



Opinnäytetyö  
3/2019

Leena Karhu

# PORRASTETTUJEN LIITTYMIEN TURVALLISUUS MAANTEILLÄ





Leena Karhu

**Porrastettujen liittymien  
turvallisuus maanteillä**

Opinnäytetyö 3/2019

Väylävirasto  
Helsinki 2019

*Kannen kuva: Porrastettu liittymä (Nelostie 944, Jyväskylä).  
Kuva Google Maps -karttapalvelusta.*

Verkkojulkaisu pdf ([www.vayla.fi](http://www.vayla.fi))

ISSN      2490-1202  
ISBN      978-952-317-696-6

Väylävirasto  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelin 0295 34 3000

**Leena Karhu: Porrastettujen liittymien turvallisuus maanteillä.** Opinnäytetyö 3/2019. Väylävirasto 2019. 136 sivua ja 9 liitettä. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-696-6.

**Avainsanat:** liittymät, turvallisuus, henkilövahingot, onnettomuudet, tienkäyttäjät

## Tiivistelmä

Porrastetussa liittymässä nelihaaraliittymä on jaettu kahdeksi kolmihaaraliittymäksi. Nelihaaraliittymän porrastamista pidetään turvallisuutta edistävänä toimenpiteenä erityisesti liittymän konfliktipisteiden määren vähenemisen takia. Porrastettu liittymä voi olla porrastustavaltaan joko oikea-vasen- tai vasen-oikeaporras. Työssä tutkittiin maanteiden porrastettujen liittymien turvallisuutta tarkastelemalla porrastetuissa liittymissä tapahtuneita henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia Suomessa vuosina 2009–2017. Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon ja millaisia henkilövahinko-onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu. Tavoitteena oli saada tietoa myös suunnitteluratkaisuista ja niiden vaikutuksesta turvallisuuteen. Lisäksi haluttiin tietää, miten paljon henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille eli jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille, ja miten nämä tienkäyttäjät on huomioitu suunnitteluratkaisuissa. Näiden perustella oli tarkoitus määritellä, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä kaikille tienkäyttäjille.

Työn teoriaisuudessa tutustuttiin aihetta käsitteleviin aikaisempiin julkaisuihin ja tutkimuksiin ja tarkasteltiin porrastettujen liittymien nykyisiä suunnittelurohjeita Suomessa. Lisäksi tarkasteltiin porrastettujen liittymien suunnittelurohjeistuksia muissa Pohjoismaissa. Tutkimuksessa läpi käydyn kirjallisuuden perusteella vastaavaa tarkastelua porrastetuista liittymistä ei ollut tehty aiemmin Suomessa tai ulkomailla. Työn empiriaosuudessa aihetta tutkittiin suomalaisille ja ulkomaalaisille asiantuntijoille tehtyjen kyselyjen ja onnettomuustietojen analysoinnin kautta. Suomalaiset asiantuntijat pitivät porrastusta yleisesti ottaen hyvänen vaihtoehtona parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta. Sekä suomalaiset että ulkomaalaiset asiantuntijat pitivät oikea-vasenporrastusta parempana porrastustapana. Suomalaiset asiantuntijat pitivät suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimista tärkeänä.

185 porrastetussa liittymissä tapahtui vuosina 2009–2017 yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli vasen-oikeaporrastettuja liittymiä suurempi. Riskit kasvoivat sen mukaan mitä suurempi oli liittymään sivuteltä saapuvien ajoneuvojen osuus. Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet onnettomuudet olivat pääasiassa käänymis-, suistumis- ja peräänajo-onnettomuuksia. 30 henkilövahinko-onnettomuutta tapahtui suojaamattomille tienkäyttäjille. 80 prosentissa liittymistä suojaamattomille tienkäyttäjille ei ollut toteutettu järjestelyitä päätien risteämiseen. Suomalaisissa asiantuntjakyselyissä esille tuotujen tienkäyttäjäpalautteiden mukaan osa suojaamattomista tienkäyttäjistä kokee turvattomutta porrastetuissa liittymissä. Autoilijoiden suuret nopeudet ja havainnoinnin puute sekä liittymäalueen laajuus voivat aiheuttaa suojaamattomille tienkäyttäjille turvattomuuden tunnetta.

Tulosten perusteella porrastusväli 50–350 metriä oli porrastusväljestä turvallisin. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tulisi olla vasemmalle käänymiskaistat molemmille sivuteille käännyttääessä, mutta vasen-oikeaporrastuksissa oikealle käänymiskaistoille ei näyttäisi niinkään olevan tarvetta. Oikea-vasenporrastuksissa väistötila näytti lisäävän turvallisuutta, mutta sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tulos oli päinvastainen.

Turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä on porrastustavaltaan liikenneolosuhteisiin sopiva, siinä on tienkäyttäjien toimintaa tukevat ja turvallisuutta edistävät suunnitteluratkaisut ja sen turvallisuutta tarkastel-laan kokonaisvaltaisesti ottaen huomioon sekä objektiivinen että subjektiivinen turvallisuus. Suunnitteluratkaisuissa tulee huomioida myös suojaamattomat tienkäyttäjät. Turvallisessa porrastetussa liittymässä on selkeät väistämisvel-vollisuudet, liittymäympäristöön hyvin soveltuvat nopeudet ja hyvä näkyvyys, jotta liikenne on sujuvaa ja tienkäyttäjät havaitsevat paitsi liittymän myös toi-sensa ajoissa.

**Leena Karhu: Säkerheten i förskjutna korsningar på landsvägar.** Trafikledsverket. Helsingfors 2019. Lärdomsprov 3/2019. 136 sidor och 9 bilagor. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-696-6.

## Sammandrag

I en förskjuten korsning har en fyrvägskorsning delats in i två trevägskorsningar. Förskjutning av en fyrvägskorsning anses främja säkerheten, särskilt tack vare att antalet konfliktpunkter i korsningen minskar. En korsning kan ha höger-vänster-förskjutning eller vänster-höger-förskjutning. I arbetet undersöktes säkerheten i förskjutna korsningar genom granskning av sådana olyckor i förskjutna korsningar som lett till personskador i Finland under perioden 2009–2017. Syftet med arbetet var att utreda hur många och vilken typ av personskadeolyckor som inträffar i förskjutna korsningar. Målet var att få information om planeringslösningarna och deras inverkan på trafiksäkerheten. Dessutom önskades information om hur många personskadeolyckor som drabbar oskyddade trafikanter, det vill säga fotgängare, cyklister och mopedister, och hur dessa trafikanter beaktats i planeringslösningarna. Avsikten var att utgående från dessa uppgifter fastställa hur förskjutna korsningar på landsvägar kan göras säkra för alla trafikanter.

I teoridelen genomgås tidigare publikationer och undersökningar på temat. Också de befintliga anvisningarna i Finland för planering av förskjutna korsningar granskas. Dessutom granskas de anvisningar som ges i de övriga nordiska länderna för planering av förskjutna korsningar. Utgående från den litteratur som granskas i studien har inga motsvarande granskningar av förskjutna korsningar gjorts tidigare varken i Finland eller utomlands. I den empiriska delen utforskas ämnet med enkäter bland finska och utländska experter samt genom analys av olycksstatistik. De finska experterna ansåg i allmänhet att förskjutning är ett gott alternativ för att förbättra säkerheten i fyrvägskorsningar. Såväl de finska som de utländska experterna ansåg att en förskjutning höger-vänster är bättre. De finska experterna ansåg att det är viktigt att beakta oskyddade trafikanter.

I 185 förskjutna korsningar skedde det under åren 2009–2017 sammanlagt 133 personskadeolyckor, varav 8 med dölig utgång. Risken för personskadeolyckor var större i korsningar med förskjutning höger-vänster än korsningar med förskjutning vänster-höger. Riskerna ökade alltefter andelen fordon som anlände från sekundärvägarna. De olyckor som inträffade i förskjutna korsningar var huvudsakligen avsvängs-, avkörnings- och upphinnandeolyckor. 30 personskadeolyckor drabbade oskyddade trafikanter. I 80 procent av korsningarna hade inga arrangemang gjorts för hur oskyddade trafikanter skulle korsa primärvägen. Enligt den trafikantrespons som framkom i enkäterna bland finska experter upplever en del av de oskyddade trafikanterna att förskjutna korsningar är otrygga. Att bilister kör med höga hastigheter eller är ouppmärksamma samt att korsningen är omfattande är faktorer som kan orsaka en känsla av otrygghet bland oskyddade trafikanter.

Utgående från resultaten var ett förskjutningsintervall på 50–350 meter det säkraste. I korsningar med förskjutning höger-vänster bör det finnas vänstersvängande körfält till vardera sekundärvägen, men i förskjutningar vänster-höger verkar det inte finnas något motsvarande behov av högersvängande körfält. I förskjutningar höger-vänster verkar utrymme för väjning att öka säkerheten, medan resultatet för förskjutningar vänster-höger ändemot var det motsatta.

En förskjuten korsning som är säker för alla trafikanter på landsvägar är förskjuten på ett sätt som lämpar sig för omständigheterna, den har planeringslösningar som stöder trafikanternas aktiviteter och främjar säkerheten och dess säkerhet granskas på ett övergripande plan med beaktande av såväl objektiv som subjektiv trygghet. I planeringslösningarna måste också oskyddade trafikanter beaktas. I en trygg förskjuten korsning är väjningsplikten tydlig, hastigheterna välavpassade för förhållandena i korsningen och sikten god så att trafiken löper smidigt och trafikanterna lägger märke till såväl korsningen som varandra i tid.

**Leena Karhu: Traffic safety at staggered intersections.** Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2019. Thesis 3/2019. 136 pages and 9 appendices. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-696-6.

## Abstract

A staggered intersection is a special type of intersection, which consists of two three-leg intersections. Compared to a four-leg intersection, a staggered intersection decreases the number of conflict points. Staggered intersections can be divided into two types of intersections: left-right-staggered and right-left-staggered intersections. In this study, the traffic safety of staggered intersections on national roads was studied by examining injury accidents, which occurred at staggered intersections in Finland in 2009–2017. The aim of the study was to find out how much and what kind of injury accidents occur at staggered intersections. The purpose was also to obtain information on the traffic arrangements used in staggered intersections and how they impact on traffic safety. In addition, the aim was to answer how many injury accidents occur to vulnerable road users i.e. pedestrians, cyclists and moped riders, and how are these road users taken into account with traffic arrangements. As a result of the findings, the goal was to determine what kind of staggered intersections are safe for all road users on national roads.

In the theoretical part of the study, previous publications and studies of the topic were studied and the current Finnish road design guidelines were examined. In addition, the design guidelines in other Nordic countries were studied. Based on the literature study, similar approach and study about staggered intersections had not been made earlier in Finland or abroad. In the empirical part of the study, the subject was studied through surveys conducted on the Finnish and foreign experts and analysis of the accident data. Generally, the experts considered a staggered intersection as a good alternative to improve the safety of a four-leg intersection. The right-left staggered intersection was considered the best choice to improve the safety of a four-leg intersection. Finnish experts stated that it is important to pay attention to vulnerable road users.

In the 185 examined staggered intersections in 2009–2017 there were a total of 133 injury accidents, eight of which resulted in death. The risk of injury accidents at right-left-staggered intersection was greater than at left-right-staggered intersection. The higher the share of the vehicles entering the main road from minor roads was, the higher the risks were. The most common accidents were accidents with a turning vehicle, single vehicle accidents and rear-end collisions. Thirty injury accidents had occurred to vulnerable road users. In 80 % of staggered intersections, there were no arrangements for the vulnerable road users to cross the main road. According to the road users' feedback presented in the Finnish expert surveys, vulnerable road users experience some insecurity at staggered intersections. High speeds and lack of observation by drivers can cause insecurity for vulnerable road users.

Based on the results, the safest distance between two three-leg intersections at a staggered intersection is between 50 meters and 350 meters. It seems that right-left staggered intersections should have left turn lanes when turning to the minor roads, but there is no need for the right turn lanes at left-right staggered intersections. At right-left staggered intersections bypass lanes seemed to increase safety, but in the case of left-right staggered intersections the result was the opposite.

A safe staggered intersection for all road users considers different traffic conditions, has traffic arrangements that support road users' actions and enhance traffic safety. The safety of the staggered intersection is to be considered holistically by taking into account both objective and subjective safety. The traffic arrangements should also take into account vulnerable road users. A safe staggered intersection has clear obligation to give way and speeds that are suitable to the traffic environment, and good visibility to ensure smooth traffic flow and to enable road users to recognize the intersection and road users in good time.

## Esipuhe

Nelihaaraliittymän porrastamisessa liittymä muutetaan kahdeksi kolmihaaraliittymäksi. Toimenpiteellä pyritään nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamiseen. Nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutuksia koskevia liikenneturvallisuustutkimuksia on tehty vähän eikä niissä yleensä ole tarkasteltu vaikutuksia suojaamattomille tienkäyttäjille tai erilaisten porrastusjärjestelyjen vaikutuksia. ELY-keskuksille on viime aikoina tullut jonkin verran palautetta, jossa liittymän porrastaminen koetaan turvattomaksi etenkin jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille. Tämän työn tavoitteena oli saada edellisiin tutkimuksiin nähdä tarkempaa tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta ottaen huomioon myös jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat sekä selvittää myös porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisujen vaikutusta.

Tämän tutkimuksen on tehnyt Leena Karhu diplomityönä Tampereen yliopistossa. Työn ohjaajina olivat Väylävirastosta Ari Liimatainen ja Tampereen yliopistosta lehtori Markus Pöllänen, joka toimi myös työn tarkastajana. Työn toisena tarkastajana toimi professori Kalle Vaismaa Tampereen yliopistosta.

Helsingissä toukokuussa 2019

Väylävirasto  
Väylien suunnittelu -osasto

# Sisällysluettelo

|   |    |
|---|----|
| KUVALUETTELO .....  | 12 |
| LYHENTEET JA MERKINNÄT.....   | 14 |
| 1 JOHDANTO .....  | 16 |
| 1.1 Tutkimuksen tausta .....  | 16 |
| 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....                             | 17 |
| 1.3 Tutkimuksen rajaus.....   | 18 |
| 1.4 Tutkimuksen rakenne.....  | 19 |
| 2 TUTKIMUSMENETELMÄT.....   | 21 |
| 2.1 Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat.....                                | 21 |
| 2.2 Kirjallisuustutkimus .....  | 24 |
| 2.3 Asiantuntijakyselyt .....   | 25 |
| 2.4 Onnettomuustiedot.....  | 26 |
| 3 MAANTIET JA LIITTYMÄN PORRASTAMINEN SUOMESSA.....                               | 27 |
| 3.1 Maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet .....                                 | 27 |
| 3.2 Tasoliittymien henkilövahinko-onnettomuudet .....                             | 29 |
| 3.3 Tasoliittymätყypit .....  | 31 |
| 3.4 Porrastetun liittymän suunnitteluohejet.....                                  | 34 |
| 4 TURVALLISUUSNÄKÖKULMA PORRASTETUISSA LIITTYMISSÄ .....                          | 38 |
| 4.1 Liikenneturvallisuus ja onnettomuusmallit.....                                | 38 |
| 4.2 Porrastettujen liittymien turvallisuus .....                                  | 42 |
| 4.3 Aiemmat suomalaiset tutkimukset.....  | 50 |
| 4.4 Turvallisuuden edistäminen liittymissä.....                                   | 51 |
| 5 PORRASTETTUJEN LIITTYMIEN SUUNNITTELUOHJEISTUKSIA MUISSA<br>POHJOISMAISSA ..... | 58 |
| 5.1 Ruotsi .....  | 58 |
| 5.2 Norja .....   | 59 |
| 5.3 Tanska .....  | 59 |
| 6 ASIANTUNTIOIDEN NÄKEMYKSIÄ PORRASTETUISTA LIITTYMISTÄ .....                     | 62 |
| 6.1 Asiantuntijakyselyt .....   | 62 |
| 6.1.1 Vastaajien valinta .....  | 62 |
| 6.1.2 Kyselyjen toteutus.....   | 62 |
| 6.1.3 Kyselyaineiston analysointi .....   | 64 |
| 6.2 Suomalaisille asiantuntijoille toteutetut kyselyt.....                        | 65 |
| 6.3 Ulkomaalaisten asiantuntijoille toteutetut kyselyt.....                       | 69 |
| 6.4 Yhteenveto .....  | 71 |
| 7 HENKILÖVAHINKO-ONNETTOMUUDET PORRASTETUISSA LIITTYMISSÄ ....                    | 73 |
| 7.1 Onnettomuustiedot.....  | 73 |
| 7.1.1 Lähtöaineiston porrastetut liittymät .....                                  | 73 |
| 7.1.2 Onnettomuusaineiston kerääminen .....                                       | 76 |
| 7.1.3 Onnettomuustietojen analysointi .....                                       | 78 |
| 7.2 Onnettomuusmääräät .....  | 83 |
| 7.3 Onnettomuusasteet.....  | 84 |
| 7.4 Onnettomuusluokat .....   | 87 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 7.5     | Onnettomuustyypit .....  | 88  |
| 7.6     | Suunnitteluratkaisut.....  | 92  |
| 7.7     | Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet .....                       | 96  |
| 7.7.1   | Jalankulkijaonnettomuudet.....   | 97  |
| 7.7.2   | Polkupyöräonnettomuudet .....  | 98  |
| 7.7.3   | Mopo-onnettomuudet .....   | 100 |
| 7.7.4   | Suunnitteluratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille.....               | 101 |
| 7.8     | Liittymäkohtainen tarkastelu .....                                       | 104 |
| 8       | TULOSTEN ANALYSointi.....  | 109 |
| 8.1     | Henkilövahinko-onnettomuudet porrastetuissa liittymissä .....            | 109 |
| 8.2     | Suunnitteluratkaisujen vaikutus turvallisuuteen .....                    | 111 |
| 8.3     | Suojaamattomat tienkäyttäjät porrastetuissa liittymissä .....            | 114 |
| 8.4     | Ehdotuksia porrastettujen liittymien turvallisuuden parantamiseksi ..... | 116 |
| 8.5     | Vertailu aiempiin suomalaisiin tutkimuksiin .....                        | 120 |
| 9       | PÄÄTELMÄT .....  | 123 |
| 9.1     | Vastaukset tutkimuskysymyksiin .....                                     | 123 |
| 9.2     | Tutkimuksen arvointi.....  | 126 |
| 9.3     | Aiheita jatkotutkimuksiin .....  | 129 |
|         | LÄHTEET .....  | 131 |
|         | <b>LIITTEET</b>  |     |
| Liite A | Kysely suomalaisille asiantuntijoille                                    |     |
| Liite B | Kysely ulkomaalaisille asiantuntijoille                                  |     |
| Liite C | Onnettomuusluokan määrittely   |     |
| Liite D | Liikenneonnettomuustyyppikuvasto   |     |
| Liite E | Onnettomuuksien ajallinen tarkastelu                                     |     |
| Liite F | Porrastettujen liittymien onnettomuustyypit                              |     |
| Liite G | Päättien kanavointi  |     |
| Liite H | Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet ja suunnitteluratkaisut     |     |
| Liite I | Eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia                        |     |

## Kuvaluettelo

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Kuva 1.</b>  | <i>Tutkimuksen rakenne.....</i>  | <b>20</b> |
| <b>Kuva 2.</b>  | <i>Tutkimuksen metodologiset valinnat (muokattu lähteestä<br/>Saunders et al. 2009, s. 108). ....</i>  | <b>21</b> |
| <b>Kuva 3.</b>  | <i>Maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksien<br/>onnettomuusluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet<br/>vuosina 2009–2017 (onnettomuustiedot Tiirasta). ....</i>   | <b>27</b> |
| <b>Kuva 4.</b>  | <i>Maanteiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien<br/>onnettomuusluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet<br/>vuosina 2009–2017 (onnettomuustiedot Tiirasta). ....</i>  | <b>28</b> |
| <b>Kuva 5.</b>  | <i>Henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen (%)<br/>lähimmästä maantieliittymästä lasketun etäisyyden mukaan<br/>tieluokittain vuosina 2011–2014 (Peltola &amp; Malin 2016). ....</i>   | <b>29</b> |
| <b>Kuva 6.</b>  | <i>Tasoliittymätყypit (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001). ....</i>  | <b>32</b> |
| <b>Kuva 7.</b>  | <i>Porrastustavat (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001). ....</i>  | <b>34</b> |
| <b>Kuva 8.</b>  | <i>Vasen-oikeaporrastuksen minimiporrastusväli<br/>tasoliittymäohjeen mukaan (Tiehallinto 2001). ....</i>  | <b>36</b> |
| <b>Kuva 9.</b>  | <i>Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle käänymiskaistat<br/>rinnakkain (Tiehallinto 2001).....</i>   | <b>36</b> |
| <b>Kuva 10.</b> | <i>Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle käänymiskaistat<br/>peräkkäin (Tiehallinto 2001).....</i>  | <b>37</b> |
| <b>Kuva 11.</b> | <i>Liikennejärjestelmän kokonaisuus (muokattu lähteestä<br/>Roine &amp; Luoma 2009). ....</i>  | <b>39</b> |
| <b>Kuva 12.</b> | <i>Nelihaaraliittymän (ylhäällä) ja porrastetun liittymän<br/>(alhaalla) konfliktipisteet (muokattu lähteestä Rodgerdts<br/>et al. 2004, s. 222, FHWA 2018).....</i>   | <b>43</b> |
| <b>Kuva 13.</b> | <i>Ristiriita vasen-oikeaporrastuksessa. Sivutien 1 suunnasta tuleva<br/>tienkäyttäjä ei välttämättä havaitse, onko toiselta sivutieltä 2<br/>tuleva tienkäyttäjä käänymässä sivutielle 1 suuntaan A vai<br/>jatkamassa päätietyt suuntaan B. (Vejregler 2018). ....</i> | <b>47</b> |
| <b>Kuva 14.</b> | <i>Liittymän turvallisuusperiaatteet (muokattu lähteestä PIARC<br/>2003, s. 160). ....</i>   | <b>52</b> |
| <b>Kuva 15.</b> | <i>Oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksen<br/>vähimmäisporrastusvälit ruotsalaisen ohjeistuksen mukaan<br/>(Vägverket 2004).....</i>  | <b>58</b> |
| <b>Kuva 16.</b> | <i>Oikea-vasen-porrasstuksen liikennevalo-ohjauksen vaihekuvat<br/>(Vägverket 2004).....</i>   | <b>59</b> |
| <b>Kuva 17.</b> | <i>Vasemmalle käänymiskaistat vasen-oikea- (ylhäällä) ja oikea-<br/>vasenporrastuksessa (alhaalla) (Vejregler 2018). ....</i>  | <b>60</b> |
| <b>Kuva 18.</b> | <i>Vasen-oikeaporraستetun liittymän vasemmalle käänymiskaistat<br/>peräkkäin (vasemmalla) ja rinnakkain (oikealla) tanskalaisen<br/>suunnitteluoheen mukaan (Vejregler 2018). ....</i>   | <b>61</b> |
| <b>Kuva 19.</b> | <i>Maapähkinäliittymä Ranskassa (kuva Google Maps). ....</i>   | <b>69</b> |
| <b>Kuva 20.</b> | <i>Porrastetun liittymän solmupisteet (taustakartta Tiemappi). ....</i>  | <b>74</b> |
| <b>Kuva 21.</b> | <i>Porrastun liittymän liittymäalue (taustakartta Tiemappi). ....</i>  | <b>75</b> |
| <b>Kuva 22.</b> | <i>Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pienempään liittymään,<br/>eikä tarkasteltavaan porrastettuun liittymään (kuva Google<br/>Maps).....</i>  | <b>77</b> |
| <b>Kuva 23.</b> | <i>Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pihaan käänymiseen ja<br/>pienempään liittymään, eikä tarkasteltavaan porrastettuun<br/>liittymään (kuva Google Maps). ....</i>   | <b>78</b> |

---

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Kuva 24. | <i>Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettamuksien määrit (kpl) ja sijainti pää- ja sivutien mukaan oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksissa vuosina 2009–2017.</i> .....  | 84  |
| Kuva 25. | <i>Porrastettujen liittymien onnettamuusmäärit (kpl) jaettuna onnettamuustyyppikuvaston pääryhmittään vuosina 2009–2017.</i> .....  | 89  |
| Kuva 26. | <i>Jalankulkija ylittää päätieltä sattumanvaraisesta kohtaa ja sivuileltä päätielle kääntyvä ajoneuvo törmää häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa jalankulkijaa ja punainen autoa.</i> .....   | 97  |
| Kuva 27. | <i>Pyöräilijä pyöräilee päätienvälinen reunassa ja käännyy takana tulevan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.</i> .....   | 98  |
| Kuva 28. | <i>Pyöräilijä ohittaa sivutietä päätienvälinen suuntainen sivuileltä kääntyvä auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvan liittymässä tapahtui kaksi vastaavaa tapausta. Liittymässä ei ole järjestelyistä suojaamattomille tienkäyttäjille. Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.</i> .....  | 99  |
| Kuva 29. | <i>Pyöräilijä ylittämässä sivutietä päätienvälinen suuntainen pyörätiellä päätieltä kääntyvä auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa. Kuvan liittymässä samassa kohtaa tapahtui myös vastaava mopo-onnettamuus. Erona oli, että mopoilija oli ajamassa mopoilijoille sallittua pyörätietä päätienvälinen suuntainen sivuileltä kääntyvä auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa mopoilijaa ja punainen autoa.</i> ..... | 100 |
| Kuva 30. | <i>Mopoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta vaan oli käännytynyt päätieltä ajavan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa mopoilijaa ja punainen autoa.</i> .....  | 101 |
| Kuva 31. | <i>Alikulku ja mopoilijoille sallittu pyörätie porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).</i> .....  | 102 |
| Kuva 32. | <i>Keskisaareke sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).</i> .....  | 102 |
| Kuva 33. | <i>Suojatie tai pyöräilyväylän jatke ilman saareketta sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).</i> .....  | 102 |
| Kuva 34. | <i>Suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyt päätienvälinen suuntainen sivuileltä kääntyvä auton törmätessä häneen (kuva Google Maps).</i> .....   | 103 |
| Kuva 35. | <i>Suojaamattomien tienkäyttäjien paikka porrastetuissa liittymissä (n=185).</i> .....  | 103 |
| Kuva 36. | <i>Oikea-vasenporrastettu liittymä Hämeentie 28, Tuusula (kuva Google Maps).</i> .....  | 105 |
| Kuva 37. | <i>Oikea-vasenporrastettu liittymä Laihiantie 171, Mustasaari (kuva Karttapaikka).</i> .....  | 106 |
| Kuva 38. | <i>Oikea-vasenporrastettu liittymä Helsingintie 1390, Lapinjärvi (kuva Google Maps).</i> .....  | 106 |
| Kuva 39. | <i>Vasen-oikeaporrastuksissa liittymä Munsalan valtatie (Vt8 1388), Uusikaarlepyy (kuva Google Maps).</i> .....   | 107 |
| Kuva 40. | <i>Vasen-oikeaporrastuksissa liittymä Nelostie 944, Jyväskylä (kuva Google Maps).</i> .....   | 108 |

