



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TEEMU KUITTINEN
PYÖRÄILYN TURVALLISUUS KIERTOLIITTYMISSÄ

Diplomityö

Tarkastaja: Assistant Professor
Heikki Liimatainen, lehtori Markus
Pöllänen
Tarkastajat ja aihe hyväksytty koulu-
tusvaradekaanin päätöksellä
22. kesäkuuta 2017

TIIVISTELMÄ

TEEMU KUITTINEN: Pyöräilyn turvallisuus kiertoliittymissä

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 98 sivua, 2 liitesivua

Marraskuu 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: Assistant Professor Heikki Liimatainen, lehtori Markus Pöllänen

Avainsanat: kiertoliittymä, pyöräily, turvallisuus

Työn tavoitteena oli kartoittaa pyöräilyn turvallisuutta kiertoliittymissä. Tavoitetta lähestyttiin vertailemalla kansainvälisiä käytäntöjä ja tutkimustuloksia, analysoimalla onnettomuustilastoista pyöräilijöille kiertoliittymissä sattuneita onnettomuuksia ja tekemällä liittymäkohtaisia tarkasteluita kiertoliittymissä, joissa onnettomuuksia oli sattunut useampia.

Kansainvälisten tutkimusten mukaan turvallisoin pyöräilyn järjestelytapana kiertoliittymissä on erillisten pyöräteiden käyttö kiertotilan ulkopuolella. Kiertoliittymän rakentamisen vaikutus pyöräilyn turvallisuuteen kuitenkin vaihtelee korvattavan liittymätyypin mukaan. Taajama-alueilla valo-ohjauksisen liittymän korvaaminen kiertoliittymällä saattaa lisätä pyöräilijöiden onnettomuuksia. Tutkimuksen mukaan suurimmat erot pyöräilyn järjestelyissä vertailun maiden välillä tulivat esille pyörätien jatkeen väistämisjärjestelyissä. Suomi oli vertailun ainoa maa, jossa autoilijan täytyy aina väistää pyörätien jatkeella ajavaa pyöräilijää sekä liittymään tultaessa että kiertotilasta poistuttaessa.

Onnettomuustietojen analysoinnissa haettiin kiertoliittymissä sattuneita pyöräilyonnettomuuksia kiertoliittymien sijaintitietojen ja raportoitujen risteysseleiteiden mukaan. Pyöräilijöiden onnettomuuksia löydettiin yhteensä 215, joista 83 oli tapahtunut maanteiden kiertoliittymissä ja 132 katuverkon kiertoliittymissä. Onnettomuuksista 189 oli sattunut pyöräteiden jatkeilla, 10 kiertotilassa, 5 kiertoliittymän alikuluissa ja 11 onnettomuuden sijainti jäi epäselviksi. Pyöräteiden jatkeiden onnettomuuksista yli kaksi kolmasosaa oli sattunut auton poistuessa kiertoliittymän kiertotilasta. Selvästi yleisin pyöräilijöiden onnettomuustyyppi kiertoliittymissä oli poistumissuunnalla sattunut onnettomuus, jossa pyöräilijä tuli pyörätien jatkeelle autoon nähden vasemmalta.

Aiempien tutkimusten ja tässä työssä tehtyjen havaintojen perusteella autoliikenteen korkea ajonopeus heikentää pyöräilyn turvallisuutta kiertoliittymissä. Muita mahdollisia pyöräilyn turvallisuutta heikentäviä tekijöitä ovat auringon häikäisy, pimeys ja pyöräily autoliikenteen kanssa vastakkaiseen suuntaan. Lisäksi tehdyissä kiertoliittymätarkasteluissa havaittiin mahdollisia näkemäongelmia auton kuljettajan ja pyöräilijän välillä. Näköyhteyttä heikensivät muun muassa korkeat kiertosaarekkeen reunalla olevat näkemäesteet ja auton rakenteet.

ABSTRACT

TEEMU KUITTINEN: Safety of cycling at Roundabouts

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 98 pages, 2 Appendix pages

November 2017

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Transport Systems

Examiner: Assistant Professor Heikki Liimatainen, Lecturer Markus Pöllänen

Keywords: roundabout, cycling, safety

The objective of the study was to describe and assess the safety of cycling at roundabouts. The objective was approached by comparing international studies and practices, by analyzing bicycle accidents at roundabouts in Finland, and by studying selected Finnish roundabouts where multiple accidents have occurred to cyclists.

According to previous international studies, separate cycle paths are the safest design for cyclists at roundabouts. The safety effects of roundabouts vary depending on the type of the intersections that they replace. In urban areas, replacing a signal-controlled intersection with a roundabout might increase cycling accidents. According to this study, the biggest differences between the compared countries were found in the yielding rules at the bicycle crossings. Finland was the only country where the car driver must always give way to a cyclist at the bicycle crossing, both when entering and exiting the roundabout.

In the analysis of accident statistics, bicycle accidents at roundabouts were searched by comparing the accident location to the roundabout coordinates, and by the intersection type stated in the accident statistics. By these means, 215 bicycle accidents were found, of which 83 had occurred in roundabouts on national roads and 132 in roundabouts on municipal streets. Of the analyzed accidents, 189 had occurred on the bicycle crossing, 10 in the circulating area, 5 in the cycling underpass, and in 11 identified cases the location couldn't be determined. More than two-thirds of the bicycle crossing accidents had occurred when the motorist was exiting the roundabout. The most common bicycle accidents at roundabouts were between an exiting car and a cyclist approaching the bicycle crossing from the left in respect to the car.

According to earlier studies and findings in this study, the high driving speeds of cars weaken the safety of cycling at roundabouts. Some of the other potential factors affecting the safety of cycling at roundabouts are the dazzle of the sun, darkness, and cycling in the opposite direction than the car traffic. In addition, possible problems were perceived with the sight distances between the car driver and the cyclist at the roundabouts. The sight distance was reduced by high obstacles near the edge of the central island and by the structures of the car.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty tarpeesta saada lisää tietoa pyöräilyn turvallisuudesta kiertoliittymissä. Pyöräilyn kannalta kiertoliittymien rakentamisen turvallisuusvaikutuksista oli saatu melko ristiriitaisia tuloksia niin suomalaisissa kuin kansainvälisissä tutkimuksissa. Tämän työn tavoitteena oli luoda kattava yleiskuva pyöräilyn turvallisuudesta kiertoliittymistä. Aihetta lähestyttiin sekä tutustumalla kansainvälisiin tutkimuksiin ja suunniteluohjeisiin että analysoimalla suomalaisissa kiertoliittymissä pyöräilijöille sattuneita onnettomuuksia ja onnettomuusalttiita kiertoliittymiä.

Haluan kiittää Liikennevirastoa työn mahdollistamisesta ja erityisesti ohjaajaani Ari Liimataista asiantuntevista neuvoista ja johdatuksesta tämän mielenkiintoisen aiheen pariin. Lämmin kiitos oivallisesta ohjauksesta ja kannustavista kommentteista Tampereen teknillisen yliopiston Markus Pölläselle ja apulaisprofessori Heikki Liimataiselle, jotka toimivat yhdessä työn tarkastajina.

Lopuksi haluan kiittää ystäviäni monista hienoista muistoista niin tämän työn varrelta kuin koko opiskeluni ajalta. Kiitos kuuluu myös koko perheelleni ja erityisesti Saralle tuesta ja kannustuksesta opiskeluvuosieni aikana.

Tampereella, 25.10.2017

Teemu Kuittinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet	2
1.3	Tutkimusmenetelmät ja työn rajaukset	3
2.	KIERTOLIITTYMÄT	5
2.1	Yleistä kiertoliittymistä	5
2.2	Maanteiden kiertoliittymät	6
2.3	Katujen kiertoliittymät	8
2.4	Nykyiset suunnitteluohjeet	9
2.5	Kiertoliittymien turvallisuus	10
2.6	Aiemmat tutkimukset ja selvitykset	13
3.	PYÖRÄILY	15
3.1	Pyöräily kulkutapana	15
3.2	Pyöräilyväylät Suomessa	16
3.3	Pyöräilyn turvallisuus	18
3.4	Pyöräilyn edistäminen ja tavoitteet	20
4.	PYÖRÄILY KIERTOLIITTYMISSÄ	22
4.1	Suomi	22
4.2	Ruotsi	26
4.3	Tanska	28
4.4	Belgia	30
4.5	Alankomaat	33
4.6	Kiertoliittymissä pyöräilyn järjestelytapojen ja niistä saatujen tutkimustulosten vertailu Suomen tilanteeseen	36
5.	ONNETTOMUUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	40
5.1	Tutkitut kiertoliittymät	40
5.1.1	Maanteiden kiertoliittymät	40
5.1.2	Katuverkon kiertoliittymät	41
5.2	Onnettomuustiedot ja niiden tutkimusmenetelmät	44
6.	ONNETTOMUUKSIEN ANALYYSI	47
6.1	Onnettomuusmäärät	47
6.1.1	Maanteiden kiertoliittymien onnettomuudet	49
6.1.2	Katujen kiertoliittymien onnettomuudet	51
6.2	Onnettomuustyyppit	52
6.3	Onnettomuustyyppit liikenneonnettomuustyyppikuvaston mukaisesti	56
6.4	Kuolemaan johtaneet onnettomuudet	58
6.5	Vertailu aiempiin tutkimuksiin	59
7.	ONNETTOMUUSKIERTOLIITTYMIEN TUTKIMUS	62
7.1	Onnettomuusalttiit kiertoliittymät	62
7.2	Havainnointitutkimus yleisimpään onnettomuustyyppiin liittyen	63

7.3	Liittymägeometrian analysointi.....	64
7.4	Nopeusmittaukset	65
7.5	Liittymäkohtaiset tarkastelut	67
7.5.1	Kauvatsantien kiertoliittymä	67
7.5.2	Porin sillan kiertoliittymä.....	72
7.5.3	Tikkulantien kiertoliittymä.....	76
7.5.4	Merasimen kiertoliittymä	80
7.5.5	Siltakadun kiertoliittymä.....	83
7.6	Toimenpide-ehdotuksia pyöräilyn turvallisuuden parantamiseksi kiertoliittymissä.....	85
8.	PÄÄTELMÄT	89
8.1	Yhteenveto	89
8.2	Työn arviointi.....	91
8.3	Aiheita jatkotutkimuksiin.....	92
	LÄHTEET.....	94

LIITE A: Onnettomuustyyppikuvasto

LIITE B: Onnettomuuksien jakauma eri onnettomuustyyppien välillä

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Kiertoliittymien määrä niin maantie- kuin katuverkolla on kasvanut nopeasti viime vuosien aikana. Viimeisimmän kiertoliittymien turvallisuus selvityksen (Montonen 2008) aikaan maanteilla oli noin 200 kiertoliittymää. Nykyisin kiertoliittymien määrä on jo yli kaksinkertaistunut ja uusia kiertoliittymiä on tierekisterin mukaan maantieverkolle valmistunut viime vuosina yli 20 vuosittain. Merkittäviä kiertoliittymiä puoltavia etuja ovat liikenneturvallisuuden paraneminen ja hyvä välityskyky, joka helpottaa erityisesti sivutieltä liittymistä. Kiertoliittymä myös viestii tehokkaasti tien luonteen muuttumista, joten kiertoliittymiä käytetäänkin usein kertomaan kuljettajalle esimerkiksi taajamaan saapumisesta.

Aiemmissa suomalaisissa tutkimuksissa (Tielaitos 2000; Montonen 2008) on havaittu jalankulkijoiden ja autoilijoiden turvallisuuden parantuneen kiertoliittymien rakentamisen myötä merkittävästi. Pyöräilijöiden osalta vastaavaa kehitystä ei kuitenkaan ole tapahtunut. Kiertoliittymissä sattuneista onnettomuuksista pyöräilijä oli osallisena lähes joka toisessa henkilövahinko-onnettomuudessa (Montonen 2008) ja osuus henkilövahinko-onnettomuuksista oli nousussa aiempaan tutkimukseen (Tielaitos 2000) nähden. Kiertoliittymissä pyöräilyn turvallisuuden kehittämiseksi on siis merkittävä tarve, etenkin kun huomioidaan kiertoliittymien määrän kasvu ja pyöräilynedistämiseksi asetetut kasvutavoitteet (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011).

Pyöräilyn turvallisuus kiertoliittymissä ei ole huolenaihe pelkästään Suomessa, sillä useissa kansainvälisissä tutkimuksissa on päädytty varsin ristiriitaisiin tuloksiin pyöräilijöiden turvallisuuden suhteen. Osassa tutkimuksista on jopa todettu kiertoliittymän rakentamisen lisäävän pyöräilijöiden onnettomuuksia (Daniels et al. 2009). Kansainvälisiä tutkimustuloksia vertaillen täytyy kuitenkin huomioida, että kiertoliittymien suunniteluohjeet ja niihin liittyvät pyöräilyjärjestelyt vaihtelevat huomattavasti eri maiden välillä. Kiertoliittymiä voidaan käyttää hyvin erilaisissa ympäristöissä, jolloin niiden mitoitus voi vaihdella suuresti niin ympäristön kuin liikennemäärän mukaan. Myös pyöräilyn järjestelyinä voidaan kiertoliittymissä käyttää monia erilaisia ratkaisuita. Näin ollen on tärkeää tunnistaa keskenään toimivat kiertoliittymätyypit ja pyöräilyn järjestelytavat ja yhdistää oikea ratkaisu oikeaan paikkaan.

Suomessa pyöräilyn järjestelyt on useimmiten toteutettu erillisten pyöräteiden avulla ja väistämisvelvollisuus pyörätien jatkeilla on aina autoilijalla. Kansainvälisesti ratkaisuisa

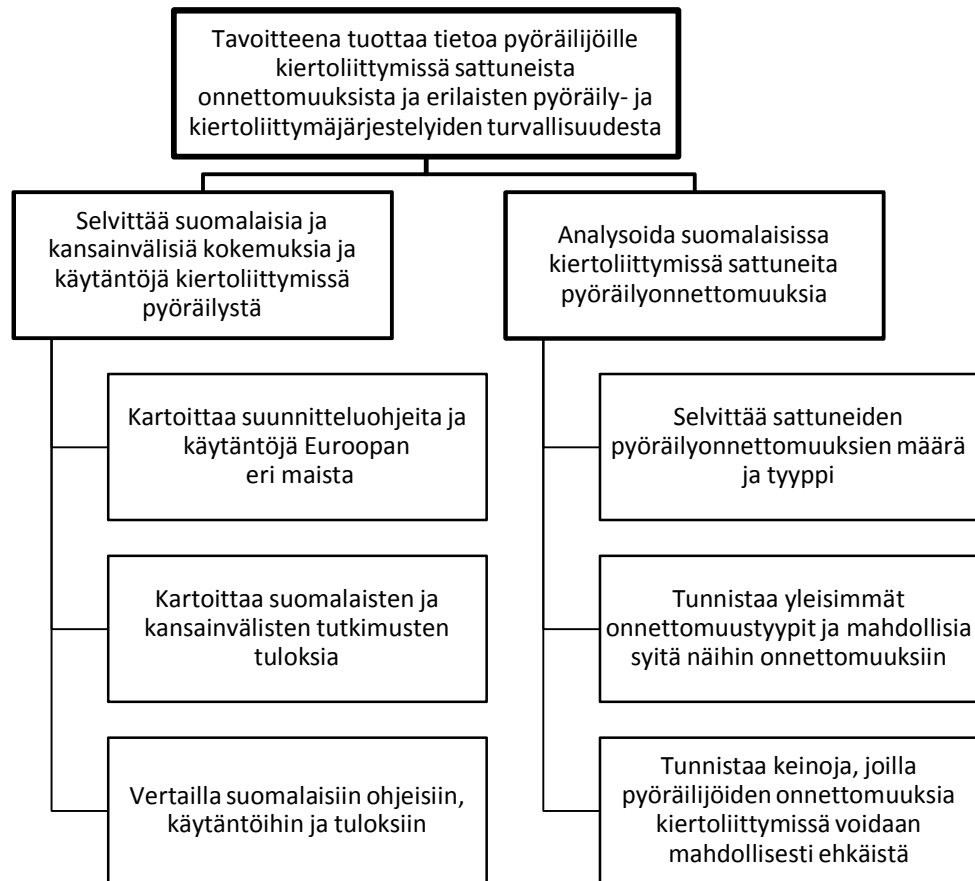
on eroja niin käytettyjen pyöräilyn järjestelytapojen kuin väistämisvelvollisuusjärjestelyiden suhteen, jolloin jopa yhden maan sisällä voi olla käytössä hyvin monia toteutustapoja liittymän sijainnista ja rakennusajankohdasta riippuen. Kansainvälisten tutkimusten avulla voidaan vertailla erilaisten ratkaisuiden todettuja vaikutuksia pyöräilyn turvallisuuteen ja pyrkiä löytämään näistä vaihtoehtoista pyöräilyn turvallisuuden kannalta parhaimmat, muut liikennemuodot ja kustannukset huomioiden. Lisäksi työssä analysoidaan suomalaisissa kiertoliittymissä pyöräilijöille sattuneita onnettomuuksia. Työssä pyritään tunnistamaan pyöräilijöiden yleisimmät onnettomuustyyppit kiertoliittymissä ja löytämään syyt näiden onnettomuuksien synnylle.

1.2 Työn tavoitteet

Suomessa tehdyt kiertoliittymien turvallisuusselvitykset (Tielaitos 2000; Montonen 2008) ovat käsitelleet tilannetta kaikkien liikennemuotojen osalta. Molemmissa tutkimuksissa on pyöräilijöiden turvallisuus noussut selväksi huolenaiheeksi, mutta vain pyöräilyyn kiertoliittymissä keskittyvää tutkimusta ei aiemmin ole tehty. Lisäksi pyöräilyonnettomuuksien osuus tutkimusten aineistoista on ollut melko pieni. Pyöräilijöiden onnettomuuksista huomattavan suuri osa jää raportoimatta, jonka lisäksi myös raportoitujen onnettomuuksien löytämisessä on omat ongelmansa. Kiertoliittymissä sattuneista pyöräilyonnettomuuksista tilastoihin kirjatuihin onnettomuus- ja risteystyyppissä on suurta hajontaa, jolloin suuri osa pyöräilijöille kiertoliittymissä sattuneista onnettomuuksista jää löytämättä, jos onnettomuuksia etsitään vain raportoitujen luokitusten perusteella. Siksi pyöräilijöille kiertoliittymissä sattuneiden onnettomuuksien kokonaismäärää ei tarkkaan tunneta, eikä ongelman laajuutta ole pystytty tarkkaan arvioimaan. Tässä työssä pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä tekijät vaikuttavat pyöräilyn turvallisuuteen kiertoliittymissä?
- Kuinka paljon ja minkä tyyppisiä onnettomuuksia pyöräilijöille sattuu suomalaisissa kiertoliittymissä?
- Millaisilla keinoilla pyöräilyn turvallisuutta voidaan pyrkiä parantamaan kiertoliittymissä?

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa pyöräilijöille kiertoliittymissä sattuneista onnettomuuksista ja niihin johtaneista syistä sekä erilaisten pyöräily- ja kiertoliittymäjärjestelyiden turvallisuusvaikutuksista. Tutkimuksen tavoitteita alatavoitteineen on esitetty kuvassa 1. Vertailemalla kansainvälisiä tutkimuksia ja käytäntöjä on tavoitteena sekä tunnistaa pyöräilyn kannalta turvallisimmat kiertoliittymäkäytännöt että selvittää suomalaisen kiertoliittymäjärjestelyiden eroja muihin maihin verrattuna. Tavoitteena on löytää tekijöitä, joilla on tutkimuksissa havaittu yhteys pyöräilyn turvallisuuteen kiertoliittymissä. Turvallinen liikkuminen syntyy monen asian yhdistelmänä ja tavoitteena on löytää sekä kiertoliittymissä pyöräilyn turvallisuutta parantavia että sitä heikentäviä tekijöitä.



Kuva 1. Tutkimuksen päätavoite alatavoitteineen.

Onnettomuustietoja analysoimalla on tavoitteena selvittää kiertoliittymissä pyöräilijöille sattuneiden onnettomuuksien määrä ja yleisimmät onnettomuustyyppit. Mahdollisia syytä näihin onnettomuuksiin pyritään tunnistamaan aiempien tutkimusten, onnettomuusselostusten ja kiertoliittymissä tehtävien tarkasteluiden avulla. Onnettomuussyitä kartoittamalla on tavoitteena esittää keinoja, joilla pyöräilyn turvallisuutta kiertoliittymissä voitaisiin jatkossa pyrkiä parantamaan.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn rajaukset

Asetettuihin tavoitteisiin ja tutkimuskysymyksiin pyrittiin tutkimuksessa vastaamaan kolme eri tutkimusmenetelmää hyödyntämällä. Jokaisessa osiossa oli tavoitteena luoda entistä tarkempi kuva pyöräilyn turvallisuudesta kiertoliittymissä. Tutkimuksen ensimmäinen osa on kirjallisuuskatsaus Suomesta sekä valituista Euroopan maista kerätyistä aineistoista. Kirjallisuuskatsauksessa hyödynnettiin aiemmin tehtyjä suomalaisia sekä kansainvälisiä tutkimuksia ja perehdyttiin saatuihin tuloksiin erilaisten suunnitteluratkaisuiden turvallisuudesta. Lisäksi tutustuttiin valittujen Euroopan maiden kiertoliittymäkäytäntöihin ja suunnitteluohjeisiin, joita verrattiin Suomen käytäntöihin. Pyöräilyolosuhteet ja -kulttuurit ovat eri maissa hyvin erilaisia, joten ulkomaiset julkaisut antoivat vertailupohjaa suomalaisten ratkaisujen arvioimiseksi. Eri maiden ratkaisuja vertailemalla pyrittiin löytämään pyöräilyn turvallisuuden kannalta parhaita käytäntöjä kiertoliittymissä.

Kirjallisuuskatsauksessa aineistona käytettiin tutkimusartikkeleita, suunnitteluohjeita ja internetsivustoja, joista oli saatavilla lisätietoa pyöräilystä, kiertoliittymistä tai liikenneturvallisuudesta tarkasteltujen maiden osalta. Tutkimusartikkeleita haettiin pääasiassa ScienceDirect-sivuston avulla. Hakusanoina käytettiin yhdistelmiä sanoista roundabout (kiertoliittymä), safety (turvallisuus) ja lisäksi joko cyclist, cycling tai bicycle (pyöräilijä, pyöräily, polkupyörä). Etenkin vanhemmista tutkimuksista osa löytyi myös artikkeleiden lähdeviittausten perusteella. Näiden lisäksi työssä hyödynnettiin Liikenneviraston ja sen edeltäjien materiaaleja sekä muita Suomessa tehtyjä tutkimuksia, selvityksiä ja tilastotietoja.

Toisessa osassa käytettiin kvantitatiivista tutkimusotetta ja tarkasteltiin tierekisterin onnettomuusrekisteristä löytyviä onnettomuustietoja pyöräilijöille Suomen kiertoliittymissä sattuneista onnettomuuksista. Onnettomuusrekisterin tietoja täydennettiin Onnettomuustietoinstituutin kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien tutkinnasta kerätyillä aineistoilla ja näin pyrittiin muodostamaan kattava kokonaiskuva sattuneiden onnettomuuksien lukumäärästä, yleisimmistä onnettomuustypeistä ja turvallisuuden nykytilasta. Kolmannessa osassa tarkastelu rajattiin yleisimpään onnettomuustyyppiin, johon perehdyttiin sekä havainnointitutkimuksen että liittymägeometrian analysoinnin avulla. Kolmanteen osaan valittiin kohteeksi kiertoliittymiä, joissa yleisimmän onnettomuustyyppin onnettomuuksia oli sattunut useampia. Näillä keinoilla pyrittiin löytämään mahdollisia syitä sattuneisiin onnettomuuksiin ja esitetään mahdollisia parannusehdotuksia uusien onnettomuuksien ehkäisemiseksi.

Työn rajaamiseksi havainnointitutkimuksessa päätettiin käsitellä vain yleisintä onnettomuustyyppiä. Kansainvälisessä vertailussa keskityttiin Euroopan maihin, joissa kiertoliittymät sekä pyöräilyolosuhteet olivat samankaltaisia kuin Suomessa, ja joista tutkimustuloksia oli saatavilla. Työssä keskityttiin pääosin kiertoliittymiin, joissa pyöräily oli järjestetty autoliikenteen kanssa samassa tasossa. Liikennemääriä kiertoliittymissä ei ole työssä käsitelty, koska niitä ei katuverkon kiertoliittymistä ollut saatavilla. Myöskään pyöräilijöiden määriä kiertoliittymissä ei pystytty selvittämään. Näin ollen onnettomuusasteita kiertoliittymille ei tässä työssä laskettu.

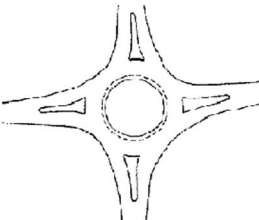
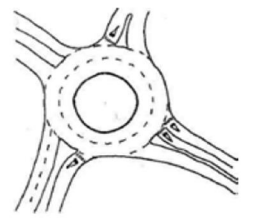
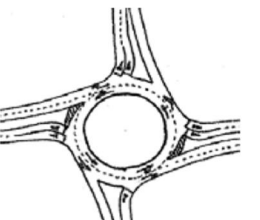
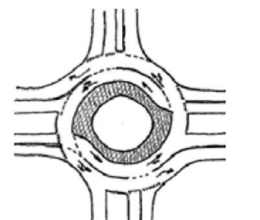
2. KIERTOLIITTYMÄT

2.1 Yleistä kiertoliittymistä

Kiertoliittymä on tasoliittymä, jossa ajorataa pitkin kulkeva liikenne kiertää vastapäivään liittymän keskellä olevan kiertosaarekkeen ympäri. Kiertoliittymä voi olla joko yksi- tai useampikaistainen. Kiertoliittymässä, muista tasoliittymistä poiketen, vasemmalle kääntyminen on järjestetty kahtena oikealle kääntymisenä (Tiehallinto 2001). Näin ollen myös vasemmalle kääntyminen onnistuu sujuvasti ja turvallisesti. Kiertosaarekettä ympäröivää ajorataa kiertoliittymässä kutsutaan kiertotilaksi, jossa ajavilla on tulosuunnilta tuleviin ajoneuvoihin nähden etuajo-oikeus, joka on osoitettu väistämismääräyksiä osoittavalla liikennemerkillä. Väistämismääräyksiä lisäksi kiertoliittymään tullessa on liikennemerkillä esitetty myös pakollinen kiertosuunta. (Tiehallinto 2003). Jos kiertoliittymän liittymähaaralla on suojatie ja pyörätien jatke, sijoitetaan väistämismääräyksiä osoittava liikennemerkki auton tulosuunnasta katsottuna ennen suojatietä ja pyörätien jatketta. Väistämismääräyksiä osoittavan liikennemerkin lisäksi voidaan kiertoliittymän tulosuunnalla käyttää tehosteena väistämismääräyksiä ennen kiertotilaan liittymistä (Liikennevirasto 2015). Kiertoliittymän kiertotilasta poistuttaessa ajoneuvo tulkitaan kääntyväksi, jolloin kääntyvää ajoneuvoa koskee tieliikennelain mukainen väistämismääräyksiä. Tieliikennelain 14 §:n mukaan kääntyvän ajoneuvon väistämismääräyksiä koskee risteävää tietä ylittävää polkupyöräilijää, mopoilijaa ja jalankulkijaa. Poistumissuunnalla ei voida Suomessa käyttää ainoastaan väistämismääräyksiä, ellei kääntyvän ajoneuvon väistämismääräyksiä ole osoitettu liikennemerkillä (Liikennevirasto 2015). Kiertoliittymässä on vähintään kolme liittymähaaraa, eli poistumis- ja tulosuuntaa.

Kiertoliittymässä jokaisesta tulosuunnasta tulevan ajoneuvon täytyy alentaa ajonopeuttaan, jotta kiertoliittymän läpikulku sujuu turvallisesti. Liikenteen välityskyky on kiertoliittymissä yleensä hyvä, sillä harvan ajoneuvon täytyy täysin pysähtyä, etenkin jos liikennevirrat eivät ole suuria. Kiertoliittymän rakentaminen yleensä parantaa sivusuuntien palvelutasoa, mutta toisaalta se samalla hidastaa ja aiheuttaa kustannuksia pääsuunnan liikenteelle. Liikennettä rauhoittavien vaikutuksiensa myötä kiertoliittymä onkin hyvä ratkaisu osoittamaan tien luonteen muuttumista. Kiertoliittymää suositellaankin käytettäväksi pääosin taajamissa sekä taajamien reunoilla sekä sisääntuloissa. (Tiehallinto 2001)

Kiertoliittymä voi olla joko yksi- tai useampikaistainen (kuva 2). Kaksikaistaisiksi kiertoliittymiksi luokitellaan sellaiset kiertoliittymät, joiden kiertotilassa on vähintään kahden liittymäsuunnan välillä kaksi ajokaistaa (Aarnikko & Karjalainen 2007).

Yksikaistainen kiertoliittymä	Kokonaan kaksikaistainen kiertoliittymä	Osittain kaksikaistainen kiertoliittymä tiemerkinnoin	Turbo-kiertoliittymä
			

Kuva 2. Erilaisia kiertoliittymätyyppejä. (Tiehallinto 2001; Aarnikko & Karjalainen 2007, muokattu)

Tavallisin ratkaisu Suomessa on yksikaistainen liittymä, sillä kaksikaistaisia liittymiä käytetään vain perustelluissa erikoistapauksissa (Tiehallinto 2001). Yleisimmin kaksikaistaisia kiertoliittymiä käytetään paikoissa, joissa yksikaistaisen liittymän välityskyky ei ole riittävä. Suomessa rakennettavista kaksikaistaisista kiertoliittymistä suurin osa on nykyään turbokiertoliittymiä. Turbokiertoliittymissä autoilijan ei tarvitse vaihtaa ajokaistaa kiertoallassa, sillä liikennevirrat ohjataan oikeille ajokaistoille jo ennen kiertoliittymään tuloa.

2.2 Maanteiden kiertoliittymät

Maanteillä kiertoliittymiä suositellaan käytettäväksi lähinnä taajamissa ja reuna-alueilla. Kiertoliittymien käytöstä pääteillä on annettu Liikenneviraston (Tielaitos 1996) ohje, jossa ei suositella kiertoliittymiä käytettäväksi valta- ja kantateillä taajama-alueiden ulkopuolella. Ohjeessa todetaan, että kiertoliittymä on yllättävä ja päätieympäristöstä poikkeava ratkaisu maaseudulla ja haittaa pääsuunnan liikenteen sujuvuutta. Näitä havaintoja tukee myös Paason (2016) diplomityö, jossa todetaan kiertoliittymästä pääsuunnalle kasvaneesta matka-ajasta ja polttoaineen kulutuksesta aiheutuvien kustannuksien olevan merkittävät. Toisaalta tasoliittymien suunnitteluohjeen (Tiehallinto 2001) mukaan kiertoliittymä sopii taajamiin ja taajamien reuna-alueille, joissa kiertoliittymä osoittaa tehokkaasti tien luonteen muuttumista ja ajonopeuksien alentaminen on tavoiteltavaa. Suunnitteluohjeen mukaan seutu- ja yhdysteiden taajamaosuuksille kiertoliittymä soveltuu hyvin, mutta valta- ja kantateillä soveltuvuus on harkittava tapauskohtaisesti myös taajamassa.

Maanteiden kiertoliittymien koko ja geometria voi vaihdella hyvin suuresti liittymän sijaintipaikan mukaan. Kiertoliittymissä nopeusrajoitus on korkeintaan 50 km/h, joka tarvittaessa alennetaan noin 150 metriä ennen kiertoliittymää (Tiehallinto 2001). Nopeuksien alentamiseksi ennen kiertoliittymää voidaan tulosuuntaa taivuttaa vasemmalle, jolloin liittymään sisäänajo tehdään oikealle ohjaavaksi. Tulosuuntien taivutuksen myötä syntyy porrastus vastakkaisten liittymähaarojen välille. Toisaalta tulosuuntien taivutus ja oikealle ohjaus myös loiventaa kiertoliittymän poistumisgeometriaa. Taajama-alueiden ulkopuolella ja runsasliikenteisten maanteiden varsilla poistumisen sujuvoittaminen voi

olla tavoiteltavaa, jos poistumissuunnalla ei ole samassa tasossa suojatietä tai pyörätien jatketta. Taajamissa olemassa olevat rakenteet ja maankäyttö rajoittavat usein kiertoliittymän rakentamiselle käytettävissä olevaa tilaa niin paljon, että kyseisiä toimenpiteitä ei täysin päästä hyödyntämään. Toisaalta näin myös poistumissuuntien nopeudet pysyvät alhaisempina, joka voi parantaa pyöräilijöiden ja kävelijöiden turvallisuutta poistumissuunnan ylittävällä suojatiellä tai pyörätien jatkeella. Tulosuunnan taivutus ja liittymähaarojen porrastus voi tehdä maantien kiertoliittymän geometriasta huomattavan erilaisen taajamakiertoliittymään nähden (kuva 3).



Kuva 3. Maantien kiertoliittymä maaseudulla Hinnerjoella ja taajamassa Lempään Sääksjärvellä. (Google Maps 2017)

Kuvassa 3 vasemmalla on maaseutumaisissa olosuhteissa sijaitseva maantien kiertoliittymä, jonka haaroilla ei ole suojateitä tai pyörätien jatkeita. Liittymässä haaroja on selvästi porrastettu vasemmalle ja näin tulosuunta on vahvasti oikealle ohjaava. Poistumissuunnan geometria on hyvin loiva ja ajoneuvot pääsevät poistumaan liittymästä sujuvasti. Kuvan toinen kiertoliittymä sijaitsee taajamassa, jossa liikenteen ajonopeudet halutaan pitää alhaisempina. Taajaman liittymässä tulosuuntia ei ole porrastettu eikä taivutettu. Liittymän kiertotilaan ajaminen ja sieltä poistuminen edellyttävät melko jyrkkää käännöstä, mikä auttaa alentamaan ajonopeuksia liittymässä. Alhaiset ajonopeudet parantavat myös kävelijöiden ja pyöräilijöiden turvallisuutta suojateillä ja pyörätien jatkeilla, joita tässä liittymässä on jokaisella haaralla. Molemmat kiertoliittymät on rakennettu 2010-luvulla ja molempien liittymien toteutuksessa on otettu huomioon alueen tieympäristön ja maankäytön piirteet.

Tierekisterin perusteella Suomen maanteilla oli vuoden 2017 alussa 403 kiertoliittymää. Kiertoliittymät on jaoteltu taulukkoon 1 sen mukaan, mihin luokkaan liittymän korkealuokkaisin maantie kuuluu. Suurin osa maanteiden kiertoliittymistä sijaitsee seutu- ja yhdysteillä. Valta- ja kantateillä oli vuoden 2017 alussa yhteensä 114 kiertoliittymää, joka on hieman yli neljäsosa kaikista maanteiden kiertoliittymistä. Kiertoliittymien määrä

maantieverkolla on ollut voimakkaassa kasvussa ja viimeisen kahden vuoden aikana uusia liittymiä on rakennettu yli 60 (taulukko 1). Suurin osa vuosina 2015–2017 rakennetuista kiertoliittymistä on rakennettu seutu- ja yhdysteille, noin viidennes uusista liittymistä sijoittuu valta- ja kantateille.

Taulukko 1. Maanteiden kiertoliittymät pieninumeroisimman tien mukaan luokiteltuna (Tielaitos 2000; Montonen 2008; Paaso 2016).

Kiertoliittymät	1997	2007	2015	2017
Valtatiet	15	43	66	73
Kantatiet	8	21	37	41
Seututiet	31	75	121	146
Yhdystiet	33	71	119	143
Yhteensä	87	210	343	403

Vuoden 2015 tiedot on kerätty Paason (2016) diplomityöstä, aiemmat tiedot vuosilta 2007 ja 1997 ovat kiertoliittymien turvallisuusselvityksistä (Tielaitos 2000; Montonen 2008). Uusimmat tiedot on kerätty tierekisteristä vuoden 2017 alun tilannetietojen perusteella. Kiertoliittymien kokonaismäärä on kasvanut melko voimakkaasti viime vuosien aikana, mutta päätieverkolle uusien kiertoliittymien rakentaminen edellyttää tarkkaa harkintaa. Paaso (2016) toteaa kiertoliittymän olevan usein kannattamaton ratkaisu päätiellä nousevien polttoaine- ja aikakustannusten myötä. Pääteiden kiertoliittymät viestivätkin useimmiten kuljettajalle tien luonteen muuttumista taajama-alueen ja maaseudun välillä. Paason (2016) tutkimuksessa pääteiden varsilla sijainneista 103 silloisesta kiertoliittymästä 13 sijaitsivat maaseutumaisessa ympäristössä ja loput joko taajamassa tai taajaman reuna-alueilla.

2.3 Katujen kiertoliittymät

Kiertoliittymä sopii hyvin taajamissa käytettäväksi liittymätyypiksi, sillä kiertoliittymä auttaa pitämään ajoneuvojen nopeudet riittävän alhaisina tarjoten samalla suuren liikenteen välityskyvyn. Se myös elävöittää katutilaa ja auttaa kuljettajia katujen ja teiden luonteen muutosten havainnoinnissa. Katualueille rakennettavissa kiertoliittymissä käytetään yleensä hieman pienempiä kiertosaarekkeiden halkaisijoita, jolloin samalla myös kiertoliittymän välityskyky pienenee hieman (Tiehallinto 2001).

Kuntien liittymäsuunnittelussa lähtökohtana ovat samat tasoliittymien suunnitteluohjeet kuin maantieverkollakin. Taajamissa tavoitenopeedet ovat usein selvästi pienemmät kuin maanteilla, jolloin myös liittymät suunnitellaan tukemaan alemmaa nopeustasoa. Kunnissa ja kaupungeissa myös aiempi maankäyttö aiheuttaa rajoitteensa liittymien suunnittelulle ja tilankäytölle, jolloin myös muuta liittymägeometriaa voidaan joutua muokkamaan paremmin sijaintiin sopivaksi. Alhaisen nopeustason saavuttamiseksi voidaan muun muassa tulosuuntien taivutukset tehdä pienempinä tai jättää kokonaan pois, jolloin

kiertoliittymään ajaminen edellyttää tiukempaa käännöstä (Tiehallinto 2001). Pienen tulosuunnan taivutuksen myötä muodostuu myös poistumissuunnalle usein jyrkempi käänös oikealle, joka tukee taajaman alhaista nopeustasoa. Tarvittaessa voidaan kiertoliittymän keskisaareke tehdä pienellä halkaisijalla ja kokonaan yliajettavana, jos raskaan liikenteen tilantarve sitä edellyttää. Taajamissa on myös aina huomioitava myös kävelyn ja pyöräilyn tarpeet liittymäjärjestelyiden suunnittelussa.

Kuntien rakentamista kiertoliittymistä ei ole yhteistä tietokantaa olemassa, joten katuverkon liittymien kokonaismäärää on hyvin vaikea arvioida. Kiertoliittymien suosiossa on selvästi havaittavissa vaihtelua kuntien välillä. Tämä vaikeuttaa kokonaismäärän arvioimista entisestään. Esimerkiksi Helsingissä kiertoliittymiä on suosittu ja vuonna 2009 Helsingissä oli ainakin 55 kiertoliittymää, jonka lisäksi rakentamispäätöksen saaneita ja suunnittelussa olevia kiertoliittymiä oli yli 60 (Räikkönen & Strömmer 2011). Helsingin lisäksi myös esimerkiksi Pori on suosinut kiertoliittymien rakentamista ja vuoden 2017 keväällä kaupungissa oli 41 kiertoliittymää. Porissa on tehty onnettomuusmäärien seuranta liittymissä ennen ja jälkeen kiertoliittymän rakentamisen ja tutkimuksessa on todettu onnettomuusmäärien vähentyneen kiertoliittymien rakentamisen myötä (Porin kaupunki 2016). Myönteinen turvallisuuskehitys on luultavasti kannustanut myös uusien kiertoliittymien rakentamiseen.

2.4 Nykyiset suunnitteluohjeet

Nykyiset kiertoliittymien suunnitteluohjeet sisältyvät Liikenneviraston ohjelutellossa oleviin tasoliittymien suunnitteluohjeeseen (Tiehallinto 2001) sekä turbokiertoliittymän suunnittelu -julkaisuun (Tiehallinto 2009). Tämän lisäksi suunnitteluperiaatteita on esitelty myös vuonna 2006 erillisillä 2-kaistaisten kiertoliittymien suunnitteluperiaatteilla (Aarnikko & Karjalainen 2007). Maantieverkon vanhimmat käytössä olevat kiertoliittymät on rakennettu ennen näiden ohjeiden julkaisua, joten suunnittelussa on käytetty aikaisempia ohjeistuksia.

Kiertoliittymän välityskyky vastaa suunnitteluohjeen mukaan kanavoitua valo-ohjattua liittymää (Tiehallinto 2001). Yksikaistaisen kiertoliittymän välityskyky on noin 2 000-3 000 ajoneuvoa tunnissa. Isoilla kiertosaarekkeen halkaisijoilla kiertoliittymän välityskyky on suurempi kuin pienillä halkaisijoilla (Tiehallinto 2001, s. 25). Kaksikaistaisessa kiertoliittymässä välityskyky voi olla jopa parempi kuin kanavoidussa valo-ohjatussa liittymässä (Aarnikko & Karjalainen 2007). Tämän lisäksi kiertoliittymässä autoilijan tarvitsee harvemmin kokonaan pysähtyä, joka on huomattava etu valo-ohjattuun liittymään verrattuna.

Kaksikaistaisia kiertoliittymiä ei Aarnikon ja Karjalaisen (2007) mukaan suositeltu vielä 1990-luvulla, joten niiden rakentaminen on ajoittunut pääasiassa 2000-luvulle. Liikenneviraston suunnitteluohjeessa (Tiehallinto 2001) on esitetty periaatekuvat sekä ilman ajo-

kaistaviivoja toteutettavalle kaksikaistaiselle kiertoliittymälle sekä osittain kaksikaistaiselle kiertoliittymälle, jossa kiertoliittymän ulompi kaista on joiltain osin suljettu. Nykyään rakennettavista kaksikaistaisista kiertoliittymistä merkittävä osa on turbokiertoliittymiä, joissa autot ohjataan oikeille ajokaistoille jo ennen kiertoliittymään ajamista.

Nykyisissä suunnitteluohjeissa on annettu useita ohjeistuksia kiertoliittymän geometrian elementeille. Suunnittelussa pyritään siihen, että autoliikenteen nopeustaso liittymäalueella on 20–40 km/h. Kiertoliittymän tulosuuntia tulisi taivuttaa, jolloin liittymän tulosuunta ohjaa paremmin oikealle ajosuunnan mukaisesti. Tulosuunnan taivutus saa olla korkeintaan 3,5 metriä vasemmalle ja tulosuunnan liittymäkaarresäteen tulisi olla pieni, yleensä noin 15 metriä (Tiehallinto 2001). Liittymän sisääntulon liittymäkaarteeseen ja kiertosaarekkeeseen tulee tangentoida. Tällä varmistetaan, ettei liian suoraa läpiajolinjaa synny. Toisaalta tulosuunnan taivutus samalla myös loiventaa poistumisgeometriaa. Jos poistumissuunnalla ei ole suojatietä tai pyörätien jatketta, tulisi poistumissäteen olla 100–200 metriä, jolloin poistuminen liittymästä on sujuvaa (Tiehallinto 2001). Suojatien tai pyörätien jatkeen tapauksessa poistumissäteen tulisi olla 40–80 metriä, jolloin poistumisnopeuksien tulisi pysyä tarpeeksi alhaisina. Kaksikaistaisissa kiertoliittymissä pyöräilijöiden ja kävelijöiden väylät tulisi toteuttaa eritasossa (Liikennevirasto 2014). Kuitenkin sellaisilla liittymähaaroilla, joilla on vain yksi tulo- ja poistumiskaista, voidaan tehdä kävelijöille ja pyöräilijöille tasoylytys, jos se nähdään muihin liittymän järjestelyihin sopivaksi (Aarnikko & Karjalainen 2007).

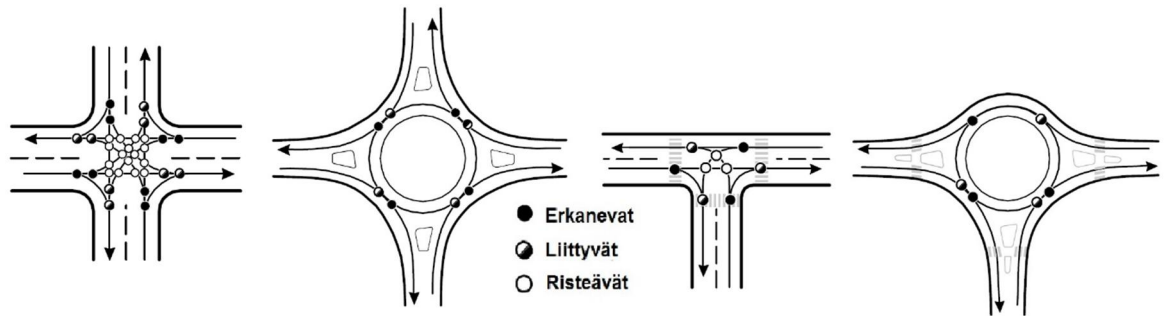
Ajonopeuksien alentamiseksi voidaan kiertotilaa kaventaa yliajettavan alueen avulla (Tiehallinto 2001). Korkeintaan 2,5 metrin levyinen kiertotilan kavennus tehdään sellaisesta materiaalista, että sen yliajaminen tavallisella henkilöautolla on vähintään yhtä epämutkava ja nopeutta alentava vaihtoehto kuin korotuksen kiertäminen. Raskas liikenne voi kuitenkin käyttää korotettua aluetta hyväkseen liittymän läpi ajaessaan.

