Kamerailmaisimen luotettavuuteen vaikuttaa erityisesti sumu sekä vesi- ja lumisade. Lumi saattaa myös kertyä ilmaisimen päälle, estäen näin toiminnan kokonaan. (Liikennevirasto, 2016, s. 84)

6.2 Liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdot

6.2.1 Pääsuunnan vihreä lepotila

Pääsuunnan vihreässä lepotilassa pääsuunnan suoraan menevän moottoriajoneuvoliikenteen opastinryhmät ja pääsuunnan suuntainen suojatie ovat vihreänä, kun konfliktiryhmällä ei ole liikennettä. Opastimet vaihtuvat tai jäävät vihreäksi sen perusteella, olivatko ne punaisena tai vihreänä lepotilan alkaessa. Pääsuunnan opastimet vaihtuvat punaiselle vain jonkin risteävän suunnan pyynnöstä esimerkiksi sivusuunnasta saapuvan moottoriajoneuvon tai pääsuunnan ylittävän suojatien pyynnöistä. Toisin sanoen lepotilassa vihreänä oleville opastinryhmille on ohjelmoitu kiinteä pyyntö. Pääsuunnan vihreää lepotilaa käytetään yleensä hiljaiseen aikaan, kun liikennettä on erityisen vähän. (Liikennevirasto, 2016, s. 140-141 ja s.170)

Pääsuunnan suuntaisesti ajavan pyöräilijän sujuvuus on vihreässä lepotilassa erinomainen, samoin autoliikenteen. Risteävän suunnan autojen sujuvuus riippuu paljon ilmaisimien sijainnista ja liikennemäärästä. Sivusuunnan ylittävälle suojatielle pyrkivän pyöräilijän sujuvuuteen vaikuttaa tapa, jolla pyöräilijä ilmaistaan. Pyöräilijä voi saada vihreän vain omalla pyynnöllä tai sivusuunnan moottoriajoneuvon oheispyyntönä. Sujuvuuteen omalla pyynnöllä vaikuttaa käytössä oleva vihreän pyynnön ilmainen sekä mahdolliset etuudet aiennus ja pidennys.

6.2.2 Kokopunainen lepotila

Kokopunainen lepotila tarkoittaa, että liittymän jokaisen ajosuunnan ja suojatien opastimet ovat punaisena. Kokopunaisen lepotilan aikana millään suunnalla tai suojatiellä ei ole voimassa vihreän pyyntöä. Lepotilan alkaessa kaikki opastinryhmät vaihtuvat punaiseksi, kun minimivihreä on täyttynyt tai autot ohittaneet liittymän. Kokopunaisen lepotilan etuna on, että liittymän ilmaisimelle ensin saapunut saa vihreän suunnasta riippumatta heti, myös pyöräilijät ja jalankulkijat. Kokopunaisen lepotilan haittana taas on, että kuljettajat oppivat luottamaan vihreän vaihtumiseen eivätkä välttämättä varaudu pysähtymään punaisiin. Kokopunaisesta lepotilaa käytetään yleensä hiljaiseen aikaan, kun liikennettä on erityisen vähän. (Liikennevirasto, 2016, s. 141)

Pyöräliikenteen kannalta sujuvuus ei poikkea autoliikenteen sujuvuudesta, sillä kaikki suunnat ovat saman arvoisia. Turvallisuuden kannalta kuljettajien ja pyöräilijöiden oppiminen vihreän vaihtumiseen saattaa aiheuttaa vaaratilanteita, kun auton kuljettaja tai pyöräilijä jättää punaisen huomioimatta tai ei ehdi pysähtymään. Kokopunaisessa lepotilassa suojatien pyyntö tulee vaihtoehtoisesti oheispyyntönä tai omana pyyntönä jalankulkijalta tai pyöräilijältä. Pyöräilijän ilmaiseminen riittävän aikaisin ennen liittymää esimerkiksi kulku- tai silmukkailmaisimella parantaa pyöräilyn palvelutasoa ja vähentää pysähtymisten määrää. Mikäli liittymässä on pyöräilijän ja jalankulun ilmaisemiseen vain painonappi tai läsnäoloimaisin, pyöräilijä joutuu lähes aina pysähtymään.

Kokopunaisessa lepotilassa pyöräilijän sujuvuutta ja pysähdysten määrän minimointia voidaan aikaisemman ilmaisun lisäksi parantaa moottoriajoneuvon oheispyynnöllä ja pyöräilijän liikennevaloetuksilla. Hiljaisena aikana, jolloin muuta ajoneuvoliikennettä on vähän, pyöräilijän etuuskien vaikutukset ovat ajoneuvoliikenteelle vähäiset yksittäisiä autoja lukuun ottamatta. Kokopunaisen vaiheen kanssa soveltuu käytettäväksi pyöräilijän etuuksista vihreän pidennys. Vihreän pidennys voidaan toteuttaa, mikäli kulku- tai silmukkailmaisimella rekisteröi useampia pyöräilijöiden ilmaisia saman opastinryhmän ilmaisimista käynnissä olevan vihreän vaiheen aikana.

6.2.3 Suojateiden kokovihreä lepotila

Suojateiden kokovihreässä lepotilassa kaikki ajoneuvo-opastimet ovat punaisena ja jalankulkijaopastimet vihreänä. Lepotilan alkaessa kaikki ajoneuvo-opastimet vaihtuvat punaiseksi, kun edellinen ajoneuvojen minimivihreä on täyttynyt tai moottoriajoneuvot ovat ohittaneet liittymän. Suojateiden kokovihreä lepotila soveltuu tilanteisiin, joissa autoliikennettä on vähän ja suojateilla on paljon käyttäjiä. Suojateiden kokovihreää lepotilaa käytetään yleensä hiljaiseen aikaan, kun liikennettä on erityisen vähän. (Liikennevirasto, 2018, s. 199)

Suojateiden kokovihreä lepotila parantaa pyöräliikenteen sujuvuutta, sillä ilman auton vihreän pyyntöä pyöräilijän ei tarvitse pysähtyä. Jotta autoliikenteen sujuvuutta ei heikennetä liikaa, tulee autot ilmaista riittävän etäältä. Kun jalankulkijaopastin vaihtuu punaiselle ja ajoneuvo-opastin vihreälle, tulee huomioda vaihtumiseen vaadittava suojatien minimivihreä ja suoja-aika.

Suojateiden kokovihreän lepotilan käyttöä tulee harkita ja suunnitella erityisen tarkkaan tapauskohtaisesti. Sen yhteydessä ei suositella käytettävän pyöräilijän vihreän vaiheen pidennystä, sillä auton kuljettajan näkökulmasta punainen vaihe saattaa kestää liian kauan. Pidennys tällöin heikentää merkittävästi autoliikenteen koettua sujuvuutta ja pyöräliikenteen turvallisuutta. Suojateiden kokovihreä lepotila on tarpeeton pyöräilijän näkökulmasta, mikäli pyöräily tapahtuu pyöräkaistalla tai sekaliikenneväylällä.

6.2.4 Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila

Viimeinen vaihe ennallaan -lepotilassa opastinryhmä ei vaihdu lepotilan alkaessa punaiselle tai vihreälle vaan jää viimeisimpään vaiheeseen. Viimeinen vaihe ennallaan lepotilassa suojatiet asetetaan tulemaan vihreäksi saman opastinryhmän moottoriajoneuvojen oheispyyntöstä. Lepotila voidaan toteuttaa myös osittaisena, jolloin pääsuunnalle asetetaan viimeinen vaihe ennallaan ja sivusuunnalle kokopunainen lepotila. Osittaisen ennallaan lepotilan etu kokopunaiseen on, että väärin oppiminen kuljettajilla ei ole niin todennäköistä kuin kokopunaisessa lepotilassa, sillä pää- ja sivusuunnan vaihe jää vaihtelevasti vihreäksi. Viimeinen vaihe ennallaan lepotilaa käytetään yleensä hiljaiseen aikaan, kun liikennettä on erityisen vähän. (Liikennevirasto, 2016, s. 142)

Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila parantaa pääsuunnan pyöräliikenteen sujuvuutta kokopunaiseen lepotilaan nähden, mutta heikentää sujuvuutta suojateiden kokovihreään ja pääsuunnan vihreään lepotilaan nähden. Sivusuunnan pyöräliikenteen kannalta viimeinen vaihe ennallaan – lepotila vastaa sujuvuudeltaan pääsuunnan vihreää lepotilaa ja kokopunaista lepotilaa. Pyöräilijän ilmaiseminen riittävän aikaisin ennen liittymää kulku- tai

silmukkailmaisimella parantaa pyöräilyn palvelutasoa ja vähentää pysähtymisten määrää.

Viimeinen vaihe ennallaan -lepotilassa pyöräilijän sujuvuutta ja pysähdysten määrän minimointia voidaan aikaisemman ilmaisun lisäksi parantaa pyöräilijän liikennevaloetuksilla. Hiljaisena aikana moottoriajoneuvoliikennettä on vähän, jolloin pyöräilijän etuuskien vaikutukset ovat vähäiset, yksittäisiä autoja lukuun ottamatta. Viimeinen vaihe ennallaan -lepotilan kanssa soveltuu käytettäväksi pyöräilijän vihreän pidennys. Vihreän pidennys voidaan toteuttaa, mikäli esimerkiksi kulku- tai silmukkailmaisimien rekisteröi useampia pyöräilijöiden ilmaisia saman opastinryhmän ilmaisimista käynnissä olevan vihreän vaiheen aikana.

6.2.5 Oma pyyntö

Oma pyyntö tarkoittaa, että opastinryhmä vaihtuu vihreäksi tulosuunnan liikenteen pyynnöstä. Oma pyyntö tulee aina olla asetettu tilanteissa, joissa jalankulkijaopastimilla ei ole kiinteää pyyntöä. Esimerkiksi jalankulkuopastin vaihtuu vihreäksi vain painonapin tai muun ilmaisimen pyynnöstä. Omalla pyynnöllä ohjattu opastinryhmä ei saa vihreää vaihetta tarpeettomasti, eikä näin ollen estä vihreää toisilta opastinryhmiltä. Pyöräilijän omaa pyyntöä käytetään hiljaiseen, normaaliin ja ruuhka-aikaan. (Liikennevirasto, 2016, s. 135)

Pyöräilijän oma pyyntö voi tapahtua jo liittymään saavuttaessa esimerkiksi kulku- tai silmukkailmaisimella tai vasta liittymässä esimerkiksi läsnäoloilmaisimella tai painonapilla. Pyöräilijän olosuhteisiin ja koettuun sujuvuuteen vaikuttaa tieto aktivoituneesta vihreän pyynnöstä. Oma pyyntö voidaan ilmaista pyöräilijälle painonappikoteloon syttyvän valon avulla. Pyöräilijä voi valon palaessa tai syttyessä hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymiseltä.

Pyöräilijän ilmaisu vain omalla pyynnöllä erityisesti pääsuunnan ylittävällä suojatiellä parantaa autoliikenteen sujuvuutta ja vähentää viivytyksiä. Pyöräiliikenteen kannalta ilmaisu vain omalla pyynnöllä on kiinteää pyyntöä sekä oman pyynnön ja oheispyynnön yhdistelmää huonompi vaihtoehto erityisesti silloin, kun pyöräilijän ilmaisu tapahtuu vain painonapilla. Oma pyyntö yhdistettynä oheispyyntöön parantaa pyöräilijän palvelutasoa.

6.2.6 Kiinteä pyyntö

Kiinteässä pyynnössä opastinryhmä vaihtuu vihreäksi aina omassa vaiheessaan. Toisin sanoen kiinteäpyyntöinen opastinryhmä ei jää missään valokierrossa väliin, vaikka autoa, pyöräilijää tai jalankulkijaa ei olisikaan. Kiinteää pyyntöä käytetään esimerkiksi pääsuunnan vihreässä lepotilassa sekä silloin kun tulosuunnalla ei ole esimerkiksi läsnäoloilmaisinta tai painonap-

pia. Kiinteä pyyntö voidaan asettaa pelkästään pääsuunnalle tai sekä pääsuunnalle ja sivusuunnalle. Pyöräilijän kiinteää pyyntöä käytetään sekä hiljaiseen, että ruuhka-aikaan suunnasta ja ajankohdasta riippuen. (Liikennevirasto, 2016, s. 135)

Kiinteä pyyntö erityisesti pääsuunnan ylittävällä suojatiellä parantaa sivusuuntaisen pyöräilijän sujuvuutta tilanteissa, jossa liikennemäärä on merkittävä. Toisaalta taas se saattaa heikentää pääsuunnan autojen sujuvuutta tilanteeseen, jossa suojatien opastin muuttuu vihreäksi vain pyöräilijän tai jalankulkijan pyynnöstä. Sivusuunnan vaihe saattaa kestää tällöin kauemmin. Pääsääntöisesti kiinteä pyyntö on pyöräilijän sujuvuutta parantava vaihtoehto.

Pyöräilijän olosuhteisiin vaikuttaa tieto kiinteästä pyynnöstä. Kiinteä pyyntö voidaan ilmaista pyöräilijälle painonappivalon avulla. Valopalkillinen painonappikotelo osoittaa pyöräilijälle vihreästä pyynnöstä. Pyöräilijä voi täten hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymiseltä.

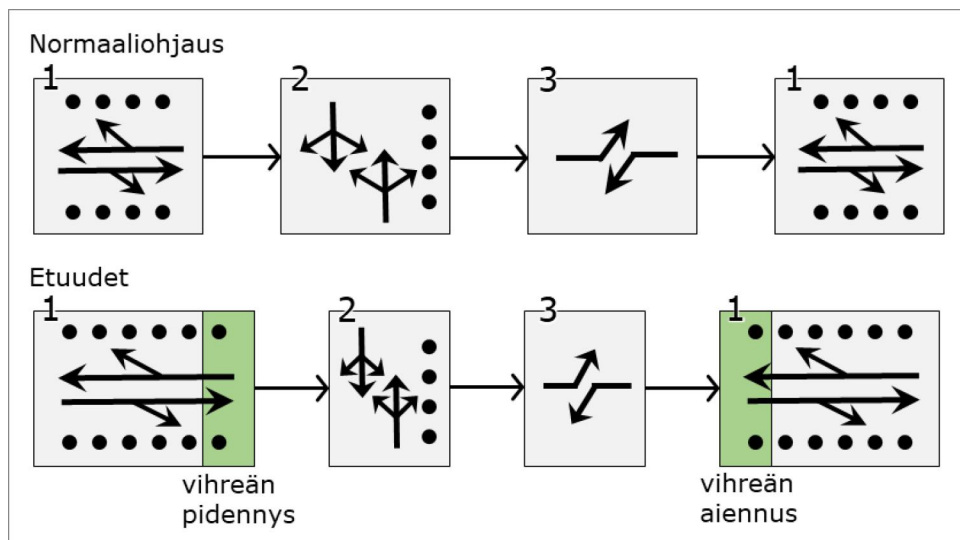
6.2.7 Oheispyyntö

Oheispyyntöä käytetään sekä hiljaiseen, että ruuhka-aikaan. Oheispyynnöllä tarkoitetaan opastinryhmän vaihtumista vihreäksi ilman omaa tai kiinteää pyyntöä muiden saman vaiheen opastinryhmien kanssa. Esimerkiksi pääsuunnan ylittävän suojatien jalankulkuopastimet voivat saada vihreän pyynnön sivusuunnasta saapuvalta autolta. Oheispyyntöä ei voida käyttää ainoana vihreän pyyntötapana vaan sen yhteydessä tulee käyttää myös omaa pyyntöä. (Liikennevirasto, 2016, s. 135)

Pyöräilyn sujuvuuteen vaikuttaa tieto aktivoituneesta vihreän pyynnöstä. Autoliikenteen oheispyyntö voidaan ilmaista pyöräilijälle painonappikoteloissa olevan valon avulla. Pyöräilijä voi valon palaessa tai syyttymisen huomattessaan hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymiseltä.

6.2.8 Pyöräilijän etuudet

Etuudet voidaan jakaa kahteen erilaiseen etuusluokkaan; passiivisiin ja aktiivisiin etuuksiin. **Passiivinen** eli kiinteä etuus tarkoittaa etuutta liikennemäärästä riippumatta. Passiivista etuutta on esimerkiksi yhteenkytkettyjen liikennevalojen ajoitus jonkun käyttäjäryhmän ajorytmin mukaan esimerkiksi vihreänä aaltona. **Aktiivinen** etuus tarkoittaa sitä, että liittymää lähestyvä käyttäjä havaitaan ilmaisimen avulla. Käyttäjä saa tällöin ohjelmoinnista riippuen esimerkiksi seuraavanlaisen etuuden; vihreän aiennus/edellisen vaiheen lyhennys tai vihreän pidennys/seuraavan vaiheen lyhennys. (Liikennevirasto, 2016, s. 160) Vihreän pidennyksen ja aiennuksen toimintaa on havainnollistettu kuvassa 42.



Kuva 42. Vaihekaavio ja aktiiviset etuudet; vihreän pidennys ja vihreän aiennus (Liikennevirasto, 2016, s. 161, muokattu).

Aktiivista etuutta voidaan käyttää yhteenkytketyissä tai erillisohjatuissa liikennevalo-ohjatuissa liittymissä. Etuus toteutuu vain silloin kun käyttäjä saa ilmaisun. Muuten liikennevalot toimivat tavallisen ohjelman mukaisesti. Vihreän pidennyksen ja aiennuksen lisäksi aktiivisia etuuksia ovat ylimääräinen vaihe ja rotaatio. Ylimääräistä vaihetta käytetään tavallisesti vasemmalle kääntyvien linja-autojen etuutena, eikä se sovellu pääsuunnille lyhyiden vaiheiden vuoksi. (Liikennevirasto, 2016, s. 160). Rotaatio on lisävaihetta korvaava etuus, jossa kaksi vaihetta vaihtavat keskenään paikkaa (Liikennevalot.info, n.d.b). Ylimääräistä vaihetta ja rotaatiota ei suositella käytettävän pyöräliikenteen etuutena.

Vihreän pidennys on liikennetietoon perustuva tavallista pidempi vihreä vaihe. Pidennys jatkaa opastinryhmän vihreää valoa riittävän pitkään, jotta havaittu pyöräilijä pääsee liikennevaloista läpi pysähtymättä. Samalla seuraava vaihe lyhenee. Havaitseminen tapahtuu ilmaisimilla tai paikannukseen perustuvalla järjestelmällä. Pidennystä varten suojateiden maksimiajat tulee määrittää kuhunkin liikennetilanteeseen sopivaksi. (Liikennevirasto, 2016, s. 169)

Vihreän pidennys ja seuraavan vaiheen lyhentäminen voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla.

1. **Vihreän vaiheen kasvatus ennalta määritetyllä sekuntimäärällä.** Ilmaisimen tunnistaessa liittymään saapuvan pyöräilijän, voi vihreän vaiheen pituutta kasvattaa ennalta määritetyllä sekuntimäärällä maksimiaikaan asti. Pidennys voi tapahtua vain kerran tai jokaisesta ilmaisusta uudelleen, jolloin vihreän vaiheen aikana ilmaistu samaan ilmaisusuuntaan kulkeva pyöräilijä kasvattaa vihreää aikaa. Vihreän vaiheen kasvatus ennalta määritetyllä sekuntimäärällä on pyöräliikenteen vihreän vaiheen pidennyksen tavoista suositeltavin, tasapuolinen kaikille käyttäjille ja se ei pidennä vihreän vaihetta tarpeettomasti.

2. **Etuuden päättäminen kuittausilmaisimella.** Pyyntöilmaisimen lisäksi liittymään voidaan asentaa kuittausilmaisimella voidaan vihreän pituutta säädellä tarkemmin. Kun pyöräilijä ylittää kuittausilmaisimen, etuus päättyy ja valo-ohjelma jatkuu tavallisesti. Maksimiaika tulee olla määritettynä, mikäli pyöräilijöitä on paljon tai kuittausilmaisuus epäonnistuu. Autoliikenteen kannalta pyöräilijän vihreän pidennyksen kuittausilmaisimen etu kiinteään sekuntimäärään nähden on hyvin pieni. Kuittausilmaisimen haasteita ovat muun muassa ilmaisimen luotettavuus, ilmaisimen asennuspaikan haastava määrittäminen ja minimaalinen hyöty asennuskustannuksiin nähden. Kuittausilmaisimen käyttö vaatii perusteellista suunnittelua ja perustelut käytölle.
3. **Paikannukseen perustuva järjestelmä.** Paikannukseen perustuvassa järjestelmässä pyöräilijän saapuessa ilmaisuetaisyydelle lähetetään ohjauskojeelle vihreän ilmaisyppyyntö ja liittymän ylityksessä kuittauspyyntö. Järjestelmänä voi toimia muun muassa pyöräilijän puhelimesta käynnissä oleva sovellus, esimerkiksi virtuaalinen painonappi tai pyörään kiinnitettävä GPS-paikannin. Paikannukseen perustuvan järjestelmän suurin ongelma on käyttäjien eriarvoistaminen. Kaikilla käyttäjillä ei ole mahdollisuutta tai halua hankkia tarvittavia laitteita paikannusta varten. Käyttöä ei suositella tavallisiin kohteisiin ja paikannukseen perustuvan järjestelmän käyttö tulee olla erityisen hyvin perusteltu.

Vihreän pidennyksen ansiosta liittymään vihreän vaiheen aikana saapuvalla pyöräilijällä on mahdollisuus päästä liittymän läpi pysähtymättä.

Vihreän aiennuksella tarkoitetaan etuutta, jolloin vihreä vaihe alkaa tavallista aikaisemmin ja edellisen vaiheen pituus lyhenee. Aiennuksessa vihreän pyyntö katkaisee käynnissä olevan vihreän minimi- ja/tai takuuvihreän jälkeen. Minimi- ja takuuvihreän ansiosta vihreä valo ei jää liikenneturvallisuuden näkökulmasta liian lyhyeksi. (Liikennevalot.info, n.d.b) Etuuden pyyntö tapahtuu ilmaisimilla tai paikannukseen perustuvalla järjestelmällä.

Pyöräilijän vihreän aiennus erityisesti ruuhka-aikaan heikentää autoliikenteen toimivuutta. Liikenneympäristössä jossa pyöräilijöille ja jalankulkijoille halutaan luoda maksimaalinen etuus, myös aiennusta voidaan harkita. Esimerkiksi luvussa 5.4.7 esitetty Tanskassa käytössä olevat sadeilmaisimet toimivat aiennusperiaatteella. Kun pyöräilijä tai jalankulkija painaa painonappia, opastinryhmä saa vihreän vaiheen mahdollisimman nopeasti. Hiljaiseen aikaan aiennuksella ei ole merkitystä, sillä vihreä vaihtuu muutenkin heti, kun se on mahdollista lepotilasta riippumatta. Aiennuksen käyttö tulee suunnitella tarkkaan ja vaikutukset arvioida ympäröivään liikenteeseen.

Passiivista etuutta voidaan käyttää yhteenkytketyissä liittymissä. Yhteenkytkennällä tarkoitetaan kahden tai useamman liittymän valo-ohjaemien

toimintaa, joka on sidottu ajallisesti toisiinsa. Pyöräilijän passiivista etuutta on pyöräilijän nopeudella asetettu **vihreä aalto**. Vihreä aalto voidaan ohjelmoida joko yhteen tai kahteen suuntaan. (Liikennevirasto, 2016, s. 177) Pyöräilijän vihreä aalto on esitetty tarkemmin luvussa 6.2.9.

Passiivisena etuutena voidaan myös pitää kiinteää pyöräilijöiden vihreän valon aiennusta, jolloin aiennus ei perustu liikennemäärään ja ilmaisuihin. Esimerkiksi tilanteessa, jossa pyöräilijät ajavat pyöräkaistaa pitkin ja liittymän ylitysmatka on pitkä sekä vihreän vaihe lyhyt, voidaan pyöräilijälle antaa vihreä vaihe esimerkiksi 5 sekuntia aikaisemmin kuin samaan suuntaan pyrkiville moottoriajoneuvoille. Aiennus vähentää riskiä joutua konfliktiin oikealle kääntyvien moottoriajoneuvojen kanssa ja pyöräilijä ennättää liittymän yli vihreän vaiheen aikana. Aiennus vaatii pyöräilijän opastamisen omilla pyöräopastimilla. (Mäenpää & Tuovinen, haastattelu 15.12.2018)

Pyöräilijän etuutena voidaan pitää myös pyöräilijöitä suosivia lepotiloja eli pääsuunnan vihreää lepotilaa ja suojateiden kokovihreää -lepotilaa. Lepotiloissa pyöräliikenne on priorisoitu pääsuunnan vihreässä lepotilassa autoliikenteen rinnalle ja suojateiden kokovihreässä lepotilassa sen yläpuolelle.

6.2.9 Vihreä aalto

Pyöräliikenteen vihreä aalto tarkoittaa peräkkäisten liikennevalojen ajoittamista pyöräilyn nopeudelle siten, että aallon suunnassa pyöräilijä pystyy etenemään liittymästä toiseen pysähtymättä. Pyöräliikenteen vihreä aalto kulkee huomattavasti hitaammin kuin esimerkiksi henkilöautojen mukaan ajoitettu vihreä aalto. Aalto voidaan toteuttaa millä tahansa pyöräilyyn soveltuvalla nopeudella, kunhan se ei ylitä rinnalla olevalle autotielle asetettua nopeusrajoitusta. Pyöräilyn nopeus tulee pyrkiä pitämään yhtenäisenä koko vihreän aallon yhteenkytkettyjen liittymien aikana, mutta tarpeen vaatiessa sitä voidaan muuttaa. Vihreä aalto parantaa merkittävästi pyöräilyn sujuvuutta ja antaa mahdollisuuden pysähdysten määrän vähentämiseen. Vihreä aalto soveltuu erityisesti työmatka- ja aktiivipyöräilijöille pyöräilyn pääväylillä.

Vihreä aalto voidaan toteuttaa yhteen tai kahteen suuntaan ja suunnilla voi olla eri pyöräilyn nopeudet. Aalto voidaan asettaa vain pyöräliikenteen tai osittain autoliikenteen ehdoin. Vain pyöräliikenteen ehdoin toteutuksessa aallossa ei huomioida autoliikenteen nopeutta vaan aalto suunnitellaan kokonaan pyöräliikenteen nopeudelle, esimerkiksi 20 km/h. Tällöin toteutuksessa tulee huomioida hitaamman aallon vaikutukset muuhun liikenteeseen ja sen käyttö tulee suunnitella erityisen tarkkaan.

Vaihtoehtoisesti pyöräliikenteen vihreä aalto voidaan koordinoita linja-autoliikenteen kanssa, pysäkkisijainnit huomioiden. Tällöin linja-autojen matka-aika ei kasva merkittävästi tavallisesta autojen mukaan ajoitetusta

vihreästä aallosta. Vihreä aalto voidaan asettaa pyöräilijöille myös autoliikenteen ehdoin. Pyöräliikenteelle voidaan suositella mitä tahansa nopeusarvoa, kunhan se soveltuu pyöräliikenteelle ja ei ylitä rinnalla olevan autotien nopeusrajoitusta. Tällaisessa vihreässä aallossa voidaan päästä esimerkiksi tilanteeseen, että pyöräilijä saapuu liittymään vasta toiseen liikennevalokierron vihreään vaiheeseen moottoriajoneuvoon verrattuna. Tällaisessa tilanteessa autoliikenteen ja pyöräliikenteen nopeuksilla on suuri ero ja liittymäväli on riittävä.

Vihreä aalto voidaan ilmoittaa pyöräilijälle liikennemerkkein. Liikennemerkkien tarkoitus ei ole olla määräävä vaan ohjaava. Jokainen pyöräilijä voi valita itse oman pyöräilyn nopeutensa, mutta liikennemerkkien avulla pyöräilijälle ilmoitetaan, millä nopeudella vihreän aallon mukana voi kulkea. Merkkien yhteyteen voidaan asettaa nopeusnäyttö tai -näyttöjä, jotta jokaisella pyöräilijällä on mahdollisuus tarkkailla nopeuttaan ilman pyörään kiinnitettäviä laitteita.

7 SIMULOINTITUTKIMUS

7.1 Johdatus simulointitutkimuksiin

Tässä luvussa on esitetty opinnäytetyön tilastollinen tutkimusosuus. Tutkimusosio täydentää ja perustelee aikaisemmissa luvuissa esitettyjen liikennevalo-ohjauksen vaihtoehtojen ja pyöräkaistalta vaihtoehtoisten tapojen kääntyä vasemmalle paremmuutta.

Tutkimusosiossa on esitetty työssä käytetty simulointiohjelma ja sen ohjelmoinnista johtuvia rajoitteita. Lisäksi luvussa esitetään työssä hyödynnettävät tilastollisen testauksen menetelmät sekä kuvataan tutkimusasetelman lähtökohdat ja tapaustutkimusten tulokset. Tapaustutkimukset on jaettu kolmeen erilaiseen tutkimusasetelmaan, lepotilojen, sivusuunnan pyöräilijän pyyntötavan sekä pyöräkaistalta vasemmalle kääntymistavan vaikutusten vertailuihin. Vertailuissa on otettu huomioon sekä pyörä-, että autoliikenne.

7.2 Simulointiohjelma

7.2.1 Simulointiohjelman kuvaus

PTV Vissim on saksalaisen PTV:n (Planung Transport Verkehr AG) kehittämä liikenteen mikrosimulointiohjelma. Ensimmäinen PTV Vissimin varsinainen versio julkaistiin vuonna 1993 (Vortisch, 2015, s. 58). PTV Vissim on osa PTV Vision tuoteperhettä, johon kuuluu esimerkiksi PTV Visum ja PTV Viswalk.

PTV Vissimin avulla voidaan mallintaa yksittäisiä liittymiä, kaupunkien liikenneverkkoja ja jalankulkualueita, kuten ostoskeskuksia tai terminaaleja. Tavallisen jalankulku- ja ajoneuvoliikenteen lisäksi PTV Vissimillä voidaan mallintaa joukkoliikennettä, raideliikennettä ja pyöräilijöitä. Laajojen muokausmahdollisuuksien ansiosta PTV Vissimillä voidaan myös mallintaa esimerkiksi laivoja ja lentokoneita. Ohjelmaan voidaan syöttää haluttu 3D -malli ja rakentaa sen ympärille tarvittava infrastruktuuri.

7.2.2 Simulointiohjelman rajoitteet

PTV Vissim-simulointiohjelman pyöräilijämallinnuksessa on ohjelmoinnista johtuvia rajoitteita. Pyöräilijää ja jalankulkijaa ei saada mallinnettua sellaisenaan samaan tilaan, sillä pyöräilijä luokitellaan oletuksena ajoneuvoksi, eikä jalankulkijaksi. Luokittelua on kuitenkin mahdollista muokata joko mallintamalla jalankulkijat pieninä ajoneuvoina tai pyöräilijät suurina jalankulkijoina.

Jalankulkijat pieninä ajoneuvoina

Jalankulkijat voidaan simuloida ajoneuvoina, jolloin etuna on, että vuoro-vaikutus ajoneuvoihin muodostuu automaattisesti. Jalankulkijat kuitenkin seuraavat ja ohittavat toisensa ennalta määrättyä kaistaa pitkin sekä kulkevat vain haluttua puolta tiestä. Mallinnuksessa tarvitaan kaksi kaksikaistaista linkkiä, yksi kumpaankin suuntaan. Liikennevalo-ohjatuilla liittymäalueilla tämä tuottaa ongelman, sillä pyöräilijät ja jalankulkijat pystyvät odottamaan vain omalla kulkusuunnan puolellaan, eivätkä he näin voi hyödyntää tien koko leveyttä. (Kupferschmid, 2016). Suomessa käytetyt suojatien toisessa reunassa sijaitsevat pyörätien jatkeet eivät ole tällä tekniikalla mahdollisia mallintaa, sillä vastakkaisten suuntien linkkejä ei voida mallintaa päällekkäin ilman, että väistämivelvollisuusominaisuudet säilyisivät oikeanlaisina.

Pyöräilijät suurina jalankulkijoina

Pyöräilijät saadaan mallinnettua jalankulkijoina, kun jalankulkijan käyttäytymisasetuksiin määritetään omat arvot pyöräilijälle. Vaikka kaksisuuntaisen jalkakäytävän käyttäytyminen on realistisempaa kuin ajoneuvoina mallintaessa, on pyöräilijöiden käyttäytymisessä edelleen ongelmia. Suurin ongelma on myöhäinen reagointi-aika. Tavallisesti pyöräilijä reagoi vastaantulevaan jalankulkijaan tai toiseen pyöräilijään ajoissa. Jalankulkijana reagointi tapahtuu vain muutamaa metriä ennen kohtaamista. Ruuhkaisella väylällä pyöräilijöistä tulee hyvin levottomia useiden yhtäaikaisten kontaktien takia, eikä esimerkiksi ohittamista välttämättä pääse tapahtumaan. (Kupferschmid, 2016)

Samalla linkillä eli kaistalla ei voi olla kahdensuuntaista pyöräliikennettä, mikäli pyöräilijä mallinnetaan ajoneuvona. Kaksisuuntaisen pyörätien tai yhdistetyn jalankulku- ja pyöräilyväylän liittymäalueilla tämä tarkoittaa sitä, ettei koko odotustilan potentiaalia saada käyttöön, kun linkki tulee jakaa kahteen eri suuntaan. Rajoitteen vuoksi opinnäytetyössä tehdyt pyöräilijäsimuloinnit toteutettiin vain yhteen suuntaan, jolloin koko odotusalue oli pyöräilijöiden käytössä.

7.3 Parametrien määrittäminen

Tapaustutkimuksia varten määritettiin PTV Vissimiin parametrit, joiden avulla pyöräilijöiden käyttäytymisestä saatiin realistisempaa, Suomen olosuhteisiin sopivaa. Parametrien määrittämisen pohjalla käytettiin tanskalaisen konsulttiyritys COWI:n laatimaa ”Micro Simulation of Cyclists in Peak Hour Traffic” -julkaisua. Tanskalaisia parametrejä muokattiin hieman vastaamaan suomalaisia käyttäytymismalleja. Eroavaisuuksia tanskalaisen ja suomalaisen käyttäytymisen välillä on erityisesti pyöräilijän henkilökohtaisen tilan suuruus odotusalueilla. Myös sähköpyörien osuutta ja niiden nopeusjakaumia muutettiin hieman tanskalaisista arvoista.

Parametrien määrittely jakautuu kahteen osaan:

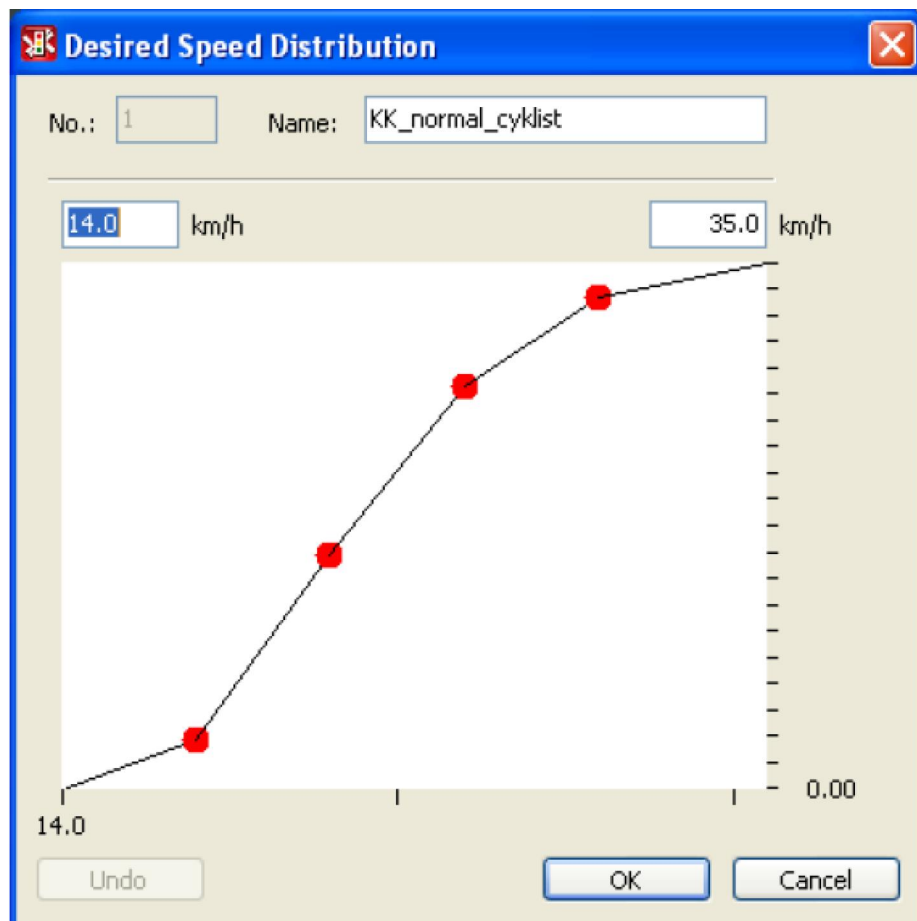
1. Pyöräilijäparametrit
 - pyörän koko, tyyppi ja 3D mallit
 - nopeusjakauma
 - kiihdytys ja jarrutus.
2. Pyörätieparametrit
 - parametrit toisen pyörän seuraamiseen ja ohittamiseen (linjaosuus)
 - pyöräilijän käyttäytyminen odotusalueella (liittymä)
 - käyttäytyminen pysäytysviivoilla (liittymä).

7.3.1 Pyöräilijäparametrit

Pyöräilijöiden nopeuteen, kokoon ja tyyppiin voidaan vaikuttaa hyvin paljon simulointiohjelmassa. Jotta pyöräilijät saadaan mallinnettua oikein, tulee PTV Vissimissä tehdä useita muutoksia, jotka linkittyvät keskenään. Mikäli jokin osaa jää puuttumaan, mallinnus ei välttämättä onnistu tai joitain ominaisuuksia jää puuttumaan.

Pyöräilijöiden mallinnus tulee aloittaa haluttujen pyöräilijää kuvaavien 3D-mallien luonnilla. PTV Vissimin asennuskansiosta löytyy valmiita 3D-malleja, joita voi halutessaan hyödyntää. Vaihtoehtoina voi esimerkiksi valita pyöräilijäksi naisen tai miehen ja pyöräksi tavallisen, sähkö- tai koppapyörän. Sähköpyörän nopeusjakauma eroaa tavallisesta pyörästä, joten oma 3D-malli on hyvä luoda **2D/3D Models** -asetuksissa. Asetuksista voidaan määrittää pyöräilijän haluttu koko, mutta PTV Vissimin oletusleveydet, -pituudet ja -korkeudet vastaavat hyvin luvussa 2.2 esitettyjä pyöräilijän mittoja.

Jokaiselle pyörätyypille tulee osoittaa omat nopeusjakaumat tasamaalle sekä tarpeen mukaan ylä- ja alamäkeen. Ominaisuudet lisätään **Desired Speed Distributions** -asetuksista. Opinnäytetyössä tavallisen pyörän osalta käytettiin COWI:n julkaisun arvoja. COWI:n arvoja tukevat luvussa 2.2 esitettyt nopeudet. Tasamaan jakauman kuvaaja on esitetty alla (kuva 43).



Kuva 43. Tavallisen polkupyörän nopeusjakauma tasamaalla. (COWI, 2013, s. 14)

Sähköpyörän nopeusjakaumaan tehtiin muutoksia oletusarvoon nähden. COWI:n julkaisussa sähköpyöräilijöistä kaikki ajoivat 22 – 30 km/h. Alle 26 km/h nopeutta ajoi vain 24 prosenttia pyöräilijöistä (kumulatiivinen). Tämä tarkoittaa sitä, että 76 prosenttia pyöräilijöistä polkisi kovempaa kuin 26 km/h. Suomessa sähköavustus loppuu nopeuteen 25 km/h, eikä sähköavustuksesta välttämättä oteta kaikkea apua irti, jolloin voidaan olettaa, että suomalaisista sähköpyöräilijöistä suurin osa polkee hitaammin kuin 26 km/h. Sähköpyörän nopeusjakauma muutettiin, siten että 24 prosenttia pyöräilijöistä polkee kovempaa kuin 26 km/h.

Opinnäytetyössä käytetyt eri nopeusjakaumat tasamaan tavalliselle ja sähköpyörälle löytyvät liitteestä 2.

Nopeusjakaumien lisäksi pyörille määritettiin kiihdytys- ja jarrutusparametrit **Desired Acceleration Functions** ja **Desired Deceleration Functions** -asetuksista. Samoja arvoja käytettiin sekä tavallisella, että sähköpyörällä. COWI:n määrittämät arvot sopivat myös Suomen olosuhteisiin, joten niitä hyödynnettiin suoraan. Arvot on esitetty myös liitteessä 2.

Luoduille pyörämalleille täytyy tehdä omat ryhmät **Vehicle Types**, **Vehicle Classes** ja **Vehicle Compositions** -asetuksiin, luetellussa järjestyksessä,

jotta pyörämalleja pystytään hyödyntämään. **Vehicle Types** -asetuksissa määritetään pyörätyypeittäin omat 3D mallit. **Vehicle Classes** -asetuksissa tyypit ryhmitetään yhteen ajoneuvokäyttäjär ryhmään. **Vehicle Compositions** on työkalu, jonka avulla määritetään kadulle käyttäjäryhmä sekä kulutapajakaumat eri auto- ja pyörätyyppien välillä. Opinnäytetyössä määritettiin, että sähköpyörien osuus on kolme prosenttia.

7.3.2 Pyörätieparametrit

Pyörätieparametreilla vaikutetaan siihen, miten pyöräilijät käyttäytyvät linjaosuuksilla ja liittymäalueilla. **Driving Behavior** -asteuksilla luodaan uudet käyttäytymismallit eri tieosuuksille. Käyttäytymismallit tulee määrittää vähintään linjaosuuksille ja odotusalueille. Liikennevalo-ohjatuissa liittymissä on hyvä määrittää myös oma käyttäytymismalli liittymäalueelle, joka on ominaisuuksiltaan linjaosuuden ja odotustilan välimuoto. Käyttäytymismallien pohjalla on Wiedemann 99.

Following-välilehdellä olevilla **Look ahead distance** ja **Look back distance** -asetuksilla vaikutetaan siihen, kuinka kaukaa edestä tai takaa pyöräilijä seuraa tai reagoi. **Number of interaction objects** - ja **Number of interaction vehicles** -arvot tulee määrittää riittävän korkeaksi liikennetilanteen mukaan. Odotusalueen käyttäytymismallissa tulee myös määrittää **Standstill distance for static obstacles** ja valita **Smooth closeup behavior**-asetus aktiiviseksi. **Standstill distance for static obstacles** määrittää etäisyyden simulointimallin objekteihin, kuten pysäytysviivaan.

Lateral-välilehdellä tulee käyttäytymismalleista riippuen valita haluttu pyöräilijän ajopuoli **Desired position at free flow** -valikosta. Odotustilassa ja liittymäalueella tulee valita **Diamond shaped queuing** -asetus aktiiviseksi. Tämän asetuksen avulla pyöräilijät saadaan seisomaan lomittain. **Overtake on same lane** -asetuksista voidaan määrittää kummalta puolelta autot tai pyörät ohitetaan tai kummalle puolelle valoissa jäädään odottamaan. **Minimum lateral distance-asetuksista** taas määritetään ohitusetäisyys eri nopeuksilla. Odotustilassa etäisyys on huomattavasti pienempi kuin linjaosuuksilla.

Link Behavior Types -asetuksiin tulee määrittää aiemmin nimettyjen käyttäytymismallien mukaan linkin käyttäytymismallit. Jokaiselle mallille osoitetaan pääsääntöisesti saman niminen **Driving Behavior** käyttäytymismalli. Linkkejä luodessa osoitetaan **Link Behavior** -asetuksella kunkin linkin oma käyttäytymismalli. Jos liittymässä on esimerkiksi pyörätaskut, tulee pyörätaskuille määrittää oma **Link behavior** -ryhmä, jossa pyöräliikenne käyttää odotustilan käyttäytymismallia ja autoliikenne omaa käyttäytymismalliaan. Esimerkiksi ohjelman oletusryhmänä olevaa Urban -käyttäytymismallia.

Työssä käytetyt pyörätieparametrit on esitetty liitteessä 2.

7.4 Tutkimuseriaatteet

7.4.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Simulointitutkimuksen lähtökohtana oli mallintaa mahdollisimman realistista polkupyöräilykäyttäytymistä, joten simuloinnit on tehty kappaleessa 7.2 esitettyjen pyöräilyparametrien mukaisesti. Liikennevalo-ohjausta käsittelevissä tarkasteluissa käytettiin samoja liikennemääriä, etäisyyksiä ja pysähtymiskohtia tarkasteltavien vaihtoehtojen simulointimalleissa. Lepotiloja tarkasteltavat mallit ja pyyntöjä tarkasteltavat mallit sekä niiden tulokset eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Kääntymistavan vertailussa liikennemäärät ja valo-ohjelmat simulointimalleissa ovat samat, mutta kuljettavat matkat eri. Ryhmittymiskäännöksessä matka on lyhyempi kuin pitkässä käännöksessä.