## Lyhenteet ja merkinnät

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Ajoneuvoliikenteen onnettomuudet      | Tutkimuksessa käytetty termi, jota on käytetty kuvaamaan kaikkia muita kuin suojaamattomille tienkäyttäjille (jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat) tapahtuneita onnettomuuksia.   |
| ELY-keskus                            | Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, joka hoitaa valtionhallinnon toimeenpano- ja kehitystehäviä alueellisesti. ELY-keskukset vastaavat Väyläviraston ohjaamina maantieliikenteen sujuvudesta ja turvallisuudesta alueillaan hoitaen maanteiden tienpitoa, kuten teiden hoitoa ja kunnossapitoa ja parantamista.  |
| Henkilövahinkoonnettomuus             | Kuolemaan ja/tai loukkaantumiseen johtanut onnettomuus.  |
| Jalankulkija-onnettomuus              | Onnettomuus, jossa osallisena ajoneuvon lisäksi jalankulkija.  |
| Kuolemaan johtanut onnettomuus        | Onnettomuus, jonka seurauksena vähintään yksi henkilö on kuollut 30 vrk kuluessa onnettomuuden tapahtumisesta.   |
| KVL                                   | Keskivuorokausiliikenne, joka tarkoittaa vuoden kaikkien päivien liikennemäärien summaa jaettuna vuodessa olevien päivien lukumäärällä. Yksikkö: ajoneuvoa/vrk eli ajon./vrk   |
| Liikennevirasto                       | Vuosina 2010–2018 toiminut virasto, joka vastasi valtion tie- ja rataverkosta, vesiväylistä ja niiden kehittämisestä sekä maankäytön yhteensovittamisesta. Väyliin liittyvät toiminnot siirtyivät vuoden 2019 alussa aloittaneeseen Väylävirastoon, ks. Väylävirasto. Liikenneviraston muut tehtävät, jotka eivät suoranaisesti liityneet väylänpitoon siirrettiin puolestaan Liikenne- ja viestintävirasto Traficomiin. Liikenteenohjaus- ja hallintopalvelut siirrettiin valtion erityistehtävyyhtiöön nimeltä Traffic Management Finland. |
| Loukkaantumiseen johtanut onnettomuus | Onnettomuus, jonka seurauksena kukaan ei ole kuollut, mutta vähintään yksi henkilö on loukkaantunut.   |
| LVM                                   | Liikenne- ja viestintäministeriö, joka vastaa liikenne- ja viestintäpolitiikan valmistelusta ja toimenpanosta sekä hallinnonalan virastojen ja laitosten ohjauksesta.  |
| Mopo-onnettomuus                      | Onnettomuus, jossa osallisena mopo. Ei sisällä jalankulkija- eikä polkupyöräonnettomuuksia.  |

---

|  |  |
|--|--|
| Onnettomuusaste                              | Liikenneturvallisuustarkastelussa käytetty suhde-luku, joka kuvaaa tässä tutkimuksessa onnetto-muksien lukumäärää suhteessa liittymään saa-puvien ajoneuvojen määrään. Onnettomuusasteen yksikkö on onnettomuuksien määrä miljoonaa liit-tymään saapuvaa ajoneuva kohden (onn./milj.ajon.) Yksikkönä voidaan käyttää myös onnettomuuksien määrää 100 miljoonaa liittymään saapuvaa ajoneuva kohti (onn./100 milj.ajon.). |
| Polkupyöräonnettomuus                        | Onnettomuus, jossa osallisena polkupyörä. Ei si-sällä jalankulkijaonnettomuuksia.  |
| Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet | Jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuu-det  |
| Suojaamaton tienkäyttäjä                     | Jalankulkija, pyöräilijä tai mopoilija.  |
| Tiehallinto                                  | Vuosina 2001–2009 lienne- ja viestintäministe-riön alaisuudessa toiminut virasto, joka vastasi maanteiden ylläpidosta ja kehittämisestä sekä tar-josi erilaisia liikenteen tietopalveluita. Tiehallinnon keskushallinto yhdistettiin vuoden 2010 alussa aloittaneeseen Liikennevirastoon ja tiepiirit yhdeksi sääni ELY-keskukseen. Ks. Liikennevirasto.   |
| Tiemappi                                     | Peruskarttakäytöliittymä Väyläviraston sisäisille ja ulkoisille sidosryhmille.   |
| Tierekisteri                                 | Tietokanta, joka sisältää tietoa Väyläviraston vastuulla olevista maanteistä sekä niiden liiken-teestä.  |
| Tiira  | Väyläviraston ylläpitämä tienpitoon liittyvä tieto-palvelu, jossa on saatavilla tietoa onnettomuu-kista, tiestöstä ja liikenteestä.  |
| Väylävirasto                                 | Väylävirasto eli Väylä on Suomen valtion virasto, joka toimii lienne- ja viestintäministeriön hallin-nonalla vastaten valtion tieverkon, rautateiden ja vesiväylien kehittämisestä ja kunnossapidosta sekä maankäytön yhteensovittamisesta. Vuoteen 2018 kyseiset tehtävät olivat Liikenneviraston vas-tuulla, ks. Liikennevirasto.  |

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tässä työssä tutkitaan porrastettujen liittymien turvallisuutta maanteillä. Porrastetussa liittymässä nelihaaraliittymä on jaettu kahdeksi kolmihaaraliittymäksi ja toimenpidettä kutsutaan nelihaaraliittymän porrastamiseksi. Toimenpiteellä tähdätään nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamiseen. Nelihaaraliittymien porrastamista pidetään kustannustehokkaana toimenpiteenä liikeneturvallisuuden parantamiseksi maanteillä ja tällaisia liittymämuutoksia on tehty Suomessa useita (ELY 2018). ELY-keskuksille on tullut tästä toimenpiteestä kuitenkin myös negatiivista palautetta. Osassa palautteista liittymät koeataan vaarallisina erityisesti jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille.

Porrastettujen liittymien turvallisuutta on tarkasteltu Suomessa aiemmin Kulmalan (1995) väitöskirjassa ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa Maanteiden tasoliittymien turvallisuus. Tutkimuksissa on tarkasteltu maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmääriä ja riskejä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien ja kuolleiden osalta. Tarkastelussa on otettu huomioon kaikki tienkäyttäjät yhtenä ryhmänä. Tutkimuksissa ei ole tarkasteltu sitä, miten paljon tai millaisia onnettomuuksia tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille eli jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille.

Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksen mukaan vasen-oikeaporastuksissa henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski näyttää olevan selvästi pienempi kuin oikea-vasenporrastuksissa. Kuoleman riskin osalta tilanne on päinvastainen. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riskit ovat sitä suurempia, mitä suurempi on liittymään sivuteiltä saapuvien autojen osuus. (Peltola & Malin 2016) Aiemmat suomalaiset tutkimukset evät kuitenkaan kerro, minkä tyypisiä onnettomuuksia tienkäyttäjille sattuu, mikä on porrastuksen paras toteutustapa ja miten turvallisuutta voitaisiin parantaa. Tutkimustietoa ei myöskään ole porrastetuissa liittymissä toteutetuista suunnitteluratkaisuista, millaisia ne ovat ja miten ne vaikuttavat porrastetun liittymän turvallisuuteen.

Aiemmat tutkimukset porrastettujen liittymien turvallisuudesta eivät juurikaan kerro, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä, ja mitä asioita porrastettujen liittymien suunnittelussa tulisi huomioida, joten aihetta on syytä tutkia. Aihe on ajankohtainen myös jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden osalta saadun palautteen vuoksi. Mielenkiintoista on tietää, tapahtuuko porrastetuissa liittymissä onnettomuuksia ajoneuvojen kuljettajien lisäksi myös jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille, ja millaisia suunnitteluratkaisuja on tehty suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimiseksi vai onko näitä ylipäätään huomioitu. Suunnitteluoheissa ei ole käsitelty erityisiä järjestelyitä jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden turvallisuuden edistämiseksi porrastetuissa liittymissä. Liikenneviraston (2014) Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu -ohjeessa porrastettuja liittymiä on sivuttu jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden osalta vain toteamalla, että nelihaararisteyks voidaan porrastaa ja syntyneiden kahden kolmihaaraliittymän välisiin voidaan sijoittaa alikulku. Myös Tiehallinnon (2001) tasoliittymäohjeessa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden osalta järjeslytinä on mainittu vain alikulku.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on saada edellisiin tutkimuksiin nähdien tarkempaa tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta ottaen huomioon myös jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat ja näiden tienkäyttäjäryhmien osuus porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksissa. Tutkimuksen tavoitteena on, että etenkin liikennesuunnittelijat saisivat tietoa siitä, miten paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu ja mitkä tekijät niihin vaikuttavat. Tarkoitus on pohtia myös porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisujen vaikutusta, ja miten erilaisilla suunnitteluratkaisuilla voidaan ylipäättää parantaa porrastettujen liittymien turvallisuutta. Lisäksi halutaan tietää, miten paljon henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille ja miten näitä on huomioitu erilaisin suunnitteluratkaisuin.

Tutkimuksen tarkoitus on myös osaltaan herättää miettimään jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden osuutta onnettomuuksissa, ja olisiko näille tienkäyttäjille syytä tehdä enemmän turvallisuutta edistäviä toimenpiteitä porrastetuissa liittymissä. Tutkimuksen tuottamien tulosten perusteella voidaan pohdita, olisiko tasoliittymien suunnitteluoheita syytä kehittää ja päivittää porrastettujen liittymien osalta. Saatujen tulosten perusteella on tarkoitus määritellä, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä kaikille tienkäyttäjille. Tutkimusta ohjaan pää tutkimuskysymys, johon tutkimuksella pyritään löytämään vastaus. Tutkimuksen pää tutkimuskysymys on:

1. *Millainen on turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä?*

Pää tutkimuskysymys on laaja, joten siitä on johdettu tarkentavia alatutkimuskysymiä. Näin pää tutkimuskysymykseen voidaan osaltaan vastata hakemalla vastauksia seuraaviin alatutkimuskysymiin:

- 1.1. *Kuinka paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu?*
- 1.2. *Miten suunnitteluratkaisut vaikuttavat porrastuksen turvallisuuteen?*
- 1.3. *Millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille ja miten nämä tienkäyttäjät huomioidaan suunnitteluratkaisuissa?*
- 1.4. *Miten porrastettujen liittymien turvallisuutta voidaan edistää?*

Tutkimuksessa tarkastellaan liikenneonnettomuuksia kaikille tienkäyttäjille maanteillä. Erityisenä kiinnostuksen kohteena ovat jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille sattuvat onnettomuudet, koska näiden tienkäyttäjien onnettomuksista porrastetuissa liittymissä ei ole aikaisempaa tutkittua tietoa Suomessa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkastella pelkästään jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille sattuvia onnettomuuksia, sillä niitä tapahtuu ennakkökäsityn mukaan verrattain vähän porrastetuissa liittymissä maantieympäristössä. Näin ollen pelkästään niiden tutkiminen maantieympäristössä antaisi todennäköisesti hyvin vähän tuloksia, joista voisi tehdä luotettavaa ja kattavaa analyysia. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa jalankulku-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuudet määriteltiin suojaamattoman liikenteen onnettomuuksiksi.

siksi. Niin ikään jalankulkijoista, pyöräilijöistä ja mopoilijoista voidaan käyttää nimitystä suojaamattomat tienkäyttäjät (Klang et al. 2015). Nimitystä käytetään myös tässä tutkimuksessa kuvaamaan edellä mainittuja tienkäyttäjiä.

## 1.3 Tutkimuksen rajaus

Porrastettujen liittymiä tutkitaan maanteiden osalta, sillä perinteisiä maanteiden nelihaaraliittymiä pyritään vähentämään ja etsimään turvallisempia ratkaisuja. Liittymän porrastaminen onkin yksi vaihtoehto erityisesti maanteillä. Katuverkolla toimenpidettä hyödynnetään vähemmän, koska tällöin tulee vastaan esimerkiksi liittymän sijoittelu- ja tilaongelmia. Tutkimuksessa tarkastellaan porrastetuissa liittymissä vuosina 2009–2017 tapahtuneita onnettamuksia maanteiden keskinäisissä muuttumattomina säilyneissä liittymissä. Maanteiden keskinäiset liittymät rajaavat tarkastelusta pois sellaiset liittymät, joissa yksi liittymähäara on katu tai yksityistie. Tutkittavien onnettamuksien etsiminen perustuu porrastetun liittymään tieosoitetietoihin ja onnettamuksien sijaintitietoihin. Poliisin ilmoittamat onnettamuuden tapahtumapaikan koordinaatit on kirjattu onnettamuustilastoihin vuodesta 2009 alkaen. Myös tieosoitteisiin on tehty korjauksia ja ne on päivitetty vuodesta 2009 alkaen. Näin ollen luotettavia tietoja onnettamuksista saadaan hankittua vasta vuodesta 2009 alkaen, joten ennen vuotta 2009 tapahtuneita onnettamuksia ei tarkastella tässä tutkimuksessa. Onnettamuksia tarkastellaan vuoteen 2017 asti, sillä tutkimukseen kerättiin onnettamuusdataa syksyllä 2018, jolloin täydellisiä onnettamuustietoja oli saatavilla vuoteen 2017 asti.

Onnettamuudella tarkoitetaan liikenneonnettamuutta, joka voidaan määritellä henkilö- ja/tai omaisuusvahinkoihin johtaneeksi kulkuneuvon liikkumisesta johdettuksi liikennetapaturmaksi, jossa osallisena on ollut ainakin yksi ajoneuvo. Tässä tutkimuksessa tutkitaan ja analysoidaan liikenneonnettamuksista vain henkilövahinkoon johtaneita onnettamuksia, jotka käsittävät vakavuudeltaan kuolemaan ja loukkaantumiseen johtaneet onnettamuudet. (Liikennevirasto 2018) Omaisuusvahinkoon johtaneet onnettamuudet eli onnettamuudet, joiden seurauksena kukaan ei ole kuollut tai loukkaantunut on jätetty tarkastelusta pois. Tämä rajaus on tehty siksi, että omaisuusvahinkoihin johtaneiden onnettamuksien määrät saattaisivat antaa virheellistä tietoa ja vääristää onnettamuustilastoja, koska aineellisia vahinkoja ei tilastoida kattavasti. Onnettamuusluokista eläinonnettamuudet on jätetty myös pois tarkastelusta.

Henkilövahinkoon johtaneista onnettamuksista vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneet onnettamuudet on edelleen mahdollista jakaa vakavuuden perusteella. Tilastokeskus on erotellut onnettamuksissa loukkaantuneet vakavuuden mukaan lievästi ja vakavasti loukkaantuneisiin vuodesta 2014 alkaen. Tutkimuksessa halutaan kuitenkin tarkastella onnettamuksia vertailukelpoisesti koko ajanjakson alla 2009–2017, joten jakoa lievästi ja vakavasti loukkaantuneisiin ei tehdä vaan kaikkia loukkaantumiseen johtaneita onnettamuksia käsitellään yhdessä.

## 1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksesta voidaan erottaa seuraavat osat: johdanto, tutkimusmenetelmät, kirjallisuustutkimus, empiirinen tarkastelu, tulosten analysointi ja lopuksi päätelmat. Tutkimuksen rakenne on esitetty kuvassa 1.

Työn ensimmäinen osa on johdanto, jossa esitellään tutkittava aihe ja taustat, sekä perustellaan, miksi aihetta on tarpeellista tutkia. Luvussa kaksi esitellään tutkimuksen teon tieteellinen viitekehys ja käytetyt tutkimusmenetelmät. Tutkimuksen kolmannen osan muodostaa kirjallisuustutkimus, joka koostuu luvuista 3–5. Luvussa kolme tarkastellaan yleisellä tasolla, millaisia onnettomuuksia maanteiden tasoliittymissä tapahtuu ja millaisia tasoliittymätyypejä Suomessa on. Tasoliittymätyypeistä tarkempaan käsittelyyn otetaan tutkimuksen aiheen mukaisesti porrastettu liittymä. Luvussa neljä tutkitaan, mitä kirjallisuus ja aiemmat tutkimukset kertovat porrastetun liittymän turvallisudesta, ja millaisia tutkimuksia aiheesta on aiemmin tehty Suomessa. Lisäksi tarkastellaan, miten turvallisutta voidaan edistää liittymissä, erityisesti porrastetuissa liittymissä. Luvussa tarkastellaan, millaisia suunnitteluoheistuksia muissa Pohjoismaissa on porrastetuista liittymistä. Kirjallisuustutkimus toimii tutkimuksen teoriaosutena luoden pohjaa tutkimuksen neljännelle osalle eli empiiriselle tarkastelulle.

Tutkimuksen neljäs osa, empiirinen tarkastelu, käsittää luvut kuusi ja seitsemän. Luvussa kuusi esitellään tutkimuksessa toteutettuihin kyselyihin perustuen suomalaisten ja ulkomaalaisten asiantuntijoiden näkemyksiä porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisudesta. Luvussa seitsemän puolestaan tutkitaan maanteiden porrastetuissa liittymissä tapahtuvia onnettomuuksia kerättyyn onnettomuusdataan perustuen. Tässä yhteydessä tarkastellaan myös porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisuja ja käydään tarkemmin läpi muutamia valittuja liittymiä. Luvussa kahdeksan analysoidaan edellisissä luvuissa saatavia tutkimustuloksia. Luvun kahdeksan otsikot on jaettu ikään kuin alatutkimuskysymysten mukaan, sillä poikkeuksella, että luvun viimeisessä luvussa 8.5 verrataan tuloksia porrastetuista liittymistä tehtyihin aiempiin tutkimuksiin Suomessa.

### **1. Johdanto**

Esitellään tutkimuksen tausta, tarpeellisuus, tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaus.

### **2. Tutkimusmenetelmät**

Esitellään tutkimuksen teon tieteellinen viitekehys ja tutkimusmenetelmät.

#### **Kirjallisuustutkimus**

##### **3. Maantiet ja liittymän porrastaminen Suomessa**

Esitellään, millaisia onnettomuuksia maanteillä tapahtuu, millaisia tasoliittymätyypejä Suomessa on ja miten porrastus toteutetaan.

##### **4. Turvallisuusnäkökulma porrastetuissa liittymissä**

Tarkastellaan porrastettujen liittymien turvallisuutta. Esitellään aikaisempia tutkimuksia porrastetuista liittymistä Suomessa. Etsitään keinoja, miten liittymän turvallisuutta voidaan parantaa.

##### **5. Porrastettujen liittymien suunnitteluoheistoisia muissa Pohjoismaissa**

Tutkitaan, mitä pohjoismaiset julkaisut kertovat porrastetuista liittymistä, niiden hyödyntämisestä ja turvallisuudesta.

#### **Empiirinen tarkastelu**

##### **6. Asiantuntijoiden näkemyksiä porrastetuista liittymistä**

Esitellään suomalaisten ja ulkomaalaisten asiantuntijoiden näkemyksiä porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta.

##### **7. Henkilövahinko-onnettomuudet porrastetuissa liittymissä**

Tutkitaan porrastetuissa liittymissä tapahtuneita onnettomuuksia maanteillä v. 2009-2017. Tarkastellaan, mitkä tekijät vaikuttavat onnettomuuksiin.

### **8. Tulosten analysointi**

Analysoidaan edellisissä luvuissa saatuja tuloksia.

### **9. Päätelmät**

Vastataan tutkimuskysymyksiin ja kootaan yhteen keskeiset tulokset. Arvioidaan tutkimusta ja ehdotetaan aiheita jatkotutkimuksille.

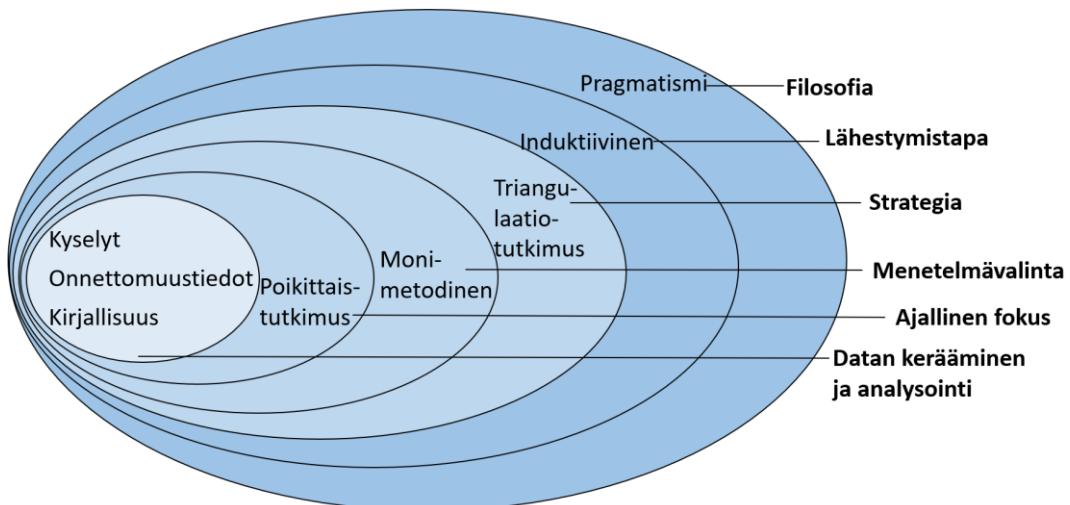
*Kuva 1. Tutkimuksen rakenne*

Tutkimuksen viimeisessä osassa, päätelmät, vastataan tutkimuskysymyksiin kooten yhteen tutkimuksen keskeiset tulokset. Lisäksi arvioidaan tehtyä tutkimusta ja ehdotetaan tutkimuksen aikana esiin nousseita mahdollisia jatkotutkimusiheitä.

## 2 Tutkimusmenetelmät

### 2.1 Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat

Jokaisen tutkimuksen pohjalla voidaan nähdä olevan joku tieteenfilosofinen oletus, jonka kautta voidaan luonnehtia tutkimuksen lähestymistapaa ja strategiaa (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009). Yhdessä nämä muodostavat tutkimuksen teolle tieteellisen viitekehysken, jota voidaan kuvata esimerkiksi Saundersin et al. (2009) esittämällä sipulimallilla. Sipulin uloin kehä edustaa tutkimusfilosofiaa. Mitä syvemmälle sipulin kerroksissa mennään, sitä lähempänä ollaan konkretiaa. Lopulta päästään siihen, miten tutkimuksessa kerätään tietoa ja miten sitä analysoidaan. Tutkimuksen metodologiset valinnat on esitetty kuvaassa 2 hyödyntäen Saundersin et al. (2009) tapaan sipulimallilla. Seuraavaksi käydään läpi tarkemmin tutkimuksen teoreettinen viitekehys edeten sipulin uloimmalta kuorelta sisäosaan.



Kuva 2. *Tutkimuksen metodologiset valinnat (muokattu lähteestä Saunders et al. 2009, s. 108).*

#### Tutkimusfilosofia

Tämän tutkimuksen tutkimusfilosofiana voidaan pitää pragmatismia. Pragmatismi tarjoaa tutkimukselle moniulotteisen näkökulman yhdistää erilaisia aiheistoja. Pragmatismissa tutkimusmenetelmät valitaan sen mukaan, miten saadaan parhaiten vastaus tutkimuskysymykseen. Tutkimuksessa käytetään tyyppisesti kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä molempia ja aiheista kerätään eri tekniikoilla (Saunders et al. 2009). Koska tutkimuksessa käytetään useita tiedonkeruumenetelmiä ja monenlaista tutkimusaineista, kuten kirjallisuuslähteitä, kyselyvastauksia ja onnettomuusdataa, sopii pragmatisminen tutkimusfilosofia hyvin tähän tutkimukseen. Pragmaattisessa tutkimusfilosofiassa voidaan yhdistää objektiivisia ja subjektiivisia merkityksiä riippuen tutkimusongelmasta (Saunders et al. 2009). Käytännössä esimerkiksi onnettomuusdatan analysointi edustaa objektiivista lähestymistapaa, kun tarkastellaan tilastollista faktatietoa. Toisaalta kyselyvastauksien kautta aiheeseen aihetta lähestytään myös osin subjektiivisesti huomioiden asiantuntijoiden kokemuksiin perustuvia mielipiteitä ja näkemyksiä aiheesta.