2.5 Kiertoliittymien turvallisuus

Kiertoliittymien rakentamisesta on tullut suosittu keino parantaa liittymän turvallisuutta, sillä kiertoliittymät alentavat ajoneuvojen nopeuksia, vähentävät onnettomuuksien vakavuutta ja karsivat konfliktipisteiden määriä. Ajonopeuksien alentamisen myötä reagointiaika kasvaa, onnettomuuksien vakavuus pienenee ja eri tienkäyttäjien väliset nopeuserot kaventuvat. Kiertoliittymien turvallisuus syntyy monien erilaisten, muun muassa liittymägeometriaan liittyvien, tekijöiden summana, joiden suunnittelulla saadaan kiertoliittymästä turvallinen niin moottoriajoneuvoille, pyöräilijöille kuin jalankulkijoille. (FHWA 2010)

Tasoliittymien suunnitteluohjeessa (Tiehallinto 2001) ensimmäisenä kiertoliittymän suositeltavana käyttökohteena on mainittu paikat, joissa tapahtuu paljon risteämisonnettomuuksia. Kiertoliittymässä ei käännyttä vasemmalle vastaantulevan liikenteen editse,

vaan käänös tapahtuu kahden oikealle kääntymisen avulla. Muutos näkyy selkeästi liittymissä autoliikenteen konfliktipisteiden määrissä (kuva 4). Tavallisessa nelihaaraisessa liittymässä konfliktipisteitä on 32, joista puolet on ajoneuvojen risteämistä johtuvia konflikteja. Kiertoliittymässä konfliktipisteitä on 8 ja risteämiskonflikteja ei ole lainkaan. Kolmihaaraisessa liittymässä konfliktipisteiden määrä laskee yhdeksästä kuuteen verrattaessa tavallista tasoliittymää kiertoliittymään. Kaksikaistaisissa liittymissä konfliktipisteiden määrät kasvavat hieman, sillä konflikteja voi syntyä myös väärän poistumiskaistan käytöstä tai kaistanvaihtoista kiertotilassa (FHWA 2010).



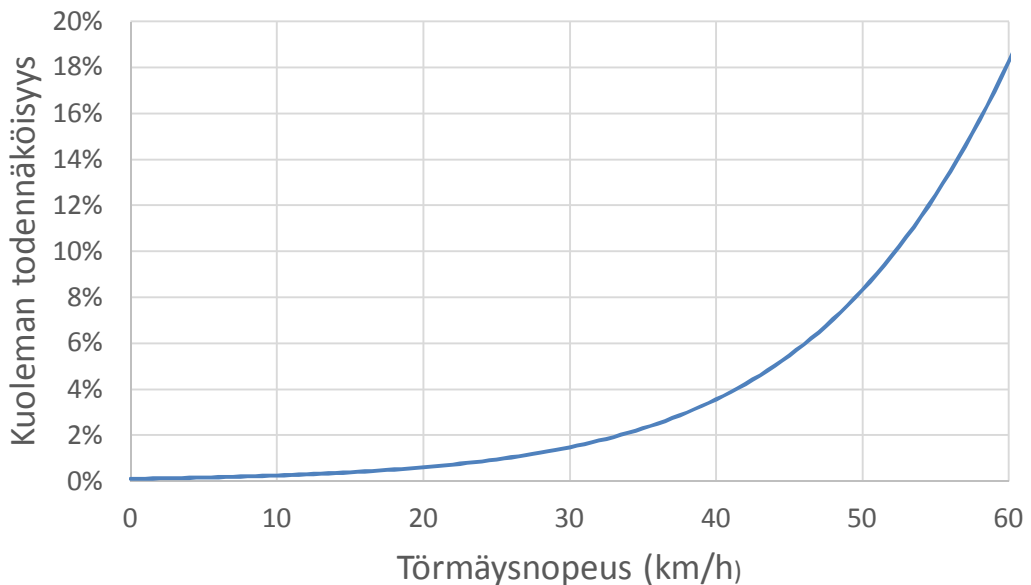
Kuva 4. Neli- ja kolmihaaraisen liittymän konfliktipisteet (FHWA 2010, muokattu)

Jalankulkijoiden osalta konfliktipisteet muodostuvat suojateiden kohdalle ja niiden määrä riippuu liittymän tyypistä. Tavallisessa tasoliittymässä ylitettäessä liittymästä pois päin johtavaa kaistaa syntyvät konfliktipisteet jalankulkijan ja muista liittymän haaroista tulevien autovirtojen välille, eli esimerkiksi nelihaaraisessa liittymässä syntyy tällaiseen kohtaan kolme konfliktipistettä. Jalankulkijan ylittäessä liittymän tulosuunnalla olevaa ajo-kaistaa tavallisessa tasoliittymässä voi autoja tulla vain yhdestä suunnasta, joten tähän syntyy yksi konfliktipiste. Kiertoliittymässä suojatien kohdalla voi jokaisella kaistalla autoja tulla vain yhdestä suunnasta, joten tilanne on jalankulkijan näkökulmasta helpompi ja konfliktipisteiden määrä on pienempi.

Pyöräilijöiden kohdalla konfliktien määrät riippuvat pyöräilyn järjestelyistä kiertoliittymässä (FHWA 2010). Kiertoliittymissä, joissa liikennemäärät ja nopeudet ovat tarpeeksi alhaisia, voidaan pyöräilijät ohjata kiertotilaan autoliikenteen kanssa. Näissä tapauksissa konfliktipisteet muistuttavat autoliikenteen konflikteja. Kiertotilan oikeassa reunassa ajava pyöräilijä voi lisäksi joutua osalliseksi konflikteihin, jos auto pyrkii ohittamaan pyöräilijän kiertotilasta tai auto poistuu kiertotilasta, eikä huomaa reunassa kulkevaa pyöräilijää. Erotelluilla pyöräteillä liittymäalueen konfliktit autoliikenteen kanssa vastaavat jalankulun konflikteja. (FHWA 2010)

Kiertoliittymän geometrian ansiosta ajoneuvojen ajonopeudet alentuvat. Turvallisuuden parantamisen lisäksi nopeuden alentamista voidaan käyttää viestimään kuljettajalle tien luonteen muuttumista (Tiehallinto 2011). Kiertoliittymässä nopeusrajoitus on korkeintaan 50 km/h, taajamien kiertoliittymissä nopeusrajoitus on yleensä vielä alhaisempi. Tavoitteena kuitenkin on, että ajonopeudet kiertoliittymässä ovat 20–40 km/h, eli selvästi

nopeusrajoitusta alhaisemmat. Useissa tutkimuksissa on todettu, että ajonopeuksilla on selvä vaikutus kiertoliittymän turvallisuuteen (Montonen 2008; De Brabander & Vereeck 2007; Hels & Orozova-Bekkevold 2007). Törmäysnopeuden vaikutusta kuoleman todennäköisyyteen autojen ja jalankulkijoiden välisissä törmäyksissä ovat tutkineet Rosén ja Sander (2009). Heidän muodostamansa funktion kuvaajasta (kuva 5) nähdään, että kuoleman todennäköisyys kasvaa nopeasti, kun auton nopeus nousee 30 km/h nopeuden yläpuolelle. Nopeuden nousu 50 kilometriin tunnissa kasvattaa kuoleman todennäköisyyden yli viisinkertaiseksi 30 km/h tasoon nähden. Vaikka tutkimuksessa on tarkasteltu vain vaikutuksia jalankulkijoihin, on auton nopeuden ja liikemäärän noususta aiheutuva törmäysvoiman kasvu samanlainen myös pyöräilijöiden kanssa tapahtuneissa törmäyksissä.



Kuva 5. Törmäysnopeuden vaikutus kuoleman todennäköisyyteen jalankulkijoiden ja autojen törmäyksissä. (Rosén & Sander 2009)

Elvik (2017) vertaili tutkimuksessaan kiertoliittymien raportoituja turvallisuusvaikutuksia aiempien tutkimusten pohjalta. Elvikin mukaan kiertoliittymien rakentaminen vähensi kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määriä keskimäärin 65 % ja loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia 40 %. Elvikin (2017) tutkimuksen mukaan erityisesti seurauksiltaan lievempien onnettomuuksien määrät ovat vaihdelleet melko voimakkaasti eri tutkimusten välillä. De Brabanderin ja Vereeckin (2007) tutkimuksessa kiertoliittymien rakentamisen vaikutukset vaihtelivat suuresti teiden nopeustason ja aiemman liittymäjärjestelyn mukaan. He totesivat, että onnettomuusmäärät vähenivät eniten paikoissa, joissa nopeusrajoitukset olivat korkeat. Toisaalta korkeiden nopeusrajoitusten alueelle rakennettavasta kiertoliittymästä aiheutuu viivästyksiä ja kustannuksia erityisesti pääsuunnan liikenteelle (Paaso 2016). Kiertoliittymän rakentaminen vähensi onnettomuusmääriä vähemmän paikoissa, joissa oli aiemmin ollut valo-ohjauksinen liittymä (De Brabander & Vereeck 2007; Daniels et al. 2009). Liittymissä, joissa pääsuunnan nopeusrajoitus oli 50–

70 km/h ja sivusuunnan nopeusrajoitus 50 km/h, kiertoliittymän rakentaminen valo-ohjauksisen liittymän tilalle jopa nosti onnettomuusmääriä. Taajama-alueilla, joilla nopeusrajoitus oli 50 km/h, lisääntyivät pyöräilijöiden ja kävelijöiden onnettomuudet yli neljänkertainen, kun valo-ohjattu liittymä korvattiin kiertoliittymällä (De Brabander & Vereck 2007). Lisäksi myös onnettomuuksien vakavuus kasvoi.

2.6 Aiemmat tutkimukset ja selvitykset

Suomessa kiertoliittymien turvallisuudesta on tehty kaksi aiempaa selvitystä, joissa kiertoliittymiä on tarkasteltu kaikkien liikennemuotojen kokonaisuutena. Tielaitoksen (2000) tutkimuksen mukaan Suomessa on kiertoliittymiä ollut 2000-luvun alussa noin 200, joista onnettomuustiedot on kerätty maanteille vuosina 1990–1997 rakennetuista 87 kiertoliittymästä. Vastaavasti uudemman Montosen (2008) tutkimuksen aikaan on maanteilla ollut tierekisterin mukaan 210 kiertoliittymää vuoden 2007 alussa, joista tutkimukseen oli valittu mukaan 193 kiertoliittymää. Tämän lisäksi oli tarkasteltu myös katuverkon kiertoliittymiä kuntien toimittamien liikennelaskentatietojen ja onnettomuuskyselyjen perusteella. Katuverkon kiertoliittymien kokonaismääräksi oli vuonna 2005 inventoitu noin 250, joista Montosen tutkimusta varten onnettomuustiedot saatiin 89 kiertoliittymästä.

Molemmissa tutkimuksissa (Tielaitos 2000; Montonen 2008) on kiertoliittymille laskettu onnettomuus- ja liikennemäärien perusteella onnettomuusasteet. Onnettomuustietojen keräämistä varten on molemmissa tutkimuksissa tarkasteltu onnettomuuksia 100 metrin säteellä kiertoliittymistä, jonka jälkeen onnettomuustiedot on vielä läpikäyty ja karsittu kiertoliittymään liittymättömät onnettomuudet pois aineistoista. Kuntien katuverkon onnettomuuksia oli Montosen (2008) tutkimuksessa tarkasteltu kuntien toimittamien onnettomuusaineistojen perusteella.

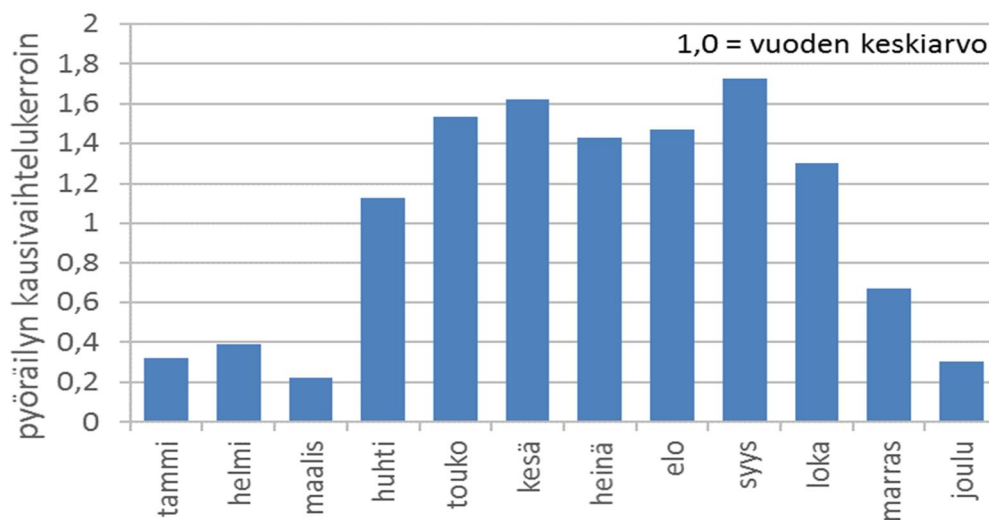
Tielaitoksen tutkimuksessa (2000) tarkasteltiin onnettomuuksia kiertoliittymän rakentamisajankohdasta vuoden 1998 loppuun ulottuvana ajanjaksona. Ensimmäiset liittymät oli rakennettu vuonna 1990, joten tarkastelujakso oli pisimmillään noin 9 vuotta. Tänä aikana kiertoliittymissä oli tapahtunut 195 onnettomuutta, joista henkilövahinko-onnettomuuksia oli 29. Yksikään ihminen ei tänä aikana kuollut kiertoliittymäonnettomuuksissa. Liikennemäärä- ja onnettomuustietojen avulla saatiin laskettua henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteeksi 0,04 onnettomuutta miljoonaa liittymään saapuvaa ajoneuvoa kohti. Kaikki onnettomuudet huomioiden vastaava luku oli 0,26. Pääteiden neliharaisten liittymien onnettomuusasteeksi oli aiemmassa selvityksessä laskettu kaikkien onnettomuuksien osalta 0,47 ja henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien osalta 0,17 onnettomuutta miljoonaa saapuvaa ajoneuvoa kohden (Tielaitos 2000; s. 35). Vastaavat luvut pääteiden T-liittymissä olivat 0,37 ja 0,12 onnettomuutta miljoonaa saapuvaa ajoneuvoa kohden. Suurin onnettomuusryhmä kiertoliittymien henkilövahinkoon johtaneissa onnettomuuksissa olivat pyöräilijät ja mopoilijat. (Tielaitos 2000)

Vuoden 2008 (Montonen) tutkimuksessa maanteiden kiertoliittymäonnettomuuksista kerättiin tiedot vuosilta 2004–2006. Tänä aikana oli onnettomuuksia tapahtunut 299, joista 47 oli henkilövahinkoon johtaneita. Kuntien katuverkolta onnettomuuskuvauksia oli kerätty vuosilta 2002–2006. Katuverkolla onnettomuuksien kokonaismäärä oli 120 onnettomuutta, joista 19 oli henkilövahinkoon johtaneita. Kokonaisuutena onnettomuusaste oli kaikille onnettomuuksille 0,26 onnettomuutta miljoonaa saapuvaa ajoneuvoa kohti. Henkilövahinko-onnettomuuksissa onnettomuusaste oli 0,04. Onnettomuusasteet olivat siis pysyneet samoina kuin Tielaitoksen tutkimuksessa. Pyöräilijöille, mopoilijoille ja kävelijöille tapahtui tarkasteluajanjaksona yhteensä 75 onnettomuutta.

3. PYÖRÄILY

3.1 Pyöräily kulkutapana

Pyöräilyn osuus kaikista tehdyistä matkoista on Suomessa noin 8 % (Liikennevirasto 2012a, s. 36). Pyöräilymatkoja tehdään keskimäärin 0,7 päivässä ja matkojen keskipituus on hieman yli kolme kilometriä. Pyöräilymatkoista lähes 90 % on korkeintaan 5 kilometrin mittaisia. Tehtyjen pyöräilymatkojen määrä vaihtelee olosuhteista johtuen huomattavasti eri vuodenaikojen välillä (kuva 6). Vilkkaimpina kesäkuukausina pyörämatkojen määrä voi lähes kymmenkertaistua hiljaisimpiin talviaikoihin nähden.



Kuva 6. Pyöräilyn kausivaihtelukerroin matkamäärien mukaan laskettuna (Liikennevirasto 2012a).

Pyöräilijän matkanopeus riippuu sekä matkan tarkoituksesta ja pituudesta, että pyöräiltävästä väylästä ja sen sijainnista. Työmatkapyöräilijät polkevat keskimäärin nopeammin kuin asiointimatkoilla pyöräilevät. Lisäksi pitkillä matkoilla nopeus on yleensä korkeampi kuin lyhyillä matkoilla. Ajouradan reunassa pyöräiltäessä vauhti on kovempi kuin erillisellä pyörätiellä ajettaessa, ja lisäksi pinnoitetuilla väylillä pyörät kulkevat nopeammin kuin kivituhkaisilla reiteillä. Helsingissä tehdyissä tutkimuksissa pyöräilijöiden nopeudet vaihtelivat 20 kilometrin tuntinopeuden molemmin puolin, keskustoissa poljettiin hieman alle kyseisen rajan, pääreiteillä ja keskustan ulkopuolella hieman nopeammin (Liikennevirasto 2014, s. 28). Alamäissä pyöräilijöiden nopeudet voivat nousta jopa 40 km/h lukemiin. Pyörä on ajoneuvo, jonka nopeus on huomattavasti kävelyä korkeampi, jolloin pyörät tulisikin pyöräilyolosuhteita suunniteltaessa ensisijaisesti rinnastaa autoihin eikä jalankulkijoihin (Vaismaa et al. 2011, s. 78).

Pyöräilijöiden tärkeimpiä reitinvalinnan kriteerejä ovat reitin turvallisuus, matkanopeus sekä reitin suoruus ja selkeys (Liikennevirasto 2014; Voltti et al. 2010, s. 19). Reitti valitaan useimmiten sellaiseksi, että pyöräilijä pystyy säilyttämään tasaisen matkanopeuden mahdollisimman hyvin ilman turhia hidastuksia tai kiihdytyksiä. Nämä tekijät tulisi aina ottaa huomioon myös pyöräilyinfrastruktuuria kehitettäessä, jotta pyöräily koettaisiin mahdollisimman houkuttelevaksi, mukavaksi ja turvalliseksi matkustustavaksi.

3.2 Pyöräilyväylät Suomessa

Pyöräilyväylien suunnitteluohjeet on kerätty Liikenneviraston (2014) Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu -ohjeeseen. Kyseistä ohjetta käytetään maanteille rakennettavien pyöräilyväylien suunnittelussa ja sitä hyödynnetään myös katuverkon kohteissa. Ohjeessa on esitetty tavoitteena, että sekä valtio että kunnat käyttäisivät saman tyyppisissä yhdyskuntarakenteissa ja liikenneympäristöissä yhtenäisiä pyöräilyn suunnitteluperiaatteita ja -ratkaisuja. Näin ollen myös kiertoliittymien yhteyteen rakennettavien pyöräilyjärjestelyiden suunnittelussa käytetään samoja, ohjeessa esitettyjä, suunnittelun periaatteita, vaikka kiertoliittymiä rakennetaan niin valtion kuin kuntien toimesta hyvin erilaisiin liikenneympäristöihin maaseuduille ja taajamiin.

Pyöräilyväylien suunnittelussa on entistä tärkeämpään rooliin nostettu eri liikennemuotojen erottelutarpeita. Liikenneviraston (2014) ohjeessa todetaan pyöräilijöiden, jalankulkijoiden ja moottoriajoneuvojen erottelun parantavan liikkumisen turvallisuutta ja mukavuutta. Pyöräilyn kohdalla ensisijaisesti tulisi selvittää tarve pyöräilyn ja autoliikenteen erottamiselle, jonka jälkeen tarkastellaan pyöräilyn ja jalankulun erottamistarvetta. Tarve erotella eri liikennemuodot toisistaan syntyy liikennemuotojen nopeus- ja kokoerojen myötä. Tämän lisäksi pyöräilijät ja kävelijät ovat liikenteessä suojaattomia, jolloin heidän turvallisuuteensa tulee kiinnittää erityistä huomiota. Jalankulun ja pyöräilyn erottamisella toisistaan voidaan parantaa pyöräilyn sujuvuutta ja jalankulkijoiden kokemaa turvallisuuden tunnetta liikenteessä. Pyöräilyn sujuvuuden kannalta voikin olla parempi ohjata pyöräilijät autoliikenteen kanssa samalle ajoradalle, varsinkin paikoissa, joissa autoliikenteen nopeuksia on rajoitettu. (Liikennevirasto 2014, s. 42–43)

Pyöräilylle sallittuja väylätyyppejä Suomessa ovat sekaliikenneväylä, yksi- tai kaksisuuntainen pyörätie, pyöräkaista sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä (Liikennevirasto 2014). Sekaliikenneväylällä pyöräilijät ja autot käyttävät samaa ajorataa, mutta jalankulkijoille voi olla jalkakäytävät. Koska pyöräilijät ja autot kulkevat samassa tilassa, sekaliikenneväylä toimii parhaiten paikoissa, joissa autoliikennettä on rauhoitettu tai sitä on vähän ja autojen ja pyörien nopeudet ovat lähellä toisiaan. Sekaliikenneväylä voidaan nähdä pyöräilyverkon perusratkaisuna, joka takaa suorat yhteydet toimintoihin ja palveluihin. (Liikennevirasto 2014)

Yksisuuntainen pyörätie on autoliikenteestä rakenteellisesti erotettu väylä, joka voidaan toteuttaa kadun varteen joko samaan tai eri tasoon jalkakäytävän kanssa (Liikennevirasto

2014). Yksisuuntaisella pyörätiellä pyöräily tapahtuu samaan suuntaan muun ajoneuvo-liikenteen kanssa, joka selkeyttää risteysjärjestelyitä. Risteysalueella pyöräilijät voidaan ohjata helposti myös ajoradalle, jolloin kääntyvien autojen on helpompi havaita pyöräilijät. Yhdensuuntaisessa liikenteessä ei tule kohtaamisia vastaantulevien pyörien kanssa, jolloin pyöräily on turvallisempaa. Lisäksi kääntyminen on ennustettavampaa vain yhteen suuntaan kuljettaessa. Yksisuuntainen pyörätie mahdollistaa suuret pyöräilijöiden määrät ja nopeudet, joten se sopii hyvin pyöräilyn pääreiteille ja laatukäytäviin.

Myös kaksisuuntainen pyörätie on autoliikenteestä ja jalankulkijoista eroteltu väylätyyppi paikkoihin, joissa pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden suuri määrä vaatii erottelua. Linjaosuuksilla kaksisuuntainen pyörätie on turvallinen vaihtoehto, mutta risteysalueilla täytyy kiinnittää huomiota riittävien näkemien ja väistämisvelvollisuuksien selkeän osoittamisen varmistamiseen. Lisäksi kaksisuuntaisella pyörätiellä on kohtaamisonnettomuuksien vaara, varsinkin jos pyöräilijöiden määrä on suuri väylän poikkileikkaukseen nähden. Kaksisuuntainen pyörätie sopii pyöräilyn pääreiteille ja jalankulun reunavyöhykkeille, jonne tavoitellaan paljon käyttäjiä. Keskustojen jalankulkuvyöhykkeillä on paljon risteyskohtia, jolloin kaksisuuntaisen pyörätien risteyskohtien suunnittelu edellyttää erityistä tarkkuutta. (Liikennevirasto 2014)

Pyöräkaista on yksisuuntainen, tiemerkinnoilla ajoradasta erotettu osa, joka on osoitettu pyöräilijöiden ja mopoilijoiden käyttöön. Yksisuuntainen pyöräkaista tehdään yleensä molempiin ajosuuntiin ja vähintään toisella suunnalla on oltava jalkakäytävä pyöräkaistan lisäksi. Muut ajoneuvot saavat myös käyttää pyöräkaistaa ryhmittymiseen kääntymistä varten paikoissa, joissa pyöräkaista on merkitty ajokaistaviivalla. Ryhmittymisen estämiseksi pyöräkaista voidaan merkitä myös sulkuviivalla tai poikkeuksellisesti erotella muusta liikenteestä esimerkiksi saarekkeella, jos pyöräilijöiden turvallisuus sitä edellyttää. Pyöräkaistalle ajoneuvojen pysäyttäminen tai pysäköinti on kielletty. Pyöräkaista soveltuu parhaiten geometrialtaan melko tasaisille ja suorille kaduille tai teille, joiden nopeusrajoitus on 30–50 km/h. Pyöräkaistaa ei suositella paikkoihin, joissa kulkee paljon raskasta liikennettä. Suomessa ei käytetä pyöräkaistoja kiertoliittymissä, sillä ne kasvattavat kiertotilan leveyttä ja konfliktipisteiden määrää liittymässä. Jos kiertoliittymään tulevalle väylälle on pyöräkaista, pyöräilijät ohjataan ennen kiertoliittymää joko ajoradalle tai pyörätielle. (Liikennevirasto 2014)

Selvästi suurin osa Suomen rakennetusta pyörätieverkostosta muodostuu yhdistetyistä kävely- ja pyöräteistä. Ne muodostavat Pyöräilyn olosuhteet Suomen kunnissa -selvityksen (LIKES 2011) perusteella lähes 90 % kuntien pyörätieverkostosta. Selvityksessä pyörätieverkkoon ei ole laskettu mukaan sekaliikenneväyliä, joilla pyöräilijät ajavat muun ajoneuvoliikenteen kanssa samalla ajoradalla. Muista pyöräilyväylätyypeistä erillisiä pyöräteitä oli noin 5 %, kävely- ja pyöräteitä rinnakkain erotettuna viivalla tai rakenteella noin 2 % ja noin yksi prosentti verkosta muodostui pyöräkaistoista. Mopolla ajaminen oli sallittu lähes viidesosalla pyörätieverkosta. Liikenneviraston (2017a) tilaston mukaan kävely- ja pyöräteitä on 5 328 maantiekilometrin varrella. Kävely- ja pyöräteiden todellinen

pituus on tätä suurempi, koska kyseessä on tiepituus, jonka varrella kävely- ja pyörätietä on joko yhdellä tai molemmilla puolilla maantietä.

3.3 Pyöräilyn turvallisuus

Suomessa liikennejärjestelmän turvallisuusvisiona on niin sanottu nollavisio, jonka mukaan kenenkään ei tarvitse kuolla tai loukkaantua vakavasti liikenteessä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014). Visioon liittyväksi turvallisuustavoitteeksi on asetettu liikennekuolemien puolittaminen ja loukkaantumisten vähentäminen neljänneksellä vuoden 2010 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Turvallisuustavoitteiden saavuttamisessa ja seurannassa onnettomuuksien tilastointi on tärkeässä asemassa, jotta kehitystä voidaan arvioida.

Pyöräilijöille sattuneista onnettomuuksista vuosittaisia tilastokatsauksia julkaisee Liikenneturva (2017a). Viimeisimmän tilastokatsauksen mukaan liikenteessä loukkaantuneiden pyöräilijöiden määrä on viimeisen kymmenen vuoden aikana laskenut noin viidenneksellä. Kuitenkin samanaikaisesti pyöräilijöiden liikennekuolemien määrä on pysynyt samana tai jopa hieman kasvanut, eli sattuneet onnettomuudet ovat olleet aiempaa vakavampia. Liikennevahinkojen määrien arvioinnissa täytyy kuitenkin huomioida puutteet onnettomuuksien raportoinnissa ja tilastoinnissa. Tilastoihin kerätään onnettomuustiedot poliisille tehtyjen onnettomuusraporttien perusteella, mutta seuraamuksiltaan lieviä onnettomuuksia ei läheskään aina raportoida poliisille asti. Vain kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien tilastointi on täysin kattavaa. Liikenneturvan mukaan tilastoista puuttuu suuri osa erityisesti pyöräilijöiden yksittäisistä kaatumisista ja suistumisista. (Liikenneturva 2017a)

Virallisen tilaston mukaan liikenteessä loukkaantuu vuosittain keskimäärin noin 800 pyöräilijää. Vuodesta 2014 alkaen on kerätty loukkaantumisten joukosta erikseen tiedot vakavista loukkaantumisista. Vuosina 2014 ja 2015 vakavasti loukkaantuneita pyöräilijöitä on ollut kumpanakin vuonna hieman yli 50. Loukkaantuneiden pyöräilijöiden osuus kaikista tieliikenteessä loukkaantuneista on noin 13 % ja vakavasti loukkaantuneiden pyöräilijöiden osuus kaikista vakavasti loukkaantuneista on noin 11 %. Väestöhaastattelujen ja sairaalatilastojen perusteella on kuitenkin arvioitu, että loukkaantuneiden kokonaismäärä voi todellisuudessa olla jopa 30 000 pyöräilijää vuosittain, jolloin myös osuus kaikista loukkaantuneista saattaa olla huomattavasti suurempi. Tilastoiduista loukkaantumisista noin 90 % tapahtui taajama-alueella ja miehiä oli loukkaantuneista hieman suurempi osa kuin naisia. (Liikenneturva 2017a)

Onnettomuusraporttien perusteella kaikista henkilövahingoista noin puolet tapahtui pyörätien jatkeella ja yli 70 % risteyksissä (Liikenneturva 2017a). Näkemäesteet ja epävarmuus pyöräilyn väistämissäännöistä lisäävät risteyksissä pyöräilijöiden onnettomuuden riskiä (Liikenneturva 2017b). Risteyksistä erityisesti sellaisissa tapahtuu paljon onnettomuuksia, joissa on käytetty "väistämisvelvollisuus risteyksessä" -liikennemerkkiä (Liikenneturva 2017b). Tätä liikennemerkkiä käytetään myös suomalaisissa kiertoliittymissä

osoittamaan autoilijoiden väistämismahdollisuutta pyörätien jatkeella pyöräileviä pyöräilijöitä kohtaan. Vuosina 2011–2015 sattuneissa pyöräilijöiden kuolemaan johtaneissa tieliikenneonnettomuuksissa hieman alle kahdessa kolmanneksessa toisena osapuolena oli moottoriajoneuvo (Valtonen 2017). Moottoriajoneuvon kanssa tapahtuneista onnettomuuksista valo-ohjauksettoman risteyksen pyörätien jatkeella sattuneita onnettomuuksia oli hieman yli neljäsosa kaikista pyöräilijän kuolemaan johtaneista onnettomuuksista. Valtosen (2017) mukaan pyöräilijöiden kannalta riskialttiita paikkoja ovat sellaiset pyörätien jatkeet, joissa ajoradan molemmin puolin kulkee kaksisuuntainen pyörätie aivan ajoradan vieressä. Näissä tilanteissa pyöräilijän on vaikea havaita samaan suuntaan kulkevia moottoriajoneuvoja ja lyhyt siirtymä pyörätieltä pyörätien jatkeelle ei anna moottoriajoneuvon kuljettajalle aikaa reagoida ylitilanteeseen.

Liikenneonnettomuuksissa on vuodesta 2007 eteenpäin kuollut keskimäärin 22 pyöräilijää vuosittain, joka on selvästi vähemmän kuin ennen vuotta 2007. Viimeisen kolmen vuoden keskiarvo on kuitenkin 27 kuollutta pyöräilijää vuodessa, joten myönteinen kehitys ei ole jatkunut. Pyöräilijöitä on noin 10 % kaikista tieliikenteessä kuolleista. Menehtyneistä pyöräilijöistä enemmistö on miehiä ja yli 64-vuotiaita on puolet kaikista onnettomuuksissa kuolleista pyöräilijöistä. Vuosina 2014–2016 menehtyneistä pyöräilijöistä alle 55 vuotiaita oli vain noin 20 %. (Liikenneturva 2017a)

Päävammat ovat merkittävässä osassa vakaviin loukkaantumisiin tai kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa. Vammat raajoihin ovat päävammoja yleisempiä, mutta niiden seuraukset ovat yleensä myös lievempiä. Onnettomuustietoinstituutin mukaan vuosina 2013–2015 menehtyneistä kypärää ei käyttänyt 65 pyöräilijää, mikä on noin 83 % kaikista kuolleista pyöräilijöistä. Heistä 28, eli yli 40 % menehtyneistä, olisi Onnettomuustietoinstituutin mukaan voinut selvitä pyöräilykypärän asianmukaisella käytöllä. (Liikenneturva 2017a)

Bilin et al. (2010) mukaan autojen liian korkea ajonopeus sekä pimeä ja riittämätön valaistus nostavat pyöräilijöiden riskiä kuolla auton kanssa tapahtuneessa onnettomuudessa. Yli 65-vuotiailla on kohonnut riski menehtyä onnettomuuksissa. Iäkkäämmillä ihmisillä menehtymisen riskiä nostavat kehon hauraus ja muut sairaudet sekä hitaampi reagointikyky ja varautuminen lähestyvään vaaratilanteeseen. (Bil et al. 2010)

Kimin et al. (2006) mukaan tekijöitä, jotka johtavat seurauksiltaan vakavampiin onnettomuuksiin ovat sumusta, sateesta tai lumesta johtuva huono säätila, pimeys ja huono valaistus, autojen korkea ajonopeus, pyöräilijän korkea ikä sekä pyöräilijän että autoilijan päihtymistila. Lisäksi pyöräilijä joutui todennäköisemmin onnettomuuteen, jos hän pyöräili autoliikenteen kanssa vastakkaiseen suuntaan risteyksessä. Kimin et al. (2006) mukaan todennäköisyys pyöräilijän menehtymiselle onnettomuudessa nousee yli nelinkertaiseksi, jos auton nopeus kaksinkertaistuu 30 km/h tasosta 60 km/h tasolle ja yli 16-kertaiseksi, jos auton nopeus nousee 30 km/h nopeudesta 80 km/h nopeuteen. Matsui ja

Oikawa (2015) totesivat tutkimuksessaan, että pyöräilijän vakavan loukkaantumisen todennäköisyys auton ja pyörän välisessä onnettomuudessa on alle 21 %, jos auton nopeus on korkeintaan 30 km/h. Vastaavalla nopeustasolla pyöräilijä menehtyy yhdessä sadasta onnettomuudesta.

3.4 Pyöräilyn edistäminen ja tavoitteet

Pyöräily on yksi kestävästä kaupunkiliikunnan avaintekijästä, jonka edistämiseksi on viime vuosina tehty paljon töitä niin Suomessa kuin myös kansainvälisesti. Pyöräilyn edistäminen on saanut myötävaikutusta taakseen niin kestävästä liikunnasta kuin liikenneturvallisuuden edistämisen myötä. Euroopan yhteisöjen komission (2007) julkaisemassa vihreässä kirjassa oli aiheena kaupunkiliikenteen kehittämisen haasteet ja tavoitteet. Vihreässä kirjassa todettiin, että eurooppalaisista yli 60 prosenttia asuu kaupunkialueilla ja kaupungit tuottavat noin 85 prosenttia bruttokansantuotteesta. Samaan aikaan kuitenkin liikenteen ruuhkautumisesta aiheutuvat kulut ovat lähes 100 miljardia euroa vuosittain. Lisäksi kaupunkiliikenne muodostaa merkittävän osan, noin 40 %, kaikista maantieliikenteen hiilidioksidipäästöistä. Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen ovat yksi vihreän kirjan kärkitoimenpiteistä, joilla kyseisiä ongelmia voidaan ryhtyä ratkomaan.

Suomessa pyöräilyn edistämiseksi on laadittu liikenne- ja viestintäministeriön toimesta kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011) ja sitä seurannut Liikenneviraston toimenpidesuunnitelma vuosille 2012–2020 (Liikennevirasto 2012b). Strategiassa on esitetty tavoitteena kävellessä ja pyörällä tehtävien matkojen määrän kasvattaminen vuoden 2005 tasosta 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Tavoite tarkoittaisi toteutuessaan noin 300 miljoonaa uutta kävely- ja pyörämatkaa vuosittain. Kulkutapaosuuksissa tämä kasvu tarkoittaisi kävelyn ja pyöräilyn yhteisen kulkutapaosuuden nostamista 32 prosentista 35–38 prosenttiin. Tavoitteena olisi, että siirtymää tapahtuisi ensisijaisesti lyhyistä henkilöautomatkoista, jolloin pyöräilymatkojen määrän 20 prosentin määrän kasvu vähentäisi hiilidioksidipäästöjä 0,12 miljoonaa tonnia vuosittain. Vuosina 2010–2011 toteutetun henkilöliikennetutkimuksen mukaan 1–3 kilometrin matkoista yli puolet tehdään henkilöautolla (Liikennevirasto 2012a).

Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallisessa strategiassa (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011) yhtenä tärkeänä kehityskohteena on nostettu esille liikenteen turvallisuus. Pyöräilijöitä kuolee vuosittain strategian mukaan noin 20, mutta pitkän ajan tavoitteena on ehkäistä pyöräilijöiden ja kävelijöiden kuolemat tyystin. Vuoteen 2020 on välitavoitteeksi asetettu kuolemien määrän puolittaminen, jonka saavuttamiseksi toimenpiteinä on nostettu esille liittymäturvallisuuden parantaminen ja autojen ajonopeuksien alentaminen. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011)

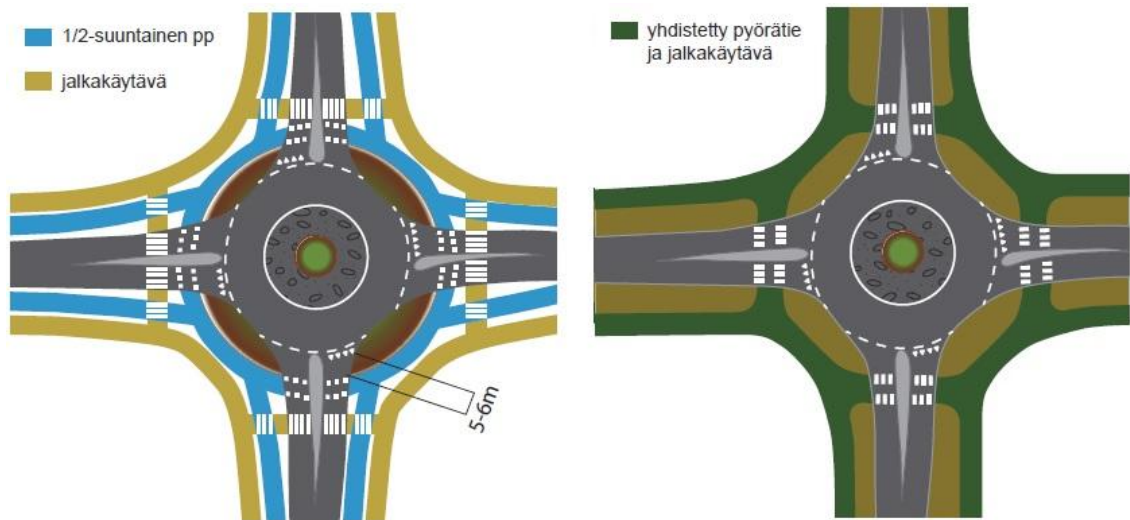
Pyöräilyn edistämiseksi on yhä useampi kunta laatinut kehittämissuunnitelman, jolla pyritään kansallista strategiaa toteuttamaan paikallistasolla. Erityisesti isommat kaupungit ovat olleet aktiivisia kehittämissuunnitelmien teossa, sillä LIKES-selvityksessä neljällä viidestä yli

150 000 asukkaan kunnasta oli pyöräilylle joko oma kehittämisohjelma, tai sellainen laadittu osana seudullista liikennejärjestelmäsuunnitelmaa (LIKES 2011). Pienissä ja keski-suurissa kunnissa kehittämisohjelmat olivat selvästi harvinaisempia ja kaikki vastanneet kunnat huomioon ottaen kehitysohjelma löytyi vain kymmenesosalta. Kuntien ja kaupunkien pyöräilyn kehittämisohjelmia on kerätty kootusti Kulkulaari-sivustolle. Sivustolta löytyy 25 kunnan kehittämisohjelma, joista 21 on julkaistu vuonna 2013 tai myöhemmin (Kulkulaari 2017). Kulkulaari-sivustolla on Suomen väkiluvultaan kahdenkymmenen suurimman kunnan joukosta kuudeltatoista pyöräilyn kehittämisohjelma. Suuret kaupungit ovat lähteneet siis aktiivisesti mukaan pyöräilyn edistämiseen ja kehittämiseen.

4. PYÖRÄILY KIERTOLIITTYMISSÄ

4.1 Suomi

Suomessa pyöräilyn järjestelyistä kiertoliittymissä on ohjeistettu Liikenneviraston (2014) "Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu" -ohjeessa. Ohjeen mukaan pyöräilijöiden paikka on pääsääntöisesti ajoradalla, jos autoliikenteen nopeustaso ennen kiertoliittymää on korkeintaan 30 km/h ja pyöräily on järjestetty ajoradalla sekaliikenteenä jo ennen kiertoliittymää. Muissa tapauksissa pyöräilijöille tulisi järjestää erillinen tai jalankulun kanssa yhdistetty väylä kiertotilan ulkopuolelle (kuva 7). Suomessa ei suositella käytettäväksi pyöräkaistoja kiertoliittymissä, sillä ne lisäävät konfliktipisteiden määrää liittymässä ja samalla leventävät liittymän kiertotilaa (Liikennevirasto 2014). Kiertotilan liiallinen leveys mahdollistaa autoliikenteelle loivat ajolinjat, jonka myötä myös ajonopeudet liittymässä usein nousevat. Jos pyöräily on järjestetty ennen kiertoliittymää pyöräkaistojen avulla, tulisi kaistat muuttaa joko pyöräteiksi tai pyöräilijät ohjata sekaliikenteeseen ajoradalle (Liikennevirasto 2014; s. 107).



Kuva 7. Pyöräilyn tasojärjestelyt kiertoliittymissä (Liikennevirasto 2014)

Liittymähaaroilla suojatiet ja pyörätien jatkeet tulisi suunnata mahdollisimman kohtisuorasti liittymähaaran ylitse, jolloin risteyskohdasta saadaan selkeä ja helposti havaittava. Kiertotilaan saapuvalla ajoneuvolle on osoitettu liikennemerkillä väistämisvelvollisuus niin kiertotilassa kulkevia kuin myös suojatien ja pyörätien jatkeen käyttäjiä kohtaan. Kiertotilasta poistuva ajoneuvo tulkitaan kääntyväksi, jolloin ajoneuvon täytyy väistää myös poistumissuunnan jalankulkijoita ja pyöräilijöitä (Liikennevirasto 2014, s. 108). Suomessa kiertoliittymien väistämissäännöt ovat kaikkialla yhteneväiset kiertoliittymät sijainnista, koosta ja tyypistä huolimatta. Suojatien ja pyörätien jatkeen etäisyydeksi kier-

totilasta suositellaan 5–6 metriä, jolloin autojen lähestymisestä ja poistumisesta muodostuu kaksiosainen. Tällaisessa järjestelyssä autoilija kiertoliittymään saapuessaan voi ensin huomioida suojatien ja pyörätien jatkeen käyttäjät ja tämän jälkeen jatkaa odotustilaan, jossa kuljettajan voi keskittyä kiertotilan liikenteeseen. Poistuessaan kiertotilasta kuljettaja voi ensin keskittyä oikean poistumishaaran valintaan ja tämän jälkeen tarvittaessa vielä pysähtyä väistääkseen pyöräilijöitä ja kävelijöitä aiheuttamatta hidastuksia kiertotilassa kiertävälle liikenteelle.

Pyöräilyn järjestelyt voidaan toteuttaa myös eritasoratkaisuna, jos kiertoliittymän koko tai monikaistaisuus sitä edellyttävät. Pyöräilyväylien suunnitteluohjeen (Liikennevirasto 2014) mukaan eritasoratkaisua käytetään, jos kiertosaarekkeen halkaisija on yli 40 metriä. Eritasoratkaisuja käytetään myös kaksi- tai useampikaistaisissa kiertoliittymissä. Tällaisissa kiertoliittymissä myös liikennemäärä on usein suuri, jolloin pyöräilyn ja kävelyn järjestäminen tasoratkaisuna heikentäisi sekä liittymän välityskykyä että turvallisuutta. Tavanomainen eritasoratkaisu on ollut alikulkujen rakentaminen liittymähaarojen alitse, mutta myös pyöräilijöiden ja kävelijöiden eritasoratkaisun rakentaminen kiertoliittymän kiertotilan alapuolelle on mahdollista. Näin on tehty esimerkiksi Espoossa, jossa kävelijöille ja pyöräilijöille on oma, pienempi kiertoliittymä ajoneuvojen kiertotilan alapuolella (kuva 8).



Kuva 8. Pyöräilijöiden ja kävelijöiden kiertoliittymän eritasoratkaisu Espoossa (Google Maps 2017).