Simuloinnit suoritettiin tarkastelutilanteesta riippuen erilaisilla liikennemäärillä. Liikennemäärät jokaisessa mallissa perustuivat oletukseen liittymän kapasiteetista. Hiljaisen ajan liikennemäärät olivat pää- ja sivusuunnilla noin 10 tai 20 prosenttia liittymän kapasiteetista ja normaalitunnin noin 60 prosenttia. Tarkoituksena ei ollut mallintaa toimivuusongelmia, joten liikennemääräprosentti oli alhainen. Pyöräliikenteen määrä vaihteli tarkastelutilanteesta riippuen.

Simulointimalleissa käytettiin seuraavia liikennemääriä:

- Pääsuunta:
 - 50 ajon/h 10 % tilanteessa
 - 100 ajon/h 20 % tilanteessa
 - 300 ajon/h 60 % tilanteessa
- Sivusuunta:
 - 25 ajon/h 10 % tilanteessa
 - 50 ajon/h 20 % tilanteessa
 - 150 ajon/h 60 % tilanteessa
- Pyöräilijät (suunta):
 - 10 pp/h (lepotila- ja pyyntövertailut)
 - 100 pp/h (kääntymistavan vertailut)

Simuloinneissa käytetyt valo-ohjelmat luotiin PTV Vissimin kanssa yhteensopivalla VISVAP-lisäosalla. VISVAP-lisäosan avulla voitiin toteuttaa kysyntään pohjautuvat ryhmäpohjaiset liikennevalo-ohjelmoinnit ja mahdolliset pyöräilijän etuudet. Vasemmalle kääntymisen tapoja vertaillen simuloinneissa käytettiin kiinteää kiertoaikaa kiinteillä pyynnöillä.

Jokaisesta simuloinnista kerättiin liikenteen toimivuuden osoittamiseen käytettävää tunnuslukua eli tässä tapauksessa matka-aikaa. Matka-ajat kerättiin liittymän jokaiselta tulosuunnalta jokaiseen poistumissuuntaan. Opinnäytetyössä esitettiin kuitenkin vain merkitsevimpien suuntien ja käyttäjäryhmien matka-ajat. Matka-aikaan vaikuttaa liikennevalo-ohjel-

moinnin ja siitä aiheutuvien pysähdysten lisäksi myös ajoneuvojen nopeudet, kiihdytykset ja jarrutukset. Pyöräliikenteen kiihdytysten ja jarrutusten lisäksi vaikuttaa nopeushajonta ja pyörätyyppi. Pyöräilijän nopeusrajoitus on sama kuin rinnalla kulkevalla ajoväylällä. Pyöräilijä harvoin kuitenkaan polkee tätä vauhtia. Tavallisesti jokainen polkee oman kunnon tai halun mukaista vauhtia (< 30 km/h). Pyörätyyppi vaikuttaa myös nopeuteen. Kilpa- ja sähköpyörällä poljetaan keskimäärin kovempaa vauhtia kuin esimerkiksi kaupunkipyörällä.

7.4.2 Tilastollinen testaus

Eri simulointimallien tuloksina saatujen ajoneuvokohtaisten tunnuslukujen kuten matka-aikojen eron luotettavuutta testattiin tilastollisilla testausmenetelmillä. Testien avulla testattiin satunnaisuuden vaikutusta mitattuihin eroihin matka-aikojen keskiarvossa ja hajonnassa. Tilastollisten menetelmien valintaan vaikuttaa käsiteltävän tiedon normaalijakautuneisuus. Parametristen menetelmien käyttö edellyttää tiedon normaalijakaumaoletuksen täyttymistä. Normaalijakautuneisuus voidaan testata graafisen tai tilastollisen testin avulla. Mikäli normaalijakaumaoletus ei täyty, tulee testaus tehdä ei-parametrisella menetelmällä kuten Mann-Whitneyn U-testillä tai Kruskal-Wallis-testillä. (Kainulainen, 2008)

Opinnäytetyössä tarkasteltiin saman tapaustutkimuksen eri valo-ohjelman tai kääntymistavan vaikutuksia matka-ajan keskiarvojen poikkeavuuteen. Työssä valittiin tapauksesta riippuen kaksi tai useampi toisistaan riippumattonta simulointiajota, joissa valo-ohjelma tai vaihtoehtoiset tavat kääntyä vasemmalle pyöräkaistalta erosivat toisistaan. Matka-aika on tavallisesti normaalijakautunutta, jolloin testaus tehdään parametrisilla testauksilla. Oletus normaalijakautuneisuudelle on, että mikäli keskiarvojen otoskoko on riittävän suuri, yli 30, voidaan aineisto olettaa normaalijakautuneeksi (Taanila, 2015). Normaalijakautuneen aineiston testausmenetelmä kahden otoksen välillä on ”Kahden riippumattoman otoksen t-testi”.

Kahden riippumattoman otoksen t-testillä testataan tässä tapauksessa, poikkeavatko kahden toisistaan riippumattoman matka-ajan keskiarvot toisistaan ja onko matka-aikojen ero tilastollisesti merkitsevä. Testin nollahypoteesit voidaan kirjoittaa muotoon: ”matka-aikojen välillä ei ole eroa”. Testin ensimmäisessä vaiheessa päätellään, mitä varianssitestistä käytetään. (Kainulainen, 2008, s. 27-28). Yhtäsuurten varianssien testiä käytetään, kun verrattavien ryhmien varianssit ovat likimain yhtäsuuret. Erisuurten varianssien testiä taas käytetään tilanteissa, joissa verrattavien ryhmien varianssien yhtäsuuruutta ei voida olettaa. Käytettävä varianssien testi voidaan päättää Levene-testin perusteella. Jos Levene-testin p-arvo on 0,050 tai suurempi, käytetään yhtäsuurten varianssien testiä. P-arvon ollessa pienempi kuin 0,050, käytetään eri suurten varianssien testiä tulosten lukemiseen. (Taanila, 2016)

Kahden riippumattoman otoksen t-testin paikkaansa pitävyyttä kuvaa p-arvo. P-arvo on todennäköisyys sille, että laskettu ero on ainoastaan otantavirhettä. Jos p-arvo on:

- alle 0,050 = tilastollisesti melkein merkitsevä
- alle 0,010 = tilastollisesti merkitsevä
- alle 0,001 = tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Mitä pienempi p-arvo on, sitä enemmän keskiarvojen erotus on merkitsevä ja erotuksen yleistäminen saa tukea. Jos p-arvo on alle 0,050 (5 %), sitä pidetään yleensä riittävän pienenä erotuksen yleistämiseen. (Taanila, 2016 & Taanila, 2019)

Työn edetessä kävi kuitenkin ilmi, ettei matka-ajan aineisto ollut täysin normaalijakautunutta simulointilanteen takia. Koska tarkasteltavana oli vain yksi liittymä, autot ja pyöräilijät joko pääsivät pysähtymättä tai kerran pysähtyen liittymän läpi. Useamman liittymän mallissa auto tai pyöräilijä saattaa päästä kaikista liittymistä pysähtymättä läpi, pysähtyä kaikkiin tai pysähtyy vain osaan, jolloin matka-aikojen keskiarvot asettuvat paremmin normaalijakaumalle.

Normaalijakautuneisuus testattiin Kolmogorov-Smirnov ja Shapiro-Wilk -testien sekä Q-Q-kuvajien (*quantile-quantile plot*) avulla. Kolmogorov-Smirnov ja Shapiro-Wilk testeissä testataan nollahypoteesia ”muuttuja noudattaa normaalijakaumaa”. Mikäli p-arvo on suurempi kuin 0,05, nollahypoteesi jää voimaan. Jos Kolmogorov-Smirnov ja Shapiro-Wilk -testit johtavat erilaisiin päätelmiin, suositellaan käytettäväksi testejä, joissa ei tarvitse olettaa normaalijakautuneisuutta. (Taanila, 2015). Q-Q -kuvaajassa taas normaalisti jakautuneet muuttujan havaintoarvot seuraavat normitettujen odotusarvojen perusteella piirrettyä viivaa. Jos normaalijakautuneisuus pätee, kuvioon piirretyt pisteet sijoittuvat kuvioon piirretylle suoralle. Pisteparven systemaattinen poikkeama suoraviivaisuudesta viittaa joko vinouteen tai poikkeavaan normaalijakauman huipun sijoittumiseen. (Läärä, 2017, s.32)

Kaikki aineistot eivät noudattanut normaalijakaumaa, joten kahden simulointiajon matka-ajan keskiarvon välistä erotusta tarkasteltiin ei-parametrisilla Mann-Whitneyn U-testillä ja Kruskal-Wallis -testillä. Testeissä nollahypoteesi kirjoitetaan muotoon: ”matka-ajat ovat yhtä suuret”. Testeillä tarkastellaan p-arvon suuruutta kuten ”Kahden riippumattoman otoksen t-testillä”. (Taanila, 2013). Mann-Whitneyn U-testillä voidaan vertailla kahta otosta, kun taas Kruskal-Wallis -testillä voidaan vertailla kerralla useampaa otosta pareittain.

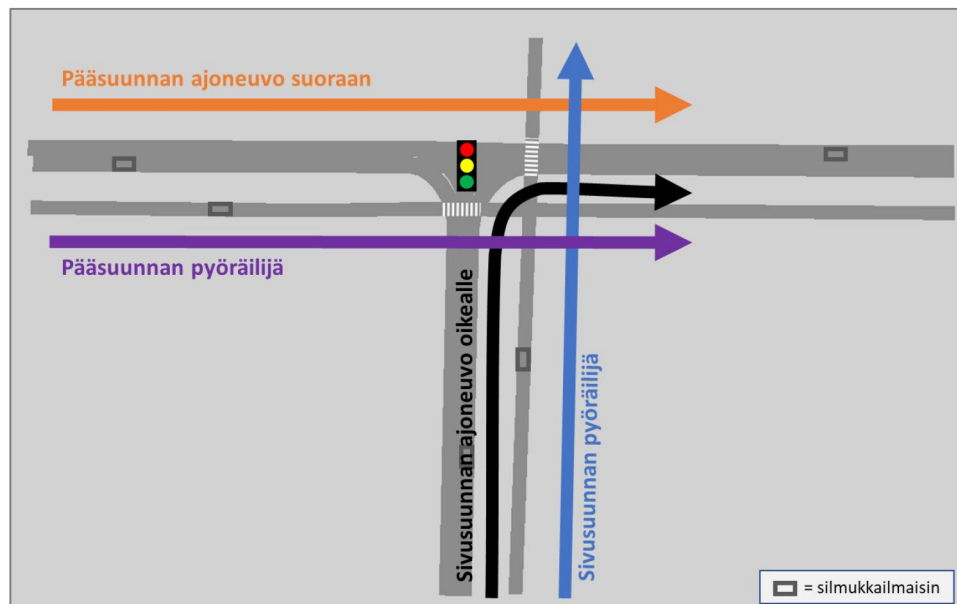
7.5 Tapaustutkimukset

7.5.1 Lepotilojen vertailu

Lepotilojen tarkasteluissa vertailtiin erilaisten lepotilojen vaikutuksia pyöräilijöiden ja autoliikenteen matka-aikoihin. Lepotilat ovat käytössä hiljaiseen aikaan, joten liikennemäärät tarkasteluissa olivat hyvin alhaiset, 10 prosenttia liittymän kapasiteetista. Tämä tarkoitti suunnittain noin 50 autoa/h/pääsuunta, 25 ajon/h/sivusuunta ja 10 pyöräilijää/h/suunta. Jotta pyöräilijöistä ja autoista saatiin tutkimusta varten riittävät otannat, simulointiajon pituutena oli 10 tuntia. Tarkastelun kohteena olivat seuraavat lepotilat:

- pääsuunnan vihreä lepotila
- kokopunainen lepotila
- suojateiden vihreä lepotila
- viimeinen vaihe ennallaan -lepotila.

Tarkasteltavina suuntina olivat pyöräilijöillä pää ja sivusuunnan suuntaisen pyörätiet sekä autoilla pääsuunta suoraan ja sivusuunnasta oikealle. Pyöräilijän sujuvuuteen vaikuttaa pyöräilijän vihreän pyyntöilmaisu, joten simulointiajot ajettiin kahdella erilaisella ilmaisintyyppillä. Ensimmäisessä vaihtoehdossa pyöräilijällä oli silmukkailmaisimien noin 40 metrin päässä pysäytyslinjasta ja toisessa vaihtoehdossa painonappi pysäytyslinjan yhteydessä. Autoliikenteellä silmukkailmaisimet olivat vaihtoehdosta ja suunnasta riippumatta noin 50 – 60 metrin päässä pysäytyslinjasta. Simulointimalli tarkasteltavien suuntien ja ilmaisimien kanssa on esitetty kuvassa 44.



Kuva 44. Liikennevalojen lepotiloja vertaileva simulointimallipohja, tarkasteltavat suunnat ja silmukkailmaisimien sijainnit.

Tuloksissa on esitetty histogrammina matka-ajat sekä taulukoituna matka-aikojen keskiarvot ja keskihajonnat. Histogrammien ja keskiarvojen vertailulla voidaan sanoa, heikentääkö vai parantaako valo-ohjaus tietyn käyttäjäryhmän sujuvuutta eli onko matka-aikojen keskiarvo suurempi tai pienempi. Jotta tulos on myös tilastollisesti merkitsevä, simulointiajot on tarkasteltu tilastollisin menetelmin. Normaalijakautuneisuus testattiin ensin Kolmogorov-Smirnov ja Shapiro-Wilk -testien sekä Q-Q -kuvaajien avulla. Tilastollinen testaus tehtiin tämän jälkeen Kruskal-Wallis -testillä. Kruskal-Wallis -testi vertailee kaikkia otoksia toisiinsa, mutta lepotiloja vertaillessa vain saman suunnan ajoneuvoryhmien otoksia voidaan vertailla muihin lepotiloohjelmiin samoilla ilmaisinjärjestelyillä tai samaan lepotiloohjelmaan eri ilmaisinjärjestelyillä (painonappi ja silmukkailmaisoin). Esimerkiksi pääsuunnan ja sivusuunnan pyöräilijöiden matka-aikoja ei voida vertailla keskenään, sillä kuljetut matkat ja liikennetilanteet ovat erilaiset toisiinsa nähden.

Matka-ajoista laadittiin histogrammit, joista näkyi, kuinka kauan aikaa kului yksittäisillä pyöräilijöillä tai autoilla liittymän ylitykseen. Histogrammit ja Q-Q -kuvaajat on esitetty liitteessä 3. Matka-aikojen keskiarvot, hajonnat, normaalijakautuneisuuden testaukset sekä Kruskal-Wallis -testin tuloksia on esitetty suunnittain ja kulkumuodoittain taulukoissa 3 – 6. Kruskal-Wallis -testin p-arvot on myös esitetty liitteessä 3.

Taulukko 3. Lepotilojen vertailu, pääsuunnan pyöräilijä.

Lepotilojen vertailu Pääsuunnan pyöräilijä n = 81		Matka-ajan keskiarvo	Matka-ajan hajonta	Kolmogorov- Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 3)
Silmukkailmaisoin	Pääsuunnan vihreä lepotila	36,430	11,4796	0,0141	0,0000	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset lepotilat)</i>
	Kokopunainen lepotila	37,684	7,2637	0,200	0,6768	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset lepotilat)</i>
	Suojateiden kokovihreä lepotila	35,943	11,6663	0,0006	0,0000	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset lepotilat)</i>
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	37,172	11,3104	0,0141	0,0002	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset lepotilat)</i>
Painonappi	Pääsuunnan vihreä lepotila	36,684	11,4422	0,0057	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä kokopunaiseen lepotilaan</i>
	Kokopunainen lepotila	40,147	8,3372	0,200	0,1787	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - pääsuunnan vihreä lepotila - suojateiden kokovihreä lepotila</i>
	Suojateiden kokovihreä lepotila	35,632	11,1307	0,0007	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä kokopunaiseen lepotilaan</i>
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	37,189	11,3104	0,0335	0,0003	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset lepotilat)</i>

Taulukko 4. Lepotilojen vertailu, sivusuunnan pyöräilijä.

Lepotilojen vertailu Sivusuunnan pyöräilijä n = 97		Matka-ajan keskiarvo	Matka-ajan hajonta	Kolmogorov- Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 3)
Silmukkailmais in	Pääsuunnan vihreä lepotila	27,175	9,2254	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - kokopunainen lepotila silmukkailma- ismella - suojateiden kokovihreä lepotila silmukkail- maisimella - pääsuunnan vihreä lepotila painonapilla
	Kokopunainen lepotila	31,522	10,3478	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - pääsuunnan vihreä lepotila silmukkail- maisimella - viim. vaihe ennallaan lepotila silmukkail- maisimella - kokopunainen lepotila painonapilla
	Suojateiden kokovihreä lepotila	26,404	10,5658	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - pääsuunnan vihreä lepotila silmukkail- maisimella - viimeinen vaihe ennallaan -lepotila sil- mukkailmaisimella - suojateiden kokovihreä lepotila painona- pilla
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	24,196	7,6767	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - kokopunainen lepotila silmukkailma- ismella - suojateiden kokovihreä lepotila silmuk- kailmaisimella - viimeinen vaihe ennallaan -lepotila paino- napilla
Painonappi	Pääsuunnan vihreä lepotila	32,624	8,2795	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - suojateiden kokovihreä lepotila painona- pilla - pääsuunnan vihreä lepotila silmukkail- maisimella
	Kokopunainen lepotila	37,078	9,8353	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - suojateiden kokovihreä lepotila painona- pilla - viimeinen vaihe ennallaan -lepotila paino- napilla - kokopunainen lepotila silmukkailma- ismella
	Suojateiden kokovihreä lepotila	26,468	10,7925	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - pääsuunnan vihreä lepotila painonapilla - kokopunainen lepotila painonapilla - viimeinen vaihe ennallaan -lepotila paino- napilla - suojateiden kokovihreä lepotila silmuk- kailmaisimella
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	29,019	7,6767	0,0000	0,0000	Ero tilastollisesti merkitsevä - kokopunainen lepotila painonapilla - suojateiden kokovihreä lepotila - viimeinen vaihe ennallaan -lepotila sil- mukkailmaisimella

Taulukko 5. Lepotilojen vertailu, pääsuunnan autot suoraan.

Lepotilojen vertailu Pääsuunnan autot suoraan n = 252		Matka-ajan keskiarvo	Matka-ajan hajonta	Kolmogorov- Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 3)
Pyöräilijällä silmukkalimaisin	Pääsuunnan vihreä lepotila	17,700	8,1649	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - kokopunainen lepotila (pp silmukka) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp silmukka)</i>
	Kokopunainen lepotila	18,654	4,6673	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - pääsuunnan vihreä lepotila (pp silmukka) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp silmukka) - viimeinen vaihe ennallaan (pp silmukka)</i>
	Suojateiden kokovihreä lepotila	25,692	10,9742	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä kaikkiin lepotiloihin, joissa pp silmukka</i>
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	17,542	7,4771	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - kokopunainen lepotila (pp silmukka) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp silmukka)</i>
Pyöräilijällä painonappi	Pääsuunnan vihreä lepotila	17,660	7,9906	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - kokopunainen lepotila (pp painonappi) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp painonappi)</i>
	Kokopunainen lepotila	18,727	4,6398	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - pääsuunnan vihreä lepotila (pp painonappi) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp painonappi) - viimeinen vaihe ennallaan (pp painonappi)</i>
	Suojateiden kokovihreä lepotila	25,218	10,7528	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä kaikkiin lepotiloihin, joissa pp painonappi</i>
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	17,617	7,4771	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - kokopunainen lepotila (pp painonappi) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp painonappi)</i>

Taulukko 6. Lepotilojen vertailu, sivusuunnan autot oikealle.

Lepotilojen vertailu Sivusuunnan autot oikealle n = 118		Matka-ajan keskiarvo	Matka-ajan hajonta	Kolmogorov- Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 3)
Pyöräilijällä silmukkailmaisin	Pääsuunnan vihreä lepotila	24,565	7,5857	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - kokopunainen lepotila (pp silmukka) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp silmukka)
	Kokopunainen lepotila	28,454	9,0526	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - pääsuunnan vihreä lepotila (pp silmukka) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp silmukka) - viimeinen vaihe ennallaan (pp silmukka)
	Suojateiden kokovihreä lepotila	37,156	16,4388	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - pääsuunnan vihreä lepotila (pp silmukka) - viimeinen vaihe ennallaan -lepotila (pp silmukka)
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	22,898	6,6686	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - kokopunainen lepotila (pp silmukka) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp silmukka)
Pyöräilijällä painonappi	Pääsuunnan vihreä lepotila	23,399	6,4828	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - kokopunainen lepotila (pp painonappi) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp painonappi)
	Kokopunainen lepotila	28,453	9,1857	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - pääsuunnan vihreä lepotila (pp painonappi) - viimeinen vaihe ennallaan (pp painonappi)
	Suojateiden kokovihreä lepotila	37,508	16,8328	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - pääsuunnan vihreä lepotila (pp painonappi) - viimeinen vaihe ennallaan (pp painonappi)
	Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila	22,841	6,6686	0,0000	0,0000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä</i> - kokopunainen lepotila (pp painonappi) - suojateiden kokovihreä lepotila (pp painonappi)

Toimivuustarkasteluissa saatujen matka-aikojen keskiarvojen ja Kruskal-Wallis -testin perusteella voidaan sanoa, ettei pääsuunnan pyöräilijällä ole merkitsevää eroa valitun lepotilan tai ilmaisimen välillä. Matka-aika kasvaa hieman kokopunaisella lepotilalla, mutta ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Pääsuunnan pyöräilijälle kaikki lepotilavaihtoehdot ovat lähes yhtä hyviä sujuvuuden kannalta.

Sivusuunnan pyöräilijällä on merkitsevä ero siinä, millä tavalla pyöräilijä saa vihreän pyynnön, painonapilla vai silmukkailmaisimella. Silmukkailmaisin pienentää merkitsevästi pyöräilijöiden matka-aikojen keskiarvoa muissa kuin suojateiden kokovihreässä lepotilassa. Suojateiden kokovihreä lepotila parantaa erityisesti sivusuunnan pyöräilijän sujuvuutta.

Pyöräliikenteen ilmaisutavalla ei ole merkittäviä vaikutuksia autoliikenteen matka-aikoihin. Matka-aikojen keskiarvojen erot sekä tilastolliset testaukset pyöräilijän ilmaisutapojen välillä ovat hyvin pienet, ja eivätkä ole tilas-

tollisesti merkitseviä. Lepotilojen ohjelmointeja vertaillen erot ovat tilastollisesti merkitseviä. Pää- ja sivusuuntien autoliikenteen kannalta suoja-ten kokovihreä lepotila on huonoin vaihtoehto. Muiden vaihtoehtojen matka-aikojen erot ovat pieniä, mutta tilastollisesti merkitseviä toisiinsa nähden. Pääsuunnan moottoriajoneuvoille vaihtoehdoista parhain on pääsuunnan vihreä lepotila ja sivusuunnan moottoriajoneuvoille viimeinen vaihe-ennallaan.

Liittymän kokonaisuutta ajatellen pyöräilijälle suositellaan silmukkailmaisinta parantamaan sujuvuutta ja vähentämään pysähdyksiä. Lepotiloista kaikkien kulkumuotojen ja suuntien osalta parhaimmat vaihtoehdot ovat pääsuunnan vihreä lepotila tai viimeinen vaihe ennallaan -lepotila.

7.5.2 Sivusuunnan pyöräilijän vihreän pyyntötapojen vertailu

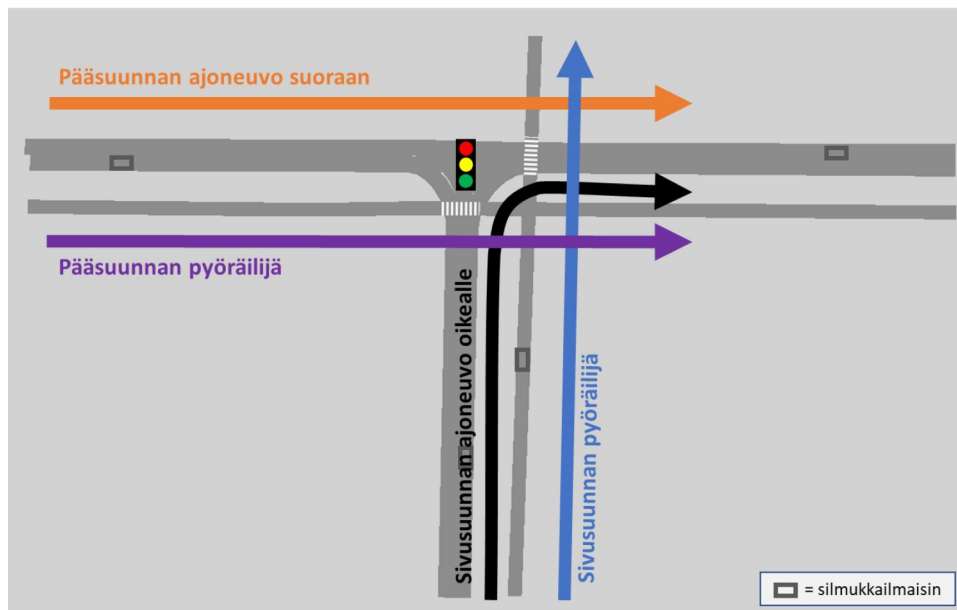
Sivusuunnan pyöräilijän vihreän pyyntötapojen tarkasteluissa vertailtiin pyyntötapojen vaikutuksia pyöräilijöiden ja autoliikenteen matka-aikoihin hiljaiseen aikaan (10 prosenttia liittymän kapasiteetista) ja normaaliin aikaan (60 prosenttia liittymän kapasiteetista). Eri liikennetilanteilla haluttiin selvittää pyyntötapojen vaikutuksia eri liikennemääriin. Hiljaisen ajan tarkasteluissa oli suunnittain noin 50 autoa/h/pääsuunta, 25 ajon/h/sivusuunta ja 10 pyöräilijää/h/suunta. Normaaliaikaan suunnittain oli noin 300 autoa/h/pääsuunta, 150 autoa/h/sivusuunta ja 10 pyöräilijää/h/suunta. Liikennevalojen ohjelmoinnin pohjalla käytettiin pääsuunnan vihreää lepotilaa, eli kun sivusuunnalla ei ollut kysyntä, pääsuunnan opastimet olivat vihreällä. Jotta pyöräilijöistä ja autoista saatiin tutkimusta varten riittävät otannat, simulointiajon pituutena oli 10 tuntia. Tarkastelun kohteena olivat seuraavat tilanteet:

- Hiljainen aika (10 prosenttia)
 - Sivusuunnan pyöräilijällä oma pyyntö
 - Sivusuunnan pyöräilijällä oheispyyntö
- Normaaliaika (60 prosenttia)
 - Sivusuunnan pyöräilijällä oma pyyntö
 - Sivusuunnan pyöräilijällä oheispyyntö
 - Sivusuunnan pyöräilijällä kiinteä pyyntö (liikennevalojen kiertoaika 60 s)

Hiljaisen ajan ja normaaliajan liikennevalojen kiertoaika mallinnettiin maksimissaan 60 sekunnin mittaisena, jossa sivusuunnan vihreä aika oli maksimissaan 20 sekuntia, pääsuunnan 30 sekuntia ja suoja-aika 5 sekuntia (x2). Sivusuunnan vihreä vaihe kesti minimissään 5 sekuntia, kun pyöräilijällä ei ollut samaan aikaan pyyntöä ja oheispyynnön ohjelmassa 20 sekuntia. Pääsuunnalla vihreä vaihe kesti aina vähintään 20 sekuntia, koska pääsuunnan pyöräilijällä oli kiinteä pyyntö.

Tarkasteltavina suuntina olivat pyöräilijöillä pää- ja sivusuunnan suuntaiset pyörätiet sekä autoilla pääsuunta suoraan ja sivusuunnasta oikealle. Pääsuunnan suuntaisella pyörätiellä oli kiinteä pyyntö lepotilasta johtuen. Mo-

lempien suojatieylitysten vaikutukset haluttiin kuitenkin saada selville pyöräilijöiden osalta. Autoliikenteen suunnista valittiin yksi sivusuunnasta ja yksi pääsuunnasta saapuva liikennevirta. Koska pyöräilijän sujuvuuteen vaikuttaa pyöräilijän vihreän pyyntöilmaisu, simulointiajot ajettiin kahdella erilaisella ilmaisintyypillä. Ensimmäisessä vaihtoehdossa pyöräilijällä oli painonappi pysäytyslinjan yhteydessä ja toisessa vaihtoehdossa silmukkailmaisimien noin 40 metrin päässä pysäytyslinjasta. Autoliikenteellä silmukkailmaisimet olivat vaihtoehdosta ja suunnasta riippumatta noin 50 – 60 metrin päässä pysäytyslinjasta. Simulointimalli tarkasteltavien suuntien ja ilmaisimien kanssa on esitetty kuvassa 45.



Kuva 45. Sivusuunnan pyöräilijän vihreän pyyntötapaaja vertaileva simulointimallipohja, tarkasteltavat suunnat ja silmukkailmaisimien sijainnit.

Tuloksissa on esitetty histogrammina matka-ajat sekä taulukoituna matka-aikojen keskiarvot ja keskihajonnat. Histogrammien ja keskiarvojen vertailulla voidaan sanoa, heikentääkö vai parantaako sivusuunnan pyöräilijän pyyntötapa ja käytössä oleva ilmaisimien tietyn käyttäjäryhmän sujuvuutta eli onko matka-aikojen keskiarvo suurempi tai pienempi. Jotta tulos on myös tilastollisesti merkitsevä, simulointiajot on tarkasteltu tilastollisin menetelmin. Normaalijakautuneisuus testattiin ensin Kolmogorov-Smirnov ja Shapiro-Wilk -testien sekä Q-Q-kuvaajien avulla. Testin mukaan pyöräilijöiden matka-aikaotanta oli normaalisti jakautunutta, mutta autoliikenteen ei. Tilastollinen testaus tehtiin tämän takia Kruskal-Wallis -testillä. Kruskal-Wallis -testi vertailee kaikkia otoksia toisiinsa, mutta sivusuunnan pyöräilijän vihreän pyyntötapaaja vertaillen vain saman suunnan ajoneuvoryhmien otoksia voidaan vertailla:

- vastaavan tilanteen eri kysynnän tilanteeseen,
- pyyntötapaaja samaan ilmaisimen tulokseen,
- saman ilmaisimen tuloksia eri pyyntöihin samoilla liikennemäärillä ja

- muihin lepotilaohjelmiin samoilla ilmaisinjärjestelyillä tai samaan lepotilaohjelmaan eri ilmaisinjärjestelyillä.

Esimerkiksi pääsuunnan ja sivusuunnan pyöräilijöiden matka-aikoja ei voida vertailla keskenään, sillä kuljetut matkat ja liikennetilanteet ovat erilaiset toisiinsa nähden.

Matka-ajoista laadittiin histogrammit, joista näkyi, kuinka kauan yksittäisten pyöräilijöiden tai autojen liittymän ylitys kesti. Histogrammit ja Q-Q -kuvaajat on esitetty liitteessä 4. Matka-aikojen keskiarvot, hajonnat, normaalijakautuneisuuden testaukset sekä Kruskal-Wallis -testin tuloksia on esitetty suunnittain ja kulkumuodoittain taulukoissa 7 – 10. Kruskal-Wallis -testin p-arvot on esitetty liitteessä 4.

Taulukko 7. Pyyntöjen vertailu, pääsuunnan pyöräilijä.

Pyyntöjen vertailu Pääsuunnan pyöräilijä n = 81			Matka-ajan keskiarvo	Matka-ajan hajonta	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 4)
Hiljainen aika 10 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	35,793	10,3449	0,006	0,000	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset tilanteet)</i>
		Oheispyyntö	36,567	11,5089	0,002	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkalilmaisin	Omapyyntö	35,464	10,2988	0,024	0,000	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset tilanteet)</i>
		Oheispyyntö	36,689	11,9230	0,004	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
Normaaliaika 60 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	39,180	10,8171	0,200	0,003	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset tilanteet)</i>
		Oheispyyntö	44,660	21,1000	0,009	0,012	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 10 % kysynnän tilanteeseen</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkalilmaisin	Omapyyntö	38,960	11,0821	0,200	0,003	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset tilanteet)</i>
		Oheispyyntö	44,574	13,7342	0,200	0,003	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 10 % kysynnän tilanteeseen</i>
	Kiinteä pyyntö (60 s)	40,568	11,7971	0,004	0,003	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (60 % kysynnän pyyntötavat)</i>	

Toimivuustarkasteluissa saatujen matka-aikojen ja Kruskal-Wallis -testin perusteella voidaan sanoa, ettei pääsuunnan pyöräliikenteen sujuvuudelle ole merkitsevää eroa hiljaiseen aikaan sivusuunnan pyöräliikenteen vihreän pyyntötavan ja ilmaisimen välillä. Matka-aikojen keskiarvot poikkeavat toisistaan noin sekunnin, eivätkä erot ole tilastollisesti merkitseviä. Normaaliaikaan pääsuunnan pyöräilijä kärsii hieman sivusuunnan oheispyynnöstä, sillä vihreää aikaa jää kokonaisuudessaan hieman vähemmän pääsuunnan pyöräilijälle. Erot eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitse-

viä. Tilanteessa, jossa sivusuunnan pyöräilijällä on oheispyyntö, pääsuunnan pyöräilijän matka-aika kasvaa mitä enemmän liikennettä liittymässä on. Ero matka-aikojen keskiarvoissa hiljaisen ja normaaliajan välillä on noin kahdeksan sekuntia ja ero on tilastollisesti merkitsevä.

Taulukossa 8 on esitetty sivusuunnan pyöräliikenteen matka-aikojen keskiarvot, hajonnat, normaalijakautuneisuuden testaukset sekä Kruskal-Wallis -testin tuloksia.

Taulukko 8. Pyyntöjen vertailu, sivusuunnan pyöräilijä.

Pyyntöjen vertailu Sivusuunnan pyöräilijä n = 97			Matka-ajan keskiarvo	Matka-ajan hajonta	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 4)
Hiljainen aika 10 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	40,501	16,4544	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oma pyyntö (silmukkailmaisoin, 10 %) - vastaava 60 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	33,554	10,2817	0,000	0,000	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (vertailukelpoiset tilanteet)</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkailmaisoin	Omapyyntö	33,245	16,3587	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oma pyyntö (painonappi, 10 %) - vastaava 60 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	28,692	12,3161	0,000	0,000	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (10 % kysynnän pyyntötavat) Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
Normaaliaika 60 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	50,138	18,0968	0,008	0,003	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oheispyyntö (painonappi, 60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	37,384	17,0000	0,022	0,002	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä omaan pyyntöön (painonappi, 60 %)</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkailmaisoin	Omapyyntö	48,032	18,6327	0,200	0,012	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oheispyyntö (silmukkailmaisoin, 60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	37,030	14,4435	0,008	0,003	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oma pyyntö (silmukkailmaisoin, 60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
	Kiinteä pyyntö	34,270	13,7483	0,000	0,000	<i>Ero ei tilastollisesti merkitsevä (60 % kysynnän pyyntötavat)</i>	

Matka-aikojen keskiarvojen ja Kruskal-Wallis -testin perusteella voidaan sanoa, että hiljaiseen aikaan sivusuunnan pyöräilijä hyötyy silmukkailmaisimen aientavasta pyynnöstä kaikkein eniten. Mikäli sivusuunnan pyöräilijällä on silmukkailmaisoin, oma pyyntö ja oheispyyntö ovat yhtä hyviä vaihtoehtoja. Matka-aikojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Normaaliaikaan sivusuunnan pyöräilijä hyötyy oheispyynnöstä, jolloin matka-aikojen erot ovat noin kymmenen sekuntia. Tulos on myös tilastollisesti merkitsevä. Pyöräilijän ilmaisimella ei ole tilanteessa niin suurta merkitystä kuin

hiljaiseen aikaan. Kiinteä pyyntö lyhentää keskimääräistä matka-aikaa, mutta ero ei ole tilastollisesti merkitsevä muihin 60 prosentin kysynnän tilanteisiin.

Taulukossa 9 on esitetty pääsuunnan suojaan ajavien autojen matka-aikojen keskiarvot, hajonnat, normaalijakautuneisuuden testaukset sekä Kruskal-Wallis -testin tuloksia.

Taulukko 9. Pyyntöjen vertailu, pääsuunnan auto suoraan.

Pyyntöjen vertailu Pääsuunnan autot suoraan n = 252 (10 %) n = 1509 (60 %)			Matka-aajan keskiarvo	Matka-aajan hajonta	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 4)
Hiljainen aika 10 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	16,689	6,9230	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
		Oheispyyntö	17,712	8,2922	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkalmaisain	Omapyyntö	16,321	6,4279	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
		Oheispyyntö	17,560	8,1450	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
Normaaliaika 60 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	21,926	9,4502	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oheispyyntö (painonappi, 60 %) - kiinteä pyyntö (60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	23,940	12,2000	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oma pyyntö (painonappi, 60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkalmaisain	Omapyyntö	21,951	9,4628	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oheispyyntö (silmukkalmaisain, 60 %) - kiinteä pyyntö (60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	23,932	10,7082	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oma pyyntö (silmukkalmaisain, 60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
	Kiinteä pyyntö		24,528	10,3490	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä omiin pyyntöihin (60 %)</i>

Pääsuunnan autoliikenteelle ei ole hiljaiseen aikaan merkitystä, millä tavalla tai ilmaisimella sivusuunnan pyöräilijä saa vihreän pyynnön. Pyyntötavan merkitys kuitenkin kasvaa, mitä enemmän liikennettä liittymässä on. Normaaliaikaan pääsuunnan autoilijan näkökulmasta kiinteä pyyntö on heikoin ja sivusuunnan pyöräilijän sama oma pyyntö parhain, jolloin myös erot ovat tilastollisesti merkitseviä. Pyöräilijän ilmaisimella ei normaaliaikaankaan ole merkitystä pääsuunnan autoille. Matka-aikojen keskiarvot poikkeavat sekuntimääräisesti hyvin vähän toisistaan, joten pääsuunnan autoille pyynnöstä tai ilmaisimesta aiheutuvat viivytyserot ovat pieniä.

Taulukossa 10 on esitetty sivusuunnasta saapuvien, oikealle kääntyvien autojen matka-aikojen keskiarvot, hajonnat, normaalijakautuneisuuden testaukset sekä Kruskal-Wallis -testin tuloksia.

Taulukko 10. Pyyntöjen vertailu, sivusuunnan autot oikealle

Lepotilojen vertailu Sivusuunnan autot oikealle n = 118 (10 %) n = 796 (60 %)			Matka-ajan keskiarvo	Matka-ajan hajonta	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Kruskal-Wallis testi (testaus matka-aikojen keskiarvosta, p-arvot liitteessä 4)
Hiljainen aika 10 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	26,540	10,4295	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
		Oheispyyntö	25,621	9,5528	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkalmaisissa	Omapyyntö	28,163	11,6974	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
		Oheispyyntö	27,277	11,1079	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä vastaavaan 60 % kysynnän tilanteeseen</i>
Normaaliaika 60 %	Sivusuunnan pyöräilijän painonappi	Omapyyntö	36,376	16,5467	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oheispyyntö (painonappi, 60 %) - kiinteä pyyntö (60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	32,504	17,0000	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oma pyyntö (painonappi, 60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
	Sivusuunnan pyöräilijän silmukkalmaisissa	Omapyyntö	36,474	16,3870	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oheispyyntö (silmukkalmaisissa, 60 %) - kiinteä pyyntö (60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
		Oheispyyntö	32,557	13,0887	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä - oma pyyntö (silmukkalmaisissa, 60 %) - vastaava 10 % kysynnän tilanne</i>
	Kiinteä pyyntö		31,518	12,6187	0,000	0,000	<i>Ero tilastollisesti merkitsevä omiin pyyntöihin (60 %)</i>

Sivusuunnan autoliikenteelle ei ole hiljaiseen aikaan merkitystä, millä tavalla tai ilmaisimella sivusuunnan pyöräilijä saa vihreän pyynnön. Pyyntötavan merkitys kasvaa, mitä enemmän liikennettä liittymässä on. Normaaliaikaan sivusuunnan autoilijan näkökulmasta kiinteä pyyntö on paras ja sivusuunnan pyöräilijän saama oma pyyntö heikoin, jolloin myös erot ovat tilastollisesti merkitseviä. Sivusuunnan pyöräilijän oma pyyntö on sivusuunnan autoille oheispyyntöä heikompi, sillä autoilijat saavat oman pyynnön ohjelmissa vähemmän vihreää valoa. Esimerkiksi jos liittymään saapuu kaksi autoa, joista jälkimmäinen ei ehdi ajoissa ilmaisimelle, saa ensimmäinen auto vain minimivihreän. Oheispyynnön aikaan minimivihreä on pidempi suojatien jalankulkuopastimien vaatiman minimivihreän vuoksi. Pyöräilijän ilmaisimella ei normaaliaikaan ole merkitystä sivusuunnan moottoriajoneuvoille.

Liittymän kokonaisuutta ajatellen pyöräilijälle suositellaan aina silmukkailmaisinta parantamaan sujuvuutta ja vähentämään pysähdyksiä. Pyöräilijän pääsuunnan perusteella suositellaan harkittavaksi oman pyynnön ja oheispyynnön toteuttamista. Myös jalankulkijoiden määrät, liittymän geometria sekä palveluiden ja linja-autopysäkkien sijainnit tulee huomioida pyyntötavan valinnassa. Mikäli pääsuunnan ylittävällä suojatiellä on paljon käyttäjiä, suositellaan oheispyyntöä. Jos taas sivusuunnan ylittävällä suojatiellä on enemmän käyttäjiä, suositellaan omaa pyyntöä. Mikäli liittymässä ei ole sivusuunnan pyöräilijällä silmukkailmaisinta, oheispyyntö tai kiinteäpyyntö ovat pyöräilijän sujuvuuden kannalta omaa pyyntö paremmat vaihtoehdot.

7.5.3 Ryhmittymiskäännöksen ja pitkän käännöksen vertailu

Ryhmittymiskäännöksen ja pitkän käännöksen tarkastelussa vertailtiin pää- ja sivusuunnasta saapuvien pyörien ja autojen matka-aikoja pyöräkaistalta tehtävien kahden erilaisen vasemmalle kääntymistavan välillä. Tarkastelun pääasiallisena tarkoituksena oli verrata kääntymistavan aiheuttavia viiveitä niin pyöräilijän, kuin moottoriajoneuvoliikenteen näkökulmasta. Tarkastelu toteutettiin nelihaarisessa liittymässä kiinteällä valo-ohjauksella, jotta vaikutukset saatiin näkyville sekä pää-, että sivusuunnille. Vertailtavista malleista ensimmäisessä pyöräilijät kääntyivät liittymästä vasemmalle pitkän käännöksen mukaisesti. Toisessa pyörät kääntyivät vasemmalle pyörätaskusta ryhmittymiskäännöksen mukaisesti. Ryhmittymiskäännös on kuvattu tarkemmin luvussa 5.3.5 ja pitkä käännös luvussa 5.3.6.

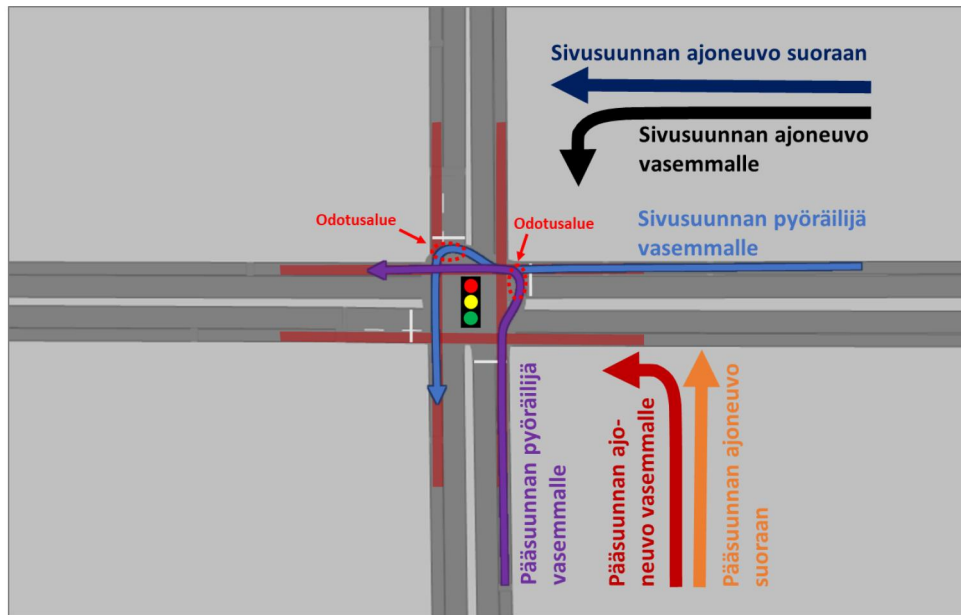
Vertailussa tarkasteltiin kahta erilaista liikennetilannetta, joissa liittymän kapasiteetista oli käytössä joko 20 prosenttia tai 60 prosenttia. Pyöräilijöitä molemmissa tilanteissa oli normaalia enemmän, noin 100 pyöräilijää tunnissa. Korkealla pyöräilijämäärällä saatiin vaikutukset paremmin esiin. Koska liittymän valo-ohjaus toteutettiin kiinteällä valo-ohjelmalla, ei pyöräilijöiden liittymään saapumisajankohdalla ja -tiheydellä ollut vaikutusta liikennevalo-ohjelman toimintaan. Simulointiajon kesto oli yksi tunti.