## Lähestymistapa

Tutkimuksen suhteesta teoriaan voidaan erottaa kaksi lähestymistapaa: induktiivinen ja dedukiivinen. Dedukiivinen lähestymistapa lähtee teoriasta, jonka paikkansapitäävyttä testataan. Induktivinen lähestymistapa puolestaan lähtee aineistosta ja havainnoista, joiden perusteella rakennetaan päätelmiä. (Olkonen 1994, Saunders et al. 2009) Lähestymistapa tälle tutkimukselle on induktiivinen. Tutkimuksessa tutkitaan paljon sellaisia tietoja porrastetuista liittymistä, joita ei ole aiemmin tutkittu. Tällaisia ovat esimerkiksi porrastetuissa liittymissä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien tyypit, suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä sekä porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisut ja niiden vaikutukset turvallisuuteen. Tutkimuksen tarkoitus on luoda uutta tietoa porrastusten turvallisuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä empiiristen havaintojen pohjalta. Induktiviselle lähestymistavalle on tyyppillistä, että tutkimus etenee havainnoista ja päättelystä ennustuksiin, yleistyksiin ja uuden teorian luomiseen (Olkonen 1994, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007). Induktivinen tutkimusprosessi on monesti iteroitava ja tutkimuskysymykset voivat myös muuttua matkan varrella (Saunders et al. 2009). Myös tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset tarkentuvat työn aikana hieman alkuperäisistä.

## Tutkimusstrategia

Tutkimusstrategia on käsitteenä laaja ja menetelmäkirjallisuudessa sille annetaan erilaisia määritelmiä. Käsitettä voidaan lähestyä joko yleisemmällä tasolla tai yksityiskohtaisemmin tutkimusmenetelmiä tarkastellen. Yhteistä määritelmille on, että tutkimusstrategia antaa suuntaviivat tutkimuksen toteutukselle ja ohjaa menetelmien valintaa. (Hirsjärvi et al. 2009, Jyväskylän yliopisto 2014, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007) Tutkimusstrategia voidaan määritellä esimerkiksi tutkimuksen menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuudeksi, joka kertoo, miten tutkimus toteutetaan käytännössä (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009).

Hirsjärven et al. (2009) mukaan tutkimusstrategiat jaetaan tavallisesti kolmeen tyyppiin: kokeellinen tutkimus, survey-tutkimus ja tapaustutkimus. Survey-tutkimuksessa kerätään tyyppillisesti tietoa joukolta ihmisiä ja tutkimusmenetelmiä ovat kyselyt ja haastattelut (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009). Tässä tutkimuksessa yhtenä tutkimusmenetelmänä käytetään asiantuntijoille kohdistettuja kyselyitä, joten tältä osin tutkimusstrategiaksi tähän tutkimukseen sopii esimerkiksi survey-tutkimus. Kuitenkin kyselyt ovat vain osa tutkimusta, sillä tutkimuksessa käytetään muitakin aineiston keruumenetelmiä. Tutkimuksessa toteutetaan myös kirjallisuustutkimus ja analysoidaan onnettomuusdataa. Näin ollen survey-tutkimus strategiana ei pysty kattamaan koko tutkimusta. Koska tutkimusta lähestytään pragmaattisen tutkimusfilosofian mukaan moniulotteisesti, ei tutkimusstrategiaksi tarvitse valita pelkästään yhtä edellä mainituista strategioista.

Tutkimusstrategia voidaan määritellä myös yleisemmällä tasolla perustuen tutkittavien asioiden luonteeseen. Tuomi (2007) määrittelee kolme tutkimusstrategiaa: kvantitatiivinen tutkimus, kvalitatiivinen tutkimus ja edellisten yhdistelmä. Kvantitatiivisen eli määrellisen tutkimuksen avulla selvitetään lukumäärin liittyviä kysymyksiä (Saunders et al. 2009, Tuomi 2007). Kvantitatiivisella tutkimuksella voidaan kuvata tutkittavan ilmiön rakennetta. Lisäksi voidaan kuvata

eri muuttujien välisiä riippuvuuksia tai muuttujissa tapahtuneita määriin perustuvia muutoksia. (Tuomi 2007) Kvantitatiiviselle tutkimukselle tyypillisiä piirteitä ovat muun muassa johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat, hypoteesien esittely, käsitteiden määrittely ja aineiston keruu numeeriseen mittaanseen sopivalla tavalla (Hirsjärvi et al. 2009). Tuomen (2007) mukaan yleisellä tasaolla kvalitatiivisella eli laadullisella tutkimuksella voidaan tarkoittaa kaikkea empiiristä tutkimusta, joka ei ole määrällistä. Kvalitatiivinen tutkimus ymmärretään useimmiten metodiseksi kokonaisuudeksi, jossa aineiston keruuta ei ole syytä erottaa aineiston analyysista. Kvalitatiivisen tutkimuksen tyypillisiä piirteitä ovat kokonaisvaltainen tiedonhaku ja kerätyn tiedon liittyminen ihmisten tuottamiin merkityksiin. Tietolähteet valitaan tarkoitukseenmukaisesti ja tulokset ovat yleensä ainutlaatuisia koskien vain tekeillä olevaa tutkimusta. (Tuomi 2007)

Usein kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimuksia on hankala erottaa toisistaan, jolloin ne nähdään toisiaan täydentävinä lähestymistapoina, ei kilpailevana suuntauksina (Hirsjärvi et al. 2009). Saunders et al. (2009) muistuttavatkin, ettei tutkimusstrategioita tule ajatella erillisinä kokonaisuksia, vaan niitä voidaan yhdistellä samassa tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa on sekä määrällisiä että laadullisia piirteitä, joten tutkimusstrategiaksi sopii kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimuksen yhdistelmä, josta voidaan käyttää nimeä triangulaatio-tutkimus (Hirsjärvi et al. 2009, Tuomi 2007).

### **Menetelmävalinnat**

Tutkimuksen teoriaosuudessana aihetta tutkitaan kirjallisuustutkimuksen kautta. Salmisen (2001) mukaan kirjallisuustutkimus tutkimusmenetelmänä edustaa kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen metodien yhdistelmää. Tutkimuksen empiriaosuudessa yhdistetään kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Tutkimuksessa kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusaineisto edustaa tietokannoista kerättävä onnettomuusdata ja kvalitatiivista eli laadullista tutkimusaineisto kyselyjen kautta saatavat asiantuntijoiden näkemykset porrastettuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Menetelmävalinnalla kuvataan, kuinka tutkimus yhdistää määrällisiä ja laadullisia tekniikoita (Saunders et al. 2009). Koska tutkimuksessa yhdistetään kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, edustaa tämä tutkimus Saundersin et al. (2009) kuvaamaa useampaa kuin yhtä tiedonkeruumenetelmää hyödyntävää monimetodista tutkimusta. Monimetodinen tutkimus voi tarjota parempia mahdollisuuksia vastata tutkimuskysymykseen ja arviodia tulosten luotettavuutta verrattuna siihen, että tutkimuksessa sovellettaisiin vain yhtä tutkimusmenetelmää (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007).

### **Ajallinen fokus**

Tutkimus on ajalliselta luonteeltaan poikittaistutkimus. Poikittaistutkimukset ovat yksityiskohtaisia tiettyyn rajalliseen ajanhetkeen sijoittuvia tarkasteluja, joissa tutkitaan jotakin ilmiötä (Jensen & Rodgers 2001, Saunders et al. 2009). Tässä tutkimuksessa tutkitaan ilmiönä porrastettujen liittymien turvallisuutta ja tarkastelut sijoittuvat rajalliseen ajan hetkeen aikavälille vuosiin 2009–2017.

### Datan kerääminen ja analysointi

Kvantitatiivisin menetelmin saatujen tulosten ymmärtäminen ja oikea tulkinta edellyttää tutkimuskohteen tuntemista ja peilaamista teoriaan (Alkula et al. 2002, Tuomi 2007). Kirjallisuustutkimuksen avulla saadaan tietoa porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettamuksien ja aihetta käsittelevien kyselyvastausten analysoinnin tueksi. Kirjallisuustutkimuksessa kootaan aiempien tutkimuksen ja julkaisujen tuloksia, jotka ovat Salmisen (2011) mukaan perustana uusille tutkimustulokksille. Kyselyvastaukset edustavat kvantitatiivista eli laadullista aineistoa, jolle on tyypillistä kerätyn datan epästandarisuus. Laadullisen aineiston ymmärrys syntyy tyypillisesti tulkitsemalla sanoja ja luokittelemalla kerätty data eri kategorioihin. (Eriksson & Kovalainen 2008, Saunders et al. 2009) Tämän tutkimuksen kvalitatiivista aineistoa edustavat asiantuntijoiden kyselyvastauksista. Onnettamuustiedot edustavat kvantitatiivista eli määräällistä tutkimusaineistoa, jolle tyypillistä on, että data on numeerista ja standardoitua, ja että ymmärrys syntyy numeroiden kautta (Saunders et al. 2009). Dataa kerätään Väyläviraston tietokannoista. Tutkimustuloksia analysoidaan ja niistä tehdään johtopäätöksiä teoriaosuudesta saatavia tietoja hyödyntäen.

Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät ja niiden valinta esitellään seuraavaksi. Työn teoriaosuuden eli kirjallisuustutkimuksen toteutus on kuvattu tarkemmin, empiria osuus tässä kohtaa lyhyesti. Empirian eli kyselyjen ja onnettamuustietojen käsittelyn toteutus ja niistä saatavien tietojen analysointi on kuvattu tarkemmin teoriaosuuden jälkeen luvuissa 6 ja 7. Teoriaosus antaa pohjan emiliaosuudessa esiintyvien käsitteiden ja aiheiden ymmärtämiseen.

## 2.2 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuustutkimus toimii tutkimuksen teoriaosana, jossa hyödynnetään aikaisempaa tutkimustietoa kuten artikkeleita ja muita julkaisuja. Aikaisempaan tutkimukseen perehtyminen auttaa tutkijaa hahmottamaan tukittavaa ilmiötä konkainuutena (Hirsjärvi et al. 2009, Soininen 1995). Kirjallisuustutkimuksessa tutustuttiin tutkittavaan aiheeseen ja tutkittiin mitä suomalaiset ja ulkomaalaiset julkaisut kertovat porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Näin saatiin kuva siitä, mitä tutkittavasta aiheesta tiedettiin ja oli aiemmin tutkittu. Tutkimuksen kirjallisuustutkimus luokin pohjaa tutkimuksen varsinaiselle empirialle eli kyselylle ja onnettamuustietojen keräämiselle ja tarkastelulle.

Kirjallisuustutkimuksen aineistona käytettiin pääosin tieteellisiä julkaisuja, artikkeleita, aikaisempia tutkimuksia, suunnitteluohteita ja kirjoja. Esimerkiksi suunnitteluohteista saatiin tietoa eri maiden käyttämistä ohjeistuksista porrastettujen liittymien toteutukseen. Suomessa tasoliittymäohjeessa (Tiehallinto 2001) esitetään suunnitteluoheet erilaisille tasoliittymätyypeille, myös porrastetulle liittymälle. Muiden maiden käytänteitä porrastettuihin liittymiin esitellään vastaavasti kyseisten maiden suunnitteluoheissa ja säädöksissä. Esimerkiksi Pohjoismaista Ruotsin tieviranomaisen Vägverketin (2004) suunnitteluoheissa ja Tanskan vastaavan viranomaisen Vejdirektoratetin (2012) käsikirjoissa käsitellään porrastettuja liittymiä. Myös norjalaisessa Elvikin et al. (2009) tekemässä liikenneturvallisuuuskäsikirjasta on tutkimuksen kannalta käyttökelpoista tietoa nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutuksista onnettamuksiin. Suomessa porrastettujen liittymien turvallisuutta ovat tutkineet aiemmin Kulmala

(1995) väitöskirjassaan ja Peltola ja Malin (2016) tutkimuksessa Maanteiden tasoliittymien turvallisuus. Suomessa tehdyt aikaisemmat tutkimukset ovat merkittävässä roolissa, sillä tutkimuksen on tarkoitus täydentää aiemmin tehtyjä tutkimuksia ja näin tuoda osaltaan uutta ja päivitettyä tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta.

Koska aiheesta oli saatavissa melko suppeasti tietoa, kirjallisuustutkimuksessa hyödynnettiin kattavasti eri tietokantoja. Aineistoa haettiin käyttäen tietokantoja Google Scholaria ja Tampereen yliopiston kirjaston ylläpitämää Andoria. Haussa hyödynnettiin myös soveltuvin osin Googlen perushakua, koska tästä kautta päästiin käsiksi muun muassa verkkosivuille, joissa on suomalaisten tai kansainvälisen instituutioiden suunnitteluoheita ja muita julkaisuja aiheeseen liittyen. Painettuja kirjoja tutkimukseen saatiin Tampereen yliopiston kirjastosta, Tampereen kaupungin kirjastosta ja Väyläviraston omasta kirjastosta. Aineistoa on haettu muun muassa seuraavia hakusanoja ja niiden yhdistelmiä käyttäen:

- *tasoliittymä, at-grade junction*
- *kolmihaaraliittymä, T-liittymä, T-junction, three-leg intersection, three-legged intersection, three-way junction*
- *nelihaaraliittymä, X-liittymä, X-junction, intersection with four approaches, crossroads, conventional intersection, four-leg intersection, four-legged intersection, four-way junction*
- *porrastettu liittymä, staggered junction, staggered intersection, offset intersection, offset t-intersection, förskjuten korsning (se), forskjøvne T-kryss (no), forsatte (vei)kryds (dk).*
- *liikenneturvallisuus, traffic safety, safety of traffic, road safety. subjective safety, objective safety*
- *suojaamaton liikenne, kevyt liikenne, vulnerable road user*

Hakusanat- ja lausekkeet kohdistettiin pääasiassa lähdeaineiston otsikkoon, avainsanoihin ja tiivistelmään. Lähteistä tutkittiin ensin tiivistelmät ja mikäli tämä vaikutti työn kannalta hyödylliseltä, tutustuttiin lähteeseen tarkemmin. Valitusta lähteistä kartoitettiin ensin niiden keskeisimpiä näkökulmia ja sisältöä tekemällä muistiinpanoja, jotta pystyttiin varmistumaan aineiston sopivuudesta juuri tämän tutkimuksen lähtekksi. Lähdemateriaalien etsimisessä hyödynnettiin myös jo löydettyjen julkaisujen niitä lähteitä, jotka vastasivat hyvin tutkimuksen tarpeisiin.

## 2.3 Asiantuntijakyselyt

Aikaisemmat tutkimukset porrastetuista liittymistä ovat perustuneet kvantitatiiviseen onnettomuusdatan analysointiin. Tässä tutkimuksessa haluttiin paitsi tutkia onnettomuusdataa tarkemmin, myös tuoda myös uusia näkökulmia aiheeseen toisenlaisella tutkimusmenetelmällä kvalitatiivista lähestymistapaa käyttäen. Tutkimuksessa haluttiin kuulla asiantuntijoiden mielipiteitä ja näkemyksiä aiheesta. Asiantuntijoilta on mahdollista saada asiasta sellaista käytännön näkemystä, jota ei onnettomuustietoja tutkimalla saa. Esimerkiksi, vaikka onnettomuustilastojen perusteella näyttäisi, ettei suojaamattomille tienkäyttäjille satu juuriakaan onnettomuuksia, voivat tienkäyttäjät silti kokea porrastetut liittymät vaarallisiksi. Tämä ei näy tilastoissa, mutta asiantuntijoille tulleissa palautteissa se voi nousta esiin. Alastalon et al. (2017) mukaan asiantuntijoiden näkemyksien kautta voidaan hahmottaa erilaisia ilmiöitä tai päästää selville asioi-

den tilasta. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena voi olla tuottaa uutta tietoa asian-tuntijoiden erityistietämystä hyödyntäen. Asiantuntijoina voidaan pitää henkilötä, joilla on sellaista erityistä tietoa tutkittavasta asiasta, jota on vain hyvin harvoilla. Asiantuntijuus voi olla tiete-, ammatti- tai instituutioperusteista ja asiantuntemusta on voinut karttua esimerkiksi työtehtävien myötä. (Alastalo et al. 2017)

Asiantuntijoiden näkemyksien selvittämiseksi päädyttiin tutkimusmenetelmänä kyselyyn. Tutkimuksessa tehtiin kysely porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta sekä suomalaisille että ulkomaalaisille asiantuntijoille. Kysely on tiedonkeruumenetelmä, jossa useat henkilöt vastaavat samoihin kysymyksiin yhdenmukaisen kysymyksensättelun perusteella (Saunders et al. 2009). Mene-telmänä olisi voinut olla myös haastattelu, sillä kyselyt ja haastattelut sopivat molemmat tiedonhankintatavoiksi silloin, kun tarkoituksesta on selvittää ihmisten kokemuksia, tietoja, asenteita tai muita näkemyksiä tutkittavasta aiheesta (Preece et al. 2002, Routio 2005, Soininen 1995). Koska asiantuntijoiden näkemyksiä kerättiin tässä tutkimuksessa sähköpostin kautta, määräytyi tutkimus-menetelmäksi kysely. Kyselystä puuttuu haastattelun mahdollistama kielellinen vuorovaikus (Tuomi 2007) sekä mahdollisuus tarkkailla vastaajan oheisvies-tintää ja ympäristöä (Preece et al. 2002, Routio 2005). Kyselyjen toteutus ja ana-lysointi on kuvattu tarkemmin luvussa 6.1.

## 2.4 Onnettomuustiedot

Onnettomuustietojen tutkiminen on tärkeää, jotta saadaan tietoa porrastettujen liittymien todellisesta turvallisuuden tilasta. Maailman tieyhdistyksen (PIARC 2003) liikenneturvallisuuskäsikirjan mukaan onnettomuusdatan analysoiminen on olennainen osa liikenneturvallisuuden tutkimista. Onnettomuusdatan kautta voidaan ymmärtää paremmin tienkäyttäjien kokemia ongelmia tutkittavalla osa-alueella. Tuloksena analysoijat voivat ehdottaa esiintyviin ongelmiin sopivia ratkaisuja, jotka auttavat vähentämään vastaavia onnettomuksia tulevai-suudessa. (PIARC 2003)

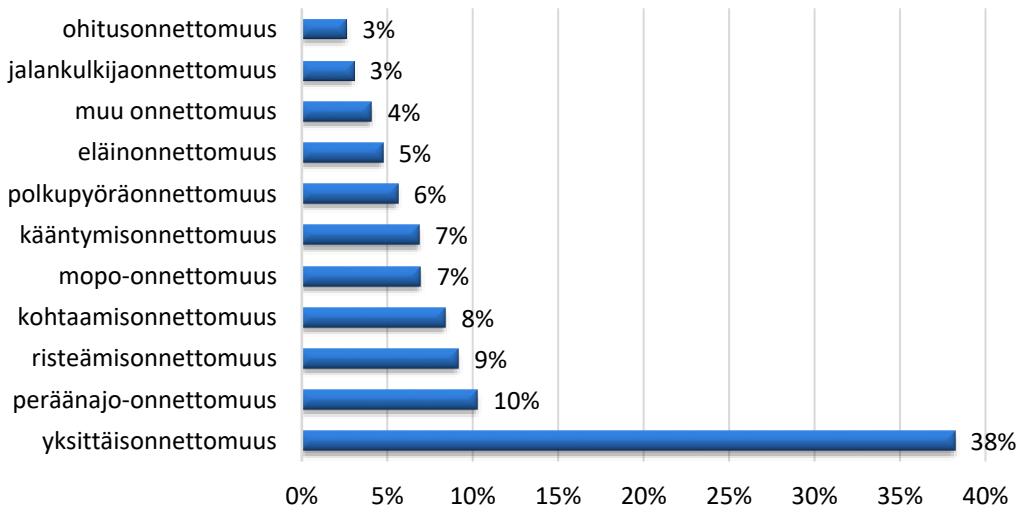
Onnettomuusdataa kerättiin, jotta voitiin saada tietoa porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista ja liittymien turvallisuudesta. Pelkän kirjallisuustutkimuksen ja asiantuntjakyselyjen perusteella porrastettujen liittymien turvallisuuden tilasta ei ollut mahdollista saada todellista kä-sitystä. Onnettomuustietojen käsittely ja analysointi on kuvattu tarkemmin lu-vussa 7.1.

### 3 Maantiet ja liittymän porastaminen Suomessa

#### 3.1 Maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet

Suomen tieverkko koostuu maanteistä, kunnallisista katuverkkoista ja yksityis- teistä. Valtion omistamat maantiet muodostavat tieverkon rungon. Ne luokitteluaan liikenteellisen merkityksen mukaisesti valta-, kanta-, seutu- ja yhdysteihin. Valtateiden tarkoitus on palvella valtakunnallista ja maakuntien välistä pitkän matkan liikennettä. Kantatiet puolestaan täydentävät valtateistä muodostuvaa verkkoa ja palvelevat maakuntien liikennettä. Valta- ja kantatiet muodostavat yhdessä päätietyt. Seututiet palvelevat nimensä mukaisesti seutukuntien liikennettä ja liittävät niitä edelleen päätieverkkoon eli valta- ja kantateihin. Muut maantiet ovat yhdysteitä. (Maantielaki 503/2005)

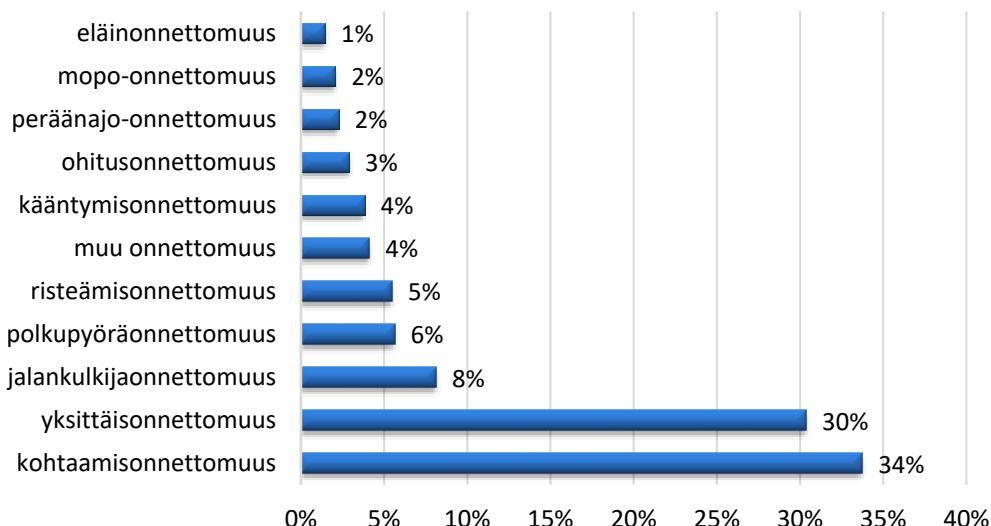
Tieliikennekuolemista merkittävin osa, lähes kolme neljäsosaa, tapahtuu vuosittain maanteillä. Maanteillä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien osuus on hieman yli puolet kaikista tieliikenteessä tapahtuvista henkilövahinko-onnettomuuksista. Esimerkiksi vuonna 2017 maanteillä sattui yhteensä 2348 henkilövahinko-onnettomuutta, joista 148 johti kuolemaan ja 2200 loukkaantumiseen (Liikennevirasto 2018). Kuvassa 3 on esitetty henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuuksluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet kaikista maanteillä tapahtuvista henkilövahinko-onnettomuuksista vuosina 2009–2017. Maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista suurin osa on yksittäis- onnettomuuksia (38 %).



Kuva 3. Maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuuksiluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet vuosina 2009–2017 (onnettomuuustiedot Tiirasta).

Suurin osa henkilövahinko-onnettomuuksista on ajoneuvoliikenteen onnettomuuksia (kuva 3). Termiä ajoneuvoliikenteen onnettomuudet käytetään tässä yhteydessä ja jatkossa kuvaamaan kaikkia muita kuin suojaamattomille tienkäyttäjille (jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat) tapahtuneita onnettomuuksia. Polkupyörä-, mopo- ja erityisesti jalankulkijaonnettomuuksia tapahtuu selkeästi vähemmän. Kuitenkin tarkasteltaessa kaikkia edellä mainittuja onnettomuuksiluokkia eli suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvia onnettomuuksia kokonaisuutena havaitaan suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvien onnettomuuksien osuuden olevan toiseksi yleisin onnettomuuksiluokka, 16 % kaikista maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista. (kuva 3)

Kuvassa 4 on esitetty kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuuksiluokat ja niiden keskimääräiset osuudet kaikista maanteillä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista. Maanteiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien yleisimmät onnettomuuksiluokat ovat kohtaamisonnettomuudet (34 %) ja kuvan 3 tapaan yksittäisonnettomuudet (30 %).



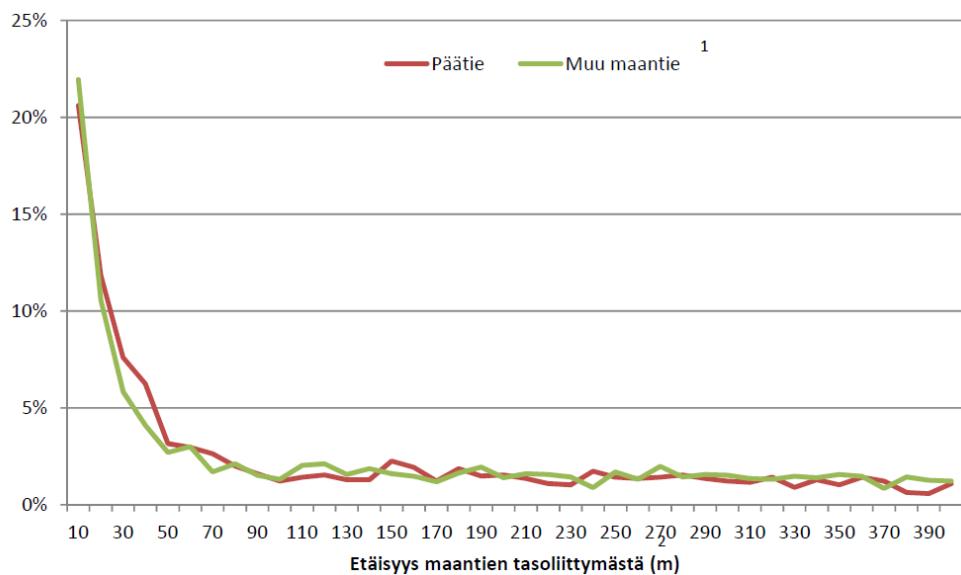
*Kuva 4. Maanteiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuuksiluokat ja niiden vuotuiset keskimääräiset osuudet vuosina 2009–2017 (onnettomuustiedot Tiirasta).*

Kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa jalankulkija- ja polkupyöräonnettomuudet ovat yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksien jälkeen seuraavaksi yleisimpiä (kuva 4). Tämä selittyy paljolti suojaamattomien tienkäyttäjien autoilijoita suuremmalla todennäköisyydellä loukkaantua vakavasti, jolloin myös kuolemanriski on suurempi. Vakavuus johtuu suojaamattomien tienkäyttäjien suojaattomuudesta (Kulmala 1992). Suojaamattomilla tienkäyttäjillä ei ole moottoriajoneuvojen tapaan fyysisistä ulkoista suojaaa, joka vähentäisi onnettomuuden seurauksia (ECMT 2000). Yhtenäviä tuloksia henkilövahinko-onnettomuuksista maanteillä saatuiin myös Peltolan ja Rajamäen (2004) vuonna 2004 tehdysä tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin maanteiden liikenneturvallisuutta vuosina 1997–2001.

