

Raitiotie ja kiertoliittymät



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäen kampus, liikenneala, insinööri (AMK)

Kevät, 2020

Suvi Tammilehto

Liikennealan koulutus
Riihimäki

Tekijä	Suvi Tammilehto	Vuosi 2020
Työn nimi	Raitiotie ja kiertoliittymät	
Työn ohjaajat	Ville Turunen (HAMK), Riikka Salli (Ramboll)	

TIIVISTELMÄ

Suomessa ja maailmalla on monenlaisia käytäntöjä kiertoliittymien käytöstä raitiotien reitillä. Opinnäytetyö esittelee Suomen pikaraitioteiden ratkaisuja ja suunnitelmia sekä käytäntöjä Pohjoismaissa. Tutkimuskohteenä olivat Tampereen raitiotien kiertoliittymät Insinöörinkadulla. Työssä selvitettiin, miten Insinöörinkadun kiertoliittymät toimivat testivaunun koeajojen perusteella keväällä 2020. Tarkasteltavia näkökulmia olivat liikenteenohjaus, liikenneturvallisuus ja liikenteen sujuvuus. Lisäksi pyrittiin löytämään parannusehdotuksia ja tarkennuksia suunnitteluohjeeseen. Vastataan kysymykseen: millä ehdoilla kiertoliittymää voidaan käyttää liittymätyyppinä raitiotien reitillä? Tutkimusmenetelminä toimivat maastohavainnointi, videoanalyysi, asiantuntijahaastattelut sekä kirjalliset lähteet.

Suomen pikaraitiotiehankeissa on suunnitteilla useita erilaisia kiertoliittymäratkaisuja. Ruotsissa ja Norjassa käytetään kiertoliittymiä, kun taas Tanskassa ne on käytännössä kielletty. Kiertoliittymien haasteina ovat yleensä ajoneuvonkuljettajan huomion jakautuminen, jalankulun ja pyöräilyn ratkaisut sekä ajojärjestysten ja liikennesääntöjen epäselvyys tienkäyttäjille. Sekaliikenne ratkaisut aiheuttavat helposti monimutkaisia liikennejärjestelyjä.

Lähtökohtaisesti ei tule suunnitella uusia kiertoliittymiä, paitsi tietyissä erityistapauksissa. Olemassa olevan kiertoliittymän käyttöä tulee harkita tapauskohtaisesti kokonaisuuden liikenneturvallisuus ja sujuvuus huomioon. Mikäli kiertoliittymän käyttöön päädytään, tulee pyrkiä viemään raitiotie suoraan keskeltä kiertoliittymän läpi. Ainakin ajoneuvoliikenne tulee valo-ohjata. Näkemien tulee olla hyvät, nopeusrajoituksen alhainen, eivätkä liikennemäärät saa olla liian suuret.

Työn tilaajana toimi Tampereen kaupunki.

Avainsanat Kiertoliittymä, liikenneturvallisuus, liikenteenohjaus, raitiotie

Sivut 62 sivua

Traffic and Transport Management
Riihimäki

Author	Suvi Tammilehto	Year 2020
Subject	Tramways and roundabouts	
Supervisors	Ville Turunen (HAMK), Riikka Salli (Ramboll)	

ABSTRACT

There are different implementations of roundabouts on tramlines globally and in Finland. This thesis presents the practices and roundabout implementations on tramways in Finland and the Nordic Countries. The commissioner of this thesis was the City of Tampere. The research subject was Tampere tramway and its roundabouts on Insinöörinkatu street. The objective was to find out how the roundabouts on Insinöörinkatu functioned during the first test drives by the test tram in spring 2020. The aspects that were taken into account in this project were traffic management, traffic safety and the flow of traffic. The aim was to figure out improvements for the implementations on Insinöörinkatu and for the Tampere tramway designing manual. This thesis answers the question: under which conditions could a roundabout be used on a tramway? Research methods included observations out on the field, video analysis, interviews of tramway professionals and studying literature.

At present various roundabouts are being designed on tramways in Finnish tramway projects. Roundabouts on tramways are being used in Sweden and Norway, whereas they are banned in practice in Denmark. The challenges of roundabouts often relate to the scattering drivers' attention, pedestrians' and cyclists' routes and confusion about the right of way and traffic regulations. Building mixed tram and vehicle traffic lanes easily causes complex traffic management solutions.

Primarily, new roundabouts on tramways should only be designed in certain special cases. Utilizing an existing roundabout should be carefully studied case-specifically and weighed up considering the traffic safety and traffic flow as a whole. If a roundabout is chosen to be used, the tramway should be built straight through the middle of the roundabout. At least vehicle traffic should be managed with traffic lights. The visual range should be clear, the speed limit low and the traffic volumes should not be too high.

Keywords Roundabout, tramway, traffic management, traffic safety
Pages 62 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tausta.....	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaukset	2
1.3	Tutkimusmenetelmät.....	3
2	TAMPEREEN RAITIOTIEHANKE	4
2.1	Hankkeen kuvaus	4
2.2	Tampereen raitiotien suunnitteluperiaatteet.....	6
3	KIERTOLIITTYMÄT RAITIOTEILLÄ.....	7
3.1	Kiertoliittymien yleiset käyttöperiaatteet.....	7
3.2	Kiertoliittymien suunnittelu ja toteutus.....	8
3.3	Eri liittymätyyppien turvallisuus.....	13
3.4	Helsingin raitiovaununkuljettajien näkökulma	18
3.5	Raide-Jokerin suunnitelmat	20
4	POHJOISMAISET KOKEMUKSET JA KÄYTÄNNÖT	27
4.1	Ruotsi.....	27
4.2	Tanska.....	28
4.3	Norja.....	29
5	MAASTOHAVAINNOINTIKOhteet INSINÖÖRINKADULLA.....	32
5.1	Perustiedot.....	32
5.2	Onnettomuudet	34
5.3	Raitiotien toteutus	35
5.4	Orivedenkadun kiertoliittymä	36
5.5	Opiskelijankadun kiertoliittymä	37
5.6	Teekkarinkadun kiertoliittymä	38
6	”ENNEN” -TUTKIMUS.....	40
6.1	Toteutus	40
6.2	Liikenteen sujuvuus.....	40
6.3	Liikenteenohjaus ja muiden järjestelyjen toteutus.....	40
6.4	Liikenteenohjauksen noudattaminen	44
6.5	Liikenneturvallisuus.....	45
7	TESTIVAUNUN KOEAJOT	49
7.1	Toteutus	49
7.2	Liikenteen sujuvuus.....	49
7.3	Liikenteenohjauksen toimivuus ja noudattaminen	51
7.4	Liikenneturvallisuus.....	54
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	55
8.1	Suosituksukset kiertoliittymien käyttöön pikaraitiotien reitillä	55
8.2	Parannusehdotukset Insinöörinkadulle	57

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Kiertoliittymien käytöstä raitiotiereiteillä on olemassa erilaisia näkemyksiä ja toteutustapoja niin Suomessa kuin ulkomaillakin. Suomessa ei ole kuitenkaan kansallista suunnitteluohjetta niiden toteutukseen. Raitiotie on ajankohtainen aihe, sillä Suomessa on käynnissä raitiotiehankkeita Tampereella sekä pääkaupunkiseudulla. Tässä opinnäytetyössä esitellään kiertoliittymien toteutusratkaisut Tampereen raitiotiellä Insinöörinkadulla, sekä ensimmäisiä kokemuksia niistä testiraitiovaunun koeajojen perusteella. Lisäksi käydään läpi käytäntöjä ja kokemuksia pääkaupunkiseudulta sekä Pohjoismaista.

Tampereen raitiotie tulee muodostamaan Tampereen kaupunkiseudun joukkoliikennejärjestelmän rungon. Tavoitteena on raitiotien mahdollisimman suuri matkanopeus pysäkkien välillä, johon pyritään mm. raitiotietuoksilla liittymissä. Raitiovaunu pysähtyy Tampereella jokaisella pysäkillä. Tampereen raitiotie eroaa Helsingin järjestelmästä ja muista vanhoista raitiotiejärjestelmistä siten, että se kulkee pääsääntöisesti omalla väylällään erillään muusta liikenteestä. Raitiotieliikenne poikkeaa junaliikenteestä olennaisesti siten, että tekniset järjestelmät eivät tee päätöksiä kuljettajan puolesta, vaan kuljettaja kuljettaa raitiovaunua näkemiensä perusteella. Raitiotie luo toteutuessaan maankäytöllisesti laadukkaan kaupunkiympäristön kehityskäytäviä ollen luonteeltaan:

- luotettava ja nopea
- esteetön, turvallinen ja ympäristöystävällinen
- matkustusmukavuudeltaan ja esteettiseltä laadultaan korkealuokkainen
- saavutettavuudeltaan ja liityntäyhteyksiltään hyvä
- elinkaarikustannuksiltaan edullinen

(Tampereen kaupunki, 2020b)

Hyvin toteutettu kiertoliittymä parantaa liittymän toimivuutta, elävöittää kaupunkitilaa ja sopii osoittamaan tien luonteen muuttumista. Kiertoliittymä on autoliikenteelle usein muita tasoliittymiä turvallisempi ratkaisu, sillä se hillitsee ajonopeuksia, siinä on vähemmän konfliktipisteitä eikä niissä ole vastakkaisia ajosuuntia, ja vasemmalle kääntyminen on muutettu kahdeksi oikealle kääntymiseksi. Kiertoliittymä sopii parhaiten liittymiin, joissa ei ole selvää pääsuuntaa, vaan tulohaarojen liikennevirtajakauma on melko tasainen. (Tiehallinto, 2001)

Työtä ohjasi ohjausryhmä, johon kuuluivat

Ville-Mikael Tuominen	Tampereen kaupunki
Mika Kulmala	Tampereen kaupunki

Heljä Aarnikko	Tampereen kaupunki
Ari Vandell	Tampereen kaupunki
Petri Hakala	Tampereen kaupunki
Niina Uolamo	Tampereen Raitiotie Oy
Jonna Anttila	Tampereen Raitiotie Oy
Jouni Sivenius	WSP (TAMK)
Christel Kautiala	Destia Oy

Rambollissa työn ohjaajana toimi projektipäällikkö Riikka Salli ja laadunvarmistajana Lauri Vesanen.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työssä selvitettiin, miten Tampereen raitiotielle Insinöörinkadulle toteutetut kiertoliittymät toimivat kevään 2020 testiraitiovaunun koeajojen perusteella. Keskeisimmät näkökulmat olivat eri kulkumuotojen liikenneturvallisuus, liikennejärjestelyjen sekä liikenteenohjauksen selkeys ja toimivuus. Työssä pyrittiin löytämään parannusehdotuksia Insinöörinkadun ratkaisuihin, sekä saamaan tarkennuksia tekeillä olevaan Tampereen raitiotien suunnitteluohjeeseen. Pohdittiin kysymystä, voidaanko kiertoliittymää käyttää liittymätyyppinä raitiotien reitillä, ja jos voidaan, millä edellytyksillä.

Tutkimuskohteena olivat Tampereella Hervannassa Insinöörinkadulla raitiotien reitillä olevat kolme kiertoliittymää: Orivedenkatu, Opiskelijankatu ja Teekkarinkatu (kuva 1). Työ keskittyy Tampereen raitiotien kaltaisiin pikaraitiotieihin, eikä siinä siksi ole käsitelty tarkemmin esimerkiksi Helsingin raitiotiejärjestelmää. Sen sijaan tehtiin vertailua Espoon ja Helsingin toteutusvaiheessa olevaan Raide-Jokeri hankkeeseen. Kansainvälisessä vertailussa rajauduttiin Pohjoismaihin.



Kuva 1. Insinöörinkadun kiertoliittymät kartalla. (Taustakartta: MML 2020. Kaksi karttakuvaa eri mittakaavoissa liitetty yhteen, kehystys ja ympyröinnit ja kadunnimi lisätty.)

1.3 Tutkimusmenetelmät

Pääasiallinen tutkimusmenetelmä oli maastokäynneillä tehty liikenteen havainnointi Insinöörinkadulla ennen raitiotien testiajajien alkamista sekä niiden aikana keväällä 2020. Maastokäyntejä tehtiin yhteensä 9 kappaletta 28.2.–30.4. Testiajot suoritettiin päiväsaikaan ruuhka-aikojen ulkopuolella. Maastossa havainnoitiin liikenteen sujuvuutta, liikennejärjestelyjen sekä liikenteenohjauksen toteutusta ja toimivuutta, tienkäyttäjien käyttäytymistä ja liikenneturvallisuutta. Maastokäynnit toteutettiin liikkumalla kohteessa jalankulkijana sekä henkilöautolla ajaen.

Testivaunulla testattiin ratainfra ja siihen liittyvien järjestelmien toimintaa maaliskuussa 2020. Testivaunu tuotiin helmikuussa 2020 Tampereelle Hannoverista Saksasta, jossa se toimi raitiotieliikenteessä tähän saakka. Testivaunu on Linke-Hofmann-Buschin vuonna 1981 valmistama TW6000-mallin raitiovaunu. Testivaunun ulkomittoja ja painoa muokattiin paremmin tulevia Tampereen raitiovaunuja vastaaviksi, mutta se on silti 9 metriä lyhyempi ja 25 senttimetriä kapeampi kuin tulevat Tampereen raitiovaunut. (Tampereen Raitiotie Oy, 2020b)

Maastokäyntien tukena hyödynnettiin videokuvamateriaalia kohteesta. Videokuvaus toteutettiin yhdellä maastokäynnillä kuvaten auton kojelautakameralla paikallaan noin tunnin ajan jokaista kiertoliittymää, sekä Insinöörinkadun kiertoliittymissä henkilöautolla ajettaessa. Lisäksi työhön saatiin Raitiotieallianssilta testivaunun keulalta kuvattua materiaalia kahdelta koeajopäivältä.

Työtä varten haastateltiin alan asiantuntijoita Suomesta ja Pohjoismaista sekä raitiovaununkuljettajia Tampereelta ja Helsingistä. Suomesta haastateltiin raitiotiesuunnittelun asiantuntijaa Lauri Kangasta (Helsingin kaupunki) ja liikenneturvallisuuden asiantuntijaa Christel Kautialaa (Destia), joiden haastattelua työn ohjausryhmä suositteli. Lisäksi Kankaan suosituksesta haastateltiin raitiovaununkuljettajan ja liikenteenohjauksen kokemuksista Tero Hagbergiä (HKL), Markus Polttilaa (HKL) ja Helsingin raitiovaununkuljettajia Bea Niemistä ja Sami Syrjästä. Kansainvälisistä käytännöistä ja kokemuksista haastateltiin Ruotsista Thomas Langea, Tanskasta Helge Baytä ja Norjasta Thomas Potteria. Kansainväliset kontaktit saatiin Nordic Light Rail Associationin kautta.

Lisäksi työssä perehdyttiin aihetta käsitteleviin kirjallisiin lähteisiin, kuten selvityksiin, raportteihin ja suunnitteluohjeisiin.

2 TAMPEREEN RAITIOTIEHANKE

2.1 Hankkeen kuvaus

Raitiotien rakentamisella luodaan tehokas ja laadukas joukkoliikennejärjestelmä vastaamaan kasvavan kaupungin liikkumistarpeisiin. Tampereen kaupunki on sitoutunut pyrkimään hallitsemaan yhdyskuntarakenteen hajautumista täydennysrakentamisella joukkoliikenteen runkoyhteyksien varrelle. (Raitiotieallianssi, n.d.-b) Raitiotien rakentaminen on osa Tampereen kaupungin strategiaa kestävien kulkumuotojen käytön lisäämisessä matkalla hiilineutraaliin kaupunkiin vuoteen 2030 mennessä. Tämä tarkoittaa liikenteen osalta 55 prosentin päästövähennyksiä vuoden 2015 tasoon verrattuna. (Tampereen kaupunki, 2019)

Tampereen raitiotie rakennetaan kahdessa osassa (kuva 2). Ensimmäinen osa rakennetaan vuosina 2017-2021. Siinä on 2 linjaa, Pynikintori–Hervantajärvi ja Sorin aukio–TAYS. Ensimmäisen osan tavoitekustannus on yhteensä hieman vajaa 295 miljoonaa euroa (Tampereen kaupunki, 2020a). Raitiotien osan 1 liikennöinnin on määrä alkaa vuonna 2021 (Raitiotieallianssi, n.d.-a).

Opinnäytetyön ohjausryhmän mukaan raitiotien toinen osa jatkuu Pynikintorilta Lentävänniemeeseen, ja se pyritään rakentamaan vuosina 2021-2024. Toisen osan rakentamisesta päätetään lokakuussa 2020. Toinen osa on suunniteltu rakennettavaksi mahdollisesti kahdessa vaiheessa riippuen Hiedanrannan kohdalla Näsijärven järvitäyttöluvasta; Pynikintorilta Santalahteen ja Santalahdesta Lentävänniemeeseen. Raitiotielinjaston osien 1 ja 2 pituus on yhteensä noin 24 km.



Kuva 2. Tampereen raitiotien osat. Osa 1 merkitty punaisella ja osa 2 sinisellä. (Tampereen Raitiotie Oy, 2019b)

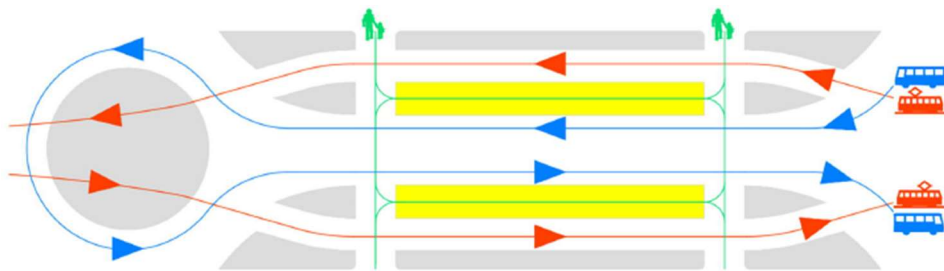
Tampereelle käyttöön tulevat Škoda ForCity Smart Artic X34 -raitiovaunut ovat noin 37 metriä pitkiä ja niiden matkustajakapasiteetti on 264 henkilöä, joista istumapaikkoja on 104 (Tampereen Raitiotie Oy, 2019a). Päiväsaikaan keskustassa raitiovaunut kulkevat 3-4 minuutin vuorovälillä ja muualla 7,5 minuutin vuorovälein. Raitiovaunun liikennöinnin keskinopeus on noin 20 km/h ja suurin liikennöintinopeus 70 km/h. (Raitiotieallianssi, n.d.-a)

Raitiovaunut ajavat sekaliikennekaistoilla linja-autojen ja/tai henkilöauto liikenteen kanssa Hämeenkadulla, Insinöörinkadulla ja Tekunkadulla. Muilla osuuksilla raitiovaunut kulkevat omalla kaistallaan. (Raitiotieallianssi, n.d.-a) Osalla 1 on kolme kiertoliittymää Insinöörinkadulla. Opinnäytetyön ohjausryhmän mukaan osalle 2 Lentävänniemeen on suunniteltu kiertoliittymäratkaisua Lielahdenkadun ja Kehyskadun liittymään.

Opinnäytetyön ohjausryhmän mukaan Tampereen raitiotien seudullisten jatkoosien yleissuunnittelu on parhaillaan käynnissä. Suunnitteilla ovat laajenemissuunnat Kangasalan Lamminrahkaan ja Saarenmaalle, Pirkkalaan ja Ylöjärvelle. Laajenemissuuntien pituus on yhteensä 29-33 kilometriä, riippuen valittavista linjausvaihtoehdoista. Seuturaitiotien suunnitelmaluonnoksissa on esitetty kiertoliittymäratkaisuja Lamminrahkan ratahaaralle. Viime vuosina tietämys ja tavoitteet koko raitiojärjestelmälle ovat tarkentuneet.

2.2 Tampereen raitiotien suunnitteluperiaatteet

Tampereen kaupunki on laatimassa raitiotien suunnitteluohjetta. Risteämisen periaatteista Tampereen raitiotien suunnitteluohjeluonnoksessa (2020) todetaan: ”Risteyksissä liikennejärjestelyiden tulisi olla kaikille kulkumuodoille mahdollisimman selkeitä, järjestelyt mahdollistaisivat ennakoinnin hyvien näkemien ansiosta ja väistämisvelvollisuus olisi selkeä.” Ohjeluonnoksen mukaan kiertoliittymä raitiotiellä ”tuo omat haasteensa liikenteenohjaukseen, koska kaikki tulosuunnat on pysäytettävä raitiovaunun tullessa kiertoliittymään.” Sen mukaan kiertoliittymän käyttö voi olla perusteltua tilanteessa, jossa esimerkiksi liityntäliikenne, kuten linja-autoliikenne, tarvitsee kääntöpaikan (kuva 3). Liikenneturvallisuuden ja liikenteen toimivuuden kannalta ohjeluonnoksessa suositellaan raitiotien viemistä kiertoliittymässä keskeltä suoraan läpi. Raitiovaunun esteetön kulku kiertoliittymässä tulee varmistaa osittaisella valo-ohjauksella ja risteämiset jalankulun ja pyöräilyn kanssa valo-ohjataan pääsääntöisesti jalankulkijaopastimin, mutta ”valo-ohjausta ei lähtökohtaisesti käytetä kaksikaistaisen sekaliikennekatujen ylityksissä”. (Tampereen kaupunki, 2020b)



Kuva 3. Joukkoliikenteen vaihtopysäkkien eli ns. joukkoliikennetermiinään yhteydessä kiertoliittymä, jossa linja-autoliikenne pääsee kääntymään. (Tampereen kaupunki, 2020b)

Suunnitteluohjeluonnoksen mukaan raitiotien tulee kulkea omalla väylällä eroteltuna muusta liikenteestä riittävällä etäisyydellä ja rakenteellisilla ratkaisulla. Sekaliikenneväylän käyttö voidaan hyväksyä vain erittäin painavasta ja perustellusta syystä. Raitiotien ympäristö, rakenteet ja muut väylät toteutetaan siten, ettei radalle voi päätyä vahingossa. Raitiotie voidaan sallia kulkeväksi kävelyvauhtia jalankulkualueen, kuten torin, läpi. Raitiotie ei saa rajautua kadunvarsipysäköintiin tai huoltoliikenteelle varattuihin tiloihin. Liittymät varustetaan pääsääntöisesti liikennevalo-ohjauksella. Raitiopysäkkien määrä on minimoitava raitiotien tehokkuuden ja matka-ajan kilpailukyvyyn takaamiseksi. Pysäkit pyritään toteuttamaan sivulaitureina, paitsi päätepysäkit keskilaitureina. Liikenneturvallisuus on otettava huomioon kaikissa suunnitteluratkaisuissa. (Tampereen kaupunki, 2020b)

Suunnitteluohjeluonnoksen mukaan jalankulun ja pyöräilyn ylityspaikat tulee suunnitella erityisen huolellisesti ja jalankulun ja pyöräilyn reittien kannalta luonteviin kohtiin. Jalankulun ja pyöräilyn tasoylityksen suosituspituus on alle 7 metriä. Kymmenmetrininkin ylitys voidaan hyväksyä, mutta

sitä pidemmät ylitykset katkaistaan saarekkeella. Odotustilan suositusarvo on jalankulkijoille vähintään 2 metriä ja pyöräilijöille 2,5 metriä. Jalankulkijoiden kiskojen ylityspaikka merkitään erottuvalla pintamateriaalilla, ja pyöräliikenteen ylityspaikassa käytetään asfalttia. Sekaliikennekaistojen ylitykset merkitään yleensä suojateiksi. Varsinkin pyöräliikenteen ylityksissä ajolinjan tulee olla kohtisuorassa kiskoihin nähden. Ylityspaikoilla on huolehdittava pinnan riittävästä kitkasta. Raitiovaunun havaittavuutta voidaan linjaosuuksilla parantaa ohjaamalla jalankulku- ja pyöräliikenne porrastetusti raitiovaunun tulosuuntaan nähden. (Tampereen kaupunki, 2020b)

3 KIERTOLIITTYMÄT RAITIOTEILLÄ

3.1 Kiertoliittymien yleiset käyttöperiaatteet

Kiertoliittymä on luonteeltaan kaikille suunnille tasapuolinen liittymätyyppi, johon saapuvalla ajoneuvolle on merkitty väistämisvelvollisuus suhteessa kiertotilaan. Liittymätyypin valintaan vaikuttavat sen sopivuus kohteeseen liikenneverkollisesti, liikenteellisesti, teknisesti, liikenneturvallisesti, liikennetaloudellisesti ja ympäristöllisesti. (Tiehallinto, 2001)

Kiertoliittymää voidaan käyttää risteyksissä, joissa on tapahtunut paljon risteämisonnettomuuksia, väistämissäännöt ovat epäselvät tai halutaan rauhoittaa riskikäyttäytymistä tai ajonopeuksia. Sillä voidaan ratkaista myös tilanteita, joissa on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä tai välitysongelmia sivusuunnilla, tai muulla liittymätyypillä väylälle aiheutuisi huono geometria. Nopeusrajoitus kiertoliittymässä voi olla korkeintaan 50 km/h. (Tiehallinto, 2001)

Kiertoliittymää ei yleensä käytetä väylillä, joilla on ajoneuvoliikenteen vihreä aalto, nelikaistaisilla teillä, joissa nopeusrajoitus on yli 60 km/h, erikoiskuljetusten reiteillä, tai jos jalankulkua ja pyöräilyä ei suuressa tai kaksikaistaisessa kiertoliittymässä saada eritasoon. Kiertoliittymää ei käytetä, kun ei haluta häiritä pääsuunnan liikennettä, yli 80 km/h nopeusrajoitusalueilla tai kuusi- tai useampikaistaisilla teillä. Kiertoliittymä ei myöskään saisi olla alle 150 metrin etäisyydellä valo-ohjatusta liittymästä ja sen tulee kuitenkin mitoitukseltaan sopia maastoon. (Tiehallinto, 2001) Työn ohjausryhmään kuuluvan Jouni Siveniuksen mukaan tämä etäisyysuusitus koskee lähinnä pääkatuja ja lienee hieman liioiteltu.