Kiertoliittymien suunnitteluun liittyvää ohjeistusta on tällä hetkellä sekä tasoliittymien suunnitteluohjeessa (Tiehallinto 2001) ja sitä täydentävässä Tietoa tiesuunnitteluun nro 89 -julkaisussa (Tiehallinto 2009). Suunnitteluperiaatteita on esitetty myös 2-kaistaisten kiertoliittymien suunnitteluperiaatteet -selvityksessä (Tiehallinto 2006) sekä jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeessa (Liikennevirasto 2014). Vaikka nämä ohjeet ja selvitykset käsittelevätkin pääosin erilaisia aiheita, ottavat ne kaikki kantaa esimerkiksi pyörätien jatkeen ja suojatien rakentamiseen oikealle kääntymiskaistan yhteydessä. Tasoliittymien suunnitteluohjeessa kerrotaan, että kiertoliittymän oikealle kääntymiskaistaa ei käytetä, jos jalankulkijat ja pyöräilijät ylittävät poistumissuunnan tasossa. Kaksikaistaisten kiertoliittymien suunnitteluperiaatteissa ei suositella kevyen liikenteen tasoylytystä oikealle kääntymiskaistan kohdalla. Ratkaisua voidaan kuitenkin käyttää taajamissa, jos oikealle kääntymiskaista on erotettu korokkeella, jolloin jalankulkijoille ja pyöräilijöille muodostuu odotustila korokkeen kohdalle. Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeessa todetaan yksiselitteisesti, että oikealle kääntymiskaistan kohdalla on jalankulku ja pyöräily vietävä eritasoon tai ylityskohta korotettava. Oikealle kääntymiskaistan yhteydessä autoliikenteen nopeudet ovat usein erityisesti poistumissuunnalla selvästi korkeammat kuin kiertotilasta poistuttaessa, joka nostaa onnettomuusriskiä poistumissuunnan suoja tiellä ja pyörätien jatkeella. Esimerkiksi Jyväskylän Seppälässä on vuonna 2016 rakennettu kiertoliittymään oikealle kääntymiskaista, jonka yli kulkee suojatie ja pyörätien jatke sekä tulo- että poistumissuunnalla (kuva 9).



Kuva 9. Merasimen kiertoliittymän oikealle kääntymiskaista poistumissuunnalta kuvattuna.

Tielaitoksen (2000) kiertoliittymien turvallisuusselvityksessä pyöräilijä oli vuosina 1990–1997 ollut osallisena 12 onnettomuudessa, joista 9 oli johtanut henkilövahinkoihin.

Kaikista henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista lähes kolmanneksessa oli mukana pyöräilijä. Onnettomuuksista, joissa vähintään yhtenä osallisena oli pyöräilijä, 10 oli tapahtunut pyörätien jatkeella. Näistä yksi onnettomuus oli sattunut auton tulosuunnasta katsottuna kiertoliittymään tullessa ja 9 kiertoliittymästä poistuttaessa. Poistumissuunnalla tapahtuneissa yhdeksästä onnettomuudesta kolmessa pyöräilijä oli tullut autoilijaan nähden oikealta ja viidessä vasemmalta, yhdestä onnettomuudesta pyöräilijän tulosuuntaa ei saatu selville. Autoilijoiden ajosuunnista yleisin oli suora läpiajo, eli nelihääräisessä kiertoliittymässä auto olisi poistunut kiertotilasta toisen poistumishaaran kohdalla. Tämän tutkimuksen perusteella tyypillinen pyöräilyonnettomuus tapahtui siis auton poistumissuunnan pyörätien jatkeella, johon pyöräilijä oli tulossa vasemmalta ja auto oli ajamassa suoraan liittymän läpi. (Tiehallinto 2000)

Montosen (2008) selvityksessä pyöräilijä oli vuosina 2004–2006 osallisena yhteensä 42 kiertoliittymäonnettomuudessa, joista yksi johti pyöräilijän menehtymiseen. Pyörätien jatkeella sattuneet onnettomuudet olivat jakautuneet melko tasaisesti sekä pyöräilijän että auton tulosuuntien välille. Auton tullessa liittymään oli tapahtunut 13 onnettomuutta, joista seitsemässä pyöräilijä oli tullut autoon nähden oikealta. Poistumissuunnalla oli tapahtunut 17 onnettomuutta, joista kuudessa pyöräilijä tuli vasemmalta ja seitsemässä oikealta. Neljästä poistumissuunnalla sattuneesta onnettomuudesta pyöräilijän tulosuuntaa ei saatu selville. Lisäksi kuudesta pyörätien jatkeella sattuneesta onnettomuudesta ei saatu selville auton eikä pyöräilijän tulosuuntaa. Pyörätien jatkeella tapahtuneiden onnettomuuksien lisäksi löytyi 4 onnettomuutta, jotka olivat sattuneet läheisellä pyörätiellä tai alikulussa sekä kaksi onnettomuutta, jossa pyöräilijä oli törmännyt auton kanssa kiertoliittymän kiertotilassa. Onnettomuuksien seurausten vertailussa pyöräilijöiden ja mopoilijoiden onnettomuuksia oli tarkasteltu yhtenä kokonaisuutena. Näitä onnettomuuksia oli yhteensä 65, joista 41 johti henkilövahinkoihin. Tämä oli noin 48 %, eli lähes puolet, kaikista henkilövahinkoon johtaneista kiertoliittymäonnettomuuksista. Vertailtaessa henkilövahinko-onnettomuuksien määriä aiempaan Tiehallinnon tutkimukseen, huomattiin, että juuri pyöräily- ja mopo-onnettomuuksien suhteellinen osuus kaikista henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista oli kasvanut eniten, yli 12 prosenttiyksikköä. (Montonen 2008)

Montosen (2008) mukaan henkilövahinko-onnettomuuteen joutumisen riski jalankulkijoilla ja pyöräilijöillä oli suurempi liittymissä, joissa läpiajolinjan kaarresäde oli liian suuri. Syyksi liian loivaan ajogeometriaan nähtiin useimmiten kiertoliittymän kiertosarekkeen liian pieni koko. Molemmissa tutkimuksissa (Tiehallinto 2000; Montonen 2008) pyöräilijöiden onnettomuuksia sattui enemmän autoilijoiden poistumissuunnan pyörätien jatkeella. Liian suuri läpiajolinjan kaarresäde mahdollistaa autoilijoiden korkeammat nopeudet, jolloin myös pyöräilijät poistumissuunnan pyörätien jatkeella jäävät luultavasti helpommin huomaamatta. Toisaalta läpiajolinjan kaarresäteen loivuuden tiedostavat autoilijat saattavat myös ajaa liittymään lujempaa, jolloin ennen kiertoliittymää olevan suojatien käyttäjien havainnointi voi jäädä puutteelliseksi (Räsänen & Summala 2000).

Autoilijoiden reagoitua ja pyöräilijöiden huomioitua ovat tutkineet Räsänen ja Summala (2000), jotka käyttivät testipyöräilijää taltioidessaan autoilijoiden havainnointia ja pään liikkeitä videokameroiden avulla. Heidän tutkimuksessaan oli mukana kaksi kiertoliittymää sekä Suomesta, Ruotsista että Tanskasta, joissa autoilijoita tarkkailtiin liittymän tulosuunnalla ollutta suojatietä ja pyörätien jatketta lähestyttäessä. Suomalaisissa kiertoliittymissä kiertoliittymän sisäänajon leveys oli 4,7–4,9 metriä, joka oli vastaava kuin ruotsalaisissa liittymissä. Suomalaisissa liittymissä kiertosaarekkeen halkaisija oli kuitenkin huomattavasti pienempi, noin 15 metriä suomalaisissa ja 40 metriä ruotsalaisissa, jolloin läpiajolinja muodostui selvästi loivemmaksi Suomen kiertoliittymissä. Tanskan kiertoliittymissä kiertosaarekkeen halkaisija oli myös pieni, alle 15 metriä, mutta samalla myös sisäänajon leveys oli kapeampi, jolloin autoilijoiden täytyi hidastaa enemmän liittymään ajaessaan.

Räsänen ja Summalan (2000) tutkimuksessa havaittiin, että 14 % autoilijoista ei katsonut oikealle saapuessaan liittymään. Nopeusmittauksessa havaittiin, että kovemmalla vauhdilla liittymää lähestyvien autojen kuljettajat sekä katsoivat harvemmin oikealle että väistivät harvemmin pyöräilijöitä ja jalankulkijoita kuin hitaammin liittymää lähestyvät autoilijat. Autojen tulonopeus liittymään oli pienempi ruotsalaisissa 40 metrin kiertosaarekkeen liittymissä kuin suomalaisissa kiertoliittymissä, joissa saareke oli halkaisijaltaan 13–16 metriä. Molemmista tanskalaisista ja toisesta ruotsalaisista kiertoliittymistä pyörätie oli lähellä kiertotilaa ja näissä liittymissä autoilijat väistivät pyöräilijöitä paremmin kuin liittymissä, joissa pyörätie oli 6 metrin etäisyydellä kiertotilasta. Räsänen ja Summala (2000) ehdottivat tulostensa perustella, että pyöräilyn turvallisuuden kannalta suositeltavia toimenpiteitä olisivat tulosuunnan taivutusten lisääminen myös taajama-alueilla sekä erillisen pyörätien sijoittaminen 0–2 metrin etäisyydelle kiertotilan reunasta. Jos pyörätie sijaitsee lähellä kiertotilan reunaa, suositellaan pyöräilijöille etuajo-oikeutta liittymään. Toisaalta taas, jos pyörätie sijoitetaan kauemmaksi kiertotilan reunasta, esimerkiksi taajaman ulkopuolisilla alueilla, voisi pyöräilijöiden väistämismahdollisuus olla suositeltavampi vaihtoehto turvallisuuden kannalta.

4.2 Ruotsi

Kiertoliittymien määrä on Ruotsissa kasvanut voimakkaasti 2000-luvun aikana. Vuonna 2005 kiertoliittymiä oli käytössä noin 1500, kun vuoden 2010 lopussa kiertoliittymiä oli jo noin 2600 (SCB 2013). Viidessä vuodessa liittymien määrä siis lisääntyi yli tuhannella, joka tarkoittaa neljää uutta liittymää joka viikko. Kiertoliittymien rakentaminen on ollut voimakkainta tiiviisti asutetuilla kaupunkiseuduilla, erityisesti eteläisen Ruotsin alueella (SCB 2013, s. 12).

Kiertoliittymään saapuvilla ajoneuvoilla on kiertotilassa ajavia kohtaan väistämismahdollisuus, joka koskee sekä autoja että pyöräilijöitä (Sakshaug et al. 2010). Ruotsissa ei suositella pyöräkaistoja kiertotilassa, vaan kiertoliittymää lähestyttäessä pyöräkaistalla ajavat ohjataan ajoradalle sekaliikenteeksi autojen kanssa. Sekaliikenne ratkaisua käytetään

paikoissa, joissa sekä kiertosaarekkeen halkaisija sekä liittymän liikennemäärät ovat pienet. Brüden ja Larssonin (1999) mukaan pyöräilijöiden on turvallista käyttää ajorataa, jos autoliikenteen määrä on alle 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa ja pyöräilijöiden määrä alle 1000 pyöräilijää vuorokautta kohti. Suuremmilla liikennemäärillä kiertoliittymän saarekkeen halkaisijan tulisi olla yli kymmenen metriä ja pyöräilijät tulisi ohjata kiertotilan ulkopuolelle erillisille pyöräteille.

Erillisillä pyöräteillä kiertoliittymän kiertotilan ulkopuolella voidaan useimmiten pyöräillä molempiin kiertosuuntiin. Ajoneuvon poistussa kiertoliittymän kiertotilasta on tämän väistettävä poistumishaaran pyörätien jatkeen pyöräilijöitä, sillä kiertotilasta poistuva ajoneuvo tulkitaan kääntyväksi (Sakshaug et al. 2010). Kiertoliittymää kohti ajattaessa väistämissäännöt pyörätien jatkeella riippuvat väistämisvelvollisuudesta kertovan liikennemerkkin sijoituksesta. Liikennemerkki voi sijaita auton ajosuunnassa joko ennen pyörätien jatketta tai sen jälkeen. Jos liikennemerkki on sijoitettu ennen pyörätien jatketta, on tilanne vastaava kuin Suomessa ja autoilijan on väistettävä pyöräilijää.

Väistämisvelvollisuutta osoittava liikennemerkki voi sijaita myös pyörätien jatkeen jälkeen, jolloin auton tulosuunnasta katsottuna ennen kiertoliittymää olevalla pyörätien jatkeella pyöräilijällä on väistämisvelvollisuus ajoradalla ajavaan ajoneuvoon nähden (Sakshaug et al. 2010; SVT 2015). Ajoneuvon kuljettajan täytyy kuitenkin pyörätien jatketta lähestyessään alentaa nopeuttaan, jotta pyörätien jatketta ylittävillä pyöräilijöillä ei aiheudu vaaraa. Autoilijalla on siis vahvempi väistämisvelvollisuus poistumissuunnalla kuin tulosuunnalla (Sakshaug et al. 2010). Pyöräilijän näkökannalta ajoradan ylitys voi muodostua kaksiosaiseksi, jolloin toisesta suunnasta tulevat autot ovat väistämisvelvollisia pyöräilijään nähden, mutta vastakkaisen suunnan autoja pyöräilijän tulee väistää. Sääntöjen epäselvyyden ja monimutkaisuuden myötä harva tienkäyttäjä on täysin varma säännöistä kaikissa tilanteissa (Sakshaug et al. 2010).

Pyöräilyn turvallisuutta ja väistämiskäyttäytymistä kiertoliittymissä ovat tutkineet Räsänen ja Summala (2000), Sakshaug et al. (2010) sekä Silvano et al. (2016). Sakshaug et al. tutkivat pyöräilijöiden ja autoilijoiden väistämiskäyttäytymistä ruotsalaisissa kiertoliittymissä konfliktitutkimuksen avulla. Tutkimuksessa oli tarkkailussa kaksi kiertoliittymää, jossa toisessa pyöräilijöille oli erilliset pyörätiet kiertotilan ulkopuolella ja toisessa oli sekaliikennejärjestely. Konfliktitutkimuksen ja onnettomuusaineiston perusteella erilliset pyörätiet vaikuttivat turvallisemmalta vaihtoehdolta. Pyöräilijöiden pyöräillessä ajoradalla kasvavat sekä konfliktipisteiden että erilaisten vuorovaikutustilanteiden määrä pyöräilijöiden ja autoilijoiden välillä kiertoliittymässä ajattaessa. Ruotsalaisilla liikennesäännöillä oli luultavasti selvä vaikutus sekä pyöräilijöiden ja autoilijoiden väistämiskäyttäytymiseen. Sekaliikenne ratkaisussa säännöt olivat selkeämmät ja lähes aina vain väistämisvelvollinen osapuoli joutui hidastamaan vauhtiaan tilanteissa, joissa mahdollinen konflikti oli lähestymässä. Erotellussa ratkaisussa noin 30 prosentissa tilanteista sekä pyöräilijä että autoilija alensivat nopeuttaan, joka kertoi epävarmuudesta toisen ajoneuvon käyttäytymistä kohtaan. (Sakshaug et al. 2010)

Erillisillä pyöräteillä eniten onnettomuuksia oli sattunut tilanteissa, joissa pyöräilijä oli tullut pyörätien jatkeelle autoliikenteen kanssa vastakkaisesta kiertosuunnasta (Sakshaug et al. 2010). Sekaliikenne ratkaisussa selvästi eniten onnettomuuksia ja konflikteja syntyi tilanteessa, jossa pyöräilijä ajoi kiertotilassa ja auto oli tulossa liittymähaaralta kiertotilaan. Tämän lisäksi konflikteja syntyi tilanteissa, joissa auto ja pyöräilijä ajoivat kiertotilassa rinnakkain ja auto oli aikeissa poistua liittymästä. Kiertotilassa rinnakkain ajamisesta aiheutui pyöräilijöille paljon konflikteja, mutta kiertotilaa on lähes mahdotonta rakentaa niin kapeaksi, että auto ei mahtuisi pyörän rinnalle, jos pyöräilijä ajaa ajoradan oikeata reunaa (Sakshaug et al. 2010).

Silvano et al. (2016) tutkivat tekijöitä, jotka vaikuttivat auton kuljettajan väistämispäätökseen kiertoliittymästä poistuttaessa. Tutkimuksessa tarkkailtiin kiertoliittymästä poistumassa olevan auton ja erilliseltä pyörätieltä pyörätien jatkeelle saapuvan pyöräilijän toimintaa. Tutkimuksessa todettiin, että autoilija väistää pyöräilijää sitä epätodennäköisemmin mitä nopeammin auto kiertoliittymässä ajaa. Tulosten perusteella arvioitiin, että alle 20 km/h nopeudella autoilija antaa todennäköisimmin tilaa pyöräilijälle. Väistämispäätöksen tekoon vaikutti myös se, kuinka lähellä pyörätien jatketta pyöräilijä oli. Pyöräilijän nopeudella ei kuitenkaan nähty olevan vaikutusta tuloksiin. Autoilijan on luultavasti melko vaikeaa arvioida lähestyvän pyöräilijän nopeutta, jolloin päätös tehdään todennäköisemmin pyöräilijän sijainnin perusteella. (Silvano et al. 2016)

4.3 Tanska

Tanskassa kiertoliittymiä on käytetty yleisesti rauhoittamaan liikennettä ja parantamaan liittymän turvallisuutta niin taajamissa kuin maaseudulla. Kiertoliittymien määrä on kasvanut Tanskassa voimakkaasti ja vuonna 2010 kiertoliittymiä oli Tanskassa jo noin 1 450 (Jensen 2016). Pyöräilijöille sattuneiden onnettomuuksien määrät ovat kuitenkin useimmiten pysyneet samoina tai jopa nousseet aiempiin liittymäjärjestelyihin nähden (Jensen 2016). Myöskään onnettomuuksien vakavuus ei ole pienentynyt. Tanskassa pyöräilyn järjestelynä kiertoliittymässä käytetään useimmiten pyöräkaistaa kiertotilan reunalla, jolloin pyöräilijöitä koskevat kiertoliittymässä samat väistämissäännöt kuin autoilla. Yleisin onnettomuustyyppi Tanskassa on kiertotilassa ajavan pyöräilijän ja kiertotilaan liittyvän auton välinen törmäys (Cycling Embassy of Denmark 2012).

Taajamien ulkopuolella kiertoliittymien suunnittelussa pyritään takaamaan moottoriliikenteen sujuvuus. Kiertosaarekkeen halkaisija on yleensä 20–40 metriä ja liittymähaaroilla sijaitsevat saarekkeet muotoillaan joko kolmion tai trumpetin muotoisiksi, jolloin autoliikenne pystyy ylläpitämään kohtuullisen nopeuden koko liittymän läpi (Cycling Embassy of Denmark 2012). Tällaisissa suurissa ja vauhdikkaissa kiertoliittymissä pyöräilijöiden ei ole turvallista käyttää kiertotilaa, vaan pyöräilylle tulisi rakentaa erilliset kaksisuuntaiset pyörätiet kiertotilan ulkopuolelle. Maaseudulla erillisen pyörätien etäisyydeksi kiertotilasta suositellaan jopa 10–30 metriä ja kiertoliittymän haaran ylittävällä

pyörätien jatkeella pyöräilijöillä on väistämisvelvollisuus autoihin nähden. Jos kiertoliittymässä on runsaasti liikennettä ja useampi kuin yksi kaista, on harkittava eritasoratkaisujen rakentamista pyöräilijöille. (Cycling Embassy of Denmark 2012)

Taajamissa kiertoliittymän kiertosaarekkeen koko on yleensä 10–20 metriä ja liittymähaarojen saarekkeet ovat selvästi pienemmät kuin maaseudulla, jolloin myös autoliikenteen nopeustaso pysyy alhaisempana. Tällöin pyöräilijöiden on turvallista liikkua kiertotilassa autojen kanssa. Kiertotilan reunassa kulkee yksisuuntainen pyöräkaista ja autojen tulee väistää pyöräkaistalla pyöräileviä sekä liittyessään sekä poistuessaan liittymästä. Pyöräkaistan rakentaminen kuitenkin lisää kiertotilan leveyttä, joka saattaa nostaa autoliikenteen nopeuksia liittymäalueella. Näin ollen pyöräkaistan rakentaminen täytyy aina harkita tapauskohtaisesti. Jos liittymän nopeusrajoitus on 30–50 km/h, voivat pyöräilijät käyttää samaa ajokaistaa autoliikenteen kanssa. Tällöin kiertosaarekkeen halkaisijan tulisi olla vain noin 10 metriä, eikä liittymähaaroilla tulisi olla lainkaan saarekkeita, jolloin autojen nopeudet pysyisivät riittävän alhaisina. (Cycling Embassy of Denmark 2012)

Jensen (2016) on tutkinut yksikaistaisten kiertoliittymien rakentamisen vaikutuksia liittymän turvallisuuteen. Tutkimuksen mukaan kiertoliittymän rakentaminen on parantanut turvallisuutta enemmän taajaman ulkopuolisilla alueilla kuin taajaman sisällä. Pyöräilijöiden turvallisuuden kannalta tehokkaimmalta vaikuttaisi kiertoliittymä, jonka kiertosaarekkeen halkaisija on 20–40 metriä ja kiertosaarekkeen korkeus yli kaksi metriä. Jensenin mukaan korkea kiertosaareke alentaa liittyvien ajoneuvojen nopeuksia ja ohjaa kuljettajien katseet tehokkaammin kiertotilassa kulkeviin ajoneuvoihin. Korkealla kiertosaarekkeella varustetuissa kiertoliittymissä sattuu vähemmän kiertotilassa ajavan pyöräilijän ja liittyvän auton välisiä onnettomuuksia. Pyöräilyn kannalta turvallisimmaksi järjestelyksi tutkimuksessa osoittautuivat erilliset pyörätiet kiertotilan ulkopuolella, joilla pyöräilijöiden tuli pyörätien jatkeelle tultaessa väistää autoilijoita. Pyöräkaistat kiertoliittymissä vaikuttivat vähiten turvallisilta. Jos kiertoliittymässä ei ole erillisiä pyöräteitä ja korkeaa keskisaareketta, kiertoliittymä on tutkimuksen mukaan harvoin tavallista liittymää turvallisempi. (Jensen 2016)

Virallisten poliisin tilastojen mukaan Tanskassa loukkaantuu vuosittain noin 1 500 pyöräilijää ja noin 50–60 pyöräilijää menehtyy liikenneonnettomuuksissa (Møller & Hels 2007). Raportoiduissa onnettomuuksista vuosittain noin 110 tapahtuu kiertoliittymissä. Pyöräilijöiden onnettomuuksista suuri osa jää kuitenkin raportoimatta poliisille. Kattavammista Tanskan terveydenhuollon tilastoista löytyvistä pyöräilijöiden kiertoliittymäonnettomuuksista vain noin joka neljäs on raportoitu poliisille (Hels & Orozova-Bekkevold 2007). Kaikista kiertoliittymäonnettomuuksista menehtyneistä tienkäyttäjistä yli 80 % on pyöräilijöitä tai mopoilijoita (Møller & Hels 2007).

Pyöräilijöiden kokemuksia ja turvallisuuden tuntemuksia kiertoliittymässä pyöräilyssä ovat tutkineet Møller ja Hels (2007). Tutkimuksessa haastateltiin pyöräilijöitä viidestä kiertoliittymästä, joista jokaisessa pyöräilijät ajoivat joko sekaliikenteenä ajoradalla tai

pyöräkaistalla kiertotilan reunassa. Pyöräilijät arvioivat kaikista vaarallisimmaksi tilanteen, jossa pyöräilijä on jatkamassa kiertotilassa eteenpäin ja samanaikaisesti auto on joko poistumassa kiertotilasta tai liittymässä kiertotilaan. Onnettomuustilastojen mukaan eniten onnettomuuksia sattuu tilanteissa, joissa auto on tulossa kiertotilaan, vaikka pyöräilijät kokivat poistuvan ajoneuvon tilanteen kaikista vaarallisimmaksi. Kiertotilasta poistuva ajoneuvo tulee pyöräilijään nähden takaviistosta, jolloin pyöräilijöiden on itse vaikeampi reagoida tilanteeseen ilman suoraa näköyhteyttä. Auton liittyessä kiertotilaan pyöräilijän pitäisi olla selkeästi nähtävissä ja kuljettajilla on näköyhteys toisiinsa, jolloin tilanne ei ehkä tunnu yhtä vaaralliselta. Kyseisessä tilanteessa sattuu kuitenkin runsaasti onnettomuuksia näköyhteydestä ja väistämissääntöjen selkeydestä huolimatta. Näistä onnettomuuksista osa on todennäköisesti tilanteita, joissa auton kuljettaja katsoi pyöräilijän suuntaan, mutta ei silti havainnut lähestyvää pyöräilijää (Hels & Orozova-Bekkevold 2007; Räsänen & Summala 2000). Pyöräilijä voi tilanteessa olettaa lähestyvän autoilijan katsesuunnan perusteella kuljettajan nähneen hänet, vaikka auton kuljettajan katse voikin olla kiinnittynyt esimerkiksi kiertotilan autoihin. Näin ollen pyöräilijä ei osaa varautua mahdolliseen konfliktitilanteeseen, jos auto yllättäen lähteekin liikkeelle.

Hels ja Orozova-Bekkevold (2007) tutkivat kiertoliittymän erilaisten suunnitteluparametrien vaikutusta kiertoliittymän turvallisuuteen tanskalaisissa kiertoliittymissä. He huomasivat, että liittymägeometriasta erityisesti suuri läpiajolinjan kaarresäde ja kapea yliajettava osa kiertosaarekkeen ympärillä lisäsivät onnettomuuksien todennäköisyyttä merkittävästi. Suuri läpiajolinjan kaarresäde sekä kapea yliajettava korotus kiertosaarekkeen ympärillä vaikuttavat selvästi ajoneuvojen nopeuksiin liittymäalueella mahdollistaen nopeamman läpiajon vauhtia hidastamatta. Samalla korkeampi nopeus myös lisää onnettomuuksien seurausten vakavuutta. Tämän lisäksi onnettomuuksien määrää lisäsi suuri pyöräilijöiden ja autojen määrä kiertoliittymässä. Tutkimuksessa analysoitiin 88 Fynin saarella Tanskassa sijainnutta kiertoliittymää, joissa yleisimpiä onnettomuustyyppisiä henkilöauton ja pyöräilijän välillä ovat kiertotilassa ajavan pyöräilijän sekä liittyvän tai poistuvan auton väliset konfliktit. (Hels & Orozova-Bekkevold 2007.) Kyseiset onnettomuustyyppit ovat yleisiä pyöräkaistajärjestelyssä.

4.4 Belgia

Belgian suunnitteluohjeista kiertoliittymissä pyöräilyä on käsitelty Flanderin pyöräliikenteen suunnitteluohjeissa (Mobiël Vlaanderen 2017). Ohjeen mukaan kiertoliittymän pyöräilyjärjestelyiden valinnassa tulisi ottaa huomioon ympäröivä maankäyttö sekä sijainti niin autoilun ja pyöräilyn näkökulmasta. Rauhallisilla asuinalueilla ja paikoissa, joissa liikenteen nopeus ja määrä ovat melko alhaiset, toteutetaan pyöräily yleensä sekaliikenneratkaisuna kiertotilassa muiden ajoneuvojen kanssa. Vilkkaammassa katu ympäristössä yleinen ratkaisu on erotettu pyörätie, jolla pyöräilijällä on kuitenkin pyörätien jatkeilla

etuajo-oikeus autoihin nähden. Myös maantieympäristön kiertoliittymissä pyöräily toteutetaan erillisten pyöräteiden avulla, mutta tällöin pyöräilijöillä on useimmiten väistämisvelvollisuus autoihin nähden. (Mobiel Vlaanderen 2017)

Belgian suunnitteluohjeen mukaan kiertoliittymän pyöräilyväylien suunnittelussa jatkuvuus on tärkeää. Jos kiertoliittymän haaroilla pyöräily tapahtuu ajoradalla sekaliikenteenä, tulisi myös kiertoliittymässä pyöräily toteuttaa samalla periaatteella. Samoin, jos kahdella tai useammalla haaralla on erillinen pyörätie, tulisi sellainen rakentaa myös kiertoliittymään. Kiertotilan reunalla kulkevia pyöräkaistoja ei kuitenkaan suositella rakennettaviksi uusiin kiertoliittymiin, sillä niiden nähdään heikentävän pyöräilyn turvallisuutta. Pyöräilyn järjestelyiden suunnittelussa pyritään suosimaan yksisuuntaisia pyöräväyliä ja pyörätien jatkeilla pyöräilyn tulisi mahdollisuuksien mukaan tapahtua vain autojen kiertosuunnan mukaisesti (Mobiel Vlaanderen 2017). Kuvassa 10 on näkymä belgialaisella maantiellä sijaitsevan kiertoliittymän poistumissuunnalta. Poistumissuunnalla on yksisuuntainen pyörätien jatke, josta on autoilijoille kerrottu sinipohjaisella pyörätien jatkeen liikennemerkillä. Pyöräilijöillä on kuitenkin autoilijoihin nähden vahvempi väistämisvelvollisuus, joka on ilmaistu pyöräilijöille väistämisvelvollisuutta kuvaavalla liikennemerkillä sekä tiemerkinä. Väistämisvelvollisuutta tehostamaan myös pyörätien värillinen päällyste on katkaistu ajoradan ylityksen kohdalta. Belgian liikennesääntöjen mukaisesti pyörätien jatkeen liikennemerkillä varustetulla ylityspaikalla autoilijan tulee antaa pyörätien jatkeella oleville mahdollisuus esteettömään ja turvalliseen ylitykseen, mutta autoilijan ei tarvitse väistää pyörätieltä jatkeelle saapumassa olevia pyöräilijöitä (Wegcode 2017). Vastaavasti kiertoliittymään liittymähaaralta saapuville ajoneuvoille väistämisvelvollisuutta kuvaava liikennemerkki olisi sijoitettu vasta pyörätien jatkeen jälkeen.



Kuva 10. Pyörätien jatke kiertoliittymän poistumissuunnalla Belgiassa (Google Maps 2017)

Kiertoliittymien turvallisuusvaikutuksia on tutkittu useassa tutkimuksessa Belgian pohjoisosan Flandersin alueella. De Brabander ja Vereeck (2007) selvittivät, minkälaisen liittymätyyppien korvaajana kiertoliittymä on ollut tehokkain turvallisuuden parantamisessa. Tutkimuksessa tarkasteltiin niin kaikkia onnettomuuksia kokonaisuutena sekä jalankulkijoita ja pyöräilijöitä erikseen. Daniels et al. (2008) keskittyivät tutkimuksessaan pyöräilijöiden onnettomuuksiin ja selvittivät tarkemmin, minkälainen vaikutus kiertoliittymien rakentamisella on ollut pyöräilyn turvallisuuteen. Jatkotutkimuksissa Daniels et al. (2009; 2010) keskittyivät infrastruktuurin vaikutuksiin pyöräilijöiden onnettomuuksissa ja selvittivät erilaisten pyöräilyväylätyyppien mahdollista vaikutusta onnettomuusmääriin.

Kaikkia onnettomuuksia tarkastellessaan De Brabander ja Vereeck (2007) huomasivat, että kiertoliittymän rakentaminen on vähentänyt loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia keskimäärin 39 % Belgian Flandersin alueella. Vaikutus oli suurin liittymissä, joissa aiemmat nopeusrajoitukset olivat korkeat. Valo-ohjauksisten liittymien korvaajana kiertoliittymät menestyivät kuitenkin selvästi heikommin. Esimerkiksi aiemmin valo-ohjaamattomissa liittymissä, joissa päätien nopeusrajoitus oli 70 km/h ja sivutien rajoitus 50 km/h, vähensi kiertoliittymän rakentaminen vakavia onnettomuuksia yli 20 prosenttia. Kuitenkin, jos liittymä oli aiemmin valo-ohjauksinen, vakavien onnettomuuksien määrä nousi yli kaksinkertaiseksi aiempaan tilanteeseen nähden. Samanlainen vaikutus on havaittavissa myös suojaamattomien tienkäyttäjien, eli kävelijöiden, pyöräilijöiden, mopoi-lijoiden ja moottoripyöräilijöiden, onnettomuuksissa. Vaikka onnettomuuksien kokonaismäärä laski 14 %, johti valo-ohjauksisen liittymän tilalle rakennetussa kiertoliittymässä henkilövahinkoihin johtanut onnettomuus suojaamattoman tienkäyttäjän kuolemaan yli viisi kertaa todennäköisemmin kuin aiemmin. Suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden kannalta valo-ohjauksinen liittymä saattaakin olla kiertoliittymää parempi vaihtoehto. (De Brabander & Vereeck 2007.) Tuloksien tarkastelussa täytyy kuitenkin ottaa huomioon paikallisten liikennejärjestelyiden erot esimerkiksi Suomen järjestelyihin verrattuna.

Kiertoliittymien turvallisuudesta Flandersissa on tehty myös kolmen tutkimuksen sarja, jossa on tarkasteltu erilaisten tekijöiden vaikutusta kiertoliittymän turvallisuuteen. Ensimmäisessä osassa tarkasteltiin onnettomuusmääriä ennen ja jälkeen kiertoliittymän rakentamisen (Daniels et al. 2008). Tutkimuksessa todettiin pyöräilijöiden onnettomuuksien määrän kasvaneen 27 % liittymissä, jotka oli muutettu kiertoliittymiksi. Vakavien loukkaantumisten ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrä kasvoi vielä enemmän, yli 40 prosenttia (Daniels et al. 2008). Kiertoliittymän rakentamisen myötä onnettomuuksien määrät kasvoivat erityisesti taajamissa ja kaupunkialueilla, mutta taajama-alueiden ulkopuolella ei ollut havaittavissa selkeää eroa onnettomuusmäärissä ennen ja jälkeen kiertoliittymän rakentamisen. Erot yksittäisten kiertoliittymien välillä olivat kuitenkin suuria, eikä tutkimuksen aineiston perusteella pystynyt tarkemmin tarkastelemaan,

löytyisikö esimerkiksi kiertoliittymätyypeistä selittäviä tekijöitä erilaisten onnettomuuskehityksien taustalle. (Daniels et al. 2008)

Jatkotutkimuksessa Daniels et al. (2009) perehtyivät tarkemmin erilaisten pyöräilyjärjestelytapojen mahdollisiin turvallisuusvaikutuksiin. Tutkitut kiertoliittymät olivat samat kuin aiemmassa tutkimuksessa, mutta tässä tutkimuksessa selvitettiin jokaisesta kiertoliittymästä lisäksi muun muassa pyöräilyn järjestelytyyppi, kaistamäärä, voimassa olevat pyöräilyn väistämissäännöt sekä pyöräilyväylän päällysteen väri. Pyöräilyn järjestelytavoista pyöräkaistat kiertotilassa olivat turvallisuuden kannalta selvästi heikoin vaihtoehto, sillä onnettomuuksien määrä lähes kaksinkertaistui aikaisempaan liittymäjärjestelyyn nähden. Turvallisimmilta vaihtoehdoilta vaikuttivat erotellut pyörätiet sekä eritasojärjestelyt, mutta aineistossa oli havaittavissa viitteitä vakavien loukkaantumisten ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrän kasvusta erillisten pyöräteiden tapauksissa. Muilla tutkituilla muuttujilla ei havaittu olevan merkittäviä vaikutuksia liittymien turvallisuuteen.

Tutkimuksen kolmannessa osassa (Daniels et al. 2010) jatkettiin samojen liittymien tarkastelua ottaen tällä kertaa huomioon niin liittymien liikennemäärät sekä erilaisia liittymän geometriaan kytkeytyviä muuttujia. Tutkituista muuttujista liikennemäärällä oli selvästi vahvin kytkös onnettomuuksien lukumäärään. Mitä enemmän autoliikennettä kiertoliittymän kautta kulki, sitä useammin sattui onnettomuuksia, joissa pyöräilijä oli osallisena. Toisaalta pyöräilijöiden määrän kasvu näytti pienentävän onnettomuusriskiä kiertoliittymissä. Onnettomuusriskiin voi tällaisissa kiertoliittymissä vaikuttaa myös monia muita tekijöitä, eikä pelkkä pyöräilymäärä aina kerro koko totuutta asiasta. Pyöräilijät voivat esimerkiksi valita reittinsä kulkemaan kiertoliittymän kautta, jossa infrastruktuuri on laadukasta ja pyöräily tuntuu turvalliselta (katso Luukkonen & Vaismaa 2013). Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu liittymän geometrialla olevan juurikaan vaikutusta onnettomuusmääriin (Daniels et al. 2010).

4.5 Alankomaat

Alankomaissa pyöräilyn järjestelytavoista kiertoliittymissä on kerrottu CROW:n (2007) suunnitteluohjeessa. Kiertoliittymissä pyöräily toteutetaan sekaliikennejärjestelynä, jos katu ympäristö tukee ratkaisua ja liikennemäärä on alle 6 000 ajoneuvoa vuorokaudessa (CROW 2007). Pyöräilylle suositetaan erillisiä pyöräteitä vilkkaammissa kiertoliittymissä, koska paikallisissa tutkimuksissa (van Minnen 1995) ratkaisu on todettu turvallisemmaksi kuin kiertotilan reunassa kulkevat pyöräkaistat. Van Minnenin (1995) tutkimuksessa todettiin lisäksi, että pyöräilijöille sattuu enemmän onnettomuuksia liittymissä, joissa pyöräilijöillä on myös etuajo-oikeus. Samanaikaisesti autoilijoiden väistämisvelvollisuuden todettiin vähentävän liittymän kapasiteettia erityisesti runsasliikenteisissä kiertoliittymissä. Tutkimuksessa todettiin kuitenkin, että pyöräilyn järjestelyjen täytyy tukea väistämissääntöjen noudattamista. Dijkstran (2010) tutkimus tukee van Minnenin näkemystä ja arvioi, että Alankomaissa loukkaantuisi kiertoliittymissä vuosittain 52–73

pyöräilijää vähemmän, jos pyöräilijöillä olisi väistämismvelvollisuus autoihin nähden. Määrä vastaisi vuosittain noin 2 % kaikista moottoriajoneuvojen kanssa tapahtuneissa onnettomuuksissa loukkaantuneista pyöräilijöistä.

Taajamassa CROW:n (2007) mukaan pyöräilijöille tulisi antaa esteetön kulku ja etuajo-oikeus. Aiempien tutkimuksien pohjalta vuonna 1998 tuli voimaan CROW:n suositus, joka mukaan pyöräilijöillä ei tulisi olla etuajo-oikeutta taajaman ulkopuolella sijaitsevilla kiertoliittymissä (SWOV 2012). Väistämissääntöjen noudattamista tukemaan annettiin suunnitteluohjeissa (CROW 2007) kaksi eri kiertoliittymätyyppiä, joita käytetään erilaisissa tilanteissa väistämissäännöistä riippuen. Ennen tätä ohjeistusta pyöräilijöillä oli etuajo-oikeus myös taajaman ulkopuolisissa kiertoliittymissä, mutta käytäntö on SWOV:n (2012) mukaan vaihdettu lähes kaikissa liittymissä taajaman ulkopuolella. Vuonna 2010 Alankomaissa oli noin 3 900 kiertoliittymää, joista noin kolme neljäsosa sijaitsee kuntien katualueilla. Pyöräilijöillä on etuajo-oikeus noin 60 %:ssa taajaman kiertoliittymistä. SWOV:n suosituksena on kuitenkin, että liittymäjärjestelyiden yhdenmukaistamiseksi ja turvallisuuden parantamiseksi pyöräilijöillä tulisi olla väistämismvelvollisuus myös taajamien kiertoliittymissä (SWOV 2012).

Jos pyöräilijöillä on kiertoliittymässä etuajo-oikeus autoliikenteeseen nähden, tulisi pyörätiet suunnitella ympyrän muotoon (kuva 11). Kuvan kiertoliittymässä punaisella tehostevärillä pinnoitetut pyörätiet kulkevat erillisinä kiertotilan ulkopuolella ja pyörätien jatkeella ylitys tapahtuu lähes suorassa kulmassa. Suunnitteluohjeessa kerrotaan, että kiertoliittymää ympäröivältä pyörätieltä liittymähaarojen suuntaan poistuvat pyörätiet tulisi sijoittaa mahdollisimman kauas autojen ajoradasta, jolloin autoilijan on helpompi tunnistaa pyöräilijät, jotka ovat saapumassa pyörätien jatkeelle. Kuvan 11 kiertoliittymässä tämä on selkeästi erotettavissa esimerkiksi lännen suuntaan lähtevällä liittymähaaralla, jolla kiertoliittymästä pois päin johtava pyörätie on huomattavasti kauempana ajoradasta kuin kiertoliittymään saapuva pyörätie. Tämä helpottaa pyörätien jatkeelle ajavien pyöräilijöiden havainnointia kiertotilasta poistumassa olevan ajoneuvon näkökulmasta. Kiertotilan ja pyörätien väliin jää noin 5 metriä leveä odotustila, jonka tulisi sekä sujuvoittaa autoliikennettä että helpottaa ehkäisemään konfliktitilanteiden syntyä pyöräilijöiden ja autoilijoiden välillä. Ajoradalle on merkitty väistämismviivat ennen pyörätietä sekä tulo- että poistumissuunnassa ja pyörätien värillinen päällyste kulkee katkeamattomana pyörätien jatkeella. Kiertoliittymiä, joissa pyöräilijöillä on etuajo-oikeus, käytetään taajama-alueilla, joilla myös autoliikenteen nopeudet ovat usein alhaisemmat kiertoliittymää lähestyttäessä. Taajama-alueilla voidaan käyttää myös osittain kaksikaistaista kiertoliittymää sellaisissa paikoissa, joissa liikennemäärät ovat suuret (CROW 2007). Tällöin kuitenkin kiertoliittymän poistumissuuntien tulee olla yksikaistaisia ja liittymässä ei saa olla oikealle kääntymiskaistoja.



Kuva 11. Kiertoliittymä, jossa autoilijoilla on väistämisvelvollisuus pyöräilijöihin nähden. (Lähde: Bicycle Dutch 2013)

Pääasiassa taajaman ulkopuolella käytettävässä liittymäjärjestelyssä pyöräilijöillä on väistämisvelvollisuus autoliikenteeseen nähden (kuva 12). Tässä järjestelyssä pyörätien linjaus on selvästi erilainen, jolloin pyöräilijöille muodostuu selkeä käänös pyörätien jatkeen ylittämistä. Tällöin pyöräilijän on helpompi mieltää itsensä kääntyväksi ja väistämisvelvolliseksi, jonka lisäksi käänös myös saa pyöräilijät hiljentämään vauhtiaan ylityspaikkaa lähestyessä. Pyöräilijöitä muistutetaan väistämisvelvollisuudesta tiemerkinä sekä katkaisemalla punainen päällyste ajoradan ylityksen kohdalta. CROW:n (2007) mukaan sekä pyöräilijöiden että jalankulkijoiden väistämissääntöjen ylityspaikalla tulisi olla yhtenevät. Myös tämä kiertoliittymäjärjestely voidaan toteuttaa osin kaksikaistaisena, jos kaikki poistumissuunnat ovat yksikaistaisia ja liittymässä ei ole oikealle kääntymiskaistoja (CROW 2007). Pyörätiet voidaan toteuttaa kaksisuuntaisina kiertoliittymissä, joissa pyöräilijöillä on väistämisvelvollisuus autoihin nähden. CROW (2007) kuitenkin suosittelee ensisijaisesti aina käyttämään yksisuuntaisia pyöräteitä kiertoliittymissä.



Kuva 12. Kiertoliittymä, jossa pyöräilijöillä on väistämisvelvollisuus autoihin nähden. (Lähde: Bicycle Dutch 2013)

Alankomaissa turvallisuuden takaaminen on kiertoliittymäsuunnittelun tärkein lähtökohta, jonka saavuttamisessa tärkeässä roolissa on kiertotilassa kulkevien ajoneuvojen nopeuden alentaminen (SWOV 2012). Kiertoliittymässä tavoiteltava ajoneuvoliikenteen nopeustaso on noin 30 km/h, jolla autojen ja kävelijöiden tai pyöräilijöiden väliset onnettomuudet harvoin johtavat kuolemiin tai vakaviin loukkaantumisiin. Alankomaissa kiertoliittymiä käytetään harvoin vilkkaimmissa liittymissä, joissa sekä autoilun että pyöräilyn liikennemäärät ovat suuret, vaan silloin liittymä on useimmiten valo-ohjauksinen tai pyöräily on järjestetty eritasoratkaisun avulla. (CROW 2007, s. 200). Vaikka pyöräilyn järjestelytavat vaihtelevat huomattavasti eri kiertoliittymätyyppien välillä, ovat moottoriliikenteen järjestelyt lähes identtisiä. Moottoriliikenteen ajoradat lähestyvät kiertotilaa säteittäisesti ja liittymähaarojen keskisaarekkeet ovat pitkiä ja kapeita. Liittymähaaroja ei porrasteta ja oikealle ohjaus on hyvin vähäistä, joten autojen täytyy tehdä huomattava käänös sekä kiertotilaan ajaessaan sekä sieltä poistuessaan. Alankomaissa käytettävät mitoitusajoneuvot ovat pienempiä kuin Suomessa, jolloin liittymän tulo- ja poistumisuuontien leveys voidaan pitää selvästi pienempänä kuin Suomessa.

4.6 Kiertoliittymissä pyöräilyn järjestelytapojen ja niistä saatujen tutkimustulosten vertailu Suomen tilanteeseen

Kiertoliittymien määrä on Suomessa kasvanut kovaa vauhtia viime vuosien aikana ja vastaavaa kehitystä on huomattavissa myös vertailun muissa maissa. Tutkimuksissa (Elvik 2017) todettu onnettomuusmäärien pienentyminen on varmasti osaltaan edesauttanut kiertoliittymien rakentamista niin Suomessa kuin myös muualla. Pyöräilijöiden kannalta

tilanne on ollut hieman ongelmallisempi, sillä kiertoliittymien pyöräilyonnettomuuksissa loukkaantuneiden ja menehtyneiden määristä on kansainvälisissä tutkimuksissa saatu hyvin vaihtelevia kokemuksia (Elvik 2017). Tuloksiin vaikuttavat luultavasti niin erot maiden pyöräilykulttuureissa kuin myös vaihtelevat tavat pyöräilyn järjestelyissä sekä kiertoliittymän geometrian suunnittelussa.