Tarkasteltavaksi suunniksi valittiin kuusi suuntaa:

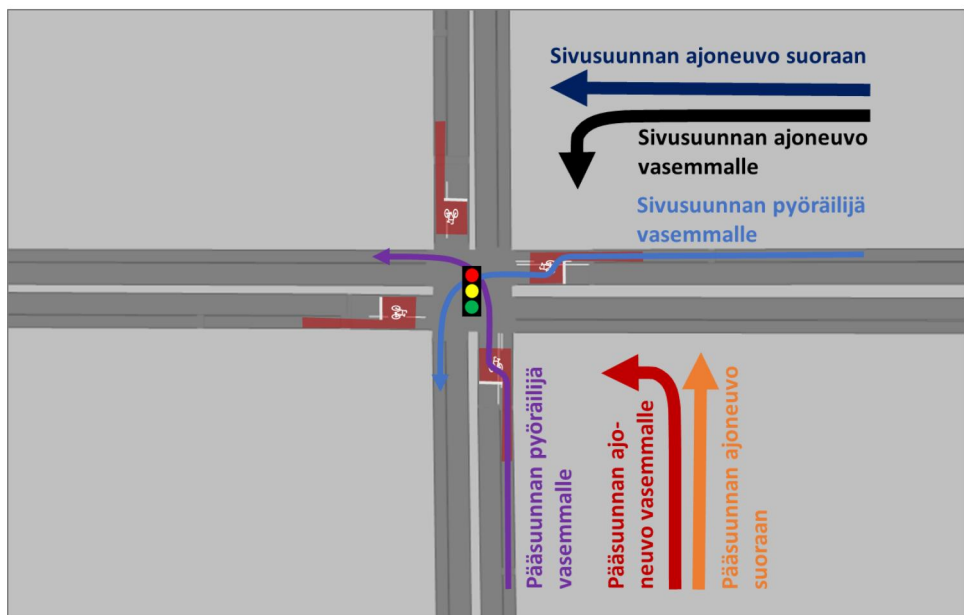
- pääsuunnan vasemmalle kääntyvä pyöräilijä
- sivusuunnan vasemmalle kääntyvä pyöräilijä
- pääsuunnasta vasemmalle kääntyvä moottoriajoneuvo
- pääsuunnasta suoraan ajava moottoriajoneuvo
- sivusuunnasta vasemmalle kääntyvä moottoriajoneuvo
- sivusuunnasta suoraan ajava moottoriajoneuvo

Pää- ja sivusuunnan tarkasteluilla haluttiin vertailla kääntymistavan vaikutuksia eri liikennemäärillä. Vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen lisäksi haluttiin selvittää myös suoraan menevän ajoneuvon matka-ajan muutokset pyöräliikenteen järjestelyistä johtuen. Liittymän keskelle pysähtyneen

pyöräilijän oletettiin vaikuttavan myös suoraan ajavien autojen matka-aikaan. Simulointimallit tarkasteltavien suuntien kanssa on esitetty kuvissa 46 ja 47.



Kuva 46. Case 3 pyöräilijän pitkäkäännös -simulointimalli ja tarkasteltavat suunnat.



Kuva 47. Case 3 pyöräilijän ryhmittymiskäännös -simulointimalli ja tarkasteltavat suunnat.

Kääntymistavan vertailun tuloksissa on esitetty histogrammina matka-ajat sekä taulukoituna matka-aikojen keskiarvot ja keskihajonnat suunnittain ja ajoneuvoluokittain. Histogrammien ja keskiarvojen vertailulla voidaan sanoa, heikentääkö vai parantaako kääntymistapa tietyn käyttäjäryhmän sujuvuutta eli onko matka-aikojen keskiarvo suurempi tai pienempi. Jotta

tulos on myös tilastollisesti merkitsevä, simulointiajot on tarkasteltu tilastollisin menetelmin, kahden riippumattoman otoksen t-testillä ja Mann-Whitneyn U-testillä. Testaamalla tuloksia parametrisellä ja ei-parametrisellä testeillä haluttiin selvittää, onko tulos sama, vaikka otos ei olisi normaalisti jakautunut. Normaalijakautuneisuus testattiin Kolmogorov-Smirnov ja Shapiro-Wilk -testien sekä Q-Q-kuvaajien avulla. Matka-aikojen normaalijakautuneisuutta kuvaavat Q-Q-kuvaajat sekä matka-aikojen histogrammit on esitetty liitteessä 5. Matka-aikojen keskiarvot, hajonnat ja erotukset on esitetty taulukossa 11. Tilastollisten testien tulokset taas on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 11. Ryhmittymiskäännöksen ja pitkän käännöksen vertailu matka-aikaan.

Pitkän käännöksen ja ryhmittymiskäännöksen vertailu		Matka-ajan keskiarvo		Matka-ajan hajonta		Matka-ajan keskiarvon erotus	Muutos
		Pitkäkäännös	Ryhmittymiskäännös	Pitkäkäännös	Ryhmittymiskäännös		
Hijainen aika 20 %	Pääsuunnan pyöräilijä	103,477	70,382	28,3613	18,3286	-33,095	Ryhmittymiskäännös lyhentää merkittävästi pyöräilijän matka-aikaa
	Sivusuunnan pyöräilijä	109,951	84,879	27,9028	23,3106	-25,072	Ryhmittymiskäännös lyhentää merkittävästi pyöräilijän matka-aikaa
	Pääsuunnan ajoneuvo vasemmalle	40,772	43,724	15,4959	15,7953	2,952	Ryhmittymiskäännöksen vaikutukset vähäiset
	Pääsuunnan ajoneuvo suoraan	34,600	37,781	13,2462	15,3135	3,181	Ryhmittymiskäännöksen vaikutukset vähäiset
	Sivusuunnan ajoneuvo vasemmalle	51,483	58,291	19,7630	22,9799	5,928	Ryhmittymiskäännöksen vaikutukset vähäiset
	Sivusuunnan ajoneuvo suoraan	46,206	49,529	22,0428	25,7154	3,324	Ryhmittymiskäännöksen vaikutukset vähäiset
Normaalijakauma 60 %	Pääsuunnan pyöräilijä	103,477	76,7360	28,361	19,1696	-26,741	Ryhmittymiskäännös lyhentää merkittävästi pyöräilijän matka-aikaa
	Sivusuunnan pyöräilijä	109,951	86,318	27,9028	23,0889	23,633	Ryhmittymiskäännös lyhentää merkittävästi pyöräilijän matka-aikaa
	Pääsuunnan ajoneuvo vasemmalle	44,809	49,266	18,1255	19,4951	4,457	Pitkäkäännös lyhentää merkittävästi auto-liikenteen matka-aikaa
	Pääsuunnan ajoneuvo suoraan	45,275	52,023	16,7980	19,9053	6,748	Pitkäkäännös lyhentää merkittävästi auto-liikenteen matka-aikaa
	Sivusuunnan ajoneuvo vasemmalle	49,070	57,720	20,7178	24,8588	8,650	Pitkäkäännös lyhentää merkittävästi auto-liikenteen matka-aikaa
	Sivusuunnan ajoneuvo suoraan	51,113	58,688	19,7898	22,3554	7,575	Pitkäkäännös lyhentää merkittävästi auto-liikenteen matka-aikaa

Taulukko 12. Ryhmittymiskäännöksen ja pitkän käännöksen tilastolliset testaukset

Pitkän käännöksen ja ryhmittymiskäännöksen vertailu		Normaalijakautuneisuus				Tilastollinen testaus				
		Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk		Kahden riippumattoman otoksen T-testi			Mann-Whitneyn U-testi	
		Pitkääkännös	Ryhmittymiskäännös	Pitkääkännös	Ryhmittymiskäännös	Levene testi	P-arvo	Merkitsevyys	P-arvo	Tulos
Hiljainen aika 20 %	Pääsuunnan pyöräilijä	0,009	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	Tilastollisesti merkitsevä	0,000	Nollahypoteesi ei voimassa
	Sivusuunnan pyöräilijä	0,024	0,081	0,003	0,011	0,038	0,000	Tilastollisesti merkitsevä	0,000	Nollahypoteesi ei voimassa
	Pääsuunnan ajoneuvo vasemmalle	0,000	0,007	0,000	0,004	0,918	0,476	Tilastollisesti ei merkitsevä	0,164	Nollahypoteesi jää voimaan
	Pääsuunnan ajoneuvo suoraan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,167	0,279	Tilastollisesti ei merkitsevä	0,073	Nollahypoteesi jää voimaan
	Sivusuunnan ajoneuvo vasemmalle	0,200	0,200	0,079	0,251	0,477	0,287	Tilastollisesti ei merkitsevä	0,223	Nollahypoteesi jää voimaan
	Sivusuunnan ajoneuvo suoraan	0,046	0,016	0,006	0,006	0,327	0,688	Tilastollisesti ei merkitsevä	0,865	Nollahypoteesi jää voimaan
Normaaliaika 60 %	Pääsuunnan pyöräilijä	0,009	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	Tilastollisesti merkitsevä	0,000	Nollahypoteesi ei voimassa
	Sivusuunnan pyöräilijä	0,024	0,086	0,003	0,018	0,023	0,000	Tilastollisesti merkitsevä	0,000	Nollahypoteesi ei voimassa
	Pääsuunnan ajoneuvo vasemmalle	0,000	0,000	0,000	0,000	0,473	0,060	Tilastollisesti ei merkitsevä	0,037	Nollahypoteesi ei voimassa
	Pääsuunnan ajoneuvo suoraan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,001	Tilastollisesti merkitsevä	0,000	Nollahypoteesi ei voimassa
	Sivusuunnan ajoneuvo vasemmalle	0,000	0,035	0,000	0,001	0,135	0,023	Tilastollisesti melkein merkitsevä	0,028	Nollahypoteesi ei voimassa
	Sivusuunnan ajoneuvo suoraan	0,004	0,027	0,000	0,001	0,280	0,044	Tilastollisesti melkein merkitsevä	0,031	Nollahypoteesi ei voimassa

T-testin ja U-testin tulokset ovat 20 prosentin kapasiteetin vertailuissa yhtenevät. Matka-aikojen keskiarvon sekä testien perusteella voidaan sanoa, että pyöräilijän matka-aika lyhenee merkittävästi ryhmittymiskäännöksellä. Ero on tilastollisesti merkitsevä ja keskiarvojen erotuksen luotettavuus paikkaansa pitävä. Autoliikenteen osalta ryhmittymiskäännöksen vaikutukset ovat vähäisiä. Keskiarvojen muutokset ovat 4 – 10 sekunnin luokkaa suunnasta riippuen, mutta erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Testien perusteella voidaan sanoa, ettei ajoneuvojen matka-ajat pitene merkittävästi pyöräilijän pitkään käännökseen nähden.

Pyöräliikenteen tulokset 60 prosentin kapasiteetin ja 20 prosentin kapasiteetin välillä olivat yhtenevät. Autoliikenteen osalta kasvanut liikennemäärä muuttaa mitatut matka-aikojen erotukset tilastollisesti merkitseväksi tai melkein merkitseväksi. Tämä tarkoittaa sitä, että ryhmittymiskäännös heikentää todistetusti autoliikenteen kapasiteettia ja pidentää matka-aikoja, erityisesti pääsuunnan liikenteeltä.

Tilastollisessa testauksessa pääsuunnan vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen tilastollisten testausten tulokset eroavat toisistaan U-testin ja T-testin välillä. Ero p-arvossa on kuitenkin hyvin pieni, sillä testien tulokset ovat jakautuneet tasaisesti raja-arvon 0,050 molemmiin puolin. Koska muiden moottoriajoneuvosuuntien tulokset ovat olleet merkitsevät tai melkein merkitsevät, voidaan pääsuunnan vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen tulosta olettaa lähes tilastollisesti melkein merkitseväksi.

Simulointien tulosten perusteella voidaan todeta, että ryhmittymiskäännöstä suositellaan aina pyöräkaistallisiin liittymiin sivusuunnille, joissa moottoriajoneuvoliikennemäärät ovat vähäiset ja vihreä vaihe lyhyt. Tällöin vaikutus kohdistuu vain muutamiin moottoriajoneuvoihin, mutta pyöräilijät hyötyvät kääntymistavasta merkittävästi. Pääsuunnilla, joissa punainen vaihe on lyhyt ei pyörätaskua voida suositella pyöräilijän turvallisuuden vuoksi. Vaikka matka-aika lyhenisi merkittävästi, liittymän keskelle pysähtyvällä pyöräilijällä on aina riski joutua takaa tulevan moottoriajoneuvon yliajamaksi. Myös tilanne, jossa pyöräilijä kääntyy pyörätaskuun juuri vihreän vaiheen alkaessa, voi aiheuttaa törmäyksen auton kanssa. Auton kuljettaja saattaa keskittyä lähtövaiheessa vain valon vaihtumiseen eikä rinnalle saapuvaan pyöräilijään.

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

8.1 Yhteenveto

Opinnäytetyössä selvitettiin ensimmäisen päätutkimuskysymyksen mukaisesti, millä tavalla Suomessa sekä muissa maissa pyöräilijöitä on otettu huomioon liikennevalo-ohjatuissa liittymissä. Tutkimuksen pohjalta määritettiin Espooseen soveltuvia vaihtoehtoisia keinoja, joiden avulla pyöräilijöiden olosuhteita voidaan parantaa liikennevalo-ohjatuissa liittymissä. Työssä tarkastellut keinot ovat vaihtoehtoja tavallisen liikennesuunnittelun rinnalle ja samalla ne täydentävät aiemmin puuttunutta pyöräilijän huomioivaa näkökulmaa liikennevalo-ohjelmoinnin kannalta. Työn aikana nousi esiin myös keinoja, jotka eivät soveltuneet Espoon kaupungin käyttöön. Nämä keinot voivat kuitenkin soveltua toisiin suomalaisiin kaupunkiin tai kuntiin.

Opinnäytetyössä määritetyt keinojen mittaesimerkit ja toteutustavat pohjautuvat tieliikennelakiin ja suomalaisiin suunnitteluohjeisiin. Ne perustuvat pääsääntöisesti Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) ”Jalankulkuja pyöräilyväylien suunnittelu”- sekä ”Tiementöiden suunnittelu” -ohjeisiin. Keinot, joita ei löydy tieliikennelaista tai suunnitteluohjeista edellyttävät liikenne- ja viestintäministeriöstä haettavaa poikkeuslupaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli myös tuoda pyöräilijän huomioivaa näkökulmaa liikennevalojen suunnitteluun. Suomessa liikennevalosuunnittelua ohjaa Liikenneviraston (nykyinen Väylävirasto) ”Maanteiden liikennevalojensuunnittelu LIVASU 2016” -ohje sekä Espoossa lisäksi kaupungin oma ”Espoon liikennevalojen suunnittelu” -ohje. Opinnäytetyössä esitettiin ilmaisintyyppit, joiden avulla pyöräilijä voi saada vihreän pyynnön sekä liikennevalojen toiminnan vaihtoehtoja. Liikennevalojen toiminnan vaihtoehtojen vaikutuksia pyöräilijöihin ja autoliikenteeseen tutkittiin simuloinneilla. Simulointien tulosten luotettavuutta arvioitiin tapauskohtaisesti tilastollisten testien avulla. Tilastollisia testausmenetelmiä olivat Mann-Whitneyn U-testi, Kruskal-Wallis -testi ja kahden riippumattoman otoksen t-testi sekä normaalijakautuneisuuden testit.

Opinnäytetyössä määritettiin ja ideoitiin 19 erilaista pyöräilyn olosuhteiden parannuskeinoa, selvitettiin pyöräilijän tunnistavat, mahdollisimman luotettavat ilmaisimet sekä esitettiin erilaisten liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdot pyöräilijän näkökulmasta. Keinojen valintaperusteiden määrittäminen oli toisena opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä ja siihen pyrittiin löytämään mahdollisimman kattavat vastaukset johtopäätöksiin.

Liikennevalo-ohjauksen vaihtoehtoja ja pyöräkaistan vasemmalle kääntymisen vaihtoehtoisia tapoja tutkittiin simuloinneilla. Simulointeja varten määritettiin PTV Vissim -simulointiohjelmalle polkupyöräilyparametrit, jotka soveltuvat Suomen olosuhteisiin. Simulointien ja tilastollisten testauskäsien perusteella voitiin todeta, miten erilaiset lepotilat tai sivusuunnan

pyöräilijän vihreän pyyntötapa vaikuttivat pyörä- tai autoliikenteen matka-aikoihin suunnittain.

Liittymän kokonaisuutta ajatellen pyöräilijälle suositellaan silmukka- tai muuta saapuvan pyöräilijän tunnistavaa ilmaisinta. Liittymää ennen sijoitettu ilmaisin parantaa pyöräilijän sujuvuutta ja lyhentää matka-aikoja. Lepotiloista kaikkien kulkumuotojen ja suuntien osalta parhaimmat vaihtoehdot olivat pääsuunnan vihreä lepotila tai viimeinen vaihe ennallaan -lepotila.

Sivusuunnan vihreän pyyntötapaa valittaessa tulee huomioida pyöräilijöiden suuntautuminen, jalankulkijoiden määrät, liittymän geometria sekä palveluiden ja linja-autopysäkkien sijainnit. Mikäli pääsuunnan ylittävällä suoja-alueella on paljon käyttäjiä, suositellaan oheispyyntöä oman pyynnön rinnalle. Jos taas sivusuunnan ylittävällä suoja-alueella on enemmän käyttäjiä, suositellaan pelkkää omaa pyyntöä. Oheispyyntö oman pyynnön rinnalla ja kiinteä pyyntö ovat pyöräilijän sujuvuuden kannalta pelkkää omaa pyyntöä paremmat vaihtoehdot, mikäli liittymässä ei ole silmukkailmaisimia sivusuunnan pyöräilijällä.

Ryhmittymis- ja pitkäkäännöksen vertailuissa todettiin, että pitkäkäännös kasvattaa merkittävästi pyöräilijän matka-aikaa ja ryhmittymiskäännös autoliikenteen matka-aikaa, erityisesti ruuhka-aikaan. Kääntymistapoja vertaillessa tulee kuitenkin muistaa pyöräilijöiden turvallisuus, joka on huomattavasti parempi, kun pyöräilijä kääntyy pitkän käännöksen mukaan. Ryhmittymiskäännöstä suositellaan hiljaisille sivukaduille, joissa pyöräilijällä on pitkä punainen vaihe. Pitkä käännös taas soveltuu erityisesti pääsuunnille.

8.2 Johtopäätökset

8.2.1 Valintaperusteet

Opinnäytetyössä esitetyt pyöräilijän olosuhteiden parantamiskeinot ovat vaihtoehtoisia tapoja, joiden avulla voidaan parantaa pyöräilijän sujuvuutta, mukavuutta ja turvallisuutta. Keinojen tarkoitus on olla pääasiallisesti vaihtoehtoja, joita voidaan toteuttaa tarpeen mukaan yksittäisissä tai useammassa lähekkäin olevissa liittymissä muun liikennesuunnittelun rinnalla. Opinnäytetyöhön valittiin esitettäväksi ne keinot, joiden avulla pyöräilijän olosuhteiden oletetaan paranevan sekä pienillä, että hieman suuremmilla muutoksilla ja toimenpiteillä. Yhtenä keinoja rajaavana tekijänä oli, että ne voitiin toteuttaa nykyisellä olemassa olevalla tekniikalla. Osa keinoista vaatii kuitenkin poikkeusluvan liikenne- ja viestintäministeriöstä toteutusta varten.

Kuhunkin tarkoitukseen tai tilanteeseen sopiva keino valitaan aina liittymä- tai aluekohtaisesti. Valinnoissa tulee pyrkiä siihen, että järjestelyt

vierekkäisissä liittymissä ovat mahdollisimman yhtenäiset. Pilottikohteita suunniteltaessa ja toteuttaessa suositellaan pilotointi järjestettävän muutamassa peräkkäisessä liittymässä, mikäli mahdollista. Peräkkäisillä liittymillä käyttäjä oppii toivottuun käyttäytymismalliin ja mahdollisiin poikkeuksellisiin ajojärjestelyihin. Seuraavassa liittymässä ajaminen on sujuvampaa, kun tavoiteltava käyttäytymismalli on opittu jo edellisissä liittymissä.

Keinojen valintaan vaikuttavat ensisijaisesti liittymän liikennemäärät tulosuunnittain. Pyöräilijöiden ja autoilijoiden lukumäärä sekä niiden välinen suhde huipputuntien aikana määrittävät pitkälti liittymän rakennetta ja järjestelyitä. Jos autoja on vähän ja pyöräilijöitä sekä jalankulkijoita paljon, pyöräilijöiden olosuhteita voidaan parantaa myös autoliikenteen kustannuksella. Opinnäytetyössä määritetyistä keinoista kulkumuotoja erottelevat ja niiden kanssa yhteensopivat keinot ovat suositeltavia tilanteissa, jossa jalankulkijamäärät ovat korkeat. Myös liittymissä, joiden yhteydessä on vilkkaasti liikennöidyt linja-autopysäkit, suositellaan kulkumuotoja erottelevia vaihtoehtoja, sillä matkustajien jäädessä pois kyydistä, liittymässä on hetkellisesti erittäin paljon jalankulkijoita mahdollisten pyöräilijöiden lisäksi.

Toteutus- ja ylläpitokustannukset vaikuttavat keinojen potentiaaliin tulla toteutetuksi. Erilaisten materiaalien, ilmaisimien, työmäärien ja -kaluston kustannuksissa on eroja. Tällöin tulee pohtia vaikuttavatko korkeat toteutuskustannukset keinon toteutuksen hylkäämiseen, jos ylläpitokustannukset ovat pienet. Vaihtoehtoisesti toteutus voi olla edullista, mutta ylläpito kallista. Esimerkiksi tiemerkinnot ja värillinen maalattu pinnoite joudutaan usein uusimaan kerran vuodessa.

Pyöräilijän ilmaisimista suositellaan toteutettavan aina mahdollisuuksien mukaan saapuvan pyöräilijän ilmaisu, esimerkiksi silmukka- tai tutkailmaisimella. Ilmaisun edut ovat havaittavissa erityisesti hiljaiseen aikaan. Hiljaisen ajan hetkiä ovat esimerkiksi keskipäivä, myöhäisilta ja viikonloput, kun kiinteä vihreän pyyntö liittymän jokaisella tulosuunnalla ei ole käytössä. Pyöräilijän ilmaisu ennen liittymään saapumista parantaa huomattavasti pyöräliikenteen sujuvuutta ja vähentää pysähdyksiä. Kun ilmaisu näkyy myös liittymään sijoitetusta painonappikotelosta valona, pyöräilijän ennakointi paranee merkittävästi. Valon ansioista pyöräilijä saattaa välttyä pysähtymiseltä hidastaessaan vauhtia. Ilman tietoa annetusta vihreä valon pyynnöstä pyöräilijä jatkaa tavalliseen tapaan liittymään, jolloin pysähtyminen on todennäköisempää. Osa pyöräilijöistä saattaa jopa kiihdyttää, jotta vihreän pyyntö saataisiin painonapilla mahdollisimman pian.

Painonappi suositellaan asennettavaksi liittymiin aina pyöräilijälle annettavan tiedon (pyynnön ilmaiseva valo) sekä jalankulkijoiden takia. Etenkään silmukkailmaisimella ei voida havaita jalankulkijoita. Jos liittymässä jalankulkija ja pyöräilijä saa vihreän pyynnön vain läsnäoloilmaisimella, ei vihreän pyynnön rekisteröitymistä voi havaita ja vaihtumista ennakoita.

Jos pyöräilijä ei saa vihreän pyyntöä kiinteänä tai silmukka- ja tutkailmaisimella liittymään saapuessa, suositellaan läsnäolotutkan käyttöä tai pyöräilijän omaa erillistä painonappia, johon on integroitu pyöräilijän tukipylvään telineet tai tukikaide. Tukipylväs tai -kaide parantaa pakollisen pysähdyksen kokemusta, kun pyöräilijän ei tarvitse nousta pois pyörän selästä.

Liikennevalojen toiminnan vaihtoehdot tulee valita tilanne- ja liittymäkohdasta. Lepotilojen vaihtoehdot ovat käytössä vain hiljaiseen aikaan, kun liikennettä on hyvin vähän. Pääsuunnan lepovihreää suositellaan ohjelmoitavaksi liittymiin, joissa on selkeä pääsuunta. Pääsuunnan tulee olla sama pyöräilijöiden ja autojen välillä. Mikäli pyöräliikenteen pääsuunta poikkeaa autoliikenteen pääsuunnasta, suositellaan viimeinen vaihe ennallaan -lepotilaa. Suojateiden kokovihreä lepotila on parempi tilanteessa, jossa pyöräilijöitä ja jalankulkijoita on suhteessa enemmän kuin autoliikennettä.

Vihreän valon kiinteä pyyntö on pyöräilijän näkökulmasta hyvä vaihtoehto. Kiinteän vihreän pyynnön liittymissä voidaan painonappi jättää asentamatta, mikäli kiinteä pyyntö on koko valojen toiminta-ajan käytössä. Jos valot asetetaan hiljaiseen aikaan lepotilaan, painonappi tulisi olla asennettuna mahdollisten silmukka- tai tutkailmaisimien kera. Normaaliaikaan kiinteä pyyntö on oheispyyntöä ja omaa pyyntöä parempi vaihtoehto luotettavuuden ja sujuvuuden kannalta. Ilmaisimien käytön yhteydessä on aina riski ilmaisun epäonnistumiselle.

Autoliikenteen sujuvuuden kannalta oheispyynnöllä ei ole hiljaiseen aikaan suurta merkitystä, sillä se ei kasvata autojen viivytystä merkitsevästi. Huipputuntina, jolloin liittymän kapasiteetti täyttyy, oheispyyntö saattaa heikentää liikenteen toimivuutta, mikäli pyöräilijöitä on hyvin vähän. Normaaliaikaan oheispyyntö heikentää hieman pääsuunnan autojen sujuvuutta, mutta lyhentää sivusuunnan autojen matka-aikoja. Oheispyynnön takia sivusuunta saa kokonaisuudessaan enemmän vihreää valoa ja liittymään peräkkäin saapuvat autot saattavat hyötyä pidemmästä vihreästä vaiheesta.

8.3 Espoon kaupungin valitsemat keinot

Espoon kaupungille laadittiin työn ohessa oma erillinen Ideapankki-dokumentti. Dokumenttiin kerättiin Espoon kaupungille soveltuvat pyöräilyn edistämisen keinot, joita opinnäytetyössä on selvitetty. Ideapankkiin koostettiin myös vaihtoehtoiset pyöräilijöiden vihreän pyynnön ilmaisimet, liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdot, suuntaa antavat kustannusarviot sekä taulukko liittymissä yhtäaikaisesti toteutettavista keinoista. Ideapankki on esitetty liitteessä 1.

Espoon kaupungille soveltuvien keinojen valintaan vaikutti toteuttamiskelpoisuus sekä kaupungin liikennesuunnittelun linjaukset.

Espoon kaupungin valitsema keinoja olivat:

- pyöräilijän odotustila
- pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella
- pinnoitettu pyörätien jatke
- jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu
- pyörätasku ja ryhmittymiskäännös
- pyöräkaista ja pitkäkäännös
- Footrest, pyöräilijän tukikaide ja -pylväs
- BePolite -valo
- vihreän aallon liikennemerkki
- virtuaalinen painonappi
- pyöräilijälaskenta
- pyöräilijän merkitty ilmaisin

Ilmaisinvaihtoehdoista valittiin:

- painonappi
- tutkailmaisin pylvässä (kulku- läsnäolo- ja suojatieilmaisin)
- tutkailmaisin maassa
- silmukkailmaisin

Liikennevalojen toiminnan vaihtoehdoista esitettiin kaikki pyöräilijälle soveltuvat toiminnot:

- pääsuunnan lepotila
- kokopunainen lepotila
- suojateiden kokovihreä lepotila
- viimeinen vaihe ennallaan -lepotila
- oma pyyntö
- kiinteä pyyntö
- oheispyyntö
- aktiiviset etuudet (pidennys, aiennus)
- passiiviset etuudet (vihreä aalto)

Espoon kaupungille valituiden keinojen pohjalta laadittiin suuntaa antava kustannustaulukko. Keinojen kustannukset jaettiin toteutus- ja ylläpito-kustannuksiin. Kustannukset ilmoitettiin kolmessa hintaluokassa:

- hintaluokka I edullinen, esimerkiksi ajoratamaalaukset ja pienet työt
- hintaluokka II kohtalaiset kustannukset, esimerkiksi värillinen pinnoitus ja hankinnat
- hintaluokka III kallis, esimerkiksi rakenteelliset muutokset ja silmukoiden siirto.

Toteutuskustannus on merkitty sulkuihin hintaluokalla kallis, mikäli keino toteuttaminen vaatii paljon suunnittelua. Suuntaa antava kustannustaulukko on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Suuntaa antavat keinojen toteutus- ja ylläpitokustannukset.

Mikä?	Toteutus-kustannus	Ylläpito-kustannus	Muuta
Pyöräilijän odotustila	I	I	Odotustilan toteutustapa vaikuttaa kustannuksiin. Maalauksen uusinta vuoden välein.
Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella	I	I	Maalauksen uusinta vuoden välein. Jyrsitty 2-5 vuoden välein.
Pinnoitettu pyörätien jatke	II	I-II	Pinnoitukseen valittu materiaali määrittää uusimissyklin sekä kustannusluokan.
Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu	II	I-II	Jatkeen pinnoitukseen valittu materiaali määrittää uusimissyklin sekä kustannusluokan.
Pyörätasku ja ryhmittymiskäännös	II-III (III)	II	Pyörätaskun toteutus olemassa olevaan liittymään on kallista (silmukoiden siirto). Väriäinen pinnoitus kasvattaa kustannuksia. Vaatii paljon suunnittelua.
Pyöräkaista ja pitkäkäännös	II-III (III)	II	Väriäinen pinnoitus kasvattaa kustannuksia. Vaatii paljon suunnittelua.
Footrest -tukikaide	II	I	Toteutuskustannukseen vaikuttaa kaiteen hankintahinta ja maahan asennus.
Footrest -tukupylväs	II	I	Toteutuskustannukseen vaikuttaa pylvään hankintahinta ja maahan asennus.
BePolite -valo	II	I	Toteutuskustannukseen vaikuttaa ilmaisimen hankintahinta ja suunnittelu.
Vihreän aallon liikennemerkkit	I (III)	I	Liikennemerkkien hankinta- ja asennuskustannus on vähäinen. Vihreä aalto vaatii lisäksi paljon suunnittelua ja selvitystyötä, kustannukset tällöin korkeat.
Virtuaalinen painonappi	II	I	Kustannukset koostuvat käyttöön valitun sovelluksen käyttömaksusta ja sen ohjelmoinnista olemassa oleviin kojeisiin.
Pyöräilijälaskenta	I-II	I-II	Kustannukset riippuvat valitusta mittaustavasta: laitteen/ilmaisimen asennuksesta, mahdollisista käyttömaksuista, datan käsittelystä ja ylläpidosta.
Pyöräilijän merkitty ilmainen	III (III)	I	Toteutuskustannukset koostuvat liikennevalojen ohjelmoinnista, merkinnästä ja ilmaisimien asennuksesta. Merkintätavan valinta vaikuttaa uusimissykliin. Vaatii paljon suunnittelua.

Osaan infrastruktuuria muokkaavista keinoista on toteutuskustannuksiltaan matalia, kuten odotustila ja pyöräilijämerkintä jatkeella. Kalliimmat ratkaisut taas vaativat erityisen paljon suunnittelua. Kalliimpia ratkaisuita ovat pyöräkaistaan liittyvät keinot, vihreä aalto ja sen liikennemerkkit sekä pyöräilijän merkitty ilmainen.

Kustannustaulukon yhteydessä laadittiin vertailu samassa liittymässä yhtäaikaaisesti toteutettavista keinoista. Keinot vertailtiin myös toteuttamismahdollisuuksien mukaan eri väylätyyppeihin. Esimerkiksi BePolite-valo voidaan toteuttaa vain liittymässä, jossa pyöräliikenne on ohjattu pyöräkaistoille. Ristiinvertailutaulukko keinojen yhtäaikaisestä toteuttamisesta on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Keinojen yhtäaikainen toteuttaminen.

	Pyöräilijän odotustila	Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella	Pinnoitettu pyörätien jatke	Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu	Pyörätasku ja ryhmittymiskäänös	Pyöräkaista ja pitkäkäänös	Footrest –tukikaide ja -pylväs	BePolite -valo	Vihreä aalto ja liikennemerkkit	Virtuaalinen painonappi	Pyöräilijälaskenta	Pyöräilijän merkitty ilmainen
Pyöräilijän odotustila	-						X		x	x	x	x
Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella	-	x					x		x	x	x	x
Pinnoitettu pyörätien jatke	x	-	x				x		x	x	x	x
Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu			x	-			x		x	x	x	x
Pyörätasku ja ryhmittymiskäänös					-	x	(x)				x	
Pyöräkaista ja pitkäkäänös					x	-	x	(x)			x	
Footrest –tukikaide ja -pylväs	x	x	x	x		x	-	x	x	x	x	x
BePolite -valo					(x)	(x)	x	-			x	
Vihreä aalto ja liikennemerkkit	x	x	x	x			x		-	x	x	x
Virtuaalinen painonappi	x	x	x	x			x		x	-	x	x
Pyöräilijälaskenta	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x
Pyöräilijän merkitty ilmainen	x	x	x	x			x		x	x	x	-
Väylätyypit												
Sekaliikenneväylä												x
Yhdistetty jalankulku- ja pyörätie	x	x	x	x			x		x	x	x	x
Pyörätie		x	x	x			x		x	x	x	
Pyöräkaista					x	x	x	x			x	
Pyöräkatu							x	x			x	

Keinoista footrest -tukikaiteet ja pylväät voidaan toteuttaa lähes kaikkien keinojen kanssa yhtäaikaisesti ja ne soveltuu sekaliikenneväylää lukuun ottamatta kaikille muille väylätyypeille. Pyöräilijälaskenta taas soveltuu mihin tahansa kohteeseen kaikkien keinojen kanssa. Laskentapisteen sijainti riippuu liittymän rakenteesta ja järjestelyistä.

Sekaliikenneväylällä voidaan toteuttaa vain pyöräilijälaskentaa. Muiden keinojen toteuttaminen on mahdotonta tai hyvin haastavaa. Suojatieilytyksien järjestelyitä parantavia keinoja, kuten pyöräilijän odotustilaa ja pinnoitettua pyörätien jatketta, ei suositella toteutettavaksi yhtäaikaisesti samoissa liittymissä, jotta liittymäjärjestelyt säilyvät selkeänä.

8.4 Keinojen soveltuvuus muualle

Keinoissa on esitetty esimerkkejä toteutettavien pinnoitusalueiden ja tiemerkintöjen koosta, joten ne eivät ole absoluuttisia mittoja. Työssä on esitetty yleisesti esimerkiksi virtuaalinen painonappisovellus, tukikaiteen- ja pylvään ominaisuudet ja liikennelaskentoihin käytettävät laitteet ja ilmaisimet. Keinoja voidaan toteuttaa sellaisenaan tai pienillä muutoksilla myös muissa Suomen kaupungeissa ja kunnissa. Pienillä muutoksilla tarkoitetaan esimerkiksi tiemerkintöjen ja pinnoitusalueiden koon määrittämistä kaupungin tai kunnan omien liikennesuunnitteluohjeiden ja liikenneympäristön mukaan. Kaupunkien ja kuntien tehtäväksi jää määrittää haluamansa parannuskeino esimerkiksi saatavilla olevista merkintätavoista tai muotoiluista.

Pyöräilyä ja jalankulkua erottelevista keinoista erityisesti pinnoitettu pyörätien jatke ja pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella voidaan toteuttaa myös valo-ohjaamattomissa liittymissä. Pyöräilijämerkintää voidaan käyttää uuden tieliikennelain mukaisissa pyörätien jatkeissa. Uudessa tieliikennelaissa sanotaan, että ”*pyörätien jatke merkitään vain, jos väistämisvelvollisuus ajorataa ylittäviä kohtaan on osoitettu liikennemerkillä B5, B6 tai B7*”. Liikennemerkkejä ovat väistämisvelvollisuus liittymässä, pakollinen pysäyttäminen sekä väistämisvelvollisuus pyöräilijän tienylityspaikassa. (Tieliikennelaki säädöslite 729/2018, s. 157).

Liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdot ja ilmaisimet soveltuvat toteutettavaksi Suomen kaikkiin kaupunkeihin ja kuntiin, joissa on liikennevalo-ohjattuja liittymiä. Liikennevalojen toiminnan vaihtoehto tulee valita liikenneympäristön, liikennemäärien sekä kaupungin tavoitteiden ja linjausten mukaan. Kaupungin tai kunnan linjauksista riippuen liikennevalosuunnittelussa tai keinojen valinnassa voidaan priorisoida eri kulkutapoja, esimerkiksi pyöräilyä. Priorisointia ei tarvitse tehdä koko alueella tai kaikissa liikennevalo-ohjatuissa liittymissä, vaan esimerkiksi pyöräliikennettä voidaan priorisoida yksittäisellä pyöräilyn laatukäytävän osuudella.

8.4.1 Työn ja tulosten arviointi

Työn sisältö vastaa erinomaisesti määritettyihin tutkimuskysymyksiin, on hyvin ajankohtainen aihe ja työ tarjoaa uusia näkökulmia perinteiseen suunnitteluun pyöräilijän näkökulmasta. Työn tuloksia tulee kuitenkin arvioida kriittisesti erityisesti kielimuurin sekä simuloiteihin liittyvien rajoitteiden ja laajojen muokausmahdollisuuksien näkökulmasta. Työn yhtenä heikkoutena on olemassa olevien keinojen kirjon laajuus ja se, kuinka hyvin niitä löydettiin benchmark-tutkimuksen aikana. Koska maailmassa puhutaan monia kieliä, oikeiden hakusanojen löytäminen ja määrittäminen oli haastavaa. Pääsääntöisesti työssä keskityttiin tanskalaisiin ja hollantilaisiin keinoihin, mutta esimerkiksi Aasiasta saattaisi löytyä aivan uudenlaisia keinoja tai tekniikkaa hyödynnettäväksi.

Opinnäytetyössä käsitellyt pyöräilyn edistämisen keinot ovat toteutettavissa sellaisenaan tai hieman sovellettuna myös muualla Suomessa. Osa keinoista soveltuu toteutettavaksi myös liikennevalo-ohjaamattomiin liittymiin. Keinoissa määritetyt esimerkkimitat ovat vain suuntaa antavia, tosin ne perustuvat tieliikennelakiin ja suomalaisiin suunnitteluohjeisiin. Ne ovat suuntaa antavia, jotta mitään liittymätyyppiä ei rajata tarpeettomasti pois. Toteutettaviin mittoihin vaikuttaa liittymän geometria, jolloin suunnittelijalle jää viimeinen vastuu mittojen määräytyksestä. Infrastruktuuria parantavien keinojen epävarmuustekijänä on myös niiden toteutukseen liittyvät puutteet tai mahdollisuudet. Viestintä suunnittelijan ja urakoitsijan välillä ei välttämättä ole riittävää tai suunnitelmassa jätetään urakoitsijalle vara soveltaa suunnitelmassa esitettyä toimenpidettä. Myös inhimilliset virheet ovat mahdollisia.

Älykkään liikenteen ratkaisuiden toteutettavuuteen vaikuttaa muun muassa tekniikan kehitys. Mikä 2010-luvulla on uutta, saattaa 2020-luvulla olla vanhentunutta. Keinot on laadittu vastaamaan nykypäivän tekniikkaa, joten oletettavasti tekniikka vanhenee jossain vaiheessa. Sitä kuinka nopeasti vanheneminen tapahtuu, voidaan vain arvailla.

Viimeisen epävarmuustekijän keinojen toteutukseen tuo Suomen tieliikennelaki. Osa esitetyistä keinoista ja keinon toteutusvaihtoehdoista on Suomen tieliikennelain vastaisia. Poikkeuslupahakemuksella voidaan hakea myönteistä päätöstä keinon toteutukselle. Myönteinen päätös ei ole kuitenkaan itsestäänselvyys. Myös tieliikennelakia uudistetaan, jolloin on mahdollisuus siihen, että joku tämän päivän toteutustyylistä korvataankin toisella, esimerkiksi ajoratamaalaukset muuttuvat tai liikennemerkkien ja liikennevalo-opastimien rajoitukset saattavat lisääntyä tai poistua.

Opinnäytetyön simuloinneissa tutkittiin vain yhdensuuntaista pyöräliikennettä ohjelman mallinnusteknisten rajoitteiden vuoksi. Realistinen tilanne olisi, että liittymään voitaisiin mallintaa kahdensuuntaista jalankulku- ja pyöräilyliikennettä oikeilla käyttäytymismalleilla. PTV Vision kehittää ohjelmaansa jatkuvasti ja oletettavasti tulevissa versioissa myös tämä ongelma tullaan ratkaisemaan. Uusien mallinnusmahdollisuuksien myötä tulisikin pohtia, pitäisikö simuloinneista tehdä jatkotutkimukset kaksisuuntaisella pyöräliikenteellä. Työssä ei kartoitettu muita simulointiohjelmiä, sillä PTV Vissim on tähän asti soveltunut riittävässä määrin erilaisten kulkutapojen toimivuustarkasteluiden laatimiseen. Pohdittavaksi kuitenkin jää, olisiko joku muu ohjelma soveltunutkin tähän työhön paremmin.

Simulointeja laadittaessa on aina mahdollisuus inhimillisiin virheisiin, esimerkiksi liikennemäärien, väistämisvelvollisuuksien tai liikennevalo-ohjelmointien kanssa. Myös opinnäytetyössä saatuja tuloksia tulee tarkastella kriittisesti, esimerkiksi olisiko jotain voitu tehdä eri tavalla tai onko mallissa mahdollisesti puutteita. Simulointien tuloksia tulisikin aina pitää vain suuntaa antavina, eikä absoluuttisina totuuksina.

8.4.2 Jatkotutkimustarpeet

Työn aikana havaittiin tarvetta jatkotutkimukselle erityisesti pyöräilijän vihreän aallon liikennevalo-ohjelmoinnin kannalta. Koska Suomessa ei ole toteutettu pyöräilijän passiivisena etuutena vihreää aaltoa, vaatii sen toteutus lisää selvitystyötä liikennevalo-ohjelmoinnista, liittymien etäisyyksistä, tavoitenopeuksista ja liikennemäärien vaikutuksesta.

Espoon kaupungin alueella potentiaalisena vihreän aallon kohteena on esimerkiksi Merituulentie. Merituulentien liittymävälit ovat riittävän kaukana toisistaan, mutta kuitenkin lähekkäin. Lisäksi pyöräilijämäärät ovat korkeat niin kesällä kuin talvellakin. Ehdotuksena jatkotutkimukseen on, että pyöräilijä- ja autoliikennemäärät lasketaan liittymittäin ja suunnittain alueelta, jossa vihreä aalto tultaisiin toteuttamaan. Realistisia liikennemääriä voidaan simuloida PTV Vissim-mikrosimulointiohjelmalla. Esimerkiksi liikennevalotoimittajan kanssa yhteistyössä on mahdollista toteuttaa mahdollisimman aidosti toimivat vihreän aallon valo-ohjelmat. Toimivuustarkasteluilla saadaan selville kuinka paljon pyöräilijän vihreä aalto vaikuttaa muuhun ajoneuvoliikenteeseen, kuten linja- ja henkilöautoihin. Toimivuustarkasteluilla voidaan myös määrittää pyöräilijän tavoitenopeudet kohteeseen.

Adaptiivinen liikennevalo-ohjaus on maailmalla ja erityisesti Suomessa vielä uutta teknologiaa, joten sen tuomat mahdollisuudet ovat vielä pimenossa. Adaptiivinen liikennevalo-ohjaus jättää jälkeensä kysymyksenkin siitä, voidaanko sen avulla saada parempaa reaaliaikaista tietoa liikennevalojen vaihtumisesta. Mikäli tieto olisi tarjolla, se mahdollistaisi liikennevalolaskureiden luotettavan ja kannattavan käytön.