Kiertoliittymän välityskykyyn vaikuttavat liikennevirran jakauma, liittymän koko, liittymähaarojen lukumäärä, ajokaistojen määrä, paikallisen liikenteen osuus, jalankulun ja pyöräilyn järjestelyt sekä suojateiden sijoitus. Kiertoliittymässä voidaan käyttää myös kiertotilan ohittavaa oikealle kääntymiskaistaa, mikäli oikealle kääntyvän liikenteen määrä on suuri. (Tiehallinto, 2001)

Tulohaarat suunnitellaan geometrialtaan sellaisiksi, että ne ohjaavat ajoneuvot kiertämään oikeaan suuntaan ja estämään kiertoliittymän läpi ajamisen liian suurella nopeudella. Usein kiertotilaa kavennetaan yliajettavalla kiveyksellä henkilöautoliikenteen nopeuksien hillitsemiseksi. Kiertoliittymän havaittavuutta voidaan parantaa esimerkiksi valaistuksella, korottamalla kiertosaarekkeen keskiosaa, istutuksilla tai erilaisilla rakenteilla kiertosaarekkeessa. (Tiehallinto, 2001)

Liikenneviraston jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluohjeen mukaan suurissa sekä useampikaistaisissa kiertoliittymissä sekä erillisellä oikealle kääntymiskaistalla varustetuissa kiertoliittymissä jalankulku ja pyöräily vietään eritasoon. Kiertoliittymissä ei käytetä pyöräkaistoja turvallisuusyistä. Pyöräily järjestetään sekaliikenteenä ajoradalla, jos nopeusrajoitus on enintään 30 km/h, muutoin erillisellä pyörätiellä tai yhdistetyllä pyörätiellä ja jalkakäytävällä. (Liikennevirasto, 2014)

3.2 Kiertoliittymien suunnittelu ja toteutus

Ongelmat raitiotien ja kiertoliittymän yhdistämisessä ovat ajoneuvonkuljettajalle riittävien näkemien takaaminen ja tarkkaavaisuuden riittäminen huomioimaan useat eri suunnat ja muut tienkäyttäjät liittymässä. Kiertoliittymään saapuva kuljettaja tarkkailee vasemmalta tulevaa liikennettä, jolloin oikealta takaa tuleva raitiovaunu voi jäädä huomaamatta. Kiertoliittymässä ajava tarkkailee tyypillisesti liikennettä oikealla, jolloin vasemmalta mahdollisesti saapuva raitiovaunu voi jäädä huomaamatta. Lisäksi väistämisvelvollisuuksiin liittyy ristiriita: Suomessa kiertoliittymään saapuva väistää aina kiertotilassa olevia, mutta myös raitiovaunulla pitäisi olla aina etuajo-oikeus. Varsinkin pikaraitioteiden luonteeseen kuuluu, että sille on järjestetty etuajo-oikeus ja raitiovaunut pysähtyvät vain pysäkeillä. Liikennesääntöjen mukaan raitiovaunulle on annettava esteetön kulku, ellei liikenteenohjauksella ole osoitettu raitiovaunulle väistämisvelvollisuutta (Tieliikennelaki 729/2018 § 11). Tämä väistämisperiaatteiden ristiriita aiheuttaa ongelmia raitiotien ja kiertoliittymän yhdistämisessä ja raitiotien priorisoinnissa. Lisäksi väistämisvelvollisuus risteyksessä-liikenne-merkin (ns. kärkikolmio) vaikutusalue voi olla tulkinnanvarainen (Kangas, haastattelu 12.5.2020).

Rambollin (2019) vertailuselvityksessä lainattujen asiantuntijanäkemyksen mukaan oikein toteutetun kiertoliittymän ja oikein sijoitettujen raitiovaunuvalojen ilmaisimien pitäisi taata kiertoliittymästä sujuva läpikulku raitiovaunulle. Liikennevalojen toimimattomuus aiheuttaa ongelmia kaikissa liittymissä. Pääkaupunkiseudulla on käytetty kiertoliittymiä ratkaisemaan geometrialtaan muutoin ongelmallisia liittymiä, esimerkiksi jos liittymäkulmista tulisi muuten liian vinot. Raitiotie on kuitenkin geometrialtaan jäykempi, ja sen linjauksen tulisi olla mahdollisimman sujuva. Liittymien, varsinkin kiertoliittymän, vaatiman tilan vuoksi liittymätyypinvalinta tulisi huomioida jo kaavoitusvaiheessa. (Ramboll, 2019a)

Yksinkertaisen ja turvallisten suunnittelun periaatteita:

- raitiotien ja kiertotilan kohtisuora risteämiskulma
- hyvät näkemät
- raitiotien ja muiden tienkäyttäjien risteämiskohdan selkeä ja hyvin havaittava muotoilu
- mielellään vain yksi saapumiskaista saapumissuuntaa kohden
- yksi poistumiskaista poistumissuuntaa kohden
- sopivan kokoinen kiertoliittymän halkaisija
- suoja-alueet ennen raitiotien kanssa risteämistä

(Fontaine, ym., 2016, s. 7)

Valo-ohjauksella järjestetään raitiovaunulle etuajo-oikeus kiertoliittymässä. *Raitiotien ja kiertoliittymän turvallinen yhteensovittaminen* (Kautiala, 2018) selvityksen mukaan yleisin tapa on sijoittaa valo-opastimet kiertotilaan. Tällöin pysäytysviiva merkitään 1,5 metriä ennen raitiotien risteämiskohtaa. Valo-opastimet voidaan sijoittaa myös ennen kiertotilaan saapumista, jos raitiotien risteämiskohta on lähellä tulohaaraa, liikennemäärät ovat suuret tai jos kiertoliittymässä on riskikäyttäytymistä. Tällöin kaikkien suuntien liikenne pysäytetään ja sujuvuus heikkenee. Lisäksi voidaan käyttää isompia ja kirkkaampia valo-ohjauslaitteita, toistovaloja sekä erilaisia huomiota herättäviä ja varoittavia valoja. (Kautiala, 2018)

Tampereella Insinöörinkadulla raitiovaunu kulkee suurimmaksi osaksi sekaliikennekaistalla ajoneuvoliikenteen kanssa. Insinöörinkadulla raiteet lävistävät kiertoliittymät suurin piirtein keskeltä. Insinöörinkadun kiertoliittymissä käytetään osittaista valo-ohjausta, jossa ajoneuvot pysäytetään kolmiaukkoisella raitiovaunuvalolla kiertoliittymän tulohaaroille (kuva 4). Osittainen valo-ohjaus (myös *epätäydellinen valo-ohjaus*) tarkoittaa liikennevaloja, jotka eivät anna varsinaisesti ajolupaa (Sane, 2014a). Ne varoittavat keltaisella valolla ja velvoittavat pysähtymään punaisella valolla tavallisen täyden valo-ohjauksen tapaan. Opastimen ollessa normaalitilassa pimeänä ajoneuvonkuljettaja saa edetä liikennesääntöjä noudattaen. Insinöörinkadun kiertoliittymien haaroilla on valo-ohjaamattomat suojatiet.



Kuva 4. Raitiovaunuvalo-opastin (Raitiotieallianssi, n.d.-c)

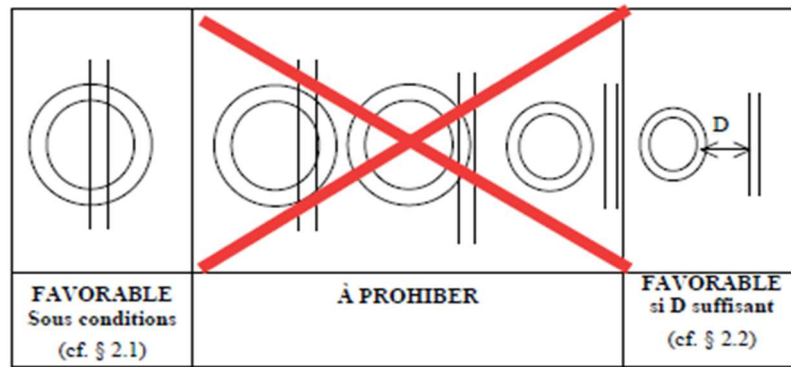
Raitiovaunun lähestyessä

1. Keltainen valo vilkkuu muutaman sekunnin ajan kehottaen ajoneuvonkuljettajaa erityiseen varovaisuuteen.
2. Kiinteä keltainen valo syttyy 3-5 sekunniksi, jolloin ajoneuvo tulee pysäyttää pysäytysviivan kohdalle, jos sen voi turvallisesti tehdä.
3. Kun kaksi punaista valoa vilkkuvat, on pysähdyttävä pysäytysviivan kohdalle.
4. Raitiovaunun mentyä raitiovaunuvalo vilkuttaa muutaman sekunnin keltaista.
5. Kun valot sammuvat, ajoneuvonkuljettaja voi ajaa liittymään liikenesääntöjä noudattaen.

(Tampereen Raitiotie Oy, 2020a)

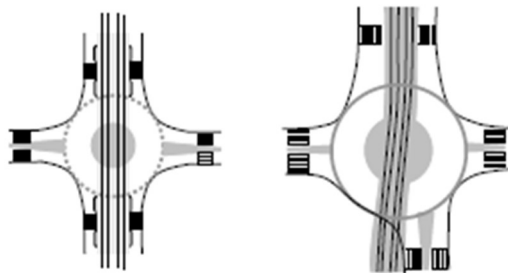
Espoon ja Helsingin Raide-Jokerissa on suunniteltu useita erilaisia kiertoliittymäratkaisuja. Raiteet voivat lävistää kiertoliittymän suoraan keskeltä, kaartaa kiertoliittymässä tai kulkea kiertotilan ohi mutta yhden haaran ylitse. Raide-Jokerissa suunnitellaan käytettäväksi osittaista valo-ohjausta ja kaksiaukkoista opastinta pysäyttämään ajoneuvoliikenteen. Ajoneuvot pysäytetään yleensä kiertotilaan, mutta ne voidaan pysäyttää myös tulohaaralle. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020). Sekä Insinöörinkadun että Raide-Jokerin kiertoliittymissä raitiovaunu tulee liittymään väistämiskäytävänä. Valo-ohjauksella pyritään järjestämään raitiovaunulle esteetön kulku. Raitiovaunu joutuu kuitenkin väistämään valo-ohjaamattoman suojatien ylittäjiä.

Ranskalainen suunnitteluohje *Giratoires et tramways - Franchissement d'un carrefour giratoire par une ligne de tramways* suosittelee vahvasti, että raiteiden tulee kulkea liittymän läpi mahdollisimman suoraan kiertoaarekkeen keskeltä. Suoraan kulkevat raiteet ovat ajoneuvonkuljettajille helpoin ymmärtää. Raitiotie voi myös ohittaa kiertotilan ja ylittää yhden haaran riittävän etäisyyden päästä. (Kuva 5) Jos raitiotie risteää kiertoliittymän haaran kanssa, tulee etäisyyttä kiertotilasta raitiotien risteämiskohtaan olla vähintään 15 metriä. Järjestelyllä pyritään antamaan ajoneuvonkuljettajalle aikaa reagoida raitiotien risteykseen kiertoliittymästä poistumisen jälkeen. Riskinä on tulohaaran autojonon ulottuminen raiteille asti. Alle 15 m etäisyys vaatii tapauskohtaista harkintaa. (Certu & STRMTG, 2008)



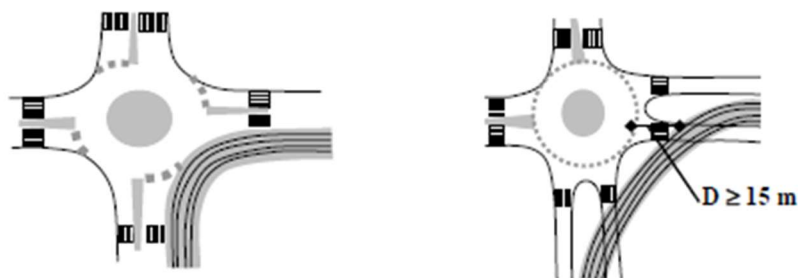
Kuva 5. Suositeltuja ja kiellettyjä raitiotien linjauksia suhteessa kiertoliittymään. (Certu & STRMTG, 2008)

Raitteet voivat myös tehdä kiertoliittymässä pienen sivuttaissiirtymän ja kulkea toisella puolella liittymää poistuvan ajoneuvosuunnan vieressä (kuva 6). Tämä edellyttää, että raitiotie erottuu hyvin ja on helppo hahmottaa. Raitiotie ei saa kulkea ajoneuvojen tulohaaran vieressä. Tällöin kuljettajan huomio jakaantuisi vasemmalle ajoneuvoliikenteen tarkkailuun ja samanaikaisesti oikealle raitiotien ja sen valo-ohjauksen tarkkailuun. (Certu & STRMTG, 2008)

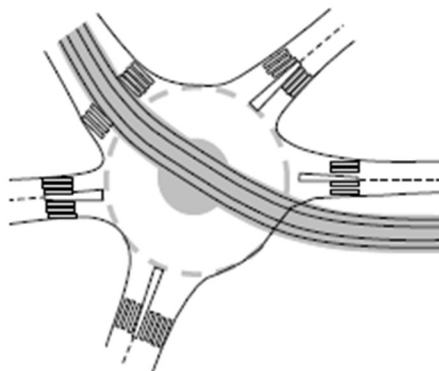


Kuva 6. Suositeltuja raitiotien linjauksia kiertoliittymässä. (Certu & STRMTG, 2008)

Raitiotie voi myös sivuta kiertotilaa kummalta puolelta tahansa ylittämättä sen haaroja ollenkaan. Jos ajoneuvojen poistumishaara pitää ylittää, tulee etäisyyttä kiertotilaan olla vähintään 15 metriä. Alle 15 m etäisyys vaatii tapauskohtaista harkintaa. (Kuva 7). Joissain tapauksissa kiskoja voi olla mahdollista lävistää kiertosaareke kaartaen (kuva 8). (Certu & STRMTG, 2008)



Kuva 7. Hyväksyttäviä raitiotien linjauksia kiertoliittymässä. (Certu & STRMTG, 2008)



Kuva 8. Raitiotie lävistää kiertoliittymän kaartaen. (Certu & STRMTG, 2008)

Suojatiet tulee sijoittaa haaroille kolmen metrin päähän kierto-tilan reunasta. Suojatien saarekkeen leveydeksi suositellaan kahta metriä. Raitiotien reitillä olevassa kierto-tilässä hyvät näkemät kaikkien tienkäyttäjien välillä ovat erityisen tärkeitä. Kiertosaarekkeeseen tai liittymän välittömään läheisyyteen ei saa pystyttää näkemäesteitä luovia elementtejä. Ohjeessa suositellaan käyttämään raitiotien pintamateriaalina muusta ympäristöstä erottuvaa materiaalia myös kierto-tilan risteämiskohdissa. (Certu & STRMTG, 2008)

Ajoneuvoliikenne tulee pysäyttää liittymässä siksi aikaa, kun raitiovaunu ajaa liittymän läpi. Liikennevalot voidaan sijoittaa kummalle puolelle kierto-tilaa tahansa, tarvittaessa käytetään toisto-opastimia. Pysäytysviiva merkitään 1,5 m päähän raitiotien avoimen tilan ulottumasta. Pienissä ja selkeissä, hyvin havaittavissa kierto-tiloissa, joissa on vain vähän liikennettä, voidaan olla käyttämättä valo-ohjausta. Lähtökohtaisesti raitiovaunulla on etuajo-oikeus. Auto tulee väistämismuuttajana kierto-tilaan ja on kierto-tilassakin väistämismuuttajana suhteessa raitiovaunuun. (Certu & STRMTG, 2008)

3.3 Eri liittymätyyppien turvallisuus

Destian liikenneturvallisuusasiantuntijan Christel Kautialan mukaan (haastattelu, 22.4.2020) kiertoliittymä on yleisesti, ilman raitiotietä, yksi turvallisimmista liittymätyypeistä ajoneuvoliikenteelle. Raitiotien rakentaminen tekee minkä tahansa liittymän monimutkaisemmaksi, jolloin ei ole voida niin yksinkertaisesti määritellä, mikä liittymätyyppi on turvallisin. Liikenneympäristö tulee pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja helppona tienkäyttäjien tulkita ja siten myös turvallisena liikkua. Turvallisuutta tulee tarkastella kokonaisuutena.

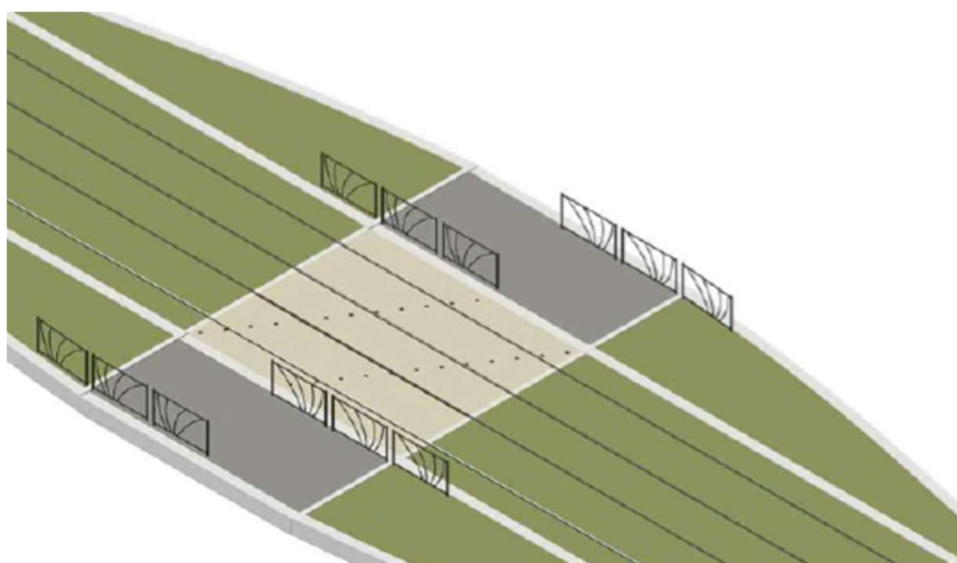
Kautialan mukaan (haastattelu, 22.4.2020) raitiotien reitillä olevassa kiertoliittymässä tarvitaan yleensä aina valo-ohjaus turvallisuuden takaamiseksi. Kokemukset ovat osoittaneet, että valo-ohjaamaton kiertoliittymä, jossa on raitiotie, on haastava ympäristö autoilijoille. Kautialan kokemusten ja tietojen mukaan valo-ohjaustekniikka on nykyään toiminnaltaan hyvin luotettavaa. Jos valo-ohjaus ei häiriötilanteessa toimi, hän korostaa etenkin raitiovaunun kuljettajan roolia tilanteessa. Kuljettajan tulee noudattaa erityistä varovaisuutta ja varautua siihen, että muut tienkäyttäjät saattavat tehdä virheitä.

Valo-ohjatuissa liittymissä (ilman raitiotietä) tapahtuu Suomessa vuosittain kuolemaan johtavia onnettomuuksia, sillä punaisia päin voidaan ajaa koviilla nopeuksilla. Kiertoliittymissä puolestaan on tapahtunut vain yksittäisiä kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. Raitiotien reitillä olevassa kiertoliittymässä onnettomuudet tapahuvat yleensä kiertotilan ja raiteiden risteämiskohdassa. Kiertotilaan väistämisvelvollisena saapunut ajoneuvonkuljettaja ei välttämättä huomaa raitiovaunua, varsinkin jos raitiovaunu lähestyy autoa takaviistosta ns. kuolleesta kulmasta. Kiertoliittymissä sekä ajoneuvojen että raitiovaunujen nopeudet ovat alhaisia, joten niiden väliset onnettomuudet eivät yleensä ole vakavia. Vaarana kuitenkin voi olla auton kiilautuminen törmäyksen seurauksena raitiovaunun ja pylvään väliin, minkä vuoksi detaljisuunnittelu on tärkeää. Kiertoliittymä voi sopia paikkaan, missä on tapahtunut paljon ajoneuvojen välisiä onnettomuuksia tai on riskikäyttäytymistä. Jos valo-ohjauksella saadaan toteutettua liittymä, jossa ajoneuvojen nopeustasot eivät pääse suuriksi, on se turvallisempi ratkaisu. Jalankulkijoiden ja raitiovaunujen väliset onnettomuudet ovat yleensä vakavia. Kiertoliittymästä poistuvan auton ja pyörätien jatketta ylittävän pyöräilijän onnettomuudet ovat tyyppillisiä. (Kautiala, haastattelu 22.4.2020) Tyyppillisin henkilövahinkoihin johtava onnettomuus raitioteihin liittyen on matkustajien kaatuminen raitiovaunussa äkkijarrutuksen seurauksena (Kautiala, 2018).

Kautialan mukaan raitiovaunulla pitäisi aina olla etuajo-oikeus. Yleensä raitiotien ylityksiä ei tästä syystä merkitä suojateiksi Tampereella, paitsi seka-liikennekaistoilla. Jalankulkijoiden voi olla vaikea tiedostaa ja havaita ylityspaikan ja suojatien eroa, jolloin jalankulkija voi virheellisesti luulla olevansa suojatiellä. Kun ylityspaikka toteutetaan Z:n muotoisena, jalankulkijan on

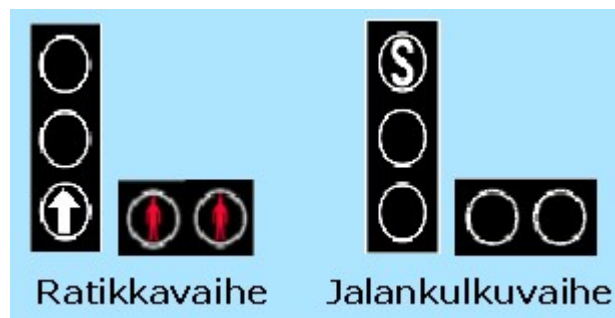
helpompi havaita ero suojatiehen. Z-ylityksiä käytetään yleensä linjaosuuksilla, eikä Insinöörkadulla ollut tilaa niille. (Kautiala, haastattelu 22.4.2020)

Z-ylitystä käytetään yleensä tilanteissa, joissa ylitettävänä on ajorata-raiotie-ajorata. Z:n muotoisen ylityksen idea on, että jalankulkijan katse suuntautuu hänen kulkiessaan oikeaan suuntaan, eli raitiovaunun tulo-suuntaan (kuva 9). Z-ylityksen paikka on valittava tarkoituksenmukaisesti ja sen jalankulkijoita ohjaavat rakenteet on suunniteltava huolellisesti, ettei sen ohi synny jalankulkijoiden oikoreittejä. Aitojen väliin on jätettävä riittävästi tilaa, jotta ruuhkaisissa paikoissa jalankulkijat mahtuvat odotustilaan. (Besier, 2016) Verrattuna L:n muotoisiin aitoihin suorat aidat tekevät odotustilasta avoimemman ja helpottavat talvikunnossapitoa (Kangas, haastattelu 12.5.2020).