Alueilla, joilla liikennemäärät ovat melko pieniä ja nopeudet alhaiset, käytetään kaikissa vertailun maissa sekaliikenne ratkaisua, jossa pyöräilijät ja autot hyödyntävät samaa ajorataa. Sekaliikenne ratkaisun turvallisuus on vaihdellut eri maiden välillä, mutta selkeästi eniten konflikteja ratkaisussa näyttää syntyvän kiertotilassa ajavan pyöräilijän ja liittyvän autoilijan välille (Sakshaug et al. 2010). Turvallisuuden takaamiseksi ajonopeuksien alentaminen on tärkeää, jotta sekä pyörän että auton kuljettajilla on riittävästi aikaa havainnointiin ja reagointiin erilaisissa tilanteissa. Tanskassa sekaliikenne ratkaisua saatetaan käyttää vielä 50 km/h nopeusalueella, joka on huomattavasti korkeampi nopeustaso kuin muissa maissa (Cycling Embassy of Denmark 2012). Osaltaan tähän saattaa olla syynä Tanskassa taajamien kiertoliittymissä yleisesti käytettävä pyöräkaistarakaisu, joka muistuttaa melko paljon myös sekaliikenne ratkaisua, jolloin sekä pyöräilijöillä ja autoilijoilla on enemmän kokemusta pyörästä kiertotilassa. Pyöräkaistat on kuitenkin todettu useissa tutkimuksissa pyöräilijöiden kannalta turvatomiksi (Daniels et al. 2009; Jensen 2016) ja näin ollen niistä on monissa muissa maissa luovuttu. Myöskään Suomessa ei suositella pyöräkaistoja kiertotilassa, sillä ne kasvattavat kiertotilan leveyttä ja konfliktipisteiden määrää kiertoliittymässä (Liikennevirasto 2014).

Taajama-alueiden kiertoliittymissä käytetään erillisiä pyöräteitä kaikissa maissa Tanskaa lukuun ottamatta. Erilliset pyörätiet ovat useissa tutkimuksissa osoittautuneet pyöräilyn turvallisuuden kannalta parhaimmaksi järjestelytavaksi kiertoliittymissä (van Minnen 1995; Daniels et al. 2009; Sakshaug et al. 2010; Jensen 2016). Erillisten pyöräteiden tapauksessa on kuitenkin huomioitava, että Suomi on vertailuista maista ainoa, jossa autoilijalle on kiertoliittymässä aina osoitettu väistämisvelvollisuus pyörätien jatkeella ajavaa polkupyöräilijää kohtaan. Myös Ruotsissa liikennesäännöt ovat kiertoliittymissä aina samanlaiset, mutta siellä pyöräilijän on väistettävä kiertoliittymään saapuvaa ajoneuvoa, sillä autoilijalle väistämisvelvollisuudesta kertova liikennemerkki on sijoitettu vasta pyörätien jatkeen jälkeen. Kiertoliittymästä poistuvan ajoneuvon on väistettävä pyörätien jatketta ajavaa pyöräilijää. Vaikka väistämissäännöt ovat kiertoliittymässä aina samanlaiset, saattavat ne silti pyöräilijän näkökulmasta vaikuttaa hieman sekavilta (Sakshaug et al. 2010). Belgiassa ja Alankomaissa taajamissa tilanne on vastaava kuin Suomessa, jolloin väistämisvelvollisuus on liittymään saapuvalla ja siitä poistuvalla autolla. Alankomaiden suunnitteluohjeissa on liittymähaaran suuntaan poistuva pyörätie ohjeistettu sijoittamaan mahdollisimman kauas ajoradasta ja pyörätien jatkeesta, jolloin väistämisvelvollisella autoilijan on helppo havaita samasta kiertosuunnasta pyörätien jatkeelle ajava pyöräilijä.

Sekä Tanskassa, Belgiassa että Alankomaissa käytetään taajaman ulkopuolella kiertoliittymiä, joissa pyöräilijällä on pyörätien jatkeella väistämisvelvollisuus kiertoliittymässä

ajaviin autoihin nähden. Dijkstran (2005) mukaan kyseisellä järjestelyllä pyöräilijöiden turvallisuus paranee verrattaessa tilanteeseen, jossa autoilijoiden tulisi väistää pyöräilijöitä. Alankomaissa erillisen pyörätien muodon ja reitin suunnitteluun on kaksi selkeästi erilaista vaihtoehtoa, joita käytetään eri tilanteissa väistämissäännöistä riippuen (SWOV 2012). Pyöräteiden linjausten osalta samankaltaisia pyöräilyn järjestelytapoja (ks. kuvat 7, 11 & 12) on ehdotettu myös Suomen jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeissa (Liikennevirasto 2014).

Taajaman ulkopuolella Suomessa käytetään kiertoliittymissä yleisesti tulosuunnan taivutuksia, jotka tekevät varsinkin liittymästä poistumisesta autoliikenteelle sujuvampaa. Vastaavissa taajama-alueen ulkopuolisissa kiertoliittymissä on pyöräilijöillä väistämisvelvollisuus autoilijaan nähden Tanskassa, Belgiassa ja Alankomaissa. Myös pyörätiejärjestelyt taajama-alueen ulkopuolella muistuttavat eniten vertailun maiden tilanteita, joissa väistämisvelvollisuus on pyöräilijällä. Kyseisen järjestelyn yhteydessä on tärkeää varmistaa, että väistämissäännöt ovat selkeät sekä pyöräilijälle että autoilijalle. Esimerkiksi Belgiassa väistämisvelvollisuudesta kerrotaan pyöräilijälle selkeästi sekä liikennemerkkin että tiemerkintöjen avulla (kuva 10). Toisaalta Suomessa pyörätien jatkeen yhteydessä on yleensä suojatie, jonka käyttäjiä autoilijan täytyisi joka tapauksessa väistää.

Kiertoliittymien geometriassa on myös havaittavissa selkeitä eroja eri maiden välillä. Suomessa, etenkin taajamien ulkopuolella, on tavanomaista taivuttaa kiertoliittymän tulosuuntaa vasemmalle ja samalla porrastaa liittymähaaroja, jolloin kiertoliittymän liittymissuunta saadaan oikealle ohjaavaksi (Tiehallinto 2001). Alankomaissa ei juurikaan käytetä kumpaakaan näistä ratkaisuista, vaan liittymähaarat tulevat kiertotilaan lähes kohtisuorasti (kuvat 11 & 12). Geometria on Alankomaissa samanlainen sekä taajamassa että sen ulkopuolella, jolloin autojen täytyy tehdä melko tiukka käänös kiertotilaan liityttäessä sekä sieltä poistuttaessa. Näin ollen ajoneuvojen nopeudet pysyvät liittymäalueilla alhaisempina, joka tukee myös pyöräilijöiden turvallisuutta. Alankomaiden käyttämät mitoitusajoneuvot ovat lyhyempiä kuin Suomessa käytetyt mitoitusajoneuvot, jolloin sekä tulo- että poistumissuunnat voidaan tehdä kapeampina kuin Suomessa. Suomessa poistumissuuntia on mahdollista kaventaa yliajettavien korokkeiden avulla. Taajaman ulkopuolella on usein perusteltua suunnitella kiertoliittymä autoliikenteen kannalta sujuvammaksi, jos kiertoliittymässä ei ole kävelijöiden ja pyöräilijöiden tasoyliytyksiä. Tulosuuntien taivutuksen myötä kiertoliittymän poistumissuunnasta muodostuu suoraviivainen ja autoliikenne pääsee poistumaan kiertotilasta ilman ajonopeuden merkittävää alenemista.

Taulukkoon 2 on kerätty yhteenvetona tietoja vertailtujen maiden pyöräilyjärjestelyistä, suunnitteluohjeista sekä väistämissäännöistä niin taajamassa kuin maaseudulla. Taulukosta nähdään, että Tanska on vertailun ainoa maa, jossa käytetään taajamassa pyöräkaistoja kiertoliittymissä. Suomessa ja Ruotsissa kiertoliittymien erilliset pyörätiet ovat kaksisuuntaisia, mutta muiden maiden taajamissa pyöräily tapahtuu yksisuuntaisena samaan kiertosuuntaan autoliikenteen kanssa. Taulukkoon kerätyt tiedot on pyritty keräämään

suunnitteluohjeiden mukaan, jolloin ne kuvaavat enemmän uusia, rakennettavia liittymiä kuin kiertoliittymien nykytilaa.

Taulukko 2. Vertailumaiden pyöräilyjärjestelyt kiertoliittymissä.

	Suomi	Ruotsi	Tanska	Belgia	Alankomaat
Minimijärjestely taajamassa	Sekaliikenne	Sekaliikenne	Sekaliikenne	Sekaliikenne	Sekaliikenne
Minimijärjestelyn yläraja	Nopeustaso korkeintaan 30 km/h	Alle 10 000 autoa ja 1000 pyörää vuorokaudessa	Halkaisija 10 m, nopeustaso 30–50 km/h	-	Alle 6 000 autoa vuorokaudessa
Pyöräilyjärjestely taajamassa	Erillinen pyörätie	Erillinen pyörätie	Pyöräkaista kiertotilan reunalla	Erillinen pyörätie	Erillinen pyörätie
Väistämisvelvollisuus taajamassa	Autoilla väistämisvelvollisuus pyöräilijöitä kohtaan	Autolla väistämisvelvollisuus poistuessa	Pyöräkaistalla autoliikenteen liikennesäännöt	Autoilla väistämisvelvollisuus pyöräilijöitä kohtaan	Autoilla väistämisvelvollisuus pyöräilijöitä kohtaan
Pyöräväylän kiertosuunta taajamassa	Molempiin kiertosuuntiin	Molempiin kiertosuuntiin	Sama kuin autoliikenteellä	Sama kuin autoliikenteellä	Sama kuin autoliikenteellä
Järjestely taajaman ulkopuolella	Erillinen pyörätie	Erillinen pyörätie	Erillinen pyörätie	Erillinen pyörätie	Erillinen pyörätie
Väistämisvelvollisuus taajaman ulkopuolella	Autoilijoilla väistämisvelvollisuus	Autoilijalla väistämisvelvollisuus poistuessa	Pyöräilijöillä väistämisvelvollisuus	Pyöräilijöillä väistämisvelvollisuus	Pyöräilijöillä väistämisvelvollisuus
Kiertosuunta taajaman ulkopuolella	Molempiin kiertosuuntiin	Molempiin kiertosuuntiin	Ensisijaisesti vain autojen kiertosuuntaan	Ensisijaisesti vain autojen kiertosuuntaan	Ensisijaisesti vain autojen kiertosuuntaan

Käsitellyissä kansainvälisissä tutkimuksissa ei ollut tehty selvityksiä pyöräilijöiden onnettomuustyypeistä kiertoliittymissä, joissa pyöräily oli järjestetty erillisten pyöräteiden avulla. Tielaitoksen (2000) ja Montosen (2008) aiemmissa kiertoliittymien turvallisuus selvityksissä oli pyöräilijöille sattuneet onnettomuudet jaoteltu sekä autoilijoiden sekä pyöräilijöiden tulosuuntien mukaan. Näissä tutkimuksissa onnettomuuksia oli sattunut enemmän tilanteissa, jossa auto oli ollut poistumassa kiertoliittymästä. Pyöräilijöiden tulosuunnat jakautuivat melko tasaisesti autoilijan näkökulmasta vasemmalta sekä oikealta tulleiden pyöräilijöiden välille. Tutkittujen pyöräilyonnettomuuksien määrä oli molemmissa tutkimuksessa kuitenkin melko pieni, joten luotettavien johtopäätösten teko tutkimustulosten perusteella ei ole mahdollista. Kansainvälisistä tutkimuksista vain Sakshaugin et al. (2010) tutkimuksessa oli tehty vastaavaa selvitystä. Heidän tutkimuksensa mukaan yleisimpiä onnettomuuksia olivat ne, joissa pyöräilijä tuli pyörätien jatkeelle autoliikenteen kiertosuuntaa vastakkaisesta suunnasta. Tulo- ja poistumissuunnan välillä ei ollut havaittavissa merkittävää eroa. Muista maista ei vastaavaa selvitystä löytynyt, johon yhtenä oletettavana syynä on useampien erilaisten pyöräilyjärjestelyvaihtoehtojen käyttö vertailuissa maissa, jolloin tarkastelut keskittyvät enemmän järjestelyvaihtoehtojen vertailuun yksittäisen järjestelytyypin analyysin sijaan.

5. ONNETTOMUUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Tutkitut kiertoliittymät

5.1.1 Maanteiden kiertoliittymät

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli kerätä tietoa pyöräilijöille sattuneista onnettomuuksista niin maanteiden kuin katujen kiertoliittymissä. Valtion maantieverkko on tarkkaan inventoitu ja Liikenneviraston vastuulla olevista teistä löytyy tarkat ominaisuustiedot Liikenneviraston tierekisteristä. Tierekisteristä löytyy muun muassa tiedot maanteiden liittymistä, liikennemääristä sekä tieosien perustamisajoista. Tutkimusta varten tierekisteristä on haettu liittymätiedot jokaisen maantien osalta ja näistä edelleen poimittu liittymätyypiltään kiertoliittymiksi kirjattujen liittymien tiedot taulukkoon. Kiertoliittymät on luokiteltu risteävistä teistä pieninumeroisimman mukaisesti. Tutkimuksessa käytetty tierekisterin tilannetieto on kiertoliittymien osalta päivätty 2.1.2017.

Maantieverkon kiertoliittymistä saatiin tierekisteristä sijaintitiedot tieosoitteina, eli tienumeron, tieosan sekä etäisyyden yhdistelmänä. Tämän lisäksi tierekisteristä löytyy myös tieto kiertoliittymän muista risteävistä teistä. Myös onnettomuuksia voi tierekisteristä etsiä tieosoitteiden avulla, mutta tällöin täytyisi jokainen kiertoliittymä sekä kiertoliittymään liittyvä tienosa käydä haun avulla erikseen läpi. Näin ollen yhden kiertoliittymän tarkastelu voisi edellyttää jopa neljää erillistä hakua, eikä tieosoitteiden avulla hakemalla löydetäisi kiertoliittymän katuosuuksilla sattuneita onnettomuuksia. Sen takia kiertoliittymille päädyttiin hakemaan sijaintitiedot koordinaatteina, jolloin vertailu onnettomuuksiin olisi huomattavasti helpompaa. Sijaintitiedot haettiin Liikenneviraston Tiemappikarttapalvelusta, josta saatiin myös linkit Google Street View -palveluun jokaisen kiertoliittymän kohdalle. Niin Tiemapin, Googlen Street Viewin kuin myös MML:n Karttapaikan avulla kerättiin kiertoliittymistä myös ilmakuvat kuvankaappauksina sekä tiedot liittymän haarojen lukumäärästä, liittymätyypistä sekä sijainnista joko taajamassa, sen reunalla tai ulkopuolella.

Tierekisterin tietojen mukaan maanteilla oli Suomessa 403 kiertoliittymää vuoden 2017 alussa. Uusien kiertoliittymien osalta liikenteelle luovutuksia tapahtuu vuosittain kymmeniä, joka käy ilmi myös tierekisteristä löytyvien tieosien liikenteelle luovuttamisaikojen avulla. Niistä nähdään, että esimerkiksi vuoden 2016 aikana uusia kiertoliittymiä luovutettiin liikenteelle 33, joka on suurin määrä luovutettuja kiertoliittymiä 2010-luvulla. Vain vuosille 2007 ja 2008 on kirjattu useampia kiertoliittymiä liikenteelle luovutetuiksi. Kiertoliittymien liikenteelle luovutuspäivä on merkityksellinen tieto myös onnettomuus-

tietojen analyysia ajatellen, sillä sijaintiin perustuvalla hakutavalla voi löytyä onnettomuuksia nykyisten kiertoliittymien sijainnin lähetyviltä, jotka ovat kuitenkin tapahtuneet ennen kiertoliittymän rakentamista tai rakentamisen aikana. Onnettomuusselostuksen ja kiertoliittymän liikenteelle luovutuspäivän avulla voitiin varmistua siitä, että onnettomuus oli sattunut kiertoliittymässä. Pieni osa sijaintihaun perusteella löydetyistä onnettomuuksista jätettiin pois tutkimuksesta, koska ne olivat tapahtuneet ennen kiertoliittymän rakentamista.

Taulukkoon 3 on kerätty tietoja maanteillä sijaitsevista kiertoliittymistä tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella. Taulukon yläosassa liittymät on luokiteltu haarojen lukumäärän mukaan, keskiosassa kaistamäärän mukaan ja alaosassa sijaintipaikan perusteella. Kiertoliittymien ominaisuudet selvitettiin silmämääräisesti karttapalveluiden ilmakuvien avulla. Liittymien haarojen lukumäärä oli melko helposti selvitettävissä, kaistojen lukumäärän tunnistamisessa ja jaottelussa kaksikaistaisten ja turboliittymien välillä oli muutamia epäselvempiä tapauksia. Myös kiertoliittymän sijainnissa taajaman suhteen oli mukana pientä tulkinnanvaraisuutta.

Taulukko 3. Maanteiden kiertoliittymien ominaisuudet tierekisterin mukaan, tilanne 2.1.2017.

Kiertoliittymät	Valtatie	Kantatie	Seututie	Yhdystie	Yhteensä
Kolmihaaraiset	10	1	22	18	51
Nelihaaraiset	63	39	122	123	347
Viisihaaraiset	0	1	2	2	5
Yksikaistaiset	63	39	139	141	382
Kaksikaistaiset	6	1	4	1	12
Turboliittymät	4	1	3	1	9
Taajama	23	18	45	72	158
Reuna-alue/portti	40	18	72	47	177
Maaseutu	10	5	29	24	68

Suurin osa kiertoliittymistä on neliharaisia (taulukko 3). Myös kolmihaaraisia liittymiä oli yli 50, mutta viisihaaraisia kiertoliittymiä löytyi vain viisi. Kiertoliittymistä lähes 95 % oli yksikaistaisia. Kaksikaistaisista ja turboliittymistä noin puolet sijoittuivat valtaiteille. Pääteiden, eli valta- ja kantateiden, kiertoliittymistä vain 15 oli sijoittunut maaseutumaisiin olosuhteisiin taajamien ulkopuolelle.

5.1.2 Katuverkon kiertoliittymät

Montosen (2008) tutkimuksessa on esitetty, että vuonna 2007 kuntien katuverkoilla olisi ollut jo yli 250 kiertoliittymää. Määrä on ollut kasvussa, mutta tarkan arvion antaminen katuverkon kiertoliittymien kokonaismäärästä on vaikeaa. Katuverkon liittymistä ei

löydy tierekisterin kaltaista listausta, eikä oheistietoja, kuten liikennemääriä tai liikenteelle luovutusaikoja välttämättä kerätä lainkaan. Kuitenkin pyöräilijöiden määrä taajamien katuverkoilla on huomattavan iso maantieympäristöön verrattuna, joten voidaan olettaa, että suuri osa kiertoliittymien pyöräilyonnettomuuksista tapahtuu näissä katujen kiertoliittymissä. Jotta katuverkon liittymistä saataisiin tutkimukseen edes osa mukaan, haettiin liittymiä onnettomuusrekisteristä risteyssekitteen mukaan. Katuverkon kiertoliittymien löytämiseksi käytiin läpi kaikki tierekisterin onnettomuusrekisteristä löytyneet onnettomuudet vuodesta 2009 alkaen. Kaikkien onnettomuuksien joukosta haettiin sellaisia onnettomuuksia, joihin oli risteystyypiksi kirjattu kiertoliittymä. Jo maantieverkon onnettomuuksia haettaessa huomattiin, että kirjattu risteystyyppi vaihteli huomattavasti kiertoliittymien läheisyydessä tapahtuneissa onnettomuuksissa. Oletuksena oli kuitenkin, että kiertoliittymäonnettomuudeksi ei olisi raportoitu onnettomuutta, joka ei olisi tapahtunut kiertoliittymän läheisyydessä. Osa kiertoliittymäonnettomuuksista oli sattunut maantieverkon kiertoliittymissä, jolloin sattuneet pyöräilyonnettomuudet olivat nousseet esille jo maantieverkon kiertoliittymien onnettomuushaun yhteydessä. Koska lopullisena tavoitteena oli kuitenkin käyttää tietoja edelleen katujen kiertoliittymissä tapahtuneiden pyöräilyonnettomuuksien löytämiseen, eikä katuverkon kiertoliittymien inventointiin, ei sijaintitietoja tässä vaiheessa käyty erikseen lävitse. Näin saatiin kuitenkin muodostettua pistejoukko, jotka oletettavasti sijaitsivat kiertoliittymien läheisyydessä, ja jota voitaisiin edelleen käyttää mallina katuverkon kiertoliittymissä tapahtuneiden onnettomuuksien etsimiseen.

Tällä lähestymistavalla tutkimuksesta jäivät pois kaikki sellaiset katuverkon kiertoliittymät, joissa ei viimeisen yhdeksän vuoden aikana ole raportoitu yhtään sellaista onnettomuutta, jossa risteystyypiksi olisi kirjattu kiertoliittymä. Luultavasti näissä kiertoliittymissä on tapahtunut myös joukko pyöräilyonnettomuuksia, joita ei tällä hakutavalla päästy tarkastelemaan. Todennäköisemmin haussa löytyivät onnettomuudet kiertoliittymistä, joissa onnettomuuksia on tapahtunut vuosien aikana useampia, sillä onnettomuuksien löytämiseksi riitti, että yksikin näistä onnettomuuksista oli kirjattu risteystyypiltään kiertoliittymäonnettomuudeksi. Jatkossa hakutapaa voisi luultavasti vielä kehittää, mutta tässä tutkimuksessa käytettävissä olleilla aineistoilla tämä nähtiin kattavimmaksi ja tehokkaimmaksi tavaksi hakea katuverkon onnettomuuksia. Suurempi kattavuus onnettomuuksista voitaisiin saada esimerkiksi keräämällä kunnilta tiedot katuverkon kiertoliittymistä, jolloin liittymistä voitaisiin tehdä vastaava listaus kuin maantieverkon kiertoliittymistä. Toisaalta kattavuutta voisi parantaa myös onnettomuuksien raportoinnissa käytettävän luokituksen parantaminen, jolloin yhä suurempi osa kiertoliittymäonnettomuuksista voitaisiin löytää hakemalla pelkän risteystyypin avulla.

Tutkimuksen aikana katuverkon kiertoliittymistä käytiin keskustelua Porin kaupungin katusuunnittelusta vastaavan liikenneinsinööri Sanna Välimäen kanssa. Keskustelussa nousi mahdollisena onnettomuuskeskittymänä esille Porin Tikkulassa sijaitseva kierto-

liittymä, josta ei kuitenkaan risteystyyppin perusteella tehdyissä hauissa ollut löytynyt yhtään risteystyyppiltään kiertoliittymäonnettomuudeksi raportoitua onnettomuutta. Asian tarkistamiseksi haettiin karttapalvelun avulla kiertoliittymälle koordinaatit, joita verrattiin pyöräilyonnettomuuksien koordinaatteihin. Kyseisestä kiertoliittymästä löytyi lopulta yhteensä kahdeksan onnettomuutta, joissa pyöräilijä oli ollut osallisena. Vain yhdestä muusta kiertoliittymästä löytyi yhtä monta onnettomuutta kuin tästä kyseisestä liittymästä. Kuitenkaan yhtäkään näistä pyöräilyonnettomuuksista, tai muista tässä kiertoliittymässä tapahtuneista onnettomuuksista, ei ollut kirjattu risteystyyppiltään kiertoliittymässä sattuneeksi. Hakutavassa tai onnettomuuksien kirjaamisessa olisi selvästi vielä kehittämistä. Ei ole kuitenkaan syytä olettaa, että löytyneet tai pois jääneet onnettomuudet poikkeaisivat toisistaan merkittävästi, joten voidaan olettaa haulle löytyneiden onnettomuuksien kuvaavan melko kattavasti kaikkia kiertoliittymissä sattuneita pyöräilyonnettomuuksia.

Katuverkon kiertoliittymät ominaisuuksiensa mukaan jaoteltuina on esitetty taulukossa 4. Katuverkolta vertailussa ovat mukana vain ne liittymät, joista löydettiin vähintään yksi onnettomuus, jossa pyöräilijä oli ollut osallisena. Toisin sanoen, maanteiden kiertoliittymistä vertailussa olivat mukana kaikki maantieverkon kiertoliittymät, mutta katujen kiertoliittymät edustavat vain pientä osaa kaikista katuverkkojen kiertoliittymistä.

Taulukko 4. Katujen kiertoliittymät, joista löydettiin vähintään yksi pyöräilijän kiertoliittymäonnettomuus, jaoteltuna liittymähaarojen lukumäärän, kiertoliittymätyypin ja sijainnin mukaan.

Kiertoliittymät	Kadut
Kolmihaaraiset	16
Nelihaaraiset	106
Viisihaaraiset	9
Kuusiharaiset	1
Yksikaistaiset	121
Kaksikaistaiset	8
Turboliittymät	3
Taajama	123
Reuna-alue/portti	9

Taulukossa 4 esitellyissä katuverkon kiertoliittymissä oli havaittavissa enemmän monimuotoisuutta maantieverkon kiertoliittymiin verrattuna. Katuverkolla yli nelikaaraisia kiertoliittymiä oli kaksinkertainen määrä tieverkon liittymiin verrattuna, vaikka liittymien kokonaismäärä oli vain noin kolmasosa maantieverkon liittymistä. Katuverkosto on tiheä ja liittymävälit lyhyitä tieverkkoon verrattuna, jolloin myös yhteen liittymään saattaa joutaa huomattavasti useampia liittymähaaroja. Havaituista katuverkkojen kiertoliittymistä suurin osa sijaitsi taajama-alueella, mutta lisäksi yhdeksän liittymää oli taajaman reuna-alueella.

5.2 Onnettomuustiedot ja niiden tutkimusmenetelmät

Onnettomuuksien tutkimisessa käytetään hyväksi Liikenneviraston onnettomuustilastoja. Tiedot poliisin tietoon tulleista tieliikenneonnettomuuksista on kirjattu poliisin järjestelmään, josta ne kolmesti kuukaudessa toimitetaan Tilastokeskukselle (Tilastokeskus 2015). Tilastokeskus täydentää saadut tiedot Liikenneviraston, Liikenteen turvallisuusviraston ja Tilastokeskuksen kuolemansyytilaston tiedoilla. Liikennevirastolle tilastot toimittaa Tilastokeskus, joka myös vastaa tietojen sisällöstä sekä laadusta. Onnettomuustiedoista käyvät ilmi esimerkiksi onnettomuuden osalliset, tapahtumapaikka ja -aika sekä poliisin sanallinen kuvaus tapahtumien kulusta (Tilastokeskus 2015). Liikennevirastossa onnettomuustietoihin lisätään vielä onnettomuuteen liittyvät tie- ja liikennetiedot. (Liikennevirasto 2017b)

Poliisi ilmoittaa onnettomuuden sijaintitiedot gps-koordinaattien, tieosoitteen avulla ja tekstikenttään kirjoitetun osoitteen avulla. Tilastokeskuksessa selvitetään ilmoitettujen tietojen perusteella tieosoite Digiroad-verkolla. Liikenneviraston tierekisterin tieosoitteet eivät ole täysin yhteneviä Digiroadin tieosoitteiden kanssa, joten Liikennevirastossa selvitetään vielä tierekisterin verkkoa vastaava tierekisteriosoite. Tierekisterin onnettomuuksista löytyvät kaikki poliisin kirjaamat liikenneonnettomuudet maanteiltä, kadulta ja yksityisteiltä. Tilastokeskus kuitenkin selvittää katuverkolla ja yksityisteillä sattuneiden onnettomuuksien tiedot vain henkilövahinkoihin johtaneiden sekä hirvieläinonnettomuuksien osalta. Näin ollen tierekisterimuotoista osoitetta ei katuverkon ja yksityisteiden muiden onnettomuuksien osalta ole saatavilla. (Häkkinen 2016)

Poliisin lisäksi tietoja liikenneonnettomuuksista keräävät myös vakuutusyhtiöt liikennevahinkorekisteriin sekä sairaalat hoitoilmoitusrekisteriin. Tutkimusta varten selvitettiin mahdollisuutta käyttää apuna myös vakuutusyhtiöiden liikennevahinkorekisteriä, mutta kyseisestä rekisteristä ei ollut mahdollista tehdä hakua pelkistä kiertoliittymäonnettomuuksista. Näin ollen tutkimuksessa hyödynnettiin vain Liikenneviraston onnettomuusaineistoja. Poliisin tietojärjestelmään tulleiden ilmoitusten kattavuus kaikista sattuneista onnettomuuksista vaihtelee suuresti. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien osalta tilaston kattavuus on 100 %, kun taas henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien kohdalla kattavuus on enää noin 30 % (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Heikointa kattavuus on yksittäisonnettomuuksissa loukkaantuneiden polkupyöräilijöiden osalta. Koska onnettomuuksien tilastoinnin kattavuus kasvaa onnettomuuden vakavuuden kasvaessa, voidaan olettaa tässä tutkimuksessa käsiteltyjen onnettomuuksien olevan hieman vakavampia kaikkien onnettomuuksien keskiarvoon nähden.

Vuodesta 2009 eteenpäin on onnettomuustilastoihin kerätty poliisin ilmoittamat tapahtumapaikan koordinaatit. Vielä vuonna 2009 ei sijaintitiedon tilastointi ollut täysin kattavaa kaikkien onnettomuuksien osalta, mutta seuraavina vuosina tiedot löytyivät jo kaikista onnettomuuksista. Koska käytetty onnettomuuksien hakumenetelmä perustui kiertoliittymien sijaintiin, päätettiin tarkasteltavaksi tutkimusaineistoksi ottaa onnettomuustiedot

vuodesta 2009 eteenpäin. Lisäksi todettiin, että kyseisellä rajauksella saadaan kerättyä tätä tutkimusta varten riittävän kattava otos pyöräilijöiden onnettomuuksista. Näin ollen onnettomuustiedot kerättiin yhdeksän vuoden ajalta, tosin vuodelta 2017 ei onnettomuuksien hakuajankohtana löytynyt vielä yhtään pyöräilijän kiertoliittymäonnettomuutta.

Onnettomuustiedot haettiin Excel-taulukkoina Liikenneviraston tienpitoon liittyvästä tietopalvelu Tiirasta. Tiirasta saataviin Excel-taulukkoihin on kerätty lähes kaikki onnettomuuksiin liittyvät tiedot, joista suurimmasta osasta on saatavilla arvot sekä numeroiden avulla koodattuina sekä selitteellä ilmaistuin. Onnettomuuspaikkaan ja -aikaan liittyvät tiedot saatiin kerättyä taulukoiden avulla, mutta tapahtumien kulun selvittäminen ei onnistunut pelkästään näiden tietojen avulla. Siksi tarkemmat tiedot sekä tapahtuneesta että osallisista kerättiin tierekisterin onnettomuushaun avulla. Tierekisterin haun avulla päästään myös käsiksi poliisin sanalliseen kuvaukseen tapahtumista, jota ilman onnettomuuksien tarkempi luokittelu olisi ollut lähes mahdotonta.

Kiertoliittymissä tapahtuneiden pyöräilyonnettomuuksien etsiminen tapahtui Excel-ohjelmalla tehtyjen hakujen avulla. Tiirasta haettiin onnettomuustiedot halutulta ajalta, jonka jälkeen onnettomuustietojen koordinaatteja verrattiin ensin maanteiden ja sen jälkeen katujen kiertoliittymien koordinaatteihin. Maanteiden kiertoliittymistä sijaintitiedot oli määritetty tarkasti keräämällä kiertosaarekkeen keskikohdan koordinaatit Maanmittauslaitoksen Karttapaikka-palvelun avulla. Lisäksi liittymävälit ovat maantiellä usein suurempia kuin kaduilla, jolloin kiertoliittymissä tapahtuneet onnettomuudet saatiin melko helposti erotettua kiertoliittymän ulkopuolella tapahtuneista onnettomuuksista.

Onnettomuuksista käytiin läpi tierekisterin selostuksen avulla läpi kaikki sellaiset, joiden etäisyys lähimmästä kiertoliittymästä oli korkeintaan 100 metriä. Aluksi onnettomuuksia käytiin läpi vielä suuremmalta alueelta, mutta nopeasti huomattiin, että etäisyyden las kentamenetelmä toimi tarkasti ja tehokkaasti, jolloin sädetä voitiin pienentää ilman merkittävää riskiä onnettomuuksien vääristä hylkäyksistä etäisyyden perusteella. Tierekisterin avulla varmistettiin jokaisen onnettomuuden kohdalta tapahtumien kulku ja se, että onnettomuus oli tapahtunut kiertoliittymässä tai sen välittömässä läheisyydessä. Onnettomuuksista kelpuutettiin mukaan sellaiset, jotka olivat tapahtuneet joko pyörätien jatkeella tai suojatiellä kiertoliittymän välittömässä läheisyydessä, kiertotilassa, liittymähaaralla, pyörätiellä kiertoliittymän välittömässä läheisyydessä tai liittymähaaran alikulussa. Onnettomuudet arvioitiin aina tapauskohtaisesti ja osa etäisyyden perusteella kiertoliittymän läheisyydessä tapahtuneista onnettomuuksista sivuutettiin, koska niiden katsottiin tapahtuneen kiertoliittymään kuulumattomilla tien tai kadun osilla. Tavallisimpia hylättyjä tapauksia olivat kiertoliittymän vieressä kulkeneella jalankulku- ja pyörätiellä tapahtuneet onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet linjaosuudella eivätkä kiertoliittymän läheisyydessä.

Katuverkon kiertoliittymistä ei ollut yhtä tarkkaa sijaintitietoa saatavilla, vaan sijainnit perustuivat kiertoliittymäonnettomuuksiksi raportoitujen onnettomuuksien sijainteihin.

Katuverkolla usein myös liittymäväli on pienempi, jolloin sadan metrin etäisyyden perusteella haetuista onnettomuuksista suurempi osa jouduttiin hylkäämään, koska ne eivät olleet tapahtuneet kyseisessä kiertoliittymässä. Menetelmä kuitenkin toimi hyvin ja katuverkon kiertoliittymissä tapahtuneita onnettomuuksia saatiin tällä tavalla kerättyä paljon suurempi joukko, kuin pelkän risteyssekitteen avulla olisi ollut mahdollista.

Onnettomuusraporttien ja selostusten avulla pyrittiin jokaisesta onnettomuudesta määrittelemään tapahtumapaikka ja liittymän tiedot sekä tiedot osallisista ja heidän tulosuunnistaan. Suurin osa onnettomuuksista oli tapahtunut kiertoliittymän haaralla sijaitsevalla pyörätien jatkeella. Näissä tapauksissa kirjattiin taulukkoon tieto siitä, oliko auto tai muu toinen osallinen tulossa kiertoliittymää kohti vai poistumassa kiertotilasta. Jos onnettomuus tapahtui toisen osallisen poistuessa kiertotilasta, pyrittiin selvittämään, mistä liittymähaarasta tämä oli kiertoliittymään saapunut. Lisäksi kirjattiin ylös tieto siitä, mistä suunnasta pyöräilijä tuli toiseen osalliseen nähden. Kiertoliittymästä kerättiin tiedot niin liittymähaarojen lukumäärästä, kaistojen määrästä ja liittymän tyypistä sekä siitä, sijaitisiko liittymä taajamassa, sen reunalla vaiko maaseutumaisessa ympäristössä. Myös onnettomuuden osallisten iät ja sukupuolet taulukoitiin. Moottoriajoneuvon ollessa osallisena vain sen kuljettajan tiedot kerättiin talteen.

Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien tutkimuksessa hyödynnettiin myös Onnettomuustietoinstituutin tutkijalautakunta-aineistoja. Tutkijalautakunnat tekevät selvityksen kaikista kuolemaan johtaneista tie- ja maastoliikenneonnettomuuksista (OTI 2017). Tutkiminnan tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät ovat johtaneet onnettomuuteen ja millä toimenpiteillä onnettomuuksia voitaisiin jatkoissa ehkäistä ja liikenneturvallisuutta parantaa. Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakunnissa ovat edustettuina asiantuntijat lääketieteen, ajoneuvotekniikan, tienpidon sekä käyttäytymistieteen aloilta. Lisäksi tutkimukseen osallistuu myös poliisi ja tarvittaessa edustajia myös muilta erityisaloilta. Lautakuntien keräävät onnettomuudesta kattavat tutkinta-asiakirjat, joiden perusteella tapahtuneesta luodaan vielä julkinen tutkintaselostus. (OTI 2017)

6. ONNETTOMUUKSIEN ANALYYSI

6.1 Onnettomuusmäärät

Tutkimuksessa tunnistettiin vuosien 2009–2016 ajalta yhteensä 215 kiertoliittymissä sattunutta onnettomuutta, joissa vähintään yhtenä osallisena oli polkupyöräilijä. Onnettomuudet kiertoliittymän sijainnin ja onnettomuuden vakavuuden mukaan eriteltyinä on esitetty taulukossa 5. Tutkimusaineistossa oli 403 maanteiden kiertoliittymää, joista löydettiin 83 pyöräilyonnettomuutta. Lisäksi risteyssekitien avulla löydettiin 132 onnettomuutta katuverkon kiertoliittymistä. Henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia näistä oli 162 onnettomuutta, joka vastaa 75 % kaikista onnettomuuksista. Henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista 8 oli kuolemaan johtaneita. Kaikki henkilövahinkoonnettomuuksissa loukkaantuneet tai menehtyneet olivat pyöräilijöitä. Yhdessäkään onnettomuudessa ei menehtynyt tai loukkaantunut useita pyöräilijöitä.

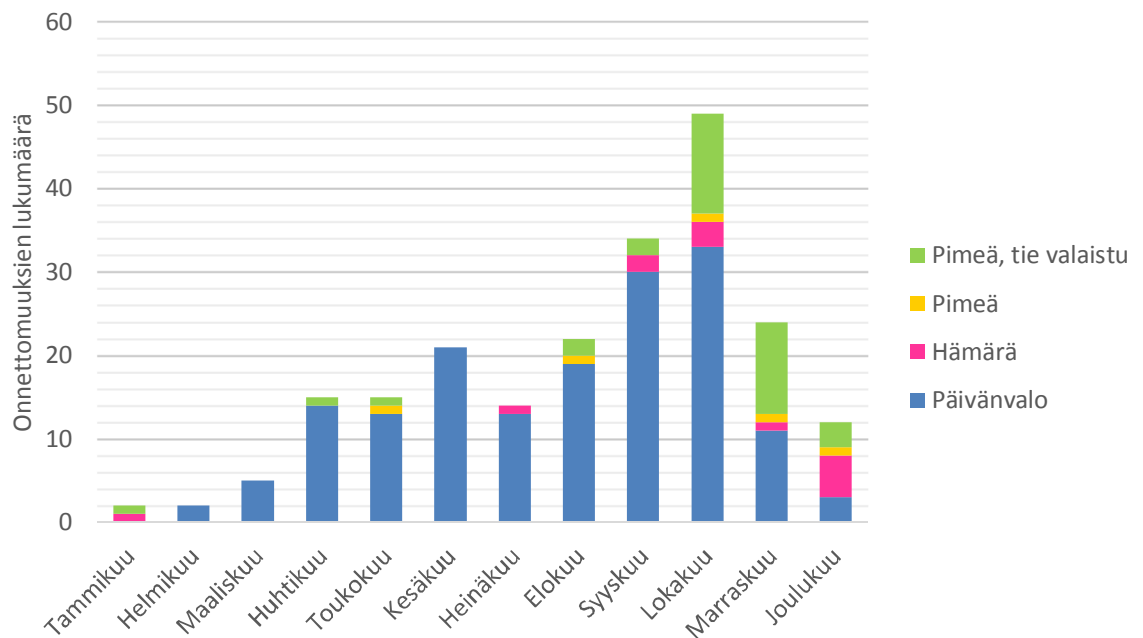
Onnettomuuksien vakavuudessa ei ollut merkittävää eroa maanteiden ja katujen kiertoliittymien välillä, sillä noin neljäsosassa molempien onnettomuuksista selvittiin pelkillä omaisuusvahingoilla. Kaikista onnettomuuksista tilastoihin kirjatun tiedon perusteella vain kahdeksan oli tapahtunut liikennemerkillä osoitetun taajaman ulkopuolella. Tässä tutkimuksessa tehdyn kiertoliittymien sijaintiluokittelun perusteella neljä onnettomuutta oli tapahtunut maaseutumaisen ympäristön kiertoliittymissä ja 37 onnettomuutta taajaman reuna-alueella tai porttikohdassa sijainneissa kiertoliittymässä. Kaikissa lopuissa onnettomuuksissa kiertoliittymän sijainniksi oli määritelty taajama.

Taulukko 5. Kiertoliittymissä pyöräilijöille sattuneet onnettomuudet jaoteltuna sijainnin ja vakavuuden mukaan ajalta 2009-2016.

Onnettomuudet	Maanteillä	Kaduilla	Yhteensä
Henkilövahinko-onnettomuudet	63	99	162
-Loukkaantumiseen johtaneet	60	94	154
-Kuolemaan johtaneet	3	5	8
Omaisuuksivahinko-onnettomuudet	20	33	53
Yhteensä	83	132	215

Sattuneista onnettomuuksista noin puolet, eli 107, oli tapahtunut syksyllä syys-, loka- ja marraskuun aikana (kuva 13). Vuoden kolmen ensimmäisen kuukauden aikana onnettomuuksia oli sattunut yhteensä alle 10, jota selittää osaltaan pyöräilyn kausivaihtelukerroin (kuva 6). Alkuvuoden aikana pyöräilymäärät ovat vähäisiä, jolloin myös onnettomuuksia on sattunut vähiten. Kausivaihteluun suhteutettuna kevään ja kesän aikana onnettomuuksia on kuitenkin sattunut selvästi vähemmän kuin mitä pyöräilymäärän perusteella voisi

olettaa. Syksyllä onnettomuuksille voivat altistaa matalalta paistavan auringon häikäisy, päivien pimeneminen ja kylmenemisen myötä saapuva liukkaus. Onnettomuustietoihin kerätään tieto myös valoisuudesta tapahtumahetkellä, jonka perusteella päivänvalossa on onnettomuuksista tapahtunut 164 tapausta. Päivänvalon lisäksi muita luokkia ovat hämärä ja pimeä, josta on eroteltu erikseen tilanteet, joissa tie on ollut valaistu tai valaisematon. Muussa kuin päivänvalossa tapahtuneista onnettomuuksista selvästi yleisimpiä ovat pimeässä, mutta valaistulla tiellä sattuneet onnettomuudet, joita oli yhteensä 33. Pimeässä, mutta valaisulla tiellä, sattuneet onnettomuudet olivat selvästi keskittyneet loka- ja marraskuuhun, jolloin kyseisissä valaistusolosuhteissa oli tapahtunut yhteensä 23 onnettomuutta. Liikenneturvan (2017c) raportin mukaan kolme viidestä autoilijasta on kokenut vaikeuksia pyöräilijän havaitsemisessa pimeässä. Vain noin puolet pyöräilijöistä käyttää valoa ajaessaan pimeään aikaan (Liikenneturva 2017c).



Kuva 13. Kiertoliittymissä pyöräilijöille sattuneiden onnettomuuksien lukumäärät kuukausittain jaoteltuna raportoidun valoisuuden mukaan.

Kaikki onnettomuudet huomioiden viikonpäivistä lauantain ja sunnuntain aikana oli kiertoliittymissä sattunut vain yhteensä 32 pyöräilijöiden onnettomuutta. Arkipäivistä perjantaina oli sattunut eniten onnettomuuksia, 48 tapausta, kun taas muina arkipäivinä jakauma oli selvästi tasaisempi. Onnettomuudet olivat jakautuneet melko tasaisesti kello 6 ja 22 välille. Iltapäivällä oli onnettomuuksia sattunut hieman enemmän, sillä kello 15-18 välille ajoittui noin kolmasosa kaikista onnettomuuksista. Onnettomuusraportoinnissa risteysseilitteen perusteella kiertoliittymäonnettomuuksiksi oli raportoitu 74 tapausta. Kärkikolmio- ja muu risteys -tunnisteilla oli kirjattu molemmilla 56 onnettomuutta, linjaonnettomuuksiksi 21 onnettomuutta, tasa-arvoisiksi risteyksiksi 7 tapausta ja yksi onnettomuus oli raportoitu STOP-merkillä varustetuksi. Risteysseilitteen raportointi ei ole kovin yksiselitteinen, sillä suomalaisissa kiertoliittymissä autoille on kärkikolmio ennen suojatietä

ja pyörätien jatketta, jolloin myös väistämisvelvollisuus-kirjaus raportoinnissa voi olla perusteltu.