Muiden pyöräilyn olosuhteisiin vaikuttavien keinojen toteutuksen jälkeen on hyvä selvittää kuinka hyvin ne ovat palvelleet pyöräilijöitä. Jatkoselvityksenä voidaan esimerkiksi tutkia toimenpiteistä aiheutuneita mahdollisia hyötyjä ja haittoja sekä sitä, mihin käyttäjäryhmiin ne ovat kohdistuneet. Keinon käyttöönoton jälkeen voidaan esimerkiksi toteuttaa internetissä julkaistava kysely tai haastatella pyöräilijöitä kohdeltiintymän läheisyydessä. Käyttäjäkyselyllä saadaan arvokasta tietoa myös siihen, mitä muita keinoja pyöräilijät kaipaavat ja mikä keinoista ovat mieluisimpia.

LÄHTEET

Alanissi, J.-P. (2018). Haastattelu opinnäytetyöhön (YAMK). Sähköpostiviesti tekijälle 15.1.2019.

Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4.12.1992/1257. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19921257?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=asetus%20ajoneuvon%20k%C3%A4yt%C3%B6st%C3%A4#L4P28>

Espoon kaupunki. (2013). Pyöräilyn edistämishjelma 2013 – 2024. Haettu 28.4.2019 osoitteesta <https://www.espoo.fi/download/name/%7B55BF30C6-6147-4D0A-83AF-8A43F442414A%7D/85389>

Espoon kaupunki. (2017). Espoo-tarina. Haettu 28.4.2019 osoitteesta <https://www.espoo.fi/download/name/%7BD2192649-32C3-4E01-8EB1-7CA033DC1945%7D/98258>

Espoon kaupunki. (2018). Espoo poistaa pyöräilyn esteitä. Haettu 5.3.2019 osoitteesta [https://www.espoo.fi/fi-FI/Espoo_poistaa_pyorailyn_esteita\(140473\)](https://www.espoo.fi/fi-FI/Espoo_poistaa_pyorailyn_esteita(140473))

Espoon kaupunki. (n.d.) Tyypipiirustukset. Haettu 28.4.2019 osoitteesta [https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Kadut_ja_liikenne/Suunnittelu_ja_rakentaminen/Tyypipiirustukset\(81572\)](https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Kadut_ja_liikenne/Suunnittelu_ja_rakentaminen/Tyypipiirustukset(81572))

Colville-Andersen, M. (2009). LED Bike lane lights in Copenhagen. Haettu 13.5.2019 osoitteesta <https://vimeo.com/7922372>

Colville-Andersen, M. (2010). Holding On to Cyclists in Copenhagen. Blogijulkaisu 13.1.2010. Haettu 1.5.2019 osoitteesta <http://www.copenhagenize.com/2010/01/holding-on-to-cyclists-in-copenhagen.html>

COWI. (2013). Micro Simulation of Cyclists in Peak Hour Traffic. Haettu 5.3.2019 osoitteesta <https://www.scribd.com/document/234259206>

Cycling Embassy on Denmark. (2016). Rain sensors in intersections in Odense. Haettu 5.3.2019 osoitteesta <http://www.cycling-embassy.dk/2016/05/10/rain-means-green-light-cyclists-danish-city-odense/odense-rain-2/>

Ferro, S., (2014). The Hidden Dangers Of Crosswalk Timers. Julkaisu 7.3.2014. Haettu 7.5.2019 osoitteesta <https://www.fastcompany.com/3032651/the-hidden-dangers-of-crosswalk-timers>

Garfield, L. (2015). Denmark is testing RFID tags that let cyclists change stoplights to green. Haettu 17.4.2019 osoitteesta <https://www.businessinsider.com/denmark-is-testing-rfid-bike-tags-that-change-stoplights-2015-11?r=US&IR=T&IR=T>

Helsingin kaupunki. (2016). Pyöräliikenteen suunnitteluohje. Haettu 5.3. osoitteesta https://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunkisuunnittelu-lautakunta/Suomi/Esitys/2016/Ksv_2016-04-19_Kslk_13_El/435D7F6C-9CB3-4C7F-8872-05644902223D/Liite.pdf

Liikenne- ja viestintäministeriö. (2018). Tieliikennelaki uudistuu. Tiedote 9.8.2018. Haettu 13.5.2019 osoitteesta <https://www.lvm.fi/-/tieliikennelaki-uudistuu-981352>

Liikennevalot.info. (n.d.a). BePolite - polkupyörän ennakkovilkku. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <http://www.liikennevalot.info/tieto/bepolite.shtml>

Liikennevalot.info. (n.d.b). Joukkoliikenteen liikennevaloetuedet - miten ne oikein toimivat. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <http://www.liikennevalot.info/tieto/joukkoliikenteenetuudet.shtml>

Liikennevirasto. (2011). Pyöräilyn ja kävelyn laskennat – ohjeita käytännön työhön. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 50/2011. Haettu 13.5.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2011-50_pyorailyn_ja_kavelyn_web.pdf

Liikennevirasto. (2014). Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 11/2014. Haettu 5.3.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-11_jalankulku_pyorailyvaylien_web.pdf

Liikennevirasto. (2015). Tiemerkintöjen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 25/2015. Haettu 6.3.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-25_tiemerkintojen_suunnittelu_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Maanteiden liikennevalojen suunnitteluohje LIVASU 2016. Liikenneviraston ohjeita 37/2016. Haettu 5.3.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2016-37_livasu_web.pdf

Läärä, E. (2017). Johdatus regressio- ja varianssianalyysiin. Haettu 2.5.2019 osoitteesta https://noppa oulu.fi/noppa/kurssi/805305a/materiaali/805305A_luentomoniste.1-9.3.pdf

Kainulainen, P., (2008). SPSS-OPAS Opinnäytetyön ja harjoitustöiden tekijöille. Haettu 29.4.2019 osoitteesta <https://docplayer.fi/54986158-Opinnaytetyon-ja-harjoitustoiden-tekijoille.html>

Karhunen, M. (2019). Poikkeusluvut erilaisiin pyöräilyn olosuhteiden parantamisen keinoihin. Sähköpostiviesti tekijälle 15.4.2019.

Kupferschmid, J. (2016). How to model pedestrians and cyclists interactions with out-of-the-box features of Vissim? Blogijulkaisu 10.7.2016. Haettu 12.3.2019 osoitteesta <https://blogs.ethz.ch/engagingmobility/2016/07/10/how-to-model-pedestrians-and-cyclists-interactions-with-out-of-the-box-features-of-vissim/>

Mallis, P., (2017). Bicycle traffic lights with countdown timer, Amsterdam. Flickr-päivitys 16.7.2017. Haettu 7.5.2019 osoitteesta <https://www.flickr.com/photos/philipmallis/35964542415/>

Nola Industrier AB. (n.d.) Biker's rest bicycle stand. Haettu 1.5.2019 osoitteesta <https://nola.se/en/products/27913-2/>

Nyberg, J. (2015). Espoon liikennevalojen suunnitteluperiaatteet. Julkaisu 14.4.2015, Espoon kaupunki.

Nyberg, J. (2019). Opinnäytetyö kommentoille, Pyöräilyn huomioiminen Espoon livasu. Sähköpostiviesti tekijälle 31.5.2019.

Pasanen, T. (2019). Pyöräilijän suorakulmakäännös vs. ryhmittymiskäännös. Sähköpostiviesti tekijälle 15.2.2019.

rEvolving Transportation. (2011). Bicycle Countdown Signal - Time to Green. Blogijulkaisu 10.7.2011. Haettu 7.5.2019 osoitteesta <http://koonceportland.blogspot.com/2011/07/bicycle-countdown-signal-time-to-green.html>

Road Safety GB. (2011). Convex mirror decision has potential to reduce cycle casualties. Blogijulkaisu 30.11.2011. Haettu 7.5.2019 osoitteesta <http://roadsafetygb.org.uk/news/convex-mirror-decision-has-potential-to-reduce-cycle-casualties-2148/>

Taanila, A., (2013). Mann-Whitney U -testi. Blogijulkaisu 22.1.2013. Haettu 1.5.2019 osoitteesta <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/03/08/mann-whitney-u-testi/>

Taanila, A. (2015). SPSS: Explore. Blogijulkaisu 29.11.2015. Haettu 1.5.2019 osoitteesta <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/shapiro-wilk/>

Taanila, A. (2016). SPSS: Kahden riippumattoman otoksen vertailu. Blogijulkaisu 27.4.2016. Haettu 29.4.2019 osoitteesta <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/04/25/spss-kahden-riippumattoman-otoksen-vertailu/>

Taanila, A. (2019). Merkitsevyys. Blogijulkaisu 19.4.2019. Haettu 1.5.2019 osoitteesta <https://tilastoapu.wordpress.com/merkitsevyys/>

Tiehallinto. (2001). Tasoliittymät. Haettu 31.5.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/tasoliittymat_ohje.pdf

Tieliikennelaki 729/2018. Haettu 26.4.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180729>

Tieliikennelaki säädöslite 729/2018. Haettu 26.4.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6908.pdf>

Uusikauppila, T. (2019) Pyöräilyn huomioiminen Espoon liikennevalo-ohjattujen liittymien suunnittelussa -työpaja 8.4.2019.

Vaismaa, K., Mäntynen, J., Metsäpuro, P., Luukkonen, T., Rantala, T. & Karhula, K. (2011). *Parhaat eurooppalaiset käytännöt pyöräilyn ja kävelyn edistämässä*. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy - Juvenes Print.

van Caspel, F. (2017). 5 minutes of traffic on a Dutch roundabout with bi-directional cycling lanes. Haettu 20.5.2019 osoitteesta https://www.youtube.com/watch?v=FR5l48_h5Eo

Vortisch, P. (2015). History of VISSIM's Development. Haettu 16.5.2019 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/320273436_History_of_VISSIM's_Development

Väänänen, S. (2019). Asfaltti ja muut päällysteet. Sähköpostiviesti tekijälle 8.2.2019.

Wenzel, M. (2019). SENSYS bicycle detection. Sähköpostiviesti tekijälle 29.4.2019.

HAASTATTELUT

Alanissi, J.-P. (2019). Operations Director, Dynniq Finland Oy. Haastattelu 7.1.2019.

Keisanen, R. (2018). Pyöräilykoordinaattori, Helsingin kaupunki. Haastattelu 11.12.2018.

Koistinen, M. (2018). Toiminnanjohtaja, Pyöräliitto ry. Haastattelu 7.11.2018.

Mäenpää, M. & Tuovinen, P. (2018). Liikenteenhallintayksikön päällikkö & liikenneinsinööri, Helsingin kaupunki. Haastattelu 15.12.2018.

Salonen, M. (2018). Suunnittelupäällikkö, Turun kaupunki. Haastattelu 9.11.2018.

Seimelä, T. (2018). Liikenneinsinööri, Tampereen kaupunki. Haastattelu 8.11.2018.

Tuominen, J. (2018). Projektipäällikkö, Traficon Oy. Haastattelu 14.11.2018.

Vaarala, H. (2019). Liikenneinsinööri, Oulun kaupunki. Haastattelu 4.1.2019.

Vaarala, R. (2018). Suunnittelupäällikkö, Ramboll Finland Oy. Haastattelu 1.11.2018.

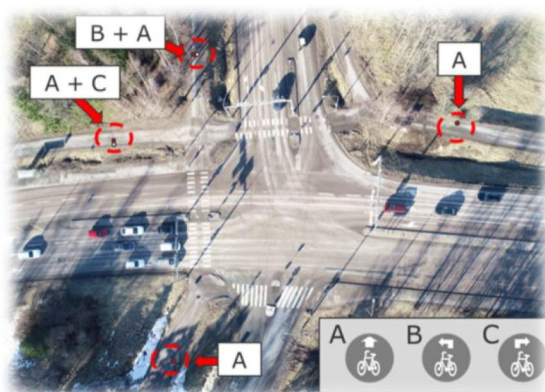
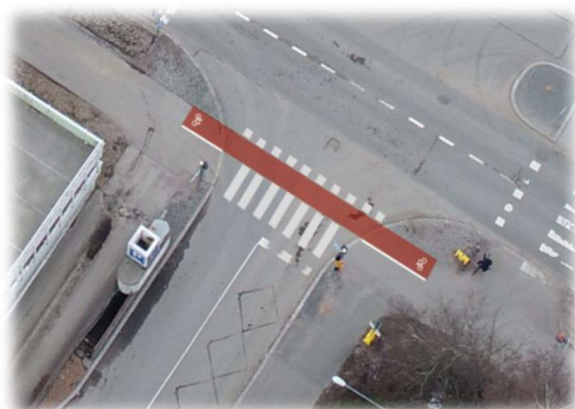
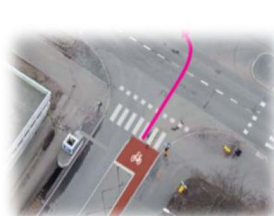
Varonen, A. (2018). Kaupungininsinööri, Joensuun kaupunki. Haastattelu 15.11.2018.

Vikki, H. (2018). Liikenneinsinööri, Jyväskylän kaupunki. Haastattelu 12.11.2018.

Weinreich, M. (2018). Market Manager, Ramboll DK. Haastattelu 15.10.2018.

PYÖRÄILYN HUOMIOIMINEN ESPOON LIIKENNEVALO-OHJATTUJEN LIITTYMIEN SUUNNITTELUSSA

IDEAPANKKI



ESIPUHE

Tässä dokumentissa on esitetty Espoon kaupungin Kaupunkitekniikan keskuksen tilaamassa ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyössä (Pyöräilyn huomioiminen Espoon liikennevalo-ohjattujen liittymien suunnittelussa) koostetut vaihtoehtoiset keinot, joiden avulla pyöräilyn olosuhteita voidaan parantaa liikennevalo-ohjatuissa liittymissä. Koostettujen keinojen tarkemmat kuvaukset sekä työssä käsitellyt, mutta Espoon osalta hylätyt keinot löytyvät varsinaisesta opinnäytetyöstä.

Espoo-tarina on toiminut tämän työn lähtökohtana. Espoon tavoitteena on lisätä kävelyn ja pyöräilyn osuutta Espoossa liikutuista matkoista. Tavoitteisiin pyritään parantamalla pyöräilyn ja kävelyn verkostoa, lisäämällä pyöräliikenteen sujuvuutta, päivittämällä pyöräteiden suunnitteluohjeet ja parantamalla pyörätieinfraa.

Dokumentti toimii apuna uusien liittymäalueiden suunnittelussa ja vanhojen liittymäalueiden kehittämisessä. Vaihtoehtoista voidaan valita tapauskohtaisesti toteutettavia toimenpiteitä ja keinoja. Useampia keinoja voidaan yhdistellä ja toteuttaa samoissa liittymissä! Esitetyt keinot ovat joko nykyisin Suomessa jo toteutettuja tai uusia pilotoitavia keinoja, joiden toteuttaminen vaatii poikkeusluvan. Mahdollinen poikkeuslupatarve on mainittu korteissa. Keinojen tarkoitus on mm. helpottaa pysähdystä, tehdä pyöräilijästä ja pyörätiestä helpommin havaittava (turvallisuus) sekä vähentää pysähdysten määrää.

Korteissa on esitetty kunkin keinon mahdolliset vaihtoehtoiset toteutustavat, soveltuvuus, tarvittavat mitoitustiedot, toteutuksessa huomioitavat asiat, kunnossapito/kestoiä sekä havainnekuvat. Kuvat ovat havainnollistamassa keinoa, eivätkä ne ole mittakaavassa. Keinojen kustannukset löytyvät taulukoituna dokumentin lopusta.

Dokumentin on koonnut opinnäytetyön tekijä Elina Tamminen (Ramboll Finland Oy). Opinnäytetyötä ovat olleet ohjaamassa Johanna Nyberg, Kristiina Kartimo ja Jani Nuutinen (Espoon kaupunki) sekä Maija Musto (Ramboll Finland Oy).

SISÄLLYSLUETTELO

Pyöräilijän odotustila	1
Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella	2
Pinnoitettu pyörätien jatke	3
Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu	4
Pyörätasku ja ryhmittymiskäännös	5
Pyöräkaista ja pitkäkäännös	6
Footrest -tukipylväs	7
Footrest -tukikaide	8
BePolite -valo	9
Vihreän aallon liikennemerkki	10
Virtuaalinen painonappi	11
Pyöräilijälaskenta	12
Pyöräilijän merkitty ilmaisin	13
Ilmaisinvaihtoehdot	14
Liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdot	16
Kustannukset	29
Keinojen yhdistäminen	20

PYÖRÄILIJÄN ODOTUSTILA

Pyöräilijän odotustilalla tarkoitetaan tiemerkinnoilla merkittyä aluetta pyörätien jatkeen edessä.

Pyöräilijän odotustilan tarkoituksena on jäsentää odotustila-aluetta jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden välillä. Maalaus ohjaa pyöräilijät odottamaan pyörätien jatkeen eteen ja jalankulkijat suojatien puolelle. Odotustila suositellaan toteutettavaksi erityisesti tilanteissa, joissa painonappi sijaitsee vain pyörätien jatkeen puolella.

Odotustila soveltuu **yhdistetyn jalankulku- ja pyöräilyväylän** johtaessa suojatiehen, jossa on **reunassa oleva pyörätien jatke**.

Odotustilan toteutuksessa tulee huomioida odotustilan maalauksen uusimissykli vuoden välein sekä riittävä talvikunnossapito odotustilan maalauksen havaittavuuden säilyttämiseksi. Odotustila on helposti toteutettavissa jo olemassa oleviin liittymiin, eikä suunnitteluvaiheessa tarvitse ottaa tilavarausta huomioon.

Mikäli alue rajataan reunaviivalla, tulee sitä varten hakea poikkeuslupaa Liikenne- ja viestintäministeriöstä.

Vaihtoehtoiset toteutustavat (maalausvaihtoehdot)

Reunaviiva ja pyöräilijämerkintä (M8)



POIKKEUSLUPA

Reunaviiva, värillinen pinnote ja pyöräilijämerkintä



POIKKEUSLUPA

Ohjausviiva ja pyöräilijämerkintä (M8)



Pyöräilijämerkintä (M8)



Mittaesimerkkejä

Merkitty alue

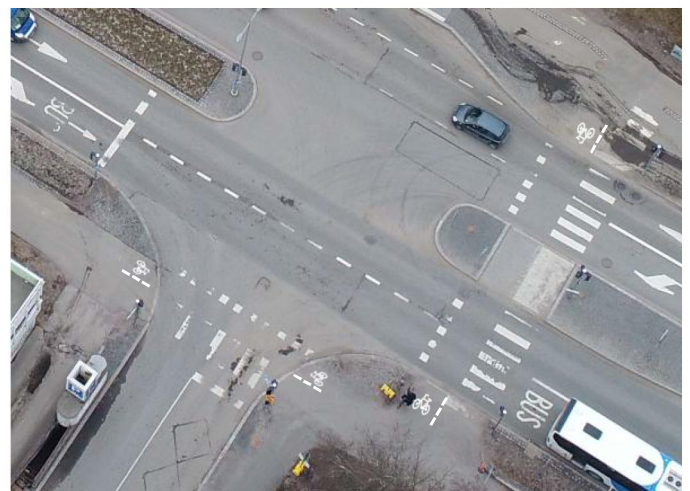
- Pituus: ≥ 2 m
- Leveys: Pyörätien jatkeen leveys (1,5 – 2 m)
- Reunaviivan leveys 10 cm

Pyöräilijämaalaukset

- Merkityn alueen keskellä:
 - 54 x 60 cm
- Ilman aluetta:
 - 54 x 60 cm tai 90 x 100 cm



Havainnekuva 1. Odotustila reunaviivalla, värillisellä pinnotteella ja pyöräilijämerkinnällä Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymässä



Havainnekuva 2. Odotustila erotettu ohjausviivalla ja pyöräilijämerkinnällä Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymässä

PYÖRÄILIJÄMERKINTÄ PYÖRÄTIEN JATKEELLA

Pyöräilijämerkinnällä pyörätien jatkeella tarkoitetaan tiemerkinnoilla tai erilaisilla laatoilla toteutettavaa merkintää pyörätien jatkeen keskellä.

Pyöräilijämerkinnän tarkoituksena on osoittaa selkeämmin pyörätien jatke polkupyöräilijöiden käyttöön. Merkintä ohjaa jalankulkijat ylittämään tien/kadun suojatietä pitkin. Jatkeelle sijoitettavaa merkintää suositellaan toteutettavaksi tilanteissa, joissa painonappi sijaitsee vain pyörätien jatkeen puolella.

Pyörätien jatkeen pyöräilijämerkintä soveltuu erityisesti kohteisiin, joissa jalankulkijat ja pyöräilijät ovat **yhdistetyllä jalankulku- ja pyöräilyväylällä** sekä **pyörätien jatke on merkitty suoratie reunaan.**

Pyöräilijämerkinnän toteutuksessa tulee huomioida merkinnän kuluminen. Tiemerkinä tulee uusia vuosittain. Jyrsinnällä toteutettu tiemerkinä täytyy uusia huomattavasti harvemmin, noin 2-5 vuoden välein. Merkintä voidaan toteuttaa uusiin tai jo olemassa oleviin liittymiin.

Vaihtoehtoiset toteutustavat (merkintätavat)

Pyöräilijämerkintä (M8)



Kivi- tai metallilaatta,
Pyöräilijämerkintä (M8)
upotettuna



Mittaesimerkkejä

Pyöräilijämaalaus

- 54 x 60 cm

Pyöräilijälaatta

- Pyöräilijä 54 x 60 cm
- Laatta 70 x 70 cm

Suunta

Merkitään liittymään saapumissuunnan mukaisesti. Ensimmäinen ylittävä merkintä on oikein päin ja keskisaarekkeen jälkeinen merkintä ylösalaisin kulkusuunnasta katsottuna.



Havainnekuva 1. Pyöräilijälaatta Piispan sillan ja Suomenlahdentien liittymässä



Havainnekuva 2. Pyöräilijämerkintä Piispan sillan ja Suomenlahdentien liittymässä

PINNOITETTU PYÖRÄTIEN JATKE

Pinnoitetulla pyörätien jatkeella tarkoitetaan värillisellä pinnoitusmateriaalilla korostettua pyörätien jatketta. Pinnoitus alkaa ennen pyörätien jatketta ja päättyy sen jälkeen. Pinnoitus erottaa pyöräilyn jalankulusta, joten erottelu on hyvä osoittaa myös liikennemerkkein. Merkit voidaan asettaa yhdistetyltä jalankulku- ja pyöräilyväylältä siirryttäessä liittymäalueelle olemassa olevien merkkien toiselle puolelle.

Pinnoituksen tarkoituksena on osoittaa pyöräilijän tila ylityksessä sekä samalla parantaa pyörätien jatkeen ja pyöräilijän havaittavuutta sekä turvallisuutta liittymässä.

Pinnoitus soveltuu vain kohteisiin, joissa **pyörätien jatke on merkitty suoratien reunaan.**

Pinnoitukseen valittu materiaali määrittää uusimissyklin. Materiaalit on kuvattu tarkemmin varsinaisessa opinnäytetyössä. Pinnoitus voidaan toteuttaa uusiin tai jo olemassa oleviin liittymiin.

Vaihtoehtoiset toteutustavat

Värillinen pintamateriaali, pyöräilijämerkintä pyörätiellä



Värillinen pintamateriaali, suunnat eroteltu, pyöräilijämerkintä pyörätiellä suunnittain



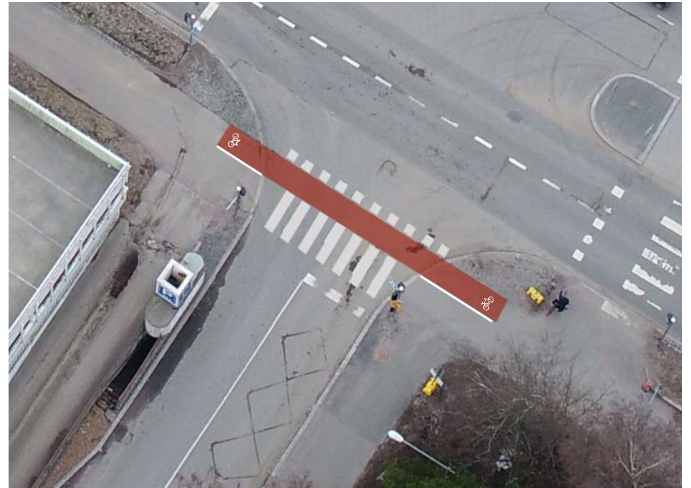
Mittaesimerkkejä

Leveys määräytyy pyörätien jatkeen leveyden mukaan (1,5 – 2,5 m)

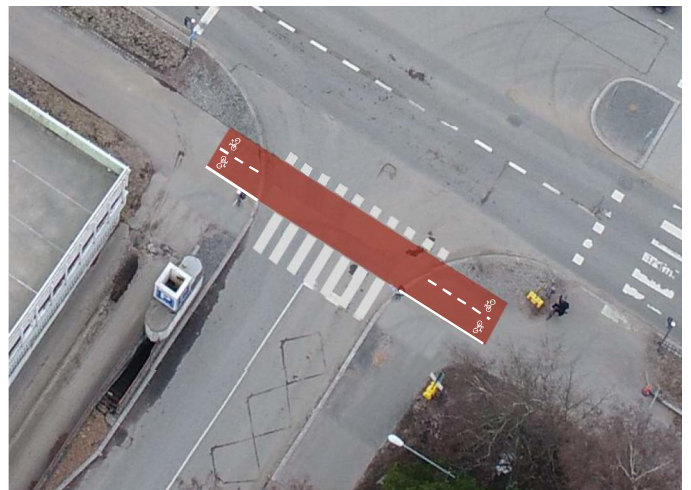
Pinnoitus aloitetaan noin 5 – 15 m ennen ajoradan reunaa

Pyöräilijämaalaus

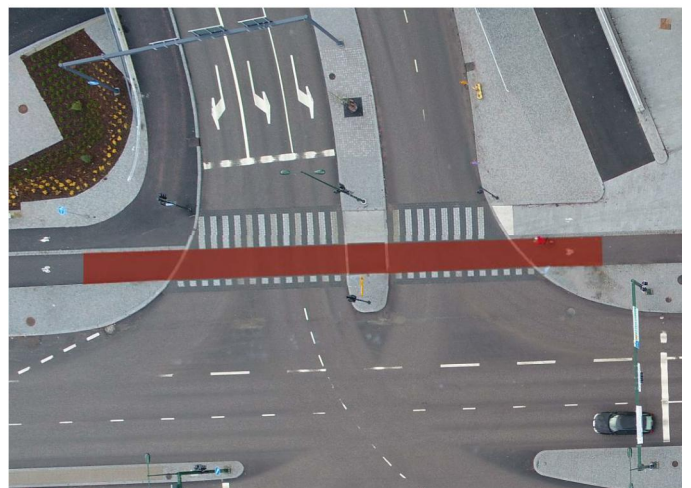
- 54 x 60 cm tai 90 x 100 cm



Havainnekuva 1. Värillinen pyörätien jatke Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymässä



Havainnekuva 2. Värillinen pyörätien jatke, kulkusuunnat erotettu Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymässä



Havainnekuva 3. Värillinen pyörätien jatke, jalankulku ja pyöräily erotettu Merituulentien ja Haukilahdenkadun liittymässä

JATKEEN KULKUSUUNTIENTEN VIISTO EROTTELU

Jatkeen kulkusuuntien viistolla erottelulla tarkoitetaan erityisen leveää pyörätien jatketta, jossa kulkusuunnat on eroteltu viistolla ohjausviivalla toisistaan. Kulkusuuntien erottelu alkaa viimeistään liittymään saavuttaessa ja se jatkuu liittymän yli. Ylityssuunnan odotustila on leveämpi kuin ylityksen jälkeinen osuus. Mahdollisella keskisaarekkeella kulkusuuntien leveys on yhtä suuri. Merkintä erottaa pyöräilyn jalankulusta, joten erottelu on hyvä osoittaa myös liikennemerkein.

Viiston erottelun tarkoituksena on varata enemmän tilaa liikkeelle lähteville pyöräilijöille. Pysähtynyt pyöräilijä vie enemmän tilaa kuin liikkuva.

Viisto erottelu soveltuu erityisesti liittymiin pyöräilyn laatuikätyillä, joissa pyörätie on tavallista leveämpi ja ajosuunnat eroteltu. Erottelu voidaan toteuttaa myös vain liittymäalueella.

Jatkeen pinnoitukseen valittu materiaali määrittää uusimissyklin sekä kustannusluokan. Värilliseksi pinnoiterttu pyörätien jatke ja odotustilat parantavat pyöräilijän havaittavuutta sekä sen avulla muistutetaan ajoneuvon kuljettajia väistämismvelvollisuudesta. Myös pyöräilijä kokee ajolinjat selkeämpänä. Materiaalit on kuvattu tarkemmin varsinaisessa pinnäytetyössä.

Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu ei välttämättä vaadi poikkeuslupahakemusta, jos sen katsotaan olevan sovellus keskiviivasta. Ennen toteuttamista asia tulee vielä varmistaa liikenne ja viestintäministeriöstä.

Vaihtoehtoiset toteutustavat

Värillinen pintamateriaali ja tiemerkinntät

Vain tiemerkinntät

Mittaesimerkkejä

Pyörätien jatkeen leveys 4 m

- odotustila 3 m
- keskisaareke 2 m + 2 m
- poistumistila 1 m

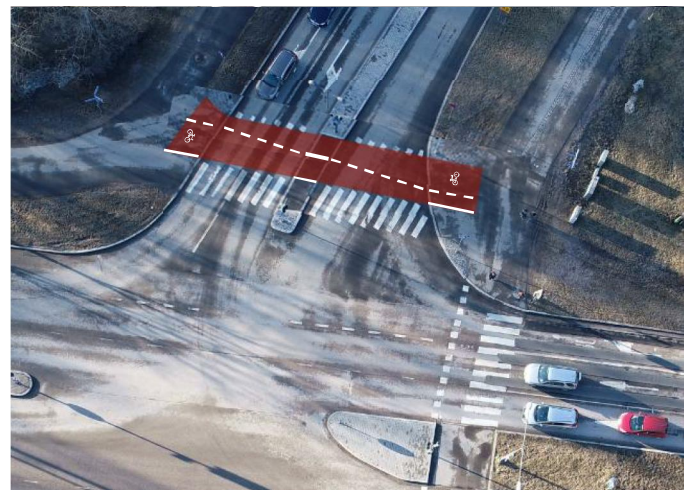
Mahdollinen värillinen pinnoitus aloitetaan noin 5 – 15 m ennen ajoradan reunaan.

Pyöräilijämaalaus

- 54 x 60 cm tai 90 x 100 cm



Havainnekuva 1. Viisto erottelu Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymässä



Havainnekuva 2. Värillinen pinnoite ja viisto erottelu Merituulentien ja Koivu-Mankkaan tien liittymässä

PYÖRÄTASKU JA RYHMITYMISKÄÄNNÖS

Pyörätasku on liikennevaloristeyksessä pyöräilijöille varattu odotustila pyöräkaistan yhteydessä. Pyöräilijä voi ryhmittyä ja odottaa valojen vaihtumista autoliikenteen edessä. Pyörätaskusta kääntyäessä vasemmalle pyöräilijä ryhmittyy vasempaan reunaan ja suorittaa niin sanotun ryhmittymiskäännöksen valon vaihduttua vihreäksi.

Pyörätaskun tarkoituksena on parantaa pyöräilijän näkyvyyttä muihin ajoneuvoihin nähden. Värillisellä pinnoitteella päällystetty pyörätasku parantaa taskun havaittavuutta.

Pyörätasku voidaan toteuttaa **vain valo-ohjatussa liittymässä, mikäli pyöräilijät ajavat liittymään pyöräkaistaa** pitkin. Pyörätasku soveltuu toteutettavaksi **liittymän sivusuunnille**, kun sivusuunnan liikennemäärä on vähäinen ja liikennevalojen vihreä vaihe on lyhyt. Pääsuunnalla ei saa olla pyöräteitä.

Pyörätaskun toteutuksessa tulee huomioida maalauksen uusimissykli 1-2 vuoden välein sekä riittävä talvikunnossapito pyörätaskun havaittavuuden säilyttämiseksi. **Pyörätaskua ei suositella toteutettavaksi olemassa olevaan liittymään** ilman muita toimenpiteitä (mm. silmukkailmaisimien sijainnin muutos). Pyörätasku vaatii aina oman ilmaisimen.

Vaihtoehtoiset toteutustavat (maalausvaihtoehdot)

Pyörätasku tiemerkinnoilla



Pyörätasku värillisellä pintamateriaalilla ja tiemerkinnoilla



Mittaesimerkkejä pyörätaskulle

Pituus

- 5 m

Leveys

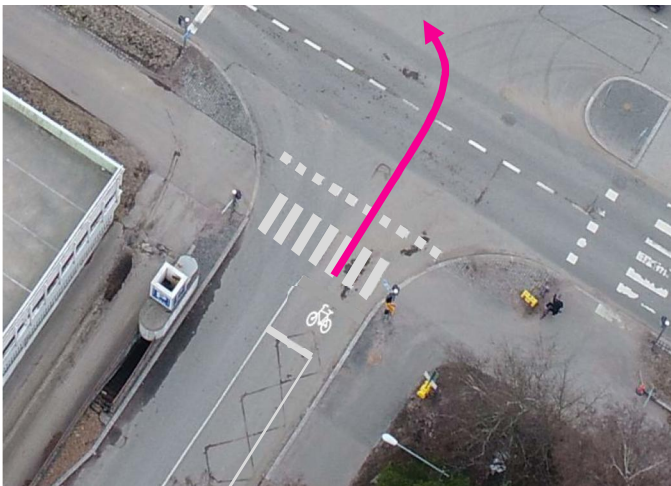
- Ajoradan/ratojen ja pyöräkaistan yhteenlaskettu leveys

Pyöräilijämaalaukset

- Pyörätaskun keskellä:
 - 180 x 200 cm

Pyöräkaistan suositusminimimitta ennen pyörätaskua 30 m

- Sulkuviiva > 10 m
- Ajokaistaviiva > 20 m



Havainnekuva 1. Pyörätasku Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymään



Havainnekuva 2. Värillinen pyörätasku Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymään

PYÖRÄKAISTA JA PITKÄKÄÄNNÖS

Pitkässä käänöksessä pyöräilijä saapuu liittymään pyöräkaistaa pitkin ja kääntyy vasemmalle kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa pyöräilijä etenee liittymän yli sivusuunnan suoraan jatkavan kaistan tai pyöräkaistan kohdalle, suojatien ja pääsuunnan pyöräkaistan väliin. Mikäli sivusuunnalla ei ole sekaliikenneväylää, pyöräkaistaa tai -taskua, voidaan pyöräilijä ohjata odottamaan jalankulku- ja pyöräväylälle merkitylle odotusalueelle. Pyöräilijä saa jatkaa matkaa, kun sivusuunta saa vihreän valon.

Pitkän käänöksen tarkoituksena on parantaa merkittävästi pyöräilijän turvallisuutta. Kun pyöräilijän ei pysähdy liittymän keskelle (väistämisvelvollisuus), pyöräilijän ja ajoneuvoliikenteen konfliktipisteet ja peräänajon mahdollisuudet poistuvat. Värilliseksi pinnoitettu pyöräkaista parantaa pyöräilijän havaittavuutta. Myös pyöräilijä kokee ajolinjat selkeämpänä.

Pitkääkäynnös soveltuu toteutettavaksi erityisesti **vilkasliikenteisiin liittymiin pääsuunnille**. Se voidaan toteuttaa myös **sivusuunnille**.

Toteutuksessa tulee huomioida ajoratamaalauksien uusimissykli vuoden välein sekä riittävä talvikunnossapito ajoratojen havaittavuuden säilyttämiseksi.

Pyöräkaistan toteutus vaatii aina suunnittelua ja mahdollisen olemassa olevan liittymän rakenteellisia muutoksia. Odotusalueen sijainti määräytyy sivusuunnan ajoratajärjestelyiden mukaan.

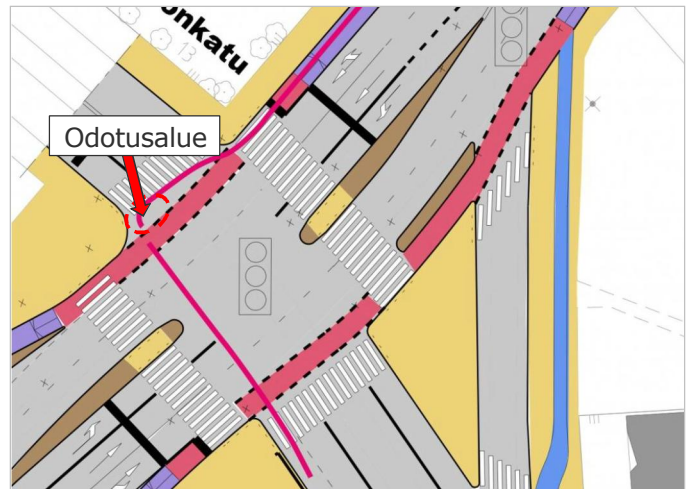
Vaihtoehtoiset toteutustavat (maalausvaihtoehdot)

Pyöräkaista pyöräilijämerkinnällä

Pyöräkaista värillisellä pinnoituksella ja pyöräilijämerkinnällä

Pyöräkaista värillisellä pinnoituksella ja pyöräilijämerkinnällä. Värillinen pinnoitus jatkuu liittymän läpi

Odotusalueen merkitseminen jalankulku- ja pyöräväylälle (ks. alin kuva)



Havainnekuva 1: Pitkääkäynnös (Pyöräiliikenteen suunnitteluohje, Helsingin kaupunki, muokattu)



Havainnekuva 2: Pitkääkäynnös Lauttasaarentien ja Lemmissaarentien liittymässä

FOOTREST – PYÖRÄILIJÄN TUKIKAIDE

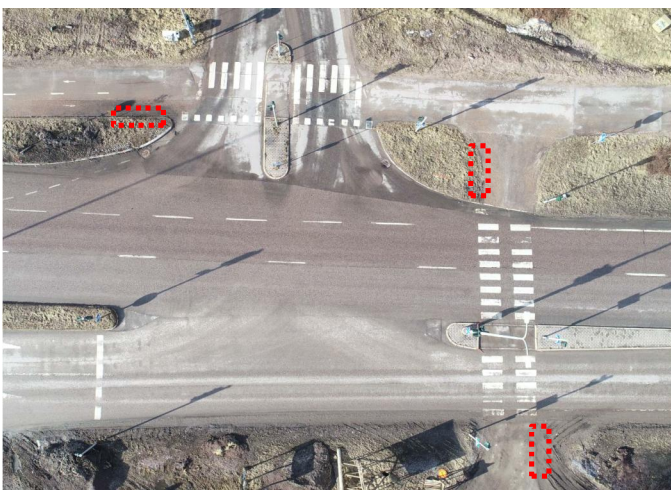
Pyöräilijän tukikaiteella tarkoitetaan liittymään sijoitettavaa lyhyttä kaidetta, johon pyöräilijä voi nojata odottaessaan liikennevalojen vaihtumista.

Tukikaiteen tarkoituksena on helpottaa pyöräilijän pysähdystä punaisissa liikennevaloissa (pyöräilijän ei tarvitse nousta pois pyörän päältä). Tukikaide suositellaan sijoitettavan pyöräilijän painonapin yhteyteen saapumissuunnan oikeaan reunaan tai pyöräkaistan odotusalueen yhteyteen.

Tukikaide soveltuu erityisesti ruuhkaisiin liittymiin, joissa on pitkät kiertoajat tai pääsuunnan kanssa risteäviin ylityskohteisiin.

Tukikaiteen toteutuksessa tulee huomioida kaitteen muotoilu, sijoittelu ja talvikunnossapito. Kaide saattaa heikentää kunnossapidon toimintaa. Tukikaide voidaan asentaa uusiin tai jo olemassa oleviin liittymiin.

Havainnekuvat asennuspaikoista



Havainnekuva 2: Asennuspaikat Turuntien ja Hannu Olavinpojan tien liittymässä



Pyöräilijän tukikaide

Havainnekuva 1. Tukikaide (kuva: Eric Gilliland, <https://www.flickr.com/photos/biketrip2006/7999482619/in/photostream/>)

Kaitteen ominaisuuksien suositukset

Kaitteen pituus noin 2 – 3 m (1 – 2 pyöräilijää)

Jalkatuki

- n. 30 cm korkeudella ajoradasta
- 20-30 cm leveä
- koko kaitteen pituudelta
- liukumaton materiaali

Käsituki

- noin 1,1-1,2 m korkeudella ajoradasta
- jalkatuen yläpuolella



Havainnekuva 3: Asennuspaikat Turuntien ja Rastaalantien liittymässä

FOOTREST – PYÖRÄILIJÄN TUKIPYLVÄS

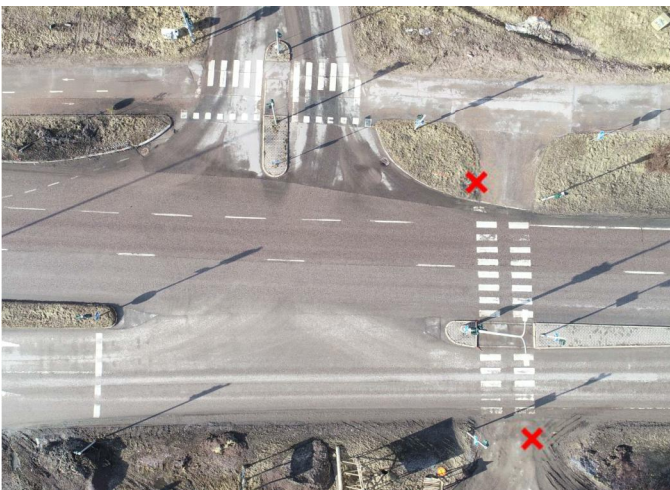
Pyöräilijän tukipyväällä tarkoitetaan liittymään sijoitettavaa pylvästä, johon pyöräilijä voi nojata odottaessaan liikennevalojen vaihtumista. Yhteen pylvääseen mahtuu nojaamaan yksi pyöräilijä.

Pylvään tarkoituksena on helpottaa pyöräilijän pysähdystä punaisissa liikennevaloissa (pyöräilijän ei tarvitse nousta pois pyörän päältä). Tukipyvä suosittelaa sijoitettavan pyöräilijän painonapin yhteyteen saapumissuunnan oikeaan reunaan tai pyöräkaistan odotusalueen yhteyteen. Useampi tukipyvä sijoitellaan noin 3 – 5 metrin etäisyydelle toisistaan.

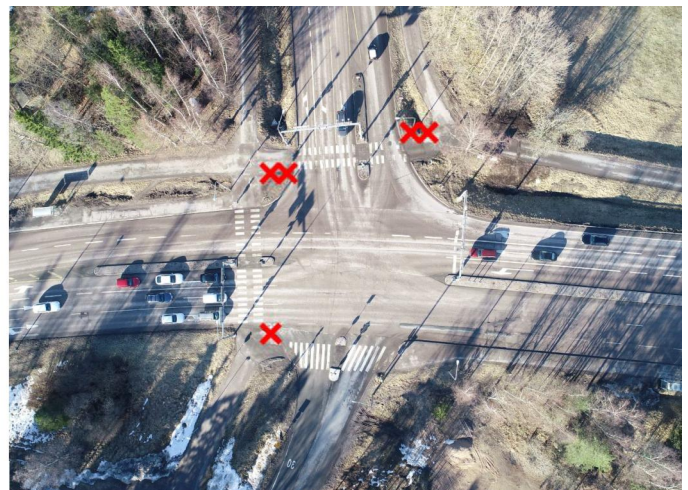
Tukipyvä soveltuu erityisesti ruuhkaksiin liittymiin, joissa on pitkät kiertoajat tai pääsuunnan kanssa risteäviin ylityskohteisiin. Pylväs voidaan sijoittaa lähes mihin vain, josta se on pyöräilijän helposti saavutettavissa. Tukipyvä voidaan asentaa uusiin tai jo olemassa oleviin liittymiin.

Tukipyvään toteutuksessa tulee huomioida pylvään muotoilu ja talvikunnossapito. Pylväs saattaa heikentää kunnossapidon toimintaa.