Kuva 9. Z-ylityspaikka suorilla aidolla. (Besier, 2016)

VAROVA-kiskonylitysvaloja voidaan käyttää ohjaamaan kiskojen ylitystä suojateillä. Ne toimivat osittaisen ohjauksen periaatteella. Normaalissa tilassa ne ovat pimeinä ja suojatien voi ylittää. Kun raitiovaunu lähestyy, syttyy opastimiin punainen valo, joka velvoittaa väistämään raitiovaunua. (Kuva 10) VAROVA-valot ovat poikkeusluvan varaisia. Valo-opastimessa on kaksi jalankulkijan kuvalla varustettua aukkoa vierekkäin. VAROVA-valojen käyttö parantaa punaisten valojen noudatettavuutta vähentämällä niiden turhaa näyttämistä. (Sane, 2014b)



Kuva 10. VAROVA-kiskonylitysvahti vaiheet. (Sane, 2014b)

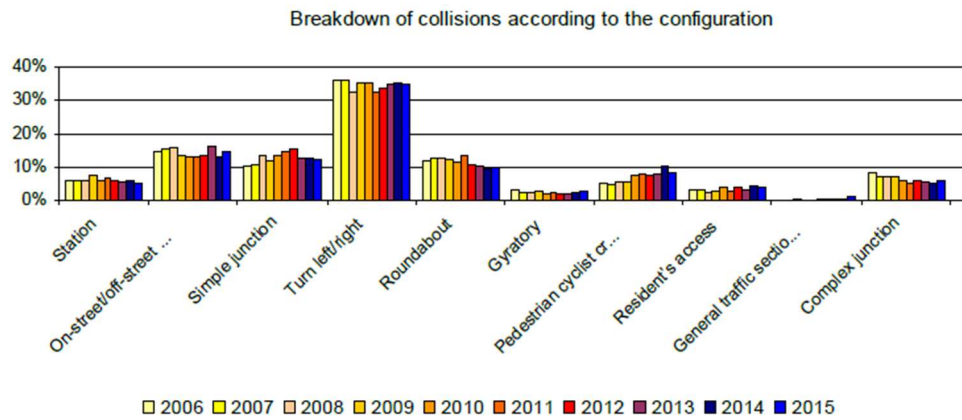
Ranskalaisessa onnettomuustilastossa *Annual report on the fleet, traffic and tramway operating events* (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015) käsitellään kahdenlaisia kiertoliittymiä. *Gyratory* vastaa suomalaistyylisiä kiertoliittymiä, johon saapuvalla on väistämismisvelvollisuus. *Roundabout* tarkoittaa kiertoliittymää, jossa jokainen saapumissuunta on tasa-arvoinen.

Raitiovaunun ja kolmannen osapuolen yhteentörmäyssonnettomuudet vuonna 2015 Ranskassa

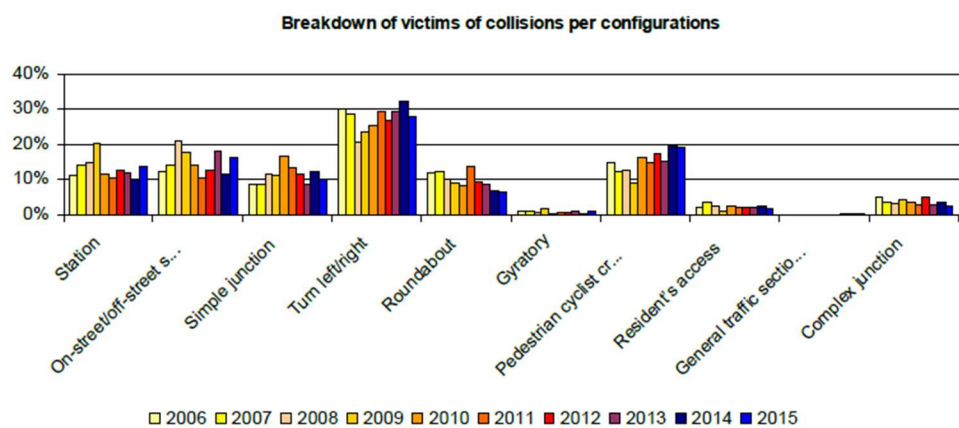
- suurin osa (n. 60 %) tapahtui henkilöautojen kanssa
- toiseksi suurin osa (n. 15 %) tapahtui jalankulkijoiden kanssa
- suurin osa (n. 50 %) henkilövahingoista aiheutui törmäyksistä jalankulkijoiden kanssa
- toiseksi suurin osa (alle 40 %) henkilövahingoista aiheutui törmäyksissä henkilöauton kanssa (s. 24)
- n. 6 % jalankulkijoiden loukkaantumisista oli vakavia
- liian korkea kolmannen osapuolen tilannenopeus oli yleisin raskauttava tekijä

(Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)

Kiertoliittymiä on Ranskan raitioteillä vähemmän kuin muita liittymätyyppejä, yhteensä 239 kappaletta. Varsinkin suomalaistyyppisen kiertoliittymän pienet osuudet kolmansien osapuolten ja raitiovaunun yhteentörmäyssonnettomuuksissa ja henkilövahinkomäärissä johtunevat siitä, että niitä on vain 50 kappaletta (kuva 11 ja kuva 12). (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)

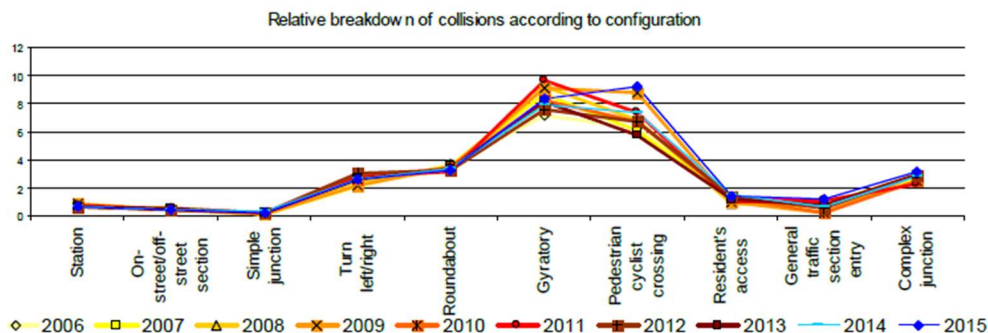


Kuva 11. Yhteentörmäyssonnettomuuksien erittely kolmansien osapuolien ja raitiovaunun välillä liittymätyyppin perusteella. (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)



Kuva 12. Kolmansien osapuolten ja raitiovaunun välisten yhteentörmäyssonnettomuuksien henkilövahinkojen osuuksien erittely liittymätyyppin perusteella. (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)

Arvioitu yhteentörmäysriski kolmannen osapuolen ja raitiovaunun välillä suomalaistyyppisessä kiertoliittymässä pysyy selvästi korkeampana kuin muissa ajoneuvoliikenteen liittymätyypeissä koko tarkastelujakson ajalla (kuva 13). (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)

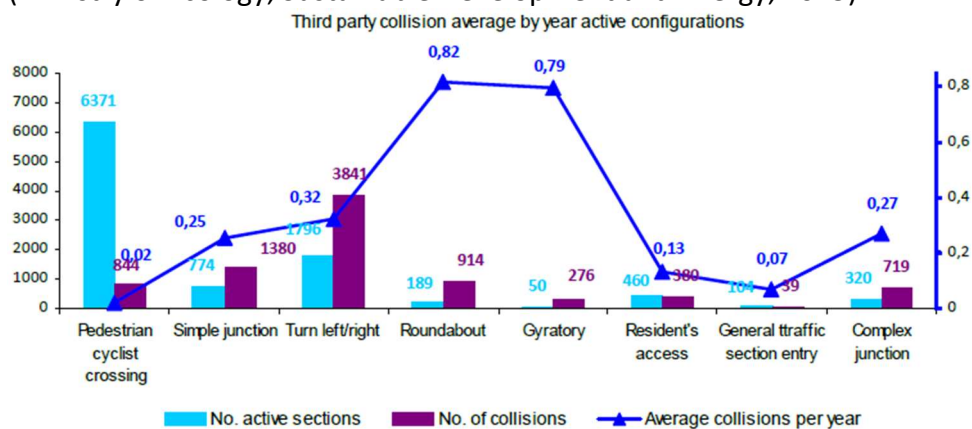


Kuva 13. Raitiovaunun ja kolmannen osapuolen yhteentörmäyssonnettomuuksien suhteellinen määrä liittymätyyppin perusteella. (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)

Kiertoliittymiä on raitioteillä vähemmän kuin muita liittymätyppejä, mutta niissä tapahtuu suhteutettuna enemmän yhteentörmäyssonnettomuuksia (kuva 14).

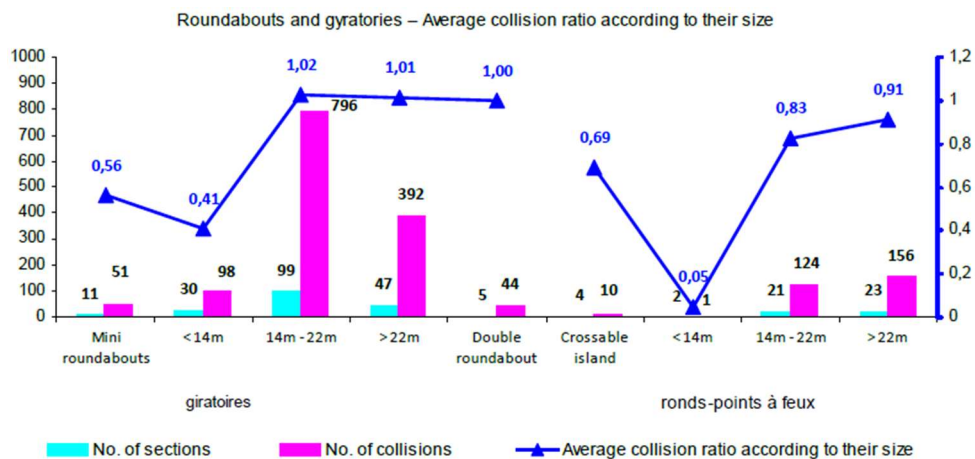
- Asteikko vasemmalla: käytössä olevien liittymien ja yhteentörmäysten lukumäärät
- Asteikko oikealla: keskimääräinen yhteentörmäyssonnettomuuksien lukumäärä vuosittain

(Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)



Kuva 14. Keskimääräiset yhteentörmäysten lukumäärät kolmansien osapuolten kanssa vuosittain liittymätyyppin perusteella. (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)

Tilaston mukaan halkaisijaltaan alle 14 metrisissä kiertoliittymissä tapahtui suhteutettuna liittymien määrään keskimäärin vähiten yhteentörmäyssonnettomuuksia vuodessa. Halkaisijaltaan yli 14 metristen ja yli 22 metristen kiertoliittymien suhteutetut luvut olivat keskenään samaa suurusluokkaa. (kuva 15). (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)



Kuva 15. Suhteutetut keskimääräiset törmäysohjetusmäärät kummankin tyyppisissä kiertoliittymissä niiden koon perusteella. (Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015)

Luvun 3.2 esimerkkeihin viitaten, jos raitiotie rakennetaan kulkemaan selkeästi keskeltä suoraan kiertoliittymän läpi ja onnistutaan välttämään sekaliikennekaistojen ja suojateiden käyttö, kiertoliittymä voi olla turvallinen liittymäratkaisu. Turvallisuus edellyttää tietysti, että myös osittaista valo-ohjausta noudatetaan. Kiertoliittymissä aiheutuu helposti kuitenkin epäselvyyttä ajorajestyksissä sekä infrasta johtuvia ongelmia esimerkiksi liikennemerkkien asianmukaisessa sijoittelussa.

VAROVA-valojen käyttö ei välttämättä sovellu kiertoliittymän sekaliikennekaistan suojateille. Kiertoliittymään sekaliikennekaistan sujuvuus voi heikentyä, jos ajorajestykset ovat epäselvät. Insinöörinkadulla ajoneuvot pysäytetään tulohaaroille ennen suojateita, joten jalankulkijoiden valo-ohjaus voisi toimia. Auto- ja raitiovaunuliikenteen sujuvuus heikkenee, jos raitiovaunun edessä ajava auto väistää turhaan suojatielle pääsyä odottavaa jalankulkijaa ja jalankulkijalle palaa jo punainen valo. Menetetäänkö tässä mahdollinen VAROVA-valoilla tavoiteltu raitiovaunun sujuvuus? Voitaissiinko jalankulkijoille merkitä odotustila hieman kauemmas ajoradan reunasta? Autoilijat saattaisivat tottua siihen, että jos jalankulkija selvästi odottaa valoja, niin autolla voi edetä varovaisesti (Kangas, haastattelu 12.5.2020). Pitäisi käytännössä tutkia, paljonko tällaisia mahdollisesti epäselviä tilanteita tapahtuisi ja paranisiko vai heikkenisikö sekaliikennekaistan sujuvuus. Toisaalta pitäisi aina pyrkiä mahdollisimman yksinkertaisiin liikennejärjestelyihin.

3.4 Helsingin raitiovaunukuljettajien näkökulma

Helsingiläisistä käytännöistä ja kokemuksista kiertoliittymissä ajamisesta raitiovaunulla haastateltiin Helsingin raitiovaunukuljettajia Bea Niemistä ja Sami Syrjästä. Samaan haastatteluun osallistuivat lisäksi HKL:n

liikennepäällikkö Tero Hagberg ja HKL:n liikennemestari Markus Polttila, joilla on kummallakin pitkä kuljettajatausta.

Helsingin raitiotieverkolla on useita kiertoliittymiä. Kiskot voivat kulkea liittymässä monella eri tavalla. Ne voivat esimerkiksi lävistää kiertosaarekkeen keskeltä suoraan tai kaartaa, tai kulkea kiertotilassa tehden kaarrokseen. Haastateltavien (Hagberg, Nieminen, Polttila & Syrjänen, 2020) mukaan jotkut kiertoliittymät ovat niin huonosti muotoiltuja, että autoilija ei välttämättä tunnista niitä kiertoliittymiksi ilman liikennemerkkejä. Ne ovat huonon hahmotettavuutensa vuoksi jopa vaarallisia. Helsingissä käytetään toiminnaltaan samanlaista osittaista valo-ohjausta ja kolmion muotoisia raitiovaunuvalo-opastimia kuin Tampereella. Ajoneuvoliikenne pysäytetään joko tulohaaralle tai kiertotilaan ennen raiteiden risteämistä. Sijoittelu voi vaihdella samankin kiertoliittymän eri haarojen välillä. Tampereen Insinöörinkadun käytännöstä poiketen raitiovaunuvalot voivat olla samassa tolpassa muiden rakenteiden kanssa. (Haastattelu, Hagberg ym., 2020)

Kysyttäessä, ovatko kiertoliittymät raitiotien reitillä toimivia ja sujuvia, Syrjäsen ja Niemisen spontaani vastaus oli, että eivät ole. Syrjäsen mukaan myös raitiovaunukuljettajien kesken on erilaista käyttäytymistä liittymissä. Toiset ajavat niihin määrätietoisemmin ja toiset varovaisemmin. Joissain tietyissä risteyksissä esimerkiksi bussit ovat tottuneet, että raitiovaunu usein antaa tietä. Syrjäsen mielestä raitiovaunukuljettajien pitäisi, toki riittävää varovaisuutta noudattaen, uskaltaa mennä reippaasti liittymiin. Kaikilla raitiovaunukuljettajilla pitäisi olla yhtenäinen määrätietoinen ajotapa, mikä tulisi huomioida paremmin jo koulutusvaiheessa.

Haastattelun (Hagberg ym., 2020) mukaan valo-ohjauksen noudattaminen on hyvin heikkoa Helsingissäkin, vaikka siellä raitiovaunuvaloja on käytetty jo vuosikymmeniä. Haastateltavien arvion mukaan vain noin puolet osaa ajaa oikein valojen mukaisesti. Hagbergin mielestä ei kannata luottaa siihen, että valo-ohjaus ratkaisee kaikki ongelmat. Kaikki tienkäyttäjät eivät kuitenkaan noudata valo-ohjausta huolimatta siitä, ovatko ne toiminnassa vai eivät. Myöskään poliisi ei tunnu puuttuvan raitiovaunuvalojen noudattamattomuuteen. Osa autoilijoista luulee, että varotusvalo vain varoittaa raitiovaunusta, eikä velvoita pysähtymään. Jos valot eivät ole toiminnassa, raitiovaunu tulee normaalisti väistämisvelvollisena kiertoliittymään. Silti osa autoilijoista ei uskalla pitää kiinni etuajo-oikeudestaan ja väistävät isoa raitiovaunua. Polttilan mielestä kaikissa liittymissä tulee joka tapauksessa välillä epäselviä tilanteita, vaikka ajovuorojen pitäisi olla selkeät. Kiertoliittymät tuntuvat aiheuttavan enemmän epävarmuutta ja epäselvyyttä ajojärjestysten suhteen kuin muut liittymätyypit. Helsingissä raitiovaunukuljettajan on joka tapauksessa aina oltava tarkkana ja valmiina pysähtymään risteyksissä, mikä hidastaa raitiovaunun kulkua liittymän läpi. Suojatiet kiertoliittymien yhteydessä aiheuttavat sen, että kun raitiovaunu väistää suojatien ylittäjiä, niin autoilijat helposti luulevat, että se väistää heitäkin.

Nieminen kehotti harkitsemaan VAROVA-valojen kokeilua Tampereellakin, jos niille sopiva paikka ilmenee. (Haastattelu, Hagberg ym., 2020)

Yleinen tuntuma on, ettei kiertoliittymistä kuitenkaan haluta luopua. Kuljettajat kokevat kiertoliittymät kuitenkin jouhevammiksi ja joustavammiksi kuin valo-ohjatun liittymän, jossa on toimittava aina tietyn valokierron mukaisesti. Riittävän voimakasta valoetuutta on Helsingin keskustassa hankala järjestää, sillä etuudet suunnitellaan kokonaisuuden sujuvuuden kannalta. Sivukatujen sujuvuus voisi kärsiä olennaisesti. Kiertoliittymän heijastevaikutukset ympäröivälle katuverkolle ovat pienemmät. Valojen ja ilmaisimen oikea sijoittelu on tärkeää. Esimerkiksi pysäkki juuri ennen kiertoliittymää on monesti ongelmallinen ratkaisu valojen oikea-aikaisen toiminnan kannalta. (Haastattelu, Hagberg ym., 2020)

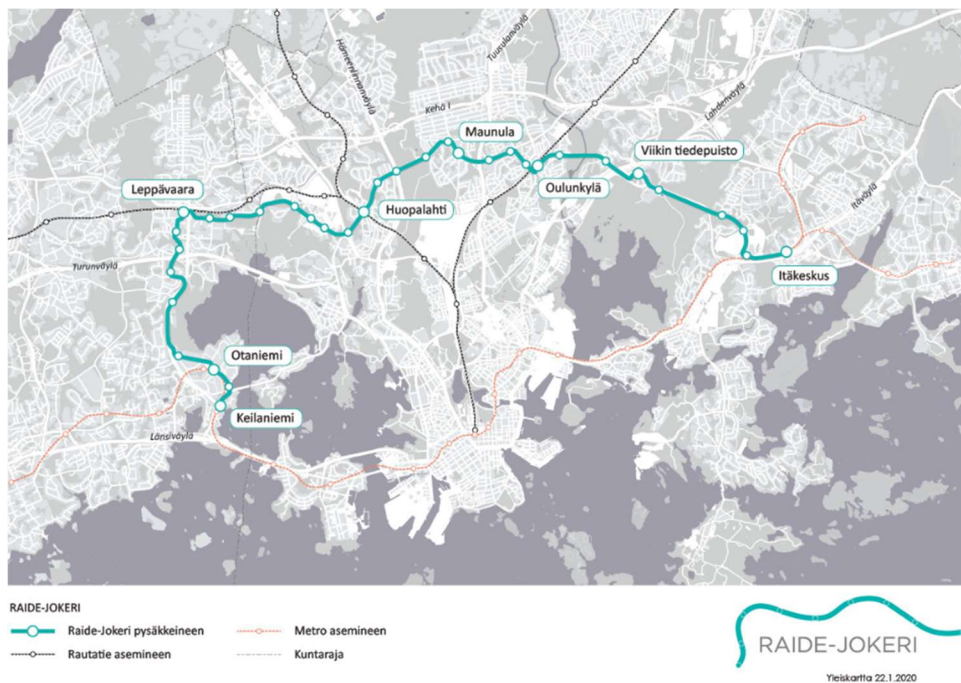
Haastateltavien (Hagberg ym., 2020) mukaan muutamia kolareita on tapahtunut, joissa raitiovaunu on ollut jo kiertoliittymässä ja auto on ajanut vaunun kylkeen. Heillä ei ollut tietoa, kenen syyksi tällaiset onnettomuudet on lopulta tulkittu. Tilanteiden tulkinta saattaa vaihdella tapauskohtaisesti. Kuljettajat arvioivat, että kiertoliittymissä tapahtuu enemmän läheltä piti-tilanteita, kuin muun tyyppisissä liittymissä. Läheltä piti -tilanteita syntyy, kun kiertoliittymän valo-ohjausta ei noudateta ja auto saattaa yllättäen ajaa katveesta raitiovaunun eteen ja aiheuttaa äkkijarrutuksen vaunulle. Normaali liikennevalo-ohjattu liittymä on ennalta-arvattavampi, ja raitiovaunun kuljettaja voi suhteuttaa nopeutensa valokierron vaiheeseen. (Haastattelu, Hagberg ym., 2020)

Ongelmana on se, että tienkäyttäjät eivät osaa liikennesääntöjä ja tunne raitiovaunuvalojen merkitystä, eikä liikenteeseen aina keskitytä riittävästi. Polttila pohti, että kiertoliittymät ovat vieläkin outoja monille tienkäyttäjille. Mitä enemmän ja kauemmin niitä on Helsingissä ollut, sitä paremmin niissä on ajan myötä opittu ajamaan. Hagberg ehdotti, että jos raitiovaunu kulkee omalla kaistallaan, ei käytettäisi kiertoliittymiä. Sekaliikennekaistalla, jossa myös ajoneuvoliikenteen sujuvuus on tärkeää raitiovaunun etenemisen kannalta, voi kiertoliittymä olla hyvä ratkaisu. Muutkin haastateltavat olivat tästä samaa mieltä. Oikein sijoitettuna sopivaan paikkaan kiertoliittymä voi siis olla hyvä ratkaisu. Valo-ohjaus on saatava toimivaan oikein. Näkemien tulisi olla hyvät sujuvuuden ja turvallisuuden kannalta, jotta kuljettaja voi määrätietoisesti ajaa liittymään. (Haastattelu, Hagberg ym., 2020)

3.5 Raide-Jokerin suunnitelmat

Raide-Jokeri on Espoon ja Helsingin välille itä-länsi suuntaisesti suunniteltu pikaraitiotielinja. Sen reitti kulkee Espoon Keilaniemestä Otaniemen, Lepävaaran, Helsingin Huopalahden, Maunulan Oulunkylän ja Viikin tiedepuiston kautta Itäkeskukseen (kuva 16). Radan pituus on noin 25 km, josta suurin osa sijoittuu Helsingin puolelle. Raide-Jokeri korvaa Helsingin seudun vilkkaimman bussilinjan, runkobussilinjan 550:n, jolla tehdään joka

arkipäivä yli 40 000 matkaa. Matkamäärien ennustetaan nousevan 90 000:een vuoteen 2030 mennessä. Raide-Jokeri mahdollistaa kasvavien matkustajamäärien kuljettamisen tulevaisuudessa ja parantaa poikittaisen joukkoliikenteen luotettavuutta ja palvelutasoa. Raide-Jokeri allianssi vastaa suunnittelusta ja rakentamisesta. Raide-Jokerin liikennöinnin on tarkoitus alkaa vuonna 2024. (Helsingin kaupunki, n.d.)