Auringon häikäisy oli noussut esille Tielaitoksen (2000) tutkimuksessa mahdollisena pyöräilyonnettomuuksien syynä. Koska onnettomuusmäärät olivat syys-, loka- ja marraskuussa suuria, päätettiin mahdollista auringon häikäisyä tutkia tarkemmin näiden onnettomuuksien osalta. Auringon häikäisyn arvioimiseen käytettiin apuna SunCalc-palvelua, jossa auringonpaisteen suuntaa ja kulmaa pystytään tarkastelemaan päivämäärän, kellonajan ja sijainnin mukaan. Palveluun syötettiin tiedot syys-, loka- ja marraskuussa sattuneiden 107 onnettomuuden tiedot. Onnettomuuksista 47:ssä aurinko paistoi sellaisesta suunnasta ja kulmasta, joka on saattanut häikäistä kuljettajaa ja olla yksi onnettomuuteen johtaneista tekijöistä. Onnettomuuksista tarkasteltiin vielä erikseen auringon nousun ja laskun ajankohtina sattuneita onnettomuuksia. Aamuauringon häikäisyä tarkasteltiin kello 7 ja 10 väliseltä ajalta, jona oli tapahtunut 31 onnettomuutta. Auringon arvioitiin mahdollisesti häikäisseen auton kuljettajaa 15 onnettomuudessa. Auringonlasku ajoittui kello 13 ja 18 välille. Loka- ja marraskuussa tällä aikavälillä oli sattunut yhteensä 32 onnettomuutta, joista 19 onnettomuudessa aurinko saattoi paistaa auton kuljettajaa kohti häikäisevästi. Syyskuussa auringonlasku tapahtui myöhemmin, joten syyskuussa ei tällä aikavälillä nähty muutosta onnettomuuksien jakaumassa. Auringon häikäisyn vaikutusta voisi jatkossa tutkia tarkemmin huomioimalla esimerkiksi raportoidun pilvisyyden sekä käymällä läpi onnettomuuksien kirjalliset selostukset, mutta näyttää siltä, että matalalta paistavan auringon häikäisy voisi olla yksi syksyn onnettomuuksia selittävä tekijä.

6.1.1 Maanteiden kiertoliittymien onnettomuudet

Maanteiden kiertoliittymien ja vuosina 2009-2016 sattuneiden onnettomuuksien sijaintitietoja vertaamalla löydettiin Tiiran onnettomuustietokannasta 129 onnettomuutta, jotka otettiin tarkempaan tutkintaan. Nämä onnettomuudet käytiin yksitellen läpi vertaillen tie-rekisterin onnettomuustietoja, onnettomuudesta kirjattua selostusta sekä kiertoliittymään liittyviä tietoja. Tällä tarkastelulla onnettomuuksien joukosta löytyi 83 sellaista onnettomuutta, jotka täyttivät annetut kriteerit niin onnettomuuspaikan kuin osallisten suhteen. Näiden onnettomuuksien tapahtumapaikka oli selkeästi kiertoliittymän tai siihen liittyvien osien alueella. Lisäksi onnettomuudessa vähintään yhtenä osallisena oli pyöräilijä.

Sijaintitietojen perusteella löydetyistä onnettomuuksista 46 hylättiin, sillä niiden ei nähty täyttävän asetettuja kriteerejä. Suurin osa hylätyistä onnettomuuksista oli tapahtunut niin kaukana kiertoliittymästä, että kiertoliittymällä ei nähty olevan vaikutusta näiden syntymiseen. Muun muassa kiertosaarekkeiden kokojen suuret vaihtelut vaikeuttivat selkeää rajausta etäisyyden perusteella, joten jokainen tilanne arvioitiin yksitellen. Lisäksi joukossa oli myös sellaisia onnettomuuksia, jotka olivat tapahtuneet ennen kiertoliittymän rakentamista kyseiselle paikalle. Kahdesta onnettomuudesta ei löytynyt onnettomuusrekisteristä selostusta ja koordinaattien perusteella onnettomuuspaikka oli liittymän ulkopuo-

lolla, joten ne jouduttiin hylkäämään. Joukossa oli myös onnettomuuksia, jotka olivat sattuneet kiertoliittymän läheisyydessä kulkevan pyörätien linjaosuudella. Pyörätiellä sattuneista onnettomuuksista otettiin mukaan sellaiset, jotka olivat sattuneet kiertoliittymään liittyvän rakenteen, esimerkiksi alikulun, välittömässä läheisyydessä. Selkeästi linjaosuudella sattuneiden onnettomuuksien syntyyn ei kiertoliittymällä nähty olevan riittävästi vaikutusta, jotta kyseisiä onnettomuuksia olisi kelpuutettu mukaan tarkasteluun.

Löydetyistä 83 pyöräilijän kiertoliittymäonnettomuudesta vain 27 oli raportoitu risteystyyppin mukaan kiertoliittymäonnettomuuksiksi. Muita raporteissa ilmoitettuja risteystyyppejä olivat muu risteys, kärkikolmio, linjaonnettomuus sekä tasa-arvo. Maanteiden kiertoliittymistä selvästi suurin osa oli nelihaaraisia ja yksikaistaisia. Myös onnettomuuksista selvästi suurin osa sattui näitä liittymätyyppejä edustaneissa liittymissä (taulukko 6).

Taulukko 6. Maanteiden kiertoliittymätyypit ja pyöräilijöille kiertoliittymissä ajalla 2009-2016 sattuneiden onnettomuuksien jakauma kiertoliittymätyyppien välillä.

Kiertoliittymät	Maantiet	Osuus	Onnettomuudet	Osuus
Kolmihaaraiset	51	12,7 %	5	6,0 %
Nelihaaraiset	347	86,1 %	77	92,8 %
Viisihaaraiset	5	1,2 %	1	1,2 %
Yksikaistaiset	382	94,8 %	81	97,6 %
Kaksikaistaiset	12	3,0 %	2	2,4 %
Turboliittymät	9	2,2 %	0	0,0 %
Taajama	158	39,2 %	50	60,2 %
Reuna-alue/portti	177	43,9 %	29	34,9 %
Maaseutu	68	16,9 %	4	4,8 %

Kolmihaaraisissa liittymissä oli sattunut vain viisi pyöräilijöiden kiertoliittymäonnettomuutta, joka suhteellisenä osuutena on selvästi vähemmän kuin kyseisen liittymätyypin osuus kaikista maanteiden kiertoliittymistä. Kolmihaaraisen kiertoliittymien lisäksi kiertoliittymien määrään suhteutettuna vähän onnettomuuksia sattui turbokiirtoliittymissä, joissa ei pyöräilijöiden onnettomuuksia ollut sattunut ensimmäistäkään. Maanteiden turbokiirtoliittymistä vain kahdessa oli liittymähaaroilla yhdessä tasossa pyörätien jatke ja suojatie. Myös kolmihaaraisissa kiertoliittymissä oli paljon liittymiä, joissa ei ollut tasoyliä liittymähaaroilla, jolloin myös onnettomuuksia sattui kyseisissä liittymissä selvästi vähemmän.

Onnettomuudet olivat selvästi painottuneet taajamissa sekä taajamien reuna-alueilla sijaitseviin kiertoliittymiin. Taajamissa myös pyöräilymäärät ovat oletettavasti selvästi suurempia, jolloin myös onnettomuuksista suuri osa keskittyy taajama-alueille. Maaseutumaisissa olosuhteissa nopeustasot ovat usein korkeammat ja pyöräilyn ja kävelyn järjestyksinä käytetään usein eritasoratkaisuja, jolloin onnettomuuksia autojen ja pyöräilijöiden

välillä ei pitäisi päästä syntymään. Toisaalta aineistosta löytyi neljä onnettomuutta, joissa tapahtumapaikkana oli kiertoliittymän yhteydessä sijainnut alikulku. Kaikissa alikulkuonnettomuuksissa toisena osallisena oli ollut mopoilija. Kolmessa tapauksessa vastaan tuleva mopoilija ja pyöräilijä eivät olleet havainneet toisiaan ajoissa, yhdessä tapauksessa mopo oli ollut pysäytettyä alikulkuun ja pyöräilijä oli kaatunut väistäessään sitä.

Maanteiden kiertoliittymistä vain kahdessa oli sattunut enemmän kuin kaksi onnettomuutta. Kokemäen Kauvatsantien kiertoliittymässä yhteensä viidessä onnettomuudessa oli ollut osallisena pyöräilijä ja Joensuussa Hukanhaudan kiertoliittymässä oli onnettomuuksia sattunut kolme. Molemmat kiertoliittymät ovat nelihaaraisia, yksikaistaisia ja taajamassa sijaitsevia kiertoliittymiä. Kummankaan kiertoliittymän pyöräilyonnettomuuksissa ei ollut menehtynyt yhtään henkilöä.

6.1.2 Katujen kiertoliittymien onnettomuudet

Katuverkolla sattuneiden onnettomuuksien haussa lähtökohta oli huomattavan erilainen maanteihin verrattuna. Maantieverkon kiertoliittymistä oli saatavilla kattava listaus sijaintitietoineen ja onnettomuuksien haku tehtiin näiden sijaintitietojen perusteella. Katuverkon kiertoliittymistä ei vastaavaa listausta ollut saatavilla, joten haku perustui onnettomuusrekisterin risteysselektioon. Onnettomuuksista haettiin aluksi kaikki vuosien 2009–2016 onnettomuudet, joissa risteysselektionä oli kiertoliittymä. Tähän hakuun otettiin mukaan kaikki onnettomuustyyppit, eikä hakua rajattu osallisten mukaan. Näiden onnettomuuksien oletettiin tapahtuneen lähellä kiertoliittymää, joten onnettomuuksien koordinaattitiedot otettiin talteen. Tämän jälkeen tehtiin uusi haku sijaintitietojen perusteella siitä onnettomuusjoukosta, jossa vähintään yhtenä osallisena oli pyöräilijä. Saadut tulokset käytiin yksitellen läpi ja joukosta löydettiin 124 onnettomuutta, jotka otettiin tutkimukseen mukaan. Nämä onnettomuudet olivat tapahtuneet 66 kiertoliittymässä. Lisäksi tarkasteluun otettiin mukaan myös Porin Tikkulan kiertoliittymässä sattuneet 8 onnettomuutta, jolloin onnettomuuksien kokonaismäärä oli 132 onnettomuutta.

On huomattava, että tämän haun ulkopuolelle jäivät kaikki sellaiset kiertoliittymät, joissa ei ollut kaikista onnettomuuksista yhtäkään onnettomuutta raportoitu kiertoliittymäonnettomuutena risteysselektion perusteella. Löydetyissä katuverkon onnettomuuksissa vain hieman yli kolmasosassa oli risteysselektionä kirjattu kiertoliittymä. Maanteiden 403 kiertoliittymästä löydettiin yhteensä 83 pyöräilijän kiertoliittymäonnettomuutta, jotka olivat sattuneet 63:ssa eri kiertoliittymässä. Kaduilla olevista 66 kiertoliittymästä löydettiin 132 onnettomuutta, joten keskimäärin onnettomuuksia sattui liittymää kohti selvästi enemmän katuverkon liittymissä kuin maatiellä. Kokonaismääräksi maanteiltä ja kaduilta saatiin 215 onnettomuutta, jotka ovat tapahtuneet kiertoliittymässä ja ainakin yhtenä osallisena oli polkupyöräilijä.

Käytetystä onnettomuuksien ja kiertoliittymien hakutavasta johtuen kaikissa tutkimuksessa mukana olleissa katujen kiertoliittymissä oli sattunut vähintään yksi pyöräilyonnettomuus. Näin ollen onnettomuuksien jakauma eri liittymätyyppien välille oli katujen liittymissä lähes identtinen kiertoliittymien jakaumaan eri liittymätyyppien välille (taulukko 7). Katuverkon kiertoliittymistä löytyi kuitenkin useampia selviä onnettomuuskeskittymiä kuin maanteiden kiertoliittymistä. Viidessätoista kiertoliittymässä oli sattunut vähintään kolme pyöräilijöiden onnettomuutta ja kahdessa kiertoliittymässä oli kummassakin sattunut jopa kahdeksan onnettomuutta.

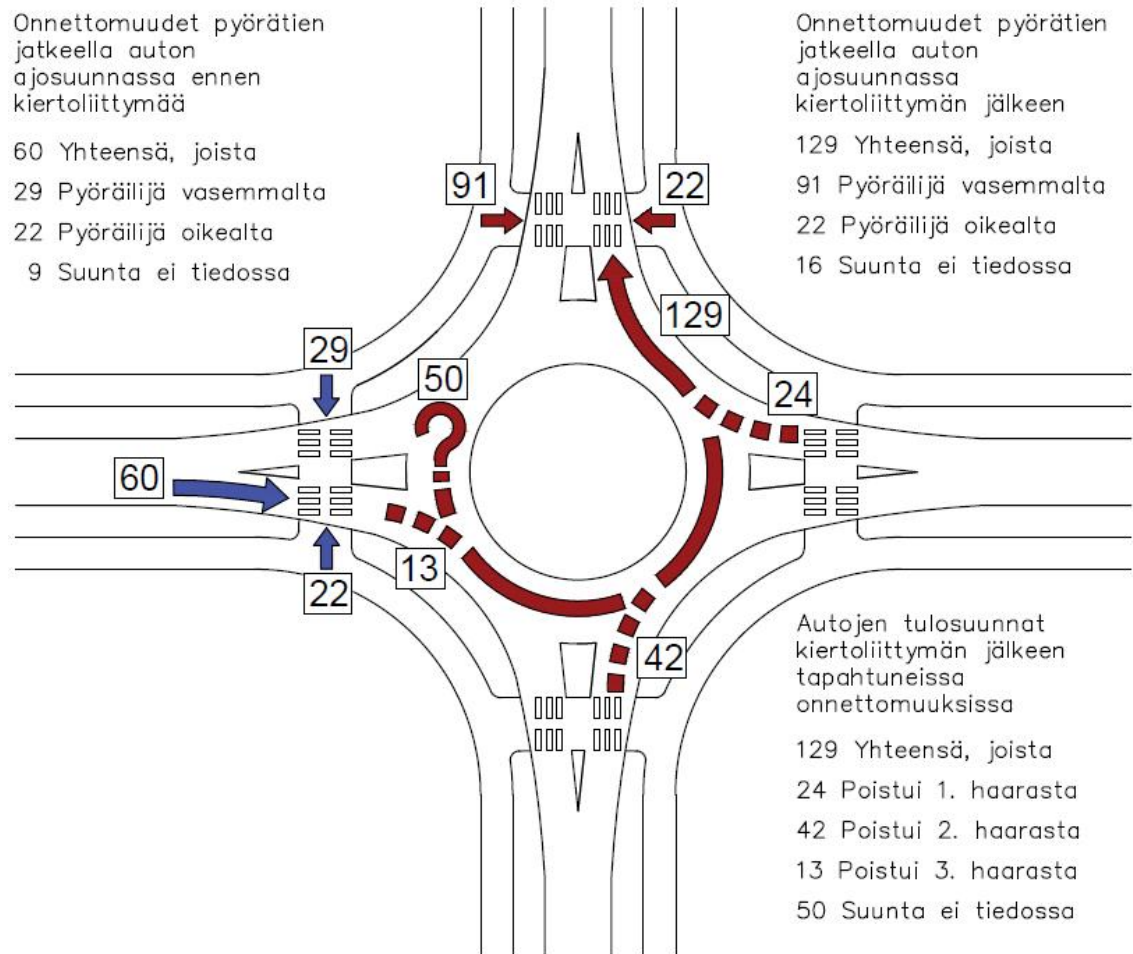
Taulukko 7. Katujen kiertoliittymätyypit ja pyöräilijöille katujen kiertoliittymissä ajalla 2009-2016 sattuneet onnettomuudet.

Kiertoliittymät	Kadut	Osuus	Onnettomuudet	Osuus
Kolmihaaraiset	7	10,4 %	16	12,1 %
Nelihaaraiset	55	82,1 %	106	80,3 %
Viisihaaraiset	4	6,0 %	9	6,8 %
Kuusiharaiset	1	1,5 %	1	0,8 %
Yksikaistaiset	61	91,0 %	121	91,7 %
Kaksikaistaiset	3	4,5 %	4	3,0 %
Turboliittymät	3	4,5 %	7	5,3 %
Taajama	65	97,0 %	123	93,2 %
Reuna-alue/Portti	2	3,0 %	9	6,8 %

Kunnista eniten onnettomuuksia oli sattunut Porissa, Helsingissä ja Jyväskylässä. Onnettomuushaussa Porista löytyi yhteensä 11 kiertoliittymää, joissa oli sattunut 39 pyöräilyonnettomuutta. Myös molemmat kahdeksan onnettomuuden keskittymät, Rauhanpuiston ja Tommilantien sekä Tikkulantien ja Maantiekadun kiertoliittymät, sijaitsevat Porissa. Helsingistä onnettomuuksia löytyi 27, mutta ne olivat jakautuneet 15 kiertoliittymään. Suurin keskittymä oli Suurmetsäntien ja Tattariharjuntien kiertoliittymä, jossa oli sattunut neljä onnettomuutta. Jyväskylässä oli viidessä kiertoliittymässä sattunut 13 onnettomuutta. Sekä Siltakadun ja Survontien sekä Schaumanin puistotien ja Uno Savolan kadun liittymissä oli sattunut neljä onnettomuutta kummassakin.

6.2 Onnettomuustyypit

Kaikki löydetty kiertoliittymäonnettomuudet luokiteltiin saatavilla olleiden tietojen perusteella tapahtumapaikan ja osallisten tulosuuntien mukaan. Kaikista onnettomuuksista liittymähaaran pyörätien jatkeella tai suojatiellä sattuneita onnettomuuksia oli yhteensä 196 tapausta (kuva 14). Seitsemästä pyörätien jatkeella sattuneesta onnettomuudesta ei pystytty määrittämään varmasti pyöräilijän eikä autoilijan tulosuuntaa, jonka takia niitä onnettomuuksia ei ole esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Pyöräteiden jatkeilla kiertoliittymissä sattuneet onnettomuudet ajalla 2009-2016.

Pyörätien jatkeilla sattuneista onnettomuuksista yli kaksi kolmasosaa oli tapahtunut auton poistuessa kiertoliittymästä. Selvästi yleisin onnettomuustyyppi oli pyörätien jatkeella autoilijan poistumissuunnalla tapahtunut onnettomuus, jossa pyöräilijä tuli pyörätien jatkeelle auton kulkusuuntaan nähden vasemmalta. Kyseisiä onnettomuuksia oli sattunut 91 kappaletta, joka on yli 40 % kaikista löydetyistä pyöräilijöiden onnettomuuksista. Myös auton tulosuunnasta nähden ennen kiertoliittymää sijainneella pyörätien jatkeella sattuneissa onnettomuuksissa pyöräilijä tuli useammin vasemmalta kuin oikealta. Ero ei kuitenkaan ollut yhtä selkeä kuin poistumissuunnalla sattuneissa onnettomuuksissa. Pyöräilijän tulosuunnat saatiin raporteista useimmiten selville, mutta 32 tapauksessa eli noin 16 prosentissa kaikista pyörätien jatkeella sattuneista tapauksista pyöräilijän tulosuunta jäi epäselväksi. Taulukossa 8 on esitetty pyörätien jatkeella auton poistumissuunnassa tapahtuneiden onnettomuuksien jakauma auton poistumishaaran ja pyöräilijän tulosuunnan mukaan. Pyöräilijä tuli autoon nähden selvästi useammin vasemmalta kuin oikealta riippumatta auton poistumishaarasta. Jakauma oli selkein kolmannesta liittymähaarasta poistuneiden autoilijoiden onnettomuuksissa, joista vain yhdessä onnettomuudessa pyöräilijä oli tullut oikealta. Tapaukset, joissa pyöräilijän tulosuuntaa ei saatu selville, on merkitty kysymysmerkillä.

Taulukko 8. Onnettomuudet pyörätien jatkeella auton poistuessa kiertoliittymästä.

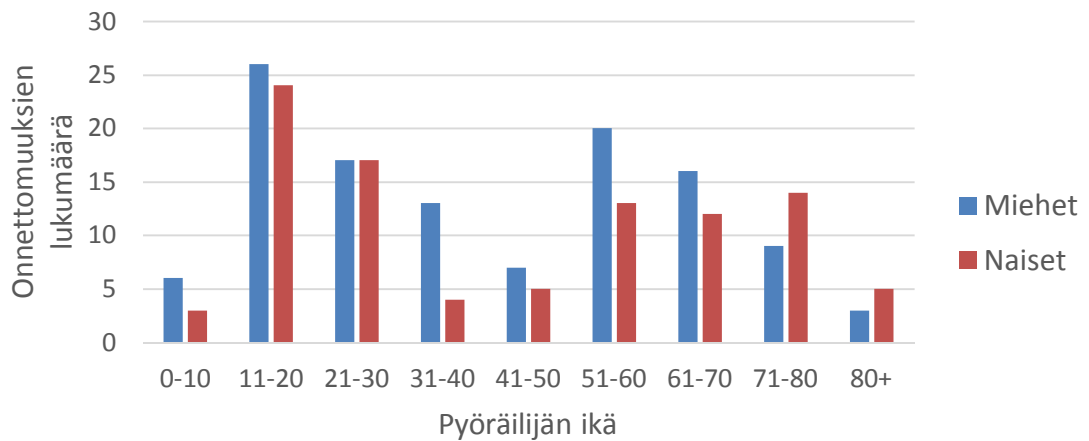
Auton poistumissuunta	Pyöräilijän tulosuunta			Yhteensä
	Vasen	Oikea	Ei tiedossa	
Poistui 1. haarasta	18	4	2	24
Poistui 2. haarasta	31	9	2	42
Poistui 3. haarasta	11	1	1	13
Suunta ei tiedossa	31	8	11	50
Yhteensä	91	22	16	129

Kiertoliittymän poistumissuunnalla sattuneissa onnettomuuksissa kiertotilasta tullut toinen osallinen oli useimmiten poistumassa toisesta liittymähaarasta, eli jatkamassa nelihaaraisen kiertoliittymän tapauksessa suoraan liittymän läpi. Näitä tapauksia oli 53 % niistä onnettomuuksista, joista autoilijan tulosuunta kävi selville. Muiden kuin nelihaarasten liittymien kohdalla auton tulosuunta on kirjattu sen mukaan, mitä poistumissuuntaa auton ajolinja parhaiten vastaisi nelihaaraisessa liittymässä. Onnettomuustietojen raportoinnissa tässä oli selvästi eniten puutteita, sillä tieto auton tulosuunnasta kävi luotettavasti ilmi vain hieman yli 60 % poistumissuunnalla tapahtuneista onnettomuuksista. Maanteiden kiertoliittymissä lopuissa onnettomuuksissa ensimmäisestä ja kolmannesta liittymähaarasta poistuneiden autoilijoiden osuus oli lähes yhtä suuri. Katuverkon kiertoliittymässä selvästi enemmän onnettomuuksia sattui ensimmäisestä haarasta poistuneille kuin kolmannesta haarasta poistuneille.

Autoilijan tulosuunnalla tapahtuneissa onnettomuuksissa jakauma pyöräilijän tulosuuntien välillä oli huomattavasti tasaisempi. Kuitenkin vasemmalta tuleville pyöräilijöille sattui edelleen enemmän onnettomuuksia. Yhteensä tulosuunnalla tapahtuneita onnettomuuksia oli 60, joista 29 onnettomuudessa pyöräilijä tuli vasemmalta ja 22 oikealta. Yhdeksässä tapauksessa pyöräilijän tulosuunta ei käynyt selväksi. Poistumissuunnalla sattuneissa onnettomuuksissa autoilija ei välttämättä osaa odottaa vasemmalta tulevaa pyöräilijää, joka ajaa autoliikenteen kanssa vastakkaiseen suuntaan. Auton tulosuunnalla auton kuljettajalla ja vasemmalta tulevalla pyöräilijällä pitäisi olla selkeä näköyhteys, sillä myös muu autoliikenne tulee liittyvään autoon nähden vasemmalta.

Pyörätien jatkeella sattuneiden onnettomuuksien lisäksi 10 onnettomuutta tapahtui kiertoliittymän kiertotilassa sekä 5 kiertoliittymän yhteydessä olleessa alikulussa. Kiertoliittymän kiertotilassa sattuneista kymmenestä onnettomuudesta kuusi tapahtui kiertoliittymissä, joissa pyöräilijöille olisi ollut tarjolla erillinen pyörätie kiertotilan ulkopuolella. Yksi onnettomuus oli yksittäisonnettomuus, jossa pyöräilijä kaatui ulosajossaan kiertoliittymän reunalla ja menehtyi. Kolmesta onnettomuudesta ei löytynyt lainkaan selostusta tierekisteristä, joten niiden tyypit kirjattiin tuntemattomiksi. Kyseiset onnettomuudet olivat kuitenkin löytyneiden koordinaattien perusteella sattuneet niin selvästi kiertoliittymän alueella, että ne otettiin tarkasteluun mukaan.

Onnettomuustietojen avulla kerättiin tietoja myös onnettomuuksissa osallisista pyöräilijöistä. Onnettomuuksissa osallisena olleista pyöräilijöistä 117 oli miehiä ja 98 naisia. Kuvassa 15 on esitetty osallisten pyöräilijöiden ikä- ja sukupuolijakauma. Kuvaajasta nähdään, että osalliset pyöräilijät olivat useimmiten 10–30-vuotiaita. Alle 30-vuotiaissa sekä miehiä että naisia oli osallisina onnettomuuksissa lähes yhtä paljon. 30–50-vuotiaita oli onnettomuuksissa osallisina melko harvoin, mutta yli 50-vuotiaiden kohdalla osuus onnettomuuksista nousi jälleen selvästi. Miehiä oli naisia enemmän osallisina 30–60-vuotiaiden onnettomuuksissa, kun taas yli 70-vuotiaiden onnettomuuksissa naisten osuus oli miehiä suurempi.



Kuva 15. Kiertoliittymäonnettomuuksissa osallisten pyöräilijöiden jakauma iän ja sukupuolen mukaan.

Kiertoliittymissä pyöräilijöille sattuneissa onnettomuuksissa toisena osallisena oli useimmiten henkilöauto (taulukko 9). Henkilöautojen kanssa sattuneet onnettomuudet muodostivat neljä viidesosaa kaikista onnettomuuksista.

Taulukko 9. Kiertoliittymien pyöräilyonnettomuuksien toiset osalliset pyöräilijän lisäksi.

Toinen osallinen	Onnettomuudet	Osuus
Henkilöauto	172	80,0 %
Pakettiauto	21	9,8 %
Mopo	10	4,7 %
Kuorma-auto	4	1,9 %
Kevyt nelipyörä	3	1,4 %
(Kevyt)moottoripyörä	3	1,4 %
Traktori	1	0,5 %
Linja-auto	1	0,5 %
Yhteensä	215	100,0 %

Noin joka kymmenes onnettomuus sattui pakettiauton kanssa. Mopojen kanssa sattuneista kymmenestä onnettomuudesta kuusi oli sattunut pyörätien jatkeella tapahtuneissa törmäyksissä ja neljä pyörätien alikulussa eritasoratkaisun yhteydessä.

6.3 Onnettomuustyytit liikenneonnettomuustyytikuvaston mukaisesti

Kaikkiin onnettomuustietoihin kirjataan poliisin toimesta onnettomuustyytikuvaston mukainen onnettomuustyyti, joka kuvaa sekä osallisten tulosuuntia, että liikennetilannetta onnettomuudessa. Onnettomuustyytikuvastossa (liite 1) erilaisia onnettomuustilanteita on kuvattu numeroyhdistelmällä, jonka ensimmäinen numero kertoo osallisten ajosuunnista ja jälkimmäinen numero tarkoittaa tapahtunutta onnettomuustilannetta kuvastossa esitettyjen vaihtoehtojen mukaisesti. Lisäksi jalankulkijoiden onnettomuudet sekä tieltä suistumiset on jaettu onnettomuustyytikuvastossa omiksi luokikseen. Osalle onnettomuuksista ei löydy vastaavaa luokkaa onnettomuustyytikuvastosta, jolloin jälkimmäiseksi numeroksi voidaan kirjata muuta onnettomuutta merkitsevä numero yhdeksän.

Onnettomuustyytikuvastossa ei ole määritelty erikseen kiertoliittymiin liittyviä onnettomuustyytpejä, vaan kiertoliittymäonnettomuuksissa hyödynnetään muita tilannetta kuvaavia onnettomuustyytpejä. Auton ajosuunnassa ennen kiertoliittymää sijaitsevalla pyörätien jatkeella tapahtunutta onnettomuutta kuvaisi parhaiten onnettomuustyyti 41 (Valtonen 2017, s. 11), joka kertoo pyöräilijän olleen pyörätiellä risteyksessä. Pyöräilijän tulosuunta autoon nähden ei kuitenkaan käy ilmi kyseisestä onnettomuustyytipistä. Auton poistumissuunnalla sijaitsevalla pyörätien jatkeella sattunut onnettomuus kuuluisi joko luokkaan 15 tai 34 pyöräilijän tulosuunnasta riippuen. Valtosen (2017, s. 9) mukaan onnettomuustyytin kannalta kiertoliittymä tulkitaan kahdeksi peräkkäiseksi risteykseksi, jolloin poistumissuunnalla tapahtuneen onnettomuuden kohdalla auto tulkitaan aina oikealle kääntyväksi. Näin ollen ei kuitenkaan saada tietoa siitä, mistä suunnasta auto on kiertoliittymään ajanut.

Tutkittuja onnettomuuksia oli onnettomuustyytin perusteella luokiteltu 24 erilaiseen onnettomuustyytiin (liite 2). Yhdessä onnettomuudessa tyyppiä ei oltu kirjattu. Auton ajosuunnassa ennen kiertoliittymää sattuneista onnettomuuksista 60 % oli kirjattu onnettomuustyytiin 41, eli tilanteeseen "pyöräilijä pyörätiellä risteyksessä", joka näissä tapauksissa olisi parhaiten tilanteeseen sopiva kirjaus. Loput onnettomuudet olivat jakautuneet yhdeksään muuhun onnettomuustyytiin.

Auton poistumissuunnan pyörätien jatkeella sattuneissa onnettomuuksissa kirjauksista noin 70 % oli jakautunut tasaisesti luokkien 15, 34 ja 41 välille. Tyypeissä 15 ja 34 auto on tulkittu kääntyväksi, mutta tyytin 41 tapauksissa auton ei nähdä kääntyneen. Tyytin 41 kirjauksia saattaa selittää esimerkiksi auton poistuminen tulosuuntaa vastakkaiselta

liittymähaaralta tai poistumisgeometrian loivuus, jolloin autoilija ei miellä itseään kääntyväksi. Myös pyörätien jatkeen suuri etäisyys kiertotilasta saattaa vaikuttaa kirjattuun onnettomuustyyppiin, jolloin autoa ei ole nähty enää kääntyväksi, vaikka onnettomuustyyppin mukaan tapaus on kuitenkin kirjattu risteysonnettomuudeksi. Poistumissuunnan pyörätien jatkeella sattuneita onnettomuuksia oli edellä mainittujen kolmen tyyppin lisäksi kirjattu yhteensä 16 eri onnettomuustyyppiin.

Kiertoliittymän alikuluissa ja kiertotilassa sattuneissa onnettomuuksissa oli selvästi suurempi joukko erilaisia tilanteita, joissa onnettomuuksia oli sattunut. Näin ollen myös onnettomuustyyppejä oli käytössä useita, mutta käytetyt onnettomuustyyppit pääasiassa sopivat tilanteisiin hyvin ja kuvasivat tapahtumien kulkua. Kiertoliittymän kiertotilassa tapahtuneista onnettomuuksista neljä oli merkitty kylkikosketuksiksi, loput seitsemän onnettomuutta olivat jakautuneet useille eri onnettomuustyypeille. Yksitoista onnettomuutta oli merkitty tapahtumapaikan suhteen epäselviksi, koska onnettomuuksista ei joko löytynyt selostusta tai ei tiedetty oliko auto liittymässä vai poistumassa kiertoliittymään. Näistä onnettomuuksista 6 oli kirjattu tyyppiin 41, loput jakautuivat useille onnettomuustyypeille.

Kiertoliittymän pyörätien jatkeilla tapahtuneille onnettomuuksille ei onnettomuustyyppikuvastossa ole omia onnettomuustyyppejä. Näin ollen onnettomuuksia kirjataan muille onnettomuustyypeille, jolloin hajonta eri onnettomuustyyppien välillä on suurta. Lisäksi käytössä olevat onnettomuustyyppit kuvaavat huonosti kiertoliittymässä tyyppillisiä onnettomuuksia pyörätien jatkeella. Auton ajosuunnassa ennen kiertoliittymää sijaitsevalla pyörätien jatkeella sattuvat onnettomuudet sopisivat parhaiten "pyöräilijä pyörätiellä risteyksessä" -tyyppiin, mutta tällöin pyöräilijän tulosuuntaa ei pystytä erottelemaan. Poistumissuunnalla sattuvien onnettomuuksien osalta pyöräilijän tulosuunta pystyttäisiin erottelemaan tyyppien 15 ja 34 avulla, mutta tällöin autoilijan tulosuunnasta ei saada tietoa. Lisäksi kirjatut onnettomuudet ovat jakautuneet hyvin monelle eri onnettomuustyyppille, vaikka itse onnettomuustilanteet ovat hyvin samankaltaisia keskenään. Näin ollen tyyppikuvaston käyttöä ja onnettomuustyyppejä täytyisi selkeyttää.

Käytössä oleva onnettomuustyyppikuvasto on julkaistu vuonna 1999. Onnettomuustyyppikuvasto kaipaisi päivitystä kiertoliittymissä sattuneiden onnettomuuksien osalta. Kiertoliittymien merkittävimmät puutteet kuvastossa kohdistuvat pyörätien jatkeilla sattuneisiin onnettomuuksiin. Koska kiertoliittymä nähdään kahtena erillisenä risteysenä, ei nykyisestä luokituksesta nähdä oliko autoilija kiertoliittymän tulo- vai poistumissuunnalla. Lisäksi pyöräilijöiden kulkusuunta jää nykyisissä luokituksissa usein epäselväksi. Kuvaston käytön kannalta olisi myös tärkeää, että onnettomuuksien luokittelu olisi selkeää ja oikea tyyppi olisi helposti löydettävissä. Nykyiset onnettomuustyyppikirjaukset olivat hajaantuneet todella monen luokan välille, jolloin on sekä vaikeampaa löytää tietyn tyyppisiä onnettomuuksia, että ymmärtää mitä onnettomuustilanteessa on tapahtunut.

6.4 Kuolemaan johtaneet onnettomuudet

Kuolemaan johtaneista onnettomuuksista tehdään liikenneonnettomuuksien tutkijalautakunnan toimesta tutkintakansiot, joihin kerätään usean eri alan asiantuntijoiden kirjaamat tiedot onnettomuuksiin liittyen. Tätä tutkimusta varten poimittiin kuolemaan johtaneet pyöräilijöiden kiertoliittymäonnettomuudet vuosilta 2008–2016, joita oli yhteensä 8 kappaletta, joista lautakunta-aineistot löydettiin seitsemästä tapauksesta. Lautakunta-aineistoista pyrittiin löytämään onnettomuuksiin johtaneita syitä ja tekijöitä. Tässä tutkimuksessa keskityttiin erityisesti liikenneteknisen asiantuntijan keräämiin tietoihin niin väylistä, tilanteista ja muista liikenteelliseltä kannalta merkittävistä asioista. Asiantuntijat voivat sisällyttää raportteihinsa myös erilaisia parannus- ja ennaltaehkäisykeinoja, joilla onnettomuuksien määrää voitaisiin jatkossa vähentää.

Kahdeksasta pyöräilijän kuolemaan johtaneesta tapauksesta kuusi oli tapahtunut pyörätien jatkeella autoilijan poistumissuunnalla, yksi pyörätien jatkeella tulosuunnalla ja yksi tapaus oli yksittäisonnettomuus, jossa pyöräilijä oli ajanut ulos tieltä ja menehtynyt kaatumisen seurauksena. Onnettomuustutkintalautakunnan raporttia ei saatu pyörätien jatkeella auton tulosuunnassa tapahtuneesta onnettomuudesta, jossa pyöräilijä oli tullut autoon nähden vasemmalta pyörätien jatkeelle. Onnettomuuksista kolme oli tapahtunut maanteiden kiertoliittymissä ja viisi katuverkolla sijainneissa liittymissä. Yksittäisonnettomuudessa pyöräilijä oli ollut voimakkaasti päihtynyt, eikä tutkinnan mukaan kiertoliittymästä tai tieympäristöstä löytynyt muita onnettomuuteen mahdollisesti johtaneita tekijöitä.

Kuudesta auton poistumissuunnalla tapahtuneesta onnettomuudesta neljässä pyöräilijä oli tullut pyörätien jatkeelle autoilijan näkökulmasta katsottuna vasemmalta. Kolmessa onnettomuudessa autoilija oli poistunut nelihaarisessa kiertoliittymässä kolmannesta poistumishaarasta, kahdessa tapauksessa autoilija oli jatkanut liittymän läpi suoraan ja yhdessä tapauksessa auto oli poistunut heti ensimmäisestä liittymähaarasta. Onnettomuuksissa menehtyneistä pyöräilijöistä seitsemän kahdeksasta oli miehiä. Pyöräilijöiden iät vaihtelivat 51–84 vuoden välillä keski-ikä ollessa noin 68 vuotta. Menehtyneiden keski-ikä oli siis selvästi kaikkien onnettomuuksien keskiarvoa korkeampi.

Autoilijan poistumissuunnalla tapahtuneista pyöräilijän menehtymiseen johtaneista onnettomuuksista kerättiin tietoja tutkijalautakuntien aineistojen avulla. Lautakunta-aineistoissa kolmessa tapauksessa esitettiin mahdollisuutena, että pyöräilijä olisi jäänyt auton rakenteiden taakse piiloon ja tämä olisi vaikeuttanut pyöräilijän havaitsemista merkittävästi. Kolmesta tapauksesta, joissa autoilija oli poistunut kolmannesta liittymähaarasta, oli kahdessa auton kuljettaja kertonut pyöräilijän jääneen tuulilasin ja etuoven ikkunan välissä sijaitsevan A-pilarin taakse piiloon tai auringon häikäisseen. Lisäksi yhdessä tapauksessa epäiltiin lisäksi kasvillisuuden kiertotilan ja pyörätien välillä muodostaneen näköesteen, joka häikäisi pyöräilijän havaittavuutta tilanteessa.

Kahdessa onnettomuudessa auto oli ajanut kiertoliittymän läpi suoraan, eli nelihaaraisen liittymän tapauksessa poistunut toisesta liittymähaarasta. Molemmissa näistä tilanteista epäiltiin autoilijan tilannenopeuden olleen liian suuri, jolloin autoilija ei ehtinyt havaita lähestyvää pyöräilijää. Yhtenä syynä suureen tilannenopeuteen esitettiin kiertoliittymän liian suurta läpiajolinjan kaarresädettä, joka mahdollisti liittymästä ajon nopeutta alentamatta. Toisessa näistä onnettomuuksista auton kuljettajalla ei ollut ajo-oikeutta.

Yhdessä onnettomuudessa autoilija oli poistunut heti kiertoliittymän ensimmäisestä poistumishaarasta. Myös tässä tapauksessa epäiltiin oikealta lähestyneen pyöräilijän jääneen A-pilarin taakse piiloon. Pyöräilijä tuli tilanteeseen autojen kiertosuunnan mukaisesti, jolloin auto tuli käytännössä hänen selkensä takaa. Tutkijalautakunnan parannusehdotuksena tässä tapauksessa olikin pyörätien ja jalkakäytävän linjauksen risteäminen suuremmissa kulmassa ajoradan kanssa, jolloin auton olisi helpompi havaita pyöräilijän ylitysaikeet ja auto ei tulisi pyöräilijälle yllättäen selän takaa.

Parannusehdotusten lisäksi tutkijalautakunnat voivat kirjata ylös mahdollisia riskejä, jotka ovat voineet vaikuttaa onnettomuustilanteen syntyyn. Tutkittujen onnettomuuksien kohdalla riskeistä nousivat esille niin kypärän käyttämättömyys sekä tuttuun ympäristöön luottaminen. Parannusehdotukset saattoivat kohdistua tietyille riskeille, tai ne saattoivat olla myös muita esityksiä turvallisuuden parantamiseksi. Riskejä, jotka syntyvät tuttuun ympäristöön luottamisesta, voisi lautakuntien mukaan pyrkiä ehkäisemään esimerkiksi pyöräilijöiden ylityspaikan havaittavuuden parantamisella. Keinoina tähän voisivat olla esimerkiksi tiemerkitöjen parantaminen tai varoitusvalot, jotka ilmoittaisivat hämärässä autoilijalle tietä ylittävästä pyöräilijästä. Kypärän käyttämättömyyteen liittyen ehdotuksina oli esitetty muun muassa kypärän käyttömääräysten tiukentamista sekä valvonnan ja rangaistusten lisäämistä. Yleisemmän tason parannusehdotuksia olivat esimerkiksi väistämissääntöihin perehdyttäminen, läpiajolinjojen kaarresäteen pienentäminen sekä pyörätien jatkeen linjaaminen suuremmissa kulmassa ajoradan ylitse.

6.5 Vertailu aiempiin tutkimuksiin

Tielaitoksen (2000) tutkimuksessa tarkasteltiin maanteiden kiertoliittymiä ja niissä sattuneita onnettomuuksia vuosilta 1990–1997. Pyöräilijöiden onnettomuuksia kiertoliittymissä oli aineistossa vain 12 kappaletta (taulukko 10). Onnettomuustyyppien perusteella havainnot ovat kuitenkin melko samankaltaisia nyt tehdyn tutkimuksen kanssa. Tielaitoksen selvityksessä pyörätien jatkeella sattuneista onnettomuuksista yhdeksän kymmenestä on tapahtunut kiertoliittymän poistumissuunnalla. Tässä tutkimuksessa jakauma ei ollut yhtä selkeä, mutta pyörätien jatkeella sattuneista onnettomuuksista silti selvästi korostuivat poistumissuunnalla sattuneet tapaukset. Ne muodostivat lähes kaksi kolmasosaa pyörätien jatkeen onnettomuuksista.

Taulukko 10. Pyöräilijöille kiertoliittymissä sattuneiden onnettomuuksien vertailu Tielaitoksen (2000) ja Montosen (2008) tutkimuksiin.

Pyöräilijöiden onnettomuudet kiertoliittymissä	-1997	2004-2006	2009-2016
Pyörätien jatkeella	10	36	189
Pyörätien jatke auton tulosuunnassa	1	13	60
<i>Pyöräilijä vasemmalta</i>	1	6	29
<i>Pyöräilijä oikealta</i>	0	7	22
<i>Pyöräilijän suunnasta ei tietoa</i>	0	0	9
Pyörätien jatke poistumissuunnassa	9	17	129
<i>Pyöräilijä vasemmalta</i>	5	6	91
<i>Pyöräilijä oikealta</i>	3	7	22
<i>Pyöräilijän suunnasta ei tietoa</i>	1	4	16
Molempien osallisten suunnat epäselviä	0	6	0
Alikulussa tai pyörätiellä	2	4	5
Liittymän kiertotilassa	0	2	10
Onnettomuus epäselvä tai selostus puutteellinen	0	0	11
Onnettomuuksien kokonaismäärä	12	42	215

Poistumissuunnalla sattuneiden onnettomuuksien kohdalla havaittiin, että pyöräilijä oli tullut tilanteeseen huomattavasti useammin autoilijan näkökulmasta katsottuna vasemmalta (taulukko 10). Tässä tutkimuksessa onnettomuuksista, joista pyöräilijän tulosuunta saatiin määritettyä, tuli pyöräilijä vasemmalta yli 80 %:ssa tapauksista. Tielaitoksen (2000) selvityksessä vasemmalta tulleita pyöräilijöitä oli viisi, kun taas kolmessa onnettomuudessa pyöräilijä oli saapunut autoon nähden oikealta. Myös ainoassa tulosuunnan onnettomuudessa pyöräilijä oli tullut autoilijaan nähden vasemmalta. Tielaitoksen (2000) tutkimuksessa poistumissuunnalla tapahtuneissa onnettomuuksissa autoilija oli tullut kiertoliittymään useimmiten vastakkaisen suunnan haaralta, eli auto oli ajanut suoraan kiertoliittymän läpi. Myös tässä tutkimuksessa nousi suora läpiajo yleisimmäksi suunnaksi poistumishaaran onnettomuuksien tarkastelussa. Onnettomuustietojen perusteella auton tulosuunta saatiin määritettyä kuitenkin vain hieman yli 60 prosentissa tapauksista, joten autojen tulosuuntien arviointiin liittyy huomattavaa epävarmuutta.

Montosen (2008) tutkimuksessa pyöräilijöiden onnettomuuksia oli mukana 36 kappaletta. Myös Montosen tutkimuksessa eniten onnettomuuksia pyöräilijöille oli sattunut kiertotilasta poistumassa olleen auton kanssa. Onnettomuuksista 17 edusti kyseistä onnettomuustyyppiä, kun taas 13 onnettomuutta oli tapahtunut auton tulosuunnalla, eli ero onnettomuustyyppien välillä oli kuitenkin melko pieni. Myös pyöräilijöiden tulosuunnat onnettomuustilanteisiin jakautuivat hyvin tasaisesti vasemman ja oikean välille. Montosen tutkimuksessa neljä pyöräilyonnettomuutta oli sattunut pyörätiellä tai alikulussa ja kaksi kiertotilassa auton kanssa. Tunnistetut onnettomuustyyppit ovat siis hyvin samankaltaisia

tämän tutkimuksen kanssa ja jakauma onnettomuustyyppien välillä on myös melko samankaltainen molemmissa tutkimuksissa.

Tielaitoksen (2000) selvityksessä osa autoilijoista kertoi auringon häikäisseen ja vaikeutaneen pyöräilijän havaitsemista. Tässä tutkimuksessa ei mahdollisia syitä tarkasteltu kaikkien onnettomuuksien osalta, mutta mahdollinen auringon häikäisy nousi esille kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien raportoinnissa. Lisäksi syksyllä auringon nousun ja laskun aikaan sattuneiden onnettomuuksien tarkastelussa havaittiin auringonpaisteen mahdollisesti häikäisseen auton kuljettajaa suuressa osassa kyseisistä onnettomuuksista. Auringon häikäisy vaikeuttaa liikenneympäristössä suhteellisen pienen ja nopeasti liikuvan pyöräilijän havaitsemista.