Havainnekuvat asennuspaikoista



Havainnekuva 3: Asennuspaikat Turuntien ja Hannu Olavinpojan tien liittymässä



Havainnekuva 4: Asennuspaikat Turuntien ja Rastaalantien liittymässä

Pyöräilijän tukipyvä



Havainnekuva 1 ja 2. Tukipyvä (Kuvat: Dezeen, <https://www.dezeen.com/2013/02/12/bikers-rest-by-marcus-abrahamsson-for-nola/>)

Pylvään ominaisuuksien suositukset

Pylvään korkeus noin 1,2 m

Jalkatuki

- n. 30 cm korkeudella ajoradasta
- liukumaton materiaali

Käsituki

- kahva, joka helposti tartuttavissa
- noin 1,1-1,2 m korkeudella ajoradasta

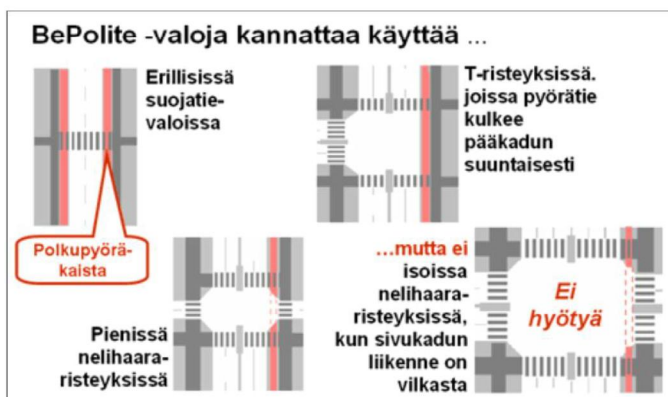
BEPOLITE -VALO

BePolite -valolla (ts. ennakkovilkku) tarkoitetaan keltaisena vilkkuvaa opastinvaihetta polkupyörä-opastimessa. Keltaisena vilkkuva vaihe on pyöräkaistalla (tai rakenteellisesti erotetulla pyörätiellä) samanaikaisesti sitä risteävän suojatien vihreän vaiheen kanssa. Pyöräilijät voivat vilkun aikana lähteä liikkeelle väistämällä suojatietä ylittäviä jalankulkijoita ja mahdollisesti risteävää ajoneuvoliikennettä erityistä varovaisuutta noudattaen. BePolite -valo voidaan ohjelmoida vain polkupyöräopastimeen.

BePolite -valon tarkoitus on lyhentää pyöräilijän odotusaikaa liikennevalo-ohjatussa liittymässä.

BePolite -valo soveltuu käytettäväksi erillisiin suojatievaloihin, T-liittymiin, joissa pyörätie kulkee pääkadun suuntaisesti liittymähaaran vastapuolella sekä hyvin pieniin nelihaaraliittymiin. BePolite -valoa ei suositella liittymiin, joissa sivusuunnan liikenne on vilkasta. Suojatien opastimen tulee kattaa myös pyörätien tai -kaistan ylitys.

Valon käytössä tulee huomioida liittymän rakenne ja liikennemäärät. BePolite -valoa ei suositella liittymässä tai erillisissä suojatievaloissa, joissa pyöräilijä voi kiertää valo-ohjauksen jalankulkijoiden takaa yhdistettyä jalankulku- ja pyöräilyväylää tai muuta pyöräilylle sallittua aluetta pitkin.



Havainnekuva 1: Kohteet, joissa BePolite-valoja voidaan käyttää (Liikennevalot.info)



Havainnekuva 2: BePolite, opastin Mannerheimintiellä.



Havainnekuva 3: BePolite, opastin Mannerheimintiellä.

VIHREÄ AALTO JA SEN LIIKENNEMERKIT

Pyöräilijän vihreä aalto tarkoittaa peräkkäisten liikennevalojen ajoittamista pyöräilijän nopeudella siten, että aallon suunnassa pyöräilijä pystyy etenemään liittymästä toiseen pysähtymättä. Pyöräilijän vihreä aalto kulkee huomattavasti hitaammin kuin esimerkiksi henkilöautojen mukaan ajoitettu vihreä aalto. Pyöräilijän vihreä aalto voidaan toteuttaa millä tahansa pyöräilijälle soveltuvalla nopeudella, sillä pyöräilijöille ei ole määritetty nopeusrajoitusta. Esimerkiksi nopeuksilla 18 km/h tai 20 km/h.

Vihreä aalto voidaan ilmoittaa pyöräilijöille sinipohjaisella tekstillisellä lisäkilvellä. Lisäkilven tekstissä ilmoitetaan tavoitenoisuus ja kellonaika, jolloin vihreäaallo on toiminnassa. Merkin suunta ilmaisee vihreän aallon kulkusuuntaa.

Vihreän aallon tarkoituksena on vähentää pyöräilijöiden pysähdysten määrää ja sujuvoittaa pyörällä ajamista.

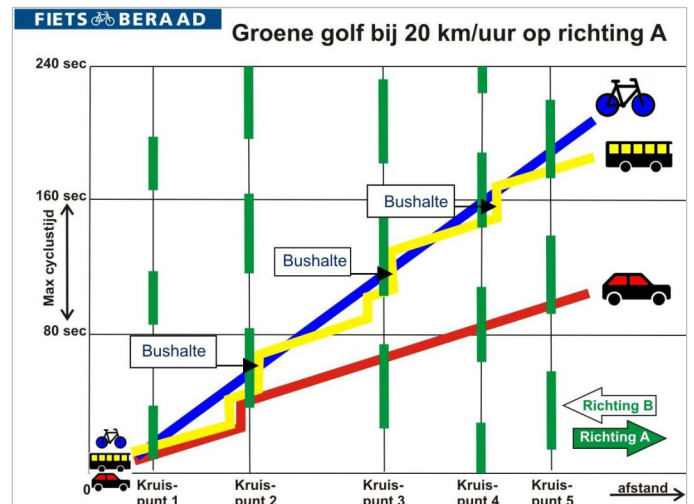
Vihreän aallon toteutuksessa tulee huomioida hidastetun aallon vaikutukset muuhun liikenteeseen ja sen käyttö tulee suunnitella erityisen tarkkaan. Vihreä aalto voidaan koordinoita linja-autoliikenteen kanssa, pysäkkisijainnit huomioiden. Tällöin linja-autojen matka-aika ei kasva merkittävästi tavallisesta ajoneuvojen mukaan ajoitetusta vihreästä aallosta.

Vihreä aalto voidaan toteuttaa nykyisiin tai uusiin peräkkäisiin liikennevalo-ohjattuihin liittymiin.

Vaihtoehtoiset toteutustavat

Liikennevalojen ohjelmointi pyöräilijän vihreään aaltoon

Liikennevalojen ohjelmointi pyöräilijän vihreään aaltoon ja aallon ilmaisevat liikennemerkkit



Kuva 1. Pyöräilijän vihreän aallon vaikutukset eri ajoneuvoryhmiin (ECF, European Cyclists' Federation)

Esimerkkejä

Vihreä aalto 18 km/h
klo 8:00-9:00

Vihreä aalto 20 km/h
klo 15:00-18:00

Havainnekuva 2. Esimerkkejä lisäkilvestä.

VIRTUAALINEN PAINONAPPI

Virtuaalinen painonappi on puhelimella tai muulla älylaitteella toimiva sovellus. Sovellus lähettää vihreän valon pyynnön jo ennen liittymään saapumista. Pyöräilijän etenemistä voidaan seurata esimerkiksi GPS-paikannuksen avulla.

Virtuaalisen painonapin tarkoituksena on vähentää pyöräilijöiden pysähtymisten määrää. Kun sovellus yhdistetään liittymässä olevaan painonappiin, painonapissa syttyvä valo ilmoittaa pyöräilijälle vihreän pyynnön rekisteröitymisestä. Valon ansiosta pyöräilijä tietää hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymiseltä.

Virtuaalinen painonappi suositellaan asetettavaksi toimimaan vain tavallisen painonapin tapaan, mutta siihen voidaan asettaa myös pyöräilijän liikennevaloetuedet (pidennys tai aientaminen). Pyöräilyväylän tyyppi ei vaikuta virtuaalisen painonapin käyttöönottoon eikä olemassa olevan liittymän infrastruktuuriin tarvitse tehdä muutoksia.

Virtuaalinen painonappi -sovelluksen käyttöönotossa tulee huomioida siihen yhteensopivat liikennevalokojeet. Esimerkiksi Dynniq Finland Oy:n tarjoama CrossCycle – sovellus toimii EC-2 -ohjauskojeiden kanssa.

Vaihtoehtoiset toteutustavat

Painonappi -toiminto

- Pyyntö rekisteröityy liittymään saavuttaessa

Painonappi -toiminto etuisuudella

- Pyyntö rekisteröityy liittymään lähestyessä
- Pyyntö voi pidentää liittymässä olevaa suojatien vihreää vaihetta
- Pyyntö voi aikaistaa suojatien vihreän valon vaihetta.

Suunta

- Vain pääsuunta (ei reitinvalintaa)
- Kaikki suunnat (reitinvalinta pakollinen)

Tiedon tallennus

- Tiedot hävitetään matkan jälkeen
- Tiedot tallennetaan matkan jälkeen

Lisäominaisuutena kerättäviä tietoja (sovelluksesta riippuen)

Matkan pituus, kesto, ajoreitti, keskinopeus, kellonajat, lähetetyt pyynnot ja punaisissa vietetty aika.



Havainnekuva 1. CrossCycle (Kuva: Dynniq Finland Oy)

PYÖRÄILIJÄLASKENTA

Pyöräilijälaskennalla tarkoitetaan ilmaisimilla tai erillisillä liikennelaskentalaitteilla tapahtuvaa pyöräilijöiden määrän laskentaa.

Pyöräilijälaskentojen tarkoituksena on kerätä tietoa kaupungin omiin tarpeisiin, suunnitteluun ja tiedonkeruuseen (mm. Espoon Kaupunkisuunnittelukeskuksen liikennetutkimus -yksikölle). Laskentojen avulla voidaan perinteisen laskennan lisäksi tunnistaa pyöräilijöiden huipputunteja, mitata pyöräilijänopeuksia ja pyörien pituuksia.

Pyörälaskentaa suositellaan toteuttavan liittymässä aina mahdollisuuksien mukaan. Erityisesti uusien liittymien tai vanhojen liittymien saneerauksien yhteydessä suositellaan asennettavaksi ilmaisinsilmukat, vaikka niiden pääasiallinen tarkoitus on vain laskea liikennettä.

Pyörälaskentalaitteiden tai ilmaisimen valinnassa tulee kiinnittää huomiota mittausajan keston. Pysyviin mittauksiin soveltuvat erityisesti silmukkailmaisimet ja maahan asennettavat tutkailmaisimet.

Vaihtoehtoiset toteutustavat

Silmukkailmaisim

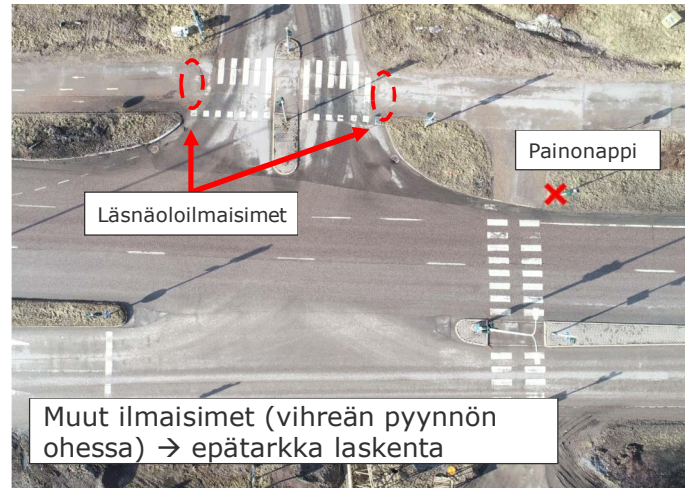
Tutkailmaisim maassa

Videokuvaus

EcoCounter -laskentalaitte

Muu koneellinen laskenta, mm. väliaikaiset liikennelaskentalaitteet

Esimerkkejä liikennelaskentatavoista



Havainnekuva 1: Turuntien ja Hannu Olavinpojan tien liittymä



Havainnekuva 2: Turuntien ja Rastaalantien liittymä



Havainnekuva 3: Turuntien ja Rastaalantien liittymä

PYÖRÄILIJÄN MERKITYLLÄ ILMAISIMIN

Pyöräilijän merkityllä ilmaisimella tarkoitetaan pinnoitteeseen asennettavaa silmukkailmaisinta, joka merkitään pyöräilijöille näkyviin. Ilmaisimia voidaan asentaa maksimissaan kaksi rinnakkain (ei mahdollisuutta ajaa molemmista), toinen ilmaisemaan pääsuunnan ja toinen sivusuunnan suuntaisten suojateiden pyyntöjä.

Merkityn ilmaisimen tarkoituksena on osoittaa pyöräilijälle kohta, josta ajamalla yli pyöräilijä saa vihreän valon pyynnön seuraavaan valo ohjattuun liittymään haluttuun suuntaan. Ilmaisimet yhdistetään liittymässä oleviin painonappeihin, jolloin painonapissa syttyvä valo ilmoittaa pyöräilijälle vihreän pyynnön rekisteröitymisestä. Valon ansiosta pyöräilijä tietää hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymiseltä. Ilmaisimilla voidaan myös laskea pyöräliikennemääriä.

Ilmaisimien voidaan merkitä ajoratamaalauksella tai laatalla. Jos ilmaisimia on kaksi rinnan, tulee suunta ilmoittaa nuolimerkinnällä. Toteutuksessa tulee huomioida merkinnän uusimissykli. Ajoratamaalaus kuluu nopeasti ja se tulee uusia vuosittain. Laatalla toteutettu merkintä täytyy uusia huomattavasti harvemmin. Riittäväällä talvikunnossapidolla varmistetaan ilmaisimien havaittavuus myös talvella tai ne voidaan kylkeä pois käytöstä.

Ilmaisimen merkintä voidaan ensin toteuttaa pilottikokeiluna. Pilotointikohteeksi soveltuu liittymä, jossa on paljon pyöräliikennettä, erityisesti työmatkapyöräilyä.

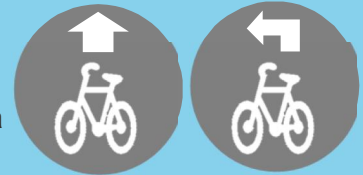
Merkintätapa ei vaadi poikkeuslupaa, sillä merkintätavassa on kyseessä sovellus tieliikenneasetuksesta 40 § ja 45 §. Merkinnässä ei saa olla ympyräkehystä.

Vaihtoehtoiset toteutustavat (merkintätavat)

Maalaus,
Pyöräilijämerkintä (M8)
Nuolimerkintä



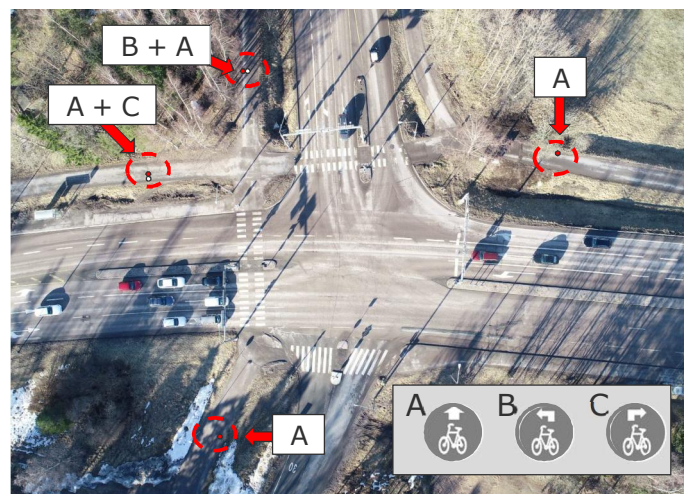
Kivi- tai metallilaatta,
Pyöräilijämerkintä (M8) ja nuolimerkintä upotettuna



Mittaesimerkkejä

Pyöräilijän silmukkailmaisimen leveys ajoradalla ~ 57 cm.

- 45 asteen kulma, silmukat (2 kpl) 20 cm etäisyydellä toisistaan
- Silmukan pitkäsiivu 80 cm



Havainnekuva 1. Turuntien ja Rastaahtien liittymä

ILMAISINVAIHTOEHDOT (OSA1/2)

Ilmaisinvaihtoehdossa on esitetty erilaisia pyöräilijän ilmaisintyyppejä, joiden käyttö valitaan suunnitteluvaiheessa tapauskohtaisesti (liittymän infrastruktuuri ja liikennevalo-ohjelma).

Infrapuna- ja kamerailmaisimien käyttöä ei suositella käytettäväksi, sillä ne ovat hyvin herkkiä sää ja keliolosuhteille. Maahan asennettavaa magnetometri-ilmaisinta ei voida käyttää pyöräilijöiden tunnistukseen, sillä se ei tunnista pyöräilijöitä luotettavasti.

Painonappi

Painonappi on liikennevalopylvään yhteyteen asennettava kotelo, jossa on vihreän pyynnön rekisteröivä painike ja mahdollisesti pyynnön ilmaiseva valo.

Painonappikoteloita on useita eri malleja. Asennettavaksi suositellaan kotelo, jossa pyynnön ilmaiseva valo näkyy jokaiseen tulosuuntaan.

Painonappi on toiminnaltaan luotettavin jalankulkijan ja pyöräilijän ilmaisin. Painonapin lisäksi liittymään suositellaan asennettavaksi tutka- tai silmukkailmaisimien parantamaan pyöräliikenteen palvelutasoa ja samalla vähentämään pyöräilijöiden pysähtymisten määrää. Kun muiden ilmaisimien antama pyyntö näkyy painonappikotelon valona, pyöräilijän ennakointi paranee.

Painonappi suositellaan asennettavaksi liittymään aina jalankulkijoiden vuoksi. Ylimääräistä pyöräilijän painonappia ei tarvita, mikäli muita saapuvan pyöräilijän tunnistavia ilmaisimia on käytetty ja painonapin valo syttyy näiden pyynnöstä. Pyöräilijän kannalta painonappi, jota joudutaan painamaan, heikentää pyöräilijän matkan sujuvuutta ja aiheuttaa pysähdysten.

Silmukkailmaisimien

Silmukkailmaisimien koostuu päällysteeseen asennetusta ilmaisinsilmukasta, silmukan ja kojeen välisestä kaapelista ja vahvistinyksiköstä. Pyörätiellä polkupyörät voidaan ilmaista 45 asteen kulmaan asetetulla suorakaideilmaisimiparilla. Silmukkailmaisimien asennetaan tavallisesti 20 - 40 m ennen liittymää.

Silmukkailmaisimien lähettää vihreän pyynnön liittymään. Suositellaan yhdistettäväksi liittymässä olevaan painonapin kanssa. Painonapissa syttyvä valo ilmoittaa pyöräilijälle vihreän pyynnön rekisteröitymisestä. Valon ansiosta pyöräilijä tietää hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttää pysähtymistä.

Silmukkailmaisimien soveltuu asennettavaksi tulosuuntiin, joissa on selkeä ylityksen suunta. Silmukkailmaisimien avulla voidaan myös toteuttaa ”pyöräilijän merkitty ilmaisin” ja kerätä pyöräilijöiden liikennemäärädataa. Silmukkailmaisimien suositellaan asennettavaksi uusiin ja saneerattaviin liittymiin, vaikka niiden pääasiallinen tarkoitus olisi vain laskea liikennettä.

Silmukkailmaisimien kustannukset ovat korkeat, mikäli silmukka asennetaan maahan jälkikäteen. Uuden liittymän toteutuksessa kustannukset jäävät vähäisiksi.

Kuituoptinen kaapeli

Kuituoptisen kaapelin toiminta ja asennuspaikat vastaavat ilmaisinsilmukan toimintaa ja sijoittamista. Kaapeli asennetaan silmukkailmaisimesta poiketen lähelle kadun pintaa, jolloin se saattaa vaurioitua talvikunnossapidon yhteydessä. Kuituoptiikan etuna silmukkailmaisimeen verrattuna on, että se tunnistaa myös muovi- ja alumiinirunkoiset polkupyörät.

ILMAISINVAIHTOEHDOT (OSA 2/2)

Tutkailmaisoin pylväässä

Tutkailmaisoin koostuu liikennevalopylvääseen asennettavasta ilmaisulaitteesta. Tutkailmaisoin ilmaisee kaikki keilassa ilmaistavaan suuntaan liikkuvat kohteet. Polkupyörät ja jalankulkijat voidaan ilmaista noin 0 - 40 metrin etäisyydeltä tutkasta riippuen. Tutkailmaisimet voidaan jakaa karkeasti kolmeen ilmaisintyyppiin.

Kulkuilmaisoin

Kulkuilmaisoin ilmaisee liittymään saapuvan jalankulkijan tai pyöräilijän. Se lähettää vihreän pyynnön havaitessaan liikettä. Ilmaisimen käyttö edellyttää, että osa laajasta ilmaisukeilasta on mahdollista suunnata jalankulku- ja pyöräväylän ulkopuolelle. Ulkopuolella ei saa olla ilmaistavaan suuntaan olevaa liikennettä. Tutkailmaisoin ei myöskään sovellu kohteisiin, joissa ilmaisuetäisyys täytyy rajata alle 10 metriin esimerkiksi risteävän väylän vuoksi. Ilmaisinta suositellaan yhdistettäväksi painonappivalon kanssa, jolloin pyöräilijän ennakointi paranee.

Suojatietutka

Suojatietutkaa käytetään vihreän vaiheen pidentämiseen. Tutka asennetaan siten, että se kattaa koko suojatien ja ilmaisee molemmat kulkusuunnat. Suojatietä ylittävän pyöräilijän kannalta ilmaisulla ei ole merkitystä.

Läsnäolotutka

Valoissa odottavat jalankulkijat ja pyöräilijät voidaan havaita läsnäolotutkalla. Havaittava alue on pinta-alaltaan noin 6 m², riippuen laitevalmistajasta. Liittymään suositellaan asennettavan myös muita pyöräilijän jo kauempaa havaitsevia ilmaisimia (esim. kulku- ja silmukkailmaisoin).

Tutkailmaisimien käytössä on vaikea välttyä ylimääräisiltä ilmaisuilta keilan koon ja heijastumien takia.

Tutkailmaisoin maassa

Maahan asennettava tutkailmaisoin koostuu langattomasta anturista, vastaanotinyksiköstä ja vahvistinyksiköstä. Ilmaisoin toimii akulla ja sen käyttöikä on noin 10 vuotta. Tiedonsiirto perustuu lyhyen kantaman langattomaan siirtotekniikkaan ja tieto on heti käytettävissä. Ilmaisoin asennetaan laitevalmistajasta riippuen 6 cm syvään ja halkaisijaltaan noin 10 cm leveään reikään.

Maahan asennettu tutkailmaisoin toimii kuten silmukkailmaisoin eli lähettää vihreän pyynnön liittymään. Vihreän pyyntö olisi hyvä näkyä suojateille saapuville pyöräilijöille painonappikoteloissa syttyvänä valona. Valon ansiosta pyöräilijä tietää hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttyä pysähtymiseltä.

Maahan asennettu tutkailmaisoin soveltuu asennettavaksi tulosuuntiin, joissa on selkeä ylityksen suunta. Ilmaisimen avulla voidaan myös kerätä pyöräilijöiden reaaliaikaista liikennemäärädataa. Tutkailmaisimen etuna on, että sen avulla voidaan myös laskea jalankulkijoita. Laskentatiedosta voidaan tunnistaa eri käyttäjäryhmät ja rajata tarpeettomat pois.

Maahan asennettava tutkailmaisoin suositellaan asennettavaksi liittymien väliaikaisten ja työmaa-aikaisten järjestelyiden ajaksi, sillä ilmaisimen asennuskustannukset olemassa olevaan liittymään ovat vähäiset silmukkailmaisimeen verrattuna. Pitkänaikavälin kustannukset vastaavat ilmaisinsilmukan kustannuksia.

Maassa oleva tutkailmaisimen tarkkuus kärsii talvella. Noin 5 cm paksuinen lumi- ja jääkerros vaikuttaa tutkan ilmaisutarkkuuteen. Harjasuolauksella voidaan vaikuttaa toimintatarkkuuteen.

LIIKENNEVALO-OHJAUKSEN VAIHTOEHDOT (OSA 1/3)

Liikennevalo-ohjauksen vaihtoehdoissa on esitetty erilaisia liikennevalo-ohjelmia pyöräliikenteen näkökulmasta. Ohjelmien käyttö valitaan aina liittymä- ja tapauskohtaisesti.

Pääsuunnan lepotilassa

Pääsuunnan vihreässä lepotilassa pääsuunnan suoraan menevän ajoneuvoliikenteen opastinryhmät ja pääsuunnan suuntainen suojatie ovat vihreänä, kun sivusuunnalta ei ole liikennettä. Pääsuunnan opastimet vaihtuvat tai jäävät vihreäksi sen perusteella, olivatko ne punaisena tai vihreänä lepotilan alkaessa. Lepotilassa vihreänä oleville opastinryhmille on ohjelmoitu kiinteä pyyntö.

Pääsuunnan suuntaisesti ajavan pyöräilijän sujuvuus on vihreässä lepotilassa erinomainen. Pääsuunnan ylittävälle suojatielle pyrkivän pyöräilijän sujuvuuteen vaikuttaa tapa, jolla pyöräilijä ilmaistään. Pyöräilijä voi saada lepotilassa vihreän vaiheen vain omalla pyynnöllä tai sivusuunnan ajoneuvon oheispyyntönä. Sujuvuuteen omalla pyynnöllä vaikuttaa käytössä oleva vihreän pyynnön ilmaisin sekä mahdolliset etuudet (aiennus, pidennys).

Kokopunainen lepotila

Kokopunainen lepotila tarkoittaa, että liittymän jokaisen ajosuunnan ja suojatien opastimet ovat punaisena. Lepotilan alkaessa kaikki opastinryhmät vaihtuvat punaiseksi, kun minimivihreä on täyttynyt tai ajoneuvot ohittaneet liittymän. Kokopunaisen lepotilan etuna on, että liittymän ilmaisimelle ensin saapunut saa vihreän suunnasta riippumatta. Kokopunaisen lepotilan haittana on, että kuljettajat oppivat luottamaan vihreän vaihtumiseen eivätkä varaudu pysähtymään punaisiin.

Pyöräilijän kannalta sujuvuus ei poikkea ajoneuvoliikenteen sujuvuudesta, sillä kaikki suunnat ovat saman arvoisia. Turvallisuuden kannalta kuljettajien ja pyöräilijöiden oppiminen vihreän vaihtumiseen saattaa aiheuttaa vaaratilanteita.

Kokopunaisessa lepotilassa pyöräilijän sujuvuutta ja pysähdysten määrän minimointia voidaan parantaa aikaisemmalla ilmaisulla, ajoneuvon oheispyynnöllä ja pyöräilijän liikennevaloetuksilla. Hiljaisena aikana ajoneuvoliikennettä on vähän, jolloin pyöräilijän etuuksien vaikutukset ovat vähäiset ajoneuvoliikenteelle. Kokopunaisen vaiheen kanssa soveltuu käytettäväksi pyöräilijän etuuksista vihreän pidennys.

Suojateiden kokovihreä lepotila

Suojateiden kokovihreässä lepotilassa kaikki ajoneuvoja ohjaavat opastimet ovat punaisena ja jalankulkijaopastimet vihreänä. Suojateiden kokovihreä lepotila soveltuu tilanteisiin, joissa ajoneuvoliikennettä on vähän ja suojateilla on paljon käyttäjiä.

Suojateiden kokovihreä lepotila parantaa pyöräilijän sujuvuutta, sillä ilman ajoneuvon vihreän pyyntöä pyöräilijän ei tarvitse pysähtyä.

Suojateiden kokopunainen lepotilan käyttö tulee harkita ja suunnitella erityisen tarkkaan tapauskohtaisesti. Sen yhteydessä ei suositella käytettävän pyöräilijän etuuksia.

LIIKENNEVALO-OHJAUKSEN VAIHTOEHDOT (OSA 2/3)

Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila

Viimeinen vaihe ennallaan -lepotilassa opastinryhmä ei vaihdu lepotilan alkaessa punaiselle tai vihreälle, vaan jää edeltään vaiheeseen. Viimeinen vaihe ennallaan -lepotilassa suojatiet asetetaan tulemaan vihreäksi saman opastinryhmän ajoneuvojen oheispyynnöstä. Lepotila voidaan toteuttaa myös osittaisena, jolloin pääsuunnalle asetetaan viimeinen vaihe ennallaan ja sivusuunnalle kokopunainen lepotila.

Viimeinen vaihe ennallaan -lepotila parantaa pääsuunnan pyöräilijän sujuvuutta kokopunaiseen lepotilaan nähden, mutta heikentää sujuvuutta suojateiden kokovihreään ja pääsuunnan vihreään lepotilaan nähden. Viimeinen vaihe ennallaan -lepotilassa pyöräilijän sujuvuutta ja pysähdysten määrän minimointia voidaan parantaa aikaisemmalla ilmaisulla, ajoneuvon oheispyynnöllä ja pyöräilijän liikennevaloetuksilla.

Hiljaisena aikana ajoneuvoliikennettä on vähän, jolloin pyöräilijän etuuskien vaikutukset ovat vähäiset ajoneuvoliikenteelle.

Oma pyyntö

Oma pyyntö tarkoittaa, että opastinryhmä vaihtuu vihreäksi tulosuunnan liikenteen pyynnöstä. Esimerkiksi jalankulkuopastin vaihtuu vihreäksi vain painonapin tai muun ilmaisimen pyynnöstä. Omalla pyynnöllä ohjattu opastinryhmä ei saa vihreää vaihetta tarpeettomasti, eikä näin ollen estä vihreää toisilta opastinryhmiltä.

Pyöräiliikenteen kannalta oma pyyntö on kiinteää pyyntöä huonompi vaihtoehto. Omapyyntö yhdistettynä oheispyyntöön parantaa pyöräilijän palvelutasoa.

Kiinteä pyyntö

Kiinteässä pyynnössä opastinryhmä vaihtuu vihreäksi aina omassa vaiheessaan. Kiinteää pyyntöä käytetään esimerkiksi pääsuunnan vihreässä lepotilassa sekä silloin kun tulosuunnalla ei ole läsnäoloilmaisinta tai painonappia. Kiinteä pyyntö voidaan asettaa pelkästään pääsuunnalle tai sekä pääsuunnalle ja sivusuunnalle.

Kiinteä pyyntö erityisesti pääsuunnan ylittävällä suojatiellä parantaa sivusuuntaisen pyöräilijän sujuvuutta tilanteissa, jossa liikennemäärä on merkittävä. Pääsääntöisesti kiinteä pyyntö on pyöräilijän sujuvuuden kannalta hyvä vaihtoehto.

Pyöräilijän olosuhteisiin vaikuttaa tieto kiinteästä pyynnöstä. Kiinteä pyyntö voidaan ilmaista pyöräilijälle painonappivalon avulla.

Oheispyyntö

Oheispyynnöllä tarkoitetaan opastinryhmän vaihtumista vihreäksi ilman omaa tai kiinteää pyyntöä muiden saman vaiheen opastinryhmien kanssa. Oheispyyntö ei voi olla jonkin ryhmän ainoa pyyntötapa, vaan sen yhteydessä tulee käyttää omaa pyyntöä. Tällöin opastinryhmä vaihtuu vihreäksi joko omasta pyynnöstä tai opastinryhmän pyynnöstä.

Pyöräilijän olosuhteisiin vaikuttaa tieto aktivoituneesta vihreän pyynnöstä. Ajoneuvoliikenteen oheispyyntö voidaan ilmaista pyöräilijälle painonappikotelossa olevan valon avulla. Pyöräilijä voi valon palaessa tai syttyessä hidastaa vauhtia ja mahdollisesti välttyä pysähtymiseltä.

LIIKENNEVALO-OHJAUKSEN VAIHTOEHDOT (OSA 3/3)

Pyöräilijän aktiiviset etuudet

Aktiivinen etuus tarkoittaa sitä, että liittymää lähestyvä pyöräilijä havaitaan ilmaisimen avulla. Käyttäjä saa tällöin ohjelmoinnista riippuen seuraavanlaisen etuuden; vihreän aiennus tai vihreän pidennys.

Vihreän pidennys on liikennetietoon perustuva tavallista pidempi vihreä vaihe. Pidennys jatkaa opastinryhmän vihreää valoa riittävän pitkään, jotta havaittu pyöräilijä pääsee liikennevaloista läpi pysähtymättä. Havaitseminen tapahtuu ilmaisimilla. Pidennystä varten suojateiden maksimijat tulee määrittää kuhunkin liikennetilanteeseen sopivaksi. Pidennys suositellaan toteutettavaksi kasvattamalla vihreän pituutta ennalta määritetyllä sekuntimäärällä. Pidennys perustuu ilmaisuihin. Jokainen vihreän vaiheen aikana ilmaistu samaan ilmaisusuuntaan kulkeva pyöräilijä pidentää vihreää enintään maksimiaikaan asti.

Vihreän aiennuksella tarkoitetaan etuutta, jolloin vihreä vaihe alkaa tavallista aikaisemmin. Aiennuksessa vihreän pyyntö katkaisee käynnissä olevan vihreän minimi- ja/tai takuuvihreän jälkeen. Minimi- ja takuuvihreän ansiosta vihreä valo ei jää liikenneturvallisuuden näkökulmasta liian lyhyeksi. Etuuden pyyntö tapahtuu ilmaisimilla tai paikannukseen perustuvalla järjestelmällä.

Pyöräilijän vihreän aiennus erityisesti ruuhka-aikaan heikentää autoliikenteen toimivuutta. Liikenneympäristössä jossa pyöräilijöille ja jalankulkijoille halutaan luoda maksimaalinen etuus, myös aiennusta voidaan harkita. Aiennuksen käyttö tulee suunnitella tarkkaan ja vaikutukset arvioida ympäröivään liikenteeseen.

Pyöräilijän passiiviset etuudet

Passiivinen eli kiinteä etuus tarkoittaa etuutta liikennemäärästä riippumatta. Passiivista etuutta on esimerkiksi yhteenkytkettyjen liikennevalojen ajoitus pyöräilijän ajorytmin mukaan.

Pyöräilijän vihreä aalto tarkoittaa peräkkäisten liikennevalojen ajoittamista pyöräilijän nopeudella siten, että aallon suunnassa pyöräilijä pystyy etenemään liittymästä toiseen pysähtymättä. Pyöräilijän vihreä aalto kulkee huomattavasti hitaammin kuin esimerkiksi henkilöautojen mukaan ajoitettu vihreä aalto. Aalto voidaan toteuttaa millä tahansa pyöräilijälle soveltuvalla nopeudella, sillä pyöräilijöille ei ole määritetty nopeusrajoitusta. Pyöräilijän nopeusrajoitus tulee pyrkiä pitämään yhtenäisenä koko vihreän aallon yhteenkytkettyjen liittymien aikana.

Vihreä aalto voidaan toteuttaa yhteen tai kahteen suuntaan ja suunnilla voi olla eri suositusnopeudet. Aalto voidaan asettaa vain pyöräliikenteen tai autoliikenteen ehdoin. Pyöräilijän vihreä aalto voidaan koordinoita linja-autoliikenteen kanssa, pysäkkisijainnit huomioiden. Tällöin linja-autojen matka-aika ei kasva merkittävästi tavallisesta ajoneuvojen mukaan ajoitetusta vihreästä aallosta. Pyöräliikenteelle voidaan suositella mitä tahansa nopeusarvoa, kunhan se soveltuu pyöräilijälle ja ei ylitä rinnalla olevan autotien nopeusrajoitusta.

Vihreä aalto voidaan ilmoittaa pyöräilijälle liikennemerkein.

KUSTANNUKSET

Ideapankissa esitettyjen keinojen kustannukset on jaettu toteutus- ja ylläpitokustannuksiin. Kustannukset on ilmoitettu kolmessa hintaluokassa; **hintaluokka I edullinen (mm. ajoratamaalaukset, pienet työt)**, **hintaluokka II kohtalaiset kustannukset (mm. värillinen pinnoitus, hankinnat)** ja **hintaluokka III kallis (mm. rakenteelliset muutokset, silmukoiden siirto)**. Mikäli toimenpide vaatii paljon suunnittelua toteutuskustannus on tällöin III (merkitty sulkuihin). Käytettävät materiaalit, mm. värillinen pinnoite, on kuvattu tarkemmin varsinaisessa opinnäytetyössä.

Mikä?	Toteutus- kustannus	Ylläpito- kustannus	Muuta
Pyöräilijän odotustila	I	I	Odotustilan toteutustapa vaikuttaa kustannuksiin. Maalauksen uusinta vuoden välein.
Pyöräilijämerkintä pyörätien jatkeella	I	I	Maalauksen uusinta vuoden välein. Jyrsitty 2-5 vuoden välein.
Pinnoitettu pyörätien jatke	II	I-II	Pinnoitukseen valittu materiaali määrittää uusimissyklin sekä kustannusluokan.
Jatkeen kulkusuuntien viisto erottelu	II	I-II	Jatkeen pinnoitukseen valittu materiaali määrittää uusimissyklin sekä kustannusluokan.
Pyörätasku ja ryhmittymiskäännös	II-III (III)	II	Pyörätaskun toteutus olemassa olevaan liittymään on kallista (silmukoiden siirto). Värillinen pinnoitus kasvattaa kustannuksia. Vaatii paljon suunnittelua.
Pyöräkaista ja pitkäkäännös	II-III (III)	II	Värillinen pinnoitus kasvattaa kustannuksia. Vaatii paljon suunnittelua.
Footrest -tukikaide	II	I	Toteutuskustannukseen vaikuttaa kaiteen hankintahinta ja maahan asennus.
Footrest -tukipylväs	II	I	Toteutuskustannukseen vaikuttaa pylvään hankintahinta ja maahan asennus.
BePolite -valo	II	I	Toteutuskustannukseen vaikuttaa ilmaisimen hankintahinta ja suunnittelu.
Vihreän aallon liikennemerkki	I (III)	I	Liikennemerkkien hankinta- ja asennuskustannus on vähäinen. Vihreä aalto vaatii lisäksi paljon suunnittelua ja selvitystyötä, kustannukset tällöin korkeat.
Virtuaalinen painonappi	II	I	Kustannukset koostuvat käyttöön valitun sovelluksen käyttömaksusta ja sen ohjelmoinnista olemassa oleviin kojeisiin.
Pyöräilijälaskenta	I-II	I-II	Kustannukset riippuvat valitusta mittaustavasta: laitteen/ilmaisimen asennuksesta, mahdollisista käyttömaksuista, datan käsittelystä ja ylläpidosta.
Pyöräilijän merkitty ilmaisimien	III (III)	I	Toteutuskustannukset koostuvat liikennevalojen ohjelmoinnista, merkinnästä ja ilmaisimien asennuksesta. Merkintätavan valinta vaikuttaa uusimissykliin. Vaatii paljon suunnittelua.

PYÖRÄSIMULOINTIEN ASETUKSET

Arvot perustuvat COWI:n julkaisuun, ellei toisin mainita

Pyöräilijäparametrit

Nopeusjakaumat (Desired Speed Distribution)

Polkupyörän nopeusjakauma (tasamaa)	
Nopeus (km/h)	Kumulatiivinen %
14	0
18	9
22	44
26	77
30	93
35	100

Sähköpyörän nopeusjakauma (tasamaa)	
Nopeus (km/h)	kumulatiivinen %
22	0
26	24*
30	100

*) Opinnäytetyössä määritetty kumulatiivinen prosenttiosuus

Kiihtyvyys (Desired Acceleration) ja hidastus (Desired Deceleration)

Kiihtyvyys (polku- ja sähköpyörä)	
nopeus (km/h)	Kiihtyvyys (m/s ²)
0,0	0,4
2,6	1,2
3,7	1,6
5,1	1,8
6,7	1,6
8,0	1,3
13,2	0,4
18,5	0,3
22,2	0,3
25,9	0,3
29,7	0,2
60,0	0,0

Hidastuminen (polku- ja sähköpyörä)	
Nopeus (km/h)	Hidastuminen (m/s ²)
0,0	-3,0
5,0	-4,0
20,0	-2,0
60,0	0,0

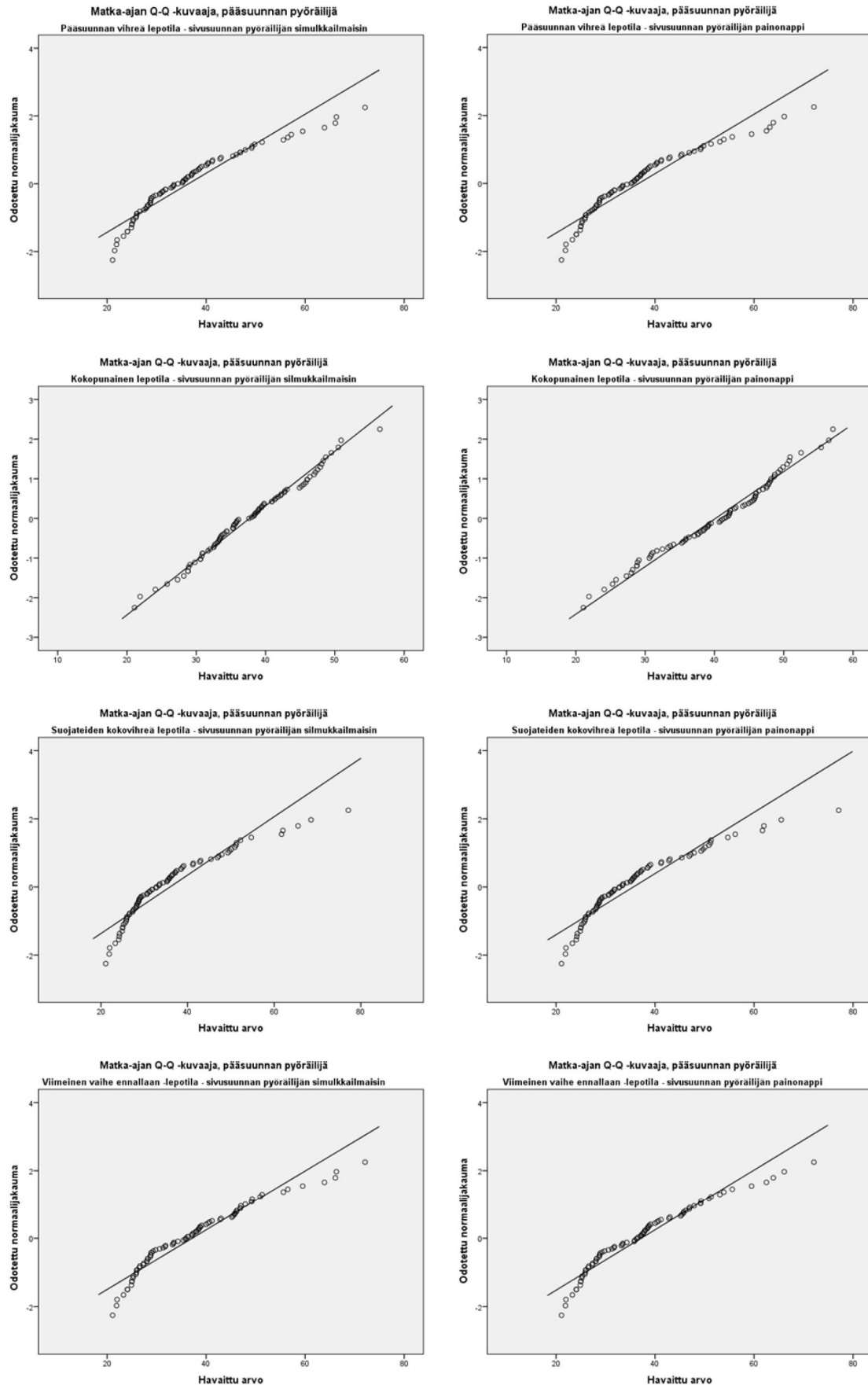
Pyörätieparametrit

Pyörätieasetukset (Driving Behavior)			Vissim -oletusarvot		Opinnäytetyö		
			Uusi	"Cycle-Track"	Linjaisuus	Liittymäalue	Odotustila
Following	Look ahead distance	min. (m)	0	10	20	20	20
		max. (m)	250	250	250	250	250
	Observed vehicles		2	2	10	10	10
	Number of Interaction vehicles		99	99	99	99	99
	Look back distance	min. (m)	0	0	20	20	20
		max. (m)	150	150	150	150	150
	Standstill distance for static obstacles (m)		-	-	-	0,0	0,0
	Use implicit stochastics		x	x	x	x	x
Car following mode	Car following mode		Wiedemann 74	Wiedemann 99	Wiedemann 99	Wiedemann 99	Wiedemann 99
	CC0, Standstill Distance (m)		1,5	0,5	0,2	0,2	0,2
	CC1, Headway Time (s)		0,9	0,5	0,5	0,5	0,5
	CC2, Following Variation		4	0	2	2	2
	CC3, Threshold for entering Following		-8	-8	-20	-20	-20
	CC4, Negative Following Threshold		-0,35	-0,35	-0,25	-0,25	-0,25
	CC5, Positive Following Threshold		0,35	0,35	0,25	0,25	0,25
	CC6, Speed Dependency of Oscillation		11,44	11,44	1	1	1
	CC7, Oscillation Acceleration (m/s ²)		0,25	0,25	0,2	0,2	20
	CC8, Standstill Acceleration (m/s ²)		3,5	3,5	1,8	1,8	1,8
	CC9, Acceleration at 80 km/h		1,5	1,5	0,01	0,01	0,01
Lateral	Desired Position at free flow		Middle of lane	Right	Right	Right	Right
	Observe adjacent lane(s)		-	-	-	-	-
	Diamond queuing		-	x	-	x	x
	Consider next turn		-	-	-	x	x
	Collasion Time (s)		2	2	15	2	0
	Minimum longitudinal Speed (km/h)		1	3,6	9,9	3,6	0
	Time Between direction changes (s)		0	0	5	5	0
	Overtake on same lane		-	x	x	x	x
	Overtake right (default)		-	x	-	x	x
	Minimum lateral distance	Distance standing at 0 km/h (m)	1	0,1	0,2	0,2	0,2*
		Distance driving at 50 km/h (m)	1	0,3	0,75	0,75	0,75*
Signal Control	Behavior at red/amber signal		Go	Go	Go	Go	Go
	Reduction safety distance close to stop line	Reduction factor	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
		Start upstream of stop line (m)	100	100	100	100	100
		End downstream of stop line (m)	100	100	100	100	100

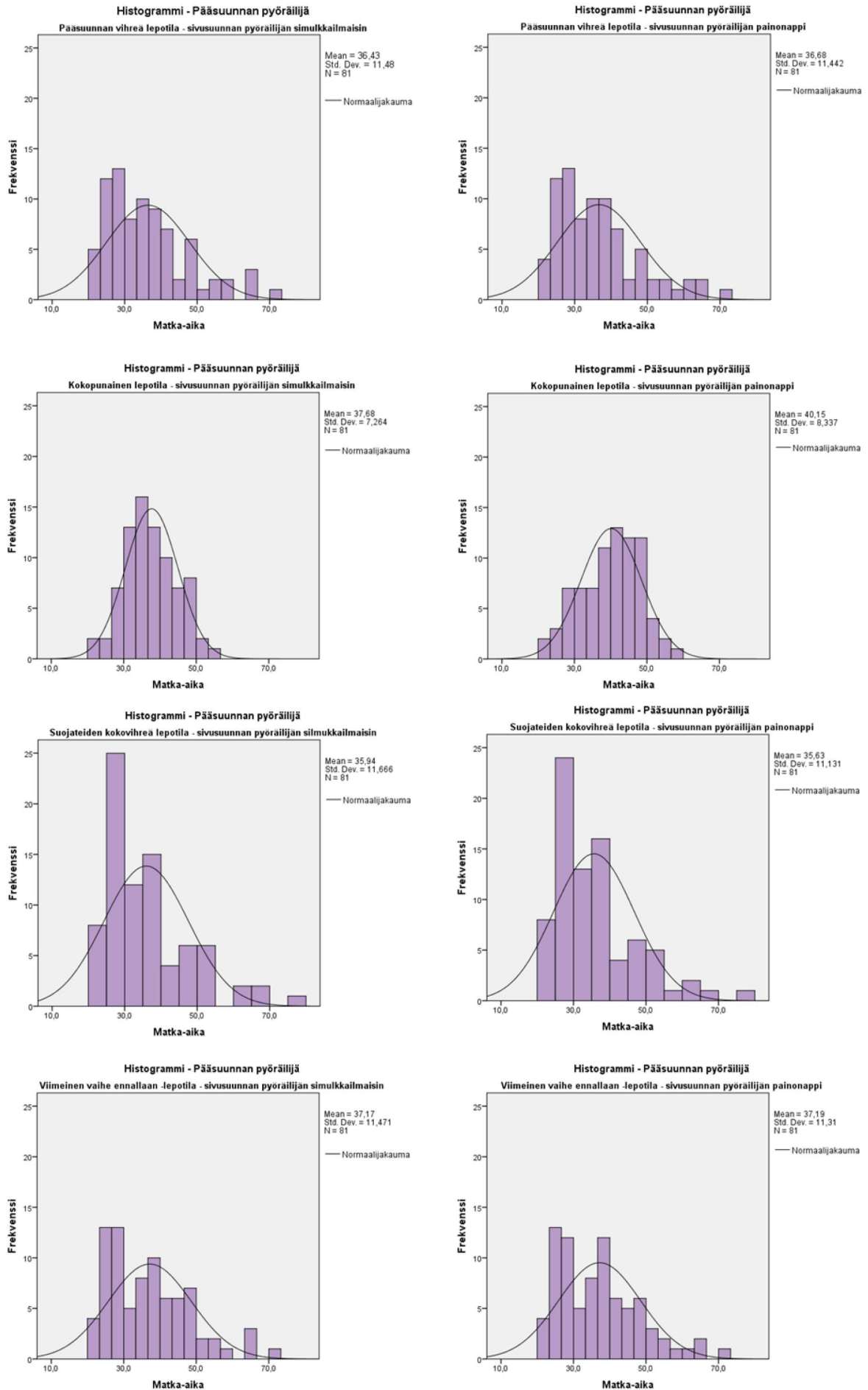
*) Eroaa COWI:n julkaisusta (suomalaiset odottavat liittymässä kauempana toisistaan).