Kuva 16. Raide-Jokerin yleiskartta. (Helsingin kaupunki, 2020)

Raide-Jokeri-allianssin raitiotiesuunnittelun asiantuntija Lauri Kangas Helsingin kaupungilta kertoi haastattelussa (12.5.2020), ettei Raide-Jokerin hankesuunnitelmaa vuonna 2015 tehtäessä ollut mitään erityistä kantaa kiertoliittymien käyttöön raitiotiellä. Olemassa olevia kiertoliittymiä hyödynnettiin, sillä kustannustehokkuuden vuoksi pyrittiin tekemään mahdollisimman vähän muutoksia nykyiseen infraan. Lähtökohtaisesti ei suunniteltu uusia kiertoliittymiä, mutta vanhojakaan ei ryhdytty poistamaan. Sittemmin muutamat olemassa olevat kiertoliittymät tai alun perin kiertoliittymiksi suunnitellut liittymät on päätetty muuttaa tavallisiksi valo-ohjatuiksi liittymiksi. Selvitettiin myös kategorisesti kiertoliittymien korvaamista muilla liittymäratkaisuilla. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Vuoden 2008 aikoihin, kun tehtiin Raide-Jokerin alustavaa yleissuunnitelmaa, saatiin saksalaisilta konsulteilta yleisiä suunnitteluohjeita. Yksi periaate oli, että raitiotie kulkisi keskellä katua ja toinen, että raitiotien puolenvaihdot keskitetään risteyskiin. Hankesuunnitelma on tehty siltä pohjalta. Vasta 2016 päästiin hyödyntämään eurooppalaisia aineistoja mm. raitioteiden turvallisuudesta ja ranskalaista aineistoa kiertoliittymien suunnitteluun liittyen. Raide-Jokerin suunnittelussa pidettiin yhtenä ohjenuorana ranskalaista raitotien ja kiertoliittymien suunnitteluohjetta. Hankkeen edetessä huomattiin, että kiertoliittymä raitiotien reitillä voi muodostua valo-

ohjauksellisesti hankalaksi. Erityisesti hankaluuksia tuottaa tilanne, jossa raitiovaunu tulee sekaliikennekaistalta kiertoliittymään, jolloin ei oikein saada valo-ohjattua suojatietä. Haluttiin välttää ratkaisuja, joissa vain osa kadun ylityksestä, eli pelkkä radan ylitys, valo-ohjattaisiin. Ranskalaisen suunnitteluohjeen periaatteita olisi voitu mahdollisesti soveltaa paremmin, jos ne olisivat olleet hyödynnettävissä aikaisemmassa vaiheessa hanketta. Suunnitelmien muuttaminen hankesuunnitelman tekemisen jälkeen on hankalampaa ja nostaa kustannuksia, kuten Raide-Jokerin tapauksessa on käynyt. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Uuden kiertoliittymän rakentamista on harkittu kohteissa, joissa tonttiliittymät pitää muuttaa suuntaisliittymiksi raitiotien rakentamisen myötä. Tonttiliittymien käyttäjien olisi helppoa ja turvallista tarvittaessa käydä kääntymässä toiseen suuntaan läheisessä kiertoliittymässä. Esimerkkinä Eliel Saarisen tien ja Isonnevantien risteys, johon ei toteuteta kiertoliittymää. Tonttiliittymien käyttäjät joutuvat täten tekemään U-käännöksen liikennevaloristeyksessä, mikä ei ole ihanteellista. Tämä kuitenkin hyväksyttiin tonttiliittymiä käyttävän pienen liikennemäärän vuoksi. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Simulointien perusteella Raide-Jokerin kiertoliittymistä muutamia ei voitu muuttaa tavallisiksi valo-ohjatuiksi liittymiksi tilanpuutteen vuoksi. Riittävän sujuvuuden takaamiseksi ei ollut tarpeeksi tilaa kaikille tarvittaville kääntymiskaistoille tonttien läheisyyden tai kaavoituksen takia. Esimerkiksi Norrtäljentien-Oulunkyläntien-Mäkitorpantien-Siltavoudintien risteys oli aikoinaan muutettu valo-ohjatusta liittymästä kiertoliittymäksi useiden omaisuusvahinkoja aiheuttaneiden onnettomuuksien takia. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Raide-Jokerin suunnittelun lähtökohtia

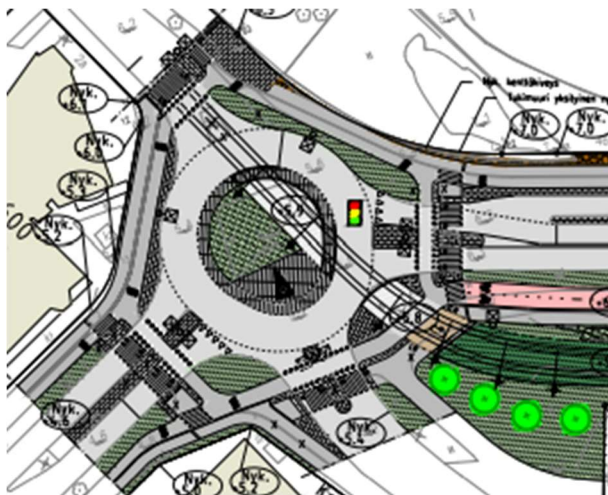
- Risteämiset valo-ohjataan
- Aukiomaisten shared space -alueiden nopeusrajoitus on 20 km/h
- Valo-ohjaamattomien ylityspaikkojen kohdalla nopeusrajoitus korkeintaan 30 km/h
- Suositaan ylityspaikkoja kiskojen ylityksessä, suojateitä käytetään lähinnä kiertoliittymien sekaliikennehaaroilla.
 - Poikkeus: Kapealla Norrtäljentiellä on muutama sekaliikennesuojatie, sillä valo-ohjauksesta arvioitiin aiheutuvan enemmän haittaa. Valo-ohjaus on aina jäykähkö, ja valoetuuden järjestäminen on hankalaa, jos liittymiä on tiheästi.
- Ylityspaikat ovat pääsääntöisesti suorita
 - Suorissa ylityksissä kaikki osat joko valo-ohjataan tai ollaan ohjaamatta
 - Yksinkertainen porrastus, jos raiteiden ylitys on valo-ohjattu, mutta ajoradan ei.
 - Z-ylityksiä ei ole käytetty, sillä ei ole tilannetta, jossa ylityspaikassa olisi ajorata-raitiotie-ajorata. Ainakin Helsingin

puolella rata on kadun sivussa, jolloin selvittää yhdellä sivuttaissiirtymällä.

- Jalankulkijoiden kiskojenylityspaikat merkitään aina ruskeaksi värjättyllä betonilla
- Kaikkiin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden ylityspaikkoihin massataan valkoiset raitiotien symbolit
- Pyöräliikennettä ei ohjata porrastettuja ylityksiä pitkin.
 - Yksi poikkeus Eliel Saarisen tiellä.

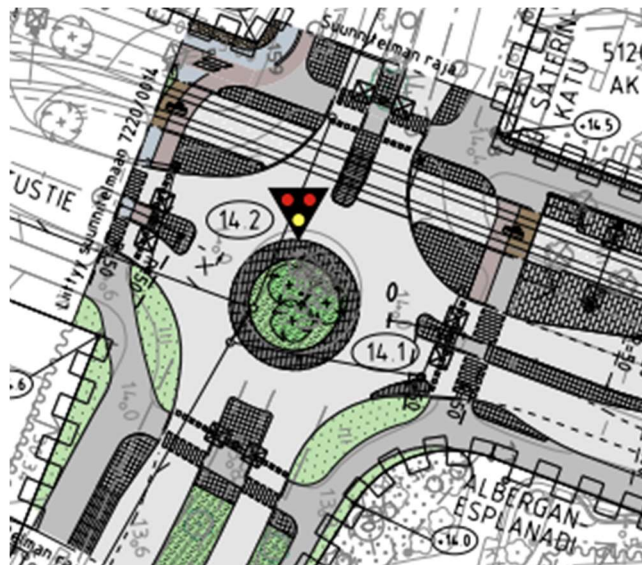
(Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Viikintien-Viikinkaaren-Koetilantien kiertoliittymä jää Kankaan mielestä huonoksi, sillä siihen ei löydetty parempaa ratkaisua (kuva 17). Mietittiin jopa jonkin katusuunnan sulkemista, jotta kiertoliittymästä saataisiin toimiva. Katusuunnan sulkeminen olisi vaatinut kuitenkin uuden yhteyden, mutta asema- eikä yleiskaavoitustilanne ei ollut suosiollinen. Kiertoliittymän suunnittelussa haasteita aiheuttivat mm. pyörä- ja jalankulkuliikenteen riittävät tilat, sillä liittymään tulee neljä autoliikenteen haaraa ja lisäksi yksi raitiotien haara. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)



Kuva 17. Viikintien-Viikinkaaren-Koetilantien kiertoliittymä. (Helsingin kaupunki, 2019)

Esimerkiksi Alberganesplanadin-Säterinkadun kiertoliittymä on ranskalaisen ohjeistuksen vastainen, sillä raitiotie kulkee yhden haaran läpi liian läheltä kiertotilaa (kuva 18). Risteykseen ei kuitenkaan ole muita realistisia vaihtoehtoja niin kauan, kun raitiotie sijoittuu Alberganesplanadille suunnitellulla tavalla, eli puiston länsipuolelle. Kankaan mukaan Ranskassa tällaisessa kiertoliittymässä on ollut ongelmia liikenneturvallisuuden kanssa. Linjauksen muuttaminen Espoossa olisi vaatinut jälleen uutta raskasta kaavanmuutosprosessia. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)



Kuva 18. Alberganesplanadin-Säterinkadun-Linnoitustien kiertoliittymä. (Espoon kaupunki, 2019)

Raide-Jokerin kiertoliittymissä on osittainen valo-ohjaus ajoneuvoille. Varsinkin Helsingin puolella pääperiaatteena on, että pyöräliikennettä pyritään ohjaamaan ajoneuvoina ja viemään radan yli autojen mukana. Raide-Jokerissa käytetään Tampereen ja Helsingin raitioteistä poiketen kaksiaukkoista valo-opastinta. Opastin on kuin tavallinen kolmiaukkoisen ajoneuvoliikenteen opastin, mutta ilman alinta vihreää valoa. Kaksiaukkoisen opastimen punainen valo on kiinteä, ei vilkkuva. Muutoin sen toimintaperiaate on sama kuin kolmion muotoisen raitiovaunuvalon. Kangas arvelee kaksiaukkoisen opastimen olevan mahdollisesti ymmärrettävämpi autoilijoille, sillä se muistuttaa enemmän tavallista ajoneuvojen liikennevaloa. Kankaan omakohtaisten kokemusten mukaan jotkut autoilijat luulevat, että kolmion muotoisen raitiovaunuvalon punainen on vain ohjeellinen, eikä velvoita pysähtymään. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Kankaan aloitteesta Raide-Jokerissa näytetään jonkinlaisella info-opastimella raitiovaunukuljettajalle, mitä osittain ohjatussa liittymässä tapahtuu; onko ohjaus toiminnassa vai ei. Opastimen tarkempaa toteutusta tai muotoilua ei ole vielä päätetty. Kankaan ehdotus info-opastimeksi on saksalaistyylinen pieni ”kärkikolmiota” esittävä opastinkuva. Tällä viitataan siihen, että raitiovaunu saa edetä, mutta varovaisuutta noudattaen, sillä liittymässä on ohjaamattomia osapuolia. Kangas ei pidä hyvänä ratkaisuna, että kuljettajan informoimatta jättämisen seurauksena hän joutuu ajamaan varovaisemmin ja hiljaisempaa vauhtia kiertoliittymään. Kankaan mielestä ”raitiovaunun kuljettaminen ei saa olla arvailua, vaan sen pitää olla aika jämpä ja täsmällistä”. Raide-Jokerissa on kova keskinopeustavoite, mikä edellyttää sääntillistä ja määrätietoista ajoa. Hänen mielestään turvallisuudenkin kannalta on parempi, että kuljettaja tietää, mikä tilanne kiertoliittymässä on. Hän vertasi tilannetta Saksaan, jossa pidetään ehdottomana opasteen näyttämistä raitiovaunukuljettajalle. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Raide-Jokerin kiertoliittymissä ajoneuvoliikenne voidaan valo-ohjauksella pysäyttää joko tulohaaralle tai kiertotilaan ennen kiskojen risteämistä. Useimmiten ajoneuvot kuitenkin pysäytetään kiertotilaan, sillä halutaan välttää kaikkien suuntien turhaa pysäyttämistä. Yleensä osa liikenteestä voi jatkaa liittymän läpi risteämättä raitiotien kanssa. Kiertoliittymän eri haaroilla voi olla erilaiset pysäytyspaikat. Raide-Jokerin suunnitteluperiaatteisiin kuuluu, että kiertotilassa opastin sijoitetaan metrin etäisyydelle raitiotien avoimen tilan ulottumasta (ATU) ja pysäytysviiva kahden metrin etäisyydelle ATU:sta. Kangas on esittänyt, että valo-opastimet sijoitettaisiin sekä oikealle että vasemmalle puolelle ajorataa niiden havaittavuuden parantamiseksi. Pienet toistovalot asennetaan ainakin kaikkiin pääopastimiin. Ajoneuvojen pysäyttäminen liian lähelle raitiotietä on ongelmallista, sillä silloin raitiovaunukuljettaja ei voi kovin aikaisin tulkita, aikooko ajoneuvonkuljettaja pysähtyä odottamaan. Epäselvissä tilanteissa Kangas pitää todennäköisempänä, että raitiovaunun nopeustaso tippuu, kuin että tapahtuisi enemmän onnettomuuksia. Helsingissä raitiovaunukuljettajat koulutetaan todella varovaisiksi verrattuna moneen muuhun Euroopan maahan. On myös mietitty, kuinka pientä kokonaisuutta, esimerkiksi liittymän osaa, voitaisiin valo-ohjata. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Kankaan mukaan (haastattelu, 12.5.2020) Helsingissä tulkitaan väistämivelvollisuutta niin, että vaikka raitiovaunu tulisi kiertoliittymään omaa kaisaansa pitkin samasta tulosuunnasta kuin ajoneuvoliikenne, esimerkiksi kadun keskellä, sitä koskee sama kadun reunassa oleva ”kärkikolmio” kuin ajoneuvoliikennettä. Näin on myös siinä tapauksessa, että ajoneuvokaistan ja raitiovaunukaistan välissä on pysäkkisaareke. Tulkitaan, että raitiovaunukaista on osa samaa katua tai ajorataa. Monessa maassa raitiovaunu väistetään aina. Esimerkiksi Sveitsissä raitiovaunu on lainsäädännöllisesti juna, jota väistetään joka tilanteessa. Kaikissa maissa ei ole selvää, että ajoneuvoliikenteen tavallinen ”kärkikolmio” koskisi myös raitiovaunua. Esimerkiksi Saksassa ajoneuvoliikenteen ”kärkikolmio” ei koske raitiovaunua, vaan sille osoitetaan tarvittaessa väistämivelvollisuus omalla liikennemerkillä. Kangas huomautti, että jos laissa sanotaan ”kärkikolmion” koskevan *ajoneuvoja*, se ei välttämättä koske raitiovaunua. Hän on ehdottanut, että uuteen tieliikennelakiin lisättäisiin selkeyden vuoksi tarkennus, ettei ”kärkikolmio” koskisi samansuuntaisia ajo- tai raitiovaunukaistoja, jos välissä on koroke. Kankaan mukaan asia palautuu siihen ongelmaan, että Suomessa ei ole raitiotieliikennelakia, vaan raitioteistä säädetään tieliikennelaissa.

Tieliikennelain (729/2018) liitteen 3.2 mukaan merkillä B4 Väistämivelvollisuus risteyksessä ”osoitetaan, että ajoneuvolla ja raitiovaunulla on väistettävä risteyksessä muita ajoneuvoja ja raitiovaunuja”. Lain 2 §:n määritelmän mukaan raitiovaunu ei ole ajoneuvo, sillä raitiovaunu kulkee kiskoilla.

Raitiotien tehtävä on palvella kaupunkia. Eri tyyppisillä alueilla, kuten maantiemäisessä ympäristössä tai keskustamaisessa ympäristössä voidaan priorisoida eri asioita. Pyritään suunnittelemaan reittejä, joita oikeasti noudatetaan. Ei esimerkiksi tehdä turhan pitkiä jalankulun reittejä. Jos reitit suunnitellaan liian pitkiksi tai huonoihin kohtiin, syntyy oikoreittejä. Ruotsissa ja Saksassa käytetään usein kaiteita apuna jalankulkureiteillä. Vilkaalla jalankulkureitillä Z-ylitysten odotustiloihin muodostuu helposti ruuhkaa. Raide-Jokerissa ylityspaikoille tunnusomaisella ruskealla värillä ja raitiotien symboleilla pyritään erottamaan ylityspaikat suojateistä mahdollisimman selkeästi. Myös valo-ohjatut ylityspaikat värjätään. Kaikesta muusta kaupunkiympäristöstä poikkeavan värin käyttö raitiotien erottamisessa muusta ympäristöstä on omaksuttu Bergenistä. Kankaan mukaan laskettiin sen varaan, että vaikka lumisella talvikelillä ruskea väritys ja massatut symbolit olisivat huonommin näkyvissä, ihmiset noudattavat niitä, kun ovat kesäkelin aikana niiden merkityksen oppineet. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Kangas on myös pohtinut, voitaisiinko sekaliikennehaaran suojatie ohjata osittain, eli jalankulkijat vain pysäytettäisiin punaisella valolla raitiovaunun saapuessa (VAROVA-valojen periaate). Hän pohti, kuinka suuri ongelma käytännössä olisi se, että autonkuljettaja mahdollisesti pysähtyy turhaan antamaan tietä suojatien päässä seisovalle jalankulkijalle, vaikka tälle on punainen valo. Ongelmana on, jos auto ja raitiovaunu tulevat sekaliikennekaistaa samasta suunnasta, niin ei voida näyttää punaista sekaliikennekaisalalle. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Kankaan mielestä ideaalilanteessa kiskot kulkisivat suoraan kiertoliittymän läpi niin, että ehjää kiertosaarekettä jää radan molemmin puolin. Ajoneuvoille olisi valo-ohjaus ja ne pysäytettäisiin normaalin kokoisessa kiertoliittymässä tulohaaroille, jos nopeusrajoitus on yli 30 km/h. Ajoneuvoliikennemäärien tulisi olla sellaiset, että tästä ei aiheudu ongelmaa. 30 km/h taajama-alueella jalankulkijoille ja pyöräilijöille ei välttämättä tarvittaisi valo-ohjausta. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Kangas ei osaa arvioida kiertoliittymän turvallisuutta verrattuna muihin liittymätyyppeihin raitiotien reitillä. Hän kuitenkin epäilee kiertoliittymissä tapahtuvan ainakin vähemmän vakavia onnettomuuksia kuin valo-ohjaamattomissa liittymissä. Kiertoliittymät yleensäkin vähentävät vakavia ajoneuvojen välisiä kolareita, mutta jalankulkijoiden ja varsinkin pyöräilijöiden turvallisuus saattaa muodostua ongelmalliseksi. Raitiovaunussa on usein paljon seisovia matkustajia, joten hätäjarrutus on aina riski matkustajien kannalta. Raitiovaunukuljettajan onkin ajettava hyvin ennakoiden. Linja-autolla aggressiivisempi ajotapa on mahdollinen, sillä seisovia matkustajia ei yleensä ole niin paljoa, ja he pitävät yleensä tukea jostain. Ajotapa on osin kulttuurisidonnainenkin asia. Kiertoliittymistä ei olla Raide-Jokerissa eroon pääsemässä, joten raitiotien ja kiertoliittymien yhteensovittamiseen on kehitettävä ratkaisuja. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Raide-Jokerille tehtiin näkemätarkastelut, joita ei koskaan ennen ole raitiotielle tehty. Avoimet aitojen päät Z-ylityksissä helpottavat talvikunnossapitoa, eikä odotustilasta silloin muodostu niin häkkimäistä. Jalankulku-reittien etsiminen ja kaiteiden pujotteluun keskittyminen ovat pois jalankulkijoiden liikenteeseen keskittymisestä. Raide-Jokerissa jokaisen aidan käyttö on harkittu tarkkaan. Tarvitseeko jalankulkijoita esimerkiksi estää kävelemästä sepeliradalle, joka on jalankulkijalle epämiellyttävä pintamateriaali ja ehkäisee itsessään jalankulkua. Kumpi on milloinkin kaupunkikuvallisesti parempi ratkaisu, aidat vai sepelirata. Raide-Jokerissa on joihinkin ylityspaikkoihin varattu tila led-valonauhan asennusta varten. Huomio-led-nauhaa ei kuitenkaan kannata käyttää ainakaan ennen kuin ilmenee oikeita ongelmia. Raide-Jokerissa noudatetaan pitkälti Bergenin suojatieperiaatteita, jotka tosin tulivat vasta hankesuunnittelun jälkeen vuonna 2016. Bergenissä pyritään säännöllisiin ja selkeisiin ratkaisuihin ja mahdollisimman vähään aitojen käyttöön. Erottelu perustuu väri- ja materiaalieroihin pintamateriaaleissa. Ei tarvita porrastuksia, sillä raitiotie on niin helppo erottaa muusta ympäristöstä. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

Kankaan mielestä kiertoliittymiä raitiotien reitillä ei pidä kategorisesti kieltää, mutta yleinen varovaisuusperiaate ehkä ohjaa olemaan suositamatta niitä. Katuverkolla jo olemassa olevien kiertoliittymien käyttöä tulee harkita tapauskohtaisesti. Kokonaisuuden kannalta vaikkapa se, että voitaisiin toteuttaa tonttoliittymät suuntaisliittyminä ja kiertoliittymä mahdollistaisi hallitun kääntymisen, voi tuottaa paremman ratkaisun. Raitiotiellä on se etu, että sille voidaan määrätä melko pistekohtaisia nopeusrajoituksia, esimerkiksi juuri liittymän kohdalle. Kankaan mielestä ranskalaisen suunniteluohjeen periaate pyrkimyksestä aina mahdollisimman selkeään ratkaisuun on hyvä. Faktatietoa kiertoliittymistä raitiotiellä on olemassa melko rajallisesti ranskalaisten tilastojen lisäksi. (Kangas, haastattelu, 12.5.2020)

4 POHJOISMAISET KOKEMUKSET JA KÄYTÄNNÖT

4.1 Ruotsi

Stockholms Spårvägarin Thomas Langen mukaan (haastattelu, 22.4.2020) Ruotsissa käytetään yleisesti kiertoliittymiä raitiotien reitillä. Niiden käyttöön tai suunnitteluun ei ole kansallista ohjetta tai yleistä päätöstä, millaisissa tapauksissa kiertoliittymää voidaan käyttää. Kiertoliittymiä voidaan käyttää niin suurissa kuin pienissäkin risteyksissä. Kiertoliittymä on mahdollinen liittymätyyppi, riippuen aina paikallisista olosuhteista.

Ruotsin raitiotiejärjestelmässä raitiotie kulkee kiertoliittymissä kiertosarekkeen läpi, joko suoraan tai kaartaen. Osassa kiertoliittymissä on valo-ohjaus ja osassa ei ollenkaan. Jos kiertoliittymässä ei ole valo-ohjausta, raitiovaunulla on etuajo-oikeus. Langen toimittamien esimerkkien mukaan valo-opastimet ovat tyyppillisesti kiertotilassa ennen kiskoja. Hyvä puoli

kiertoliittymän käytössä raitiotiellä Langen mukaan on se, että raitiotiehen saadaan hyvä geometria ja ajoneuvoille mahdollisuus toteuttaa U-käännös. Turvallisuus voi kuitenkin olla ongelma, kuten tilastot Ranskasta osoittavat (kappale 3.3). (Lange, haastattelu 22.4.2020)

Standardien mukaan kiertoliittymässä suositellaan olevan korkeintaan neljä haaraa, ja jokaisella haaralla yksi tulosuunnan kaista. Rambollin vertailuselvityksen mukaan ”Göteborgissa on kaksi kiertoliittymää, jossa raitiotie kulkee keskisaarekkeen läpi.” Näissä kiertoliittymissä on käytetty osittaista valo-ohjausta konfliktipisteissä. Selvityksessä viitataan SINTEF:n tutkimukseen (Rundkjøringer og kollektivtrafikkens fremkommelighet, 2006), jonka mukaan tällaisista kiertoliittymistä Göteborgissa on hyviä kokemuksia. (Ramboll, 2019a)

4.2 Tanska

Tanskan kokemuksista haastateltiin Tanskan kansallisen raitiotieyhdistyksen (letbaner.dk) puheenjohtajaa Helge Baytä. Bayn mukaan Tanskan ensimmäisen pikaraitiotien rakentamisen myötä Aarhusiin (liikennöinti aloitettiin 2017), viranomaisille tuli kiireellisesti tarve sovittaa lait ja suositukset raiteiden rakentamiseen katu ympäristöön. Tanskan oikeusministeriö korjasi tieliikennelakia ja tieosasto ryhtyi laatimaan kolmea suunnitteluohjetta, joissa esitetään suuntaviivat raitiotieiden suunnitteluun. Suunnitteluohjeita laatineet ryhmät koostuivat asiantuntijoista sekä neuvonantajista. Bay itse osallistui raitiotieristeyksiä käsittelevän ohjeistuksen tekoon. (Bay, haastattelu 30.4.2020)

Bayn mukaan (haastattelu, 30.4.2020) kansallisessa ohjeistuksessa käsitellään myös kiertoliittymiä. Siinä suositellaan olemaan rakentamatta raitiotietä kiertoliittymän läpi. Tämän takia ei ole tarvetta tarkemmille ohjeille esimerkiksi kiskojen sijoittumisesta liittymään. Suositus perustuu kokemukseen kiertoliittymien vaarallisuudesta raitiotiellä. Tanskassa ei haluttu erityisiä sääntöjä raitiovaunulle verrattuna muuhun liikenteeseen, jotta tienkäyttäjien olisi helpompi hallita ne. Bayn mukaan tieosasto tekee harvoin ehdottomia määräyksiä, ja kunnat voivatkin noudattaa tai olla noudattamatta laadittuja suunnitteluohjeita. Raitiotien rakentamista kiertoliittymän läpi siis ei ole varsinaisesti *kielletty*, mutta olisi hyvin vaikeaa saada sille hyväksyntä, sillä kaikki tiehankkeet pitää hyväksyttävä poliisilla. Kaikki kolme Tanskan raitiotiehanke (Aarhus, Aalborg ja Odense) on mukautettu ohjeen suositusten mukaisiksi, eikä niissä siksi käytetä kiertoliittymiä. Esimerkiksi kiertoliittymä Gladsaxessa muutetaan tavalliseksi valo-ohjatuksi liittymäksi. Suunnitteluohjeiden hylätyissä luonnoksissa käsiteltiin mm. pyöräteitä ja pitäisikö pyörätiet linjata omine liikennevaloineen kiertoliittymän ohitse. (Bay, haastattelu 30.4.2020)

Bayn henkilökohtainen mielipide on, ettei kiertoliittymien käyttö raitiotien reitillä ole ongelmallista nykypäivänä, kunhan muu ajoneuvoliikenne pysäytetään selkeällä valo-ohjauksella siksi aikaa, kun raitiovaunu kulkee

kiertoliittymän läpi. Käytetäänhän kiertoliittymiä raitioteilla monissa eurooppalaisissa kaupungeissa. Hän korostaa kiertoliittymän keskeistä hyvää ominaisuutta ajoneuvoliikenteen nopeustason hidastajana.