## 3.2 Tasoliittymien henkilövahinko-onnettomuudet

Tasoliittymäohjeessa liittymä määritellään kahden tai useamman tien kohtaan-mispaikaksi, jossa siirtyminen tieltä toiselle on mahdollista (Tiehallinto 2001). Vuosina 2003–2008 poliisi kirjasi kaikista maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista 36,7 % tapahtuneeksi liittymissä. Sen sijaan vuosina 2004–2014 vastaava osuus oli enää 30,5 %. Lukujen perusteella liittymäonnettomuuksien osuus henkilövahinko-onnettomuuksista on vähentynyt, joskaan syytä tälle ei tiedetä. (Peltola & Malin 2016) Tulos on kuitenkin samansuuntainen vuonna 2004 tehdyн tutkimuksen kanssa, jonka perusteella kolmasosa maanteiden henkilövahinko-onnettomuuksista tapahtuu liittymissä (Peltola & Rajamäki 2004).

Liittymät ovat tieverkon riskialtteimpia paikkoja (Elvik et al. 2009, Kulmala 1995). Liittymätoimintojen voidaan ajatella aiheuttavan onnettomuuksien lisääntymistä (Peltola & Malin 2016), sillä liittymissä on konfliktipisteiden vuoksi suurempi onnettomuusriski kuin muulla tieosalla (Tiehallinto 2002). Konfliktipiste on piste, jossa kahden kääntyvän tai suoraan menevän ajoneuvon suunnat kohtaavat, eroavat tai risteävät (Tiehallinto 2001). Alle 50 metrin päässä maantien tasoliittymästä tapahtuu selkeästi enemmän onnettomuuksia tiepituutta kohti kuin sitä kauempana maantiellä (Peltola & Malin 2016). Tämä on havainnollistettu kuvassa 5, jossa on esitetty henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen lähimästä maantieliittymästä lasketun etäisyyden mukaan pääteillä (valta- ja kantatiet) ja muilla maanteillä. Tarkastelussa ovat mukana vain enintään 400 metrin etäisyydellä maantieliittymästä tapahtuneet maanteiden henkilövahinko-onnettomuudet vuosilta 2011–2014 ilman eläinonnettomuuksia (Peltola & Malin 2016).



<sup>1</sup>Seutu- ja yhdystiet

<sup>2</sup>10 tarkoittaa alle 10 metriä, 20 tarkoittaa 10–20 metriä jne.

Kuva 5. Henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen (%) lähimästä maantieliittymästä lasketun etäisyyden mukaan tieluokittain vuosina 2011–2014 (Peltola & Malin 2016).

Liittymäonnettomuuksille on eri määritelmiä sen mukaan, kuinka monta metriä liittymän keskipisteestä liittymäalueen ajatellaan päättynä. Onnettomuuksista voidaan myös karsia pois sellaiset onnettomuudet, jotka eivät vaikuta liittymään tarkasteltuun liittymään, mutta ovat tapahtuneet liittymäalueella (Peltola & Malin 2016). Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa liittymäonnettomuudeksi tulkittiin henkilövahinkoon johtanut muu kuin eläinonnettomuus, joka on tapahtunut enintään 100 metrin etäisyydellä taajamassa olevasta liittymästä tai enintään 200 metrin etäisyydellä taajaman ulkopuolella olevasta liittymästä. Tämän määritelmän perusteella tasoliittymäonnettomuuksien osuus on vähintään 15 % maanteiden onnettomuuksista. (Peltola & Malin 2016)

Eri onnettomuusluokkien välillä on kuitenkin paljon eroja siinä, miten paljon nämä keskittyvät liittymiin. Kääntymis-, risteämis-, peräänajo-, mopo-, polku- pyörä- ja jalankulkijaonnettomuudet ovat tyypillisiä onnettomuusluokkia liittymässä. Muista onnettomuusluokista yksittäisonnettomuuksia tapahtuu eniten. (Peltola & Malin 2016) Taulukossa 1 on esitetty erilaisten onnettomuuksien määrä maantieliittymässä sekä prosentuaalinen lisäys onnettomuusmäärään etäisyyden kasvaessa.

*Taulukko 1. Erilaisten onnettomuuksien määrä (N) enintään 30 metrin etäisyydellä maantieliittymästä vuosina 2011–2014 sekä prosentuaalinen lisäys onnettomuusmäärään etäisyyden kasvaessa (muokattu lähteestä Peltola & Malin 2016).*

|  |                     | Liittymäalueen pituus |      |       |       |       |
|--|---------------------|-----------------------|------|-------|-------|-------|
|  |                     | 40 m                  | 50 m | 100 m | 150 m | 200 m |
| <b>Tyypilliset liittymäonnettomuuksiluokat<sup>1</sup></b> | Kääntyminen (N=279) | 10 %                  | 14 % | 24 %  | 32 %  | 39 %  |
|  | Risteäminen (N=512) | 7 %                   | 13 % | 22 %  | 28 %  | 34 %  |
|  | Peräänajo (N=251)   | 15 %                  | 23 % | 53 %  | 79 %  | 102 % |
|  | Mopo (N=235)        | 16 %                  | 25 % | 43 %  | 70 %  | 88 %  |
|  | Polkupyörä (N=210)  | 11 %                  | 15 % | 36 %  | 59 %  | 79 %  |
| <b>Muut onnettomuuksiluokat</b>                            | Jalankulkija (N=90) | 18 %                  | 26 % | 66 %  | 100 % | 137 % |
|  | Yksittäis (N=440)   | 23 %                  | 35 % | 100 % | 146 % | 203 % |
|  | Ohitus (N=35)       | 6 %                   | 17 % | 56 %  | 72 %  | 94 %  |
|  | Kohtaamis (N=90)    | 7 %                   | 15 % | 100 % | 174 % | 233 % |
|  | Muu (N=88)          | 14 %                  | 26 % | 66 %  | 94 %  | 151 % |

<sup>1</sup>Onnettomuusluokat, joiden onnettomuudet Tarvassa ja IVARissa siirretään liittymään 30 m säteeltä sen keskipisteestä. Taulukon 1 tarkastelussa ei ole mukana eläinonnettomuuksia.

Taulukon 1 mukaan 30 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä tapahtuu eniten yksittäisonnettomuuksia (N=440) ja risteämisonnettomuuksia (N=512). Toisiksi eniten tapahtuu peräänajo-onnettomuuksia ja mopo-onnettomuuksia. Mentäessä 200 metrin etäisyydelle liittymän keskipisteestä jalankulkija-, peräänajo-, yksittäis- ja kohtaamisonnettomuuksien määrä kasvaa prosentuaalisesti kaikkein eniten. Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvien onnettomuuksien osuus liittymäonnettomuuksista on merkittävä. Esimerkiksi enintään 30 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä jalankulkija-, polkupyörä- ja mopedionnettomuuksia tapahtuu kokonaismäärältään kaikkein eniten (N=535). Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuvien onnettomuuksien merkittävä määrä liittymissä heijastuneekin myös kaikkien maantiellä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien tilastoihin, joissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet onnettomuudet kokonaisuutena oli toisiksi yleisin onnettomuusluokka (kuva 3).

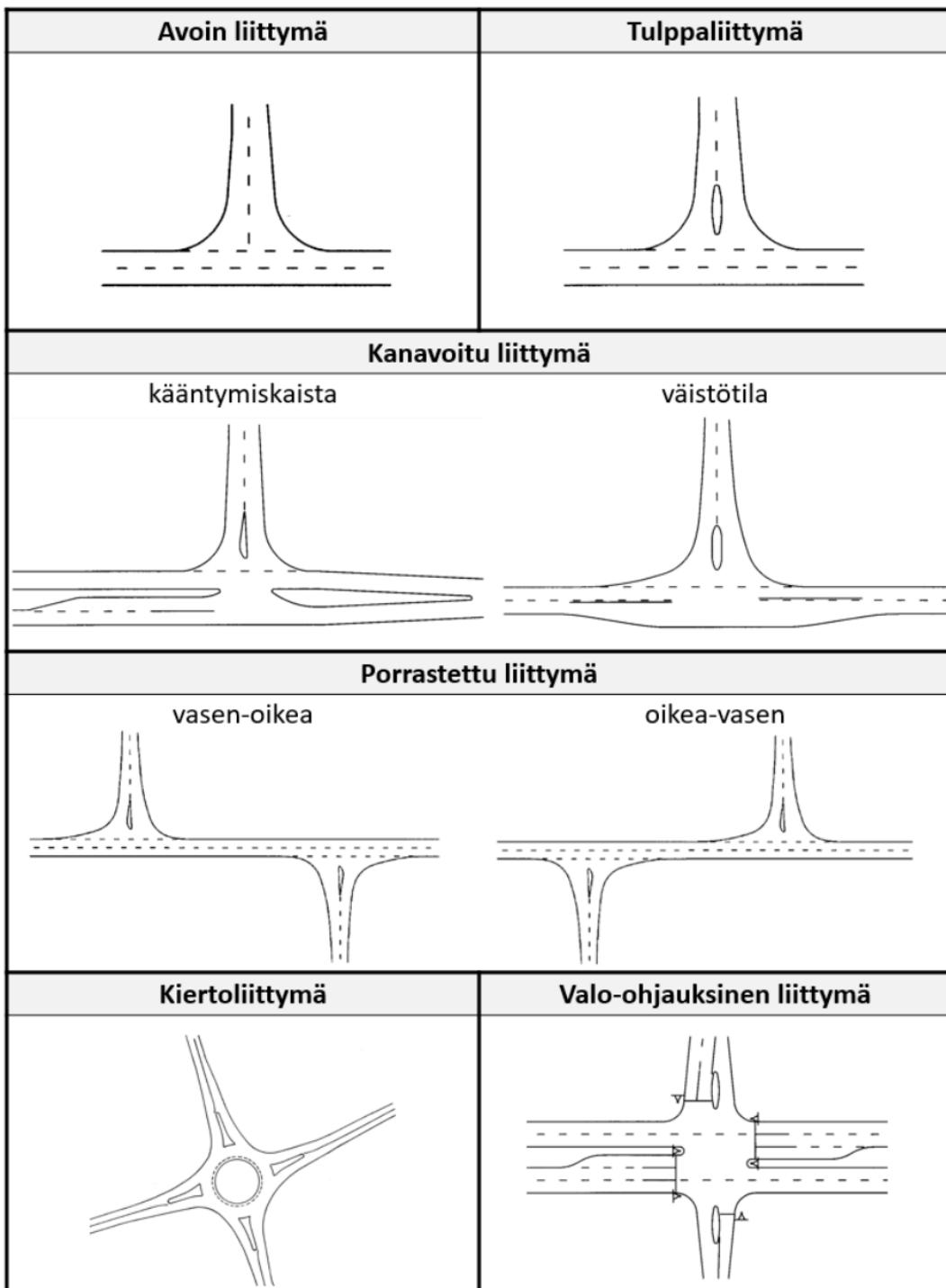
Peltolan ja Malinin (2016) mukaan tasoliittymien onnettomuusmäärään keskeisesti vaikuttavat tekijät ovat liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä ja liittymätyyppi. Erityisesti sivutielästä saapuvien autojen osuuden kasvun nähdään lisäävän henkilövahinko-onnettomuuksien riskiä (Peltola & Malin 2016). Tasoliittymien turvallisuuden voidaan ajatella riippuvan liittymän tyypistä, koska eri tasoliittymätyypeillä on eri määrä konfliktipisteitä. Konfliktipisteiden määrä kuvastaa onnettomuusriskiä, joten konfliktipisteitä vähentämällä voidaan edistää turvallisuutta. (Tiehallinto 2002) Käytännössä tämä tarkoittaa tasoliittymätyypin vaihtamista liittymätyyppiin, jossa konfliktipisteitä on vähemmän. Liittymätyyppiä valitessa tulee ottaa huomioon paiti liikenneturvallisuus myös teiden toiminnallinen ja liikenteellinen merkitys, liikennemäärit ja paikalliset olosuhteet (Tiehallinto 2001).

### 3.3 Tasoliittymätyypit

Tasoliittymät voidaan luokitella niiden liittymähaarojen mukaisesti neliharaliittymäksi eli X-liittymäksi ja kolmihaaraliittymäksi eli T-liittymäksi. Neliharaliittymän konfliktipisteiden määrä on 32 ja kolmihaaraliittymän yhdeksän. Turvallisuuden kannalta ongelmallisimpina konfliktipisteinä voidaan pitääristeävien liikennevirtojen välistä pisteitä, joita neliharaliittymässä on 16 ja kolmihaaraliittymässä kolme. (Tiehallinto 2002) Tasoliittymät voidaan jakaa edelleen niiden tyypin mukaan. Tiehallinnon (2001) tasoliittymien suunnitteluoheessa tasoliittymät jaetaan kuuteen perustyyppiin: avoin liittymä, tulppaliittymä, kanavoitu liittymä, porrastettu liittymä, kiertoliittymä ja valo-ohjauskisen liittymä. Nämä tasoliittymätyypit on esitetty kuvassa 6. Seuraavaksi esitellään lyhyesti eri tasoliittymätyypit.

**Avin liittymä:** Avoimessa liittymässä pää- ja sivusuuntien välissä ei ole tiemerkinnoin toteutettua sulkualuetta tai reunatuellista liikennesaareketta. Avoimen liittymän etuna on, että se vie vähän tilaa. Lisäksi se on edullinen rakentaa ja kätevä kunnossapidon kannalta. Toisaalta ongelmana voi olla vaikeus hahmottaa liittymäjärjestelyjä ajolinjojen sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden aseman suhteeseen. (Tiehallinto 2001) Liittymän havaittavuus voi olla huono, joten päteiden, maanteiden ja kaavateiden liittymissä ei tulisi käyttää avointa liittymää muuten kuin poikkeustapauksissa tilan puutteen vuoksi. Liittymätyyppi soveltuukin lähinnä vähäliikenteisille teille. (Tiehallinto 2002)

**Tulppaliittymä:** Tulppaliittymä on sivutien suunnassa kanavoitu liittymä, jossa liittymään sivutien suunnasta tulevassa haarassa on korotettu saareke tai se on kanavoitu tiemerkinnoin. Tulppaliittymää käytetään maanteiden, vilkkaiden katujen sekä kaava- ja yksityisteiden liittymissä. Liittymä on mahdollista varustaa suojaatisaarekkeella, mikäli on erityistä tarvetta varmistaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallinen tien ylitys. Tulppaliittymää voidaan hyödyntää kolmia ja neliharaliittymissä sekä porrastetuissa liittymissä. Taajamien ulkopuolisissa maantieliittymissä tulppaliittymä on yleensä kolmihaarainen. (Tiehallinto 2001) Tutkimusten mukaan neliharainen tulppaliittymä on turvallisempi kuin vastaava avoin liittymä. Kolmihaaraliittymässä sen sijaan ei ole tunnistettu olevan vastaavaa eroa. (Kulmala 1995, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002)



Kuva 6. Tasoliittymätyypit (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001).

**Kanavoitu liittymä:** Kanavoidussa liittymässä päätienvälinen ajosuunnat erotetaan toisistaan tiemerkinnoilla tai korotetuilla liikennesaarekkeilla (Tiehallinto 2001). Liittymään voidaan tehdä myös erillinen kääntymiskaista päätieltä vasemmalle tai oikealle kääntyville tai kummallekin (Peltola & Malin 2016, Tiehallinto 2001). Kolmihaaraliittymään on myös mahdollista tehdä väistötila. Tällöin päätienvälinen ajokaistaa leviennetään siten, että suoraan jatkava liikenne voi ohittaa päätieltä vasemmalle kääntyvät ajoneuvot mahdollisimman sujuvasti. Sivutie voidaan kanvoida joko tulppaliittymän tapaan korotetulla saarekkeella tai samoja periaatteita noudattaen kuin päätie. (Tiehallinto 2001) Tasoliittymäohjeessa (Tiehal-

---

linto 2001) liittymän kanavoinnin kerrotaan soveltuvan parhaiten kolmiharaliittymiin ja porrastettuihin liittymiin. Kuvassa 6 toisella rivillä vasemmalla on esitetty kanavointu liittymä, jossa pääsuunnalla on liikennesaarekkeet ja vasemmalle käänymiskaista sekä oikealla kolmiharaliittymä, jossa on toteutettu väistötilakanavointi.

Kanavoinnin myötä liittymän pääsuunnan liikenteen sujuvuus yleensä paranee. Lisäksi liittymän havaittavuus paranee ja ajoneuvojen ajolinjat selkeytyvät ohjaten autoja oikeille ajolinjoille. Toisaalta kanavointi vie tilaa, vaikeuttaa raskaan liikenteen käänymistä ja nostaa rakentamis- ja ylläpitokustannuksia. Lisäksi korotetut liikennesaarekkeet muodostavat törmäysriskin. (Tiehallinto 2001) Päätienvälinen suoraan jatkava liikenne hyötyy kanavoinnista liikenteen sujuuden parantumisen ansiosta, koska käännyvä ajoneuvo ei häiritse suoraan ajavaa liikennettä ja peräänajoriski vähenee. Tosin kanavoinnilla voi olla myös negatiivisia vaikutuksia: Ensinnäkin kanavoinnin seurauksena esimerkiksi sivutien liikenteen ylitysmatka kasvaa heidän ylittääessään päätieltä neliharaliittymässä tai porrastetussa liittymässä. Toisekseen käännyvä ajoneuvo voi muodostaa näkyvyyden peittävän katveen. Kolmantena, liikenteen sujuuden parantumisen myötä ajonopeudet voivat kasvaa päätiellä. (Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002) Tiehallinnon (2002) mukaan kanavointi voi osaltaan myös lisätä risteämisonnettomuuksia tai vasemmalle käännyvien törmäyksiä vastakkaisuunnasta suoraan ajavien kanssa.

Kolmiharaliittymään toteutettu väistötila on edullinen, se vie vähän tilaa ja on saarekkeeton, mikä vähentää törmäysriskiä pääsuunnalla. Pääsuunnalta vasemmalle käännyminen ei aiheuta juurikaan häiriötä suoraan jatkavalle liikenteelle, mikä voi vähentää peräänajo-onnettomuuksien määrää ja parantaa liikenteen sujuvuutta. Toisaalta väistötilassa on haittana liittymäalueen laajuus ja jäsentelemättömyys, ratkaisun yllättävyys ja sujuuden lisääntymisestä seuraava päätienvälinen ajonopeuksien kasvu (ELY 2011, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002). Tiehallinnon (2002) mukaan väistötilallalla ei saavuteta suurilla liikennemäärellä kanavoinnin sujuvuus- ja turvallisuushyötyjä.

**Porrastettu liittymä:** Nelihaaraliittymä voidaan porrastaa kahdeksi lähekkäin olevaksi kolmiharaliittymäksi (Tiehallinto 2001). Porrastaminen voidaan toteuttaa kahdella tapaa. Kuvassa 6 kolmannella rivillä vasemmalla on esitetty vasen-oikeaporraastettu liittymä ja oikealla oikea-vasenporraastettu liittymä. Porrastetussa liittymässä on nelihaaraliittymään verrattuna vähemmän konfliktipisteitä. Nelihaaraliittymän porrastamisen hyödyllisyden nähdään riipuvan erityisesti sivuteiden liikennemääristä sekä liikenteen suuntautumisesta. Lisäksi tulee huomioida liittymävälit ja päätienvälinen liikenteen nopeuserot. Tasoliittymäohjeen mukaan porrastaminen kannattaa yleensä sivutien liikenteen osuuden ollessa yli 5 % kokonaislukuisesta ja aina, mikäli vähäliikenteisemmän sivutien keski vuorokausiliikenne on vähintään 100 ajoneuvoa vuorokaudessa (Tiehallinto 2001). Tämä tutkimus keskittyy porrastettuihin liittymiin, joten porrastettua liittymää ja sen suunnitteluoheita käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa 3.4. Oikea-vasenporraastettu liittymä ja vasen-oikeaporraastettu liittymä on tulevissa teksteissä osin kirjoitusasultaan lyhennetty: oikea-vasenporraastus ja vasen-oikeaporraastus.

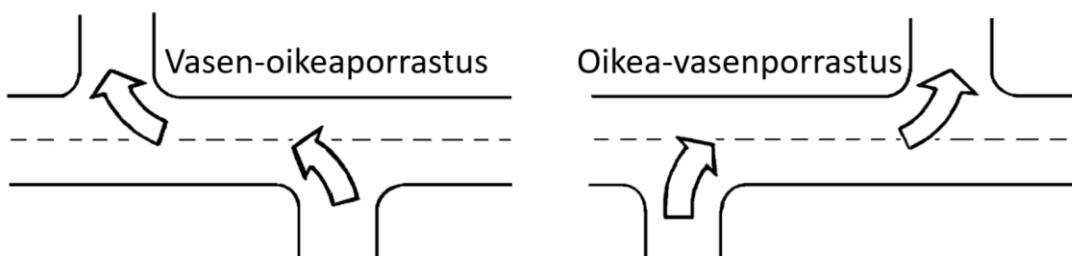
**Kiertoliittymä:** Kiertoliittymässä eli liikenneympyrässä liikenne kiertää liitty-män keskellä sijaitsevaa saareketta vastapäivään joko yhdellä tai useammalla ajokaistalla. Kiertoliittymää käytetään lähinnä taajamissa ja taajamien portti-kohdissa, ja se sopii monesti muita liittymättyypejä paremmin kaupunkikuvaan. (Tiehallinto 2001) Liittymään saapuva ajoneuvo on väistämisvelvollinen kier-to-liittymässä kulkevaan liikenteeseen nähdyn. Vasemmalle kääntyminen on tur-vallisempaa kuin muissa tasoliittymättyypeissä, sillä se on korvattu kahdella oikealle käännymisellä. Autoliikenteelle tapahtuvat onnettomuudet ovatkin yleisesti ottaen lievämpiä kuin muissa tasoliittymättyypeissä. (Tiehallinto 2002) Kiertoliittymässä ajoneuvojen suunnat ovat lähes samat, joten siitä puuttuu ko-konaan vastakkaisen ajosuuntien väliset konfliktipisteet. Kaiken kaikkiaan kon-fliktipisteiden määrä on 20, joista risteävien virtojen välisiä konfliktipisteitä on neljä. Nelihaaraliittymissä on neljä kertaa enemmän risteävien liikennevirojen välisiä konfliktipisteitä kuin kiertoliittymässä. (Tiehallinto 2002) Kiertoliittymien turvallisuus on noussut esiin monissa tutkimuksissa (Peltola & Malin 2016, Kuit-tinen 2017, Montonen 2008).

Pääteiden tehtävänä on tarjota liikenteelle paitsi turvalliset myös sujuvat ja suh-teillisen nopeat yhteydet. Maaseudun päätieympäristössä kiertoliittymää voi-daan pitää poikkeavana ratkaisuna, sillä se vähentää erityisesti raskaan liiken-teen sujuvuutta. Kiertoliittymä ei juurikaan suositella käytettävän taajamien ul-kopuolella päätieverkolla, jolla eritasoliittymät, muut tasoliittymät, kuten por-rastetut liittymät, tai sivutien liikennekuorman keventäminen verkollisten toi-mien kautta ovat ensisijaisesti käytettyjä ratkaisuja turvallisuuden parantami-sessa. (Tiehallinto 2002)

**Valo-ohjausinen liittymä:** Valo-ohjauksesta tasoliittymiä käytetään lähinnä vilkkaissa taajamissa. Niissä liikennettä ohjataan liikennevaloilla. Valo-ohjauksen kautta voidaan erottaa toisistaan paitsi risteävät liikennevирrat myös ajo-neuvoliikenne sekä jalankulkijat ja pyöräilijät. (Tiehallinto 2001)

### 3.4 Porrastetun liittymän suunnitteluohejet

Tasoliittymäohjeessa on esitetty suunnitteluohejet porrastetun liittymän toteu-tukselle. Porrastetussa liittymässä sivutiet voivat olla porrastustavasta riipp-uen joko järjestysessä oikea-vasen tai vasen-oikea. Oikea-vasenporrastuk-sessa sivutielta tuleva liikenne käännyy ensin sivutielta oikealle ja sitten pää-tielta vasemmalle. (Tiehallinto 2001) Vasen-oikeaporrastuksessa puolestaan si-vutielta tuleva liikenne käännyy ensin sivutielta vasemmalle ja tämän jälkeen päätieltä oikealle. Kuvassa 7 on esitelty mahdolliset porrastustavat.