LEPOTILAVERTAILU; Q-Q -KUVAAJAT, HISTOGRAMMIT JA P-ARVOT

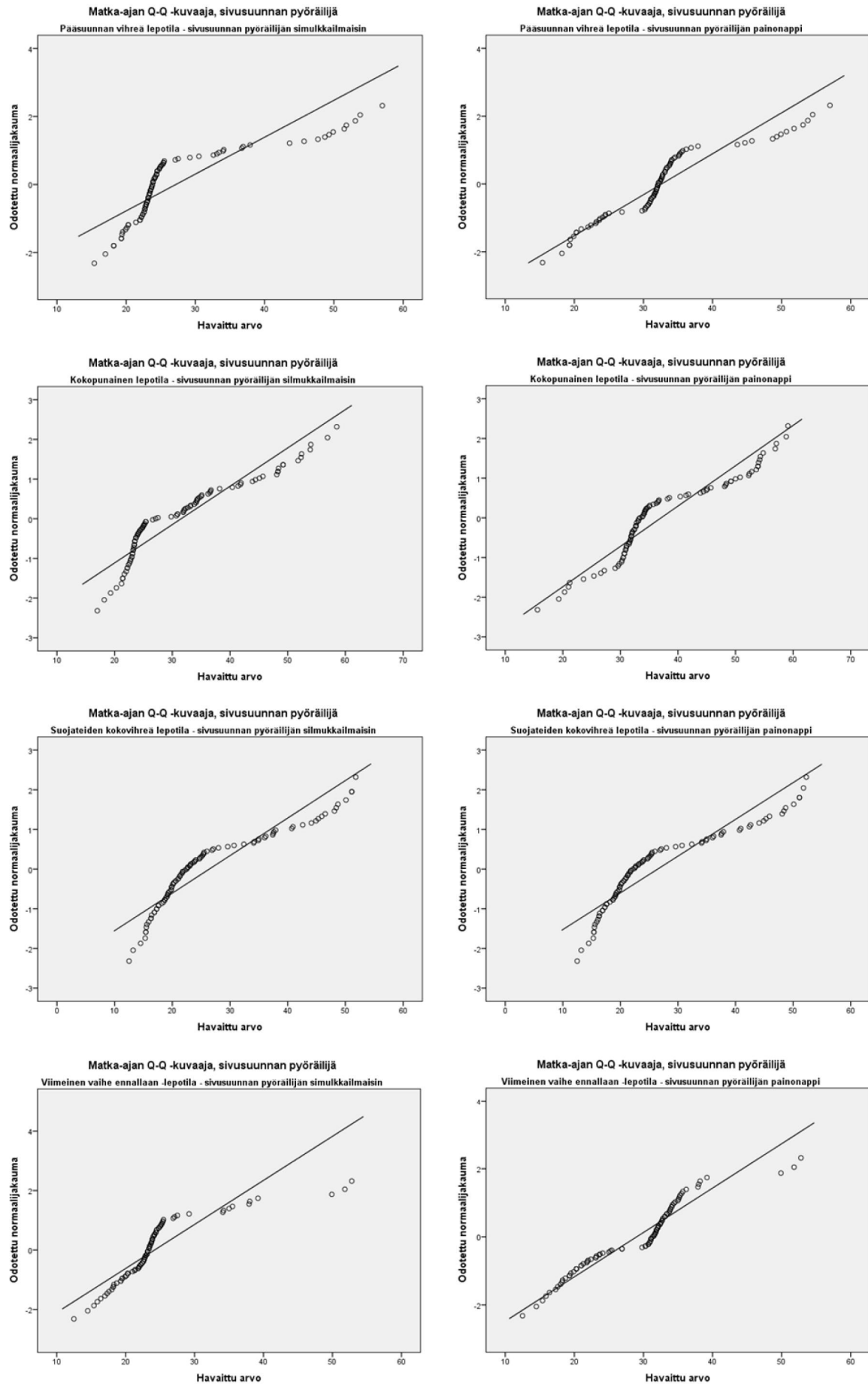
Pääsuunnan pyöräilijän Q-Q -kuvaajat, lepotilavertailu



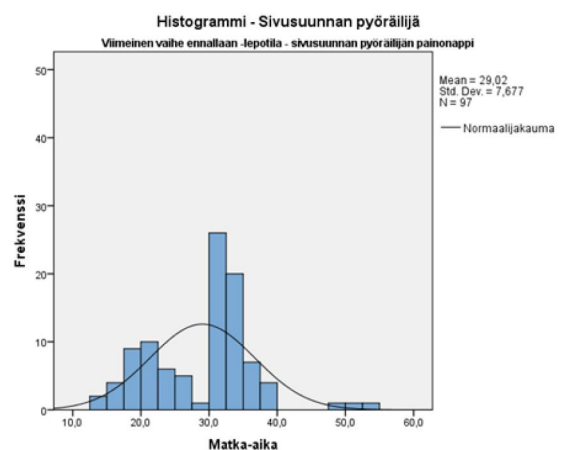
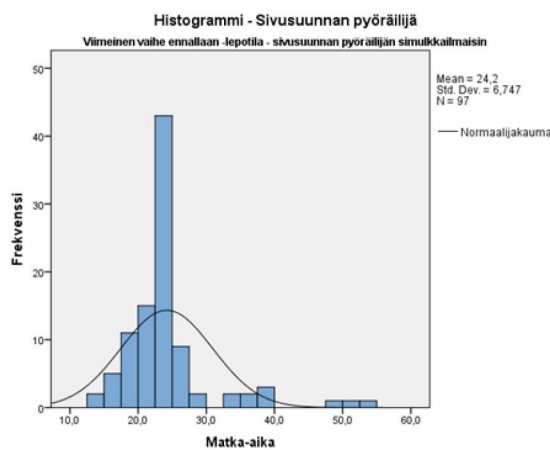
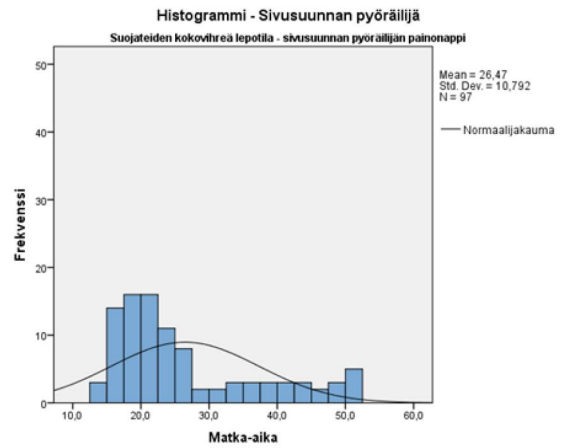
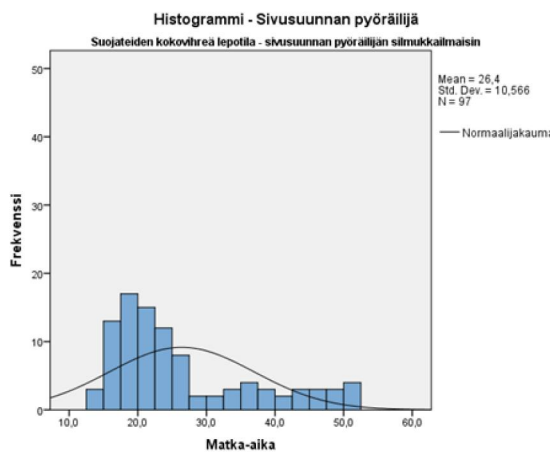
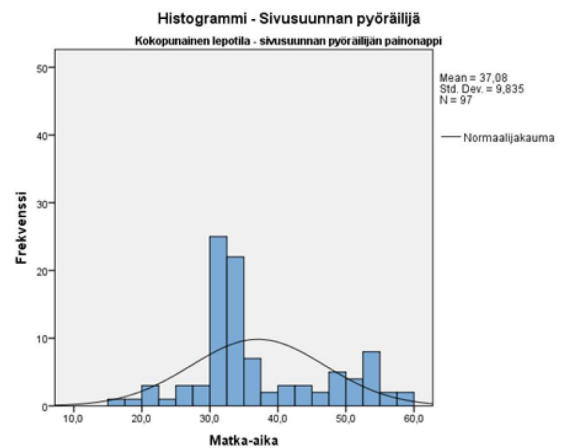
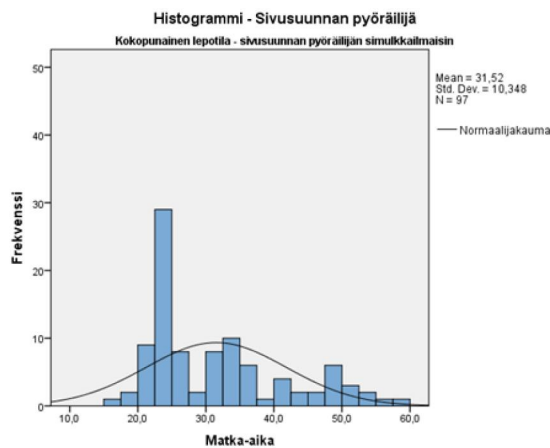
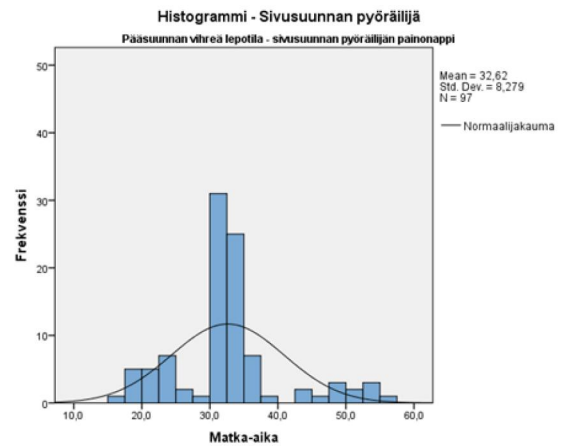
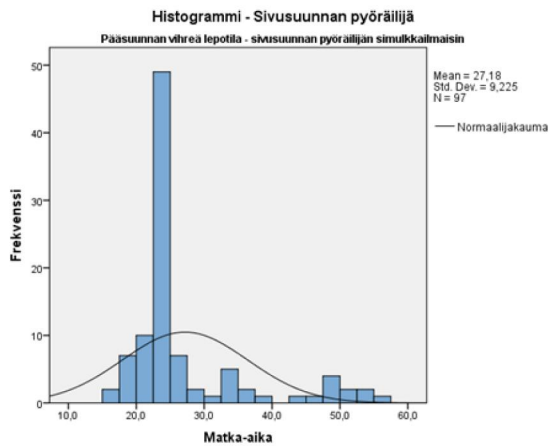
Pääsuunnan pyöräilijän histogrammit, lepotilavertailu



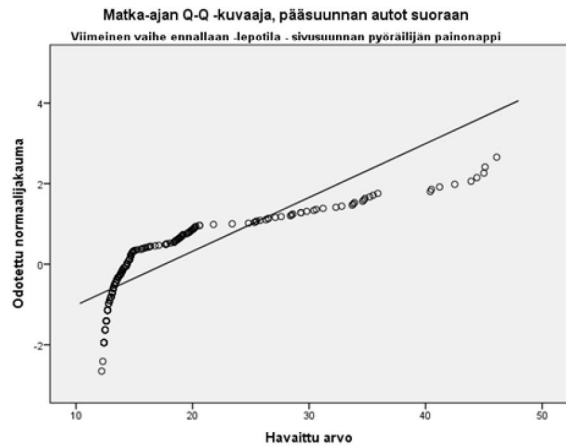
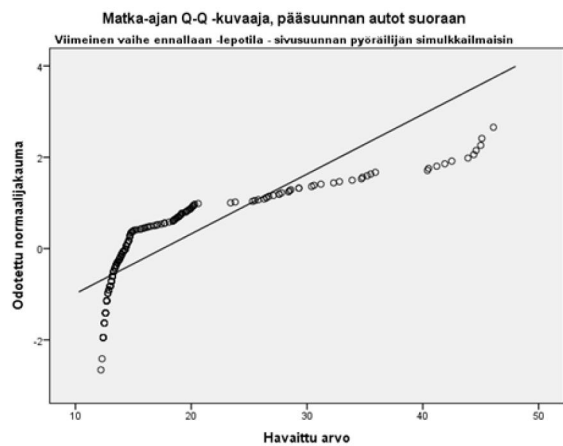
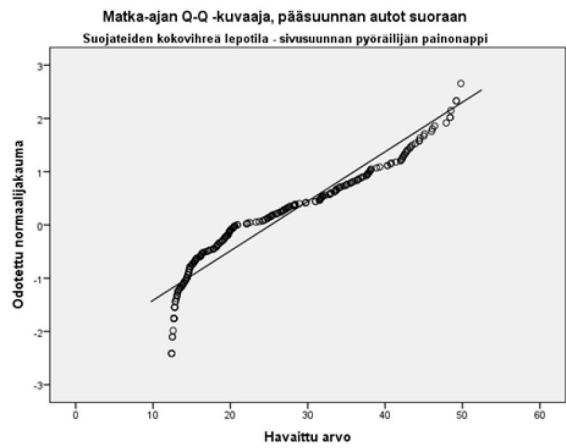
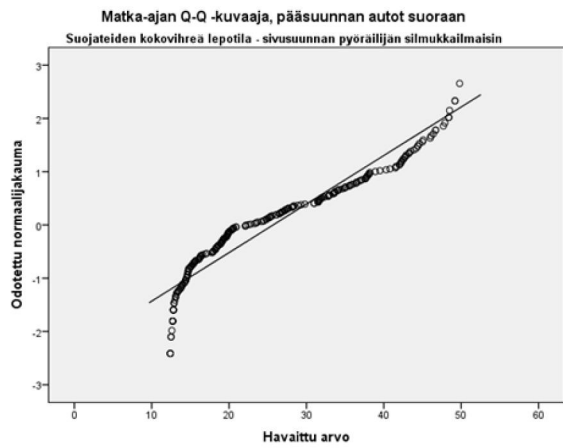
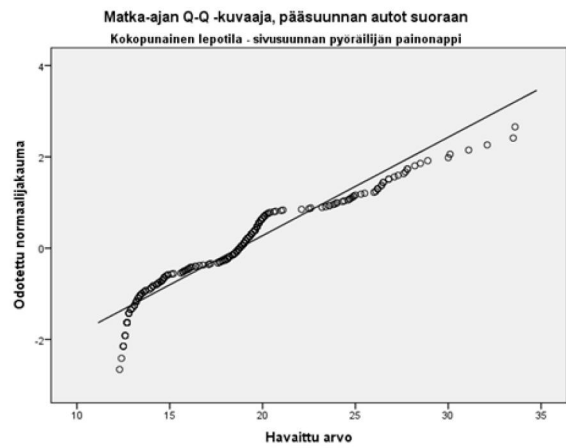
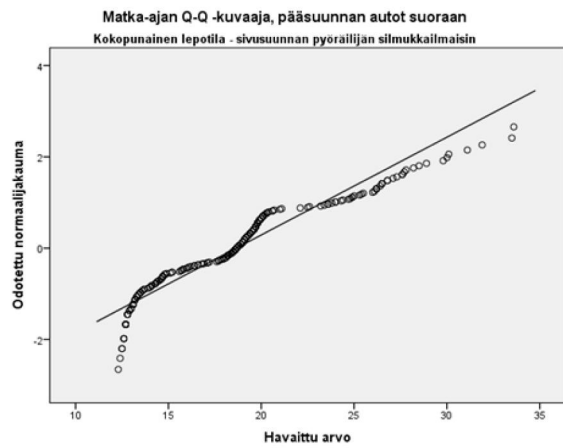
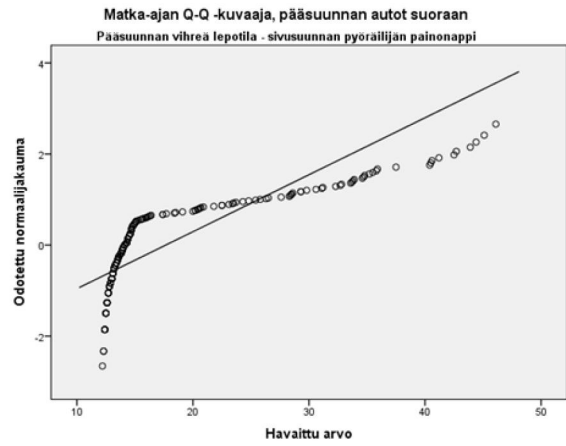
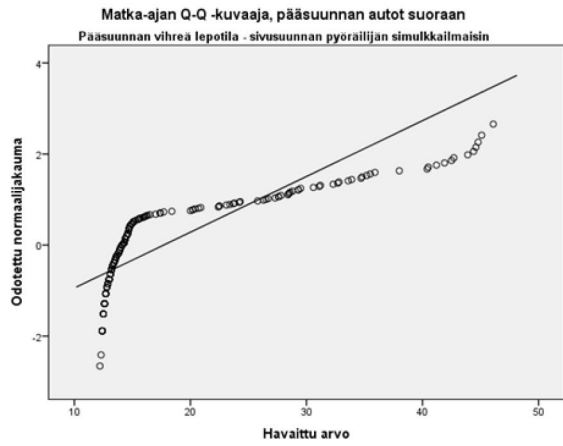
Sivusuunnan pyöräilijän Q-Q -kuvaajat, lepotilavertailu



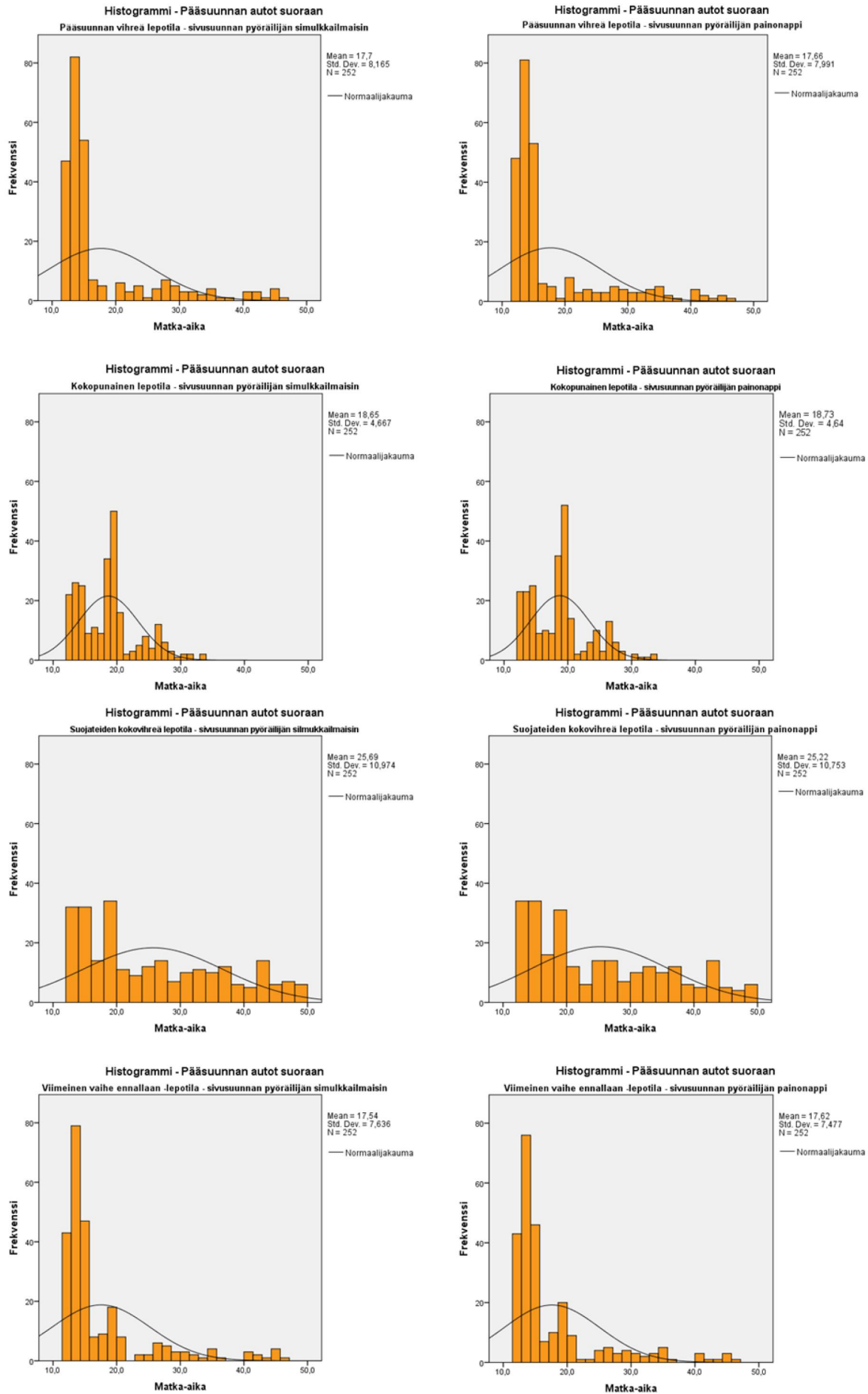
Sivusuunnan pyöräilijän histogrammit, lepotilavertailu



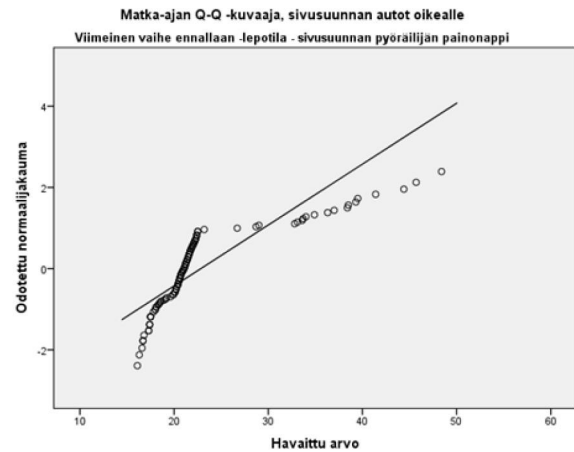
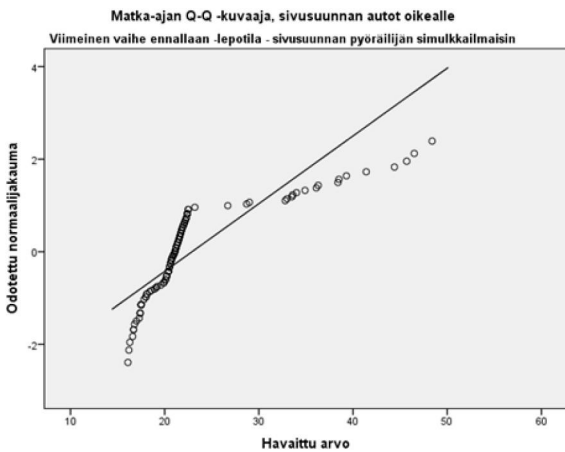
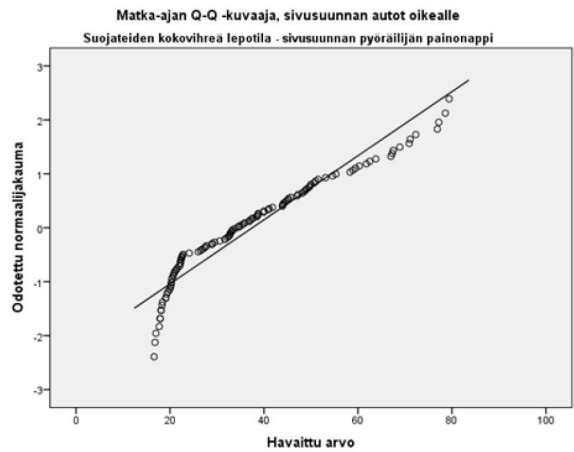
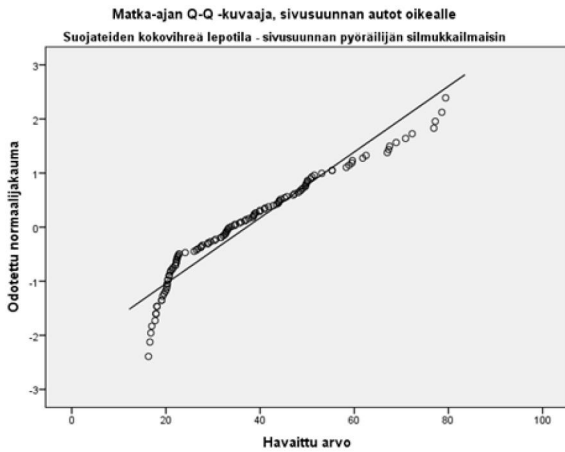
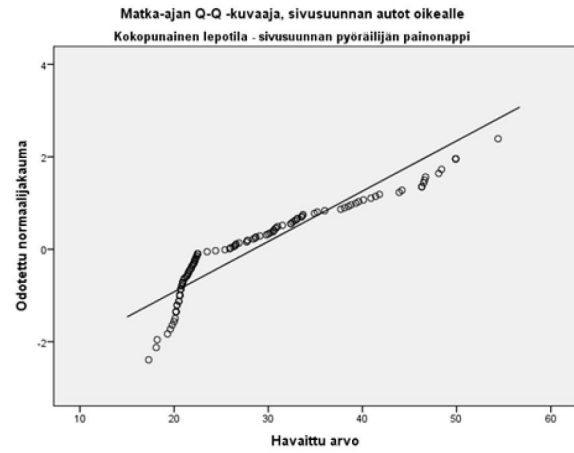
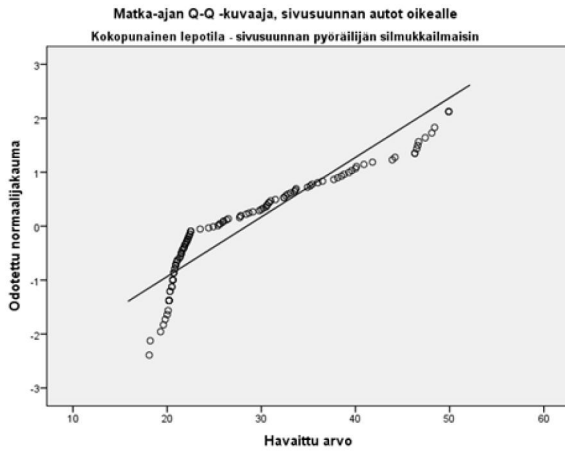
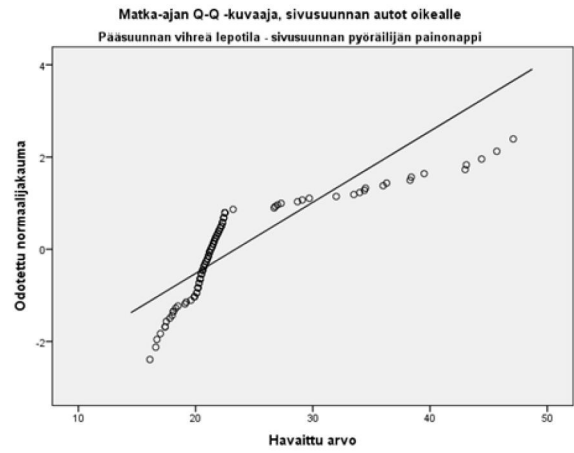
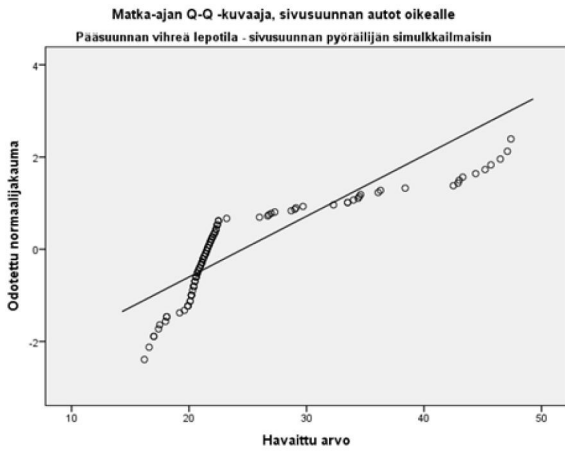
Pääsuunnan suoraan menevien autojen Q-Q -kuvaajat, lepotilavertailu



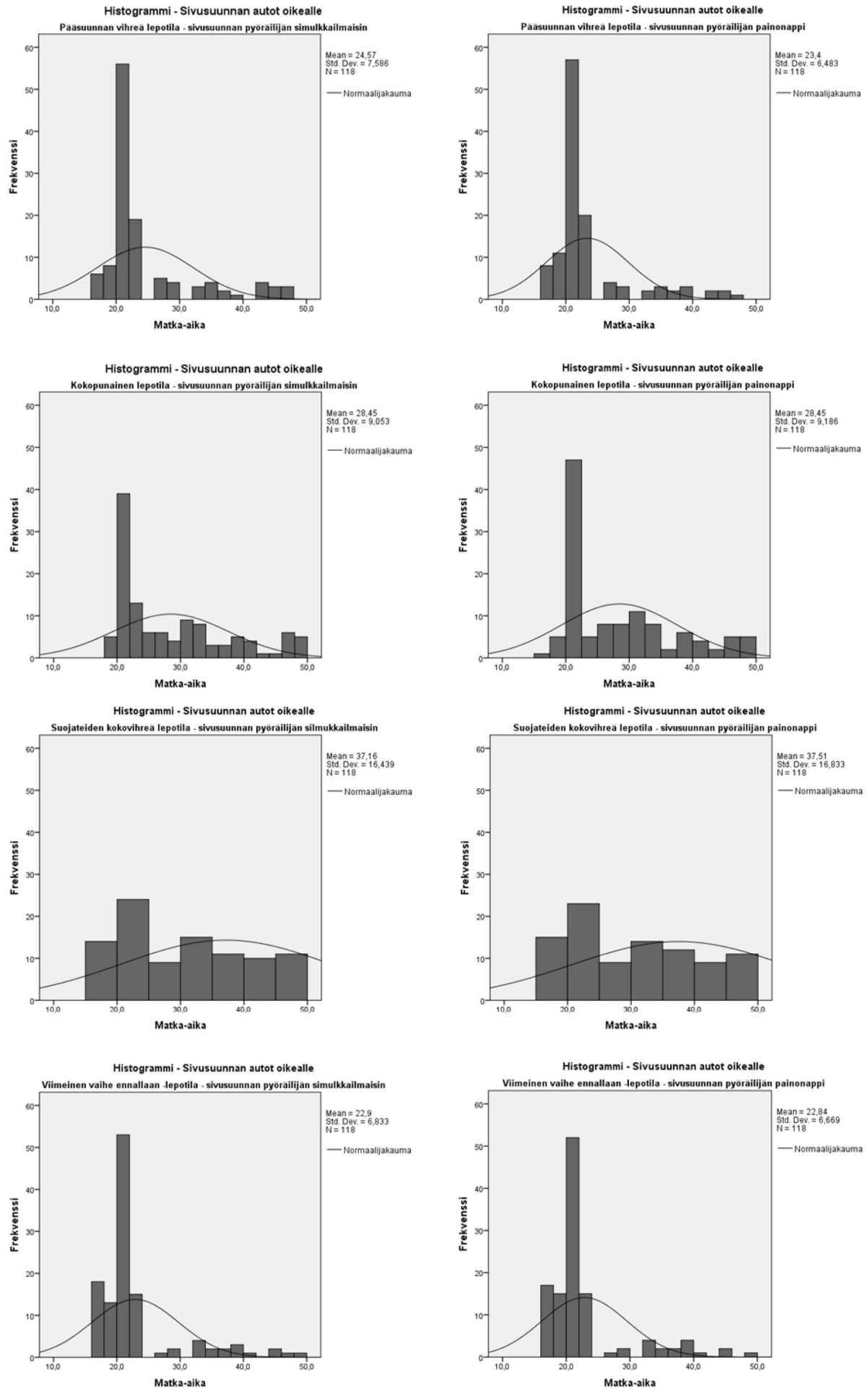
Pääsuunnan suoraan menevien autojen histogrammit, leptilavertailu



Sivusuunnasta oikealle menevien autojen Q-Q -kuvaajat, lepotilavertailu



Sivusuunnasta oikealle menevien autojen histogrammit, leptilavertailu



Pyöräilijöiden p-arvot (Kruskal-Wallis), lepotilavertailu

Pääsuunnan pyörät
(P-arvo = Adj.Sig)

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
6-5	2,593	29,415	,088	,930	1,000
6-1	14,611	29,415	,497	,619	1,000
6-2	19,290	29,415	,656	,512	1,000
6-7	-29,938	29,415	-1,018	,309	1,000
6-8	-31,648	29,415	-1,076	,282	1,000
6-3	69,105	29,415	2,349	,019	,527
6-4	111,827	29,415	3,802	,000	,004
5-1	12,019	29,415	,409	,683	1,000
5-2	16,698	29,415	,568	,570	1,000
5-7	-27,346	29,415	-,930	,353	1,000
5-8	-29,056	29,415	-,988	,323	1,000
5-3	66,512	29,415	2,261	,024	,665
5-4	109,235	29,415	3,714	,000	,006
1-2	-4,679	29,415	-,159	,874	1,000
1-7	-15,327	29,415	-,521	,602	1,000
1-8	-17,037	29,415	-,579	,562	1,000
1-3	-54,494	29,415	-1,853	,064	1,000
1-4	-97,216	29,415	-3,305	,001	,027
2-7	-10,648	29,415	-,362	,717	1,000
2-8	-12,358	29,415	-,420	,674	1,000
2-3	-49,815	29,415	-1,694	,090	1,000
2-4	-92,537	29,415	-3,146	,002	,046
7-8	-1,710	29,415	-,058	,954	1,000
7-3	39,167	29,415	1,332	,183	1,000
7-4	81,889	29,415	2,784	,005	,150
8-3	37,457	29,415	1,273	,203	1,000
8-4	80,179	29,415	2,726	,006	,180
3-4	-42,722	29,415	-1,452	,146	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

Sivusuunnan pyörät
(P-arvo = Adj.Sig)

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
6-5	2,593	29,415	,088	,930	1,000
6-1	14,611	29,415	,497	,619	1,000
6-2	19,290	29,415	,656	,512	1,000
6-7	-29,938	29,415	-1,018	,309	1,000
6-8	-31,648	29,415	-1,076	,282	1,000
6-3	69,105	29,415	2,349	,019	,527
6-4	111,827	29,415	3,802	,000	,004
5-1	12,019	29,415	,409	,683	1,000
5-2	16,698	29,415	,568	,570	1,000
5-7	-27,346	29,415	-,930	,353	1,000
5-8	-29,056	29,415	-,988	,323	1,000
5-3	66,512	29,415	2,261	,024	,665
5-4	109,235	29,415	3,714	,000	,006
1-2	-4,679	29,415	-,159	,874	1,000
1-7	-15,327	29,415	-,521	,602	1,000
1-8	-17,037	29,415	-,579	,562	1,000
1-3	-54,494	29,415	-1,853	,064	1,000
1-4	-97,216	29,415	-3,305	,001	,027
2-7	-10,648	29,415	-,362	,717	1,000
2-8	-12,358	29,415	-,420	,674	1,000
2-3	-49,815	29,415	-1,694	,090	1,000
2-4	-92,537	29,415	-3,146	,002	,046
7-8	-1,710	29,415	-,058	,954	1,000
7-3	39,167	29,415	1,332	,183	1,000
7-4	81,889	29,415	2,784	,005	,150
8-3	37,457	29,415	1,273	,203	1,000
8-4	80,179	29,415	2,726	,006	,180
3-4	-42,722	29,415	-1,452	,146	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

- 1 = pääsuunnan vihreä lepotila, pp silmukka
- 2 = pääsuunnan vihreä lepotila, pp painonappi
- 3 = kokopunainen lepotila, pp silmukka
- 4 = kokopunainen lepotila, pp painonappi
- 5 = suojateiden kokovihreä lepotila, pp silmukka
- 6 = suojateiden kokovihreä lepotila, pp painonappi
- 7 = viimeinen vaihe ennallaan - lepotila, pp silmukka
- 8 = viimeinen vaihe ennallaan - lepotila, pp painonappi

Autojen p-arvot (Kruskal-Wallis), lepotilavertailu

Pääsuunnan autot suoraan
(P-arvo = Adj.Sig)

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
1-2	-,339	51,852	-,007	,995	1,000
1-7	-19,242	51,852	-,371	,711	1,000
1-8	-33,597	51,852	-,648	,517	1,000
1-3	-291,752	51,852	-5,627	,000	,000
1-4	-299,286	51,852	-5,772	,000	,000
1-6	-540,313	51,852	-10,420	,000	,000
1-5	-561,978	51,852	-10,838	,000	,000
2-7	-18,903	51,852	-,365	,715	1,000
2-8	-33,258	51,852	-,641	,521	1,000
2-3	-291,413	51,852	-5,620	,000	,000
2-4	-298,946	51,852	-5,765	,000	,000
2-6	-539,974	51,852	-10,414	,000	,000
2-5	-561,639	51,852	-10,832	,000	,000
7-8	-14,355	51,852	-,277	,782	1,000
7-3	272,510	51,852	5,256	,000	,000
7-4	280,044	51,852	5,401	,000	,000
7-6	521,071	51,852	10,049	,000	,000
7-5	542,736	51,852	10,467	,000	,000
8-3	258,155	51,852	4,979	,000	,000
8-4	265,688	51,852	5,124	,000	,000
8-6	506,716	51,852	9,772	,000	,000
8-5	528,381	51,852	10,190	,000	,000
3-4	-7,534	51,852	-,145	,884	1,000
3-6	-248,562	51,852	-4,794	,000	,000
3-5	-270,226	51,852	-5,211	,000	,000
4-6	-241,028	51,852	-4,648	,000	,000
4-5	-262,692	51,852	-5,066	,000	,000
6-5	21,665	51,852	,418	,676	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

Sivusuunnan autot oikealle
(P-arvo = Adj.Sig)

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
8-7	2,682	35,493	,076	,940	1,000
8-2	41,208	35,493	1,161	,246	1,000
8-1	77,708	35,493	2,189	,029	,800
8-4	191,915	35,493	5,407	,000	,000
8-3	192,801	35,493	5,432	,000	,000
8-5	291,623	35,493	8,216	,000	,000
8-6	292,267	35,493	8,235	,000	,000
7-2	38,525	35,493	1,085	,278	1,000
7-1	75,025	35,493	2,114	,035	,967
7-4	189,233	35,493	5,332	,000	,000
7-3	190,119	35,493	5,357	,000	,000
7-5	288,941	35,493	8,141	,000	,000
7-6	289,585	35,493	8,159	,000	,000
2-1	36,500	35,493	1,028	,304	1,000
2-4	-150,708	35,493	-4,246	,000	,001
2-3	-151,593	35,493	-4,271	,000	,001
2-5	-250,415	35,493	-7,055	,000	,000
2-6	-251,059	35,493	-7,073	,000	,000
1-4	-114,208	35,493	-3,218	,001	,036
1-3	-115,093	35,493	-3,243	,001	,033
1-5	-213,915	35,493	-6,027	,000	,000
1-6	-214,559	35,493	-6,045	,000	,000
4-3	,886	35,493	,025	,980	1,000
4-5	-99,708	35,493	-2,809	,005	,139
4-6	-100,352	35,493	-2,827	,005	,131
3-5	-98,822	35,493	-2,784	,005	,150
3-6	-99,466	35,493	-2,802	,005	,142
5-6	-,644	35,493	-,018	,986	1,000