Kööpenhaminan vanhassa raitiotieverkostossa on ollut merkittäviä kiertoliittymiä, joissa Bayn tietojen mukaan raiteet kulkivat aina keskeltä kiertoliittymää. Kiertoliittymissä tapahtui vakavia onnettomuuksia, mutta niiden poistamisen sijaan raitiovaunun etuajo-oikeutta parannettiin niin, että ajoneuvojen piti aina väistää raitiovaunua, ellei liikennemerkein tai -valoin toisin ohjattu. Autoliikenteen varoittaminen opastimilla oli harvinaista 1960-luvulla. Punaisia vilkkuvia valoja käytettiin kuitenkin joissakin ajoneuvojen ja raitiovaunujen konfliktipisteissä, mutta valot olivat vaikeita havaita etenkin päivänvalossa. Tyypillisesti kiertoliittymissä tapahtui onnettomuuksia, kuten nykyäänkin, kun ajoneuvonkuljettajat eivät [kiertotilassa ajaessaan] havainneet vasemmalta tulevaa raitiovaunua keskittyessään tarkkailemaan oikealta tulevaa liikennettä, ja samalla vilkkuvat valot jäivät myös helposti huomaamatta. Pahin tunnettu onnettomuus oli törmäys bensiiniä kuljettaneen säiliöauton kanssa, joka ei onneksi syttynyt (Christmas Møllers Pladsissa Kööpenhaminassa). (Bay, haastattelu 30.4.2020)

Aarhusissa tapahtuu nykyäänkin aika ajoin törmäyksiä valo-ohjatuissa liittymissä vasemmalle kääntyvien autojen ja raitiovaunun välillä. Onnettomuudet eivät ole kuitenkaan olleet vakavia, ja ovat johtuneet ajoneuvojen punaisia päin ajamisesta tai kääntymisestä vasemmalle liittymästä, jossa se on kielletty. (Bay, haastattelu, 30.4.2020) Rambollin Tampereen kaupungille 2019 tekemän vertailuselvityksen mukaan Tanska on vasta nuori raitiotiema. Mahdollisesti tästä johtuen tanskalaisissa suunnitteluohjeissa painotetaan turvallisuutta. Aarhusissa raitiotien reitillä ei ollut kiertoliittymiä, joten niihin liittyviä ratkaisuja ei tarvinnut pohtia. (Ramboll, 2019a)

4.3 Norja

Norjalaisista käytännöistä haastateltiin Norconsult AS:n vanhempaa liikenneinsinööriä Thomas Potteria. Potterin mukaan Bergenissä ja Trondheimissa ei ole kiertoliittymiä raitiotien reitillä, mutta Oslossa on muutama. Oslon tilanne on pitkälti historiallinen perinteisen raitiotien liikennöidessä kaupungin kaduilla. Norjassa ei ole raitioteiden kiertoliittymiä käsittelevää suunnitteluohjetta, vaan liittymät suunnitellaan tapauskohtaisesti. Yleisesti ottaen Norjassa suositaan kiertoliittymiä, sillä ne vähentävät vakavia onnettomuuksia ja ovat hyvin sujuvia liittymiä kohtuullisilla liikennemäärillä. Kiertoliittymillä on pyritty tienkäyttäjien sujuvaan ja tehokkaaseen liikkumiseen. Raitiovaunulla on aina etuajo-oikeus. Joitain alueita on yritetty saada turvallisemmiksi rakentamalla kiertoliittymä valo-ohjatun liittymän sijaan. (Potter, haastattelu 26.5.2020)

Esimerkiksi Carl Bernerin aukion valo-ohjattu liittymä muutettiin 2000-luvulla neliskanttiseksi kiertoliittymäksi, jossa raitiotie kulkee neliskanttisen kiertosaarekkeen läpi. Risteys oli onnettomuusmäärien perusteella

kaupungin vaarallisin. Toimenpiteellä pyrittiin vähentämään alueen liikennettä huomattavasti ja parantamaan julkisen liikenteen saavutettavuutta. Liittymän sujuvuus on heikentynyt, ja autoilijat pyrkivät valitsemaan mieluummin toisen reitin. Liittymän liikennemäärät ovatkin tippuneet noin puoleen vuoteen 2011 mennessä. (Rusdal, 2017)

Potterin toimittamien esimerkkikuvien perusteella raitiotie kulkee kiertoliittymän läpi kaartuen ja mukaillen kadun linjausta. Kiertoliittymistä pyritään tekemään tienkäyttäjille selkeät käyttämällä valaistusta, suihkulähteitä ja merkkejä. Kiertoliittymissä ei ole valo-ohjausta, ja muu liikenne on aina väistämisvelvollinen suhteessa raitiovaunuun. (Potter, haastattelu 26.5.2020)

Kiertoliittymien huonoiksi puoliksi Potter mainitsee turvallisuuden. Hyvästänkin suunnittelusta huolimatta on tärkeää, että konfliktialueet on hyvin merkitty, valaistu ja että niissä on hyvät näkemät kaikille tienkäyttäjille. Hyvä puolena hän mainitsee kiertoliittymän sujuvuuden raitioliikenteelle, mikäli muut tienkäyttäjät noudattavat väistämisvelvollisuuttaan. Toisaalta, Potterin mukaan kiertoliittymät eivät ole sen turvattomampia kuin muutkaan alueet, joissa liikenne risteää raitiotien kanssa. Tyypillinen onnettomuus kiertoliittymässä on yhteentörmäys raitiovaunun ja auton välillä, kun autonkuljettaja ei ole onnistunut antamaan tietä raitiovaunulle. Kiertoliittymän geometrian vuoksi kolarit ovat yleensä kylkikolareita. (Potter, haastattelu 26.5.2020)

Potterin mielestä ei ole syytä kieltää kiertoliittymien käyttöä raitiotien reitillä. Niitä käytetään menestyksekkäästi esimerkiksi Ranskan, Espanjan ja Portugalin raitiotieverkoilla. Näissä maissa tosin käytetään valo-ohjausta, joka pysäyttää muun liikenteen siksi aikaa, kun raitiovaunu kulkee liittymässä. (Potter, haastattelu 26.5.2020)

Rambollin vertailuselvityksen (2019) mukaan Norjan liikennesääntöjen mukaan raitiovaunu on liikennöinnin sujuvuuden takaamiseksi etuajo-oikeutettu muihin tienkäyttäjiin nähden, paitsi valo-ohjatuissa liittymissä. Kiertoliittymässä ajavien on väistettävä kuitenkin vain kiertoliittymästä poistuvaa raitiovaunua, eli kun raitiovaunu poistuu kiertosaarekkeelta; kiertoliittymään saapuvan raitiovaunun on väistettävä kiertotilan liikennettä. Tällä poikkeuksella väistämissäännöissä on Oslotrikken AS:n mukaan pyritty säilyttämään kaiken liikenteen sujuvuus kiertoliittymässä. (Ramboll, 2019a) Kysyttäessä selvennystä tähän, Potterin mukaan raitiovaunulla on aina etuajo-oikeus, mutta ei tietenkään lupaa törmätä muuhun liikenteeseen kiertoliittymässä. Raitiovaunukuljettajan on noudatettava yleistä varovaisuutta liittymässä, vaikka muiden tienkäyttäjien kuuluukin antaa tietä myös saapuvalla raitiovaunulle. (Potter, haastattelu 26.5.2020)

Rambollin mukaan myös Oslossa pidetään hyviä näkemiä tärkeänä suunnittelun lähtökohtana. Erilaisilla pintamateriaaleilla voidaan parantaa raitiotien havaittavuutta ajoneuvonkuljettajan näkökulmasta. Teillä, joissa

raitiotie ja ajoneuvoliikenne kulkevat samassa tilassa, mm. kiertoliittymissä, voidaan käyttää raitiotiestä varoittavaa liikennemerkkiä alhaisen nopeusrajoituksen alueilla. Usein varoitusmerkin yhteydessä käytetään myös varotusvaloja. Korkeamman nopeusrajoituksen alueilla suositellaan käytettäväksi valo-ohjausta kiertoliittymissä. (Ramboll, 2019a)

Rambollin vertailuselvityksen (2019) mukaan Oslossa on kahdeksan kiertoliittymää, joissa raitiotie kulkee kiertosaarekkeen läpi. Nämä kiertoliittymät sijaitsevat 50 km/h nopeusrajoitusalueella, ja ajoneuvoliikenne on alueilla vilkasta (10 000 – 30 0000 ajon./vrk). Neljään kiertoliittymään on sijoitettu vilkkuvat varoitusvalot kiertotilaan konfliktipisteisiin. Varoitusvalot aktivoituvat raitiovaunun lähestyessä kiertoliittymää. Toisissa neljässä kiertoliittymässä ei ole mitään ennakkovaroitusta raitiotiestä. Näissä tapauksissa raitiotie kulkee vieläpä sekaliikennekaistalla muiden tienkäyttäjien kanssa yhdellä tai useammalla haaralla. (Ramboll, 2019a)

Rambollin selvityksen mukaan viranomaisten onnettomuustilastojen perusteella Oslossa ei ole tapahtunut enempää onnettomuuksia kiertoliittymissä, joissa kulkee raitiotie, kuin tavallisissa liittymissä, joissa ei kulje raitiotietä. Poliisin tietoon tulleita onnettomuuksia verrattiin ennen kiertoliittymän rakentamista ja sen jälkeen. Kaikki tutkitut liittymät olivat alun perin valo-ohjattuja liittymiä. On huomattava kuitenkin, ettei tutkimus ole tilastollisesti merkittävä tapausten määrän vuoksi. Kahdessa liittymässä oli raportoitu paljon onnettomuuksia ennen niiden kiertoliittymäksi muuttamista, mutta tällöin raitiotiehen liittyvät onnettomuudet lisääntyivät. Aiemmin liittymissä tapahtui vakaviin loukkaantumisiin ja kuolemiin johtaneita onnettomuuksia, mutta ei enää kiertoliittymäksi muuttamisen jälkeen. Oslotrikken AS on tehnyt tutkimuksen, joka sisältää kaikki omaisuusvahinkoihin johtaneet raitiotieonnettomuudet kiertoliittymissä vuosina 2005-2008. Aikavälillä rekisteröitiin 127 onnettomuutta. Kolme neljänestä onnettomuudesta tapahtui raitiovaunun poistuessa kiertoliittymästä ja neljännes sen saapuessa kiertoliittymään. (Ramboll, 2019a)

Rambollin selvityksen mukaan Bergenissä tutkittiin kiertoliittymien käyttöä raitiotien linjalla, mutta suunnitteluprosessissa päädyttiin muihin liittymätyyppeihin. Selvityksessä viitataan Swecon aineistoon (Valg av kryssløsning Minde Alle x Kanalveien, Bybanen BT4, 2016), jonka mukaan on tutkittu myös soikeaa kiertoliittymää, jossa on kolme yksikaistaista ja yksi kaksikaistainen saapumishaara. Turvallisuuden kannalta nopeustason pitäisi olla 15-20 km/h. Tällaisen kiertoliittymän kapasiteetti todettiin aamuhuipputunnin parhaaksi. Kiertoliittymässä ei kuitenkaan voitu priorisoida tulosuuntia ja suuret jalankulkijamäärät saattavat vähentää haarojen kapasiteettia. Kiertoliittymän käyttö hylättiinkin pääasiassa liittymän toimivuuden, etuajo-oikeuksien sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden olosuhteiden vuoksi. (Ramboll, 2019a)

5 MAASTOHAVAINNOINTIKOhteet INSINÖÖRINKADULLA

5.1 Perustiedot

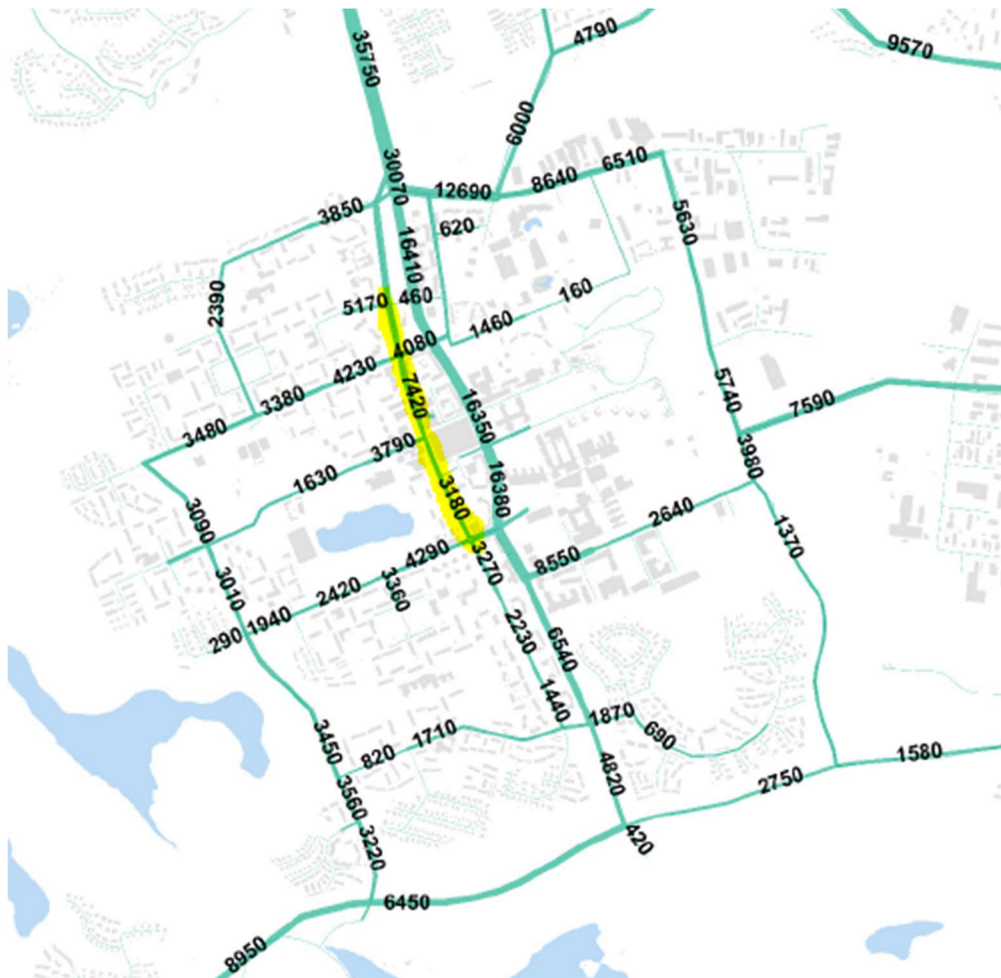
Hervannan kaupunginosassa sijaitseva Insinöörinkatu on pohjois-etelä suuntainen kaksikaistainen kokoojakatu, jonka kummallakin puolella kulkee jalkakäytävä ja pyörätie (kuva 19). Raitiotien rakentamisen yhteydessä kadun läpiajoa on rajoitettu muulta kuin joukkoliikenteeltä ja takseilta. Insinöörinkadun varrella on tiivistä kerrostaloasutusta sekä kunnallisia ja kaupallisia palveluita, mm. kirjasto, terveysasema, kauppakeskus ja ravintoloita. Hervannassa on lähes 25 000 asukasta ja Ruskon ja Hervannan teollisuusalueet mukaan lukien yli 11 000 työpaikkaa. Hervanta kasvaa voimakkaasti täydennysrakennushankkeiden ja uusien työpaikkojen myötä. (Tampereen kaupunki, 2019)



Kuva 19. Moottoriajoneuvoliikenteen väylien toiminnallinen luokitus Hervannassa. Insinöörinkatu kehystetty punaisella. (Alkuperäinen kuva: Tampereen kaupunki, 2019)

Insinöörinkadun nopeusrajoitus on 40 km/h, paitsi Hervantakeskuksen joukkoliikennepysäkkien kohdalla 30 km/h. Koko kadun nopeusrajoitusta suunnitellaan laskettavaksi 30 kilometriin tunnissa. Insinöörinkadun auto liikennemäärät vuodelta 2015 on esitetty kuvassa Kuva 20. Liikenneverkko muutosten myötä Insinöörinkadun autoliikennemäärien ennustetaan

laskevan vuoteen 2040 mennessä. Hervannan liikenneverkkosuunnitelmassa autoliikenneverkon parantamiseksi esitetään muun muassa nykyisten liittymien parantamista. (Tampereen kaupunki, 2019)



Kuva 20. Hervannan katuverkon keski vuorokausiliikennemäärät vuonna 2015. Keltaisella korostettuna kiertoliittymien välinen osuus Insinöörinkadusta. (Alkuperäinen kuva: Tampereen kaupunki, 2019)

Hervannassa on vilkas jalankulku- ja polkupyöräliikenne. Kävely- ja jalankulkuväylien laatu ei vastaa suuren käyttäjämäärän edellyttämiä ominaisuuksia, joten jalankulun ja pyöräilyn mahdollisuuksia kehitetään. Pyöräilijöitä kulkee Insinöörinkadulla keskimäärin 1000-1500 vuorokaudessa ja jalankulkijoita vilkkaimmassa kohdassa Lindforsinkadun eteläpuolella eli Hervantakeskuksen kohdalla noin 6 500 vuorokaudessa. Varsinkin pyöräliikenteeseen vaikuttaa voimakas kausivaihtelu. Insinöörinkadun kiertoliittymät ovat pyöräilyn seudullisella pääreitillä. (Tampereen kaupunki, 2019)

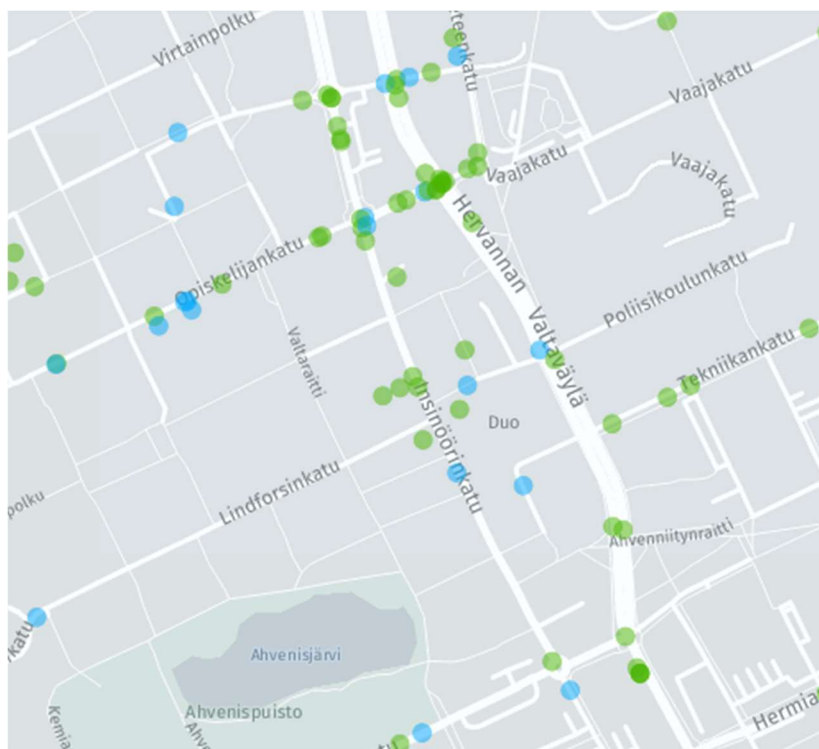
Ennen raitiotietä Hervannan joukkoliikennejärjestelmä on perustunut kattavaan bussiliikenteen tarjontaan ja hyvään palvelutasoon erityisesti keskustaan päin. Bussiliikennelinjasto uudistuu raitiotieliikenteen myötä 2021. Etenkin keskustaan päin suuntautuvat matkat tulevat tukeutumaan raitiotiehen, jota bussiliikenne syöttää. Hervannassa tavoitellaan kestävien

kulkumuotojen, ml. joukkoliikenne, osuuden nostamista 70 %:n vuoteen 2040 mennessä. Nykyään kestävien kulkumuotojen osuus on 53 %. (Tampereen kaupunki, 2019)

5.2 Onnettomuudet

Hervannassa on vuosien 2013-2017 aikana tilastoitu 258 liikenneonnettomuutta, joista 19 % johti loukkaantumiseen. Yleisimmät onnettomuustyytit olivat muu onnettomuus (28 %) ja risteämisonnettomuus (18 %). Kaikista onnettomuuksista 10 % olivat jalankulku- tai pyöräilyonnettomuuksia ja näistä 93 % johti loukkaantumiseen. Eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia tapahtui Opiskelijankadulla Valtaraitin ja Ahvenisraitin välillä sekä Opiskelijankadun ja Insinöörinkadun liittymässä. Näistä onnettomuuksista suurin osa oli jalankulku- tai pyöräilyonnettomuuksia. Alueella ei ole tapahtunut kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. (Tampereen kaupunki, 2019, s. 21)

Kuvassa Kuva 21 on esitetty tutkimuskohteessa, eli Insinöörinkadun kierto-liittymien alueella poliisin tietoon tulleet onnettomuudet vuosina 2015-2019. Henkilövahingot on merkitty karttaan sinisellä ja onnettomuudet, joissa ei tapahtunut henkilövahinkoja, vihreällä. Onnettomuuksia tapahtui 13 kappaletta, ja niiden jakautuminen onnettomuustyypeittäin esitellään taulukossa Taulukko 1. On otettava huomioon, että lievien onnettomuuksien määrä on todellisuudessa suurempi, sillä niistä kaikki eivät tule poliisin tietoon. (Tilastokeskus, 2019)



Kuva 21. Poliisin tilastoimat onnettomuudet Insinöörinkadun kierto-liittymien alueella 2015-2019. (Tilastokeskus, 2019)

Taulukko 1. Insinöörinkadun kiertoliittymissä ja niiden läheisyydessä poliisin tietoon tulleet onnettomuudet onnettomuustyypeittäin vuosina 2015-2017. (Tilastokeskus, 2019)

Jalankulkijaonnettomuus	1
Polkupyöräonnettomuus	1
Risteämisonnettomuus	3
Peräänajo	2
Kääntymisonnettomuus	2
Ohitusonnettomuus	1
Mopedionnettomuus	2
Yksittäisonnettomuus	1

5.3 Raitiotien toteutus

Insinöörinkadulla oli kaksi kiertoliittymää ennen raitiotien rakentamista, Opiskelijankadun sekä Teekkarinkadun risteyksissä. Kolmas kiertoliittymä tehtiin raitiotien rakentamisen myötä Insinöörinkadun ja Orivedenkadun risteykseen. Opinnäytetyön ohjausryhmän mukaan kiertoliittymien yhtenä tarkoituksena on toimia raitiotietä syöttävän bussiliikenteen kääntöpaikkoina joukkoliikennepysäkkien (ns. joukkoliikenneterminaalin) yhteydessä. Kiertoliittymää liittymätyyppinä raitiotien reitillä ei sen hetkisen tiedon valossa kyseenalaistettu.

Raitiotie kulkee Insinöörinkadulla pääosin samalla kaistalla ajoneuvoliikenteen kanssa eli ns. sekaliikennekaistalla. Hervantakeskuksen kohdalla sekä Orivedenkadun ja Opiskelijankadun välisillä joukkoliikennepysäkeillä raitteet ekanevat hetkeksi sekaliikennekaistalta omalle kaistalleen eri puolelle laitureita kuin linja-autot. Tarkoituksena on mahdollistaa matkustajien vaihton vaihtaminen liikennevälineestä toiseen laiturin yli. Orivedenkadun pohjoispuolella raitiotie kulkee ajoneuvoliikenteen kaistojen välissä omalla kaistallaan. Jokaisessa kolmessa kiertoliittymässä raitiovaunukiskot lävistävät kiertosaarekkeen hieman eri tavoin. Kaikissa kiertoliittymissä periaatteena on kuitenkin, että kiskot kulkevat suurin piirtein keskeltä symmetrisesti kiertosaarekkeen läpi. Jalankulkua ja pyöräliikennettä ei valo-ohjata.