Tielaitoksen (2000) ja Montosen (2008) tutkimuksissa kiertoliittymille laskettiin onnettomuusasteet kiertoliittymään saapuneiden ajoneuvojen ja onnettomuusmäärien avulla. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan onnettomuusasteiden laskeminen ollut mahdollista liikennemäärätietojen puuttumisen vuoksi. Maanteiden kiertoliittymistä liikennemäärätietoa olisi ollut saatavilla, mutta pyöräilyonnettomuuksien lukumäärään suhde pelkän moottoriajoneuvoliikenteen määrään kertoo kuitenkin hyvin vähän pyöräilyn turvallisuudesta kyseisessä liittymässä. Katujen liittymistä liikennemäärätietoa ei ollut saatavilla. Lisäksi pyöräilyn järjestelyt vaihtelivat suuresti kiertoliittymien välillä, jolloin esimerkiksi eritasojärjestelyn turvallisuuteen autoliikenteen määrällä on hyvin vähän vaikutusta. Onnettomuusasteiden laskennassa paremmin pyöräilyturvallisuutta kuvaavan tuloksen saisi laskemalla esimerkiksi sattuneiden onnettomuuksien määrän suhteen pyöräilymäärään. Pyöräilyn liikennemäärästä on kuitenkin hyvin vähän tietoa saatavilla, joten tällainen tarkastelu ei tässä tutkimuksessa ole mahdollista. Kiertoliittymän turvallisuutta pyöräilylle ei tulisi myöskään arvioida pelkkien onnettomuusmäärien perustella. Onnettomuusmäärä ei ota lainkaan huomioon liittymän liikennemääriä, pyöräilyjärjestelyjen piirteitä, olosuhteita tai muita tilanteisiin johtaneita tekijöitä.

7. ONNETTOMUUSKIERTOLIITTYMIEN TUTKIMUS

7.1 Onnettomuusalttiit kiertoliittymät

Kerättyihin onnettomuustietoihin pohjautuneessa tutkimuksessa pyöräilijöiden sattuneita onnettomuuksia löydettiin 63 maanteiden kiertoliittymästä ja 67 katuverkon kiertoliittymästä. Näistä yhteensä noin kahdessa kolmasosassa oli sattunut vain yksittäinen onnettomuus (taulukko 11). Kahden onnettomuuden kiertoliittymiä oli aineistosta hieman yli viidesosa ja lopuissa oli onnettomuuksia sattunut kolme tai useampia. Katuverkon liittymistä löytyi kuitenkin selvästi enemmän sellaisia kiertoliittymiä, joissa onnettomuuksia oli sattunut vähintään kolme.

Taulukko 11. Onnettomuuksien lukumäärä tutkimuksessa tarkastelluissa kiertoliittymissä.

Onnettomuusliittymät	Maanteillä	Kaduilla
Yksi onnettomuus	47	39
Kaksi onnettomuutta	14	13
Kolme tai neljä onnettomuutta	1	10
Viisi tai useampia onnettomuuksia	1	5
Yhteensä	63	67

Maanteiden kiertoliittymistä kolme tai useampia onnettomuuksia oli sattunut vain Joensuu Hukanhaudan ja Kokemäen Kauvatsantien kiertoliittymissä. Hukanhaudan kiertoliittymässä oli sattunut kolme onnettomuutta, joista yksi liittymän tulosuunnalla ja kaksi poistumissuunnalla. Kokemäen Kauvatsantiellä onnettomuuksia oli tapahtunut viisi, jotka kaikki olivat tapahtuneet kiertotilasta poistuttaessa. Näistä neljässä tapauksessa pyöräilijä oli tullut vasemmalta ja yhdessä onnettomuudessa oikealta.

Katuverkolta useiden onnettomuuksien kiertoliittymiä löytyi eniten Porista, jossa kuudessa kiertoliittymässä oli jokaisessa tapahtunut vähintään kolme onnettomuutta. Koko aineiston eniten onnettomuuksia oli tapahtunut Rauhanpuiston ja Tommilantien sekä Tikkulantien ja Maantiekadun kiertoliittymissä, joissa molemmissa oli sattunut kahdeksan onnettomuutta. Rauhanpuiston kolmihaaraisessa kiertoliittymässä oli sattunut kuusi onnettomuutta kiertoliittymän tulosuunnalla, joka on selvästi enemmän kuin missään toisessa aineiston kiertoliittymässä. Tikkulantien kiertoliittymässä oli tapahtunut kolme onnettomuutta sekä tulo- että poistumissuunnassa, jonka lisäksi kahdesta tapauksesta eivät osallisten suunnat käyneet riittävän selvästi ilmi. Huomattavaa Tikkulantien kiertoliittymässä on kuitenkin se, että kyseisessä liittymässä vain yhdellä liittymähaaralla on suoja-

ja pyörätien jatke, jolla kaikki onnettomuudet olivat tapahtuneet. Selkeä onnettomuuskeskittymä oli myös Satakunnankadun ja Luvianpuistokadun kiertoliittymässä Porissa, jossa oli sattunut viisi onnettomuutta. Kyseinen liittymä on suuri turbokiertoliittymä, jossa kuitenkin on pyörätien jatkeet ja suojatiet liittymähaarojen kanssa samassa tasossa. Porin sillan pohjoispään kiertoliittymässä oli sattunut neljä onnettomuutta, joista kolme oli tapahtunut kiertoliittymän poistumissuunnalla.

7.2 Havainnointitutkimus yleisimpään onnettomuustyyppiin liittyen

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli kartoittaa onnettomuustietojen avulla tyypillisimmät pyöräilijöiden onnettomuustilanteet ja edelleen pyrkiä löytämään niitä selittäviä tekijöitä. Onnettomuustietojen mukaan yleisin onnettomuustilanne oli autoilijan poistumissuunnalla tapahtunut onnettomuus, jossa pyöräilijä tuli auton näkökulmasta katsottuna vasemmalta. Näitä onnettomuuksia oli aineistossa 91 kappaletta, joka on moninkertainen määrä muihin onnettomuustyypeihin verrattuna. Liittymän poistumissuunnalla tapahtuneissa onnettomuuksissa yleisin autojen tulosuunta oli onnettomuuspaikan vastakkaiselta puolelta saapuminen, eli niin sanottu suora läpiajo kiertoliittymästä. Sama onnettomuustyyppi oli yleisin jo Tiehallinnon (2000) selvityksessä.

Yleisimmästä onnettomuustyyppistä saatiin lisätietoa tekemällä havainnointitutkimus valituissa kiertoliittymissä. Näiden liittymien geometriaa mallinnettiin myös suunnitteluohjelmiston avulla. Havainnointitutkimuksessa tehtiin havainnointia maastossa liittymän geometriasta, pyöräilyn järjestelyistä sekä yleisimmin liikennejärjestelyistä kiertoliittymän läheisyydessä. Tämän lisäksi tehtiin kiertoliittymien poistumissuuntien pyörätien jatkeilla nopeusmittauksia, jotta voitaisiin tehdä vertailua sekä kiertoliittymien välillä että suunnitteluohjeisiin nähden. Lisäksi liittymägeometriaa ja ajonopeuksia arvioitiin suunnitteluohjelmiston avulla.

Tarkasteltavat kiertoliittymät valittiin onnettomuustietojen perusteella. Onnettomuustietojen avulla pyrittiin löytämään kiertoliittymiä, joissa poistumissuunnalla sattuneita onnettomuuksia oli tapahtunut useita. Tutkimusta suunniteltaessa sattuneet onnettomuudet nähtiin ennemmin liikennemäärien kuin kiertoliittymän vaarallisuuden indikaattoreina. Jotta havainnointi saataisiin tehtyä tiiviillä aikataululla, pyrittiin onnettomuustietojen avulla löytämään kiertoliittymiä, joissa pyöräilijöiden ja autoilijoiden määrät ovat suuria. Näin nopeusmittauksesta saadaan kerättyä riittävästi havaintoja jo lyhyemmän tarkastelujakson aikana. Kiertoliittymiä pyrittiin myös käytännön syistä valitsemaan useampia samalta alueelta.

Onnettomuustietojen perusteella kohteiksi valikoituivat Kauvatsantien kiertoliittymä Kokenmäellä, Tikkulan ja Porin sillan kiertoliittymät Porissa sekä Siltakadun ja Merasimen

kiertoliittymät Jyväskylästä. Valituista kiertoliittymistä Kauvatsantien kiertoliittymä sijaitsi maantiellä ja muut katuverkolla. Kaikissa valituissa liittymissä oli sattunut vähintään kolme poistumissuunnan onnettomuutta.

7.3 Liittymägeometrian analysointi

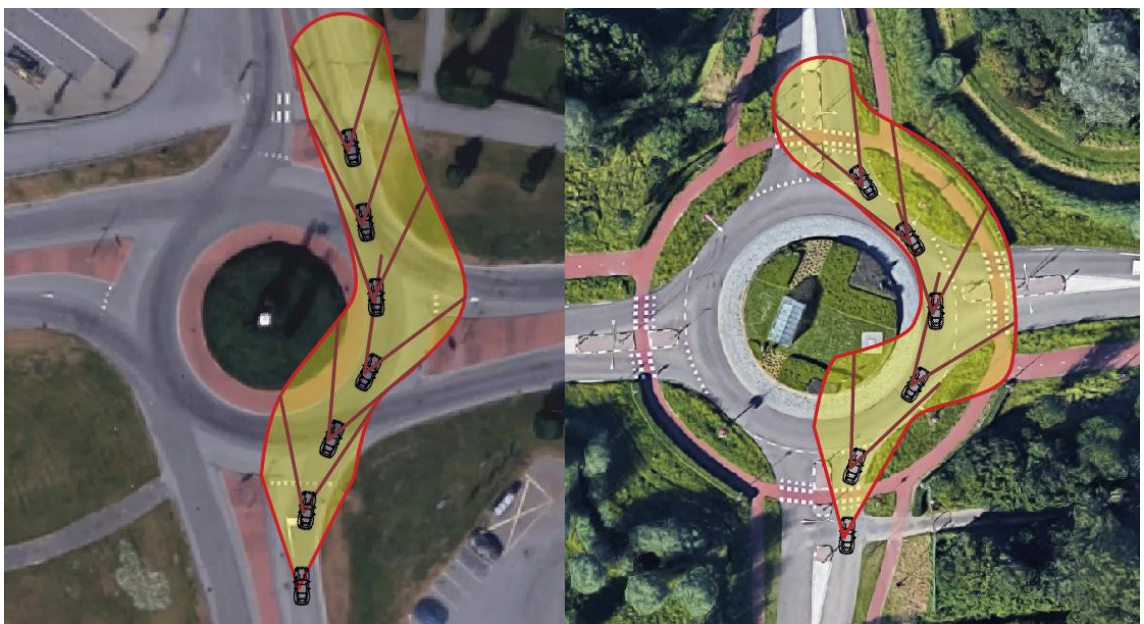
Kiertoliittymä on kokonaisuus, joka muodostuu useista erilaisista suunniteltavista osista ja ratkaisuksista. Kiertoliittymät voivat keskenään olla hyvin erilaisia ja toimia erilaisissa liikenneympäristöissä. Erilaiset liittymäratkaisut ja liikenneympäristöt edellyttävät kiertoliittymältä erilaisia ominaisuuksia ja geometriaa, eivätkä kaikki ratkaisut ole toimivia ja vaihdeltavissa eri toimintaympäristöjen välillä. Lisäksi kiertoliittymää käyttävät useat eri liikennemuodot, joiden myötä erilaisten vaihtoehtojen ja huomioon otettavien tekijöiden kokonaismäärä kasvaa merkittävästi. Näillä reunaehdoilla tulisi suunnittelussa pystyä luomaan kokonaisuus, joka olisi kaikkien liikennemuotojen osalta toimiva ja turvallinen sekä samalla kustannustehokas ratkaisu. Havainnointitutkimuksessa tarkastelluissa kiertoliittymissä oli huomattavissa ratkaisuja, jotka olivat yksittäisinä ratkaisuinä toimivia ja perusteltuja, mutta eivät täysin huomioineet kaikkien liikennemuotojen kokonaiskuvaa.

Liittymägeometriaa arvioitiin niin kiertoliittymien luona havainnoimalla sekä tietokonepohjaisen analyysin avulla. Kiertoliittymien geometrian arvioinnissa käytettiin hyväksi karttapalveluiden ilmakuvia sekä Transoftin TORUS-ohjelmaa, jonka avulla jo olemassa olevan kiertoliittymän läpiajolinjoja ja kaarresäteitä pystytään arvioimaan moottoriajoneuvoliikenteen näkökulmasta. Liittymägeometrioiden tarkastelussa keskityttiin erityisesti tekijöihin, joiden nähtiin vaikuttavan kiertoliittymän kiertotilasta poistuvien ajoneuvojen nopeuksiin. Onnettomuustietojen avulla kustakin kiertoliittymästä oli tunnistettu ne liittymähaarat, joilla onnettomuuksia oli eniten sattunut, joten myös geometrian tarkastelussa perehdyttiin erityisesti näiden liittymähaarojen erityispiirteisiin.

Liittymägeometrian tarkastelussa kiinnitettiin huomiota liittymän läpiajolinjoihin, poistumissäteisiin, kiertotilan leveyteen ja kiertosaarekkeen halkaisijaan. Lisäksi liittymistä saatettiin nostaa esille myös muita tekijöitä, jotka nähtiin merkityksellisiksi poistumisnopeuksien ja pyöräilyn turvallisuuden kannalta. Kaikissa kiertoliittymissä pyöräilyjärjestelyinä toimi jalkakäytävän kanssa yhdistetty pyörätie, joka kulki kiertotilan ulkopuolella. Suurimmat erot pyöräilyjärjestelyissä liittymien välillä löytyivät pyöräteiden linjauksista liittymähaarojen välillä, ja näitä eroja on pyritty analyysissä nostamaan esille. Pyörätien jatkeiden etäisyys oli pääosin noin viisi metriä kiertotilan reunasta, mutta myös tähän löytyi muutamia poikkeuksia, joista on tehty huomioita. Kaikissa liittymissä ei kuitenkaan kulkenut pyörätien jatketta joka haaralla, sillä Porin sillalla pyörätien jatke kulki kolmen haaran yli ja Tikkulassa pyörätien jatkeita oli vain yksi.

Aikaisempien tutkimusten, nyt tutkittujen onnettomuusselostusten sekä onnettomuustutkintalautakuntien selvitysten mukaan yksi merkittävä tekijä onnettomuuksissa on moot-

toriajoneuvojen nopeus onnettomuustilanteissa. Montosen mukaan (2008) henkilöva-hinko-onnettomuuksien riski pyöräilijöillä oli suurempi liittymissä, joissa läpiajolinjan kaarresäde oli liian suuri. Räsänen ja Summalan (2000) mukaan ajonopeuden noustessa myös havainnointi muita tienkäyttäjiä kohtaan väheni. Myös Silvano et al. (2016) totesi-vat autoilijan väistävän pyöräilijää sitä epätodennäköisemmin, mitä suurempi ajonopeus autolla on liittymässä. Toisaalta läpiajolinjan kaarresäde voi vaikuttaa myös autoilijan havainnointiin ja katselukulmiin kiertoliittymässä. Poistumissuunnan loiva kaarresäde ei ohjaa autoilijan katsetta poistumissuunnalla vasemmalta tuleviin pyöräilijöihin ja käveli-jöihin, vaan katse ohjautuu ennemmin suoraan eteenpäin tai suojatien ja pyörätien jatkeen oikealle puolelle. Asiaa on havainnollistettu kuvassa 16, jossa on vertailtu kuljettajan nä-kökentän kaartumista kiertoliittymässä ajettaessa.



Kuva 16. Kuljettajan näkökenttä kiertoliittymässä ajettaessa erilaisilla läpiajolinjoilla. Vasemmalla Tikkulan kiertoliittymä Porissa ja oikealla kiertoliittymä Rotterdamissa (Taustakartta: Google Maps 2017).

Vertailussa vasemmalla on Porin Tikkulassa sijaitseva kiertoliittymä ja oikealla puolella on Alankomaiden mallin mukainen kiertoliittymä Rotterdamista. Alankomaiden kierto-liittymässä erityisesti poistumissuunnalla kaarevuus on suurempi, jolloin kuljettajan katse ohjautuu ajolinjan myötä selvästi enemmän vasemmalle jo hyvissä ajoin ennen pyörätien jatkeen ylitystä. Lisäksi pimeällä auton valot valaisevat paremmin poistumissuunnalla lä-hestyvää pyörätietä ja jalkakäytävää, jos ajolinjan kaarevuus on suuri.

7.4 Nopeusmittaukset

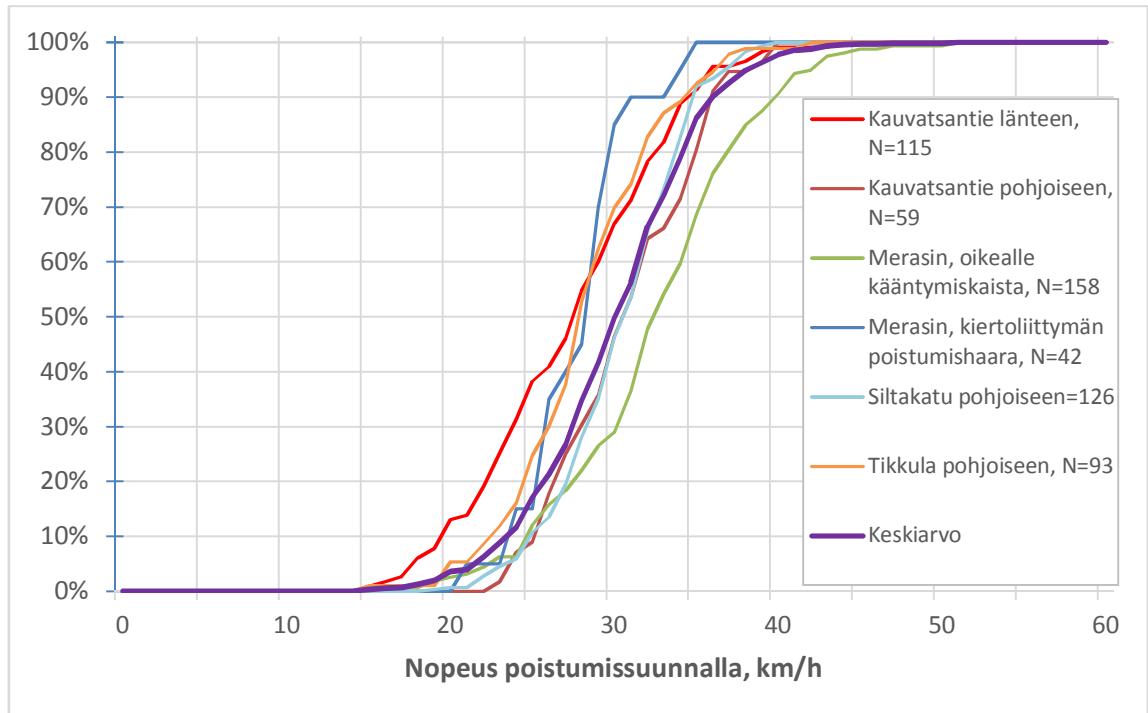
Havainnointitutkimuksen yhteydessä tehtiin myös nopeusmittauksia ja videointeja kier-tooliittymien poistumissuuntien liikenteestä. Nopeusmittauksissa mitattiin moottoriajo-

neuvojen nopeuksia, kun kiertoliittymän kiertotilasta poistuva ajoneuvo oli poistumissuunnan pyörätien jatkeen kohdalla. Nopeusmittaukset tehtiin pistoolitutkan avulla. Pistoolitutkalla suoraan autojen edestä ajoradan samalta puolelta mitatessa mittaaaja on melko helposti havaittavissa, mikä saattaa vaikuttaa ajoneuvojen kuljettajien tekemiin ratkaisuihin ja ajoneuvojen nopeuksiin. Tutkimuksen aluksi kokeiltiin useampia eri mittauspisteitä ja lopulta parhaaksi ratkaisuksi todettiin mittaaminen poistuvan ajoneuvon etupuolelta, mutta vastakkaiselta puolelta ajorataa. Tällöin myös pistoolitutkan käyttö oli nopeaa ja helppoa, sillä mittaaaja oli kohtisuoraan poistuvan ajoneuvon etupuolella.

Nopeusmittauksissa pyrittiin määrittämään kaikkien kiertotilasta vapaasti poistuvien ajoneuvojen nopeudet. Nopeutta ei mitattu tilanteissa, joissa auto pysähtyi tai hiljensi voimakkaasti väistääkseen pyörätien jatkeella tai suojatiellä kulkevia. Nopeusmittauksen kanssa samanaikaisesti liittymää myös videokuvattiin mittauspisteen suunnasta, jolloin tilanteita pystyttiin arvioimaan jälkikäteen myös videolta. Nopeusmittausten tavoitteena oli tarjota lisämateriaalia pyörätien jatkeiden turvallisuuden arvioimiseen. Mitattuja nopeuksien suuruutta ei voi kovin tarkasti vertailla keskenään mittaajankohtien ja mitaustilanteiden vaihtelun takia. Mittauksia tehtiin yhtä pitkä aika jokaisessa mittauspisteessä, jonka takia mittaushavaintojen lukumäärä vaihteli eri kohteiden välillä. Mittaukset kuitenkin helpottavat tunnistamaan niitä pisteitä, joissa todennäköisimmin ajoneuvojen korkeilla nopeuksilla on voinut olla vaikutus onnettomuuksien syntyyn.

Kuvassa 17 on esitetty ajoneuvojen nopeuksien kertymäfunktioiden kuvaajat mitatuissa pisteissä. Porin sillan kiertoliittymässä ei mittausta voitu suorittaa, sillä poistumissuunnalla oli havainnointitutkimuksen ajankohtana käynnissä rakennustyö, jonka takia ajoneuvojen nopeudet olivat hyvin alhaisia. Merasimen kiertoliittymässä oli tarkasteltavalle poistumissuunnalle rakennettu viime vuosien aikana erillinen oikealle kääntymiskaista, jonka takia nopeudet mitattiin sekä kiertotilasta poistuville sekä oikealle kääntymiskaistaa käyttäneille ajoneuvoille. Sekä kiertotilasta että oikealle kääntymiskaistalta poistuttaessa on suojatie ja pyörätien jatke poistumissuunnalla.

Sekä Kouvatsantien että Merasimen kiertoliittymissä nopeusmittauksia tehtiin kahdelta eri poistumissuunnalta. Kouvatsantien kiertoliittymässä tehdyissä mittauksissa pohjoisen poistumishaaran nopeudet olivat selvästi läntisen haaran nopeuksia korkeampia. Pohjoisen haaran liittymäkulma kiertotilaan tekee poistumissuunnasta todella loivan, jolloin kiertotilasta poistuminen on mahdollista tehdä hyvin vauhdikkaasti. Silti poistumissuunnan onnettomuuksia oli läntisellä suunnalla tapahtunut kolme, kun taas pohjoisen suunnalla oli sattunut yksi onnettomuus. Myös esimerkiksi Tikkulan kiertoliittymässä pohjoisen liittymähaaran poistumissuunnan ajonopeudet olivat melko alhaisia, mutta onnettomuuksia oli tällä haaralla sattunut useita. Poistumissuunnan ajonopeuksien painoarvoa ei voida väheksyä onnettomuuksien riskitekijänä, mutta onnettomuustilanteiden syntyyn on luultavasti vaikuttanut myös monia muita tekijöitä, joita pyritään selvittämään havainnoinnin ja liittymägeometrian analysoinnin avulla.



Kuva 17. Kertymäfunktio kesäkuussa 2017 tehdyistä nopeusmittauksista kiertoliittymän poistumissuunnan pyörätien jatkeen kohdalla. Selitetekstissä N kertoo yksittäisten mittauksien lukumäärän kyseisessä mittauspisteessä.

Tasoliittymien suunnitteluohjeessa (Tiehallinto 2001) kerrotaan, että tavoiteltava nopeus taso kiertoliittymän alueella olisi 20–40 km/h. Poistumissuunnan pyörätien jatkeen kohdalla moni autoilija on jo aloittanut kiihdytyksen pois liittymästä, jolloin myös nopeudet ovat huomattavasti tavoitetasoa korkeampia. Keskiarvon perusteella poistumissuunnan nopeus oli vähintään 30 km/h yli puolella kaikista mitatuista ajoneuvoista, jota voidaan pitää taajamakiertoliittymissä melko korkeana nopeutena. Tehdyistä mittauksista selvästi korkeimmat nopeudet havaittiin Merasimen kiertoliittymän oikealle kääntymiskaistalta. Autoliikenteen sujuvuutta rakennettu kääntymiskaista luultavasti parantaa, mutta vaikutus pyöräilyn turvallisuuteen on todennäköisesti päinvastainen.

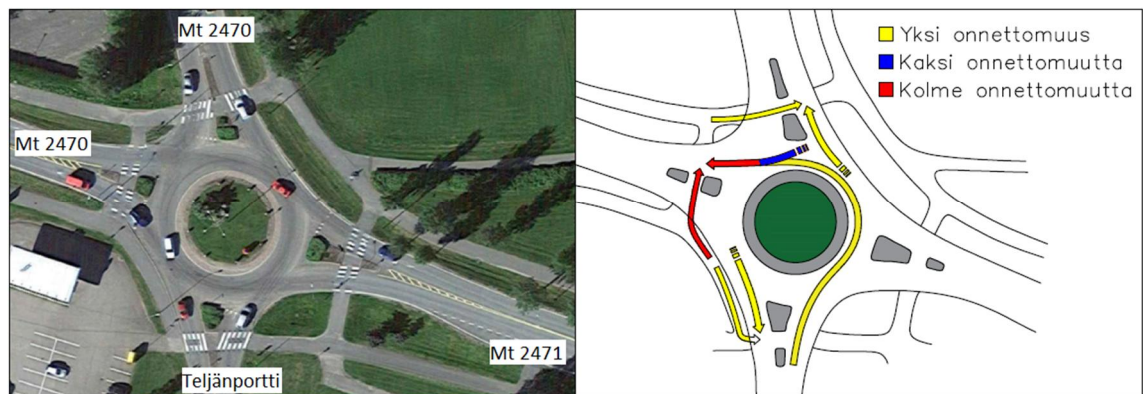
7.5 Liittymäkohtaiset tarkastelut

7.5.1 Kauvatsantien kiertoliittymä

Kiertoliittymän yleistiedot ja pyöräilijöille sattuneet onnettomuudet

Kauvatsantien kiertoliittymä sijaitsee Kokemäellä, maanteiden 2470 ja 2471 risteyskohdassa. Kiertoliittymä sijaitsee Kokemäen keskustan lounaispuolella. Pohjoissuunta on suoraan ylöspäin kaikissa kohdekiertoliittymien ilmakuvissa ja mallinnuksissa. Liittymä sijaitsee taajama-alueella ja nopeusrajoitus liittymäalueella on 50 km/h. Kiertoliittymän kiertosaarekkeen halkaisija on noin 17,5 metriä, jonka lisäksi keskisaarekettä ympäröi 2,5 metrin levyinen yliajettava korotettu osuus. Liittymän jokaisella haaralla on suojatiet ja

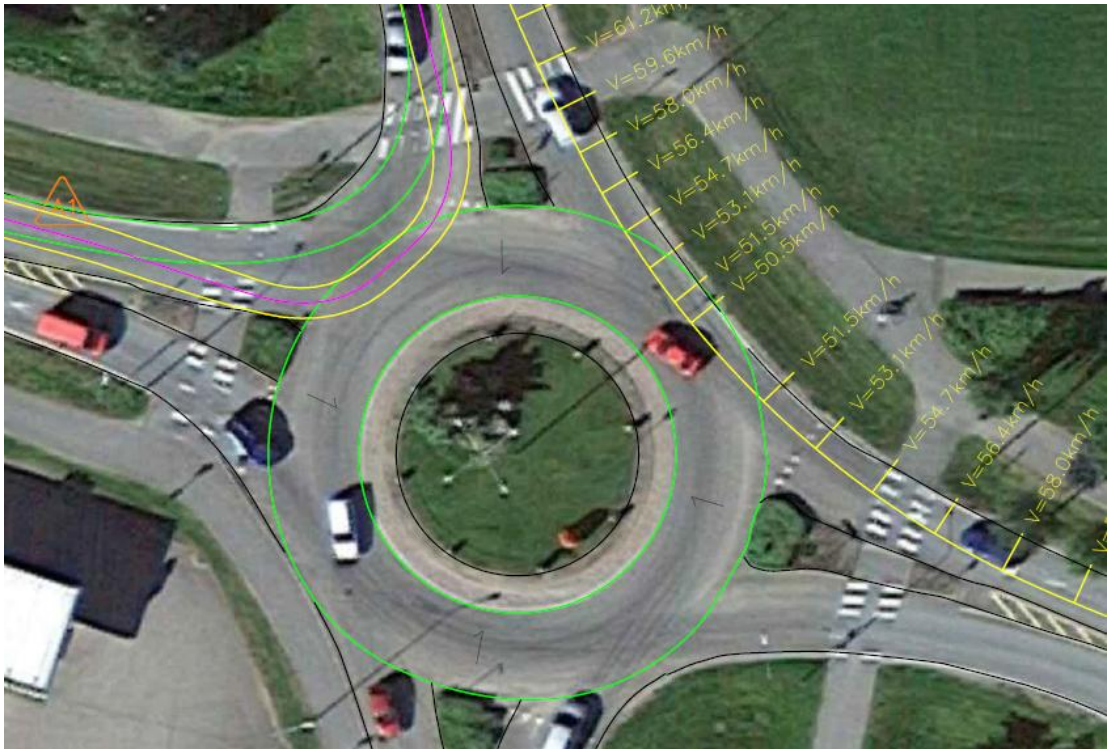
pyörätien jatke. Pyöräilijöiden onnettomuuksia kyseisessä liittymässä oli sattunut viisi kappaletta, joka oli eniten kaikista maanteiden kiertoliittymistä. Kaikki onnettomuudet olivat sattuneet ajoneuvon poistuessa kiertoliittymän kiertotilasta (kuva 18). Onnettomuuksista kolme oli sattunut kiertoliittymästä lännen suuntaan lähtevällä haaralla, jonka lisäksi pohjoisen ja etelän suuntiin lähtevillä haaroilla oli tapahtunut kummallakin yksi onnettomuus. Neljässä tapauksessa pyöräilijä oli tullut toiseen osalliseen nähden vasemmalta ja kerran oikealta. Toisten osallisten ajosuunnista saatiin tieto selville vain yhdestä tapauksesta, jossa auto oli poistunut liittymästä kolmannesta haarasta. Kuvassa 18, sekä muissa vastaavissa onnettomuuskuvaajissa, katkoviivaan päättyvä auton ajosuunta kuvaa tilannetta, jossa auton tulosuuntaa ei ole saatu onnettomuusselitteestä selville.



Kuva 18. Kauvatsantien kiertoliittymässä sattuneet onnettomuudet. (Taustakartta Google Maps 2017)

Kauvatsantien kiertoliittymässä liittymähaarojen liittymiskulmat kiertotilaan vaihtelevat huomattavasti. Erityisesti pohjoisen suunnan liittymähaara kulkee huomattavan lähellä läntisen suunnan haaraa, jolloin näiden haarojen väliin jäävä kulma on terävä. Koska liittymähaarojen välinen kulma on pieni, ajorataa on levennetty huomattavasti raskaan liikenteen takia siirtämällä sisäkaarteiden piennarta kauemmas kiertotilasta ja kiertosaarekkeesta (kuva 19). TORUS-ohjelmalla tehdyistä simuloinneista nähdään, että moduulirekan simuloitu ajoura ei silti mahdu ongelmitta liittymähaarojen välille, vaan ajoura kulkee pientareen kautta sekä sisäkaarteissa että kauempana poistumishaaran kohdalla.

Samanaikaisesti pohjoisen liittymähaaran kulman takia ajolinjasta itään ja pohjoiseen kulkevien haarojen välillä muodostuu todella loiva, joka nähdään myös simuloituista henkilöautojen nopeuksista liittymähaaroilla (kuva 19). Nopeuksien laskennassa on määritetty pienin kaarresäde ajouran reitillä ja sitä hyväksi käyttäen on nopeudet laskettu Liikenneviraston mitoitusajoneuvojen kiihtyvyyksien ja hidastuvuuksien avulla. Poistumissuunnan suojatien ja pyörätien jatkeen kohdalla henkilöauton kiihtyvyyksien avulla simuloitu maksiminopeus on noin 60 km/h, joka on huomattavasti suurempi kuin liittymäalueelle suunnitteluohjeissa määritetty nopeustaso 20–40 km/h (Tiehallinto 2001, s. 74).



Kuva 19. Ajolinjat Kauvatsantien kiertoliittymässä. (Taustakartta Google Maps 2017)

Koska piennarta on siirretty kauemmas kiertotilasta, muodostuu läntisellä poistumissuunnan leveydeksi yli 7 metriä poistumishaaran saarekkeesta reunaviivaan mitattuna, vaikka tasoliittymien suunnitteluohjeessa (Tiehallinto 2001) on yksiajorataisen kiertoliittymän poistumislevyden maksimiksi kerrottu 5,5 metriä. Levennyksen takia henkilöautojen ajolinjasta muodostuu lähes suora läntisen poistumissuunnan kohdalla (kuva 20).



Kuva 20. Kauvatsantien kiertoliittymän poistumissuunta lännen suuntaan.

Pohjoisen ja läntisen liittymähaarojen välisen kaarteet ongelmallisuus huomattiin myös havainnointitutkimusta tehtäessä, sillä haarojen väliseen pientareeseen oli kulunut syvä kuoppa ja päällysteen reuna oli halkeillut (kuva 21). Vaikka ajorataa on tällä kohdalla

levennetty selvästi piennarta sistentämällä, on liittymähaarojen välinen kulma silti liian jyrkkä raskaan liikenteen ajettavaksi ajorataa pitkin.



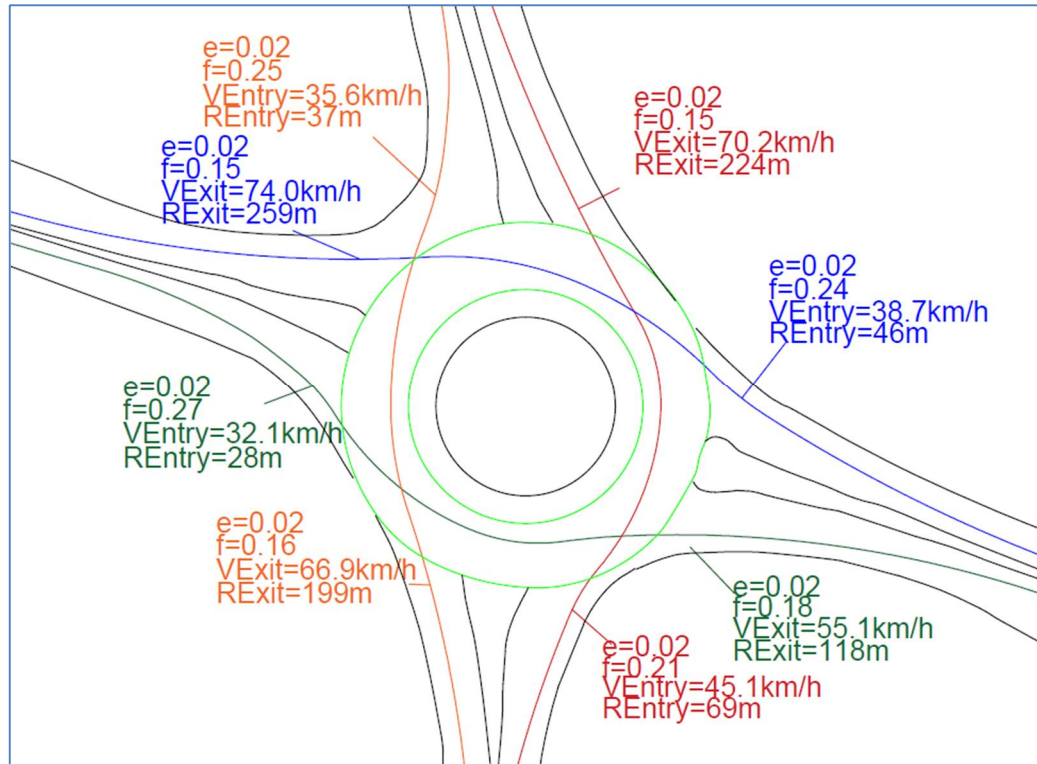
Kuva 21. Kulunut piennar pohjoisen ja lännen liittymähaarojen välissä Kauvatsantien kiertoliittymässä.

Henkilöautojen ajouratarkastelut kiertoliittymässä

Henkilöautojen ajonopeuksia tarkasteltiin myös kiertoliittymään muodostettujen läpiajolinjojen avulla. TORUS-ohjelmalla tehdyn mallinnuksen tuloksissa on laskettu erikseen arvot sekä tulo- että poistumissuunnan ajouralle muodostuville kaarille. Ohjelmaan on syötetty lähtötietoina ajoradan sivukaltevuus, jolle on käytetty 2 %:n vakioarvoa. Lisäksi ohjelmasta löytyvät tiedot Liikenneviraston mitoitusajoneuvoista. Ohjelma muodostaa henkilöautolle nopeimmat läpiajolinjat kiertoliittymässä ja laskee läpiajolinjan tulo- ja poistumissuunnalla henkilöauton teoreettisen maksiminopeuden kaariyhdistelmän eri osissa. Ohjelma tulostaa tulo- ja poistumissuunnille neljä arvoa, joista ylimpänä on ilmoitettu sivukaltevuus ja alimpana kyseisen läpiajolinjan osan kaarresäde. Näiden avulla on laskettu vaakasuoran voiman komponentti ja teoreettinen henkilöauton maksiminopeus vastaavassa kaarteessa. Tasoliittymien suunnitteluohjeessa (Tiehallinto 2001) on kiertoliittymän poistumissuunnan kaarresäteeksi asetettu 40–80 metriä, jos poistumissuunnalla on suojatie tai pyörätien jatke. Tasoliittymien suunnitteluohjeessa kaarresäteet on kuitenkin ilmoitettu tien keskilinjasta mitattuina, eikä ajourien perusteella, joten arvot eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään (Tiehallinto 2001).

Kaikilla kiertoliittymän läpiajolinjoilla poistumissuunnan kaarresäde on merkittävästi tulosuuntaa suurempi (kuva 22). Kiertoliittymään tulosuunnassa ajolinjan kaarevuus pakottaa henkilöautoja alentamaan ajonopeuksiaan. Mallinnuksesta kuitenkin nähdään, että kaikilla kiertoliittymän läpiajolinjojen poistumissuunnilla ajouran kaarresäde on hyvin suuri, jolloin poistumissuuntien mitoituksen vaikutus henkilöautojen ajonopeuksiin jää

hyvin pieneksi. Suoraviivainen ajolinja poistumissuunnalla mahdollistaa ajonopeuksien nousun, jonka lisäksi auton kuljettaja ei välttämättä miellä itseään kääntyväksi ja väistämismvelvolliseksi ajoneuvoksi. Suoraviivainen ajolinja myös ohjaa kuljettajan katseen suoraan poistumissuunnan suuntaisesti, jolloin katsekontaktia suojatien ja pyörätien jatkeen vasemmalle puolelle ei synny ilman kuljettajan aktiivista havainnointia.



Kuva 22. Läpiajolinjojen kaarevuudet Kauvatsantien kiertoliittymässä. Kuvassa e on ajoradan sivukaltevuus, f on vaakavoiman komponentti, V_{Entry} ja V_{Exit} ovat henkilöauton maksimiajonopeuksia kyseisellä kaarevuudella, R_{Entry} ja R_{Exit} kertovat kaarresäteen kyseisessä läpiajolinjan osassa.

Pohjoisen poistumishaaran nopeusmittauksissa suurimmat nopeudet mitattiin idän suunnasta tulleilta ajoneuvoilta. Pohjoiselle liittymähaaralle suoraan läpiajaneiden nopeudet olivat alempia kuin itäiseltä haaralta pohjoisen suuntaan poistuneiden autojen. Kiertoliittymän eteläinen haara kuuluu katuverkkoon ja kyseisen haaran liikennemäärät ja ajonopeudet olivat havainnointitutkimuksen aikaan selvästi muita haaroja alempia. Idän suunnasta pohjoiseen ajettaessa auton kuljettajalla on kuitenkin hyvä näköyhteys poistumissuunnalla vasemmalta tuleviin pyöräilijöihin, joka voi osittain selittää onnettomuuksien keskittymistä läntiselle liittymähaaralle.

Havaintoja pyöräilyn turvallisuuden mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä

Kiertoliittymän reunoilla kulkee yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä kaikilla kiertoliittymän haaroilla. Yhdistettyjen pyöräteiden ja jalkakäytävien linjaukset kiertoliittymien haarojen välillä vaihtelevat suuresti. Itäisen ja eteläisen liittymähaaran välillä yhdistetty

pyörätie ja jalkakäytävälle muodostuu suorakulmainen käänнос. Ajoinataan nähden koh-tisuora osuus on pitkä, jolloin autojen on luultavasti helppo havaita pyöräilijöiden ja kä-velijöiden ylitysaikheet. Tiukka käänнос ei kuitenkaan pyöräilijöiden näkökulmasta ole optimaalinen, sillä käänнос pakottaa pyöräilijän alentamaan nopeuttaan. Eteläisen ja län-tisen haaran välissä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä kulkee aivan kiertotilan reunassa ja käännökset ovat loivempia, jolloin pyöräilijöiden kannalta ajaminen sujuu ilman no-peuden alentamista. Pyöräilijän voi kuitenkin olla vaikeaa havainnoida molemmista suun-nista saapuvia autoja, jos ennen pyörätien jatketta ei ole välikaistaa ja odotustilaa. Etenkin kiertoliittymän eteläisen haaran pyörätien jatkeelle lännestä itään päin ajettaessa kiertoti-lasta poistuvat ajoneuvot tulevat pyöräilijään nähden erittäin hankalasti havainnoitavasta suunnasta. Myös autoilijan voi olla vaikeampaa ennakoida pyöräilijän ylitysaikheet, jos yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä kulkee ajoradassa kiinni. Pohjoisen ja itäisen liittymä-haarojen välillä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä kulkee ajoradan suuntaisesti, mutta ajoradan ja yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän välillä on leveä välikaista. Tässä järjes-telyssä pyöräily on sujuvaa, jonka lisäksi ennen suojatietä ja pyörätien jatketta on leveä odotustila. Odotustila ohjaa pyöräilijät ylityspaikalle ajorataan nähden suorassa kulmassa ja antaa sekä autoilijalle että pyöräilijälle aikaa valmistautua lähestyvään ylitystilantee-seen.

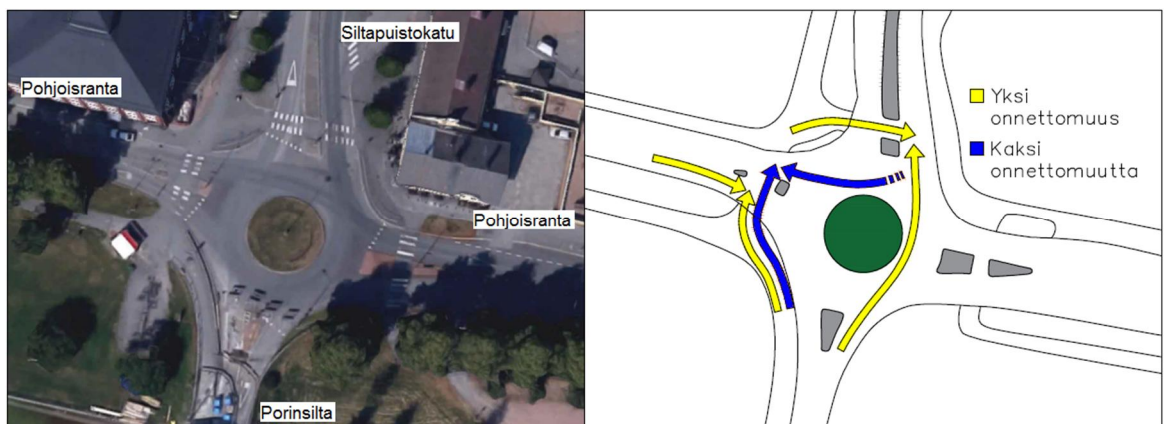
Liittymässä oli eroja myös pyörätien jatkeiden etäisyyksissä kiertotilan reunasta. Kierto-liittymästä länteen lähtevällä haaralla poistumissuunnan pyörätien jatke oli noin kuuden metrin päässä kiertotilan reunasta. Kaikilla muilla liittymähaaroilla suojatien ja pyörätien jatkeen etäisyys kiertotilan reunasta oli vähintään 10 metriä. Jalankulku- ja pyöräily-väylien suunnitteluohjeessa suojatien ja pyörätien jatkeen etäisyydeksi ohjeistetaan 5–6 metriä kiertotilan reunasta. Pohjoisella ja eteläisellä liittymähaaralla suojatie ja pyörätien jatke kulkevat hieman vinottain kiertotilaan nähden, jolloin kiertoliittymästä poistuttaessa etäisyys kiertotilasta suojatiehen ja pyörätien jatkeeseen muodostuu selvästi suurem-maksi kuin kiertoliittymän tulosuunnassa.