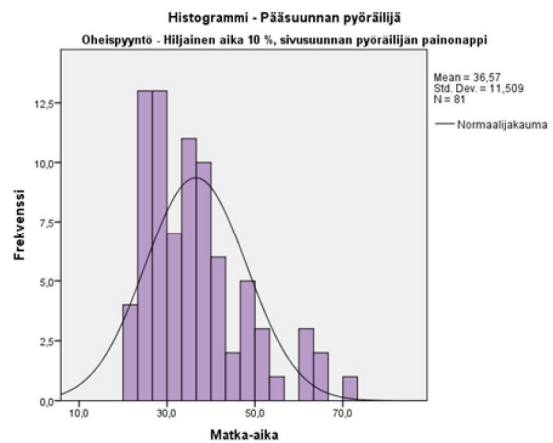
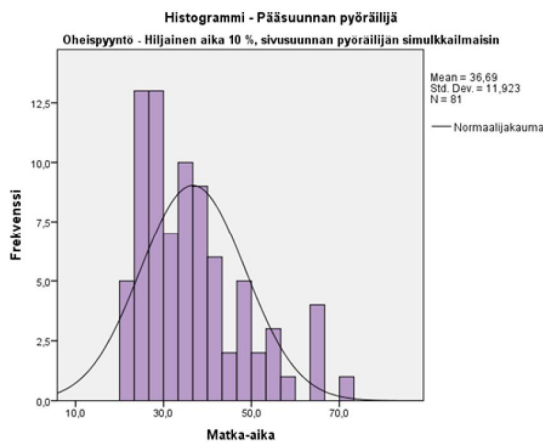
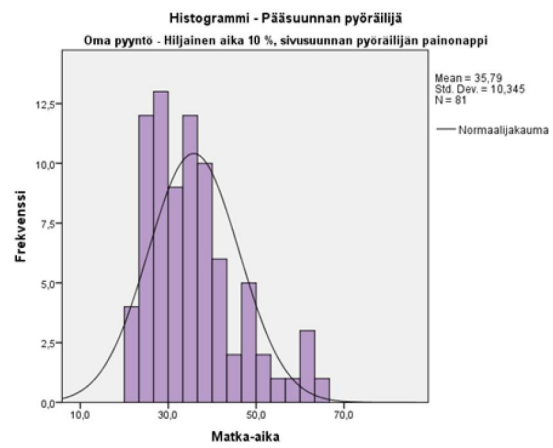
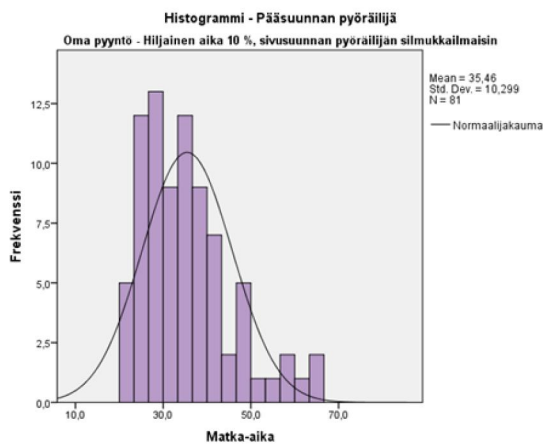
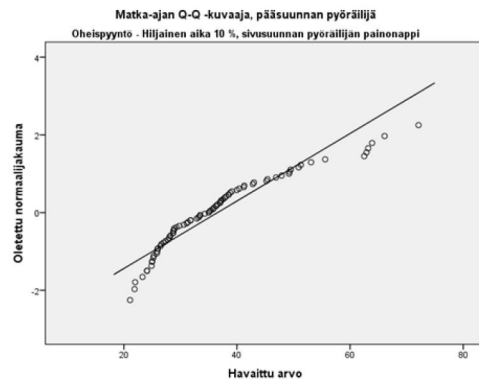
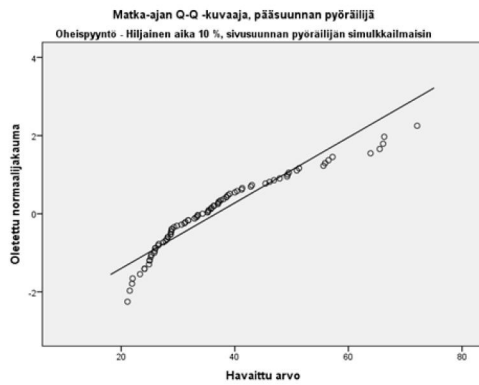
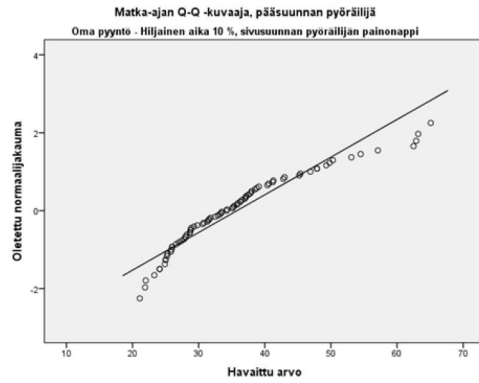
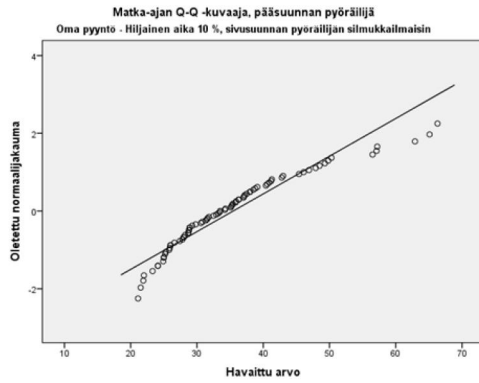
Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

- 1 = pääsuunnan vihreä lepotila, pp silmukka
- 2 = pääsuunnan vihreä lepotila, pp painonappi
- 3 = kokopunainen lepotila, pp silmukka
- 4 = kokopunainen lepotila, pp painonappi
- 5 = suojateiden kokovihreä lepotila, pp silmukka
- 6 = suojateiden kokovihreä lepotila, pp painonappi
- 7 = viimeinen vaihe ennallaan - lepotila, pp silmukka
- 8 = viimeinen vaihe ennallaan - lepotila, pp painonappi

SIVUSUUNNAN PYÖRÄILIJÄN PYYNTÖTAPOJEN VERTAILU; Q-Q -KUVAAJAT, HISTOGRAMMIT JA P-ARVOT

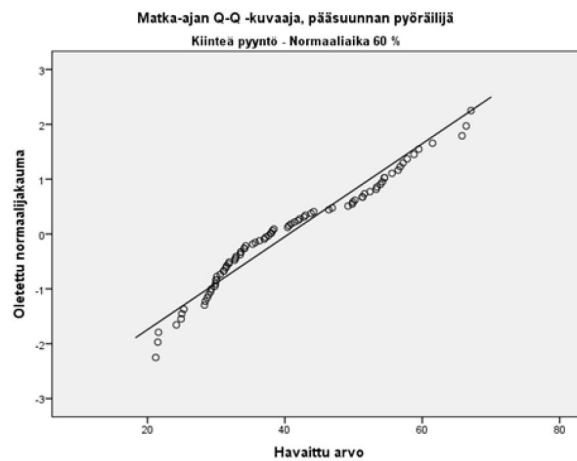
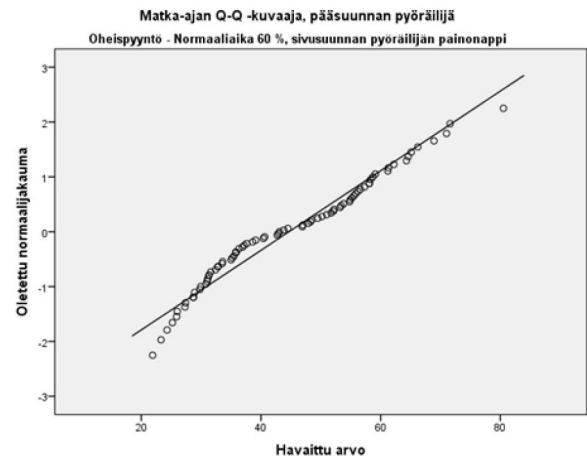
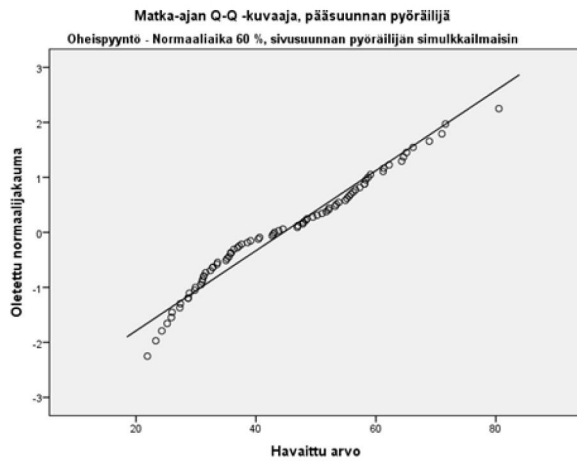
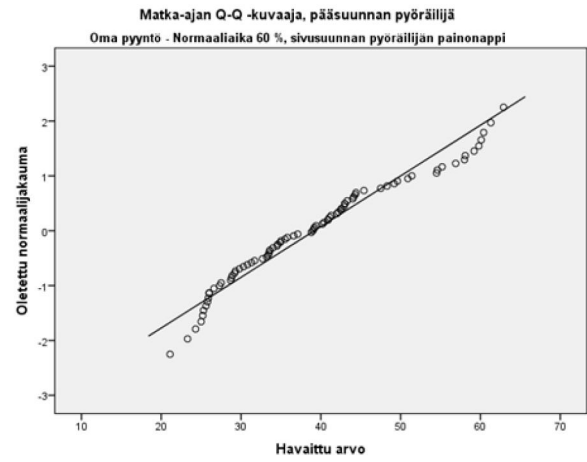
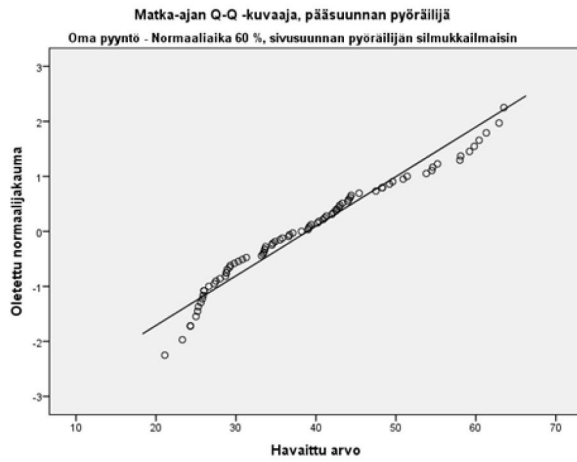
Pääsuunnan pyöräilijän Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, pyyntövertailu

Hiljainen aika 10 %



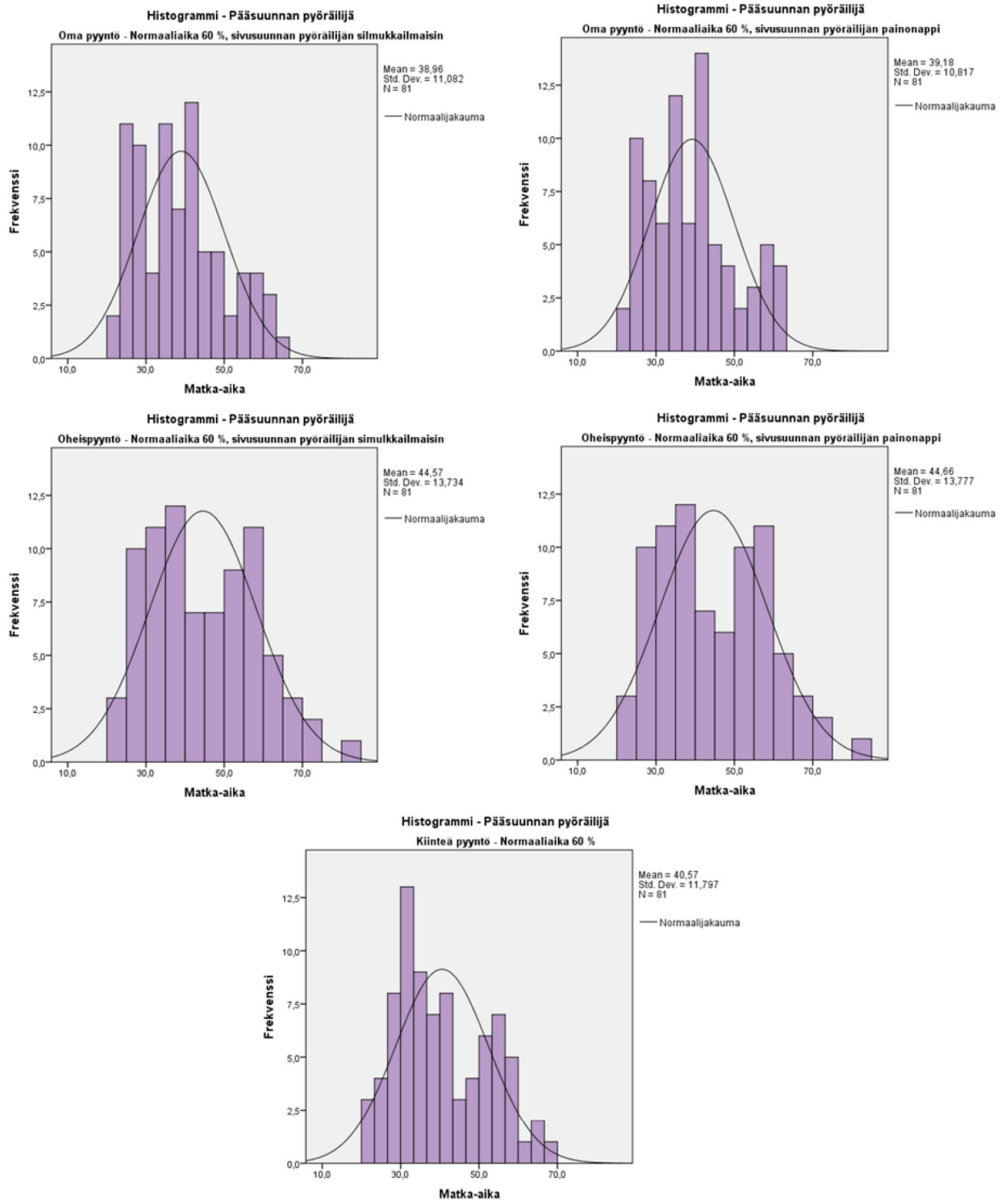
Pääsuunnan pyöräilijän Q-Q -kuvaajat, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



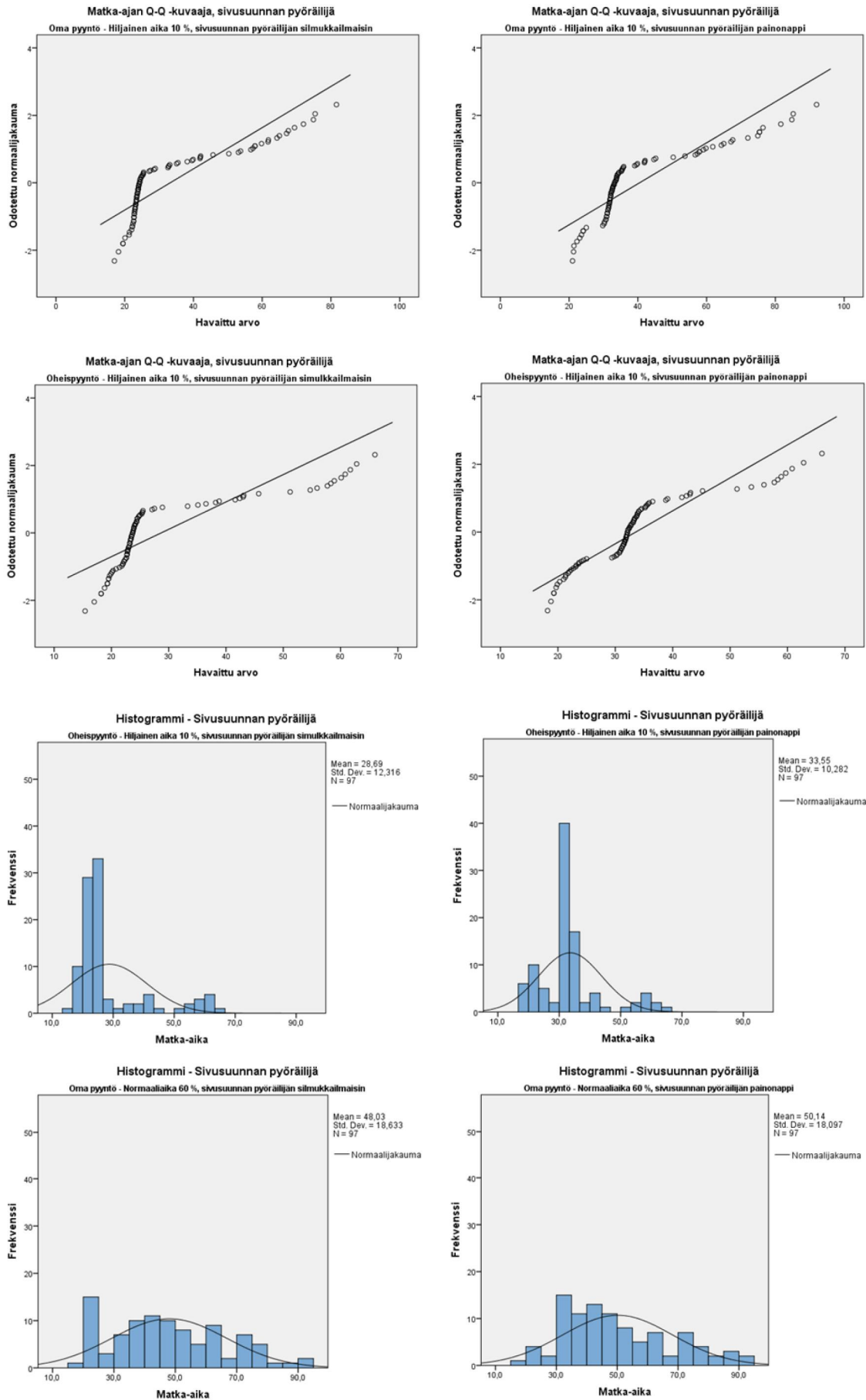
Pääsuunnan pyöräilijän histogrammit, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



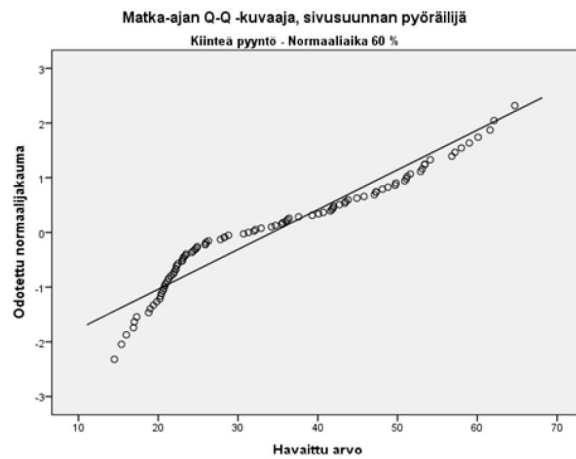
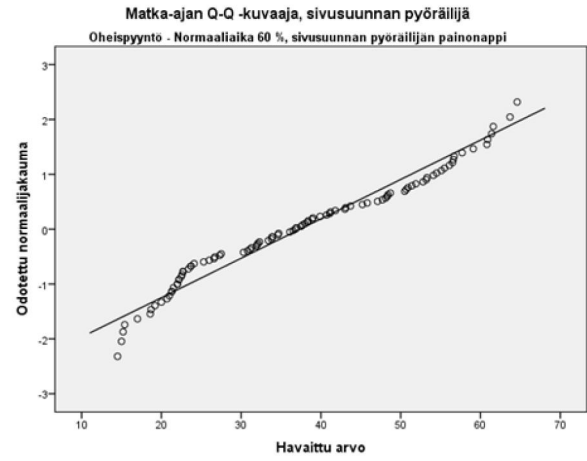
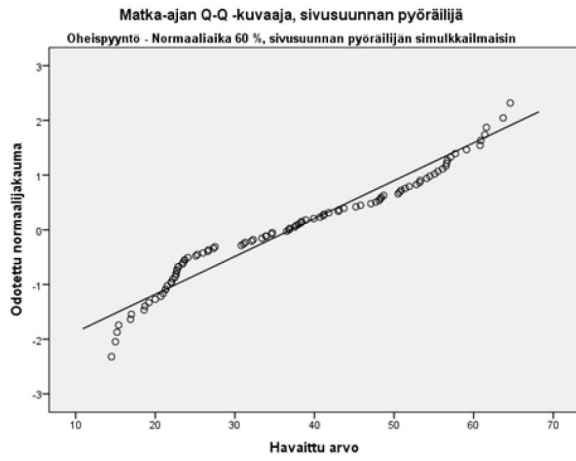
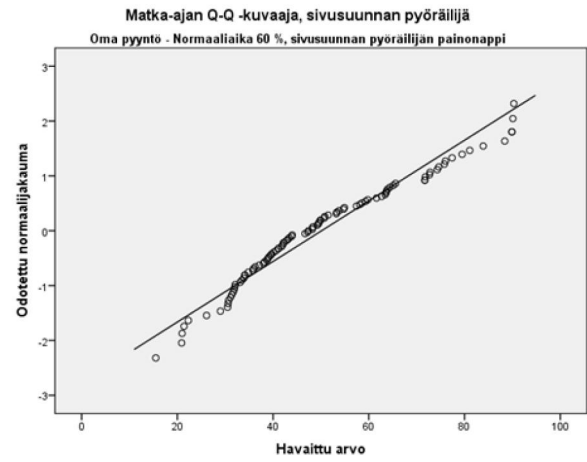
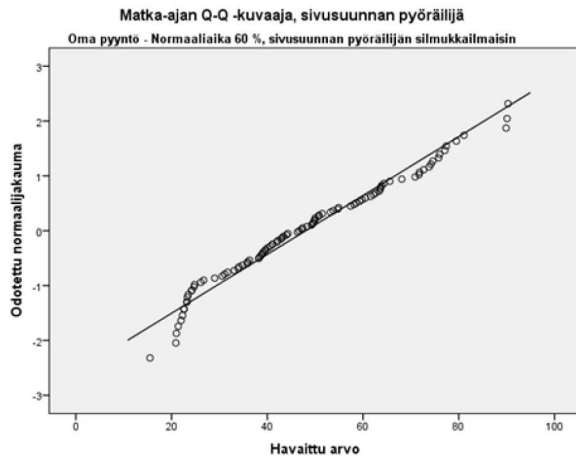
Sivusuunnan pyöräilijän Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, pyyntövertailu

Hiljainen aika 10 %



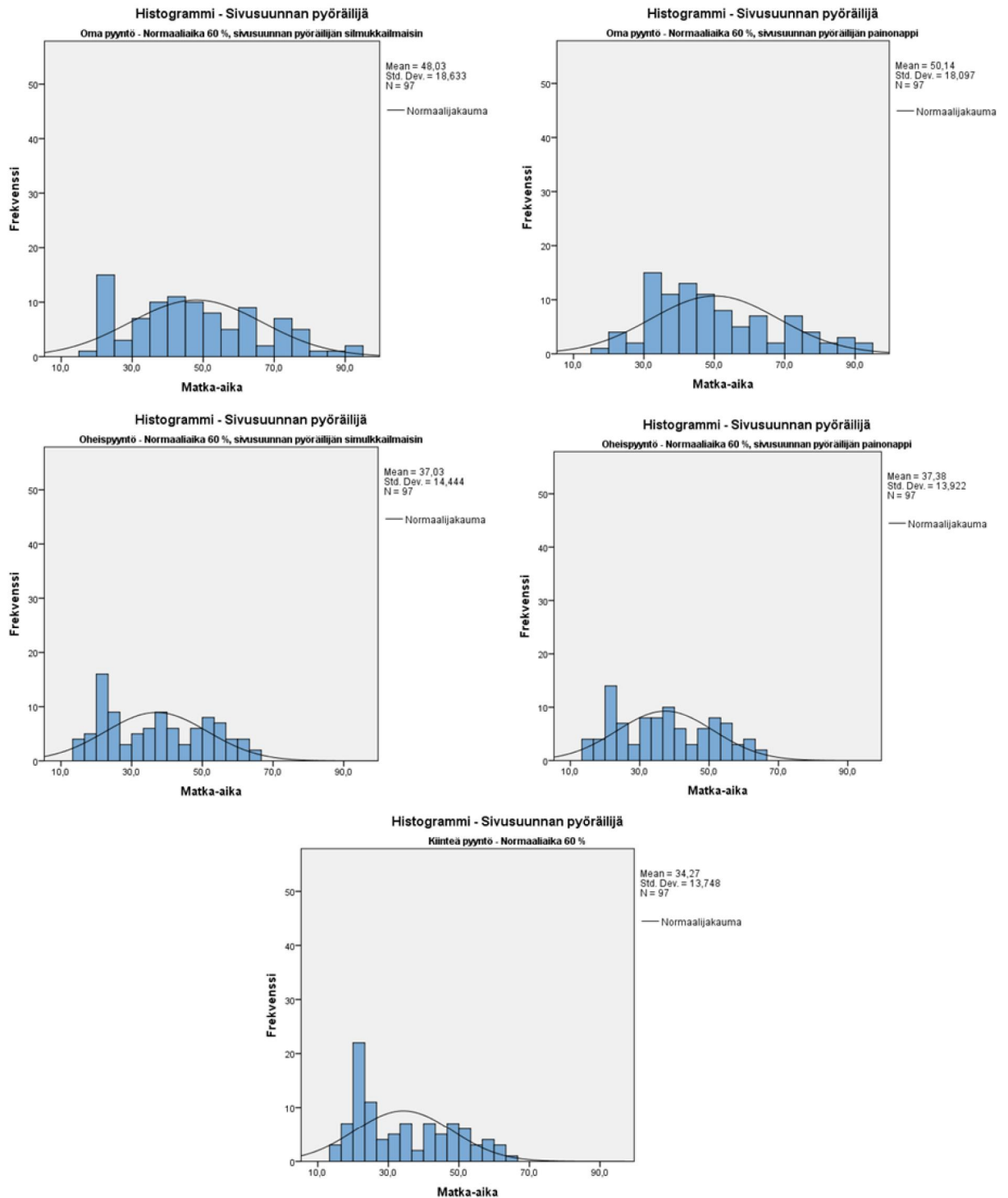
Sivusuunnan pyöräilijän Q-Q -kuvaajat, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



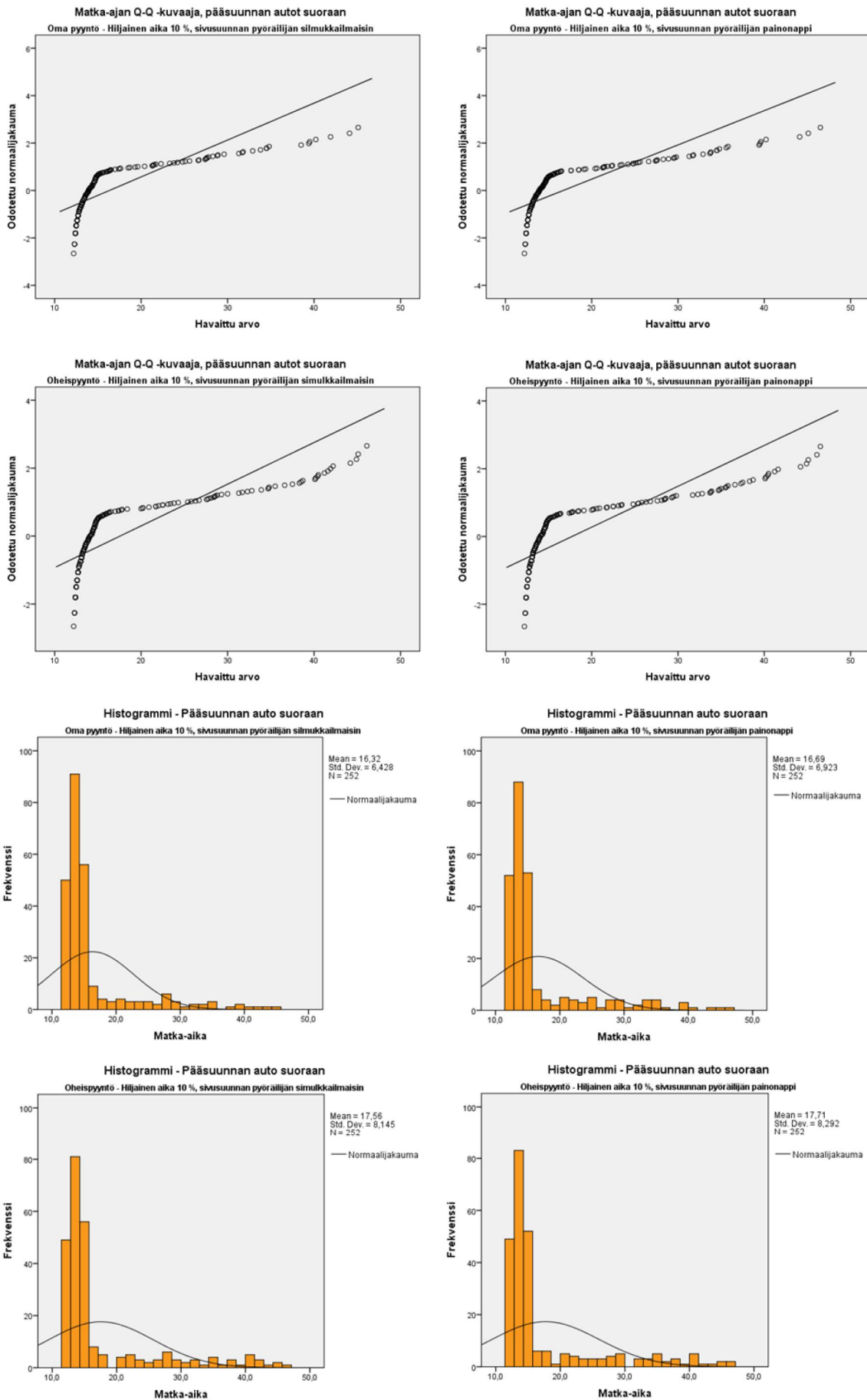
Sivusuunnan pyöräilijän histogrammit, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



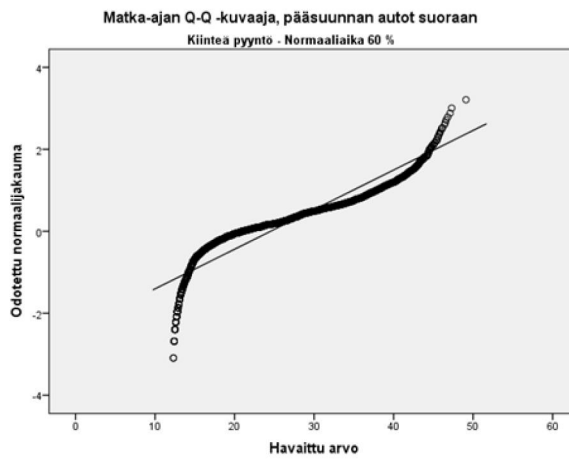
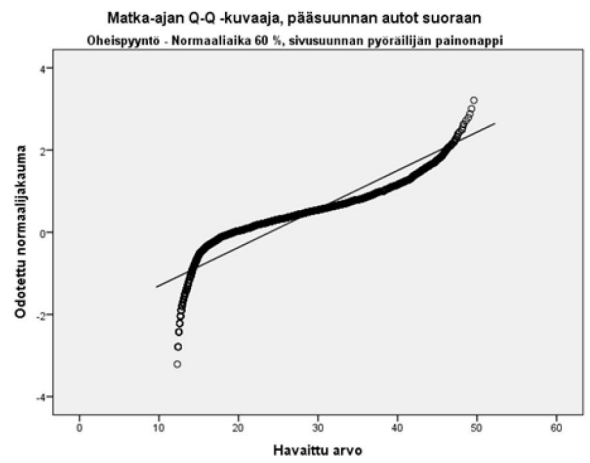
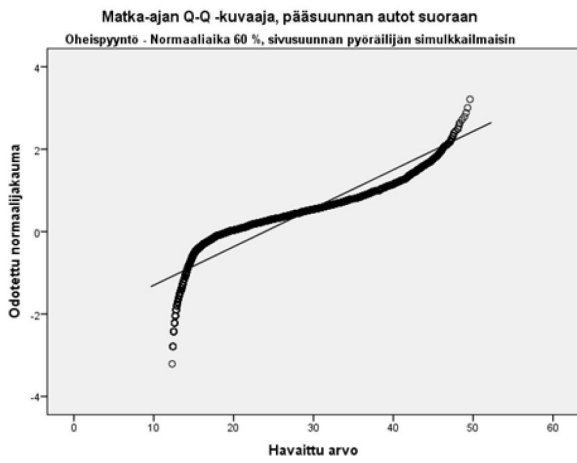
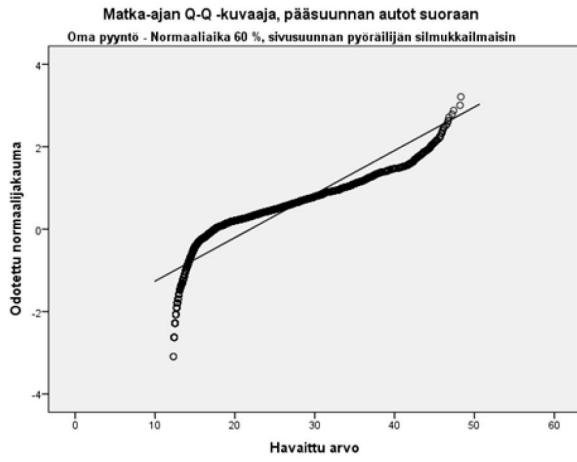
Pääsuunnan suoraan menevien autojen Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, pyyntövertailu

Hiljainen aika 10 %



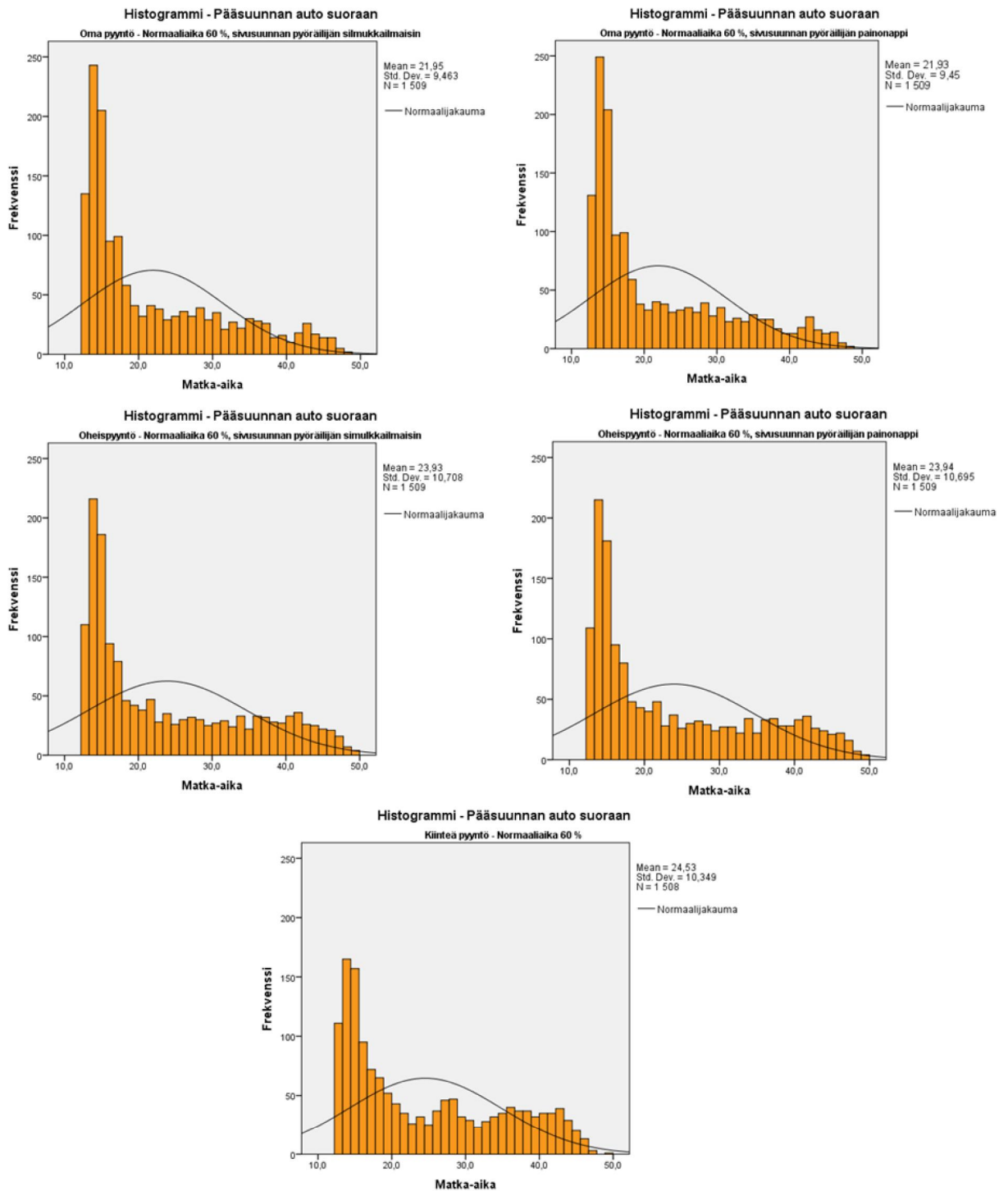
Pääsuunnan suoraan menevien autojen Q-Q -kuvaajat, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



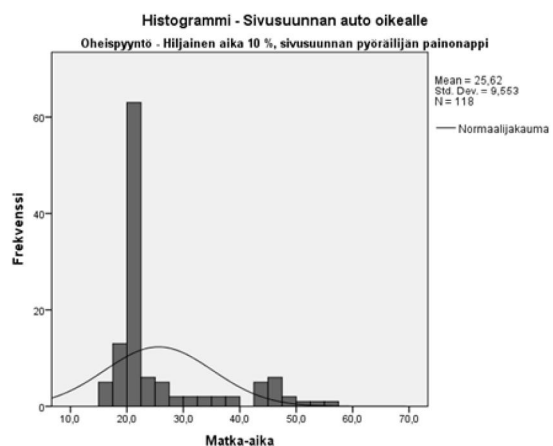
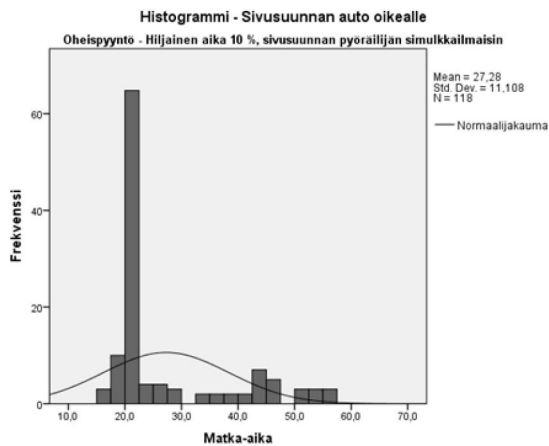
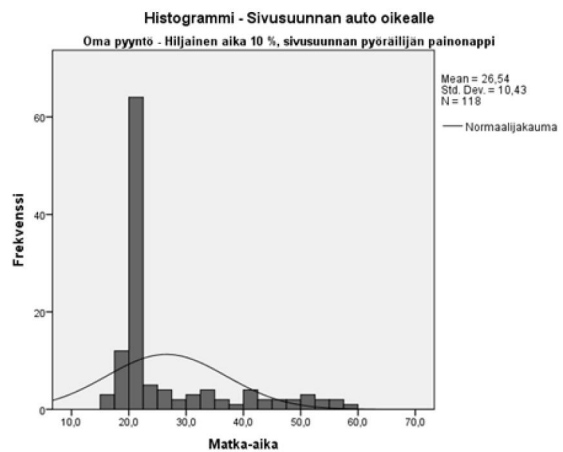
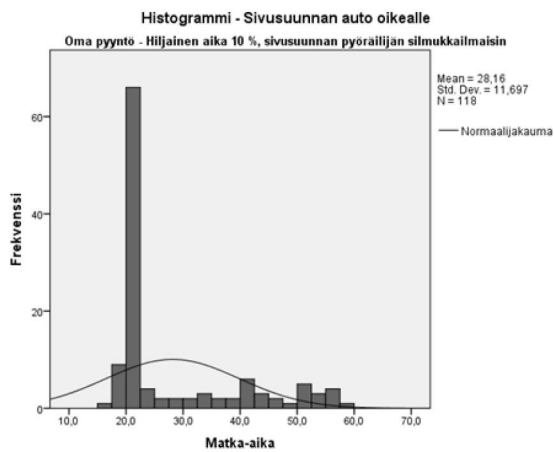
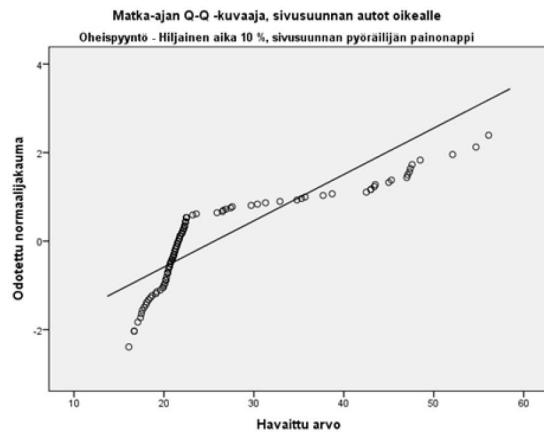
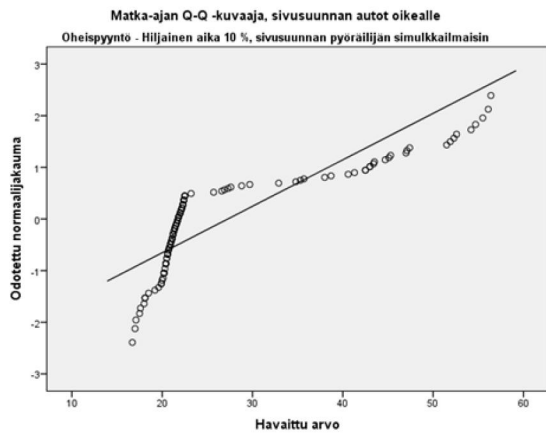
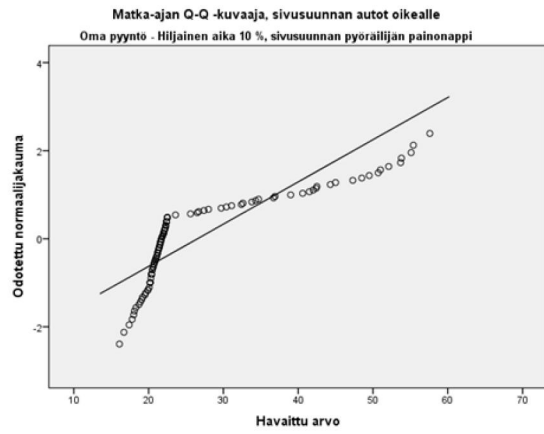
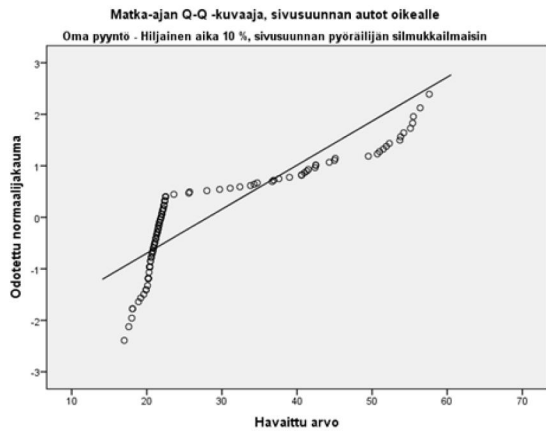
Pääsuunnan suoraan menevien autojen histogrammit, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