Kaikissa Insinöörinkadun kiertoliittymissä ajoneuvoliikenne pysäytetään kiertoliittymän tulohaaroille käyttämällä osittaista valo-ohjausta. Kolmion muotoiset raitiovaunuvalot on sijoitettu ajoradan oikealle puolelle. Pysäytysviivat ovat yleensä noin 20 metrin päässä kiertotilan reunasta.

Kaikkien kiertoliittymien kiertosaarekkeen halkaisija on noin 16 metriä (Tampereen kaupunki, 2020c). Kiertotilan kavennukset on toteutettu nupukiveyksellä. Radan päällysmateriaalina on kiertosaarekkeessa neliskantinen harmaa betonikiveys. (Kuva 22) Kiertoliittymiin, joissa eri suuntien raitteet erkanevat toisistaan hieman (Opiskelijankadun ja Orivedenkadun

liittymät), on raiteiden väliin sijoitettu luonnonkiviä helpottamaan kiertosaarekkeen havaitsemista ja ehkäisemään sen läpiajoa.



Kuva 22. Kiertosaarekkeen päällysmateriaaleja. Teekkarinkadun kiertoliittymä, kuvattu pohjoiseen päin.

Raitiotien osittainen valo-ohjaus kiertoliittymissä on toteutettu tulohäärälle ennen suojatietä ja kiertotilaa sijoitetuilla raitiovaunuvaloilla. Niiden tarkoituksena on pysäyttää muu liikenne ja antaa raitiovaunulle esteetön kulku liittymissä.

Raitiovaunulle voi sekaliikennekadulla aiheutua viivästyksiä muun muassa seuraavissa tilanteissa:

- Kiertoliittymä on tukossa ajoneuvoista, jotka antavat tietä suojatietä tai pyörätienjatketta ylittävälle.
- Raitiovaunun edessä oleva ajoneuvo joutuu väistämään vastaan tulevaa liikennettä kääntyessään vasemmalle esimerkiksi tontille.
- Raitiovaunu tai muu ajoneuvo raitiovaunun edessä joutuu antamaan tietä suojatien ylittäjälle.
- Ajoneuvo rikkoutuu kadulle tukkien kaistan.

5.4 Orivedenkadun kiertoliittymä

Orivedenkadun kiertoliittymä on nelihaarainen kiertoliittymä Insinöörinkadun ja Orivedenkadun risteyksessä. Liittymän pohjoishaaralla raitiotie kulkee omalla kaistallaan ajoneuvokaistojen välissä. Kiertosaarekkeen läpi kulkiessaan eri suuntien raiteet erkanevat toisistaan, jolloin ne kulkevat etelähaaralla ajoneuvokaistojen ja joukkoliikennelaitureiden ulkopuolella. Ajoneuvoliikenne kulkee liittymän etelähaaralla siis raiteiden välissä. Etelähaara on joukkoliikennekatua, jolle ajo on sallittu vain linja-autoille ja takseille. Muilla liittymän haaroilla, paitsi etelähaaralla, on saarekkeet sekä

suojatiet ja pyörätien jatkeet. Pohjoishaaralla suojatie ja pyörätien jatke kulkevat vain ajoneuvokaistojen yli, sillä raiteiden yli on ylityspaikka. Etelähaaralla eri suuntaiset ajoneuvoliikenteen kaistat on erotettu sulkualueella. Insinöörinkadun länsipuolella jalkakäytävä ja pyörätie kulkevat rinnakkain valkoisella merkinnällä eroteltuna. Insinöörinkadun itäpuolella sekä Orivedenkadulla on yhdistetyt jalkakäytävät ja pyörätiet. Kiertosaarekkeen keskelle, raiteiden väliin on sijoitettu suuria luonnon kiviä helpottamaan kiertotilan havaitsemista. (Kuva 23)



Kuva 23. Orivedenkadun kiertoliittymä. Raiteet merkitty sinisellä. (Tampereen kaupunki, 2020c)

5.5 Opiskelijankadun kiertoliittymä

Opiskelijankadun kiertoliittymä on nelihaarainen kiertoliittymä Insinöörinkadun ja Opiskelijankadun risteyksessä. Liittymän pohjoishaaralla joukkoliikennekadulla raiteet kulkevat ajoneuvokaistojen ja joukkoliikennelaitureiden ulkopuolella. Kiertosaarekkeen läpi kulkiessaan eri suuntien raiteet lähenevät kulkemaan rinnakkain. Liittymän eteläpuolella raitiotie ja ajoneuvoliikenne kulkevat samalla, ns. sekaliikennekaistalla. Pohjoishaaran joukkoliikennekadulle ajo on sallittu vain linja-autoille ja takseille. Vain kiertoliittymän itä- ja länsihaaroilla on keskisaarekkeelliset suojatiet ja

pyörätien jatkeet. Pohjoishaaralla erisuuntaiset ajoneuvoliikenteen kaistat on erotettu sulkualueella ja etelähaaralla vain sulkuviivalla. Etelähaaralla sekaliikennekadun yli menevät suojatie ja pyörätien jatke. Insinöörinkadun länsipuolella ja Opiskelijankadun eteläpuolella jalkakäytävä ja pyörätie kulkevat rinnakkain valkoisella merkinnällä eroteltuna. Insinöörinkadun itäpuolella sekä Opiskelijankadun pohjoispuolella on yhdistetyt jalkakäytävä ja pyörätiet. Myös Opiskelijankadun kiertoliittymän kiertosaarekettä on tehty havaittavammaksi asettamalla suuria luonnonkiviä raiteiden väliin. (Kuva 24)

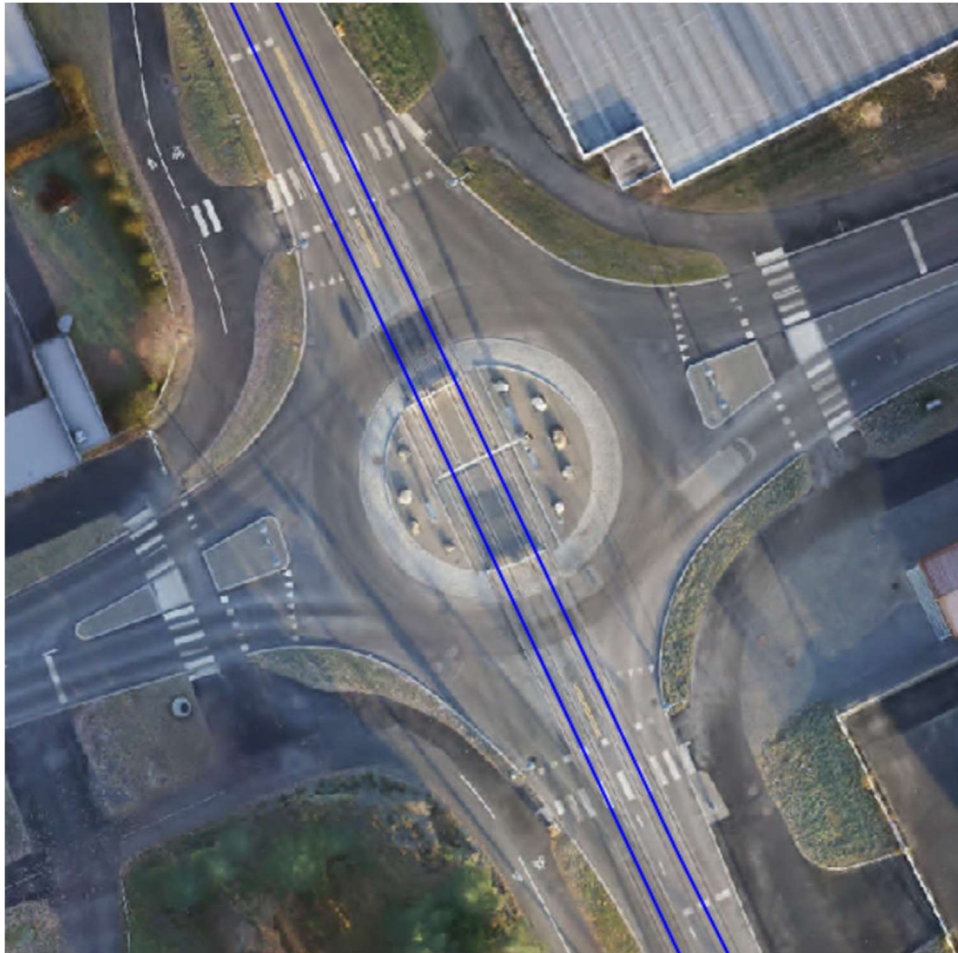


Kuva 24. Opiskelijankadun kiertoliittymä. Raiteet merkitty sinisellä. (Tampereen kaupunki, 2020c)

5.6 Teekkarinkadun kiertoliittymä

Teekkarinkadun kiertoliittymä on nelihaarainen kiertoliittymä Insinöörinkadun ja Teekkarinkadun risteyksessä. Raiteet kulkevat kiertosaarekkeen läpi suoraan lähes keskeltä. Insinöörinkatu on sekaliikennekatua liittymän pohjois- ja eteläpuolella. Liittymästä pohjoiseen käännyttäessä läpiajo on sallittu vain linja-autoille, takseille ja huoltoliikenteelle. Muille ajoneuvoille

on sallittu vain ajo tonteille. Vain kiertoliittymän itä- ja länsihaaroilla on keskisaarekkeelliset suojatiet ja pyörätien jatkeet. Pohjois- ja etelähaaroilla on sekaliikennekadun ylittävät suojatiet ja pyörätien jatkeet. Insinöörinkadun länsipuolella ja Teekkarinkadun eteläpuolella jalkakäytävä ja pyörätie kulkevat rinnakkain valkoisella merkinnällä eroteltuna. Insinöörinkadun itäpuolella sekä Teekkarinkadun pohjoispuolella on yhdistetyt jalkakäytävät ja pyörätiet. (Kuva 25)



Kuva 25. Teekkarinkadun kiertoliittymä. Raiteet merkitty sinisellä. (Tampereen kaupunki, 2020c)

Ramboll on tehnyt vuonna 2019 toimivuustarkasteluja Hermiankadun ja Insinöörinkadun risteyksen alueelle, kattaen myös Teekkarinkadun kiertoliittymän. Simulointien tulosten mukaan liikenne oli melko sujuvaa koko ilta-päivän huipputunnin ajan. Raitiovaunuliikenne aiheutti keskimäärin 8-15 sekunnin viivytyksiä kaikille tulosuunnille. Raitiovaunuliikenteellä ei ollut suurta vaikutusta kiertoliittymän tulosuuntien maksimijononpituuksiin. Teekkarinkadun itäisen tulosuunnan jono ulottui ajoittain Hervannan valtaväylän ja Teekkarinkadun valo-ohjattuun liittymään asti. Insinöörinkadun tulohaarojen jonot haittasivat välillä raitiovaunun pääsemistä kiertoliittymään. Kiertoliittymän eteläpuolella sijaitsevan Insinöörinkadun joukkoliikennepysäkin takia ajoneuvot saapuivat usein jonossa kiertoliittymään. (Ramboll, 2019b)

6 ”ENNEN” -TUTKIMUS

6.1 Toteutus

Niin sanotussa ”ennen” -tutkimuksessa selvitettiin kohteen silloinen tila ennen kuin testivaunun koeajot alkoivat 18.3.2020. Maastokäyntejä tehtiin kolmena päivänä: 28.2., 9.3. ja 16.3. hiljaisen liikenteen aikaan aamu- ja iltapäivän aikana. Kohteessa kuljettiin jalankulkijana sekä henkilöautolla ajaen.

6.2 Liikenteen sujuvuus

Insinöörinkatu muuttuu radikaalisti raitiovaunuliikenteen myötä. Raitiotien rakentamisen ja autoliikenteen rajoitusten myötä siitä tulee joukkoliikenteen runkoreitti, lisäksi se on jalankulun ja pyöräilyn pääreitti. Hervannan sisäinen autoliikenne ohjataan Insinöörinkadulta esimerkiksi Hervannan valtaväylälle. Insinöörinkatua ei ole enää sallittua ajaa päästä päähän, joten henkilöautolla kulkeminen edellyttää kiertämistä Hervannan valtaväylän tai lännessä Insinöörinkadun poikkikatujen kautta.

Maastohavainnointien perusteella autoliikenne oli lähes jatkuvaa, myös jalankulku- ja pyöräliikennettä oli melko paljon. Kaikkien kulkumuotojen liikenne sujui kuitenkin ongelmitta.

6.3 Liikenteenohjaus ja muiden järjestelyjen toteutus

Maastokäynnillä 9.3. raitiotiestä varoittavat liikennemerkkit olivat peitettyinä mustalla muovipussilla tai vastaavalla. Muovi oli kuitenkin hyvin teipattu kiinni, eikä ollut vaaraa, että se lähtisi esimerkiksi tuulessa irti. 16.3. eli kaksi päivää ennen koeajojen alkua merkit olivat jo näkyvillä.

Kiertoliittymien tulohaarojen liikennemerkkien (yleensä suojatie, väistämisvelvollisuus risteyksessä eli ns. kärkikolmio, pakollinen kiertosuunta ja kaksisuuntaisen pyörätien lisäkilpi) sijoittelussa on epäyhtenäisyyttä joutuen jokaisen kiertoliittymän erilaisesta infrasta; kiskot kulkevat jokaisen kiertoliittymän läpi hieman eri tavalla. Liikennemerkkejä on asennettu raitiovaunuvalojen pylväisiin, valo- tai johdinpylväisiin ja omiin varsiin. Raitiovaunuvalopylväisiin asennettaessa ”kärkikolmio” ja pakollisen kiertosuunnan merkki on asennettu rinnakkain, mikä on ajoneuvonkuljettajalle hyvin näkyvä ja selkeä ratkaisu. Esimerkiksi Teekkarinkadun kiertoliittymän pohjoisessa tulohaarassa merkit on asennettu em. tavalla (kuva 26). Merkeille on riittävästi tilaa, eivätkä ne estä näkyvyyttä suojatielle.



Kuva 26. Teekkarinkadun kiertoliittymä pohjoisesta saavuttaessa. Esimerkki onnistuneesta kiertoliittymän liikennemerkkien sijoittamisesta raitiovaunuvalopylvääseen.

Orivedenkadun kiertoliittymän pohjoisessa tulohaarassa kiertoliittymän liikennemerkit on sijoitettu vain ajoradan vasemmalle puolelle (kuva 27).



Kuva 27. Orivedenkadun kiertoliittymän liikennemerkit on sijoitettu vain ajoradan vasemmalle puolelle pohjoisesta Insinöörikatua pitkin saavuttaessa.

Teekkarinkadun kiertoliittymän etelä- ja itähaaran saapumissuuntien liikennemerkkit on pystytetty betoniporsaisiin liian lähelle, arviolta kahden metrin päähän raitiovaunuvalopylvään taakse. Tämän takia tietyltä etäisyydeltä katsottuna liikennemerkkit jäävät osittain raitiovaunuvalon taakse katveeseen.

Kaikkien kiertoliittymien kiertosaarekkeissa on pakollista ajosuuntaa osoittavat liikennemerkkit vain Insinöörinkadulta eli pohjois- ja etelähaaroilta saavuttaessa. Koska raitiotie kulkee Insinöörinkadun suuntaisesti, on tärkeää, että merkit ovat nimenomaan näillä suunnilla helpottamassa kiertoliittymän havaitsemista ja kiertotilan läpiajoa ehkäisemässä. Ne eivät ole välttämättömät itä- ja länsihaaroilla.

Raitiovaunuvalot ja väistämiskiiva ovat melko etäällä suojatiestä ja kiertotilasta. Pysäytyskiiva on useimmiten noin 9 metriä ennen suojatien etureunaa (Tampereen kaupunki, 2020c). Kautialan mukaan (haastattelu, 22.4.2020) Insinöörinkadun kiertoliittymät ovat sen verran pieniä, ettei niihin välttämättä tarvitse toisto-opastimia kiertotilaan ennen kiskoja.

Kiertoliittymien väistämiskiivat ovat paikoin huonokuntoisia. Väistämiskiivan näkymättömyys vaikeuttaa kiertotilan reunan havaitsemista varsinkin saarekkeettomilta pohjois- ja etelähaaroilta lähestyessä.

Maastokäyntien perusteella Teekkarinkadun kiertoliittymä on hankala havaita Insinöörinkatua autolla ajettaessa. Kuva 28 on kuvattu etelästä saavuttaessa Teekkarinkadun kiertoliittymään n. 23 metriä ennen väistämiskiivaa. Kamera oli sijoitettu henkilöauton tuulilasin yläreunaan, eli hieman korkeammalle kuin kuljettajan silmäpistekorkeus. Liittymän kohdalla on hieman pituuskaltevuutta pohjoiseen päin. Raitiovaunukiskot jatkuvat sekaliikennekaistalta hämäävästi suoraan kiertoliittymän läpi, kun ajoneuvonkuljettajan pitää ymmärtää kiertää kiertoliittymässä. Liittymän Insinöörinkadun haaroilla ei kiskojen takia ole saarekkeita, ja muotoilu tuntuukin loivalta ja avoimelta, eikä se ohjaa ajoneuvoa oikeaan suuntaan. Kiertotilan reuna on hankala hahmottaa. Lumisella talvikelillä aurauksen jälkien ja näkyvien ajourien ansiosta liittymä voi olla helpompi hahmottaa. Raiteiden kaartamisen tai muun sivuttaissiirtymän hyvä puoli kiertosaarekkeessa suoraan kulkemiseen verrattuna on, että silloin ajoneuvonkuljettajan voi olla helpompi hahmottaa liittymän muoto, eikä katu näytä jatkuvan suorana. Jos raiteet kaartavat, on myös tilaa sijoittaa kiertosaarekkeen keskelle sen havaitsemista helpottavia elementtejä. Kiinteiden rakenteiden sijoittamisessa tulee ottaa huomioon liikenneturvallisuus, ettei ajoneuvoilla ole vaarana kiillautua rakenteen ja raitiovaunun väliin törmäyksen seurauksena.



Kuva 28. Teekkarinkadun kiertoliittymä henkilöautonkuljettajan näkökulmasta.

Tieliikennelain 729/2018 (77 §) mukaan ”Etuajo-oikeus- ja väistämismerkki on sijoitettava ajoradan tai sen osan oikealle puolelle. Erityisestä syystä merkki voidaan lisäksi sijoittaa ajoradalla olevalle korokkeelle, ajoradan vasemmalle puolelle tai ajoradan yläpuolelle.” Saman lain määräysmerkkejä koskevassa säädöslaitteen kohdassa 3.4 säädetään pakollisen kiertosuunnan merkistä: ”Merkki sijoitetaan ajoradan oikealle puolelle. Merkki voidaan lisäksi sijoittaa ajoradan vasemmalle puolelle.” Orivedenkadun pohjoisen tulohaaran liikennemerkeille, suojatien merkkiä lukuun ottamatta, pitää löytää asianmukainen sijoituspaikka ajoradan oikealta puolelta. Nykyisessä paikassaan Orivedenkadun pohjoisen tulohaaran merkit velvoittavat raitiovaunua eivätkä ajoneuvoliikennettä. Raitiovaunuvalopylvään hyödyntämistä voidaan harkita tapauskohtaisesti liikennemerkkien asennuksessa, mutta tässä tapauksessa kiertoliittymän merkit tarvitsevat oman pylvään. Orivedenkadun kiertoliittymä on pohjoisesta saavuttaessa ensimmäinen Insinöörinkadun kiertoliittymistä, joten sen pitäisi korostaa liikenneympäristön muutosta.

Liikennemerkkien sijoittamisessa raitiovaunuvalopylvääseen tulee ottaa huomioon

- ettei yhteen pylvääseen tule liikaa informaatiota
- ettei merkkejä asenneta liian alas
- että sivusuunnassa jää riittävästi tilaa sekä ajoradan reunaan että mahdolliseen jalkakäytävään tai pyörätiehen
- etteivät merkit haittaa ajoneuvon kuljettajan näkemää suojatielle.

Opiskelijankadun kiertoliittymän pohjoisessa tulohaarassa on kaksi risteyksessä väistämisvelvollisuutta osoittavaa liikennemerkkiä (kuva 29). Kautialan mukaan (haastattelu, 22.4.2020) suunnittelijat ovat tarkoittaneet,

että kummatkin merkit velvoittavat vain ajoneuvoja, eivät raitiovaunua. Kuvassa vasemmanpuoleinen ”kärkikolmio” velvoittaa väistämään risteävää raitiotietä, ja kuvassa oikealla oleva kolmio kiertotilassa olevia. Oikeanpuoleinen ”kärkikolmio” on kuitenkin sijoitettu raiteiden oikealle puolelle, jolloin se koskee raitiotietä. Tilanteessa, jossa raitiovaunuvalot eivät pala, raitiovaunu joutuu täten väistämään kiertotilassa ajavia. Toisaalta, joutuu raitiovaunu samaan kiertoliittymään etelästä sekaliikennekaistaa ”kärkikolmion” takaa tullessaankin väistämään kiertotilassa ajavia, kuten myös Teekkarinkadun kiertoliittymässä. Joukkoliikenneterminaalin toisessakin päässä, eli Orivedenkadun eteläisellä tulohaaralla on vastaava tilanne. Raitiovaunun väistämismääräys on yhtenäinen kaikkien kiertoliittymien kesken, sillä kaikissa tapauksissa raitiovaunu tulee liittymään kolmion takaa osin väärin sijoitettujen väistämismääräysmerkkien takia (Orivedenkadun pohjoinen tulohaara, kuva 27), jos raitiovaunuvalot eivät ole käytössä.



Kuva 29. Opiskelijankadun kiertoliittymän pohjoisen tulohaaran liikenne-merkit.

6.4 Liikenteenohjauksen noudattaminen

Orivedenkadun ja Opiskelijankadun välisellä joukkoliikennekadulla, niin sanotussa joukkoliikenneterminaalissa (vaihtopysäkki raitiovaunun ja linja-auton välillä) tapahtui jatkuvaa laitonta läpiajtoa. Joukkoliikenneterminaaliiin Orivedenkadulta etelään kääntyttäessä sekä Opiskelijankadulta pohjoiseen kääntyttäessä on liikennemerkki moottoriajoneuvolla ajo kielletty sekä lisäkilpi ”ei koske takseja ja linja-autoja”. Lisäksi jo kyseisiin kiertoliittymiin Orivedenkadun tai Opiskelijankadun suunnista saapuessa on

joukkoliikennekadulle kääntyminen osoitettu kääntymiskielto-liikenne-merkillä ja lisäkilvellä ”ei koske takseja ja linja-autoja”. Myös joukkoliikennekadunosalla Hervantakeskuksen vaihtopysäkkien kohdalla kauppakeskus Duon edustalla Insinöörinkadulla tapahtui luvatonta läpiajoa. Tälle kadunosalle on joukkoliikenteen lisäksi liikennemerkein sallittu myös huoltoajo kummastakin suunnasta tultaessa ja tonteille ajo etelästä tultaessa. Tosin sana ”huoltoliikenne” puuttuu yhdestä lisäkilvestä etelästä tultaessa. Hervantakeskuksen läpiajokielttoa oli vaikeampi tarkkailla kiertoliittymien havainnoinnin yhteydessä, sillä se on kaukana kaikista kiertoliittymistä. Luvatonta läpiajoa tekivät yksityishenkilöt, ammattikuljettajat raskaalla kalustolla sekä muut erinäisessä työajossa olleet kuljettajat. Jotkut autoilijat epäröivät kiellettyyn suuntaan poistumista kiertoliittymästä, mutta seurasivat muiden esimerkkiä ja ajoivat sinne kieltävistä liikennemerkeistä huolimatta.

Jalankulkijat ja pyöräilijät noudattavat vaihtelevasti kulkuväylien erottelua, vaikka erottelu oli hyvin havaittavissa talvikelilläkin. Jalkakäytävä ja pyörätie kulkevat rinnakkain valkoisella merkinnällä erotettuina ja liikennemerkein osoitettuna Insinöörinkadun länsipuolella. Jalankulkijat ja pyöräilijät joutuivat välillä väistelemään toisiaan, mutta eivät silti välttämättä ymmärtäneet siirtyä kulkemaan omalle puolelleen.