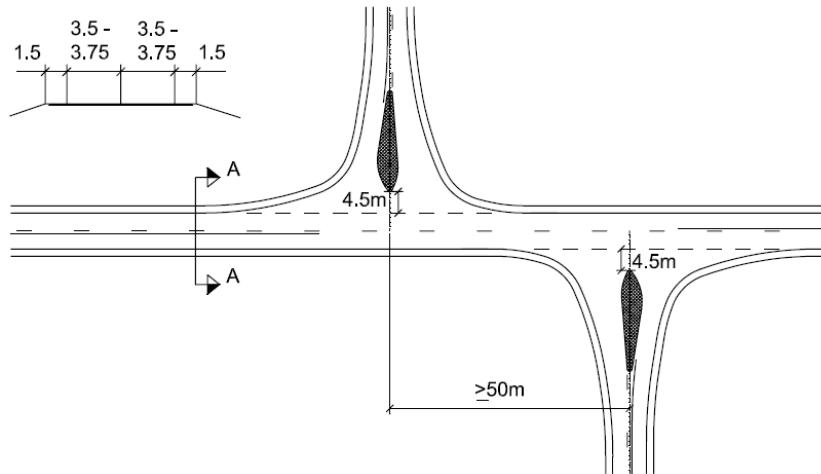


Kuva 7. Porrastustavat (muokattu lähteestä Tiehallinto 2001).

Porrastustapaa valittaessa on otettava huomioon turvallisuus. Maaseudulla, jossa on suuret nopeudet ja pienet liikennemäärit, käänymisen pääsuunnalta vasemmalle on todettu olevan riskialttein käänymissuunta. Suunnitteluoheissa suositellaankin käytettäväksi maaseudulla vasen-oikeaporrausta, koska siinä pääsuunnalta vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen määrä on pienempi kuin oikea-vasenporrastuksessa. Vasen-oikea porrastustapa häiritsee myös vähiten sujuvuutta päätienvälistä. Sen sijaan taajamissa, joissa on alhaiset nopeudet ja suuret liikennemäärit, on liittyminen sivusuunnasta vasemmalle päävirtaan todettu hankalaksi. Taajamissa suositellaan käytettäväksi oikea-vasenporrausta. Oikea-vasenporraustus lisää liittyvän liikenteen sujuvuutta, sillä se helpottaa liittymistä päätienvälistä. Sivusuunnan vasemmalle käänymistarve on vasen-oikeaporrausta pienempi. Toisaalta vasemmalle käänymiskaistojen tarve lisääntyy, koska tämä porrastustapa lisää pääsuunnalta vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen määrää. Oikea-vasenporraustus myös osaltaan lisää oikealle kääntyvien ajoneuvojen ja oikealta tulevien pyöräilijöiden välistä onnettomuusriskiä. (Tiehallinto 2001)

Vaikka maaseutu- ja taajama-alueiden porrastustavoista on suunnitteluoheissa suositukset, vaikuttavat liikenneturvallisuuden lisäksi lopulliseen porrastustavan valintaan myös muut asiat. Tällaisia ovat muun muassa paikalliset olosuhteet, olemassa oleva liittymäjärjestely, kapasiteetti ja rakentamiskustannukset (Tiehallinto 2001). Esimerkiksi ympäristön muodot ja käytettävissä oleva tila voivat määritätä porrastustavan valinnan. Liittymän kapasiteetin takia valinta voi kallistua oikea-vasenporrastkseen, sillä siinä on yleensä vasen-oikeaporraastetusta suurempi kapasiteetti. Oikea-vasenporraustuta käytetään myös tavallisesti siinä tapauksessa, mikäli päätiellä on tarvetta vasemmalle käänymiskaistolle. Myös mikäli porrastetussa liittymässä on tarvetta liikennevaloille, on oikea-vasenporraustus huomattavasti vasen-oikeaporrausta parempi vaihtoehto. Valo-ohjausta käytetäänkin tyypillisesti taajamassa, jossa ohjeen mukaan tulee suosia oikea-vasenporraustaa. Valo-ohjauksessa liikennevalojen vaihekaavio tulee suunnitella mahdollisimman sujuvaksi siten, ettei liittymäalue tukkeudu liittymään pysähtyvien ajoneuvojen takia. (Tiehallinto 2001)

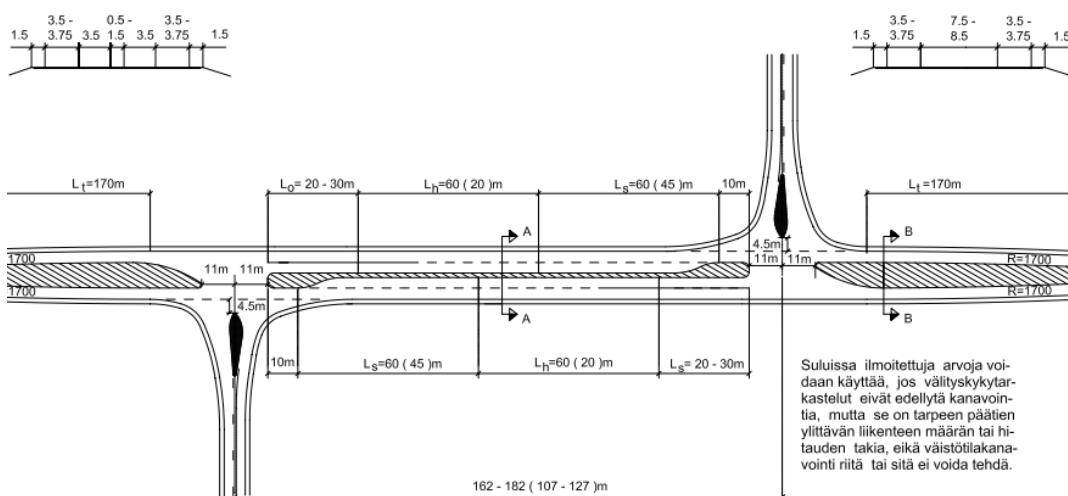
Porrastetussa liittymässä porrastusväli tulee olla vähintään 50 metriä, mikäli pääsuuntaa ei ole kanavoitu käänymiskaistoin (Tiehallinto 2001). Tämä on havainnollistettu kuvassa 8, jossa on esitetty ilman käänymiskaistoja toteutetun vasen-oikeaporraastetun liittymän minimiporrastusväli. Kuvan liittymässä on siivuteillä tulppasaarekkeet.



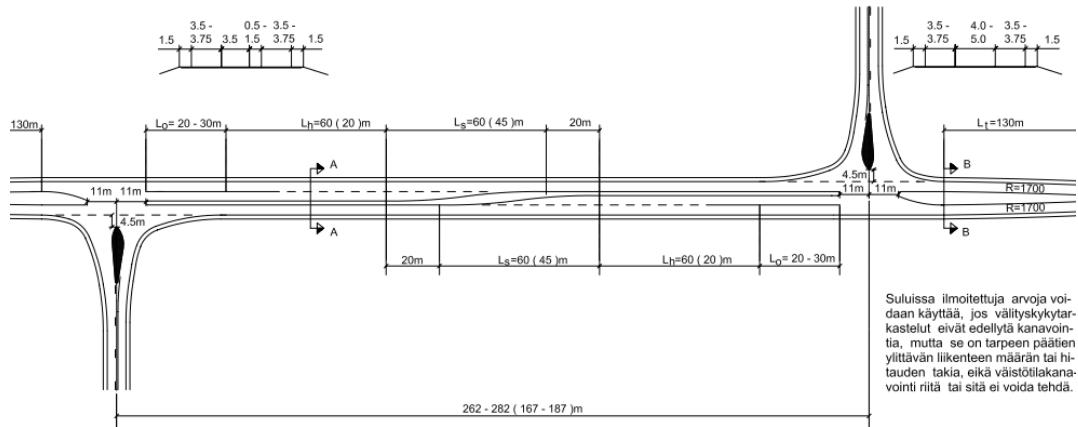
**Kuva 8.** Vasen-oikeaporrastuksen minimiporrastusväli tasoliittymäohjeen mukaan (Tiehallinto 2001).

Mikäli vasen-oikeaporrastuksessa on oikealle käänymiskaista tai varaus sille, tulee porrastusvälin olla tarpeeksi pitkä. Päätienväistävät hitaat ajoneuvot kuten maatalousajoneuvot voivat lisätä oikealle käänymiskaistan tarvetta vasen-oikeaporraستetussa liittymässä nelihaaraliittymään verrattuna. Porrastetusta liittymästä on olemassa myös vähemmän käytetty erikoistapaus miniporrastus, jossa porrastusväli on alle 10 metriä. (Tiehallinto 2001)

Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle käänymiskaistat voivat sijaita rinnakkain tai peräkkäin. Kuvissa 9 ja 10 on havainnollistettu oikea-vasenporraستetun liittymän vasemmalle käänymiskaistojen sijoittelu toisiinsa nähden. Kuvassa 9 on esitetty oikea-vasenporrastuksen rinnakkain sijaitsevat ja kuvassa 10 peräkkäin sijaitsevat vasemmalle käänymiskaistat. Kuvien porrastetuissa liittymissä päätie on kanavoitu ja sivuteillä on tulppasaarekkeet.



**Kuva 9.** Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle käänymiskaistat rinnakkain (Tiehallinto 2001).



**Kuva 10. Oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat peräkkäin (Tiehallinto 2001).**

Mikäli liittymässä on paljon päätiä ylittäviä erityisen hitaita ajoneuvoja kuten maatalousajoneuvoja, sijoitetaan kääntymiskaistat yleensä rinnakkain. Lisäksi kaistat on tasoliittymäohjeen mukaan hyvä muotoilla siten, että sivutielä tulevat ajoneuvot voivat ajaa mahdollisimman nopeasti vasemmalle kääntymiskaisalle. Mikäli oikea-vasenporrastuksen vasemmalle kääntymiskaistat sijaitsevat peräkkäin, tulee porrastusvälin olla vähintään 100 metriä. (Tiehallinto 2001)

## 4 Turvallisuusnäkökulma porrastetuissa liittymissä

### 4.1 Liikenneturvallisuus ja onnettomuusmallit

Turvallisuus on koko yhteisön ja järjestelmän dynaaminen ominaisuus. Se ei ole pysyvä tila, vaan sitä koko ajan rakennettava (Reiman 2015). Liikenneturvallisuus voidaan nähdä liikennejärjestelmän ominaisuutena ja arvona, sekä samalla yhtenä liikennejärjestelmätyön ja -politiikan tavoitteena (Ahlroth & Pöllänen 2011). Objektiivinen eli todellinen turvallisuus perustuu todellisten, tapahtuneiden, onnettomuuksien määrään. Se voi olla numeerista tai sitä voidaan kuvata riskinä. Subjektiivinen eli koettu turvallisuus kuvaa sitä, miten paljon ihmiset uskovat siihen, että on olemassa riski onnettomuudelle ja miten vaarallisena he pitävät liikennettä (Sørensen & Mosslemi 2009). ELY-keskuksille tulleen palautteen mukaan osa tienkäyttäjistä kokee porrastetut liittymät vaarallisina erityisesti jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille. Tämä liittyy turvallisuuden komiseen eli subjektiiviseen turvallisuuteen. Porrastetuissa liittymissä esimerkiksi ajoneuvojen nopeudet voivat vaikuttaa tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen. Erityisesti ylinopeuksien on tunnistettu aiheuttavan turvattomuutta tienkäyttäjille (Klang et al. 2015). Klangin et al. (2015) mukaan ylinopeudet aiheuttavat turvattomuutta erityisesti lapsissa ja heidän vanhemmissaan sekä suojaamattomissa tienkäyttäjissä.

Tarkastelemalla myöhemmin onnettomuusdataa porrastetuista liittymistä voidaan onnettomuusdataan perustuvaan objektiiviseen turvallisuuteen peilaten analysoida, miten merkittävässä määrin ja missä tilanteissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuu onnettomuuksia. Tätä kautta voidaan pohtia, ovatko porrastetut liittymät todella turvattomia suojaamattomille tienkäyttäjille vai onko kyse enemmänkin turvattomuuden kokemisesta. Taulukossa 2 on selvennetty subjektiivisen ja objektiivisen turvallisuustilanteen kohtaamista toisiinsa nähdin.

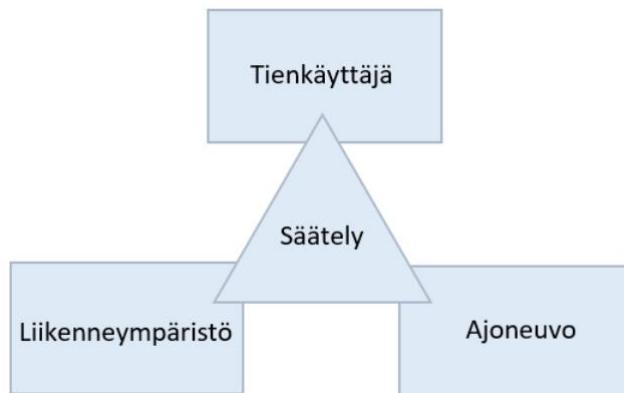
*Taulukko 2. Subjektiivisen ja objektiivisen turvallisuustilanteen kohtaaminen (muokattu lähteestä Ahlroth & Pöllänen 2011).*

| Subjektiivinen, koettu turvallisuustilanne    |        |  |
|---|--------|--|
| Objektiivinen, todellinen turvallisuustilanne | Heikko | Hyvä   |
|   | Heikko | Näkemykset kohtaavat   |
|   | Hyvä   | Tilanne koetaan turvattomaksi kuin se onkaan, jolloin tilanne voidaan kokea pelottavana ja liikkumista saatetaan rajoittaa |

Todellinen liikenneturvallisuustilanne voi erota suurestikin koetusta liikenne-turvallisuustilanteesta (taulukko 2). Eroa voi olla molempien ääripäihin: Tilanne liikenteessä voidaan kokea turvallisemmaksi kuin se todellisuudessa on tai tilanne voidaan kokea todellista tilannetta turvattomammaksi (Ahlroth & Pöllänen 2011, Heltimo & Korhonen 2016). Lisäksi Heltimo ja Korhonen (2016) huomauttavat, että liikenne tai liikenneympäristö voidaan kokea myös samaan aikaan sekä turvallisena että turvattomana riippuen siitä, keneltä kysytään.

Suomessa liikenneturvallisuustyötä ohjaa nollavisioksi kutsuttu liikenneturvalisuuusvisio, jonka mukaan tieliikennejärjestelmä on suunniteltava siten, ettei kenenkään tarvitse kuolla tai loukkaantua vakavasti liikenteessä. Vision lähtökohtana on, että liikennejärjestelmä tulee suunnitella ihmisen toimintamahdollisuudet ja kyvyt huomioon ottaen siten, että ehkäistään kuolemat ja loukkaantumiset. Vastaavasti tienkäyttäjiltä edellytetään sääntöjen noudattamista ja turvalitteiden käyttöä. (LVM 2012) Visio on lähtökohtana kaikelle liikennesuunnittelulle ja koskee myös porrastettuja liittymiä. Tienkäyttäjien sääntöjen noudattamista valvotaan ja mikäli niitä ei noudateta, on olemassa erilaisia sanktioita (LVM 2016). Liikenneturvallisuustyössä tähdätään jatkuvaan turvallisuuden parantamiseen. Suomen tieliikenteen turvallisuustavoitteena on liikennekuolemien määrän puolittaminen ja loukkaantumisten määrän vähentäminen neljännessellä vuoden 2010 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Käytännössä tämä tarjoittaa, että vuonna 2020 tieliikenteessä kuolisi enintään 136 henkilöä ja loukkaantuisi enintään 5750 henkilöä. Tieliikenteen turvallisuus on pitkällä aikavälillä parantunut, sillä liikenneturvallisuutta on kehitetty määrätietoisesti. (LVM 2012) 2000-luvun alussa liikennekuolemien määrä laski noin 30 % ja loukkaantuneiden määrä noin 10 % (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015).

Liikenneturvallisuusteoriat tarjoavat lähtökohtia liikenneturvallisuuden kokonaisuuden ymmärtämiseen ja teorioiden pohjalta voidaan myös kehittää liikenneturvallisuustyötä. Järjestelmäteoria käsittää liikennejärjestelmän ajoneuvon, tienkäyttäjän ja liikenneympäristön sekä edellisten säätelyn välisiksi vuorovai-kutussuhteiksi (Luoma & Roine 2009). Liikennejärjestelmän kokonaisuus on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Liikennejärjestelmän kokonaisuus (muokattu lähteestä Roine & Luoma 2009).

Porrastettuja liittymiä tarkasteltaessa varsinainen liittymäratkaisu ja sen ympäristö kuten tienvierialue edustavat kuvan 11 liikenneympäristöä. Tienkäyttäjiä ovat kaikki porrastetussa liittymässä liikkujat: ajoneuvojen kuljettajat, jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat. Ajoneuvo kuvastaa kulkuvälaineitä, joilla liittymässä liikutaan. Kaikkia edellä mainittuja ohjataan ja säädellään laein ja ohjeistuksin, esimerkiksi tien kunnossapitovaatimuksilla, nopeusrajoituksilla ja ajoneuvoihin liittyvillä vaatimuksilla. Järjestelmäteorian mukaan onnettomuudet ovat seurausta liikennejärjestelmän osien vuorovaikutusten epäonnistumisesta. Teoriassa oletetaan, ettei voida osoittaa, jonkin tietyn osan merkityksen olevan liikenneturvallisuuden kannalta toisia ratkaisevampi. Järjestelmäteoriassa hyväksytään ihmisten tekevän virheitä. Virheitä tapahtuu, koska järjestelmää ei ole suunniteltu ja sopeutettu ihmisen ominaisuuksiin. Kiinnostavaa onkin pohtia, miksi ihmiset tekevät virheitä ja, millaisia tehdyt virheet ovat. Näistä lähtökohdista turvallisuustoimenpiteitä onkin haettu teknisten osien kehittämislle ja pyritty suunnittelemaan ihmisen edellytykset ja mahdollisuudet paremmin huomioon ottavia liikenneympäristöjä ja ajoneuvoja. (Luoma & Roine 2009)

Järjestelmäteorian teknisellä lähestymistavalla on omat puutteensa. Se ei huomio sitä, että vaikka ajoneuvo ja liikenneympäristö olisivat kuinka hyvin suunniteltuja, tekee ihminen silti virheitä. Theeuwesin ja Godtelpin (1995) mukaan inhimilliset virheet, kuten puutteelliset odotukset ja väärät tulkinnat, ovat osateki-joinä valtaosassa liikenneonnettomuksista. Tienkäyttäjien käyttäytymiseen liikenteessä vaikuttavat erilaiset asenteet, opitut tavat ja säännöt (Ahlroth & Pöllänen 2011). Järjestelmäteoriaa täydentämään onkin ollut syytä ottaa käyttäytymisteorioita, joissa tutkitaan esimerkiksi ihmisten käyttäytymistä ja sitä, miten tienkäyttäjät sopeuttavat toimintaansa erilaisten toimenpiteiden seurauksena (Luoma & Roine 2009). Onnettomuksien syitä selvitettäessä ja turvallisuustoimenpiteitä kehitettäessä tulisikin lähtökohdiksi ottaa sekä järjestelmä- että käyttäytymisteoria. Onnettomuksien syyt tieliikenteessä voidaan jakaa tienkäyttäjän virheisiin, liikenneympäristön puutteisiin sekä ajoneuvon puutteisiin ja vikoihin (Ahlroth & Pöllänen 2011). Käytännössä liikenneympäristöön liittyvät puutteet porrastettujen liittymien osalta voivat tarkoittaa esimerkiksi puutteellisia kaista- tai saarekejärjestelyjä tai alikulun puuttumista jalankulkijoille ja pyöräilijöille. Tienkäyttäjä voi tehdä virheen esimerkiksi lähestymällä porrastettua liittymää liian suurella tilannenopeudella, eikä hän ehdi tarpeeksi alentamaan nopeutta liittymässä hitaan min ajavaan ajoneuvoon nähdien, mikä voi johtaa peräänaajoon. Ajoneuvossa mahdollinen puute voi olla esimerkiksi huonokuntoiset talvirenkaat, jotka lisäävät tieltä suistumisen riskiä talvella. (Liikenne-turva 2019, Malmivuo & Luoma 2014, Uljas et al. 2015)

Haddonin matriisi on malli, jossa tarkastellaan onnettomuuksien syytekijöitä ja aikaulottuvuutta. Syytekijät jaetaan tarkastelun mukaan kolmeen osaan eli ihmisiin, teknisiin ja ympäristöön liittyviin tekijöihin. Syytekijät voidaan jakaa myös neljään osaan erottamalla toisistaan fyysinen ja sosiaalinen ympäristö. Sosiaalinen ympäristö on huomio esimerkiksi erilaiset säättelyyn liittyvät tekijät kuten lait ja rajoitukset. (Ahlroth & Pöllänen 2011, Eksler 2007, Haddon 1983) Haddonin matriisissa turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä tarkastellaan onnettomuutta edeltävän vaiheen (pre-crash), varsinaisen onnettomuushetken (crash) ja onnettomuuden jälkeisen vaiheen (post-crash) osalta (Ahlroth & Pöllänen 2011). Pre-crash-vaiheessa tavoitteena on estää onnettomuuksien syntyminen. Mikäli onnettomuus pääsee kuitenkin tapahtumaan, pyritään onnettomuushetkellä (crash) estämään vammojen syntymisen siten, että ihmiseen kohdistuu mahdollisimman vähän vahinkoa. Viimeisessä eli post-crash-vaiheessa

pyritään turvaamaan onnettomuuden uhrien hengissä säilyminen ja lieventämään onnettomuuden seurauksia. (Ahlroth & Pöllänen 2011, Haddon 1983)

Liikenneturvallisuustyössä pyritään ehkäisemään onnettomuuksien syntymistä ja niiden vaikutuksia erilaisin toimenpitein. Tieliikenteen turvallisuuden parantaminen on jatkuva ja pitkäjänteistä työtä, joka vaatii sekä liikenneympäristöön ja kulkuneuvoihin kohdistuvia toimia, että ihmisen asenteisiin, motiiveihin ja taitoihin vaikuttamista (Heltimo & Lautala 2013, LVM 2012). Taulukossa 3 tieliikenteen turvallisuustoimia on jaoteltu Haddonin matriisiin pohjautuen kuvan 11 liikennejärjestelmän kokonaisuuden tienkäyttäjäään, ajoneuvoon, liikenneympäristöön ja säätelyyn liittyviin tekijöihin.

*Taulukko 3. Tieliikenteen turvallisuuteen vaikuttavia toimia (Ahlroth & Pöllänen 2011, ELY 2011, Haddon 1983, Heltimo & Lautala 2013, Luoma & Roine 2009, LVM 2012, Supreme 2007)*

| Vaiheet ja tavoitteet                                   | Tekijät  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
|   | Tienkäyttäjä   | Ajoneuvo   | Ympäristö  | Säätely   |
| <b>Pre-crash</b><br>onnettomuuden estäminen             | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Sääntöjen noudattaminen, motivaatio ja asenteet</li> <li>•Varataan matkaan riittävästi aikaa</li> <li>•Riittävä lepo</li> <li>•Ajetaan terveenä</li> <li>•Turhien matkojen karsiminen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Kunnossapito ja huolto</li> <li>•Aktiiviset turvalaitteet (esim. renkaat, ajovalot, jarrut, luistonesto, nopeuden säättelyjärjestelmä, turvavyömuistutin)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Kunnossapito</li> <li>•Maankäytön ja teiden suunnitteluturvalliset suunnitteluratkaisut</li> <li>•Eri liikenne-muodot omilla väylillään</li> <li>•Selkeys, sujuvuus, ennakoitavuus</li> <li>•Opastus ja ohjaus</li> <li>•Järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lait ja määräykset (esim. liikennesäännöt, ajo-oikeus, ajolupa, nopeusrajoitus, promillelaki)</li> <li>•Opastus ja ohjaus</li> <li>•Valvonta (esim. nopeus, turvalaitteiden käyttö, puhelin ajon aikana, päihteet)</li> <li>•Asenteisiin vaikuttaminen ja liikennekasvatus</li> <li>•Informaatio (esim. onnettomuudet, sääolosuhteet, tietyöt)</li> </ul> |
| <b>Crash</b><br>Vammojen estäminen onnettomuuden aikana | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Turvavyön käyttäminen</li> <li>•Suojavaate-tuksen ja kypärän käyttäminen kaksipyöräisillä</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Passiiviset turvalaitteet (esim. turvavyö, turvatyynyt)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tieympäristön pehmentäminen ja turvalliset tienvierialueet</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lait ja määräykset (esim. turvavyö-pakko, autoon liittyvät määräykset)</li> </ul>   |
| <b>Post-crash</b><br>uhrien hengissä säilyminen         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Ensiaputaidot ja nopea hoitoon pääsy</li> <li>•Puhelin avun kutsumiseksi</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Automaattinen hätävies-tipalvelu</li> <li>•Pääsyn helpous</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Pelastuslaitteet tienvarsilla</li> <li>•Esteetön pääsy onnettomuuspaikalle</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Pelastusviranomaisten toiminta (poliisi, palokunta, terveydenhuolto)</li> </ul>   |

Säätely vastaa Haddonin matriisin neljättä tekijää, sosiaalista ympäristöä, jolla voidaan vaikuttaa liikennejärjestelmän muihin osiin esimerkiksi lainsäädännön, ohjaksen ja valvonnan kautta (taulukko 3). Luvussa 4.4 keskitytään tarkastelemaan liikenneturvallisuuden parantamista tasoliittymässä liikenneympäristön osalta, koska ympäristöön liittyviin tekijöihin voidaan porrastettujen liittymien suunnittelulla vaikuttaa eniten. Vaikka työn laajuuden rajaamiseksi turvallisuuden edistämisen tarkastelun kohteena onkin lähinnä ympäristö, on kaikilla taulukkoon 3 poimituilla liikennejärjestelmän turvallisuuteen vaikuttavilla tekijöillä ja toimilla tärkeä merkitys kokonaivaltaisessa liikenneturvallisuustyössä, eikä niiden merkitystä tule vähentää. Tämän vuoksi myös muita tekijöitä ja toimenpiteitä on koottu esimerkin omaisesti taulukkoon 3, vaikkei niitä tarkemmin tässä työssä käsitellä. Luvun 4.4 tarkastelu sijoittuu erityisesti taulukon 3 pre-crash ja crash-vaiheiden alueelle.