7.5.2 Porin sillan kiertoliittymä

Kiertoliittymän yleistiedot ja pyöräilijöille sattuneet onnettomuudet

Toisena kohteena oli Porissa Kokemäenjoen yli kulkevan Porin sillan pohjoispäässä si-jainnut kiertoliittymä. Kiertoliittymä sijaitsee taajama-alueella ja katuverkolla. Porin sil-lan kautta keskustaan kulkeva pyörätie on Porin suosituimpia pyöräilyreittejä. Kiertoliit-tymästä itään päin lähdettäessä sijaitsee teollisuusalue ja kiertoliittymän kautta kulkeva Pohjoisranta-katu yhtyy idän suunnassa noin 200 metrin päässä yhdystiehen 2550. Kier-toliittymän luoteispuolella sijaitsee Porin yliopistokeskus. Kiertoliittymässä on suojatie ja pyörätien jatke muilla haaroilla, paitsi etelän suuntaan Porin sillalle lähtevällä haaralla. Nopeusrajoitusta kiertoliittymän alueella on vuonna 2016 laskettu 30 kilometriin tun-nissa. Kiertoliittymän kautta kulkee pohjois-eteläsuunnassa useita Porin joukkoliikenteen linjoja.

Porin sillan kiertoliittymässä oli tarkasteluajanjaksona sattunut neljä onnettomuutta, joissa pyöräilijä oli ollut osallisena. Onnettomuuksista kolme oli tapahtunut kiertoliittymän lännen puoleisen haaran pyörätien jatkeella ja yksi pohjoisen suuntaan lähtevällä haaralla. Onnettomuuksista kolme oli tapahtunut autoilijan poistumissuunnalla ja yksi kiertoliittymään saavuttaessa (kuva 23). Pyöräilijä oli kaikissa poistumissuuntien onnettomuuksissa tullut autoilijaan nähden vasemmalta, kun taas auton tulosuunnassa tapahtuneissa onnettomuuksissa pyöräilijä lähestyi autoa oikealta. Poistumissuunnalla tapahtuneista onnettomuuksista vain yhdestä saatiin selville autoilijan tulosuunta, joka tässä tapauksessa oli kiertoliittymän vastakkaiselta puolelta. Lännen suunnan haaralla oli tapahtunut kaksi poistumissuunnan onnettomuutta, mutta näistä kummastakaan ei tulosuuntaa saatu selville. Läntisen haaran pyörätien jatkeella sattuneissa onnettomuuksissa kaikki pyöräilijät olivat tulleet Porin sillan suunnasta.



Kuva 23. Porin sillan kiertoliittymässä sattuneet onnettomuudet. (Taustakartta Google Maps 2017)

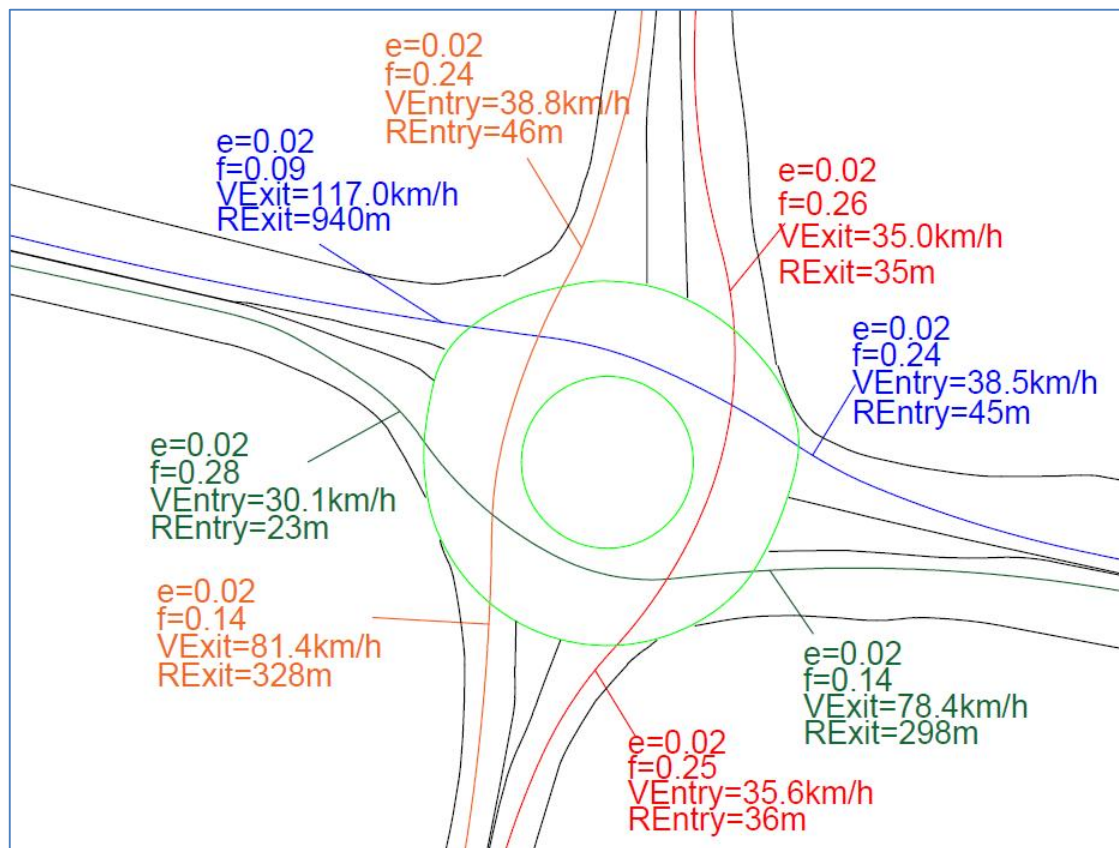
Porin sillan ja Pohjoisrannan risteyksessä sijaitseva kiertoliittymä on jo melko vanha, sillä Porin kaupungin (2016) liikenteen turvallisuustilaston mukaan kyseinen liittymä olisi rakennettu vuonna 1996. Tilastosta nähdään myös, että onnettomuuksien määrä kyseisellä liittymäalueella on vähentynyt alle kolmasosaan kiertoliittymän rakentamisen myötä, mutta pyöräilijöiden ja kävelijöiden onnettomuuksia kyseinen tilasto ei erottele.

Henkilöautojen ajouratarkastelut kiertoliittymässä

Ilmakuvasta tarkasteltuna kiertoliittymä näyttää melko jäsentymättömältä, sillä kiertotila on leveä ja kiertotilan ulkoreunassa ei ole tiemerkinä. Kiertosaareke on halkaisijaltaan melko pieni liittymän yleisilmeeseen nähden, eikä kiertotilassa ole sitä kaventavaa yliajettavaa kiveystä. Pieni kiertosaareke ja leveä kiertotila tekevät varsinkin henkilöautojen ajolinjoista suoraviivaisia ja hidastamistarve etenkin liittymästä poistuttaessa on lähes olematon. Liittymähaarojen saarekkeiden koot ja muodot vaihtelevat suuresti. Pohjoisella haaralla saareke on pitkä ja kapea, kun taas läntisellä haaralla liittymähaaralla saarekkeet

ovat hyvin pieniä. Kahdella muulla haaralla saarekkeet ovat kolmiomaisia. Läntisen haaran poistumissuunnalla pyörätien jatkeen etäisyys kiertotilan reunasta on noin neljä metriä, kun taas pohjoisen ja idän haaroilla vastaava etäisyys on lähes kuusi metriä.

Henkilöautojen nopeimpien ajolinjojen simuloinneissa huomataan, että etenkin poistumissuuntien nopeudet nousevat kyseisessä liittymässä huomattavan korkeiksi (kuva 24). Liittymäalueella on 30 km/h nopeusrajoitus, mutta suorat ajolinjat eivät tue nopeusrajoituksen noudattamista. Läpiajolinjojen mallinnuksessa suurimmat poistumissuunnan nopeudet ovat juuri läntisen suunnan haaralla, jolla myös oli sattunut useampia pyöräilijöiden onnettomuuksia. Vaikka ajonopeudet liittymäalueella pysyisivät nopeusrajoituksen myötä alhaisina, on suorasta läpiajolinjasta muita haittoja, jotka voivat vaarantaa pyöräilijöiden ja kävelijöiden turvallisuuden. Autoilijan on vaikea mieltää itseään kääntyväksi kiertotilasta poistuessaan, jos kiertoliittymän läpi pääsee ajamaan lähes suoralla ajolinjalla.



Kuva 24. Läpiajolinjojen kaarevuudet Porin sillan kiertoliittymässä.

Kiertoliittymän geometriaan ovat luultavasti vaikuttanut liittymän itäpuolella sijaitsevat teollisuusalueet, joiden raskaasta liikenteestä osa kulkee Porin sillan kiertoliittymän kautta. TORUS-ohjelmalla tehdystä simuloinnista nähdäänkin, että moduulirekka mahtuu juuri ja juuri ajamaan idän suunnasta Porin sillalle, mutta ylimääräistä tilaa ei ympärille jää (kuva 25). Raskaan liikenteen tilantarpeiden takia kiertotilaa ei voida kaventaa rakenteilla, jotka eivät mahdollista yliajamista.



Kuva 25. Moduulirekan ajouramallinnus TORUS-ohjelmalla Porin sillan kiertoliittymässä. (Taustakartta Google Maps 2017)

Suunnitelmana oli tehdä nopeusmittauksia Porin sillan kiertoliittymässä lännen suuntaan lähtevällä poistumishaaralla. Havainnointitutkimuksen ajankohtana oli kohteessa kuitenkin käynnissä rakennustyö, jonka myötä liikennettä lännen suuntaan oli rajoitettu. Näin ollen nopeuksia ei päästy kyseisessä kohteessa mittaamaan. Havainnointitutkimuksen yhteydessä huomattiin, että kiertoliittymän läntinen haara oli melko kapea ja kadunvarsi-pysäköinti kavensi katutilaa entisestään. Rakennustyöstä huolimatta näytti melko epätoimennäköiseltä, että ajoneuvojen nopeudet nousisivat kyseisellä poistumissuunnalla merkittäväksi riskitekijäksi.

Havainnointitutkimuksen ajankohtana huomattiin, että Porin sillan pyörätiellä kulkevien pyöräilijöiden määrä oli huomattavan suuri. Näin ollen myös kiertoliittymän läntisen haaran suojatiellä ja pyörätien jatkeella on lähes jatkuvasti kadun ylittäjiä ja autoilijoilta vaaditaan hyvää tarkkaavaisuutta. Sillalta kiertoliittymää lähestyvät pyöräilijät voivat jatkaa joko pyörätien jatkeelle kiertoliittymän haaran yli tai lännen suuntaan Kokemäenjoen vartta pitkin. Porin sillan suunnasta kiertoliittymää lähestyttäessä pyörätie kulkee alamäkeen, jolloin pyöräilijöiden nopeudet saattavat nousta huomattavan korkeiksi (kuva 26). Kovalla vauhdilla lähestyvä pyöräilijä voi jäädä autoilijalta helposti huomaamatta, sillä vauhdikas pyöräilijä voi saapua pyörätien jatkeen kohdalle auton kanssa samanaikaisesti pitkän matkan päästä. Ajolinja poistumissuunnalle on autoilijan näkökulmasta niin suora, että katsekontaktia pyöräilijän suuntaan ei synny luonnostaan, vaan autoilijan täytyy erikseen huomata katsoa ja kääntää päätään myös vasemmalle pyöräilijöiden havaitsemiseksi.

Havainnointitutkimuksen ajankohtana huomattiin, että Porin sillan pyörätiellä kulkevien pyöräilijöiden määrä oli huomattavan suuri. Näin ollen myös kiertoliittymän läntisen haaran suojatiellä ja pyörätien jatkeella on lähes jatkuvasti kadun ylittäjiä ja autoilijoilta vaaditaan hyvää tarkkaavaisuutta. Sillalta kiertoliittymää lähestyvät pyöräilijät voivat jatkaa joko pyörätien jatkeelle kiertoliittymän haaran yli tai lännen suuntaan Kokemäenjoen vartta pitkin. Porin sillan suunnasta kiertoliittymää lähestyttäessä pyörätie kulkee alamäkeen, jolloin pyöräilijöiden nopeudet saattavat nousta huomattavan korkeiksi (kuva 26). Kovalla vauhdilla lähestyvä pyöräilijä voi jäädä autoilijalta helposti huomaamatta, sillä vauhdikas pyöräilijä voi saapua pyörätien jatkeen kohdalle auton kanssa samanaikaisesti pitkän matkan päästä. Ajolinja poistumissuunnalle on autoilijan näkökulmasta niin suora, että katsekontaktia pyöräilijän suuntaan ei synny luonnostaan, vaan autoilijan täytyy erikseen huomata katsoa ja kääntää päätään myös vasemmalle pyöräilijöiden havaitsemiseksi.



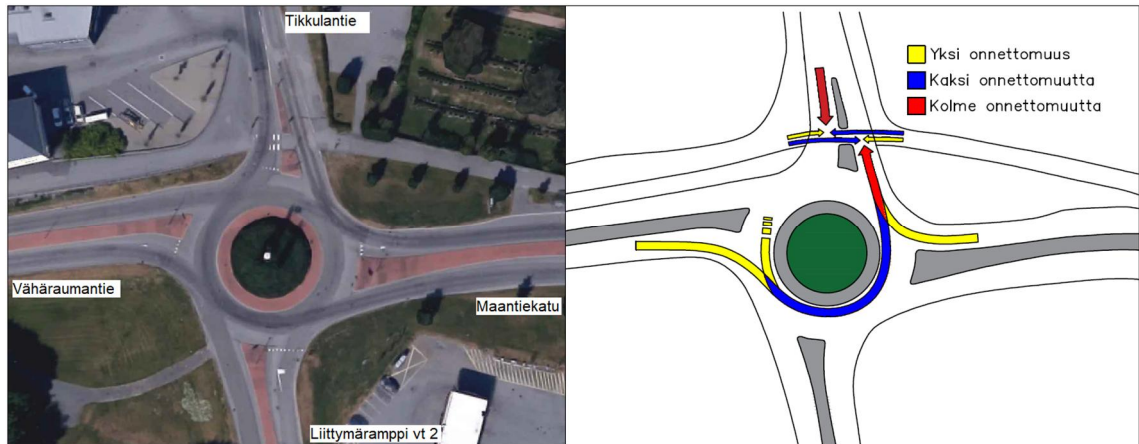
Kuva 26. Näkymä Porin sillan kiertoliittymän kiertotilasta sillalta kiertoliittymään saapuvalla yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle (Google Maps 2017).

Porin sillalta kiertoliittymään saapuva yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä on erotettu ajoradasta matalan kaiteen avulla. Nykyisessä järjestelyssä pyöräilijän voi olla vaikea havaita matala kaide etenkin pimeällä. Kaiteeseen törmäävä pyöräilijä kaatuu suoraan ajoradalle, koska kaide on liian matala. Kuvasta 26 nähdään myös, että kiertotila on leveä ja keskisaarekkeet ovat pienet etenkin läntisen liittymähaaran kohdalla. Lisäksi Porin sillan suunnasta kiertoliittymää lähestyttäessä ei yhdistetyllä pyörätiellä ja jalkakäytävällä ole lainkaan valaistusta. Näin ollen pimeällä autojen on vaikea erottaa lähestyviä pyöräilijöitä, etenkin kun suoralla läpiajolinjalla liittymästä poistuttaessa ei auton valoista ole apua sivusuunnan valaisemisessa.

7.5.3 Tikkulantien kiertoliittymä

Kiertoliittymän yleistiedot ja pyöräilijöille sattuneet onnettomuudet

Porin Tikkulassa sijaitseva kiertoliittymä yhdistää valtatie 2 Porin katuverkkoon (kuva 27). Liittymästä etelään lähtevä liittymähaara toimii liittymäramppina valtatielle. Muut liittymähaaroista ovat katuja. Itä-länsisuuntainen Maantiekatu yhdistää lännen suunnassa sijaitsevan Vähärauman kaupunginosan idän suunnassa sijaitsevaan Porin keskusta. Liittymän pohjoispuolella sijaitsee Tikkulan kaupunginosa, joka on nykyään valtaosin teollisuusaluetta. Vain kiertoliittymän pohjoishaaran ylitse kulkee pyörätien jatke ja suo-jatie. Liittymäalueella on voimassa 50 km/h taajamanopeusrajoitus.

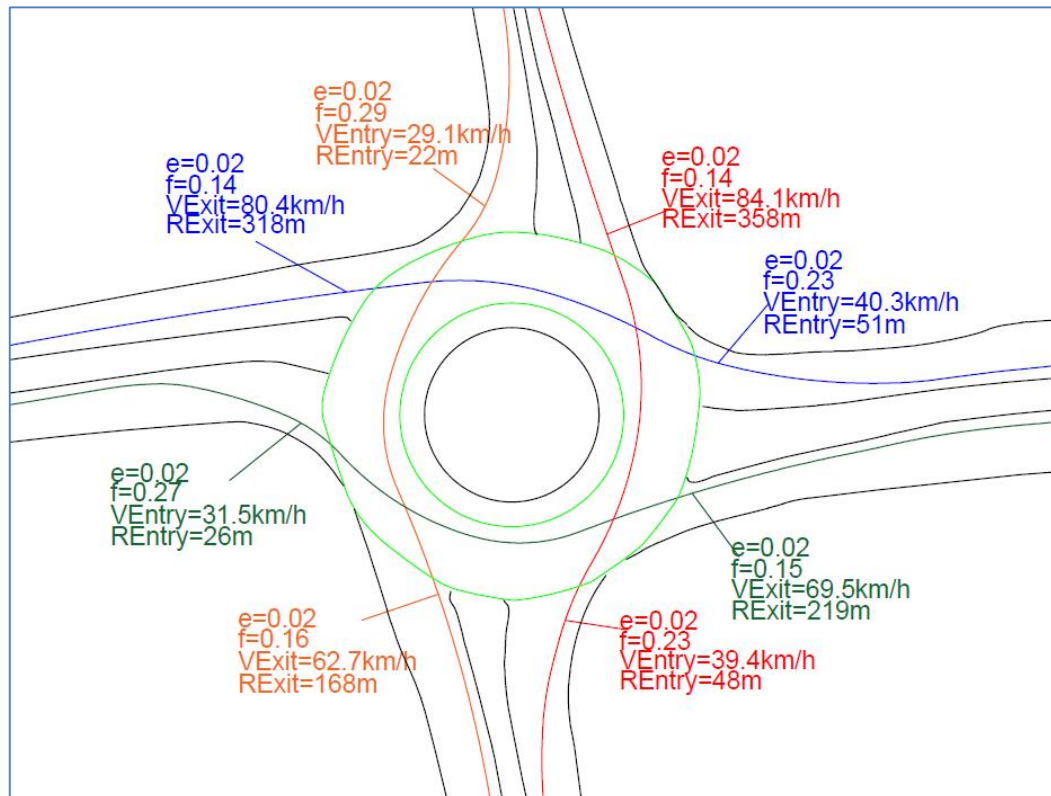


Kuva 27. Tikkulan kiertoliittymässä sattuneet onnettomuudet. (Taustakartta Google Maps 2017)

Risteysseliteellä tehdyissä hauissa ei kyseisestä kiertoliittymästä noussut esille yhtään onnettomuutta. Kiertoliittymä nousi kuitenkin esille mahdollisena pyöräilijöiden onnettomuuskeskittymänä työn yhteydessä käytyjen keskustelujen aikana. Kun onnettomuuksia haettiin kiertoliittymän sijainnin perusteella, löydettiin pyöräilijöiden onnettomuuksia kiertoliittymästä peräti kahdeksan, jotka olivat kaikki tapahtuneet yhdellä pyörätien jatkeella. Kuvassa 27 on esitetty onnettomuuksien osallisten tulosuunnat niiltä osin, joilta ne selville saatiin. Kahdesta onnettomuudesta selostusten perusteella ei saatu selville pyöräilijän eikä autoilijan tulosuuntaa, joten niitä ei ole esitetty tässä kuvassa. Kuusi onnettomuutta, joista tiedot saatiin selville, jakautuivat melko tasaisesti niin autojen kuin pyöräilijöiden tulosuuntien kesken. Sekä autoilijan tulo- että poistumissuunnalla oli sattunut kummassakin kolme onnettomuutta, joissa pyöräilijöistä neljä oli tullut autoilijaan nähdessä vasemmalta ja kaksi oikealta. Autoilijan poistumissuunnalla sattuneista onnettomuuksista osallisina oli kerran sekä ensimmäisestä ja kolmannesta haarasta poistunut autoilija. Yhdestä onnettomuudesta ei auton tulosuuntaa saatu selville.

Henkilöautojen ajouratarkastelut kiertoliittymässä

Tikkulan kiertoliittymä muistuttaa geometrialtaan selvästi enemmän maantiemaisessa ympäristössä kuin taajaman katuverkolla sijaitsevaa kiertoliittymää. Liittymähaaroja on porrastettu vasemmalle ja kiertotilaan sisäänajo on tehty oikealle ohjaavaksi, jolloin poistuminen kiertotilasta käy sujuvasti ja nopeutta alentamatta. Kyseiset ratkaisut ovat yleisiä ja toimivia maanteiden kiertoliittymissä, joissa poistumissuunnilla ei ole pyöräilijöiden tai jalankulkijoiden ylityspaikkaa samassa tasossa. Tikkulan kiertoliittymän pohjoishaaralla kulkee kuitenkin sekä suojatie ja pyörätien jatke. Kiertoliittymän poistumissuuntien geometria on hyvin loiva, eikä se tue autoilijan väistämisvelvollisuutta (kuva 28).



Kuva 28. Läpiajolinjojen kaarresäteet Tikkulan kiertoliittymässä

Kiertoliittymän läpiajolinjoista loivin geometria on pohjoisen suuntaan poistumisessa, jossa myös pyörätien jatke sijaitsee (kuva 28). Loivan geometrian myötä pyöräilijöiden havaitseminen kauempaa pyörätien jatkeesta vaikeutuu, koska kuljettajan katse ohjautuu suoraan eteenpäin. Pyörätien jatke yhdellä liittymähaaralla voi myös yllättää muilta haaroilta saapuvat autoilijat, koska heidän tulosuunnassaan ei ylityspaikkaa ollut eikä maantiemäinen liittymägeometria anna viitteitä ylityspaikan olemassaolosta.

Havainnot pyöräilyn turvallisuuteen mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä

Pyörätien linjaus sekä idän että lännen suunnista on hyvin suoraviivainen ja pyörätiellä on loiva alamäki idästä länteen päin ajettaessa, joten pyöräilijöiden nopeudet ylityspaikalla voivat nousta huomattavan korkeiksi etenkin tästä suunnasta. Pohjoisen suunnasta pyörätien jatkeelle johtavat yhdistetyt pyörätiet ja jalkakäytävät kulkevat molemmilla puolilla ajoradan vieressä. Pohjoisen liittymähaaran länsipuolella (kuva 29, oikea puoli) yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän leveys on pyörätien jatkeen kohdalla noin 10 metriä. Välikaistan puuttumisen myötä pyöräilijöiden on mahdollista oikaista pyörätien jatkeelle ja lisäksi autoilijoiden on vaikea ennakoida pyöräilijöiden ylitysaikaita. Pohjoisen suunnasta pyörätien jatkeelle ajavan pyöräilijän voi olla vaikeaa havaita samasta suunnasta lähestyviä ajoneuvoja, jotka tulevat suoraan pyöräilijän selän takaa. Samoin kuin Porin sillan kiertoliittymässä, myös Tikkulan kiertoliittymässä valaisimet on sijoitettu liittymähaarojen keskisaarekkeisiin, jolloin yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän valaisu voi jäädä puutteelliseksi.



Kuva 29. Näkymä Tikkulan kiertoliittymään pohjoiselta liittymähaaralta. Kuvassa oikealla yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä on tarpeettoman leveä liittymää lähestyttäessä (Google Maps 2017).

Kiertoliittymän kiertosaareke ja sen korkea kasvillisuus muodostavat etenkin henkilöautoille näköesteen, jolloin pyörätien jatkeelle vasemmalta puolelta lähestyviä pyöräilijöitä on vaikea nähdä. Kuvassa 30 on esitetty näkymä pohjoisesta etelään, kuvattuna kiertosaarekkeen luoteispuolen pientareelta. Vaikutus näkemään on vielä suurempi ajoradalta, jossa kuljettajan silmäpiste on matalampana ja lähempänä keskisaarekettä.



Kuva 30. Näkymä pohjoisesta etelän poistumissuunnalle. Kiertosaareke estää näkemän poistumissuunnan keskisaarekkeen vasemmalle puolelle.

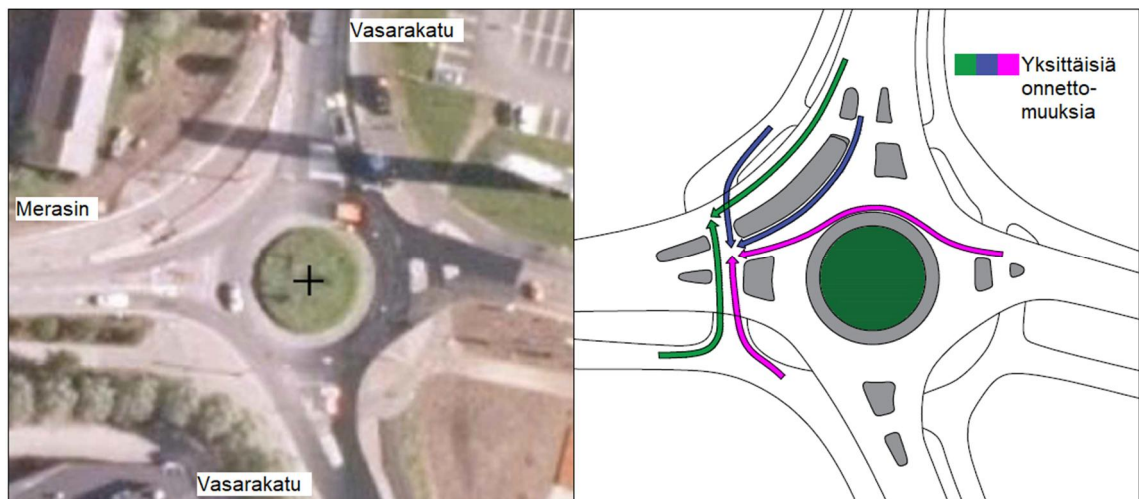
Korkea keskisaareke parantaa kiertoliittymän havaittavuutta ja esimerkiksi Jensenin (2016) tutkimuksessa havaittiin korkean keskisaarekkeen parantavan pyöräteiden turvallisuutta. Kuitenkin Tikkulan kiertoliittymässä on keskellä korkeita puita, jotka viestivät kuljettajille jo kaukaa kiertoliittymän lähestymisestä. Kiertosaarekkeen korkean kasvillisuuden takia etelästä kiertoliittymään saapuvan henkilöauton kuljettajan on mahdotonta havaita pohjoishaaran suojatietä ja pyörätien jatketta ennen kiertotilaan ajamista.

7.5.4 Merasimen kiertoliittymä

Kiertoliittymän yleistiedot ja pyöräilijöille sattuneet onnettomuudet

Onnettomuustietojen perusteella Jyväskylästä nousi esille kaksi kiertoliittymää, joissa oli poistumissuunnan onnettomuuksia sattunut useampia. Ensimmäisenä tarkastelussa on Merasimen ja Vasarakadun risteyksessä sijaitseva kiertoliittymä, joka sijaitsee Jyväskylässä Seppälän kaupunginosassa. Alueella on paljon pienteollisuutta, jonka lisäksi viime vuosina lähistölle on noussut vähittäiskaupan suuryksiköitä. Nelihaaraisen kiertoliittymän itään suuntautuva haara toimiikin sisäänajoväylänä läheisten automarkettien paikoitusalueille. Liittymän kaikilla neljällä haaralla on suojatie ja pyörätien jatke kiertoliittymän läheisyydessä. Alueella on 40 km/h nopeusrajoitus.

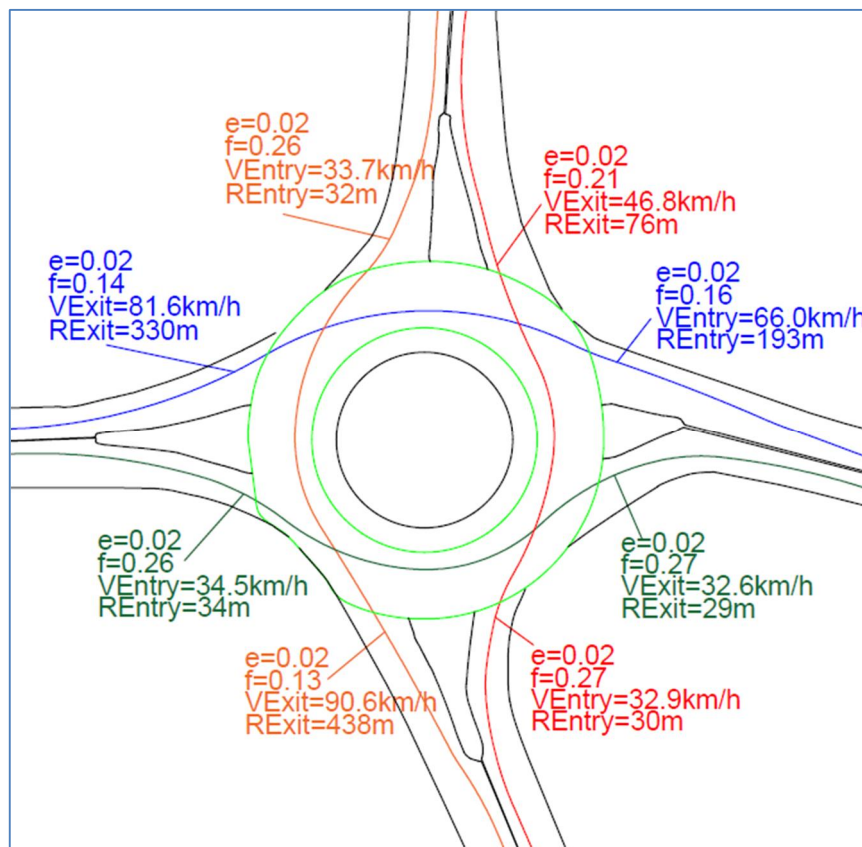
Sattuneiden onnettomuuksien lisäksi Merasimen kiertoliittymä valikoitui kohteeksi kiertoliittymään vuonna 2016 rakennetun oikealle kääntymiskaistan takia. Suojatie ja pyörätien jatke ylittävät oikealle kääntymiskaistan sekä tulo- että poistumissuunnassa. Poistumissuunnalle tehty korottamaton tasoylitys jalankulkijoille ja pyöräilijöille ei suunniteluohjeiden valossa ole suositeltava ratkaisu. Oikealle kääntymiskaistalla autojen nopeudet nousevat helposti selvästi suuremmiksi kuin kiertotilasta poistuttaessa, jolloin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallisuus voi vaarantua. Kiertoliittymässä tapahtuneista kolmesta onnettomuudesta yksi oli sattunut juuri pyöräilijän ylittäessä oikealle kääntymiskaistaa (kuva 31). Yhdessä onnettomuudessa autoilijan ajosuunta oli myös ollut pohjoisesta länteen, mutta kyseinen onnettomuus oli tapahtunut ennen kääntymiskaistan rakentamista. Kolmannessa tapauksessa autoilija oli tullut automarketin paikoitusalueen suunnasta ja poistunut toisesta liittymähaarasta. Kahdessa tapauksessa pyöräilijä oli tullut autoon nähden vasemmalta ja kerran oikealta.



Kuva 31. Merasimen kiertoliittymässä sattuneet onnettomuudet. (Taustakartta Google Maps 2017)

Henkilöautojen ajouratarkastelut kiertoliittymässä

Geometrialtaan Merasimen kiertoliittymä on oikealle kääntymiskaistaa lukuun ottamatta melko tavanomainen taajaman kiertoliittymä. Eteläinen haara liittyy kiertoliittymään hie-
man vinosti, jolloin poistumissuunnan kaarevuus jää pieneksi. Muiden haarojen osalta
sekä tulo- että poistumissuuntien taivutukset vaikuttavat riittävältä ja kiertotilaa on kaven-
nettu keskisaarekkeen ympärille rakennetun yliajettavan korokkeen avulla. Läpiajolinjo-
jen kaarevuuksien arvioinnissa muodostuivat suoraviivaisimmat poistumiset etelän, että
lännen poistumissuunnille (kuva 32). Idän suunnan haara tulee hypermarketin paikoitus-
alueelta, jolloin nopeudet kyseiseltä haaralta vaikuttivat ainakin havainnointitutkimuksen
aikaan liittymähaaroista alhaisimmilta. TORUS-ohjelmalla ei ollut mahdollista simuloida
nopeuksia oikealle kääntymiskaistan kautta, joten sen tiedot puuttuvat kuvasta. Havain-
nointitutkimuksen yhteydessä tehdyissä nopeusmittauksissa oikealle kääntymiskaistalla
autojen nopeudet olivat huomattavasti korkeammat kuin kiertotilasta poistuttaessa.



Kuva 32. Läpiajolinjojen kaarevuudet Merasimen kiertoliittymässä.

Havainnointitutkimuksen yhteydessä huomiot kiinnittyivät nimenomaan oikealle kääntymiskaistaan Vasarakadulta Merasimelle

Havainnointitutkimuksen yhteydessä huomiot kiinnittyivät nimenomaan oikealle kääntymiskaistaan Vasarakadulta Merasimelle. Autojen nopeudet kääntymiskaistan kautta poistuttaessa olivat huomattavasti korkeampia kuin kiertotilasta poistuttaessa. Merasimelle

päin poistuttaessa, noin sadan metrin päässä kiertoliittymästä, on vanha rautatien tasoristeys. Näin ollen oikealle kääntymiskaista loppuu melko nopeasti liittymän jälkeen, jolloin autojen täytyy vaihtaa kaistaa vasemmalle ja liittyä kiertotilasta tulevaan liikennevirtaan. Tasoristeuksen takia kaistan kokonaispituus on vain noin 80 metriä ja kaista loppuu melko jyrkästi. Jo melko lyhyen havainnoinnin aikana, nähtiin useita tilanteita, joissa autot lähtivät kiihdyttämään voimakkaasti poistumissuuntaa kohti, joskus jopa ennen suojatietä ja pyörätien jatketta. Lisäksi raskaalle liikenteelle kiihdyttäminen ylämäkeen kulkevalla kiihdytyskaistalla on ongelmallista, etenkin jos raskas ajoneuvo on pysähtynyt poistumissuunnalle väistämään jalankulkijaa tai pyöräilijää. Oikealle kääntymiskaistan liikennemäärä näytti silmämääräisesti arvioituna huomattavasti suuremmalta kuin kiertotilan kautta Merasimelle poistunut liikennemäärä, joten sen perusteella lisäkaistalle on ollut perusteita. Poistumissuunnan pyörätieratkaisu vaikuttaa kuitenkin hyvin turvattomalta ja se ei ole suunnitteluohjeen (Liikennevirasto 2014, s. 108) mukainen.



Kuva 33. Näkymä oikealle kääntymiskaistalta. Pyörätien linjaus kulkee ajoradan vieressä, jolloin autot lähestyvät pyöräilijän selän takaa.

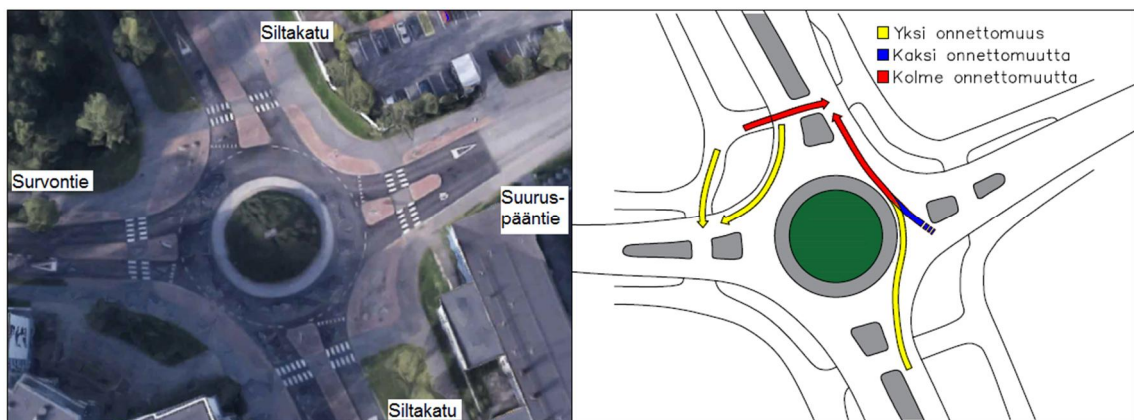
Yhdistettyjen pyöräteiden ja jalkakäytävien linjaukset vaihtelevat kiertoliittymän eri osissa. Erityisesti kiertoliittymän luoteispuolelta etelään päin pyöräiltäessä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä kulkevat lähes kadun suuntaisesti (kuva 33). Näin ollen pyöräilijän on vaikea havaita selkensä takaa lähestyviä autoja, joiden vauhti saattaa olla oikealle kääntymiskaistan myötä suurempi kuin pyöräilijä on olettanut. Toisaalta tilannetta helpottaa autoilijan näkökulmasta se, että yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä ei jatku Merasimen pohjoispuolella ja näin ollen autoilijan on helpompi ennakoida pyöräilijän ylitysaikkeitä. Kiertoliittymän kaakkoispuolella yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä on linjattu kauemmas kiertotilasta, jolloin suojatielle ja pyörätien jatkeelle saavutaan suuremmassa kulmassa ja autojen havaitseminen on helpompaa.

7.5.5 Siltakadun kiertoliittymä

Kiertoliittymän yleistiedot ja pyöräilijöille sattuneet onnettomuudet

Viidentenä tarkasteltavana kiertoliittymänä oli Siltakadun ja Survontien kiertoliittymä Jyväskylässä. Liittymä toimii eräänlaisena porttikohtana Kuokkalan alueelle, sillä Siltakatu pohjoiseen kuljettaessa saavutaan Kuokkalan sillalle, joka yhdistää alueen Jyväskylän keskustaan. Itä- ja länsisuunnassa kulkevien Survontien ja Suuruspääntien varrella on merkittävä määrä kerrostalovaltaista asutusta. Siltakatu etelään päin jatkettaessa hieman yli 200 metrin päässä sijaitsee toinen kiertoliittymä, jonka ympäristöön sijoittuu Kuokkalan aluekeskus. Siltakatu muodostaa alueellisen pääväylän, jota pitkin myös Kuokkalan alueen linja-autoyhteydet kulkevat. Kuokkalan sillalla on 50 km/h nopeusrajoitus, joka vaihtuu noin 80 metriä ennen kiertoliittymää 40 km/h rajoitukseksi.

Onnettomuustietojen perusteella kiertoliittymässä oli tapahtunut neljä pyöräilyonnettomuutta (kuva 34). Kaikissa neljässä onnettomuudessa autoilija oli ollut poistumassa kiertoliittymästä. Onnettomuuksista kolme oli tapahtunut pohjoisen haaran pyörätien jatkeella ja yksi länteen päin suuntaavalla haaralla. Liittymän pohjoispuolella sijaitsevalla pyörätien jatkeella sattuneissa kolmessa onnettomuudessa pyöräilijä oli kaikissa tullut autoon nähden vasemmalta, kun taas läntisen haaran onnettomuudessa pyörä oli tullut oikealta.

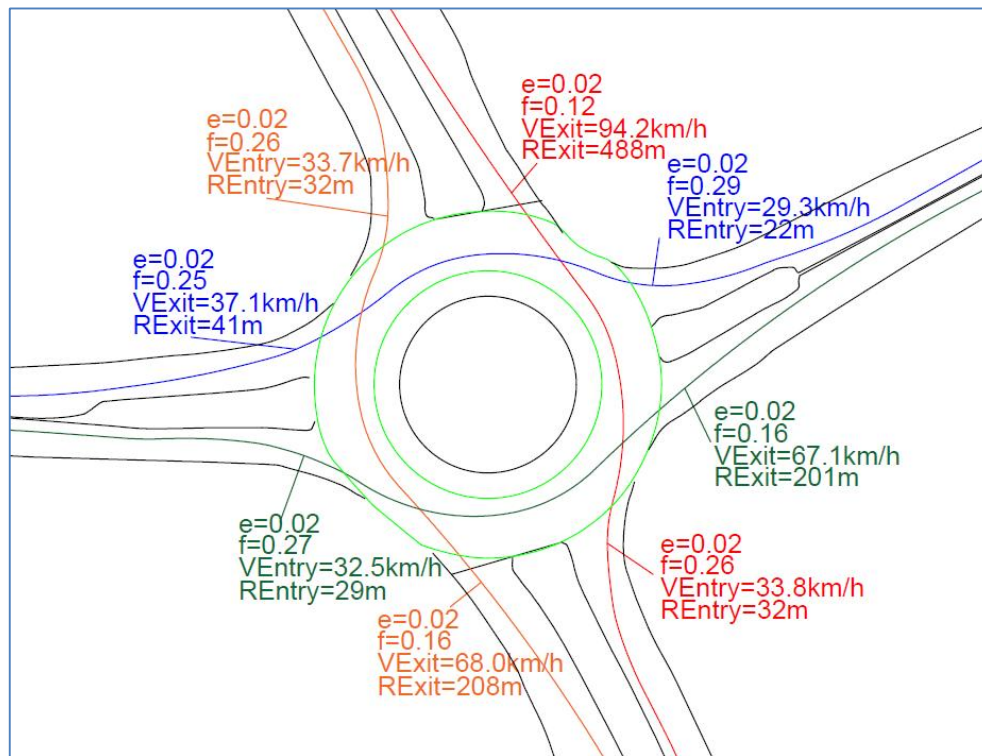


Kuva 34. Siltakadun kiertoliittymässä sattuneet onnettomuudet. (Taustakartta Google Maps 2017)

Henkilöautojen ajouratarkastelut kiertoliittymässä

Siltakadun kiertoliittymässä kiertotilan leveys on noin 8,5 metriä, josta 2 metriä on kiertosaarekkeen ympärille tehtyä yliajettavaa kiveystä. Liittymähaarojen keskisaarekkeet on tehty pitkän mallisiksi ja tasalevyisiksi, jolloin ajoradat liittyvät kiertotilaan säteittäisesti. Siltakadulta pohjoisesta ja etelästä kiertoliittymään saapuvia haaroja on kuitenkin taivutettu hieman vasemmalle ja erityisesti pohjoisen suunnasta Kuokkalan sillalta saapuvaa haaraa on tehty oikealle ohjaavaksi. Haarojen porrastuksen myötä ajolinjoista liittymästä

poistuttaessa muodostuu melko suoraviivaiset, varsinkin poistuttaessa liittymästä pohjoisen suuntaan Kuokkalan siltaa kohti (kuva 35). Suoran läpiajolinjan myötä autoilijan on vaikea mieltää itseään kääntyväksi ja väistämisvelvolliseksi. Vaikka poistumisgeometria on hyvin loiva, eivät ajoneuvojen nopeudet nousseet tehdyissä nopeusmittauksissa suureksi muihin mittauspisteisiin verrattuna.



Kuva 35. Ajolinjojen kaarevuudet Siltakadun kiertoliittymässä.

Havaintoja pyöräilyn turvallisuuteen mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä

Siltakadun kiertoliittymässä yhdistettyjen pyöriteiden ja jalkakäytävien linjaukset ovat pääosin hyvät. Kiertoliittymään on tehty välikaistat punaisesta kiveyksestä, joiden avulla yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän järjestelyt ovat selkeät. Pyörätien jatkeiden kohdalla on leveä odotustila, jonka myötä pyöräilijä ajaa ylityspaikalle suorassa kulmassa ajorataan nähden ja molemmista suunnista lähestyvät ajoneuvot on helppo nähdä. Valaisimet on sijoitettu välikaistalle kahden liittymähaaran väliin. Valaistus helpottaa ylityspaikkaa lähestyvien pyöräilijöiden ja kävelijöiden havaitsemista.

Pyöräilijöiden turvallisuuden kannalta suurimmat todetut ongelmat ovat havainnoinnissa. Tutkimuksessa huomattiin, että poistumissuunta kiertoliittymästä pohjoiseen on ongelmallinen osittain myös Siltakadun suuntauksen takia. Kiertoliittymästä poistuttaessa kadun taseus ensin laskee hieman, jonka jälkeen alkaa nousu Kuokkalan sillalle. Näkemä

kiertoliittymästä muodostuu erittäin pitkäksi ja autoilijan mielenkiinto ja katse kohdistuvat Jyväskylän keskustan suuntaan jo kauan ennen suojatielle ja pyörätien jatkeelle saapumista (kuva 36).



Kuva 36. Näkemä Siltakadun kiertoliittymästä Kuokkalan sillalle. (Google Maps 2017)

Lisäksi kiertoliittymän korkea kiertosaareke peittää näkyvyyttä vasemmalle yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle. Korkea kiertosaareke voi olla tehokas ratkaisu tilanteissa, joissa autoilijan kaareva ajolinja ohjaa kuljettajan näkökentän myös kohti vasemman puolen pyörätietä ja jalkakäytävää. Siltakadulla näin ei kuitenkaan käy, jolloin autoilijalta vaaditaan hyvää tarkkaavaisuutta vasemmalta lähestyvien pyöräilijöiden havaitsemiseksi jo pienilläkin nopeuksilla.