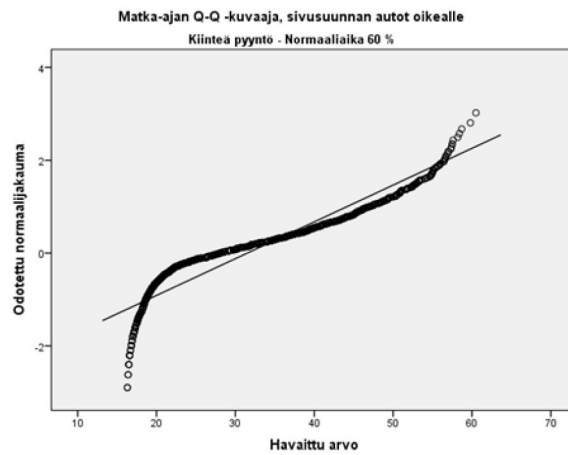
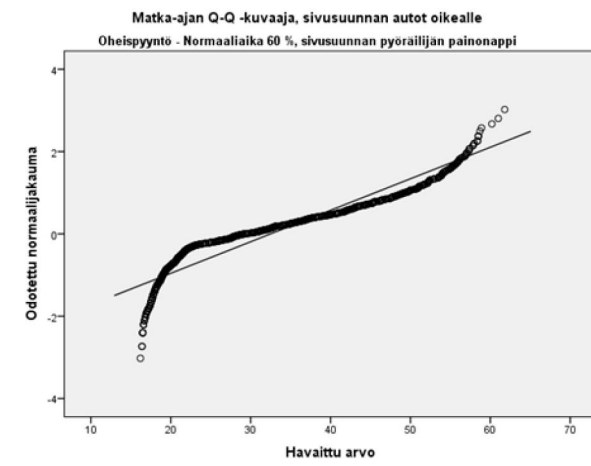
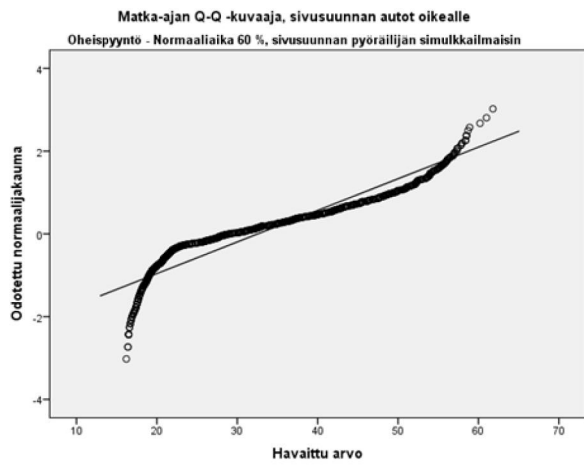
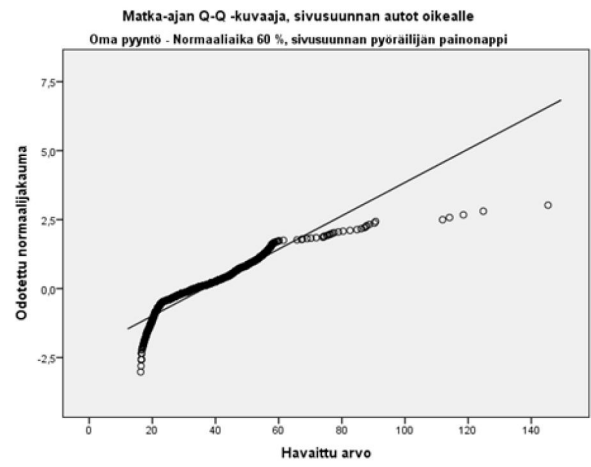
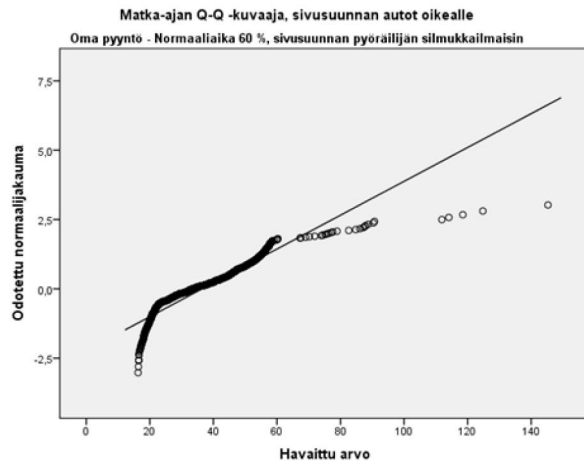
Sivusuunnasta oikealle menevien autojen Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, pyyntövertailu

Hiljainen aika 10 %



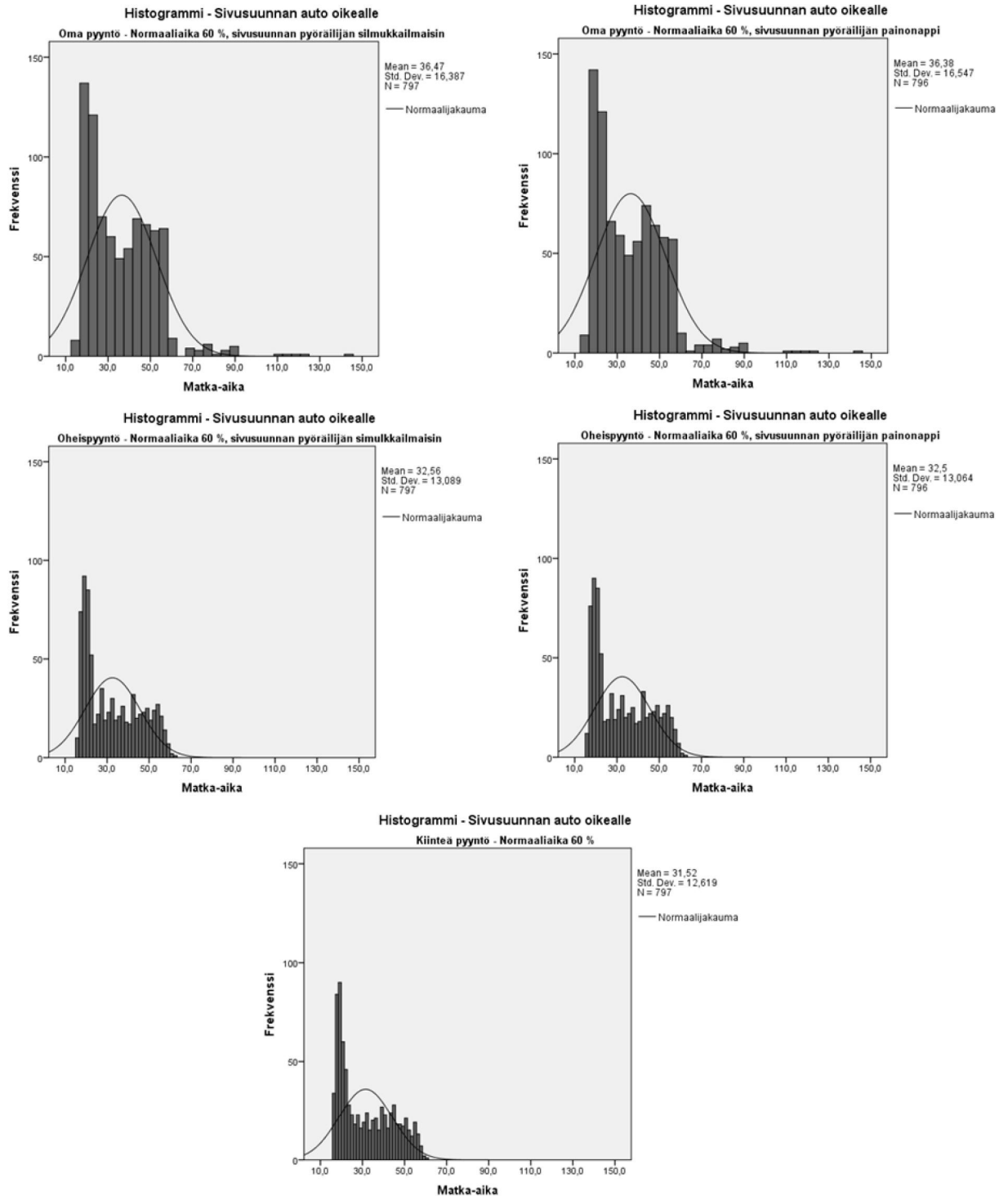
Sivusuunnasta oikealle menevien autojen Q-Q -kuvaajat, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



Sivusuunnasta oikealle menevien autojen histogrammit, pyyntövertailu

Normaaliaika 60 %



Pääsuunnan pyöräilijöiden p-arvot (Kruskal-Wallis), pyyntövertailu

Pääsuunnan pyörät
(P-arvo = Adj.Sig)

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.	Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1-3	-6,068	33,090	-,183	,855	1,000	7-6	130,673	33,090	3,949	,000	,003
1-5	-14,840	33,090	-,448	,654	1,000	7-8	-131,660	33,090	-3,979	,000	,002
1-7	-14,901	33,090	-,450	,652	1,000	2-4	-6,741	33,090	-,204	,839	1,000
1-2	-67,599	33,090	-2,043	,041	1,000	2-9	-25,352	33,090	-,766	,444	1,000
1-4	-74,340	33,090	-2,247	,025	,888	2-6	-77,975	33,090	-2,356	,018	,664
1-9	-92,951	33,090	-2,809	,005	,179	2-8	-78,963	33,090	-2,386	,017	,613
1-6	-145,574	33,090	-4,399	,000	,000	4-9	-18,611	33,090	-,562	,574	1,000
1-8	-146,562	33,090	-4,429	,000	,000	4-6	-71,235	33,090	-2,153	,031	1,000
3-5	-8,772	33,090	-,265	,791	1,000	4-8	-72,222	33,090	-2,183	,029	1,000
3-7	-8,833	33,090	-,267	,790	1,000	9-6	52,623	33,090	1,590	,112	1,000
3-2	61,531	33,090	1,860	,063	1,000	9-8	53,611	33,090	1,620	,105	1,000
3-4	-68,272	33,090	-2,063	,039	1,000	6-8	-,988	33,090	-,030	,976	1,000
3-9	-86,883	33,090	-2,626	,009	,311	Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.					
3-6	-139,506	33,090	-4,216	,000	,001	1 =	pääsuunnan vihreä lepotila, pp silmukka				
3-8	-140,494	33,090	-4,246	,000	,001	2 =	pääsuunnan vihreä lepotila, pp painonappi				
5-7	-,062	33,090	-,002	,999	1,000	3 =	kokopunainen lepotila, pp silmukka				
5-2	52,759	33,090	1,594	,111	1,000	4 =	kokopunainen lepotila, pp painonappi				
5-4	59,500	33,090	1,798	,072	1,000	5 =	suojateiden kokovihreä lepotila, pp silmukka				
5-9	-78,111	33,090	-2,361	,018	,657	6 =	suojateiden kokovihreä lepotila, pp painonappi				
5-6	-130,735	33,090	-3,951	,000	,003	7 =	viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp silmukka				
5-8	-131,722	33,090	-3,981	,000	,002	8 =	viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp painonappi				
7-2	52,698	33,090	1,593	,111	1,000						
7-4	59,438	33,090	1,796	,072	1,000						
7-9	-78,049	33,090	-2,359	,018	,660						

Sivusuunnan pyörien p-arvot (Kruskal-Wallis), pyyntövertailu

Sivusuunnan pyörät
(P-arvo = Adj.Sig)

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
5-1	74,515	36,207	2,058	,040	1,000
5-9	-104,356	36,207	-2,882	,004	,142
5-7	-113,376	36,207	-3,131	,002	,063
5-6	-154,732	36,207	-4,274	,000	,001
5-8	-165,082	36,207	-4,559	,000	,000
5-3	209,541	36,207	5,787	,000	,000
5-2	302,727	36,207	8,361	,000	,000
5-4	335,479	36,207	9,266	,000	,000
1-9	-29,840	36,207	-,824	,410	1,000
1-7	-38,861	36,207	-1,073	,283	1,000
1-6	-80,216	36,207	-2,215	,027	,962
1-8	-90,567	36,207	-2,501	,012	,445
1-3	-135,026	36,207	-3,729	,000	,007
1-2	-228,211	36,207	-6,303	,000	,000
1-4	-260,964	36,207	-7,208	,000	,000
9-7	9,021	36,207	,249	,803	1,000
9-6	50,376	36,207	1,391	,164	1,000
9-8	60,727	36,207	1,677	,094	1,000
9-3	105,186	36,207	2,905	,004	,132
9-2	198,371	36,207	5,479	,000	,000
9-4	231,124	36,207	6,383	,000	,000
7-6	41,356	36,207	1,142	,253	1,000
7-8	-51,706	36,207	-1,428	,153	1,000
7-3	96,165	36,207	2,656	,008	,285

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
7-2	189,351	36,207	5,230	,000	,000
7-4	222,103	36,207	6,134	,000	,000
6-8	-10,351	36,207	-,286	,775	1,000
6-3	54,809	36,207	1,514	,130	1,000
6-2	147,995	36,207	4,087	,000	,002
6-4	180,747	36,207	4,992	,000	,000
8-3	44,459	36,207	1,228	,219	1,000
8-2	137,644	36,207	3,802	,000	,005
8-4	170,397	36,207	4,706	,000	,000
3-2	93,186	36,207	2,574	,010	,362
3-4	-125,938	36,207	-3,478	,001	,018
2-4	-32,753	36,207	-,905	,366	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

- 1 = pääsuunnan vihreä lepotila, pp silmukka
- 2 = pääsuunnan vihreä lepotila, pp painonappi
- 3 = kokopunainen lepotila, pp silmukka
- 4 = kokopunainen lepotila, pp painonappi
- 5 = suojateiden kokovihreä lepotila, pp silmukka
- 6 = suojateiden kokovihreä lepotila, pp painonappi
- 7 = viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp silmukka
- 8 = viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp painonappi

Pääsuunnan suoraan menevien autojen p-arvot (Kruskal-Wallis), pyyntövertailu

Pääsuunnan autot suoraan
(P-arvo = Adj.Sig)

Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.	Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
1-3	-83,770	219,938	-,381	,703	1,000	7-8	-2 070,061	168,004	-12,321	,000	,000
1-5	-302,077	219,938	-1,373	,170	1,000	7-9	-2 258,444	168,012	-13,442	,000	,000
1-7	-321,266	219,938	-1,461	,144	1,000	4-2	1,953	89,879	,022	,983	1,000
1-4	-1 980,166	168,004	-11,786	,000	,000	4-6	-403,633	89,879	-4,491	,000	,000
1-2	-1 982,119	168,004	-11,798	,000	,000	4-8	-411,160	89,879	-4,575	,000	,000
1-6	-2 383,800	168,004	-14,189	,000	,000	4-9	-599,544	89,894	-6,669	,000	,000
1-8	-2 391,327	168,004	-14,234	,000	,000	2-6	-401,680	89,879	-4,469	,000	,000
1-9	-2 579,710	168,012	-15,354	,000	,000	2-8	-409,207	89,879	-4,553	,000	,000
3-5	-218,308	219,938	-,993	,321	1,000	2-9	-597,591	89,894	-6,648	,000	,000
3-7	-237,496	219,938	-1,080	,280	1,000	6-8	-7,527	89,879	-,084	,933	1,000
3-4	-1 896,397	168,004	-11,288	,000	,000	6-9	-195,911	89,894	-2,179	,029	1,000
3-2	1 898,350	168,004	11,299	,000	,000	8-9	-188,384	89,894	-2,096	,036	1,000
3-6	-2 300,030	168,004	-13,690	,000	,000	Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.					
3-8	-2 307,557	168,004	-13,735	,000	,000	1 =	pääsuunnan vihreä lepotila, pp silmukka				
3-9	-2 495,941	168,012	-14,856	,000	,000	2 =	pääsuunnan vihreä lepotila, pp painonappi				
5-7	-19,188	219,938	-,087	,930	1,000	3 =	kokopunainen lepotila, pp silmukka				
5-4	1 678,089	168,004	9,988	,000	,000	4 =	kokopunainen lepotila, pp painonappi				
5-2	1 680,042	168,004	10,000	,000	,000	5 =	suojateiden kokovihreä lepotila, pp silmukka				
5-6	-2 081,722	168,004	-12,391	,000	,000	6 =	suojateiden kokovihreä lepotila, pp painonappi				
5-8	-2 089,249	168,004	-12,436	,000	,000	7 =	viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp silmukka				
5-9	-2 277,633	168,012	-13,566	,000	,000	8 =	viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp painonappi				
7-4	1 658,901	168,004	9,874	,000	,000						
7-2	1 660,854	168,004	9,886	,000	,000						
7-6	2 062,534	168,004	12,277	,000	,000						

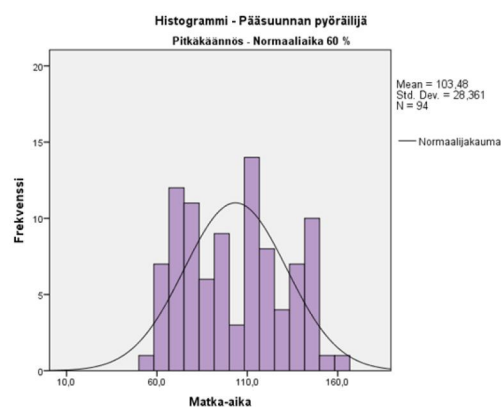
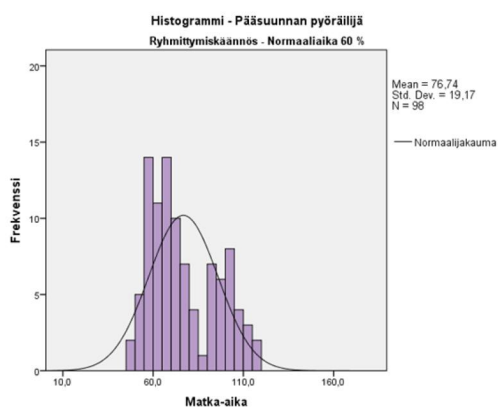
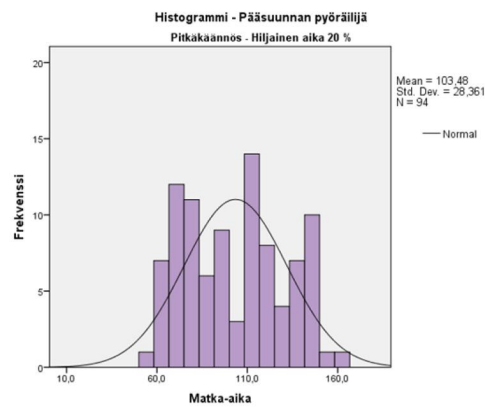
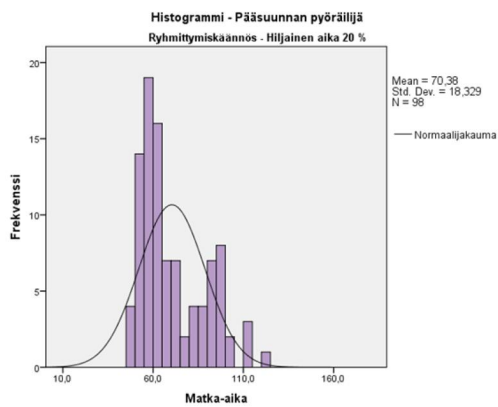
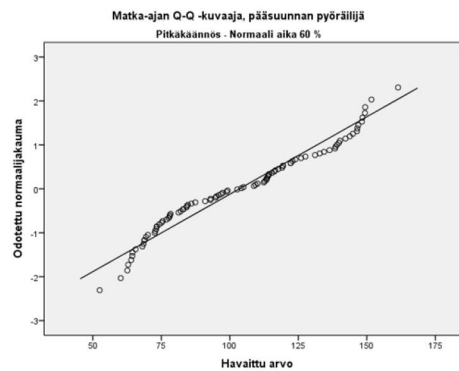
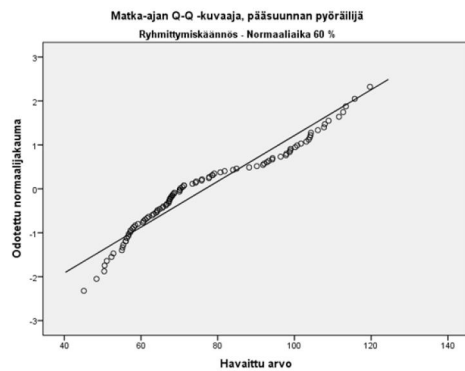
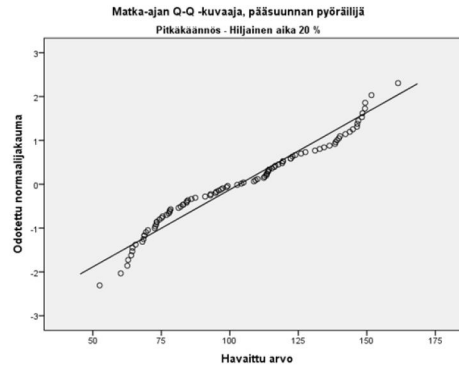
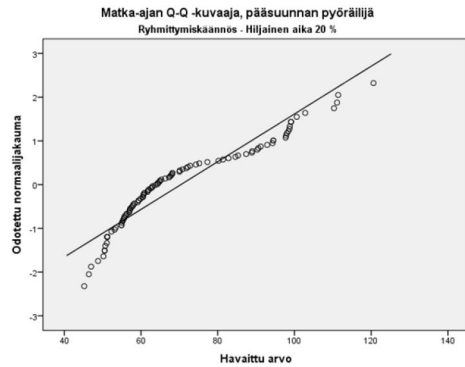
Sivusuunnan oikealle menevien autojen p-arvot (Kruskal-Wallis), pyyntövertailu

Sivusuunnan autot oikealle
(P-arvo = Adj.Sig)

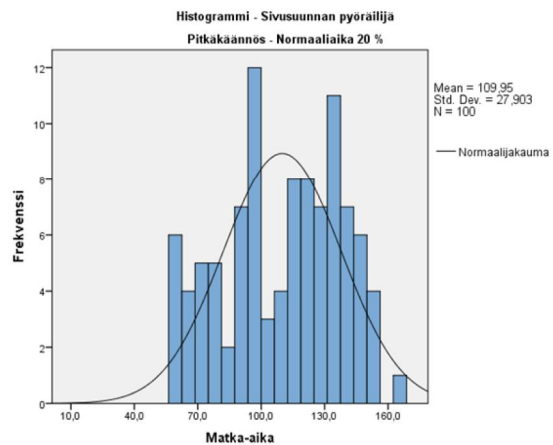
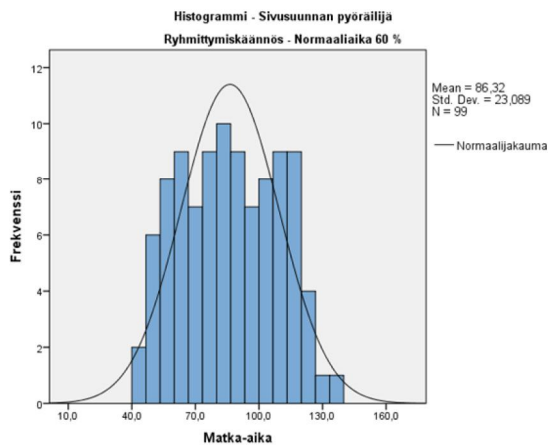
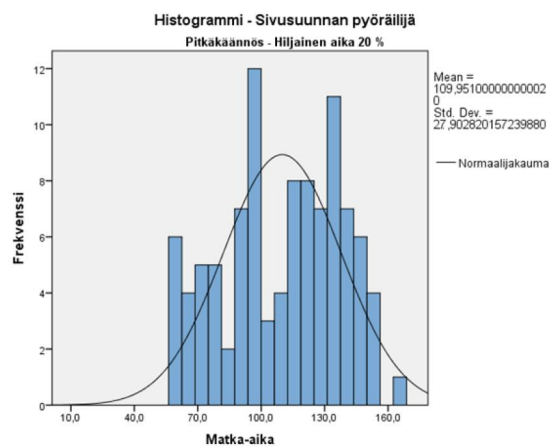
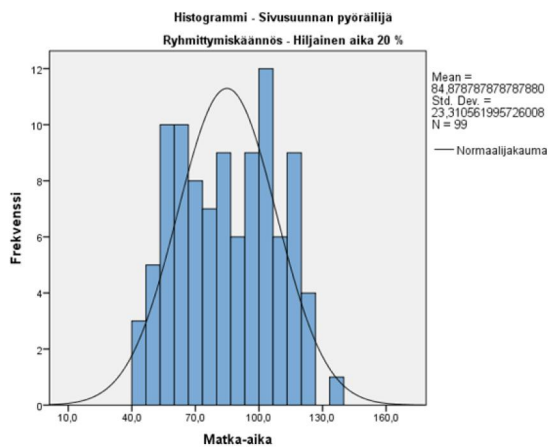
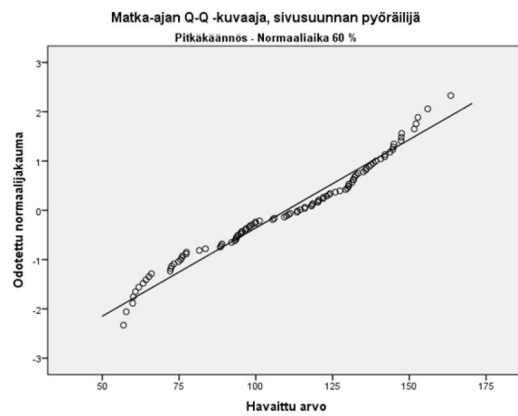
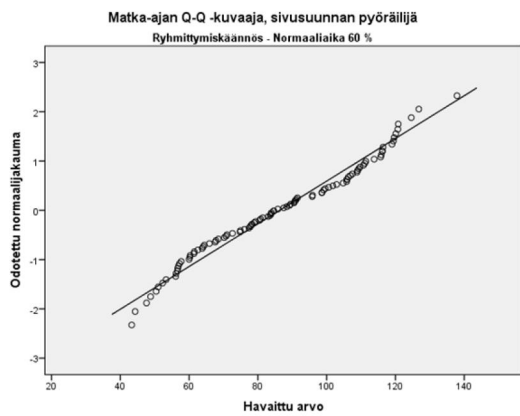
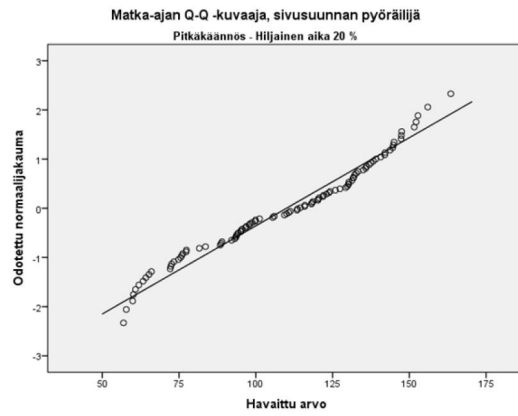
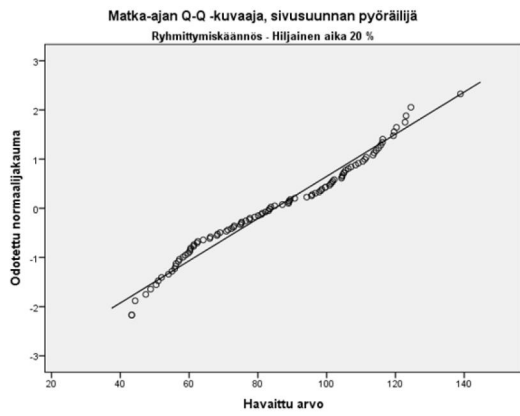
Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.	Sample 1-Sam...	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
7-3	101,258	167,446	,605	,545	1,000	1-4	-636,884	126,875	-5,020	,000	,000
7-5	160,847	167,446	,961	,337	1,000	1-2	-656,684	126,865	-5,176	,000	,000
7-1	258,792	167,446	1,546	,122	1,000	9-8	105,711	64,450	1,640	,101	1,000
7-9	-482,668	126,865	-3,805	,000	,005	9-6	113,484	64,430	1,761	,078	1,000
7-8	-588,379	126,875	-4,637	,000	,000	9-4	413,008	64,450	6,408	,000	,000
7-6	596,152	126,865	4,699	,000	,000	9-2	432,808	64,430	6,718	,000	,000
7-4	895,676	126,875	7,060	,000	,000	8-6	7,773	64,450	,121	,904	1,000
7-2	915,476	126,865	7,216	,000	,000	8-4	307,297	64,470	4,766	,000	,000
3-5	-59,589	167,446	-,356	,722	1,000	8-2	327,097	64,450	5,075	,000	,000
3-1	157,534	167,446	,941	,347	1,000	6-4	299,524	64,450	4,647	,000	,000
3-9	-381,410	126,865	-3,006	,003	,095	6-2	319,324	64,430	4,956	,000	,000
3-8	-487,121	126,875	-3,839	,000	,004	4-2	19,800	64,450	,307	,759	1,000
3-6	-494,894	126,865	-3,901	,000	,003	Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.					
3-4	-794,418	126,875	-6,261	,000	,000	1 =	pääsuunnan vihreä lepotila, pp silmukka				
3-2	814,218	126,865	6,418	,000	,000	2 =	pääsuunnan vihreä lepotila, pp painonappi				
5-1	97,945	167,446	,585	,559	1,000	3 =	kokopunainen lepotila, pp silmukka				
5-9	-321,821	126,865	-2,537	,011	,403	4 =	kokopunainen lepotila, pp painonappi				
5-8	-427,532	126,875	-3,370	,001	,027	5 =	suojateiden kokovihreä lepotila, pp silmukka				
5-6	-435,305	126,865	-3,431	,001	,022	6 =	suojateiden kokovihreä lepotila, pp painonappi				
5-4	734,829	126,875	5,792	,000	,000	7 =	viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp silmukka				
5-2	754,629	126,865	5,948	,000	,000	8 =	viimeinen vaihe ennallaan -lepotila, pp painonappi				
1-9	-223,876	126,865	-1,765	,078	1,000						
1-8	-329,587	126,875	-2,598	,009	,338						
1-6	-337,360	126,865	-2,659	,008	,282						

RYHMITYMISKÄÄNNÖKSEN JA PITKÄN KÄÄNNÖKSEN VERTAILU: Q-Q -KUVAAJAT JA HISTOGRAMMIT

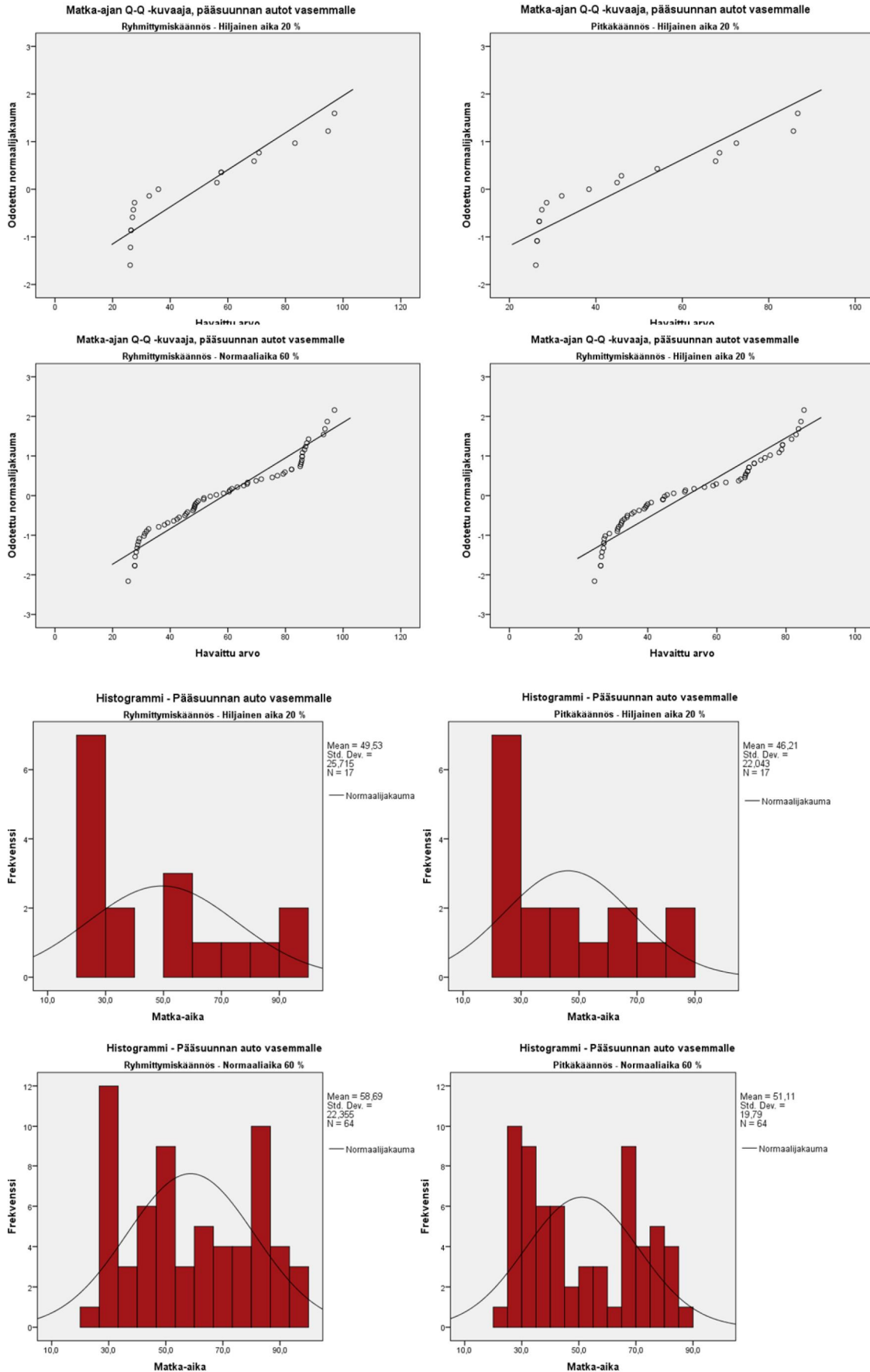
Pääsuunnan pyöräilijät (vasemmalle) Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, vaihteelliset kääntymistavat



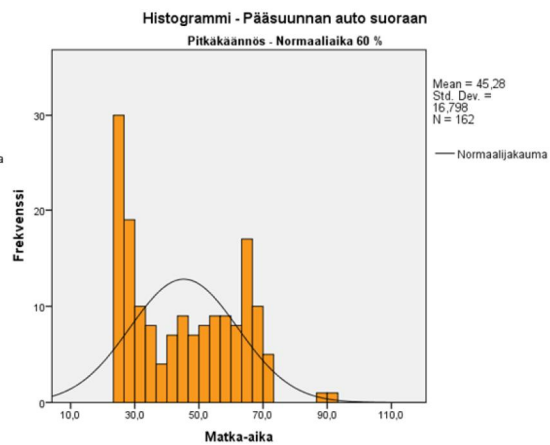
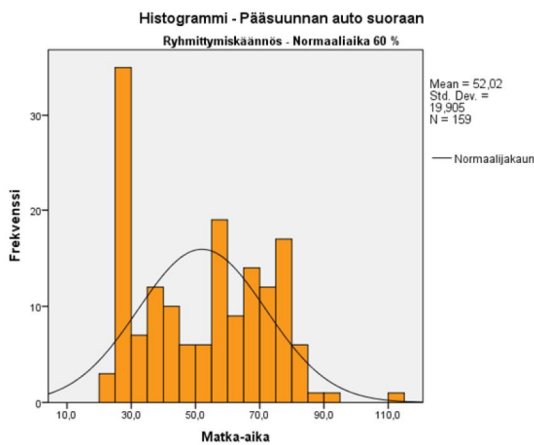
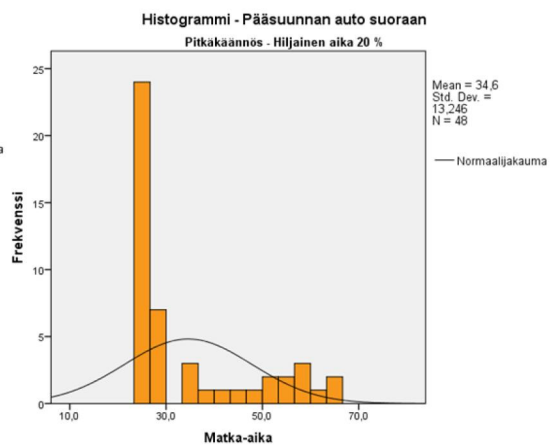
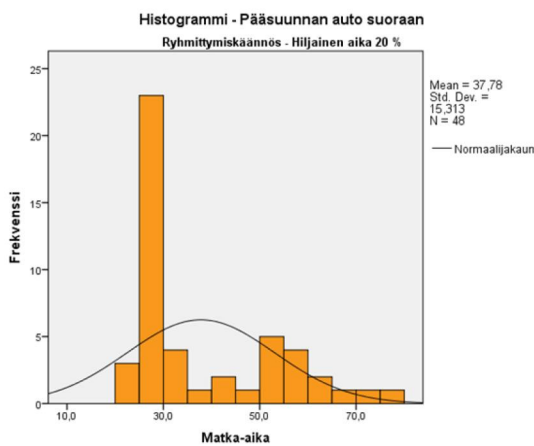
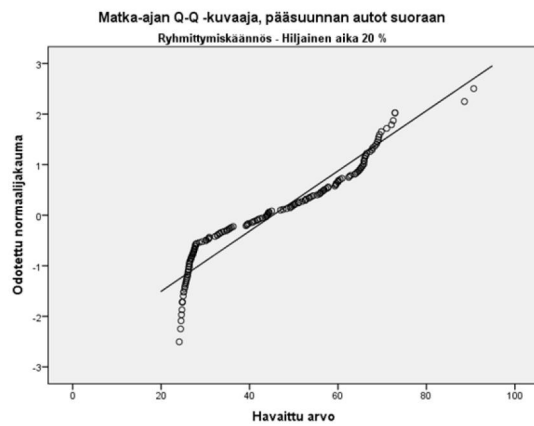
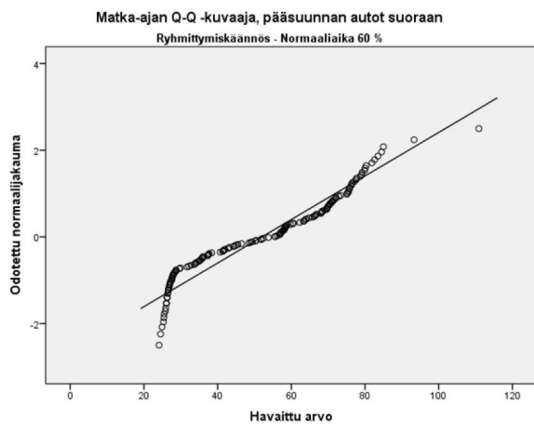
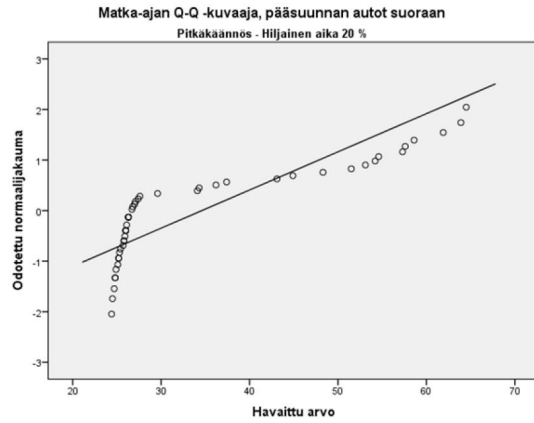
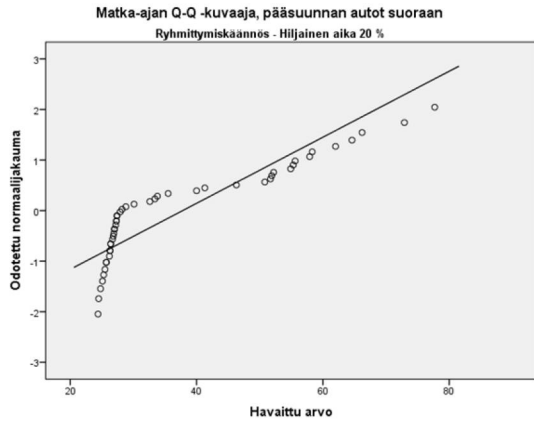
Sivusuunnan pyöräilijät (vasemmalle) Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, vaihteelliset kääntymistavat



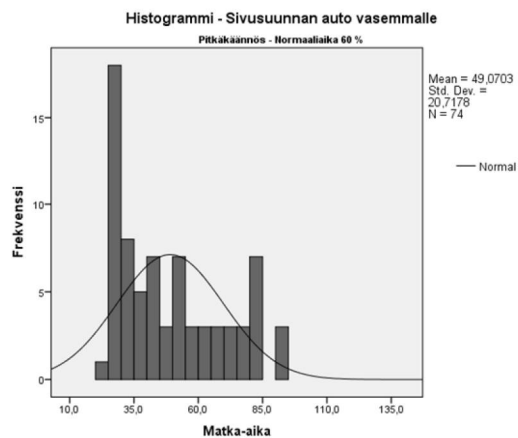
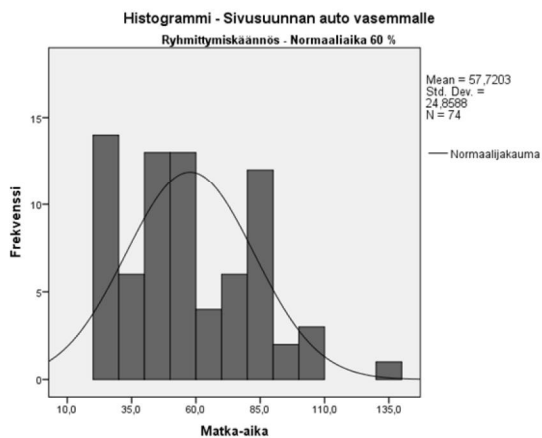
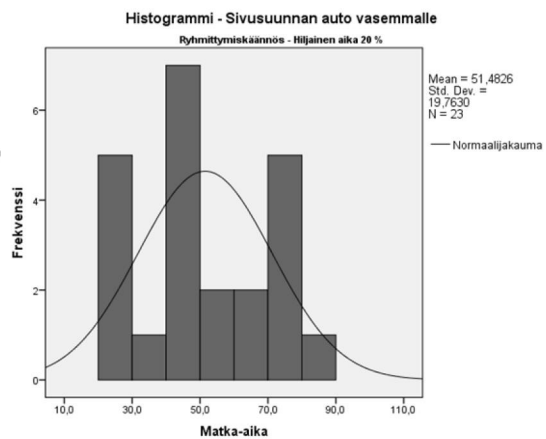
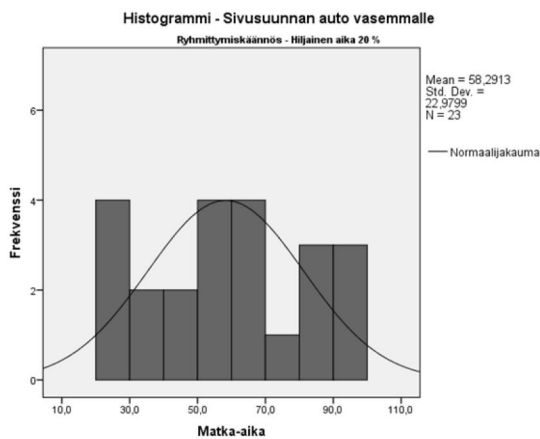
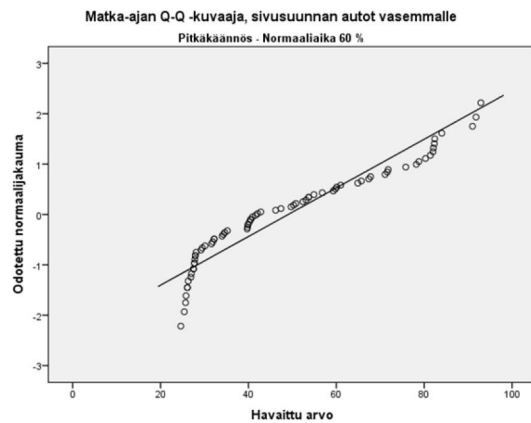
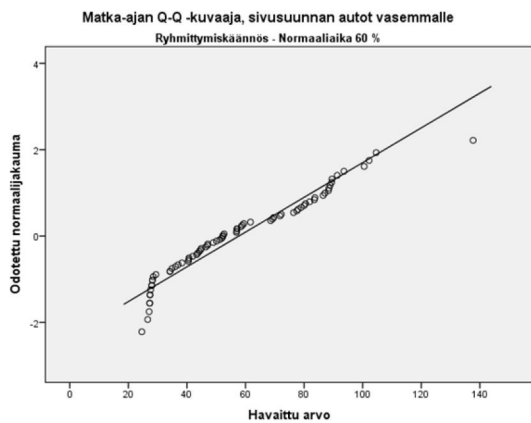
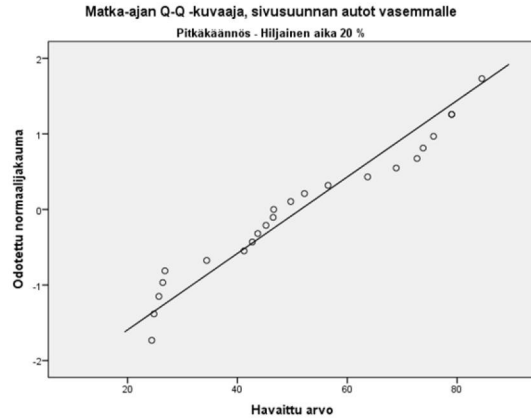
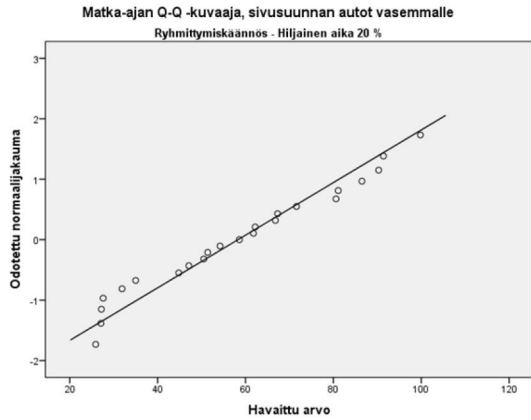
Pääsuunnasta vasemmalle menevien autojen Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, vaihtoeh-
toiset kääntymistavat



Pääsuunnasta suoraan menevien autojen Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, vaihteoiset kääntymistavat



Sivusuunnasta vasemmalle menevien autojen Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, vaihtoeh-
toiset kääntymistavat



Sivusuunnasta suoraan menevien autojen Q-Q -kuvaajat ja histogrammit, vaihteoiset kääntymistavat