Ajokielto liikennemerkkien noudattamattomuus maastossa sai pohtimaan, missä vaiheessa on ylipäänsä tarkoituksenmukaista muuttaa liikenteenohjausjärjestelyt sellaisiksi, kun niiden halutaan raitiovaunun liikennöidessä olevan? Esimerkiksi, olisiko joukkoliikennekadunosilta pitänyt kieltää autoilu vasta raitiovaunuliikenteen alkamisen myötä? Siinä tapauksessa kielto-merkkien noudattaminen voisi olla vieläkin huonompaa, sillä paikalliset eivät luultavasti tutussa ympäristössä liikkuessaan kiinnitä huomiota liikennemerkkeihin. Kun joukkoliikennekadunosilta kiellettiin muu liikenne jo raitiotien valmistuttua, tienkäyttäjillä on aikaa tottua muuttuneisiin liikennejärjestelyihin ja etsiä uusi reitti. Toisaalta, paikalliset tienkäyttäjät tietänevät, että raitiovaunu ei vielä liikennöi, joten he eivät ehkä senkään takia suhtaudu vielä tosissaan kielto-merkkeihin.

6.5 Liikenneturvallisuus

Maastokäynnin aikana eräs henkilöauton kuljettaja ajoi Teekkarinkadun kiertoliittymän läpi suoraan kiskoja pitkin etelästä pohjoiseen. Ajoneuvo eteni normaalia tasaista vauhtia liittymän läpi, joten vaikutti siltä, että teko oli tahallinen tai kuljettaja ei lainkaan ymmärtänyt ajavansa väärin. Kiertoliittymässä ei tapahtumahetkellä ollut muita.

Autojen laitton joukkoliikenneterminaalien läpiajo aiheuttaa tarpeen ohittaa ajoratapysäkillä oleva linja-auto. Ohitus tehdään sulkuviivan yli vastaantulijoiden kaistan kautta.

Jalankulkijat oikoivat etenkin Orivedenkadun kiertoliittymän ympäristössä (kuva 30). Oikomista tapahtui etelähaaran sulkualueen ylitse, sillä etelähaaran suojatie on vasta joukkoliikennepysäkin luona. Laitureille oiottiin kiskojen ylitse muualta kuin ylityspaikkojen kohdalta. Kiertoliittymien länsihaaroilla etelästä jalkakäytävää tai pyörätietä tullessa ajorataa pitkin vasten ajoneuvoliikenteen suuntaa. Lisäksi idän puoleisia raitiovaunukiskoja pitkin käveltiin Orivedenkadun ja Opiskelijankadun välillä. Jalankulkijat eivät viitsineet seurata jalankulkureittiä laiturin kautta, vaan kävelevät kiskoilla, usein selin mahdolliseen saapuvaan raitiovaunuun. Voisi olettaa, että tällainen tahallinen kiskoilla kävely loppuu säännöllisen raitiovaunuliikenteen alettua. Paikassa on hyvät näkemät ja raitiovaunupysäkki, joten ei liene suurta vaaraa, että raitiovaunu ajaisi kiskoilla kävelevän jalankulkijan päälle. Lisäksi jalankulkijat oikoivat joukkoliikennepysäkiltä Orivedenkadulle itään suljetun huoltoaseman pihan kulman läpi, sillä sitä ei oltu aidattu koko matkalta.



Kuva 30. Jalankulkijoiden oikomisreitit Orivedenkadun kiertoliittymän ympäristössä merkitty punaisella. (Taustakartta: Tampereen kaupunki, 2020c)

Autoilijat antoivat jalankulkijoille ja pyöräilijöille pääsääntöisesti esteettömän kulun kiertoliittymien suojateilla ja pyörätienjatkeilla. Insinöörinkadun ylittävät suojatiet ovat pitkäköjä, yleensä noin 10 metrisiä. Suojatiet on merkitty yleensä ajoratamerkinnoin ja ainakin yhdellä liikennemerkillä (kuva 31). Sekaliikennekaistojen ylityksissä on käytetty suojateita.



Kuva 31. Pitkähkő suojatie sekaliikennekaistojen yli, osittain kuluneet merkinnät, suojatienmerkki ei näy Insinöörinkatua ajavalle ajoneuvoille. Opiskelijankadun kiertoliittymä, kuvattu luoteeseen päin.

Jalankulkijoiden kiskojenylityspaikat on merkitty vaalean harmaalla betonikiveyksellä, jota on käytetty päällysmateriaalina muuallakin katualueella (kuva 32). Polkupyöräilijöiden ylityspaikka on tavallista asfalttia jalankulkuylityksen vieressä. Joukkoliikennepysäkkien yhteydessä ajoradan ylitse on suojatie ja kiskojen ylitse ylityspaikka. Ylityspaikkaa ja suojateitä ei ole porrastettu.



Kuva 32. Insinöörinkadun ylitys joukkoliikenneterminaalin laiturien eteläpäässä, Opiskelijankadun ja Orivedenkadun välissä. Kuvattu luoteeseen päin

Suurissa ylityspaikoissa varsinkin suojateiden yhteydessä käytettäessä on riski, että jalankulkija ei tiedosta olevansa ylityspaikalla, jossa hän on väistämismvelvollinen raitiovaunuun nähden. Opinnäytetyön ohjausryhmän kokouksessa esitettiin myös huoli siitä, että jalankulkijat eivät tiedä suojatien ja ylityspaikan eroa. Ylityspaikkojen pintamateriaaliksi voitaisiin valita vielä paremmin asfaltista erottuva materiaali. Yhtenäisen ylityksen tulisi suojatiellä Insinöörinkadun kaltaisessa ympäristössä olla enintään seitsemän metriä (Liikennevirasto, 2014). Suojateiden käyttö sekaliikennekaistoilla on perusteltua, sillä jalankulku on vilkasta. Lisäksi raitiovaunun suunniteltu vuoroväli on 7,5 minuuttia, joten se kulkee autoliikenteeseen nähden harvoin. Lisäksi Insinöörinkadulla on hyvät näkemät sekä alhainen nopeusrajoitus.

Teekkarinkadun kiertoliittymän läpiajo olisi voitu estää esimerkiksi työmaa-aidoilla, kun testiajot eivät vielä olleet alkaneet. Ohjausryhmän mukaan aikaisemmin kiskojen läpikulkuaukossa oli ollut portit.

7 TESTIVAUNUN KOEAJOT

7.1 Toteutus

Havainnointi testiajajien aikana toteutettiin kuudella maastokäynneillä: 18.-19.3., 30.3.-1.4. ja 30.4. Testejä ajettiin hiljaisen liikenteen aikaan kello 9-15. Tämän vuoksi liikennemäärien vaikutuksia kulkumuotojen sujuvuuteen ei voitu tutkia.

Osan ajasta liikenteenohjaajat turvasivat testivaunulle esteettömän kulun ja toisina ajankohtina se liikkui normaalisti muun liikenteen seassa. Kun mukana oli liikenteenohjaajia, Insinöörinkatu jaettiin osiin suurin piirtein pysäkkiväleihin, ja vaunu eteni yhden osan kerrallaan liikenteenohjaajien pysäyttäessä kaiken muun liikenteen kyseiseltä osalta. Eri päivinä testattiin hieman eri asioita, esimerkiksi raitiovaunuvalojen toimintaa tai ajamista radan nopeusrajoituksen mukaista maksiminopeutta. Testipäivinä, jolloin vaunu liikkui nopeampaa kuin kävelyvauhtia ilman liikenteenohjaajia, havainnoinnissa haasteeksi muodostui jalkaisin vaunun perässä pysyminen niin, että olisi mahdollista havainnoida monta kiertoliittymää yhden ajon aikana.

7.2 Liikenteen sujuvuus

Testivaunu liikkui katuympeiristössä ensimmäisen kerran 18.3. noin 5 km/h nopeudella hyvin kontrolloiduissa olosuhteissa muutamia kymmeniä metrejä kerrallaan (kuva 33). Ensimmäinen testipäivä kiinnosti yleisöä, ja jalkakulkijoita olikin paikalla tavallista enemmän. Muina päivinä testivaunun nopeus vaihteli reippaasta kävelyvauhdista aina nopeusrajoituksen mukaiseen 30 tai 40 kilometriin tunnissa.

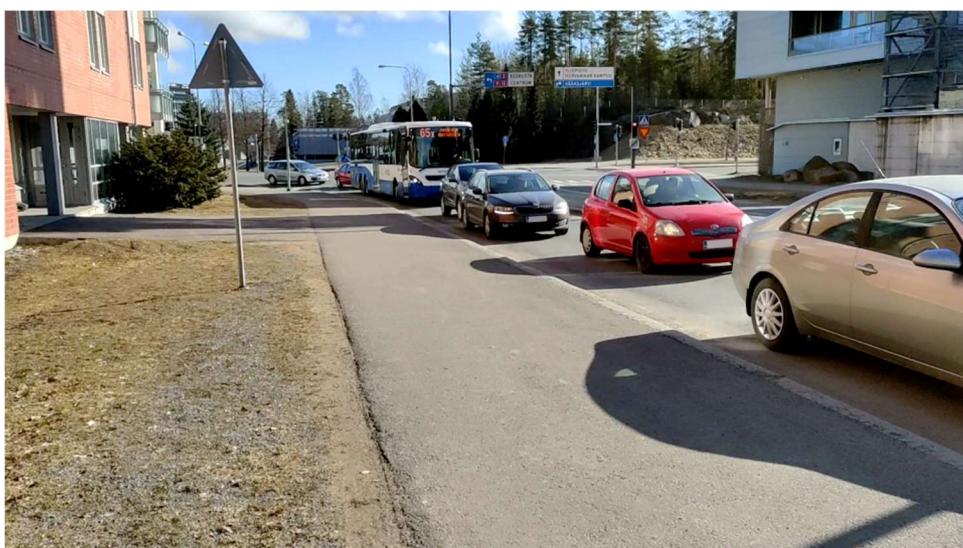


Kuva 33. Testivaunu katuverkolla ensimmäisenä testipäivänä 18.3. Opiskelijankadun kiertoliittymä, kuvattu kaakkoon päin.

Liikenteen pysäyttämiseen tarvittiin arviolta toistakymmentä liikenteenohjaajaa. He pysäyttivät Insinöörinkadulle pyrkivän autoliikenteen kiertoliittymistä, tonttiliittymistä ja parkkipaikoilta, sekä Insinöörinkadun yli pyrkivät jalankulkijat ja pyöräilijät. Kaikkina päivinä ei käytetty näin voimakasta liikenteenohjausta. Vaunun pysähdyttyä suojateiden ylitys sallittiin taas sekä autoliikenne päästettiin testivaunun ohitse, sekaliikennekaistoilla yhtä kaistaa pitkin vuorotellen kummastakin suunnasta. Liikenne pysäytettiin vain muutamiksi minuuteiksi kerrallaan eikä pahoja jonoja juurikaan muodostunut. Joukkoliikenteen sujuvuus huomioitiin siten, että saapuvan linja-auton annettiin vielä ajaa pysäytyskohdan ohitse, minkä jälkeen liikenne vasta pysäytettiin. Linja-autolinjoja oli myös siirretty poikkeusreiteille testiajojen ajaksi.

Varsinkin ensimmäisenä testipäivänä utelioiden jalankulkijoiden määrä ja oleilu pyöräteillä haittasi polkupyöräliikenteen sujuvuutta. Ajouradan vieressä seisoneet liikenteenohjaajat ihmetyttivät joitakin autoilijoita. Autoilijat saattoivat pysähtyä varmuuden vuoksi, vaikka ajo kohdan ohi oli sallittu. Jo heti toisena testipäivänä 19.3. testivaunu ajoi ilman liikenteenohjaajia kerralla koko Insinöörinkadun kiertoliittymät käsittävän osan. Hiljaisen liikenteen ansioista testivaunu pääsi liikkumaan ongelmitta, vaikka aiheuttikin ihmetystä tienkäyttäjissä.

Vakavin havaittu autoliikenteen jonoutumistilanne tapahtui 30.3. Teekkarinkadun kiertoliittymässä (kuva 34). Liikenne oli pysäytetty ja testivaunu ajoi pohjoisesta etelään päin. Teekkarinkadun itähaaralla pysäytetyn autojonon ensimmäinen auto jäi odottamaan melko kauas, noin kahden auton mitan päähän ajouradan reunassa seisesta liikenteenohjaajasta. Tämä edesauttoi sitä, että pian jonon pää yletyi Hervannan valtavyhlän liikennevaloristeykseen asti. Ilmeisesti pahemmilta vaaratilanteilta Hervannan valtavyhlällä vältyttiin.



Kuva 34. Hervannan valtavyhlälle asti ulottuva jono Teekkarinkadulla.

Toinen merkittävä jonoutumistilanne tapahtui Teekkarinkadulla 30.3. kun pysäytetty autoliikenne päästettiin liikkeelle. Hervannan valtavyhlän risteyksestä vasemmalle keskustaan päin kääntyvä liikenne jonoutti Teekkarinkadun, jolloin jonon pää oli kiertoliittymän kiertotilassa asti. Jonon pää ei kuitenkaan ulottunut ihan raitiovaunukiskoille asti, eikä testivaunun sinä päivänä enää ajanut kyseisestä kohdasta.

Raitiovaunuvalot paloivat välillä joissain liittymissä turhaan, vaikka raitiovaunu ei ollut tulossa. Punaiset valot saattoivat olla pitkätkin, joten niistä aiheutui viivästystä niitä noudattaneille autoilijoille.

Testiajopäivänä 30.4. jakeluauto oli lastaamisen ajaksi pysäköity hätävilkkut päällä Hervantakeskuksen lähellä kadun reunaan lähes kiskojen päälle niin, että se olisi estänyt raitiovaunun kulun. Tilanne tapahtui aamulla klo 9 jälkeen, joten testivaunu olisi voinut saapua milloin tahansa. Jakeluauto kuitenkin poistui ennen testivaunun saapumista.

Ensiapuna jonoutumistilanteeseen, jossa Teekkarinkadulle pysäytetyn autojonon pää ylettyi Hervannan valtavyhlän ja Teekkarinkadun valoristeykseen asti, liikenteenohjaaja olisi voinut kehottaa autojonoa lähemmäs. Tällöin Hervannan valtavyhlyä ei olisi tukkeutunut ihan niin pitkäksi aikaa. Tätä hän ei kuitenkaan huomannut tehdä.

Teekkarinkadun ja Hervannan valtavyhlän valoristeyksen autojonon ylettyminen Teekkarinkadun kiertoliittymän kiertotilaan saattaisi aiheuttaa raitiovaunulle viivästykseen. Tilannetta käsiteltiin opinnäytetyön ohjausryhmän kokouksessa, jossa mietittiin, voitaisiinko Hervannan valtavyhlän liikennevaloja säätää tai saada reagoimaan raitiovaunuvalojen ilmaisimiin niin, ettei vastaavaa tilannetta pääsisi syntymään raitiovaunuliikenteen alettua. Ohjausryhmän mukaan on myös pohdittu Teekkarinkadun ja Insinöörinkadun kiertoliittymän muuttamista tavalliseksi valo-ohjatuksi liittymäksi.

Tampereen testivaunun kuljettajien Skoda Transtechin Mika Vilppaan ja Mikael Kailaston mukaan (haastattelu, 6.5.2020) Insinöörinkadun kiertoliittymät ovat testiajojen perusteella toimivia, mutta vaativat kuljettajalta tarkkaavaisuutta. Sujuvuutta heikentää, jos autoilija on väärään aikaan kiertoliittymässä, ja raitiovaunu joutuu sen takia hidastamaan. Käytännössä on kuitenkin aina lähestyttävä kiertoliittymää varoen, sillä raitiovaunu tulee joka tapauksessa ”kärkikolmion” takaa. Kuljettajat miettivät, millaisia vaikutuksia ruuhkaliikenteellä on, menevätkö kiertotilat tukkoon.

7.3 Liikenteenohjauksen toimivuus ja noudattaminen

Kertaakaan testiajojen aikana ei havaittu ongelmia ajoneuvoliikenteen, jalkankulkijoiden tai pyöräilijöiden pysäyttämisenä. Liikenteenohjaajien pysäytyskäskyjä noudatettiin ja tienkäyttäjät suhtautuivat varovasti ja

kunnioituksella heihin. Insinöörinkadun ylitysten oltuna suljettuna yksittäisinä kertoina liikenteenohjaaja joutui varsinaisesti estämään kadun ylityksen.

Testivaunun koeajojen alkamisesta huolimatta joukkoliikennekadunosilla tapahtui laitonta läpiajoa, vaikka testivaunu seisojilla pysäkillä huomiopukuisien ihmisten ympäröimänä. Eräs autoilija oli jopa pysähtynyt joukkoliikenneterminaliin juttelemaan pysäkillä olleen henkilön kanssa. Joukkoliikenneterminaliin ajettiin jopa linja-autojen tai testivaunun perässä. Vaikka liikennemerkkejä ja raitiovaunuvaloja ei aina noudatettu, tienkäyttäjät olivat melko varovaisia testivaunun suhteen, varsinkin testiajajien ensimmäisinä päivinä.

Raitiovaunuvaloja ei käytetty liikenteen ohjaamiseen ensimmäisenä testipäivänä, sillä liikennettä ohjasivat liikenteenohjaajat. Raitiovaunuvalojen toimintaa silti testailtiin, sillä välillä valot paloivat, mikä tuntui aiheuttavan epävarmuutta autoilijoissa. Toisena testiajopäivänä, kun testivaunu liikkui ilman liikenteenohjaajia, raitiovaunuvalot olivat käytössä.

Orivedenkadun kiertoliittymässä henkilöautonkuljettaja pysähtyi oikeapoisesti raitiovaunuvalojen pysäytysviivalle. Kuljettaja ei malttanut odottaa valojen sammumista, vaan peruutti sen verran, että pääsi kääntymään viehiselle huoltoasemalle liittymässä olleiden kielletty ajosuunta -liikennemerkkin vastaisesti. Muissakin tapauksissa näitä merkkejä vasten ajettiin huoltoasemalle.

Yleisesti ottaen raitiovaunuvaloja noudatettiin huonosti. Palavat raitiovaunuvalot aiheuttavat erilaisia reaktioita autoilijoissa. Osa ajoi reagoimatta punaisia valoja päin ja osa hiljensi tai pysähtyi jo keltaisiin valoihin. Osa autoilijoista pysähtyi hetkeksi punaisiin valoihin, mutta kun raitiovaunua ei näkynyt tai se ei ollut vielä kovin lähellä, he ajoivat liittymään punaisia päin. Punaisia valoja tunnuttiin noudatettavan vasta, kun raitiovaunu oli näkyvissä tai jo lähellä. Eräs autoilija ei malttanut odottaa valojen vaihtumista, vaan peruutti sen verran, että mahtui tekemään U-käännöksen ja lähtemään toiseen suuntaan. Harvat autoilijat noudattivat valo-ohjausta, jos testivaunua ei näkynyt. Vaihtelua oli myös siinä, mihin kohtaan autoilijat jäivät odottamaan valojen vaihtumista, vaikka valojen eteen on selkeästi merkitty pysäytysviiva. Jotkut autoilijat lähestyivät raitiovaunuvaloja hyvin varovasti ja jäivät odottamaan kauas pysäytysviivasta, kun taas osa pysähtyi odottamaan vasta valo-opastimen ja kiertotilan väliin, jolloin he eivät enää nähneet opastinta. Useita kertoja autoilijat ajoivat punaisista raitiovaunuvaloista huolimatta kiertotilaan samaan aikaan testivaunun kanssa, ja joko ehtivät liittymän läpi ennen testivaunua tai joutuivat hiljentämään tai lähes pysähtymään kiertotilassa. Useimmiten autoilijat ajoivat kiertoliittymiin reagoimatta punaisiin valoihin tai hieman hiljentäen niihin. Autoilijat eivät vaikuta suhtautuvan raitiovaunuvaloihin yhtä vakavasti kuin tavalisiin liikennevaloihin.

Raitiovaunuvalot eivät toimineet aina suunnitellusti. Ne saattoivat palaa jossakin kiertoliittymässä, vaikka testivaunu oli toisaalla. Tällöin lähes kaikki autoilijat ajoivat päin punaisia, epävarmimmat katsoivat mallia muilta liittymään punaisia päin ajavilta ja uskaltautuivat sitten itsekin. Varsinkin Opiskelijankadun kiertoliittymässä oli ongelmia saada raitiovaunuvalot toimimaan oikein. Välillä Opiskelijankadun raitiovaunuvalot kytkettiin kokonaan pois päältä, ja vaunu ajoi liittymästä ilman valo-ohjausta. Opin- näytetyön ohjausryhmän kokouksissa selvisi, että Opiskelijankadun kierto- liittymän valoja ei saatu koko testiajojen aikana toimimaan oikein. Lisäksi yhdessä kojeessa oli vikaa. Muutenkaan raitiovaunuvalojen lopullista sää- tämistä ei voida tehdä testivaunulla, sillä se on lyhyempi kuin varsinainen Tampereen raitiovaunu, joten valojen ilmaisimet eivät saa oikeanlaista sig- naalia liian lyhyestä vaunusta. Välillä, jos auto ajoi liittymään reippaasti vielä juuri ja juuri kiinteillä keltaisilla valoilla, se olisi joutunut konfliktiin raitiovaunun kanssa, jos niiden reitit olisivat ristenneet. Varsinkin punaisen valon oikea ajoitus on tärkeää, vaikka liikennesääntöjen mukaan kiinteä keltainen valo jo velvoittaa pysäyttämään ajoneuvon, jos se on turvallista.

On mahdotonta sanoa, mistä joukkoliikennekatujen ajokieltomerkkien noudattamattomuus johtuu; inhimillisestä havainnointivirheestä, van- hoista tottumuksista, tietämättömyydestä vai tietoisesta noudattamatto- muudesta. Testivaunun testirupeaman loppua kohden laitton läpiajo tuntui ehkä hieman vähenevän, ainakin testien ajaksi.

Raitiovaunuvalojen turha ja satunnaisen tuntuinen palaminen on omiaan heikentämään niiden huomioarvoa ja uskottavuutta autoilijoiden keskuu- dessa. On tärkeää, että valot saadaan toimimaan suunnitellusti. Raitiovau- nuvalojen noudattamisenkin kannalta tulisi raitiovaunuvalot olla sijoitettu siten, että liittymään näkee kunnolla. Paikalliset autoilijat saattavat suhtau- tua raitiovaunuvaloihin välinpitämättömästi senkin takia, että he tietäne- vät, ettei raitiovaunu liikennöi vielä, vaan ajetaan satunnaisia testiajoja.

Tampereen testivaunun kuljettajien Skoda Transtechin Mika Vilppaan ja Mikael Kailaston mukaan (haastattelu, 6.5.2020) Insinöörinkadun kiertoliit- tymissä kuljettaja ei aina näe raitiovaunuvaloja, eikä täten voi varmistua siitä, että valot ovat toiminnassa. Jos on tiedossa, että valot eivät ole päällä, ajo ei merkittävästi eroa normaalista ajosta. Silloin raitiovaunu tulee väis- tämisvelvollisena kiertoliittymään ja kuljettaja ajaa sen mukaisesti. Vilpas ja Kailasto pohtivat, että raitiovaunuvalot ovat uusia tamperelaisille ja niitä voi olla aluksi vaikea ymmärtää. Ne tuntuvat ihmetyttävän autoilijoita. Jois- sakin Insinöörinkadun kiertoliittymissä sivukatuojen raitiovaunuvalo-opasti- met ja niiden pysäytysviivat ovat todella kaukana kiertotilasta. Kuljettajat epäilevät, etteivät ajoneuvonkuljettajat halua jäädä niin kauas tarkkaile- maan, vaan siirtyvät mieluummin odottamaan lähemmäs, jolloin he eivät näe raitiovaunuvaloa.

7.4 Liikenneturvallisuus

Jalankulkijoita ja pyöräilijöitä varoittamaan oli ensimmäisiksi testiviikoiksi pystytetty varoituskylttejä kiskot ylittävälle suojateille ja ylityspaikoille. Varoituskyltit oli jo poistettu 30.4. kun vain satunnaisia testejä enää ajettiin. Autoliikennettä varoittavat pysyvät raitiotiestä varoittavat liikennemerkkit. Etenkin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallisuutta ajatellen oli hyvä, että testivaunu päästi äänimerkin aina liikkeelle lähtiessään.

30.4. testiajojen ollessa parhaillaan käynnissä jalankulkija käveli Opiskelijankadulta pohjoiseen raiteita pitkin Insinöörinkadun itäpuolella. Testivaunu oli toisaalla tuolloin. 1.4. lumi paljasti lisää oikomista ja jalankulkijoiden käyttämiä reittejä Orivedenkadun kiertoliittymän ympäristössä ja joukkoliikennepysäkeillä. Jälkiä meni kiertoliittymän etelähaaran sulkualueen ylitse, kiskojen ylitse sekä yksittäisen polkupyörän jäljet kulkivat kiskoilla Insinöörinkadun länsipuolella. Laitureilla tai niiden korotetuissa päissä oli jalankulkijoiden, polkupyörän ja jopa yhden auton oikeanpuoleisten renkaiden jäljet.