7.6 Toimenpide-ehdotuksia pyöräilyn turvallisuuden parantamiseksi kiertoliittymissä

Henkilöautojen ajonopeuksien alentaminen kiertoliittymän poistumissuunnilla

Autoliikenteen ajonopeuksien vaikutus nousi esille useissa tutkimuksissa (Räsänen & Summala 2000; Hels & Orozova-Bekkevold 2007; Silvano et al. 2016) tärkeänä pyöräilyn turvallisuuteen kiertoliittymissä vaikuttavana tekijänä. Myös tämän tutkimuksen kiertoliittymätarkasteluissa nousi autoliikenteen ajonopeus selkeänä riskitekijänä esille etenkin kiertoliittymien poistumissuunnilla. Henkilöautojen ajouratarkasteluissa huomattiin, että kiertoliittymän tulosuunnalla ajolinjan kaarevuus on selvästi poistumissuuntaa suurempi, jolloin kiertoliittymään tullessa autojen on selvästi alennettava ajonopeuttaan. Usein tulosuunnan kaarevuutta ja hidastavaa vaikutusta on korostettu tulosuuntaa vasemmalle taivuttamalla, jolloin kiertotilaan sisäänajo saadaan muodostettua oikealle ohjaavaksi. Tulosuunnan taivutus on tehokas keino autoliikenteen ajonopeuksien alentamiseen kierto-

liittymään tultaessa. Taivutus kuitenkin mahdollistaa suuremmat ajolinjat kiertoliittymästä poistuttaessa, joten liittymähaarojen taivutusten yhteydessä pitää huomioida vaikutukset myös mahdollisten suojaiteiden ja pyörätien jatkeiden turvallisuuteen.

Poistumissuunnan ajolinjojen suuret kaarresäteet voivat ajonopeuksien nousun lisäksi vaikuttaa myös kuljettajan havainnointiin. Kiertoliittymässä ajaminen edellyttää kuljettajalta ajoneuvon hallintalaitteiden operointia ja usean suunnan havainnointia samanaikaisesti. Korkeammalla ajonopeudella auton kuljettajan käytettävissä oleva aika pienenee entisestään ja etenkin sivusuuntien havainnointi vaikeutuu. Lisäksi kiertoliittymästä poistumassa olevan ajoneuvon kuljettaja ei välttämättä miellä itseään kääntyväksi, jos poistumissuunnan ajolinjan kaarevuus on pieni. Suora poistumissuunnan geometria voi ohjata kuljettajan huomion pitkälle eteenpäin, jolloin kuljettaja ei välttämättä huomioi suojaiteiden ja pyörätien jatkeen käyttäjiä riittävästi.

Henkilöautojen ajolinjan kaarevuuden lisäämiseksi voidaan kiertoliittymissä käyttää yliajettavia kiveyksiä, joilla henkilöautojen ajolinjaan saadaan poistumissuunnalla lisää kaarevuutta. Yliajettavia kiveyksiä on käytetty esimerkiksi Vantaalla Louhelantien ja Uomatien kiertoliittymässä (kuva 37). Yliajettavilla kiveyksillä voidaan ajonopeuksia alentaa sellaisilla poistumissuunnilla, joilla sijaitsee suojaiteiden jatke ja pyörätie. Esimerkiksi Tikkulan kiertoliittymässä voitaisiin yliajettavan kiveyksen avulla kaventaa vain pohjoisen liittymähaaran poistumissuuntaa. Suojaiteiden ja pyörätien jatke voidaan toteuttaa myös kokonaan korotettuna, mutta korottamista ei suositella linja-autoliikenteen runkoreiteillä tai paikoissa, joissa raskasta liikennettä on runsaasti (Liikennevirasto 2017c, s. 40).



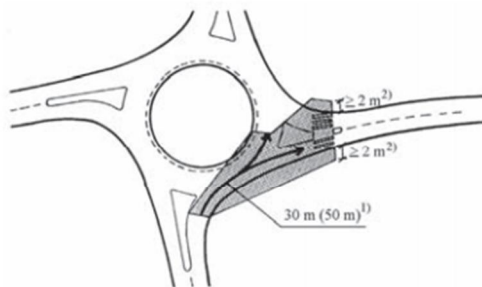
Kuva 37. Louhelantien ja Uomatien kiertoliittymä Vantaalla, jossa poistumissuunta on kavennettu yliajettavilla korokkeilla. (Google Maps 2017)

Näkemien parantaminen kiertotilassa

Ajonopeuksien lisäksi nousivat esille mahdolliset ongelmat auton kuljettajan ja pyöräilijän välisessä havainnoinnissa. Auton kuljettajan on mahdollista tehdä havainnointia poistumissuunnan pyöräilijöistä ja kävelijöistä vasta silloin, kun kuljettajalla on esteetön näkemä poistumissuunnalle. Kiertosuunnasta johtuen näkemä poistumissuunnan suojatien ja pyörätien jatkeen oikealle puolelle muodostuu paljon aiemmin kuin vasemmalle puolelle. Lisäksi ajolinjan myötä kuljettajan näkökenttä kulkee luontaisesti kiertotilan oikean puolen yli. Etenkin suoran läpiajon yhteydessä korkea keskisaareke peittää tulosuunnasta näkemän poistumissuunnalle, jolloin auton kuljettajalle jää todella lyhyt aika huomioida poistumissuunnan pyörätien jatkeelle vasemmalta saapuvat pyöräilijät. Lisäksi havainnointia voi vaikeuttaa auton tuulilasin ja etuikkunan välinen A-pilari, joka muodostaa suuren katvealueen kuljettajan näkökentän vasemmalle puolelle.

Kiertoliittymän näkemäalueista on säädetty liikenne- ja viestintäministeriön (2011) asetuksessa. Auton kulkusuunnassa on määritelty sekä näkemä ajosuuntaan että näkemä kiertotilassa (kuva 38). Näkemä ajosuunnassa on määritelty ajoneuvolle, joka on tulosuunnan väistämiskiivon kohdalla ajamassa kiertotilaan. Ajosuunnan näkemässä on määritelty myös lisävaatimukset näkemästä poistumishaarasta sivusuuntiin, jos poistumissuunnalla on suojatie ja pyörätien jatke. Kiertotilassa näkemä on määritelty kiertosaarekkeen halkaisijan mukaan. Kiertotilan näkemän myötä kuljettajalle tulisi muodostua riittävä aika pysähtymiseen, jos ajo kiertotilassa on estynyt liikenteen tai muun syyn takia. Näkemävaatimuksissa ei kuitenkaan ole huomioitu kiertotilassa ajavan kuljettajan näkemävaatimuksia poistumissuunnan suojatielle ja pyörätien jatkeelle. Vauhdikkaasti liikkuvien pyöräilijöiden havainnoimiseksi kuljettajan täytyy nähdä ajoissa myös poistumissuunnan suojatien ja pyörätien jatkeen sivuille. Myös pyöräilijän voi olla vaikea havaita ajoissa kiertotilasta poistumassa olevaa ajoneuvoa, jos kiertosaarekkeen reuna-alueilla on näkemää estävää kasvillisuutta tai korotuksia.

Näkemä ajosuuntaan

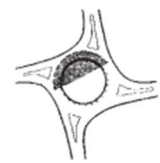


- 1) Arvoa käytetään, kun kiertosaarekkeen halkaisija on yli 40 m.
- 2) Näkemävaatimus, kun jalkakäytävän tai pyörätien jatkeen ylityskohdan etäisyys kiertotilan reunasta ≤ 20 m.

Näkemä kiertotilassa

Kiertosaarekkeen halkaisija d	Näkemä kiertotilassa ¹⁾
20 m	20 m (15 m)
30 m	30 m (20 m)
40 m	45 m (35 m)
50 m	60 m (45 m)

¹⁾ Suluissa olevia arvoja voi käyttää poikkeuksellisesti taajamassa.



Kuva 38. Kiertoliittymän näkemävaatimukset kuljettajan ajosuuntaan (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011).

Välikaistojen käyttö ja valaistuksen parantaminen pyöräteiden jatkeiden läheisyydessä

Havainnointitutkimuksessa huomattiin, että yhdistettyjä pyöräteitä ja jalkakäytäviä ei oltu aina erotettu ajoradasta välikaistan avulla. Välikaista suojatien ja pyörätien jatkeen yhteydessä selkeyttää ylityspaikkaa, jolloin autoilijoiden on helpompi havaita pyöräilijän tai kävelijän ylitysaikeet. Lisäksi pyöräilijät saapuvat pyörätien jatkeelle suorassa kulmassa, jolloin myös pyöräilijän on helpompi havainnoida lähestyvät ajoneuvot molemmista suunnista. Välikaistan avulla voidaan myös estää oikominen tai ajoradan ylittäminen suojatien ja pyörätien jatkeen ulkopuolelta.

Kiertoliittymissä pyöräilyn turvallisuuden kannalta ei tässä tutkimuksessa voida sanoa, kuinka suuri vaikutus turvallisuuteen välikaistoilla ja odotustiloilla todellisuudessa on. Kuitenkin Siltakadun kiertoliittymää lukuun ottamatta kaikissa kiertoliittymissä välikaistojen käytössä oli puutteita juuri niiden ylityspaikkojen yhteydessä, joissa pyöräilijöiden onnettomuuksia oli sattunut useita.

Ajonopeuksien alentamisen lisäksi tässä työssä toisena selkeänä teemana nousi esille autoilijoiden ja pyöräilijöiden välisen havainnoinnin parantaminen. Sekä näkemien parantamisella että välikaistojen käytöllä voidaan parantaa pyöräilijöiden ja autoilijoiden mahdollisuuksia havaita toisensa ajoissa ennen konfliktitilanteen syntymistä ylityspaikalla. Välikaistojen lisäksi pyörätiejärjestelyissä huomattiin puutteita pyöräteiden valaistuksessa. Useassa kiertoliittymässä valaisimet oli sijoitettu suojatien ja pyörätien yhteydessä keskisaarekkeeseen, jolloin ylityspaikka on hyvin valaistu. Pyöräilijät kuitenkin etenevät vauhdikkaasti, joten keskisaarekkeeseen sijoitettu valaisin ei välttämättä riitä valaisemaan sivusuunnan pyörätieltä ylityspaikalle saapumassa olevaa pyöräilijää. Auton ajovalot auttavat pyörätien jatkeen oikean puolen valaisussa, mutta poistumissuunnan pienellä kaarevuudella auton keula ei missään vaiheessa osoita pyörätien jatkeen vasemmalle puolelle. Osassa tutkituista kiertoliittymistä valaisimet oli sijoitettu pientareelle liittymähaarojen väliselle alueelle, jolloin ne todennäköisesti valaisevat lähestyvät pyörätiet keskisaarekkeisiin sijoitettuja valaisimia paremmin.

Onnettomuusraportoinnin mukaan pimeässä tai hämärässä sattuneita onnettomuuksia oli melko pieni osuus kaikista pyöräilijöiden onnettomuuksista. Pimeässä, mutta valaistulla tiellä sattuneita onnettomuuksia oli raportoitu selvästi enemmän, etenkin syyskuukausina. Vaikka tässä työssä ei pimeällä tai valaistulla tiellä sattuneita onnettomuuksia tutkittu tarkemmin, oli pimeys ja riittämätön valaisu noussut esille selvänä riskitekijänä pyöräilijöiden onnettomuuksista tehdyissä aiemmissä tutkimuksissa (Kim et al. 2006; Bil et al. 2010). Pimeyden lisäksi onnettomuuksien painottumiseen syyskuukausille voi vaikuttaa monia muita syitä, esimerkiksi matalalta paistavan auringon häikäisy. Pimeydestä aiheutuvan riskin pienentämiseen on kuitenkin olemassa yksinkertaisia keinoja, kuten liittymäalueiden valaistuksen parantaminen ja pyöräilijöiden valojen käytön tehostaminen.

8. PÄÄTELMÄT

8.1 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tuottaa tietoa pyöräilijöille kiertoliittymissä sattuneista onnettomuuksista ja erilaisten pyöräily- ja kiertoliittymäjärjestelyiden turvallisuudesta. Tavoitteen saavuttamiseksi aihetta lähestyttiin kirjallisuuskatsauksen, onnettomuustietojen analyysin ja onnettomuuskiertoliittymien tutkimuksen avulla. Lisäksi alatavoitteena oli luoda kehittämisehdotuksia, joiden avulla pyöräilyn turvallisuutta suomalaisissa kiertoliittymissä voisi kehittää parempaan suuntaan. Pyöräilyn turvallisuus oli noussut esille aiemmissa kiertoliittymien turvallisuusselvityksissä, mutta yhtä kattavasti kiertoliittymien pyöräilyonnettomuuksia ei aiemmissa tutkimuksissa ole analysoitu.

Kiertoliittymien määrä maantieverkolla kasvaa jatkuvasti. Uusia maanteiden kiertoliittymiä luovutetaan tierekisterin mukaan liikenteelle 20–30 vuosittain ja vuoden 2017 alussa kiertoliittymiä oli maanteilla 403. Kiertoliittymiä rakennetaan paljon myös kuntien katuverkoille, mutta katujen kiertoliittymien kokonaismäärästä ei löydy tarkkaa tietoa. Aiemmissa kiertoliittymien turvallisuusselvityksissä pyöräilijöiden osuus henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista on ollut merkittävä ja pyöräilijöiden turvallisuus on tunnistettu tärkeäksi ongelmaksi kiertoliittymissä. Pyöräilyn onnettomuusmäärät ovat Suomessa viimeisen kymmenen vuoden aikana alentuneet, mutta samanaikaisesti onnettomuuksien vakavuus on kasvanut. Pyöräilijöiden onnettomuuksista 70 % tapahtuu risteyksissä.

Kansainvälisissä tutkimuksissa on havaittu, että kiertoliittymän rakentamisen vaikutukset pyöräilyn turvallisuuteen vaihtelivat korvattavan liittymätyypin mukaan. Taajamissa valo-ohjauksisen liittymän korvaaminen kiertoliittymällä saattoi nostaa pyöräilijöiden onnettomuusmääriä. Erilaisista pyöräilyn järjestelytavoista erilliset pyörätiet kiertotilan ulkopuolella ovat osoittautuneet turvallisimmaksi ratkaisuksi. Kyseistä järjestelytapaa käytetään yleisesti myös Suomen kiertoliittymissä. Suomen ja muiden vertailun maiden välillä oli eroja kiertoliittymän yhteydessä olevien pyöräteiden jatkeiden väistämisyjärjestelyissä. Suomi oli vertailun maista ainoa, jossa auton kuljettajan tulee aina väistää pyöräilijää kiertoliittymän pyörätien jatkeella. Tanskassa, Belgiassa ja Alankomaissa väistämisyjärjestelyt vaihtelivat taajaman ja taajaman ulkopuolisten kiertoliittymien välillä, jolloin väistämisvelvollisuus oli taajaman ulkopuolisissa kiertoliittymissä voitu osoittaa polkupyöräilijöille.

Työssä käytiin onnettomuustietojen avulla läpi 215 pyöräilijöille kiertoliittymissä Suomessa sattunutta onnettomuutta vuosilta 2009-2016. Onnettomuuksista 83 oli sattunut maanteiden kiertoliittymissä ja 132 katuverkolla. Onnettomuuksista pyöräteiden jatkeilla oli sattunut 189 onnettomuutta, joista 60 auton tulosuunnassa ennen kiertoliittymää ja 129

auton poistuessa kiertoliittymästä. Selvästi yleisin onnettomuustyyppi oli auton poistumissuunnalla sattunut onnettomuus, jossa pyöräilijä tuli pyörätien jatkeelle autoon nähdessä vasemmalta. Näitä oli aineistossa 91 kappaletta. Myös tulosuunnan onnettomuuksissa pyöräilijä tuli autoon nähdessä useammin vasemmalta kuin oikealta. Poistumissuunnalla vasemmalta pyörätien jatkeelle saapuva pyöräilijä ajaa autoliikenteen kanssa vastakkaiseen ajosuuntaan, joka aiempien tutkimusten mukaan voi lisätä pyöräilijän onnettomuusriskiä liittymissä. Auton poistumissuunnalla sattuneissa onnettomuuksissa auto saapui kiertoliittymään usein pyörätien jatkeen vastakkaiselta puolelta, jolloin kyseessä oli niin sanottu suora läpiajo.

Aiemmissä tutkimuksissa (Räsänen & Summala 2000; Hels & Orozova-Bekkevold 2007; Silvano et al. 2016) oli havaittu autoliikenteen korkean nopeustason heikentävän pyöräilijöiden turvallisuutta kiertoliittymissä. Myös tässä työssä saatiin tukea tälle havainnolle. Kiertoliittymien poistumissuunnan ajolinjan kaarresäde muodostui usein suureksi, joka mahdollisti ajonopeuksien nousun poistumissuunnalla. Ajonopeuksien nousu vähentää kuljettajan havainnointi- ja reagointiaikaa sekä lisää onnettomuuksien vakavuutta. Ajolinjan pieni kaarevuus voi myös hankaloittaa poistumissuunnalla vasemmalta lähestyvien pyöräilijöiden havaitsemista, sillä suoraviivainen ajolinja ei ohjaa kuljettajan katsetta pyörätien jatkeen vasemmalle puolelle.

Ajonopeuksien lisäksi mahdollisena syynä onnettomuuksiin nähtiin havainnointiongelmia pyöräilijän ja auton kuljettajan välillä kiertoliittymässä. Tässä työssä havainnointia vaikeuttavina tekijöinä tarkasteltiin näkemäesteitä kiertotilassa, auringon häikäisyä sekä pimeyttä. Kiertoliittymän kiertosaareke ja auton rakenteet voivat muodostaa näkemäesteen auton kuljettajan ja vasemmalta saapuvan pyöräilijän välille. Puolet kaikista pyöräilijöiden onnettomuuksista kiertoliittymissä oli sattunut syys-, loka- ja marraskuun aikana. Näissä onnettomuuksien osalta havaittiin, että noin 40 prosentissa onnettomuuksista auringo oli paistanut kulmasta, josta se oli voinut häikäistä auton kuljettajaa. Osuus oli vielä suurempi auringon nousun ja laskun aikaan. Onnettomuustietojen pimeässä, mutta valaistulla tiellä, sattuneista onnettomuuksista suurin osa oli sattunut syyskuukausien aikana. Liittymätarkasteluissa havaittiin, että kiertoliittymissä lähestyvien pyöräiteiden valaistus oli heikompi kuin itse pyörätien jatkeella.

Mahdollisina kehittämistoimenpiteinä pyöräilyn turvallisuuden parantamiseksi kiertoliittymissä nähtiin henkilöautojen ajonopeuksien alentaminen, näkemien varmistaminen autoilijan ja pyöräilijän välillä sekä pyörätiejärjestelyiden selkeytys ja parempi valaistus. Ajonopeuksia voidaan kiertoliittymän poistumissuunnalla alentaa esimerkiksi yliajettavilla kiveyksillä. Kiertoliittymän tulosuuntien taivutus pienentää poistumissuunnan kaarevuutta, jolloin kiertotilasta poistuminen on sujuvaa ja ajonopeudet voivat nousta liittymästä poistuttaessa. Suunnittelussa tulisi kuitenkin huomioida mahdolliset kävelyn ja pyöräilyn tasoylikykset liittymähaaroilla, jolloin tulosuunnan taivutuksia voitaisiin näillä haaroilla mahdollisesti pienentää tai jättää taivutukset kokonaan tekemättä. Pyörätiejär-

jestelyissä tärkeimpinä kehityskohteina nähtiin välikaistojen ja odotustilojen käyttö pyöriteiden jatkeiden yhteydessä sekä valaistuksen parantaminen kiertoliittymää lähestyvillä pyöriteillä.

8.2 Työn arviointi

Tässä työssä pyöräilyn turvallisuutta kiertoliittymissä tarkasteltiin aiempien tutkimusten, suunnitteluohjeiden, onnettomuustietojen ja liittymäkohtaisten tarkasteluiden avulla. Kirjallisuusselvityksen tarkoituksena oli sekä esitellä että vertailla niin Suomessa kuin muissa Euroopan maissa kiertoliittymistä ja niissä pyöräilyä tehtyjä tutkimuksia sekä suunnitteluohjeita.

Kiertoliittymissä pyöräilyn turvallisuustilannetta Suomessa tarkasteltiin kerättyjen onnettomuustietojen avulla. Aiemmissä kiertoliittymien turvallisuusselvityksissä onnettomuuksia on tarkasteltu kaikkien liikennemuotojen osalta ja onnettomuudet on haettu tierekisteristä tieosoitteiden perusteella. Tässä työssä onnettomuuksia haettiin kiertoliittymien ja onnettomuuksien sijaintitietojen perusteella. Pyöräilyonnettomuuksien haku tieosoitteiden avulla olisi edellyttänyt useita hakuja jokaista kiertoliittymää kohti, sillä yhdellä haulla voidaan onnettomuuksia hakea vain yhden maantien varrelta. Tierekisterin tieosoitteilla ei onnettomuuksia voida hakea katuverkon kiertoliittymistä tai maanteilla sijaitsevien kiertoliittymien katuosuuksilta. Kaikissa vuoden 2009 onnettomuustiedoissa ei onnettomuuden sijaintitietoja oltu vielä ilmoitettu koordinaattien avulla. Ilman koordinaattitietoja olleiden onnettomuuksien määrä oli kuitenkin hyvin pieni onnettomuuksien kokonaismäärään nähden, joten on epätodennäköistä, että puutteellisten sijaintitietojen takia olisi jäänyt merkittävä määrä onnettomuuksia löytymättä.

Katuverkon kiertoliittymien onnettomuuksien haku perustui onnettomuustietojen risteyselitteessä kiertoliittymäonnettomuuksiksi raportoitujen onnettomuuksien sijaintitietoihin. Näin ollen onnettomuuksia löydettiin vain sellaisista kiertoliittymistä, joissa tarkasteluajanjaksona vähintään yksi liikenneonnettomuus oli raportoitu kiertoliittymäonnettomuutena. Hakutavasta johtuen katuverkon kiertoliittymistä jäi varmasti pyöräilijöiden onnettomuuksia löytymättä. Työn aikataulu, resurssit ja löytyneiden onnettomuuksien kokonaismäärä huomioiden löytyneiden onnettomuuksien määrää voidaan kuitenkin pitää varsin kattavana. Vuoden 2000 kiertoliittymien turvallisuusselvityksessä ajalta 1990–1997 pyöräilijöiden onnettomuuksia oli aineistossa 12. Vuoden 2008 vastaavassa selvityksessä tutkittiin maanteiden kiertoliittymien onnettomuuksia vuosilta 2004–2006 ja katuverkon kiertoliittymien onnettomuuksia vuosilta 2002–2006. Vuoden 2008 tutkimuksen aineistosta pyöräilijöille kiertoliittymissä sattuneita onnettomuuksia löydettiin 42 kappaletta. Tässä tutkimuksessa pyöräilijöiden onnettomuuksia löydettiin ajalta 2009–2016 yhteensä 215.

Aikaisemmissa kiertoliittymien turvallisuusselvityksissä oli kiertoliittymille laskettu onnettomuusasteet onnettomuuksien lukumäärän suhteena kiertoliittymään saapuvien

moottoriajoneuvojen määrään nähden. Tässä tutkimuksessa ei vastaavia laskelmia tehty. Maanteiden kiertoliittymistä olisi liikennemäärätietoa ollut saatavilla, mutta katuverkon liittymähaaroilta tai kiertoliittymistä ei tietoja ollut saatavilla. Erilaisista pyöräilyn järjestelytavoista ja liittymäsijainneista johtuen nähtiin, että pelkän moottoriajoneuvoliikenteen määrän suhde pyöräilyn onnettomuusmääriin ei ole olennainen tieto arvioitaessa pyöräilyn turvallisuutta kiertoliittymissä. Niinpä onnettomuusasteita ei laskettu edes maanteiden kiertoliittymien osalta. Pyöräilymäärien suhde sattuneisiin pyöräilijöiden onnettomuuksiin olisi voinut kertoa enemmän liittymäjärjestelyiden turvallisuudesta, mutta pyöräilymääristä ei tietoja ollut kattavasti saatavilla.

8.3 Aiheita jatkotutkimuksiin

Tutkimuksen kirjallisuuskatsaus, onnettomuustietojen avulla tehty selvitys ja työn rajoitteet nostivat esille useita aiheita mahdollisiin jatkotutkimuksiin. Mahdollisia jatkotutkimusaiheita ovat esimerkiksi

- **Pyöräilymäärien vaikutus pyöräilyn turvallisuuteen kiertoliittymissä.** Tätä tutkimusta varten ei pyöräilymääristä ollut tarkkoja tietoja saatavilla. Pyöräilijöiden määrä kiertoliittymien välillä vaihtelee erityisesti kiertoliittymän sijainnin mukaan. Pyöräilymäärien avulla voitaisiin pyrkiä määrittämään onnettomuusasteita onnettomuuksien suhteena saapuvien pyöräilijöiden määrään esimerkiksi erilaisille pyöräilyjärjestelyille tai kiertoliittymätyypeille.
- **Auringon häikäisyn vaikutus onnettomuuksien syntyyn.** Auringon häikäisyn mahdollisena onnettomuuksien syynä nousi esille aiempien tutkimusten ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien tutkintaraporttien myötä. Tässä tutkimuksessa auringon häikäisyä tarkasteltiin syyskuukausina sattuneiden onnettomuuksien osalta ja havaittiin, että auringon häikäisy on saattanut olla yhtenä syynä onnettomuuden syntyyn isossa osassa tutkituista onnettomuuksista. Onnettomuusselitteistä voisi löytyä lisätietoa auringon häikäisyn vaikutuksesta onnettomuustilanteissa, mutta tässä tutkimuksessa ei selitteitä käyty siltä osin läpi. Jatkotutkimuksessa voitaisiin auringon häikäisyn vaikutuksia tarkastella laajemmin sekä muiden kuukausien että liikennemuotojen osalta.
- **Näkemän muodostuminen kiertotilasta pyörätien jatkeelle.** Yhtenä syynä poistumissuunnalla vasemmalta saapuvien pyöräilijöiden ja poistuvien autojen välisiin onnettomuuksiin esitettiin näkemäongelmia kiertotilasta pyörätien jatkeelle. Näköyhteys pyörätien jatkeen vasemmalle puolelle voi estyä esimerkiksi korkean kiertosaarekkeessa olevan näkemäesteen, auton rakenteiden tai poistumissuunnan ajolinjan suoruuden takia. Näihin tekijöihin ei kuitenkaan päästy tässä tutkimuksessa tarkemmin perehtymään.
- **Väistämisjärjestelyiden vaikutus pyöräilyn turvallisuuteen.** Kirjallisuusselvityksessä havaittiin, että erillisten pyöräteiden yhteydessä väistämisjärjestelyissä

oli eroja Suomeen verrattuna etenkin taajaman ulkopuolella sijainneiden kiertoliittymien osalta. Suomessa väistämisvelvollisuus kiertoliittymän pyörätien jatkeilla on aina ajoradalla kulkevan ajoneuvon kuljettajalla. Jatkotutkimuksessa voitaisiin tutkia tarkemmin pyöräilijälle osoitettavan väistämisvelvollisuuden turvallisuusvaikutuksia taajaman ulkopuolisissa kiertoliittymissä.

- **Liikenteen automatisaation vaikutus pyöräilyn turvallisuuteen.** Tässä tutkimuksessa mahdollisena onnettomuuksien syynä korostuivat ongelmat pyöräilijän ja autoilijan välisessä havainnoinnissa. Liikenteen automatisaation myötä erilaiset turvajärjestelmät voisivat auttaa kuljettajaa pyöräilijöiden havainnoinnissa pimeydestä tai auringon häikäisystä huolimatta. Turvajärjestelmän viesti antaa kuljettajalle aikaa reagointiin, mutta tarpeen vaatiessa automaattinen hätäjarrutus voisi pelastaa monta pyöräilijää onnettomuuksilta.

Jatkotutkimusehdotusten lisäksi mahdollisia kehitystarpeita havaittiin myös onnettomuuksien raportoinnissa ja tilastoinnissa. Onnettomuustietojen analyysissa havaittiin, että etenkin kiertoliittymän pyörätien jatkeilla sattuneiden onnettomuuksien luokittelussa oli suurta hajontaa eri onnettomuustyyppien välillä. Kiertoliittymien yleistymisen myötä onnettomuustyyppikuvastoa voisi päivittää lisäämällä kuvastoon paremmin kiertoliittymien suojateilla ja pyörätien jatkeilla kuvaavia onnettomuustyyppisiä.

LÄHTEET

- Aarnikko, T. & Karjalainen, J. (2007). 2-kaistaisten kiertoliittymien suunnitteluperiaatteet – Tiehallinnon selvityksiä 42/2006. Helsinki. Tiehallinto. ISBN 978-951-803-777-7.
- Bicycle Dutch (2013). A modern Amsterdam Roundabout. Saatavissa (viitattu 23.10.2017): <https://bicycledutch.wordpress.com/2013/05/09/a-modern-amsterdam-roundabout/>
- Bíl, M., Bílová, M. & Müller, I. (2010). Critical factors in fatal collisions of adult cyclists with automobiles, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42(6), pp. 1632-1636.
- CROW (2007). Design manual for bicycle traffic. Ede. 387 s.
- Cycling Embassy of Denmark (2012). Collection of cycle concepts 2012. Saatavissa (viitattu 17.07.2017): <http://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2013/12/Collection-of-Cycle-Concepts-2012.pdf>
- Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E. & Wets, G. (2009). Injury crashes with bicyclists at roundabouts: influence of some location characteristics and the design of cycle facilities, *Journal of Safety Research*, Vol. 40(2), pp. 141-148.
- Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E. & Wets, G. (2010). Explaining variation in safety performance of roundabouts, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42(2), pp. 393-402.
- Daniels, S., Nuyts, E. & Wets, G. (2008). The effects of roundabouts on traffic safety for bicyclists: An observational study, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 40(2), pp. 518-526.
- De Brabander, B. & Vereeck, L. (2007). Safety effects of roundabouts in Flanders: Signal type, speed limits and vulnerable road users, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39(3), pp. 591-599.
- Dijkstra, A. (2005). Are roundabouts with separate cycle tracks also safe for cyclists? Which priority rule is safe for cyclists on individual urban roundabouts? SWOV, Leidschendam. 38 s.
- Elvik, R. (2017). Road safety effects of roundabouts: A meta-analysis, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 99, Part A pp. 364-371.
- Euroopan yhteisöjen komissio (2007). Vihreä kirja. Uutta ajattelua kaupunkiliikenteeseen. Bryssel 2007.

FHWA (2010). Roundabouts: An Informational Guide – Second Edition – NCHRP Report 672. Northwest. Transportation Research Board. ISBN 978-0-309-15511-3.

Google Maps (2017). Karttapalvelu. Saatavissa (viitattu 23.10.2017): <https://www.google.fi/maps>

Hels, T. & Orozova-Bekkevold, I. (2007). The effect of roundabout design features on cyclist accident rate, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39(2), pp. 300-307.

Häkkinen, A. (2016). Maanteiden perusverkon eritasoliittymien turvallisuus. Opinnäytetyö 16/2016. Liikennevirasto. Helsinki.

Jensen, S.U. (2017). Safe roundabouts for cyclists, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 105, pp. 30-37.

Kim, J., Kim, S., Ulfarsson, G.F. & Porrello, L.A. (2007). Bicyclist injury severities in bicycle–motor vehicle accidents, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39(2), pp. 238-251.

Kulkulaari (2017). Pyöräilyn edistämishjelmat. Saatavissa (viitattu 11.09.2017): <https://www.kulkulaari.fi/fi/pyoraily/poliittiset-linjaukset-ja-yhteistyo/edistamishjelmat>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2011). Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020. Ohjelmia ja strategioita 4/2011. Helsinki. 30 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2013). Pyöräilyn liikennesäännöt muutamissa Euroopan maissa. Selvitys nykytilasta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 20/2013. Helsinki.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2014). Yhteinen tie tulevaisuuteen. Liikenneturvallisuuden tulevaisuuskatsaus. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 25/2014. Saatavissa (viitattu 13.09.2017): https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77861/Julkaisuja_25-2014.pdf?sequence=1

Liikenneturva (2017a). Pyöräilijöiden henkilövahingot tieliikenteessä. Tilastokatsaus. Saatavissa (viitattu 25.07.2017): https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_pyorailijat.pdf

Liikenneturva (2017b). Pyöräilijät liikenteessä. Saatavissa (viitattu 30.08.2017): <https://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/pyorailijat-liikenteessa>

Liikenneturva (2017c). Puolet pyöräilijöistä polkee pimeänä. Saatavissa (viitattu 19.09.2017): <https://www.liikenneturva.fi/fi/ajankohtaista/tiedote/puolet-pyorailijoista-polkee-pimeana>

Liikennevirasto (2012a). Henkilöliikennetutkimus 2010-2011. Suomalaisten liikkuminen. Helsinki. 106 s.

Liikennevirasto (2012b). Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen toimenpidesuunnitelma 2020. Liikenneviraston suunnitelmia 2/2012. Helsinki. 76 s. 2

Liikennevirasto (2014). Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 11/2014. Helsinki. 188 s.

Liikennevirasto (2015). Tiemerkitöjen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 25/2015. Helsinki. 114

Liikennevirasto (2017a). Tietilasto 2016. Liikenneviraston tilastoja 4/2017. Helsinki. 52 s.

Liikennevirasto (2017b). Onnettomuustilastot. Saatavissa (viitattu 1.8.2017): <http://www.liikennevirasto.fi/tilastot/tietilastot/liikenneonnettomuudet-maan-teilla#.WYBHIW-LSUk>

Liikennevirasto (2017c). Hidasteiden suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 35/2017. Helsinki. 97 s.

Liikenteen turvallisuusvirasto (2015). Tieturvallisuusarviointi-koulutusaineisto 20.3.2015. Saatavissa (viitattu 3.8.2017): http://www.trafi.fi/filebank/a/1448627802/0cd7c5dbdf8a7b850df26ca662cce112/19127-TTA_koulutusaineisto__20150324_.pdf

LIKES (2011). Pyöräilyn olosuhteet Suomen kunnissa -selvitys. Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES. Kunnossa kaiken ikää (KKI) -ohjelma 2010. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 243. Jyväskylä. 72 s.s.

Luukkonen, T. & Vaismaa, K. (2013). Pyöräilyn lisääntymisen yhteys turvallisuuden, Liikenneturvan selvityksiä 1/2013, Helsinki.

Matsui, Y. & Oikawa, S. (2015). Risks of Serious Injuries and Fatalities of Cyclists Associated with Impact Velocities of Cars in Car-Cyclist Accidents in Japan, *Stapp Car Crash Journal*, Vol. 59 pp. 385-400.

Mobiel Vlaanderen (2017). Vademecum Fietsvoorzieningen. Saatavissa (viitattu 19.07.2017): <http://www.mobielvlaanderen.be/vademecums/vademecumfiets01.php>

Montonen, S. (2008). Kiertoliittymien turvallisuus, Tiehallinnon selvityksiä 8/2008. Helsinki. Tiehallinto. ISBN 978-952-221-029-6.

Møller, M. & Hels, T. (2008). Cyclists' perception of risk in roundabouts, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 40(3), pp. 1055-1062.

Paaso, A. (2016). Kiertoliittymät pääteillä. Opinnäytetyö 6/2016. Liikennevirasto. Helsinki.

Porin kaupunki (2016). Porin liikenneympyröissä tapahtuneet, poliisin tietoon tulleet liikenneonnettomuudet ennen ja jälkeen ympyrän rakentamisen. Saatavissa (viitattu 28.06.2017): <https://www.pori.fi/tpk/kadutjaliikenne/raportitjatilastotiedot/tilastotietoaliikenteesta/liikenneonnettomuudet.html>

Rosén, E. & Sander, U. (2009). Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41(3), pp. 536-542.

Räsänen, M. & Summala, H. (2000). Car Drivers' Adjustments to Cyclists at Roundabouts, *Transportation Human Factors*, Vol. 2(1), pp. 1-17.

Sakshaug, L., Laureshyn, A., Svensson, Å & Hydén, C. (2010). Cyclists in roundabouts—Different design solutions, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42(4), pp. 1338-1351.

Sarjamo, S. (2013). Kiertoliittymien suunnittelu pyöräliikennettä painottaen, Metropolia Ammattikorkeakoulu, 47 p.

SCB (2013). Transportinfrastrukturens markanvändning 2010. Statistiska centralbyrån. Saatavissa (viitattu 13.07.2017): http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0816/2010A01/MI0816_2010A01_SM_MI21SM1301.pdf

Silvano, A. P., Koutsopoulos, H. N. & Ma, X. (2016). Analysis of vehicle-bicycle interactions at unsignalized crossings: Aprobabilistic approach and application, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 97, pp. 38-48.

SVT (2015). Väjningsplikt för cyklister. Saatavissa (viitattu 13.07.2017): <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vast/vajningsplikt-for-cyklister-alla-borde-tankapavarandra>

Tiehallinto (2001). Tasoliittymät – Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki. Tiehallinto. ISBN 951-726-731-2

Tiehallinto (2003). Kiertoliittymät. Esite. Saatavissa (viitattu 27.06.2017): http://alk.tiehallinto.fi/kiertol/kiertolii_suomi.pdf

Tiehallinto (2009). Tietoa tiesuunnitteluun nro 89. Turbo-kiertoliittymän suunnittelu. Saatavissa (viitattu 29.08.2017): http://alk.tiehallinto.fi/thohje/ttiens/tts_89.pdf

Tielaitos (1996). 96/20/Th-8 3 Kiertoliittymien käyttö pääteillä. Tielaitos.731-2.

Tielaitos (2000). Kiertoliittymien turvallisuus, Tielaitoksen selvityksiä 25/2000. Helsinki. Tiehallinto. ISBN 951-726-653-7.

Vaismaa, K., Mäntynen, J., Metsäpuro, P., Luukkonen, T., Rantala, T. & Karhula, K. (2011). Parhaat eurooppalaiset käytännöt pyöräilyn ja kävelyn edistämiseksi. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. Tampere 2011.

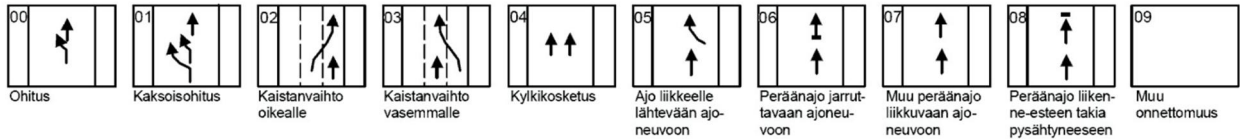
Valtonen, J. (2017). Polkupyöräilijän kuolemaan johtaneet tieliikenneonnettomuudet vuosina 2011-2015. Liikenneturvan selvityksiä 3/2017. Helsinki. Liikenneturva.

van Minnen, J. (1995). Roundabouts and the priority rule. SWOV, Leidschendam. 42 s.

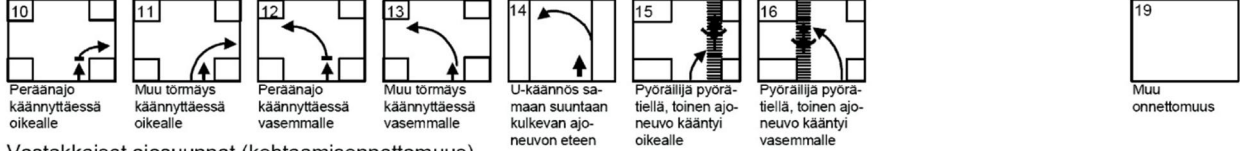
Wegcode (2017). Verkeersreglement. Saatavissa (viitattu 20.07.2017): https://wegcode.be/index.php?option=com_content&view=category&id=48&Itemid=48

LIITE A: LIIKENNEONNETTOMUUSTYYPPIKUVASTO

0 Samat ajosuunnat (mikään ajoneuvoista ei ollut kääntymässä)



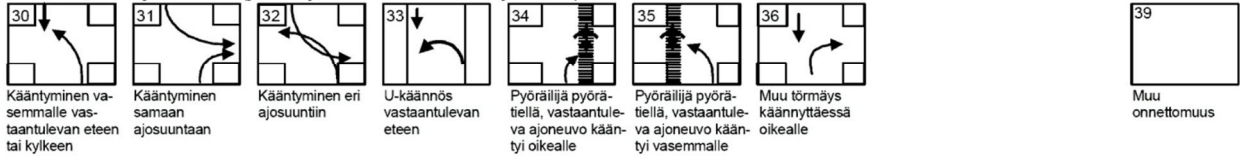
1 Samat ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)



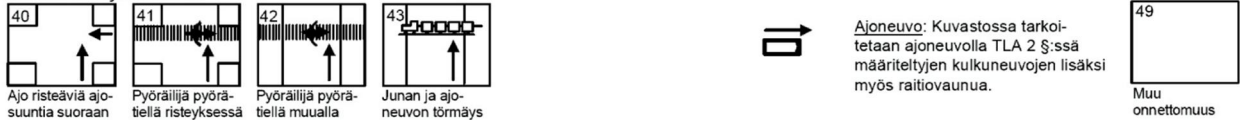
2 Vastakkaiset ajosuunnat (kohtaamisoonnettomuus)



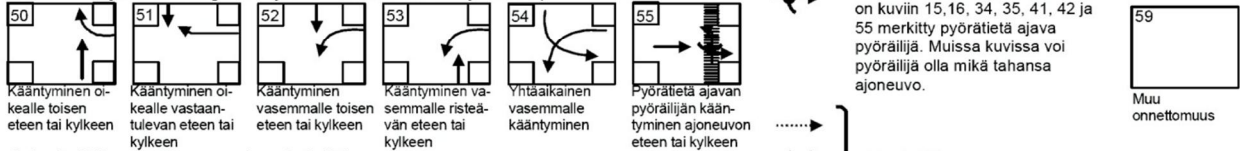
3 Vastakkaiset ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)



4 Risteävät ajosuunnat



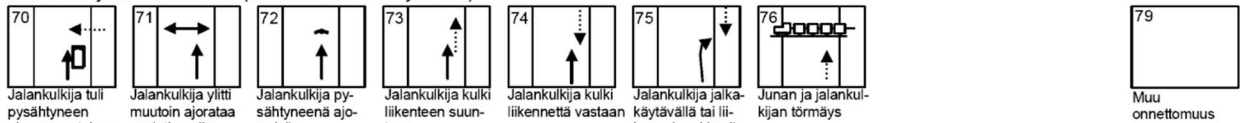
5 Risteävät ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli kääntymässä)



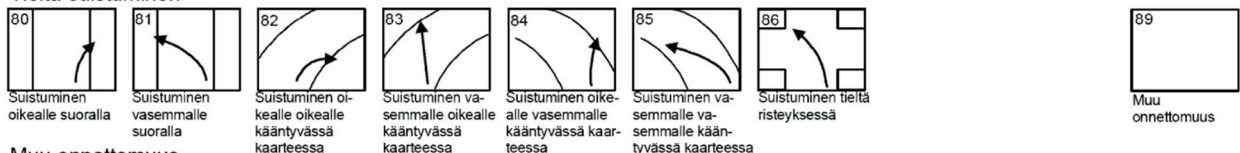
6 Jalankulkijaonnettomuus (suojatiellä)



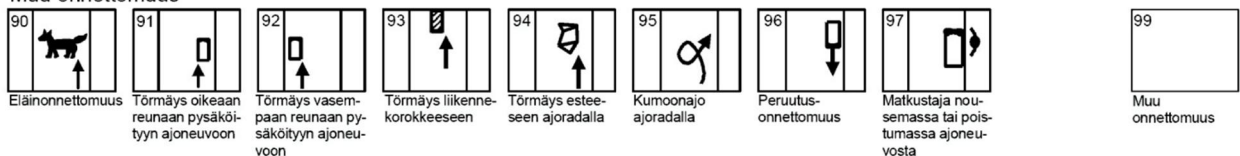
7 Jalankulkijaonnettomuus (muualla kuin suojatiellä)



8 Tietä suistuminen



9 Muu onnettomuus



LIITE B: ONNETTOMUUKSIEN JAKAUMA ERI ONNETTOMUUS- TYYPPIEN VÄLILLÄ

Onnettomuustyyppi ja selite	Tulo- suunta	Poistumis- suunta	Ali- kulku	Kierto- tila	Epä- selvä	Yhteensä
4 kylkikosketus		1		4		5
6 peräänajo jarruttavaan ajoneuvoon					1	1
8 peräänajo liikenne-esteen takia pysäht. ajoneuvoon		1				1
11 muu törmäys käännytessä oikealle	3	10				13
15 pp pyörätiellä, toinen ajoneuvo kääntyi oikealle	6	32			1	39
20 kohtaaminen suoralla			1			1
21 kohtaaminen kaarteessa				1		1
29 muu kohtaamisonnettomuus, ei kääntymistä			2	1		3
34 pp pyörätiellä, vastakk. ajoneuvo kääntyi oikealle		27			1	28
36 muu törmäys käännytessä oikealle	1	2				3
39 muu vastakkaiset ajosuunnat, kääntyminen		1				1
40 ajo risteäviä ajosuuntia suoraan	1	1				2
41 pyöräilijä pyörätiellä risteyksessä	36	31		1	6	74
42 pyöräilijä pyörätiellä muualla	4	3				7
49 muu risteämisonnettomuus, ei kääntymistä	5	4		1	1	11
50 kääntyminen oikealle toisen eteen tai kylkeen	1	5				6
55 pp-tietä ajava pp käänt. ajon. eteen tai kylkeen		1				1
59 muu risteämisonnettomuus, kääntyminen	2	5		2		9
82 suistuminen oik. oikealle kääntyvässä kaarteessa					1	1
89 muu tieltä suistuminen		1				1
94 törmäys esteeseen ajoradalla	1					1
95 kumoonajo ajoradalla		1	1			2
96 peruutusonnettomuus		1				1
99 muu onnettomuus		1		1		2
Tyhjä		1				1
Yhteensä	60	129	4	11	11	215