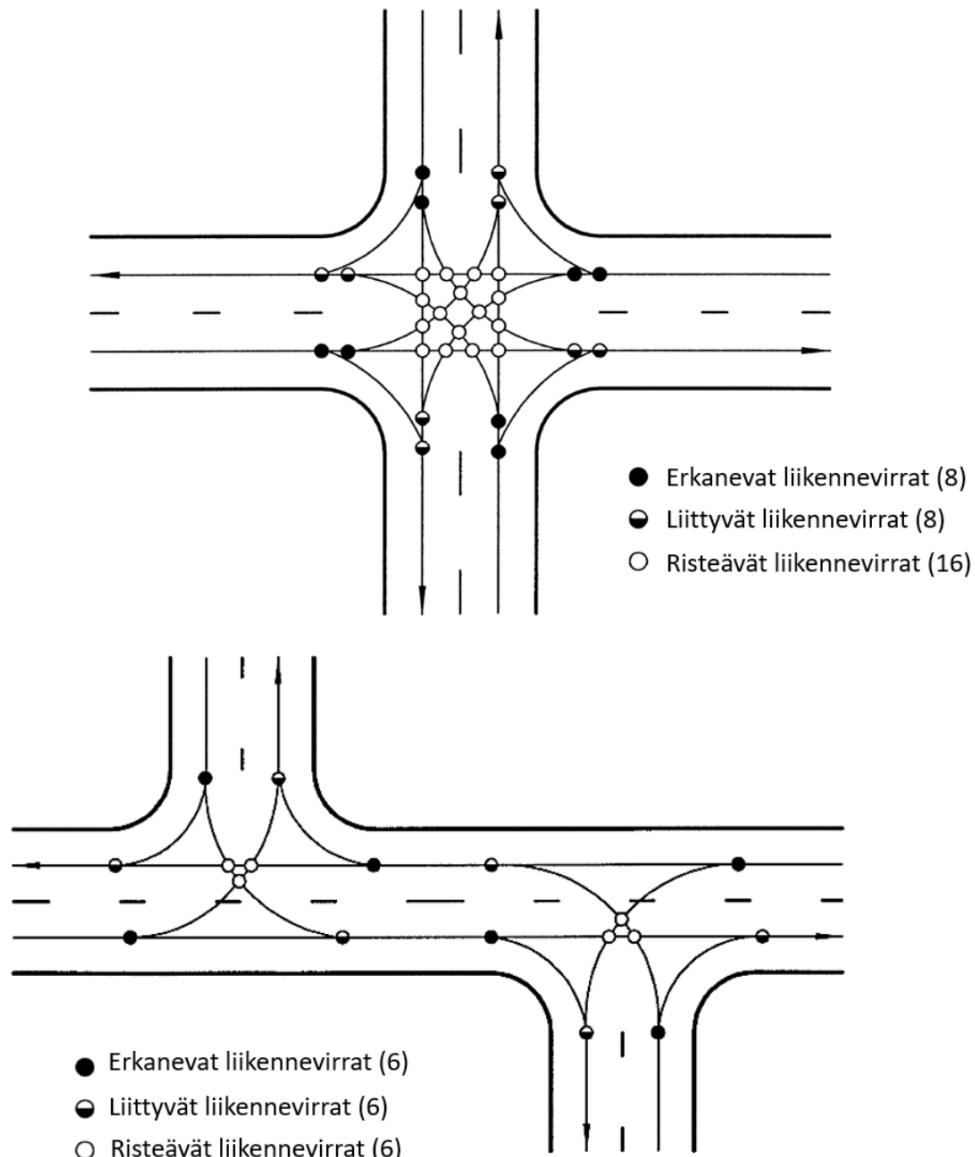
## 4.2 Porrastettujen liittymien turvallisuus

Seuraavassa esitellään porrastetuista liittymistä löytyneitä tutkimustuloksia ja esitetään ne lihavoitujen väliotsikoiden alla jäsenneltynä. Lopuksi esitetään yhteenvetö tuloksista.

### **Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää konfliktipisteitä ja risteämisonnettomuksia**

Nelihaaraliittymän muuttamista porrastetuksi liittymäksi pidetään turvallisuutta edistävänä toimenpiteenä, erityisesti konfliktipisteiden määrän vähentämisen takia nelihaaraliittymään verrattuna (Bared & Kaisar 2001, Bowen et al. 2014, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002). Kuvassa 12 on esitetty nelihaaraliittymän ja porrastetun liittymän konfliktipisteet. Nelihaaraliittymässä on yhteensä 32 konfliktipistettä. Konfliktipisteistä kahdeksan on liittyvien ja kahdeksan erkanevien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä, joihin liittyvät onnettomuudet ovat tyypillisesti peräänajoja ja kylkiosumia. Lisäksi nelihaaraliittymässä on 16 risteävien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä. (Mahalel et al. 1986, Rodgerdts et al. 2004) Edellisistä 12 liittyy vasemmalle käännyviin ajoneuvoihin, kun vasemmalle käännyvä ajoneuvo ja johonkin muuhun suuntaan menevä ajoneuvo kohtaavat toisensa. Neljä muuta risteävien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä käsittää suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen törmäämisen toisiinsa (angle collision). (Rodgerdts et al. 2004)

Porrastetussa liittymässä konfliktipisteitä on tarkastelutavasta riippuen 18 tai 22. Kuvassa 12 on esitetty useassa julkaisussa tunnistetut porrastetun liittymän 18 konfliktipistettä (Bared & Kaisar 2001, Mahalel 1986, Rodgerdts et al. 2004). Konfliktipisteiden määrän voidaan ajatella olevan myös suurempi eli 22 (Bowen et al. 2014, Hughes 2010, Elvik et al. 2009), mikäli sivuteiden haaroissa olevat erkanevien liikennevirtojen ja liittyvien liikennevirtojen väliset konfliktipisteet laskeataan mukaan kahdesti (Klunder et al. 2006). Kuvan 12 mukaan porrastetussa liittymässä on kuusi erkanevien liikennevirtojen, kuusi liittyvien liikennevirtojen ja kuusi risteävien liikennevirtojen välistä konfliktipistettä (Mahalel et al. 1986, Rodgerdts et al. 2004).



Kuva 12. Nelihaaraliittymän (ylhäällä) ja porrastetun liittymän (alhaalla) konfliktipisteet (muokattu lähteistä Rodgerdts et al. 2004, s. 222, FHWA 2018).

Porrastetussa liittymässä on risteävien liikennevirtojen välisiä konfliktipisteitä huomattavasti vähemmän kuin nelihaaraliittymässä ja näistä kaikki liittyvät vaasemalle kääntyvään ajoneuvoon (Rodgerdts et al. 2004). Suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen törmäämiset toisiinsa puuttuvat kokonaan (Rodgerdts et al. 2004), jolloin varsinaisia risteämisonnettomuuksia ei synny kuten nelihaaraliittymässä (Vejregler 2018).

## **Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää vaikutuksen riippuessa erityisesti sivusuunnan osuudesta liittymään saapuvien ajoneuvojen määrässä**

Norjalaisen Elvikin et al. (2009) tekemän liikenneturvallisuuskäsikirjan yhteyden mukaan nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutuksen suuruus riippuu sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuudesta. Sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuuden ollessa pieni ei liittymän porrastaminen paranna turvallisuutta. Jos sivusuunnan liikenteen osuus on 15–30 %, vähentää liittymän porrastaminen henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 25 %. Sivusuunnan liikenteen osuuden ollessa yli 30 % vähentää liittymän porrastaminen henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 33 %. (Elvik et al. 2009)

Myös suomalaisen Kulmalan (1995) väitöskirjan ja Brüden ja Larssonin (1987) toteuttaman ruotsalaisen tutkimuksen mukaan porrastamisen vaikutuksen suuruus riippuu sivusuunnasta saapuvien autojen osuudesta. Kulmalan (1995) mukaan nelihaaraliittymän porrastaminen parantaa liittymän turvallisuutta erityisesti henkilövahinko-onnettomuuksissa sivutien osuuden liittymään saapuvista ajoneuvoista ollessa yli 5 %. Mikäli puolet liittymään saapuvista ajoneuvoista tulee sivutieltä, vähenee henkilövahinko-onnettomuuksien määrä 23 %. (Kulmala 1995) Brüden ja Larssonin (1987) tutkimuksen mukaan vaikutus kasvaa sitä enemmän, mitä suurempi on sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuus (yli 10 %). Vaikutuksen todettiin olevan suurempi myös porrastusvälin ollessa pienempi (alle 300 m). Kaiken kaikkiaan Brüden ja Larssonin (1987) tutkimuksen perusteella liittymän porrastaminen vähentää kaikkien onnettomuuksien määrää 0–40 %. Vasen-oikeaporrastuksen nähtiin vähentävän onnettomuuksien määrää 4 % ja oikea-vasenporrastuksen puolestaan lisäävän onnettomuuksia 7 %. Edellä mainittu ero ei ollut tilastollisesti merkittävä. (Brüde & Larsson 1987)

Tanskan tieviranomaisen (Vejdirektoratet 2014) esittelemässä tanskalaissessä tutkimussa vuodelta 1999 analysoitiin porrastuksen turvallisuusvaikutusta tutkimalla 17 liittymää, jotka oli muutettu nelihaaraliittymästä porrastetuksi liittymäksi. Suurin osa oli vasen-oikeaporrastuksia. Tulosten mukaan henkilövahinko-onnettomuuksien määrä väheni 73 % ja omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä 47 %. (Vejdirektoratet 2014) Tutkittujen liittymien määrä oli tilastollisesti pieni, mutta on hyvin linjassa muiden tutkimusten kanssa siinä, että onnettomuuksien määrä vähenee. Yleisesti ottaen tanskalaissessa käsikirjassa arvioidaan porrastetun liittymän olevan 50 % turvallisempi kuin vastaava nelihaaraliittymä (Vejregler 2018).

Yhdysvaltaisten Mahalelin et al. (1986) tarkasteleman ennen-jälkeen-tutkimuksen mukaan liittymän porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää 60 %. Vasen-oikeaporrastuksen nähtiin vähentävän onnettomuuksia oikea-vasenporrausta enemmän. (Mahalel et al. 1986) Baredin ja Kaisarin (2001) tekevä tuoreemman yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan nelihaaraliittymän muuttaminen porrastetuksi liittymäksi vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää noin 40 % ja kaikkien onnettomuuksien määrää 20–30 %.

Schnüllin ja Richterin (1994) saksalaisessa tutkimussa vertailtiin nelihaaraliittymiä ja porrastettuja liittymiä. Tulosten mukaan porrastettujen liittymien onnettomuuksasteet ovat noin 10 % ja onnettomuuskustannukset noin 50 % pienempiä kuin nelihaaraliittymien vastaavat arvot (Schnüll ja Richter 1994). Myös suomalaisessa Peltolan ja Malinin (2016) tutkimussa porrastettujen liitty-

mien onnettomuuskustannuksien saapuvien autojen määrää kohti nähtiin olevan vastaavia nelihaaraliittymää pienemmät. Alhaisemmat onnettomuuskustannukset selittyivät Peltolan ja Malinin (2016) mukaan kolmihaaraliittymien pienemistä kuolemanriskeistä saapuvien autojen määrää kohti.

Bennet ja Blackmore (1970) osoittivat läpi menevän liikenteen olevan nelihaaraliittymässä kolme kertaa vaarallisempaa kuin porrastetussa liittymässä tapahtuvat oikealle ja vasemmalle käänymiset (Mahalel et al. 1986). Crausin (1983) mukaan liittymissä, joissa sivutien liikennemäärä on korkea, nelihaaraliittymässä tapahtuvien onnettomuuksien määrä on kaksinkertainen verrattuna porrastettuun liittymään (Mahalel et al. 1986). Mahalel et al. (1986) perustelevat Crausin (1983) tutkimustulosta sillä, että sivutien liikennemäärän ollessa korkea voivat nelihaaraliittymän sivutiet ja päätie näyttäytyä hierarkialtaan samanlaisilta. Tällöin kuljettaja ei välttämättä tiedä, mikä on päätie, mikä aiheuttaa sekaannusta liikenteen järjestykssä (Mahalel et al. 1986).

Hummelin (2001) raportin yhteenvedon mukaan onnettomuusasteet Yhdysvalloissa ja useissa Euroopan maissa todistavat porrastettujen liittymien olevan nelihaaraliittymää turvallisempia ja nelihaaraliittymän korvaaminen porrastetulla liittymällä nähdäänkin tehokkaana turvallisuustoimenpiteenä sekä Yhdysvalloissa että Euroopassa. Lisäksi Hummelin (2001) raportissa oli vertailtu nelihaaraliittymien ja porrastettujen liittymien onnettomuusasteita (onn./milj.ajon.) viitaten eri lähteisiin, joissa kaikissa on porrastetun liittymän onnettomuusasteen on tunnistettu olevan nelihaaraliittymää pienempi: Kuciemban ja Cirillon (1992) yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan maantieliittymissä nelihaaraliittymän keskimääräinen onnettomuusaste on 1,35 ja porrastetun liittymän alle puolet tästä eli 0,58. Ogden (1996) käsittelemän australialaisen julkaisun mukaan henkilövahinko-onnettomuuksissa onnettomuusaste maantieliittymissä on nelihaaraliittymän osalta 0,53 ja porrastettujen liittymien osalta 0,29. Layfielin et al. (1996) toteuttamassa englantilaisessa tutkimuksessa onnettomuusasteet henkilövahinko-onnettomuuksille olivat nelihaaraliittymissä 0,33 ja porrastetuissa liittymässä 0,23.

### **Porrastetussa liittymässä on turvallisuussetujen lisäksi myös joitakin toiminnallisia etuja**

Vaikka porrastetun liittymän suurin etu on turvallisuus, on sillä lisäksi myös joitakin toiminnallisia etuja (Mahalel et al. 1986). Ensinnäkin porrastetussa liittymässä väistämisvelvollisuusjärjestelyt ovat nelihaaraliittymää helpommat hahmottaa. Porrastetun liittymän muodosta johtuen päätienvaihto on selkeämpi ja sivutiet on helpompi tunnistaa kuin nelihaaraliittymässä. (Mahalel et al. 1986) Päätie on tavallisesti liikennemäärältään merkittävämpi tie, jonka liikennettä sivuteiltä tulevan liikenteen on välttettävä (Mahalel et al. 1986, Vejregler 2018).

Sen lisäksi, että porrastetussa liittymässä on paitsi vähemmän konfliktipisteitä, ovat konfliktipisteet levittäytyneet laajemmalle kuin nelihaaraliittymässä. Käytännössä konfliktipisteiden laajemmalle levittäytyminen tarkoittaa, että konfliktipisteet on eroteltu ajassa ja paikassa. Tämä puolestaan johtaa siihen, että porrastetun liittymän läpi ajava kuljettaja kohtaa vähemmän potentiaalisia ongelmia aikayksikössä kuin nelihaaraliittymän läpi mentäessä. (Mahalel et al. 1986)

Liittymän porrastaminen parantaa liittymän sujuvuutta (Elvik et al. 2009, Jokela & Lehtomaa 2009, Mahalel et al. 1986, Sørensen & Mosslemi 2009, Vejdirektoratet 2014, Mäkinen 2013). Liikenteen voidaan ajatella sujuvoituvan, koska potentiaalisia ongelmia kohdataan vähemmän, liittymän tulosuuntia on vähemän ja liittymätoimintojen määrä vähenee (Jokela & Lehtomaa 2009, Mahalel et al. 1986). Tällöin ajoneuvojen odotusajat ja pysähdykset määrä vähenevät (Mahalel et al. 1986). Kun muutetaan nelihaaraliittymää kahdeksi vierekkäiseksi kolmihaaraliittymäksi, tienkäyttäjät hajaantuvat ikään kuin kahdelle erilliselle liittymäalueelle yhden sijasta. Tienkäyttäjät kohtaavat pienemmän liikennemäärän kussakin kolmihaaraliittymässä verrattuna nelihaaraliittymään (Sørensen & Mosslem 2009). Ruuhka liittymän keskialueella vähenee, liittymätoiminnot selkeytyvät ja näkyvyys paranee (Bowen et al. 2014, Sørensen & Mosslem 2009). Tienkäyttäjien levittäytyessä laajemmalle myös näiden väliset välimatkat kasvavat, jolloin tienkäyttäjät häiritsevät vähemmän toistensa toimintaa. (Sørensen & Mosslem 2009).

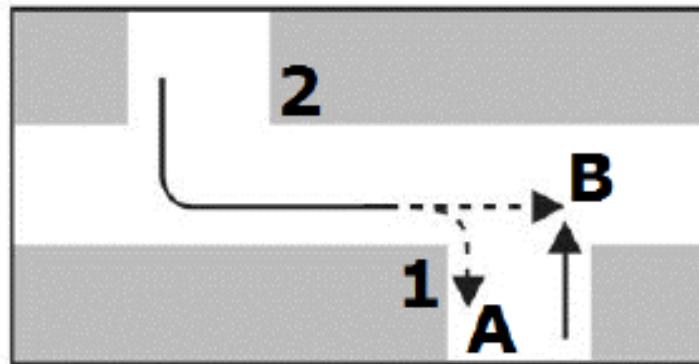
Vaikka Mahalelin et al. (1986) tutkimuksessa vasen-oikeaporrauksen nähtiin vähentävän onnettomuuksia oikea-vasenporrastusta enemmän, suosivat Mahalel et al. (1986) tästä huolimatta oikea-vasenporrastusta. Perustelut liittyytävät toiminnallisiin syihin: oikea-vasenporrastus aiheuttaa vasen-oikeaporras-tusta vähemmän viivyystä ja sillä on isompi kapasiteetti (Bared & Kaisar 2001, Mahalel et al. 1986, Vejdirektoratet 2014, Tiehallinto 2001). Oikea-vasenporras-tuksessa on Mahalelin et al. (1986) mukaan etuja erityisesti sivutien päätietyt ylittävälle liikenteelle: suurempi kapasiteetti, pienemmät viivytykset pysäytetään ja suuremmat todennäköisydet ajaa liittymän läpi pysäytämättä. Sujuvuus on seurausta siitä, että päätietyt ylitysliike on jaettu kahteen peräkkäiseen liikkeeseen (ensin oikealle käännyminen, sitten vasemmalle käännyminen) ja joka suoritetaan yhdellä liikennevälillä kerrallaan. Vasen-oikeaporrauksessa on ylitettävä kaksi kaistaa kerrallaan. (Mahalel et al. 1986)

### **Liittymän muodosta johtuen porrastettu liittymä voi toisaalta aiheuttaa liikenteelle osin nelihaaraliittymää enemmän häiriötä**

Nelihaaraliittymän porrastaminen toisaalta sujuvoittaa liikennettä, mutta toisaalta myös häiriöt ja viivytykset pää- ja sivuteiden liikenteelle voivat osin lisääntyä nelihaaraliittymään verrattuna (Mahalel et al. 1986, Vejdirektoratet 2014). Porrastetun liittymän muoto voi osaltaan myös lisätä liikennehäiriötä nelihaaraliittymään nähdien (Mahalel et al. 1986). Päätietyt liikenteelle häiriötekijöinä voidaan tunnistaa esimerkiksi hitaasti liikkuvat ajoneuvot ja ohitusmahdol-lisuksien vähenneminen (Mahalel et al. 1986, Sørensen & Mosslem 2009). Hitaasti liikkuvien ajoneuvojen määrän lisääntyminen on seurausta päätietyt ylittävistä sivuteiden ajoneuvoista. Nelihaaraliittymässä päätietyt ylittävät sivutien liikenne ei häiritse päätietyt liikennettä, mikäli sivutieltä tuleva kuljettaja valitsee sopivan ylitysvälin. Porrastetussa liittymässä sivutieltä päätietyt kautta toiselle sivutielle kulkeva ajoneuvo ajaa päätietyt alhaisemmallla nopeudella kuin mitä päätietyt keskinopeus porrastusvällillä on normaalista. Tämä voi luoda häiriötä päätietyt liikenteelle ja jopa osin vähentää kokonaisvaltaista turvallisuustasoa. (Mahalel et al. 1986)

Porrastettu liittymä aiheuttaa osaltaan viivyystä myös sivuteiden läpikulkulii-kenteelle, koska porrastetun liittymän ylitysmatka on nelihaaraliittymää pidempি (Bowen et al. 2014, Vejregler 2018). Lisäksi nelihaaraliittymän porrasta-misen myötä sivutien tienkäyttäjät joutuvat tekemään aina yhden käännymisliik-keen huolimatta siitä, mihiin suuntaan he jatkavat sivutieltä (Vejdirektoratet

2014). Tämä voi osaltaan kasvattaa mahdollisuksia onnettomuuksille. Tanskalainen käsikirja huomioi myös vasen-oikeaporraastukseen liittyvän ristiriidan (kuva 13). Riskinä voi olla, ettei kuvan 13 sivutien 1 suunnasta tuleva tienkäyttäjä havaitse, onko toiselta sivutelta 2 tuleva tienkäyttäjä käänymässä sivutielle 1 vai jatkamassa päätieltä suoraan (Vejregler 2018).



**Kuva 13.** *Ristiriita vasen-oikeaporrastuksesta. Sivutien 1 suunnasta tuleva tienkäyttäjä ei välttämättä havaitse, onko toiselta sivutelta 2 tuleva tienkäyttäjä käänymässä sivutielle 1 suuntaan A vai jatkamassa päätieltä suuntaan B. (Vejregler 2018).*

Mahalelin et al. (1986) tutkimuksessa häiriöiden määrän nähtiin lisääntyväni kahden kolmiharaliittymän etäisyyden funktiona eli porrastusvälin kasvaessa. Tällä selittynee myös aiemmin esiin tuotu Brüden ja Larssonin (1987) tutkimustulos, jonka mukaan liittymän porrastamisen onnettomuuksia vähentävä vaikuttus on suurempi porrastusvälin ollessa lyhempi (alle 300 m). Pidempi porrastusväli aiheuttaa myös enemmän viivytystä erityisesti sivuteiden läpikulkuliikenteelle, koska liittymän ylitysmatka pitenee entisestään (Bowen et al. 2014, Vejregler 2018). Lisäksi se pidentää jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kulkureittiä ja toisin sanoen myös heidän matka-aikaansa (Rodgerdts et al. 2004). Toisaalta on selvää, ettei porrastusväli saa olla myöskään liian lyhyt, jotta päätienv kana-viinille ja käänymiskaistoille on tarpeeksi tilaa (Bowen et al. 2014, Rodgerdts et al. 2004). Porrastusvälin ollessa lyhyt voi ilmetä tilaongelmia ja kahden kolmiharaliittymän toimintojen sotkeentumista (Rodgerdts et al. 2004). Porrastusvälin ollessa riittävän suuri välitetään tilaongelmia ja liittymätoimintojen sotkeutumista. Lisäksi poistetaan suorien liikennevirtojen tienkäyttäjien väliset onnettomuudet, mikä johtuu siitä, että sivutelta 2 toiselle menevän tienkäyttäjän suoraan menevä liike korvautuu kahdella käänymisiukkeellä (Vejregler 2018). Porrastettu liittymä sopii Mahalelin et al. (1986) mukaan paremmin taajaman ulkopuolelle, koska se vaatii suhteellisen paljon tilaa.

Yleisesti ottaen päätienv liikenteen häiriötä porrastetussa liittymässä voidaan vähentää tekemällä oikea-vasenporrastetussa liittymässä päätielle vasemmalle käänymiskaista ja vasen-oikeaporrastetussa liittymässä päätielle oikealle käänymiskaista (Bared & Kaisar 2001, Mahalelin et al. 1983). Käänymiskaisstan toteuttaminen on perusteltua. Esimerkiksi mikäli oikea-vasenporrastuksesta ei ole vasemmalle käänymiskaistaa, käännyvä ajoneuvo voi tukkia läpikulkevan liikenteen kaistan, mikä lisää onnettomuuksien mahdollisuutta (Mahalelin et al. 1986). Mahalelin et al. (1986) mukaan oikea-vasenporrastus, jossa on vasemmalle käänymiskaista, ei juurikaan aiheuta häiriötä päätienv liikenteelle, erityisesti porrastusvälin ollessa lyhyt.

## **Porrastettu liittymä ei välttämättä ole sopiva ratkaisu, mikäli sivuteiden liikennemäärit ovat suuria ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä**

Tutkimusten mukaan porrastettu liittymä vähentää enemmän henkilövahinko- onnettomuuksien määrää sivuteiden liikenteen osuuden ollessa suurempi (Brüde & Larsson 1987, Elvik et al. 2009). Toisaalta, jos sivuteiden läpimenevä liikennemääritä on korkea, liittymä voi olla Bowenin et al. (2014) ja Rodgerdtsin et al. (2004) mukaan turvallisempaa jättää perinteiseksi nelihaaraliittymäksi. Tässä tapauksessa liittymän muuttaminen nelihaaraliittymästä kahdeksi kolmihaaraliittymäksi loisi vain ylimääristä käänymisliikettä kummassakin kolmihaaraliittymässä (Bowen et al. 2014, Rodgerdts et al. 2004). Myös tanskalaisen käsikirjan mukaan porrastettu liittymä on vähemmän sopiva vaihtoehto nelihaaraliittymän tilalle turvallisuus ja kapasiteetti huomioon ottaen, mikäli sivutien liikennemäärit ovat suuria ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä (Vejregler 2018). Porrastettu liittymä vähentää mahdollisuutta suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen yhteen törmäämiseen, mutta kasvattaa Bowenin et al. (2014) mukaan toisaalta mahdollisuutta vähemmän vakaville törmäyksille, jotka liittyvät ajoneuvojen liikennevirtojen liittymiseen ja tilanteisiin, jossa ajoneuvo ylittää toisen ajoneuvon kaistan.