Jalankulkijoille ei ole Insinöörinkadulla valo-ohjausta kiskojen ylittämiseen. Konflikteja tai läheltä piti -tilanteita ei havaittu testivaunun ja jalankulkijoiden tai pyöräilijöiden välillä. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden reitit eivät juurikaan ristenneet testivaunun kanssa, joten esimerkiksi suojateiden ja ylityspaikkojen toimivuutta ei pystytty havainnoimaan. Lindforsinkadun kohdalla eräs jalankulkija oli aikeissa ylittää Insinöörinkadun suojatietä pitkin, kun testivaunu oli tulossa. Vaunu näytti hiljentävän vauhtiaan, mutta jalankulkija seisahtuikin parin metrin päähän suojatiestä päästämään vauunun ensin. Testivaunun saapuessa Opiskelijankadun kiertoliittymään etelästä, Insinöörinkatua ylittämään pyrkinyt pyöräilijä jalkautui ja odotti, että vaunu oli mennyt ja talutti sen jälkeen pyörän suojatietä pitkin kadun yli.

Pari kertaa Teekkarinkadun kiertoliittymästä pohjoiseen poistumassa olleet autoilijat muuttivat ajoreittiään huomattuaan liikenteenohjaajat Hervantakeskuksella päin. Ensimmäisellä kerralla autoilija pysähtyi poistumishaaraan ja peruutti sen verran takaisin kiertotilaan, että pääsi poistumaan muuhun suuntaan. Toinen autoilija mahtui tekemään U-käännöksen Insinöörinkadun haarassa, sillä siinä ei ole saareketta, ja niin ikään palasi kiertoliittymään poistuaakseen muualle. Kummallakaan kerralla kiertoliittymässä ei ollut lähellä muuta liikennettä.

Ei havaittu kertaakaan, että testivaunu olisi joutunut pysähtymään tai merkittävästi hidastamaan väistäessään kiertotilassa olijoita, kun raitiovaunuvalot eivät olleet päällä. Tällöin testivaunu ajoi liittymään väistämismuuttolisena hiljaista vauhtia.

Eräs autoilija ajoi idästä Opiskelijankadun kiertoliittymään juuri ennen raitiovaunuvalojen vaihtumista punaiseksi. Testivaunu oli saapumassa liittymään pohjoisesta. Auto ehti juuri ennen testivaunua, joka onneksi liikkui

hitaasti ja jonka kuljettaja oli tarkkana ja päätti käyttää vaunun äänimerkkiä. Myös muissa kiertoliittymissä tuli tilanteita, joissa varotusvaloista piittaamattomat autoilijat päätyivät kiertotilaan testivaunun tai sen edellä kulkevan työkoneen kanssa samaan aikaan. Jollain kiertoliittymän haaralla autoilijat välillä pysähtyivät punaisiin valoihin, kun samaan aikaan toiselta haaralta autot ajoivat liittymään.

Hervantakeskuksen joukkoliikennepysäkillä henkilöauto ja myöhemmin myös pieni kuorma-auto ohittivat pysäkillä pohjoiseen päin seisseen linja-auton vastaan tulevien kaistaa pitkin, kun eivät jaksaneet odottaa linja-auton liikkeelle lähtemistä. Tämä on riski etenkin jalankulkijoille, sillä suojatiet ovat laiturin kummassakin päässä ja kohdassa on vilkas jalankulkuliikenne.

Tampereen testivaunun kuljettajien Vilppaan ja Kailaston mielestä (haastattelu, 6.5.2020) Insinöörinkadun kiertoliittymäratkaisussa on eroja. Opiskelijan pysäkiltä etelään lähdettäessä Opiskelijankadun kiertoliittymä on kovin lähellä ja kiertotilaan tullaan nopeasti pysäkin jälkeen. Kohdassa ajaminen vaatii kuljettajalta paljon huomiota jo ilman oikeita matkustajia-kin; ovien operointi, liikkeelle lähtö, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden ylityspaikka laiturin päässä sekä kiertoliittymä. Tässä kohdassa kuljettaja tosin pystyy näkemään raitiovaunuvalojen toiminnan. Testivaunun ohjaamosta on hyvät näkemät, joten Insinöörinkadun kiertoliittymissä ajo testivaunulla ei Vilppaan ja Kailaston mielestä tunnu turvattomalta. Heille ei ole tapahtunut testiajojen aikana läheltä piti-tilannetta kiertoliittymässä.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

8.1 Suositukset kiertoliittymien käyttöön pikaraitiotien reitillä

Johtopäätökset pohjautuvat työssä esitettyihin pohjatietoihin ja kokemuksiin sekä kokemuksiin testivaunun koeajoista kesäkuuhun 2020 mennessä. Tampereen raitiotien ensimmäisen varsinaisen raitiovaunun eli ns. protovaunun testiliikenteen myötä tullaan saamaan lisää kokemuksia mm. Insinöörinkadun kiertoliittymien toimivuudesta.

Kiertoliittymien käyttö on usein kompromissi liikenteen sujuvuuden ja turvallisuuden välillä. Valo-ohjatussa kiertoliittymässä ei teoriassa pitäisi olla ongelmia, mikäli valo-ohjaus toimii, järjestelyt ovat selkeät ja tienkäyttäjät noudattavat niitä. Käytännön toteutus, toimivuus ja ihmisten käytös liikenteessä kuitenkin aiheuttavat ongelmia.

Yhdytään liikenneturvallisuusasiantuntija Christel Kautialan näkemykseen, jonka mukaan olemassa olevien kiertoliittymien käyttöä tulee aina harkita tapauskohtaisesti kokonaisuuden sujuvuus, liikenneturvallisuus ja ympäristön erityispiirteet huomioon ottaen. Liikenneympäristö on pidettävä

mahdollisimman yksinkertaisena. Suositellaan lähtökohtaisesti olemaan rakentamatta uusia kiertoliittymiä. Jos ollaan rakentamassa neitseelliseen maastoon, ja alueella on jo esimerkiksi käytetty nelihaaraliittymiä, ei raitiotien reitille tule suunnitella kiertoliittymiä, vaan valo-ohjattu liittymä on ensisijainen vaihtoehto. Lähtökohtaisesti pitäisi välttää kiertoliittymiä raitiotien reitillä, sillä niistä tulee helposti monimutkaisia ja epätavanomaisia ratkaisuja. (Kautiala, haastattelu 2020)

Esimerkkejä erityistapauksista, joissa voi olla perusteltua rakentaa uusi kiertoliittymä

- tarvitaan käänköpaikka joukkoliikenteelle
- tarvitaan käänköpaikka raitiotien takia suuntaisliittymiksi muutettujen tonttoliittymien käyttäjille
 - liikennemäärät huomioitava.

Kautialan mielestä raitiotielle ei tule rakentaa kiertoliittymää kahden pää- tai kokoojakadun risteykseen. Mikäli kiertoliittymän käyttöön päädytään, pitää kiskojen kulkea suoraan kiertosaarekkeen läpi, ei kaartaa tai liikkuen muutenkaan sivusuunnassa. Sekaliikennekaistojen käyttöä tulee välttää viimeiseen asti, sillä ne heikentävät niin turvallisuutta kuin liikenteen sujuvuuttakin. Sekaliikennekaistalla kiskojen yli tulee käyttää suojateitä. Kiertoliittymää ei suositella pyöräilyn pääreiteille. (Kautiala, haastattelu 22.4.2020) Jalankulkijoiden ja polkupyöräilijöiden ylityspaikat tulee tiemerkinnöin, väreillä tai pintamateriaaleilla tehdä mahdollisimman hyvin muusta katu ympäristöstä ja suojateistä erottuviksi. Z-ylityksissä aitoja käytettäessä odotustilojen tulee olla avoimet (suorat aidat) ja riittävän tilavat.

Kiertoliittymän käyttö raitiotiellä edellyttää

- hyviä näkemiä
- alhaista nopeusrajoitusta
- ei liian suuria liikennemääriä
- sekaliikennekaistojen välttämistä
 - joukkoliikennekatujen käyttö harkinnan mukaan
- valo-ohjausta ajoneuvoliikenteelle
 - ajoneuvoliikenteen pysäytys joko tulohaaroille tai tapauskohtaisen harkinnan mukaan kiertotilaan
 - tarvittaessa toisto-opastimien käyttö
 - vasemmalle puolelle ajorataa, kiertotilaan tai pieni toistovalo pääopastimen vartein
 - mielellään valo-ohjaus myös jalankulkijoille ja pyöräilijöille (esim. VAROVA-valot)
 - raitiovaunun kuljettajaa pitäisi informoida valo-ohjauksen tilasta
- raitiotien ja ajoradan risteämistä kohtisuorassa
 - suositeltavaa linjata raiteet keskeltä suoraan kiertosaarekkeen läpi
- kiertoliittymän yksikaistaisuutta.

8.2 Parannusehdotukset Insinöörinkadulle

Maastokäyntien perusteella suurimmat infraan liittyvät ongelmat olivat Teekkarinkadun kiertoliittymän huono hahmotettavuus sekä varsinkin väistämisvelvollisuuksiin liittyvien liikennemerkkien sijoittelu kiertoliittymissä. Testiajojen perusteella suurimmat ongelmat Insinöörinkadulla olivat raitiovaunuvalojen ja joukkoliikennekatujen ajokieltojen noudattamattomuus. Jalankulkijoiden osalta suurin ongelma olivat oikoreitit, mistä ei maastokäyntien aikana tosin aiheutunut vaaratilanteita.

On kriittistä siirtää Orivedenkadun kiertoliittymän pohjoisen tulohaaran ajoneuvojen liikennemerkkit lain mukaisesti ajoradan oikealle puolelle mahdollisimman pian ja näin korjata ajojärjestykset tarkoituksenmukaisiksi. Selkeyden ja liikenteenohjauksen yhtenäisyyden vuoksi raitiotiellekin pitäisi osoittaa väistämisvelvollisuus. Heti kiertoliittymän jälkeen on kuitenkin pysäkki, joten vaunu ei voi kovin reippaasti kiertoliittymän läpi muutenkaan ajaa.

Orivedenkadun kiertoliittymän eteläisen haaran sulkualueen tilalle voitaisiin tehdä koroke, joka aiheuttaisi estevaikutusta jalankulkijoille ja oikominen alueen läpi voisi siten vähentyä. Lisäksi se helpottaisi kiertoliittymän muodon havaitsemista ja ohjaisi ajoneuvoja.

Opiskelijankadun ja Orivedenkadun välisen joukkoliikenneterminalin päiden väistämisvelvollisuudet ja liikennemerkkit olisi yksinkertaisinta ja tarkoituksenmukaisinta jättää nykyiselleen. Nykyisessä tilanteessa raitiovaunu on liikennemerkkien mukaan väistämisvelvollinen suhteessa kiertotilaan. On tärkeää, että väistämissäännöt ovat selkeät ja yhdenmukaiset jokaisessa kiertoliittymässä ja jokaisella haaralla. Ongelmia ei pitäisi syntyä, jos raitiovaunuvalot toimivat ja niitä noudatetaan. Jos joukkoliikenneterminalin päihin halutaan raitiovainulle etuajo-oikeus, niin raiteiden oikealla puolella olevat ”kärkikolmiot” pitää poistaa tai siirtää. Liikennemerkkipylväälle ei ole maastossa tilaa ajoradan ja raiteiden välissä. Merkkien poistaminen ja ainoastaan pakollinen kiertosuunta -merkin siirtäminen raitiovaunuvalon pylvääseen olemassa olevan ”kärkikolmion” alle voisi olla ratkaisu. Raitiovaunuvalopylväs on kuitenkin melko lyhyt kahden merkin asentamiseen päällekkäin. Tilanpuute estänee myös merkkien asentamisen rinnakkain. Pidempi raitiovaunuvalon pylväs voisi mahdollistaa kahden merkin asentamisen siihen päällekkäin. Jos raitiovaunuvalot sijoittuvat tämän seurauksena korkeammalle, on otettava huomioon niiden näkyminen pysäytysviivalle pysähtyneelle ajoneuville.

Testiajojen perusteella sekaliikennekaistan ylittävät suojatiet eivät olleet ongelmallisia. Testit ajettiin kuitenkin hiljaisen liikenteen aikaan, joten vilkkaampi liikenne ruuhka-aikaan voi tuoda esille ongelmia. Insinöörinkadulla voitaisiin mahdollisesti testata VAROVA-valoja kiskot ylittävillä suojateilla ja pyörätienjatkeilla tai ylityspaikoilla. Nämä eivät Tampereen kaupungin projektipäällikkö Mika Kulmalan näkemyksen mukaan kuitenkaan toimi

sekaliikennekadulla. Lauri Kangas puolestaan oli pohtinut VAROVA-valojen kaltaisen valo-ohjauksen käyttämistä sekaliikennekaistan ylittävillä suoja-teillä. Jos halutaan priorisoida raitiotien sujuvuutta, pitäisi ohjaamattomille suojateille pohtia ratkaisua, mikäli sujuvuusongelmia ilmenee testiliikenteen tai varsinaisen liikennöinnin alettua. Perinteiset jalankulkijoiden painonappivalot viivästyttäisivät jalankulkijoita ja niitä tuskin noudatettaisiin kovin hyvin. Myös suojateiden pituus Insinöörinkadulla puoltaa valo-ohjausta.

Maastokäyntien perusteella ei voida sanoa, ymmärtävätkö tienkäyttäjät ylityspaikan ja suojatien eron ja erottavatko jalankulkijat ne toisistaan kadulla liikkuessaan. Eroa voi korostaa esimerkiksi massaamalla raitiotien symbolit jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden ylityspaikoille, kuten Raide-Jokerissa tehdään. Jalankulkijoiden ylityspaikan voi myös tarvittaessa kivetä selvästi eri värisellä kiveyksellä, jota käytettäisiin vain ylityspaikoilla, ei muualla katutilassa.

Väliaikaiset liikennemerkkien pystytykset Teekkarinkadun kiertoliittymässä tulee korjata pysyvin ratkaisuin. Asennuksessa tulee ottaa huomioon raitiovaunuvalojen luoma katve.

Teekkarinkadun kiertoliittymää voitaisiin parantaa seuraavin keinoin:

- Kiertoliittymästä varoitava liikennemerkki etelästä saavuttaessa
- Jos mahdollista, yrittää muotoilla liittymää ajoneuvoliikennettä oikeaan suuntaan ohjaavaksi
- Parantaa kiertotilan reunan havaittavuutta pitämällä väistämisviivat hyväkuntoisina, sekä lisäämällä kontrastia tai tärinää tuovilla ratkaisuilla
- Käyttämällä kiertosaarekkeessa radan päällysmateriaalina hyvin erilaista ja erottuvaa pintamateriaalia, esimerkiksi sepeliä, eri väristä asfalttia tai kiveystä. Jos materiaali olisi hyvin epämukavaa autoilijalle, ainakaan sama autonkuljettaja ei ajaisi siitä uudelleen vahingossa läpi. Päällysmateriaalien valinnassa on huomioitava talvikunnossapito.

On seurattava, aiheutuuko Opiskelijankadun ja Teekkarinkadun kiertoliittymien lyhyestä välimatkasta Hervannan valtaväylän liikennevaloristeykseen ongelmia. Kun ajoneuvoliikenne pysäytetään ennen kiertoliittymää näille kaduille, autojonon pää ei saa ylettyä liian lähelle Hervannan valtaväylän risteyksiä. Raitiovaunuvalojen pysäytysviivalta on Hervannan valtaväylälle etäisyyttä Opiskelijankadulla noin 70 metriä ja Teekkarinkadulla vain noin 60 metriä. Mikäli jonoutumisesta aiheutuu ongelmia, sitä voitaneen yrittää ratkaista valo-ohjausta säätämällä tai siirtämällä raitiovaunuvaloja lähemmäs kiertoliittymiä. Teekkarinkadun ja Hervannan valtaväylän valoristeyksen toimintaa on myös tarkasteltava ja säädettävä, mikäli autojonon pää toistuvasti ulottuu Teekkarinkadun kiertoliittymän kiertotilaan. Myös Teekkarinkadun kiertoliittymän korvaamista tavallisella valo-ohjautulla liittymällä voitaisiin harkita.

Raitiovaunuvalojen noudattamattomuuteen voi olla muuten vaikea vaikuttaa kuin tiedotuksella ja valistamisella, mikä ei välttämättä ole kovin tehokasta. Varoitusvalojen näkyvyys on kuitenkin hyvä, eikä kovinkaan monessa tulohaarassa ole järkevää paikkaa toisto-opastimelle ajoradan vasemmalla puolella. Valo-opastimet on sijoitettu melko kauas liittymistä. Niiden sijoittelua ja asennuskorkeutta tulee mahdollisuuksien mukaan harkita uudelleen, mikäli todetaan, että valojen noudattamattomuus johtuu niiden huonosta havaittavuudesta. Mikäli opastimen havaittavuus lähellä olevasta autosta heikkenee esimerkiksi pysäytysviivan siirtämisen vuoksi, pitää harkita pienen toisto-opastimen lisäämistä pääopastimen varteen. On tärkeää, että raitiovaunukuljettaja näkee, onko valo-ohjaus kiertoliittymässä toiminnassa. Tähän olisi hyödyllistä kehittää yhdenmukainen ratkaisu Raide-Jokerin kanssa.

Sekaliikenneosuuksista ei voitane luopua Insinöörinkadulla. Liittymien toimivuutta ja tienkäyttäjien toimintaa tulisi seurata raitiovaunun liikennöinnin alettua. Osa havaituista ongelmista voi poistua tai helpottua, kun tienkäyttäjät tottuvat raitiovaunun säännölliseen liikennöintiin. Vasta säännöllisen raitiovaunuliikenteen alettua selviää esimerkiksi se, kuinka luotettavia raitiovaunuvalot ovat toiminnaltaan. Tarpeen vaatiessa on oltava valmis tekemään muutoksia liikennejärjestelyihin. Ohjausryhmä on pohtinut, saataisiinko poliisia näkymään liikenteeseen, kun liikennöinti alkaa. Esimerkiksi uusia opiskelijoita saapuu Hervantaan paljon joka vuosi, joten etenkin liikennöinnin alkuvaiheessa liikennesäännöistä tiedottamiseen kannattaa panostaa.

LÄHTEET

Besier, S. (2016). Pedestrians And Tram Tracks - Pedestrian Zones And Pedestrian Crossings. Julkaisematon luentomateriaali.

Certu & STRMTG. (2008). Giratoires et tramways Franchissement d'un carrefour giratoire. Haettu 19.5.2020 osoitteesta <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0964149.pdf>

Espoon kaupunki. (2019). Albergansesplanadi katusuunnitelma. Haettu 20.5.2020 osoitteesta <https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2019/06/Albergansesplanadi-katusuunnitelma.pdf>

Fontaine, L., Marti, C. M., Monti, F., Morley, R., Novales, M., Schmitt, D. & Teixeira, M. (2016). Use and design of safe roundabouts in Light Rail Transit (LRT) networks. Haettu 20.5.2020 osoitteesta <https://pdfs.semanticscholar.org/b22f/2d06d731e60a61dd33fd16ebd01e471f589e.pdf>

Helsingin kaupunki. (2019). Viikintie katusuunnitelma. Haettu 20.5.2020 osoitteesta <https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2019/06/Albergansesplanadi-katusuunnitelma.pdf>

Helsingin kaupunki. (2020). Raide-Jokerin kuvapankki. Haettu 14.5.2020 osoitteesta <https://helsinki.emmi.fi/l/gDJ8wQCrcQ5->

Helsingin kaupunki. (n.d.). Raide-Jokeri. Haettu 12.5.2020 osoitteesta <https://raidejokeri.info/mika-raide-jokeri/>

Kautiala, C. (2018). Raitiotien ja kiertoliittymän turvallinen yhteensovittaminen. Rambollin intranet.

Liikennevirasto. (2014). Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu. Haettu 3.3.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-11_jalankulku_pyorailyvaylien_web.pdf

Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy. (2015). Annual report on the fleet, traffic and tramway operating events. Haettu 17.5.2020 osoitteesta http://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/en/IMG/pdf/annual_report_on_the_fleet_traffic_and_tramway_operating_events_2015_v1.1_en.pdf

Raitiotieallianssi. (n.d.-a). Tampereen raitiotie. Haettu 21.4.2020 osoitteesta <https://raitiotieallianssi.fi/tampereen-raiotie/>

Raitiotieallianssi. (n.d.-b). Usein kysytyt kysymykset. Haettu 17.5.2020 osoitteesta <https://raitiotieallianssi.fi/ukk/yleinen/>

Raitiotieallianssi. (n.d.-c). Tampereen raitiotien testaus alkaa – Tampereen Ratikan testivaunu liikkuu Hervannassa maaliskuun puolivälistä alkaen Haettu 20.5.2020 osoitteesta <https://raitiotieallianssi.fi/tiedotteet/tampereen-raiotien-testaus-alkaa-tampereen-ratikan-testivaunu-liikkuu-hervannassa-maaliskuun-puolivalista-alkaen/>

Ramboll. (2019a). Raitiotie ja kiertoliittymät benchmarking. Rambollin intranet.

Ramboll. (2019b). Tampereen raitiotie Hermiankadun toimivuustarkastelut. Rambollin intranet.

Rusdal, E. H. (2017) Utskjelt firkantkjøring ble suksess. Haettu 27.5.2020 osoitteesta <https://www.dagsavisen.no/oslo/utskjelt-firkantkjoring-ble-suksess-1.1044750>

Sane, K. (2014a). Jokerivalot. Haettu 20.5.2020 osoitteesta <http://www.liikennevalot.info/tieto/jokerivalot.shtml>

Sane, K. (2014b). VAROVA-kiskoylitysvaivat. Haettu 17.5.2020 osoitteesta <http://www.liikennevalot.info/tieto/varova.shtml>

Tampereen kaupunki. (2019). Hervannan liikenneverkkosuunnitelma. Haettu 11.5.2020 osoitteesta <https://docplayer.fi/177034539-Hervannan-liikenneverkkosuunnitelma.html>

Tampereen kaupunki. (2020a). Hankkeen eteneminen ja aikataulu. Haettu 21.4.2020 osoitteesta <https://www.tampere.fi/liikenne-ja-kadut/liikenne-ja-katusuunnittelu/raitiotie/hankkeen-eteneminen-ja-aikataulu.html>

Tampereen kaupunki. (2020b). Tampereen raitiotien suunnitteluohjeluonnos. Rambollin intranet.

Tampereen kaupunki. (2020c). Tampereen karttapalvelu. Haettu 21.4.2020 osoitteesta <https://kartat.tampere.fi/oskari>

Tampereen Raitiotie Oy. (2019a). Vaunujen tekniset tiedot. Haettu 21.4.2020 osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/vaunujen-tekniset-tiedot/>

Tampereen Raitiotie Oy. (2019b). Ratikan reitti. Haettu 15.5.2020 osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/matkustaminen/ratikan-reitti/>

Tampereen Raitiotie Oy. (2020a). Liikenneturvallisuus. Haettu 28.4.2020 osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/tampereen-ratikka/liikenneturvallisuus/>

Tampereen Raitiotie Oy. (2020b). Tampereen raitiotien testaukseen Saksassa käytössä ollut raitiovaunu – varikon ja radan testit alkavat maaliskuussa. Haettu 9.5.2020 osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/tampereen-raiotien-testaukseen-saksassa-kaytossa-ollut-raitiovaunu-varikon-ja-radan-testit-alkavat-maaliskuussa/>

Tiehallinto. (2001). Tasoliittymät. Haettu 3.3.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/tasoliittymat_ohje.pdf

Tieliikennelaki 728/2018. Haettu 24.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729>

Tilastokeskus. (2019). Onnettomuudet kartalla. Haettu 11.5.2020 osoitteesta <https://mobilityanalytics.ramboll.com/onn/poliisi/>

Haastattelut

Bay, H. (2020). Tanskan kansallisen raitiotieyhdistyksen puheenjohtaja. Sähköpostihaastattelu 30.4.2020.

Hagberg, T., Nieminen, B., Polttila, M. & Syrjänen S. (2020). Liikennepäällikkö, liikennemestari sekä raitiovaunukuljettajat, HKL. Haastattelu 6.5.2020.

Kangas, L. (2020). Raitiotiesuunnittelun asiantuntija, Helsingin kaupunki. Haastattelu 12.5.2020

Kautiala, C. (2020). Liikenneturvallisuuden asiantuntija, Destia Oy. Haastattelu 22.4.2020.

Lange, T. (2020). Nordic Light Rail Associationin hallituksen jäsen, Stockholms Spårvägar AB. Sähköpostihaastattelu 22.4.2020.

Potter, T. (2020) Vanhempi liikenneinsinööri. Norconsult AS. Sähköpostihaastattelu 26.5.2020

Vilpas, M. & Kailasto, M. (2020) Raitiovaunukuljettajat, Skoda Transtech. Sähköpostihaastattelu 6.5.2020.