Porrastettu liittymä on hyvä vaihtoehto, mikäli liittymässä on selkeä pääsuunta ja pää- ja sivuteiden läpimenevät liikennemäärit ovat matalat (Bowen et al. 2014, Vejregler 2018). Candappa et al. (2007) ehdottavat, että porrastamisen jälkeen toteutettaisiin järjestelmällistä seurantaa tietyin ajanjaksoin, jotta nähdään turvallisuustoimenpiteen vaikutukset ja mahdollinen turvallisuuden heikkeneminen varhaisessa vaiheessa.

## **Nelihaaraliittymän porrastaminen voi parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta**

Muiden tutkimusten tapaan myös Sørensen ja Mosslem (2009) toteavat porrastettujen liittymien vähentävän onnettomuuksien määrää eli parantavan objektiivista eli todellista turvallisuutta. Lisäksi Sørensenin ja Mosslemin (2009) tutkimuksen mukaan porrastettu liittymä voi parantaa jalankulkijoiden ja pyöräiliöiden kokemaa turvallisuutta.

Porrastetut liittymät voivat alentaa ajoneuvojen nopeutasoa. Päätienvälinen liikenteelle häiriöitä aiheuttavat hitaasti liikkuvat ajoneuvot ja ohitusmahdollisuuskien vähennyminen ovat huonoja puolia autoilijoille, mutta toisaalta ne voivat olla etuja jalankulkijoille ja pyöräiliöille, koska päätienvälinen ajoneuvot voivat joutua alentamaan nopeutta (Sørensen & Mosslem 2009). Porrastettu liittymä alentaa muotonsa vuoksi myös sivuteiden läpikulkuliikenteen nopeutta (Vejregler 2018). Sørensenin ja Mosslemin (2009) mukaan ajoneuvojen nopeuksien alenemisesta on etua paitsi päätienvälinen ylittäville jalankulkijoille ja pyöräiliöille, myös päätienvälinen pyöräileville pyöräiliöille, mikä parantaa näiden suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden tunnetta. Erityisesti ylinopeuksien on tunnistettu aiheuttavan turvattomuutta suojaamattomille tienkäyttäjille (Klang et al. 2015). Liittymä voi vaikuttaa myös vähemmän hankalalta suojaamattomille tienkäyttäjille, koska suojaamattomat tienkäyttäjät kohtaavat pienemmän liikennemääritän kussakin kolmihaaraliittymässä verrattuna nelihaaraliittymään. Sørensen & Mosslem (2009) tarkastelevat suojaamattomien tienkäyttäjien osalta jalankul-

kijoita ja pyöräilijötä, mutta vaikutukset mopoilijoiden kokemaan turvallisuuteen olisivat heidän lähestymistavan mukaan todennäköisesti saman suuntainen.

### **Yhteenveto porrastettujen liittymien turvallisuudesta**

Taulukossa 4 on esitetty yhteenveto edellä esitetyistä tutkimustuloksista porrastetun liittymän turvallisuuteen liittyen. Nelihaaraliittymän muuttamista porrastetuksi liittymäksi pidetään turvallisuutta edistäväänä toimenpiteenä, erityisesti konfliktipisteiden määrän vähentemisen takia. Konfliktipisteiden määrän vähentemisen seurauksena puuttuvat risteävien suoraan menevien liikennevirtojen väliset onnettomuudet käytännössä kokonaan, mikä vähentää risteämisen onnettomuuksia. (Tutkimustulos 1, Taulukko 4)

*Taulukko 4. Tutkimustulokset porrastettujen liittymien turvallisuudesta.*

| Tutkimustulokset  |
|---|
| 1. Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää konfliktipisteitä ja risteämisen onnettomuuksia.   |
| 2. Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää vaikutuksen riippuessa erityisesti sivusuunnan osuudesta liittymään saapuvien ajoneuvojen määrässä. |
| 3. Porrastetussa liittymässä on turvallisuusetujen lisäksi myös joitakin toiminnallisia etuja.  |
| 4. Liittymän muodosta johtuen porrastettu liittymä voi toisaalta aiheuttaa liikenteelle osin nelihaaraliittymää enemmän häiriötä.                                       |
| 5. Porrastettu liittymä ei välttämättä ole sopiva ratkaisu, mikäli sivutietten liikennemäärit ovat suuria ja päätiellä on paljon vasemmalle käännyvää liikennettä.      |
| 6. Nelihaaraliittymän porrastaminen voi parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta.   |

Nelihaaraliittymien porrastaminen vähentää onnettomuuksien määrää ja pienentää onnettomuusastetta. Nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutuksen suuruus riippuu erityisesti sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuudesta. Sivusuunnasta saapuvien ajoneuvojen osuuden ollessa pieni ei liittymän porrastaminen paranna turvallisuutta. Vaikutus kasvaa sivutien liikenteen osuuden kasvaessa. (Tutkimustulos 2, Taulukko 4)

Turvallisuuden parantumisen lisäksi porrastetulla liittymällä on myös toiminnallisia etuja. Ensinnäkin liittymän muodosta johtuen päätie ja sivutiet on helppomi hahmottaa, jolloin väistämisvelvollisuusjärjestys on nelihaaraliittymää selkeämpi. Toisekseen konfliktipisteiden levittäytyessä laajemmalle alueelle kohtaa porrastetun liittymän läpi ajava kuljettaja vähemmän potentiaalisia ongelmia aikayksikössä kuin nelihaaraliittymän läpi mentäessä. Kolmanneksi, liittymän sujuvuus paranee. Pienemmät määrät potentiaalisia ongelmia ja liittymätoimintojen jakautuminen kahteen kolmihaaraliittymään vähentää ruuhkaa liittymän keskialueella. Tällöin myös ajoneuvojen odotusajat ja pysähdysten määrä vähenevät. (Tutkimustulos 3, Taulukko 4)

Vaikka porrastetun liittymän ajatellaan osin parantavan sujuvuutta, on sen tunnistettu myös aiheuttavan liittymämuodon takia nelihaaraliittymää enemmän häiriötä. Päätien liikenteelle häiriötä aiheuttavat hitaasti liikkuvat ajoneuvot ja ohitusmahdollisuuksien väheneminen. Sivuteiden liikenteelle päätien ylitysmatkan piteneminen. Myös suojaamattomien tienkäyttäjien kulkureitti pitenee. (Tutkimustulos 4, Taulukko 4) Joissakin tapauksissa liittymän porrastaminen voi olla perusteltua jättää kokonaan toteuttamatta. Mikäli sivuteiden läpimenevä liikennemäärä on korkea ja päätiellä on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä, voi liittymä olla parempi jättää perinteiseksi nelihaaraliittymäksi. Tällöin vältetään ylimääräinen käännymisliike. (Tutkimustulos 5, Taulukko 4)

Vaikka porrastettu liittymä voi aiheuttaa osaltaan nelihaaraliittymää enemmän häiriötä ajoneuvoliikenteelle, voi se parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta nelihaaraliittymään verrattuna. Porrastettu liittymä voi muodostaan johtuen alentaa ajoneuvojen nopeutasoa ja liittymä voi vaikuttaa vähemmän hankalalta suojaamattomille tienkäyttäjille. (Tutkimustulos 6, Taulukko 4)

### 4.3 Aiemmat suomalaiset tutkimukset

Suomessa maanteiden porrastettujen liittymien turvallisuutta ovat tutkineet aiemmin Kulmala (1995) väitöskirjassaan ja myöhemmin Peltola ja Malin (2016) Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksessa. Näitä tutkimuksia tarjastellaan porrastettujen liittymien osalta.

#### Kulmalan (1995) väitöskirja

Väitöskirjassa tutkittiin taajaman ulkopuolella sijaitsevien kolmi- ja nelihaarais-ten tasoliittymien turvallisuutta Suomessa vuosina 1983–1987. Liittymässä tapahtuneeksi onnettomuudeksi määriteltiin kaikki onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet enintään 200 metrin etäisyydellä liittymän keskipisteestä. Kulmalan (1995) mukaan onnettomuusasteet neli- ja kolmihaaraliittymissä ovat sitä korkeampia, mitä suurempi osuus ajoneuvoista tulee liittymään sivusuunnasta, joskin sivutien liikenteen merkitys on suurempi neliharja- kuin kolmihaaraliittymässä. Ero pienenee sivutien liikennemääräosuuden vähentyessä. Kolmihaaraliittymissä keskimääräinen henkilövahinko-onnettomuuksien aste on pienempi kuin nelihaaraliittymissä. (Kulmala 1995)

Porrastettujen liittymien turvallisuutta tutkittiin vertaamalla porrastettuja liittymiä niitä vastaaviin nelihaaraliittymiin. Tutkimuksen mukaan nelihaaraliittymän porrastaminen parantaa liittymän turvallisuutta erityisesti henkilövahinko-onnettomuuksissa sivutien osuuden liittymään saapuvista ajoneuvoista ollessa yli 5 %. Mikäli puolet liittymään saapuvista ajoneuvoista tulee sivuteltä, vähenee henkilövahinko-onnettomuuksien määrä 23 %. Lisäksi tutkituista liittymistä havaittiin, ettei nelihaaraliittymän porrastaminen lisännyt turvallisuutta taajama-alueella vaan enemminkin huonensi sitä, erityisesti sivutien liikenteen osuuden ollessa pieni. (Kulmala 1995)

#### Peltolan ja Malinin (2016) maanteiden tasoliittymien turvallisuustutkimus

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa tutkittiin maanteiden porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksia vuosilta 2011–2015. Liittymässä tapahtuneeksi onnettomuudeksi määriteltiin henkilövahinko-onnettomuudet,

jotka olivat tapahtuneet enintään 100 metrin etäisyydellä taajamaliittymästä tai enintään 200 metriä taajaman ulkopuolisesta liittymästä. Tarkastelusta jätettiin pois eläinonnettomuudet, toisin kuin Kulmalan (1995) tutkimuksessa. Tutkimuksen mukaan kolmiharaliittymässä henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusasteet ovat neliharaliittymää pienemmät. Tutkimustulokset vahvistivat aiempaa käsitystä, jonka mukaan sivutien liikennemääräosuuden kasvaessa myös henkilövahinko-onnettomuuksien riskit kohoavat kolmi- ja neliharaliittymissä.

Peltolan ja Malinin (2016) mukaan vasen-oikeaporrastuksessa henkilövahinko-onnettomuuksien riski (onn./100 milj.ajon.) on tutkimustulosten perusteella selvästi vastaavaa oikea-vasenporrastuksen riskiä pienempi (7,3 vs. 10,3), mutta kuoleman riskin osalta tilanne on päinvastainen (0,73 vs. 0,35). Peltola ja Malin (2016) arvioivat eroihin vaikuttavan satunnaisvaihtelon lisäksi eri porrastustapojen erilaiset käyttökohteet. Kuten neliharja ja kolmiharaliittymissä myös porrastetuissa liittymissä henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet ovat sitä suurempia, mitä suurempi on liittymään sivuteiltä saapuvien autojen osuus. Tarkasteltaessa porrastusvälin pituutta ovat henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet suurimmat liittymissä, joissa porrastusvälit ovat pisimpiä. Tällaisissa tapauksissa onnettomuudet kertyvät pidemmältä tiejaksolta kuin lyhyemmillä porrastusvälillä, mikä selittää osaltaan suurempaa onnettomuusastetta. Päätienvopeusrajoituksen osalta ovat henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet hieman korkeampia alle 70 km/h nopeusrajoituksella verrattaessa suurempien nopeusrajoituksiin ( $\geq 70 \text{ km/h}$ ). (Peltola & Malin 2016)

#### 4.4 Turvallisuuden edistäminen liittymissä

Tasoliittymäohjeessa liikenneturvallisuus on yksi liittymäsuunnittelun lähtökohdista. Muita lähtökohtia ovat tie- ja ympäristöolot, teiden toiminnallinen ja hallinnollinen luokka, liittymän liikennemäärit ja liikenne-ennuste ja käytettävissä oleva tila. (Tiehallinto 2001) Supremen (2007) mukaan tieinfrastruktuurin suunnittelu ja käyttö tulee järjestää siten, että tienkäyttäjät ymmärtävät, mitä heiltä odotetaan ja mitä he voivat odottaa liikenneympäristöltä. Lisäksi on huomioitava ihmisen rajallinen tiedonkäsittelykyky ja tästä johtuvat mahdolliset erehdykset. (Supreme 2007) Liikennejärjestelyjen perusedellytys onkin looginen, itseohjaava ja säätöjen noudattamista tukeva liikenneympäristö. Liikenneympäristön ratkaisuilla voidaan osaltaan kannustaa ja ohjata ihmisiä vastulliseen ja turvalliseen liikkumiseen sekä pienentää onnettomuuden vakavuutta. Turvallisuutta edistävillä liikenneympäristön ratkaisuilla voidaan vaikuttaa myös tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen (Heltimo & Korhonen 2016).

Eri aineistoissa esitetään hieman erilaisia lähestymistapoja liittymän turvallisuuden parantamiseen lähestyen aihetta yleisemmällä tasolla tai syventyen teknisempiin yksityiskohtiin. Tasoliittymäohjeen mukaan liittymän turvallisuutta voidaan edistää suunnittelemalla liittymään erilaisia tasoliittymäohjeissa esitettyjä turvallisuutta edistäviä ratkaisuja, kuten ajokaista- ja saareke-järjestelyt, valo-ohjaus, opastus ja valaistus sekä erilaiset järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille (Tiehallinto 2001). Konfliktipisteiden määrän vähentäminen, nopeuden kontrollointi, riittävien näkemien varmistaminen ja liittymätoimien selkeys ja sujuvuus nousevat tarkasteltavasta lähteestä riippumasta keskeisenä tekijänä turvallisuuden edistämisessä (esim. Hummel 2001, Liiken-

nevirasto 2014, Mäkinen 2013, PIARC 2003, Tiehallinto 2002, TRUM 2018). Kuva 14 on esitetty liittymän turvallisuusperiaatteet yleisellä tasolla. Turvallisuusperiaatteet perustuvat maailman tieyhdistyksen (PIARC 2003) liikenneturvallisuskäsikirjaan.

- Vähennä konfliktipisteitä ja erottele ne ajassa ja paikassa
- Osoita väistämisvelvollisuus selkeästi ja anna etuajo-oikeus päätien liikenteelle
- Määrittele ajoneuvojen kaistat
- Varmista riittäväät näkemät
- Kontrolloi lähestyvien ajoneuvojen nopeutta
- Pidä tien reunaympäristö turvallisena
- Yksinkertaista ajamista
- Sujuvoita liikennettä ja minimoi tienkäyttäjien viivytykset
- Huomioi myös suojaamattomat tienkäyttäjät

Kuva 14. Liittymän turvallisuusperiaatteet (muokattu lähteestä PIARC 2003, s. 160).

Seuraavassa avataan turvallisuusperiaatteita eri lähteisiin perustuen tähden liittymän turvallisuuden parantamiseen. Tarkastelussa ei syvennyttää teknisiin yksityiskohtiin, vaan tarkastelu pidetään yleisellä tasolla. Tarkasteluun otetaan soveltuvin osin mukaan porrastettujen liittymien näkökulma.

#### **Vähennä konfliktipisteitä ja erottele ne ajassa ja paikassa**

Turvallisuuden edistämiseksi liittymien mahdolliset konfliktialueet tulee tunnistaa ja niiden määrä tulee minimoida (PIARC 2003). Liittymän porrastaminen vähentää konfliktipisteiden määrää ja erottelee ne ajassa ja paikassa, joten potentiaalisia ongelmia kohdataan nelihaaraliittymää vähemmän (Mahalel et al. 1986).

#### **Osoita väistämisvelvollisuus selkeästi ja anna etuajo-oikeus päätien liikenteelle**

Väistämisvelvollisuusjärjestelmän tarkoituksesta on selkeyttää liikenneympäristöä ja korostaa tieverkon jäsentelyä tienkäyttäjän toiminnan selkeyttämiseksi (ELY 2011). Liikenteelle tulee osoittaa selkeä järjestys ja väistämisvelvollisuus, jotta kuljettaja ei tarvitse mitään erityistietoa siitä, miten liittymässä tulee kulkea (TRUM 2018). Porrastetun liittymän muodosta johtuen päätien sijainti on selkeämpi ja sivutiet on helpompi tunnistaa kuin nelihaaraliittymässä. (Mahalel et al. 1986) Porrastetussa liittymässä päätie on tavallisesti liikennemäärältään merkittävämpi tie, jonka liikennettä sivuteiltä tulevan liikenteen on väistettävä (Mahalel et al. 1986, Vejregler 2018, PIARC 2003). Väistämisvelvollisuus on osoitettava liikennemerkillä (ELY 2011). Mahalelin et al. (1986) mukaan stop- tai väistämisvelvollisuusmerkein ohjatulla porrastetulla liittymällä on toiminnallisja turvallisuussetuja, joten niitä tulisi suosia. Pohjoismaisten tutkimusten mukaan stop-merkki väistämisvelvollisuuden osoittajana kärkikolmion sijaan vähentää

---

henkilövahinko-onnettomuuksia 20–45 % (Kulmala 1995). Tanskalaisessa käsi-kirjassa mainitaan porrastettujen liittymien yhteydessä stop-merkit, joita voi-daan käyttää osoittamaan sivutien liikenteen väistämisvelvollisuutta (Vejregler 2018).

### Määrittele ajoneuvojen kaistat

Kuten luvussa 3.3 tasoliittymätyyppien esittelystä todettiin, kanavoinnin myötä liittymän havaittavuus paranee ja ajoneuvojen ajolinjat selkeytyvät ohjaten autoja oikeille ajolinoille (Tiehallinto 2001). Kanavoinnin tuomia etuja ja haittoja käsiteltiin jo luvussa 3.3, joten kanavointia ei käsitellä tässä kohtaa tarkemmin, muuta kuin viitaten aiemmissa tutkimuksissa esiin nousseisiin tuloksiin kana-voinnin turvallisuudesta. Yhteenvetona voidaan kuitenkin todeta kanavoinnin turvallisuusvaikutuksenolevan kaksijakoinen: Yleensä liittymän havaittavuus paranee ja peräänajoriski vähenee, mutta toisaalta saarekkeet voivat muodosta törmäysriskin ja liittymän laajuuden lisääntyessä risteämisonnettomuudet voi-vat jopa lisääntyä (Mäkinen 2013, Tiehallinto 2001, Tiehallinto 2002). Porrastettu liittymä voidaan kanavoida erottamalla päätienvälistä ajosuunnat toisistaan. Lisäksi voidaan tehdä päätieltä sivutielle käännyville käänymiskaistat, jotka ovat kä-ytännössä oikea-vasenporrastuksessa vasemmalle käänymiskaistat ja vasen-oikeaporrastuksessa oikealle käänymiskaistat. Väistötila on vasemmalle kään-yymiskaistaa halvempi ratkaisu antaen suoraan meneville ajoneuvoille mahdoluuden vasemmalle käännyvän ajoneuvon ohittamiseen (Tiehallinto 2001, Vejregler 2018).

Kanavoinnin osalta voidaan tarkastella kolmihaaraliittymiin liittyviä tutkimuk-sia. Porrastettu liittymä koostuu kahdesta kolmihaaraliittymästä, joten kolmi-haaraliittymän tarkastelu sopii liittymämuodosta johtuen myös porrastettujen liittymien järjestelyiden tarkastelemiseen. Rajamäen (2008) tutkimuksessa pää-suunnan vasemmalle käänymiskaistan arvioitiin vähentäväni kolmihaaraliitty-män käänymis-, risteämisen- ja peräänajo-onnettomuuksia 20 %, sivutien osuu-den liittymään saapuvista ajonevoista ollessa yli 5 %. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen mukaan henkilövahinko-onnettomuuksien riski on kanavoimatonta liittymää pienempi, mikäli kolmihaaraliittymässä on joko oikealle tai vasemmalle käänymiskaista. Sen sijaan kuolemanriski on tällöin suurempi. Elvikin et al. (2009) mukaan kanavointi vasemmalle käännyville vähentää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 17 %, mutta edellisestä poiketen kanavointi oikealle käännyville lisää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää 12 %. Väistötilaan liittyvät tutkimukset antavat jonkin verran toisistaan poikkeavia tuloksia, mutta tarkasteltujen suomalaisien tutkimusten perusteella ainakin henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski näyttää olevan pienempi väistötilallisissa kuin väistötilattomissa kolmihaaraliittymissä. Rajamäen (2008) tutkimuksen mukaan väistötila vähentää liittymän onnettomuuksia 10–15 % verrattuna liitty-mään, jossa ei ole väistötilaa. Peltolan ja Mesimäen (2019) tekemän väistötila-tutkimuksen mukaan väistötilallisissa kolmihaaraliittymissä henkilövahinko-onnettomuuden onnettomuuusaste (onn./100 milj.ajon.) on pienempi kuin väistö-tilattomissa kolmihaaraliittymissä (4,0 vs. 4,9). Kuolemaan johtaneiden onnet-tomuuksien onnettomuuusaste on suurin piirtein yhtä suuri väistötilallisissa ja väistötilattomissa kolmihaaraliittymissä (0,26 vs. 0,25). (Peltola & Mesimäki 2019)

## Varmista riittävät näkemät

Selkeät liittymäjärjestelyt ja hyvät näkemät ovat tärkeitä liittymän turvallisuuden kannalta. Nämä ajoneuvon kuljettaja voi havaita liittymän riittävän etäältä ja pystyy saamaan jo ennen liittymään saapumista käsityksen siitä, miten liittymässä tulee ajaa. (Tiehallinto 2001) Hyvät näkemät parantavat myös suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta, näiden ylittäessä päätietyt (ELY 2011). Näkemien kannalta suotuisia ovat suorat ja loivasti kaarevat tielinjat, eikä näkemäalueella saa olla näkyvyyttä rajoittavia esteitä (ELY 2011, Tiehallinto 2001). Näkemät voivat heiketä talvella lumesta ja kesällä kasvillisuudesta johtuen. Kunnossapitotoimilla, kuten puiston harventamisella, voidaan varmistaa riittävien näkemien toteutuminen eri vuodenaikoina (Mäkinen 2013). Tievalaistus parantaa liittymän havaittavuutta ja tienkäyttäjien näkyvyyttä, jolloin myös tienkäyttäjien kyky nähdä toisensa paranee. Tämä edesauttaa tienkäyttäjiä reagoimaan nopeammin ja tarkemmin toisiinsa pimeällä ja huonolla säällä (Rodgerdts et al. 2009, Tiehallinto 2001). Mäkelän ja Kärjen (2004) selvityksessä tievalaisutuksen arvioitiin vähentävän koko vuorokauden henkilövahinko-onnettomuuksia noin 17 % ja pimeän ajan henkilövahinko-onnettomuuksia 45–55 %. Valaisutuksella voidaan osaltaan myös lisätä tienkäyttäjän turvallisuuden tunnetta (ELY 2011, Sørensen ja Mosslem 2009). Tien valaiseminen voi kuitenkin myös rohkaista kuljettajia ajamaan suuremmalla nopeudella näkyvyyden parantuessa, jolloin positiivinen vaikutus erityisesti suojaamattomien tienkäyttäjien koettuun turvallisuuteen vähenee (Sørensen & Mosslemi 2009).

## Kontrolloi lähestyvien ajoneuvojen nopeutta

Nopeusrajoituksilla voidaan vähentää liikenneonnettomuuksien määrää ja onnettomuusriskiä sekä lieventää onnettomuuksien seurausten vakavuutta. Mikäli auton ajonopeus kasvaa kaksinkertaiseksi, jarrutusmatka nelinkertaistuu. Nämä ollen pienikin ajonopeuden kasvu lisää pysähtymismatkaa ja kasvattaa samalla törmäysnopeutta. (Uljas et al. 2015) Mitä suurempi nopeus, sitä vakavammat ovat onnettomuuden seuraukset (Klang et al. 2015). Nopeusrajoitusjärjestelmällä luodaan tarkoitukseen sopivat nopeusrajoitukset erilaisiin liikenneympäristöihin. Pääteillä korostuu liikenteen sujuvuus ja matkojen pituudet. Tällöin kohtuullisen korkea ajonopeus voi olla perusteltua sen sopiaessa liikenneympäristöön. Asunto-, keskusta- ja työpaikka-alueilla ajonopeuksien tulee olla huomattavasti pääteiden nopeutta alhaisempia. (Uljas et al. 2015)

Klangin et al. (2015) mukaan ajonopeus vaikuttaa kuljettajan mahdollisuksiin välittää vaaratilanteet ja selvitä niistä. Korkeat ajonopeudet ovat erityisesti seurauksiltaan vakavien onnettomuuksien taustalla. Ajonopeuteen liittyviä taustariskejä ovat muun muassa ylinopeus ja liian suuri nopeus olosuhteisiin, taitoihin ja ajoneuvoon nähdyn. (Klang et al. 2015) Liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeutta voidaan kontrolloida nopeusrajoituksilla ja hidasteilla. Käytettäviä hidasteita ovat muun muassa ajoradan korotus eli töyssy, ajoradan kavennus, suoja-tien tai liittymän korottaminen, tärinä raidat ja turva- ja keskisaarekkeen raken-taminen. (Mäkinen 2013) Maanteille soveltuivia hidasteita ovat leveät suoja-tai keskisaarekkeet, taajamaportit ja loivapiirteiset korotukset (ELY 2011). Sivutien tulppasaareke pakottaa sivutelta tulevan liikenteen hidastamaan ja tästä kautta myös reagoimaan herkemmin ympäristöön (Bared & Kaisar 2001). Myös porrastetun muodon liittymä itsessään voi hidastaa ajoneuvojen nopeuksia (Mahalel et al. 1986, Mäkinen 2013, Sørensen & Mosslem 2009, Vejregler 2018).

## Pidää tien reunaympäristö turvallisena

Ajoneuvojen törmäykset tieympäristön ja tienvarren esteisiin kuten puihin, liikennemerkeihin ja pylväisiin ovat Supremen (2007) mukaan merkittävä liikeneturvallisuusongelma. Tien reunaympäristön kohteiden sijoittelulla ja muotoilulla voidaan vähentää huomattavasti tällaisia törmäyksiä, joihin liittyy usein vakavia seuraauksia (Supreme 2007). Tällaisen tien reunaympäristön pehmentämisen tarkoituksesta on lieventää erityisesti suistumisonnettomuuksien seuraauksia. Reunaympäristön turvallisuus ja tarve pehmentämiseelle korostuvat erityisesti korkean nopeusrajoituksen teillä. Turvallisuutta voidaan lisätä esimerkiksi penger- ja siltakaiteiden riittävällä pituudella, sivuojien muotoilulla, puiston poistamisella ja harventamisella sekä myötäavilla valaisinpylväillä ja liikennerkeillä. (ELY 2011)

## Yksinkertaista ajamista

Noudatettaessa samoissa tie- ja liikenneoloissa yhdenmukaista liittymän perusmuotoa edistetään tienkäyttäjien oppimista liikkumaan liittymissä oikein (Tiehallinto 2001). Yhtenäiset suunnitteluperiaatteet ja kokonaisuksien suunnittelu on tärkeää liikenneympäristön turvallisuuden parantamisessa (Heltimo & Korhonen 2016). Näin voidaan luoda yhdenmukaista ja ennakoitavaa ympäristöä, jossa tienkäyttäjät tietävät, mitä heiltä odotetaan ja mitä he voivat puolestaan odottaa liikenneympäristöltä (Heltimo & Korhonen 2016, Supreme 2007). Hyvä liittymä on selväpiirteinen, jolloin kuljettaja saa kertasilmäysellä koko-naiskuvan liittymästä ja muista tienkäyttäjistä. Hyvässä liittymässä liikenneympäristö ohjaa kuljettajaa siten, että kuljettaja saa käsityksen, miten liittymässä tulee ajaa ja ketä on väistettävä. (Tiehallinto 2002) Näin ajaminen pidetään yksinkertaisena ja voidaan ehkäistä tienkäyttäjien virheitä ja niistä seuraavia onnettomuuksia. Hyvät ajo-olosuhteet antavat tienkäyttäjälle edellytykset seurata liikenneympäristöä kokonaisuutena, jolloin kuljettajan ei tarvitse keskittyä "tiellä pysymiseen" (Mäkinen 2013). Yhtenäiset toimintaperiaatteet, esimerkiksi hidasteiden toteuttamisessa tai nopeusrajoitusten asettamisessa, helpottavat toimenpiteiden suunnittelua ja toteuttamista (Heltimo & Korhonen 2016).

## Sujuvoita liikennettä ja minimoi tienkäyttäjien viivytykset

Tienkäyttäjien viivytyksiä on syytä välttää, jotta liittymien palvelutaso pysyy hyvinä (Ojala et al. 2007) ja liikenne on sujuvaa. Mahdolliset viivästykset voivat osaltaan kannustaa tienkäyttäjiä suurempaan nopeuteen myöhemmin matkan aikana. Kiire on yksi yleisimmistä ylinopeudella ajamisen syistä (Klang et al. 2013). Myös ratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille liittymän ylitykseen tulisi toteuttaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän viivytystä matkan teossa. Tällä varmistetaan, että järjestelyjä todella käytetään, eikä liittymää ylitetä sattumanvaraisesta kohdasta. (Liikennevirasto 2014, Lesch et al. 2016) Porrastettu liittymä toisaalta sujuvoittaa liikennettä, mutta toisaalta voi aiheuttaa myös nelihaaraliittymää enemmän viivytyksiä liikenteelle (luku 4.2).

Mikäli liikennemäärität ovat suuret, voidaan liikennettä sujuvoittaa liikennevaloilla, mutta liikennemäärien ollessa pienet voi vaikutus olla päinvastainen (Cai et al. 2016, Liikennevirasto 2016a) Cain et al. (2016) mukaan porrastetuissa liittymissä ei pienten liikennemäärien takia tavallisesti ole valo-ohjausta. Liikennemäären ollessa pieni lisäävät liikennevalot ajoneuvojen ja jalankulkijoiden viivyystä, mikä heikentää liikenteen sujuvuutta. Tarve valo-ohjaukselle lisääntyy lii-

kennemäärien kasvaessa (Liikennevirasto 2016a). Erityisesti päätien liikenemmäären kasvaessa sivutien liikenteen päätien ylittämiseen voivat käydä riittämättömiksi, minkä vuoksi voidaan tarvita valo-ohjausta jakamaan liikenteelle vuoroja (Cai et al. 2016). Liikennemäären ollessa suuri ja vilkkaan liikenteen aikana liikennöinti valo-ohjatussa liittymässä yksinkertaistaa ja tekee liikennöintistä valo-ohjaamatonta liittymää vaivattomampaa (Liikennevirasto 2016a). Cain et al. (2016) mukaan valo-ohjaukseen vaihekaavioiden tekeminen on haastavaa porrastetun liittymän muodon takia. Valo-ohjaukseen ajoitus on riippuvainen porrastustavasta ja porrastusvälistä (Cai et al. 2016). Suurin osa tässä työssä tarkastelluista maanteiden välisistä porrastetuista liittymistä Suomessa on niin vähäliikenteisiä, ettei valo-ohjaus ole käytännössä järkevää. Valo-ohjaus sopii lähinnä vilkkaisiin oikea-vasenporrastettuihin liittymiin taajama-alueilla (Cai et al. 2016, Liikennevirasto 2016a, Tiehallinto 2001, Vägverket 2004).

### **Huomioi myös suojaamattomat tienkäyttäjät**

Jalankulun ja pyöräilyn erottamiselle autoliikenteestä harvaan asutussa maantieympäristössä on annettu erilliset ohjeet Liikenneviraston (2014) jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluoheissa. Ratkaisuina voidaan käyttää erottelua, leveää piennarta tai jättää erityiset järjestelyt toteuttamatta. Ratkaisun valinta riippuu nopeusrajoituksesta, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden määrästä, liikenemmäärästä sekä tien toiminnallisesta luokasta. (Lesch et al. 2016). Moottoriajoneuvoliikenteen, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden erottelulla voidaan parantaa turvallisuutta, koettua turvallisuutta ja mukavuutta. Tarve liikennemuotojen erottelulle johtuu paljolti eri tienkäyttäjäryhmien nopeus- ja kokoeroista sekä jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden suojaamattomuudesta. (Liikennevirasto 2014) Järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille ovat sitä vaativampia mitä korkeampia ovat autojen nopeudet (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Esimerkiksi korkean ajonopeuden ja suurien liikennemäärien pääväylillä jalankulun ja pyöräilyn erottaminen moottoriajoneuvoliikenteestä on itsestään selvyys (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Erottelutarve kasvaa myös käytettäessä väylää koulumatkoihin tai sen toimiessa merkittäväänä työmatkaliikenteen yhteytenä (Liikennevirasto 2014). Liikennemuotojen erottelun tarpeeseen voidaan vaikuttaa autoliikenteen määrää rajoittamalla ja nopeuksia alentamalla (Liikennevirasto 2014).

Turvallisuuden varmistamiseksi maantieympäristössä pyritään siihen, että suojaamattoman liikenteen tienlykyset keskitetään mahdollisimman harvoihin paikkoihin (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Ajoradan ylityskohdat pyritään sijoittamaan ensisijaisesti liittymiin, jotta vältetään teiden linjaosuuksilla tasossa olevia puolenvaihtoja (Lesch, et al. 2016). Liittymäratkaisut pyritään toteuttamaan pyöräilijät ja jalankulkijat huomioiden siten, että huomioon otetaan myös autoliikenteen määrä, nopeus ja luonne, kunnallistekniikka ja tulvareitit sekä eri käyttäjäryhmät (Liikennevirasto 2014). Jalankulun ja pyöräilyn risteämiset autoliikenteen kanssa voidaan toteuttaa joko tasossa tai eritasoratkaisuna. Tasojärjestelyihin liittyy aina turvallisuusriskejä (Lesch et al. 2016). Eritasoratkaisuna suojaamattomille tienkäyttäjille toteutetulla alikululla voidaan lisätä turvallisuutta (Liikennevirasto 2014). Eritasojärjestelyt ovat toisaalta kalliita ja aikaa vieviä, joten vähäisen liikennemäären, korkeiden kustannusten tai ympärröivän maankäytön takia liikennemuotojen erottelu ei usein ole mielekästä. (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015, Tiehallinto 2001).

Vaikka eri liikennemuodot mahtuisivatkin fyysisesti samaan tilaan, saattavat tiellä liikkuvat tienkäyttäjät kokea liikkumisen turvattomaksi ja epämiellyttääväksi (Liikennevirasto 2014). Alikulku todennäköisesti lisää myös suojaamatto-mien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta. Myös ajoradan korotetuilla saarekkeilla voidaan edistää jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallista liikkumista liittymässä, sillä saareke mahdollistaa tien ylittämisen kahdessa vaiheessa (Liikennevirasto 2014, Mäkinen 2013, Tiehallinto 2002). Nykyisten ohjeiden mukaan Suomessa voidaan toteuttaa suojaratie nopeusrajoituksen ollessa enintään 60 km/h (Lesch et al. 2016). Käytännössä tässä työssä soveltuvin turvallisuuden parantamistoimenpide suojaamattomille tienkäyttäjille on eritasoratkaisuna toteutettu alikulku. Taajaman ulkopuolisilla alueilla suojaamattomille tienkäyttäjille ei ole yleensä osoitettu tasossa olevaa ylityskohtaa ollenkaan (Tiehallinto 2002). Suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyistä porrastettujen liittymien osalta ei ole annettu suomalaisissa tasoliittymäohjeessa ja jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluoohjeessa mainittu muuta kuin, että sivutien liittymähaarojen väliin voidaan tehdä alikulku (Liikennevirasto 2014, Tiehallinto 2001).

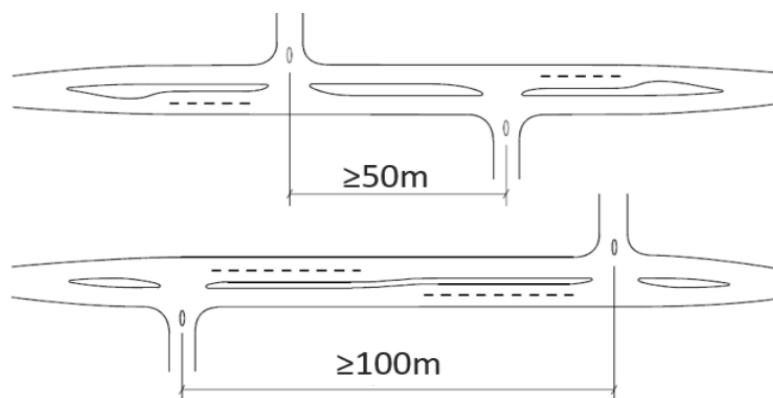
Tielikennelain pykälän 8 mukaan mopa tulee kuljettaa ajoradan oikean puolella pientareella, mikäli sellainen on käytettävissä (Tielikennelaki 267/1981). Mikäli piennar ei ole ajokelpoinen, tulee mopa kuljettaa niin lähellä ajoradan oikeaa reunaa kuin sitä on turvallisuutta vaarantamatta mahdollista käyttää. Mopolla ajamista pyörätiellä ei yleensä sallita taajamassa. Myös taajaman ulkopuolella mopa on yleisesti ottaen kuljetettava ajoradalla tien nopeusrajoitukseen ollessa 80 km/h tai pienempi. (Liikennevirasto 2013) Jalankulkijoille ja pyöräilijöille tarkoitetuilla väylillä mopot voivat aiheuttaa hitaammille tienkäyttäjille yllättäviä vaaratilanteita ja turvattomuuden tunnetta (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015). Mopa voidaan kuitenkin kuljettaa tietyin ehdoin myös pyöräteillä sekä taajamassa että taajaman ulkopuolella. Tämä tulee osoittaa "Sallittu mopoille" -lisäkilvellä, joka osoittaa mopoille sallitun pyörätien aloituskohdan. Esimerkiksi silloin, kun maantien nopeusrajoitus on 70 tai 80 km/h ja tiellä on paljon raskasta liikennettä, tien piennar on kapea ja pyörätiellä on vähän käyttäjiä, sallitaan mopoilu pyörätiellä. (Liikennevirasto 2013) Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnitteluoohjeen mukaan mopoilu sallitaan pyörätiellä myös lyhyellä matkalla valta- tai kantatiereiden risteämiskohdassa, jos mopoille voidaan osoittaa selkeä ja turvallinen siirtymisreitti risteävän valta- tai kantatiereiden alittavalle pyörätielle. Lisäksi tien alituksen jälkeen mopoilijalle tulee olla selkeä ja turvallinen siirtymisreitti pois pyörätieltä. (Liikennevirasto 2014)

## 5 Porastettujen liittymien suunnittelohjeistuksia muissa Pohjoismaissa

### 5.1 Ruotsi

Ruotsin tieviranomaisen Trafikverketin (2018) raportissa tavanomaisina nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamistoimenpiteinä esitetään nelihaaraliittymän muuttaminen porrastetuksi liittymäksi tai kiertoliittymäksi. Turvallisuutta voidaan parantaa myös lisäämällä liittymään liikennevalot, rakentamalla eritasoratkaisu tai lisäämällä sivutielle liikennesaareke ja päätielle vasemmalle tai oikealle käänymiskaista (Trafikverket 2018). Kahdesta kolmihaaraliittymästä muodostettu porrastettu liittymä voi olla tyypiltään oikea-vasen- tai vasen-oikeaporras. Mikäli vähiten kuormitettulla sivutiellä keskivuorokausilukenne on yli 100 saapuvaa ajoneuva vuorokaudessa, tulisi Vägverketin (2004) mukaan harkita porrastettua liittymää. Tämä koskee sekä oikea-vasen- että vasen-oikeaporristusta (Vägverket 2004).

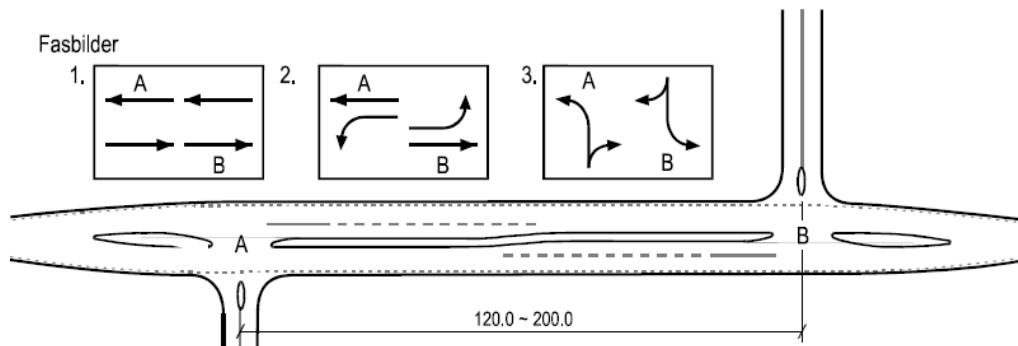
Porrastetussa liittymässä on yleensä vasemmalle käänymiskaista, ja päätie on tyypillisesti kanavoitu liikennesaarekkeella. Tulo- ja poistumissuunnalla on yleensä yksi ajokaista, pois lukien vasemmalle käänymiskaista päätiellä. Lisäksi sivutiellä on yleensä tulppa. Liikenteen sujuvuuden ja liikenneturvallisuuden saavuttamiseksi vasen-oikeaporristuksessa liittymän porrastusväli tulee olla vähintään 50 m. Oikea-vasenporrastuksessa porrastusvälin tulee puolestaan olla vähintään 100 m, jotta liittymä voidaan kanavoida. Ilman kanavointia minimiporrastusväli on tässäkin tapauksessa noin 50 m. (Vägverket 2004) Porrastetun liittymän minimiporrastusvälit on havainnollistettu kuvassa 15, jossa ylhäällä on kuvattuna vasen-oikeaporras ja alhaalla oikea-vasenporras.



Kuva 15. Oikea-vasen- ja vasen-oikeaporristuksen vähimmäisporrastusvälit ruotsalaisen ohjeistuksen mukaan (Vägverket 2004).

Kuten Suomessa myös Ruotsissa maaseutuolosuhteissa vasen-oikeaporristuksen arvioidaan olevan parempi porrastustapa, koska tällöin vältetään maaseutuolosuhteissa kaikkein vaarallisinta päätieltä vasemmalle käänymistä. Taajamaolosuhteissa puolestaan oikea-vasenporrastuksen arvioidaan olevan parempi porrastustapa, koska tällöin vähennetään taajamaolosuhteissa kaikkein vaarallisinta sivutieltä vasemmalle käänymistä. (Vägverket 2004, Vägverket 2008)

Vägverketin (2008) mukaan lähekkäin olevissa liittymissä, sekä kolmihara-että nelihaaraliittymissä, voi olla perusteltua toteuttaa valo-ohjaus ja sovittaa liittymien valo-ohjaus yhteen siten, etteivät ajoneuvot tuki liittymiä. Porrastetuissa liittymissä tämä tarkoittaa käytännössä valo-ohjauksen järjestämistä oikea-vasenporrastettuun liittymään (Vägverket 2004), mikä on myös suomalaisissa suunnitteluoheissa esitetty valo-ohjauksen kannalta parempana porras-tustapana. Oikea-vasenporrastetun liittymän liikennevalojen vaihekuvat on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. *Oikea-vasen-porrastuksen liikennevalo-ohjauksen vaihekuvat (Vägverket 2004).*

Valo-ohjauksella ja kuvan 16 vaihekuvilla tähdätään selkeisiin ja sujuviin liiken-nejärjestelyihin. Näin voidaan estää liikenteen tukkeutuminen liittymässä (Vägverket 2004).

## 5.2 Norja

Norjalaisia porrastettuja liittymiä käsitleviä julkaisuja ei Elvikin et al. (2009) liikenneturvallisuuskäsikirjassa olevan turvallisuuteen liittyvän yhteenvedon lisäksi juuri löydy. Norjan tielaitoksen Vegdirektoratetin (2014) käsikirjassa käsitellään tasoliittymien suunnittelua. Porrastettu liittymä on lähinnä esitellyt kuvana nelihara- ja kolmihaaraliittymien käsitelyn yhteydessä. Myöhemmin käsikirjassa todetaan porrastetuista liittymistä seuraavaa: Porrastettu liittymä on yleensä parempi kuin nelihaaraliittymä, mikäli liittymä ei ole valo-ohjattu. Nelihaaraliittymä ei suositella käytettäväksi tiheään asuttujen alueiden ulkopuolella. Tiheään asuttujen alueiden ulkopuolella porrastettu liittymä on yleensä aina parempi kuin nelihaaraliittymä. Porrastettu liittymä voi olla tyypiltään vasen-oikeaporras tai oikea-vasenporras. Nelihaaraliittymän muuttaminen porrastetuksi liittymäksi vähentää onnettomuuksia sitä enemmän mitä suurempi on sivutien liikenteen osuus. (Vegdirektoratet 2014)

## 5.3 Tanska

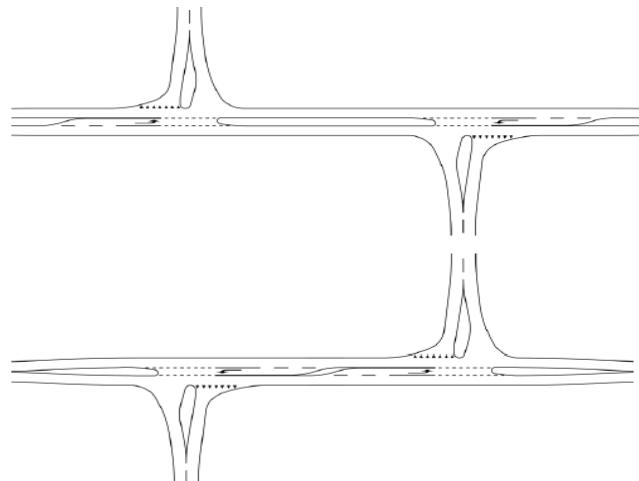
Tarkasteltujen Pohjoismaiden osalta porrastettujen liittymien suunnitteluoheistuksista löytyi eniten tietoa Tanskasta. Tanskalaisen käsikirjan (Vejregler 2018) mukaan nelihaaraliittymät, joissa sattuu paljon onnettomuuksia, on usein suositeltavaa muuttaa porrastetuksi liittymäksi. Myös uusissa liittymissä, joissa kaksi vähemmän merkittävää tietä yhdistetään merkittävämpään tiehen, tulee nelihaaraliittymää välttää turvallisuussyyistä. Porrastettu liittymä muodostuu kahdesta kolmihaaraliittymästä, jolloin päätienvielen molemmilla puolilla on sivutiet.

(Vejregler 2018) Porrastettu liittymä voi olla porrastustavaltaan vasen-oikeatai oikea-vasenporrastus. Porrastustavan valinta riippuu kapasiteetista ja rakentamiskustannuksista. Oikea-vasen porrastuksessa on tyypillisesti suurempi kapasiteetti kuin vasen-oikeaporrastuksessa. Porrastustavan valinnassa ratkaisevaa voivat olla myös olemassa olevan nelihaaraliittymän olosuhteet kuten sijainti ja sivuteiden liittymiskulmat. (Vejregler 2017, Vejregler 2018)

Porrastettujen liittymien suunnittelu vastaa suurelta osin tavallisten kolmihaaraliittymien geometriaa, joten tanskalaissä suunnittelurohjeissa porrastettuja liittymiä ei käsitellä tarkemmin omana kokonaisuutenaan (Vejregler 2012). Porrastetuissa liittymissä on kuitenkin listattu erilaisia vaihtoehtoja sen mukaan, mitä suunnitteluratkaisuja niihin sisältyy. Käytettäväät porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisut ovat: sivutien tulppa, päätienvälinen kanavointi, leveä keskialue, vasemmalle käänymiskaista, oikealle käänymiskaista, pyörätie ja eritasoratkaisu: alikulku tai silta (Vejregler 2012, Vejregler 2018).

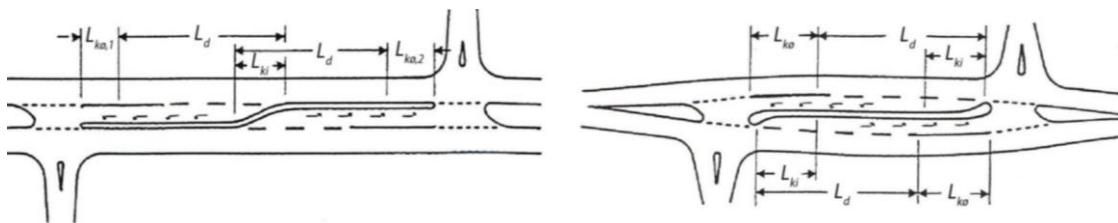
Tanskien suunnitteluratkaisut ovat pääosin samoja, joita käytetään Suomessa. Suomalaisissa suunnittelurohjeissa porrastettujen liittymien osalta ei noussut esiin leveää keskialuetta. Leveän keskialueen (ekstra bredt midterareal) osalta tanskalaissä käsikirjassa mainitaan, että jo olemassa olevissa onnettomuus-altoissa liittymissä, joissa monet onnettomuudet liittyvät vasemmalle käänymiseen, voidaan tätä ratkaisua käyttää tietyissä tilanteissa turvallisuutta edistäväänä toimenpiteenä. Kuitenkaan leveän keskialueen käyttöä ei yleensä suositella, sillä järjestely lisää liittymän kokonaisleveyttä tuoden ylimääräisiä vaatimuksia sivutien tienkäyttäjille. (Vejregler 2012) Porrastettujen liittymien yhteydessä on myös maininta Suomessakin kolmihaaraliittymissä käytettävästä väistötötilasta. Käsikirjan mukaan väistötöliaa ei tulisi käyttää vasen-oikeaporrastuksessa, sillä riskinä voi olla, ettei väistötöilan jälkeiseltä toiselta sivulta tuleva tienkäyttäjä havaitse päätieltä tulevaa väistötöliaa käyttävää ajoneuvoa (Vejregler 2018).

Oikea-vasenporrastuksessa päätiellä tulisi olla vasemmalle käänymiskaistat. Vasemmalle käänymiskaistoja suositellaan käytettäväksi myös vasen-oikeaporrastuksessa liittymään saavuttaessa. (Vejregler 2017) Kuvalla 17 on esitetty vasemmalle käänymiskaistat molemmissa porrastustavoissa.



Kuva 17. Vasemmalle käänymiskaistat vasen-oikea- (ylhäällä) ja oikea-vasenporrastuksessa (alhaalla) (Vejregler 2018).

Oikea-vasenporrastetussa liittymässä sivuteiden välisen etäisyyden tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta tilaa vievät vasemmalle käänymiskaistat voidaan sijoittaa porrastusväliin (Vejregler 2017). Suomalaisen tasoliittymäohjeen tapaan vasemmalle käänymiskaistat voidaan sijoittaa joko peräkkäin tai rinnakkain. Kuvaassa 18 on esitetty vasen-oikeaporrastetun liittymän vasemmalle käänymiskaistojen toteutustavat. Mikäli liittymässä kulkee sivutieltä toiselle paljon hitaasti liikkuvaa liikennettä, kuten maatalousajoneuvoja, tulee vasemmalle käänymiskaistat sijoittaa rinnakkain. Tällaisessa tilanteessa on tärkeää suunnitella liittymä siten, että kahden sivutien välinen liikenne voi kulkea mahdollisimman suoraan vasemmalle käänymiskaistalle. (Vejregler 2017) Myös kuvasta 18 nähdään, että rinnakkaiset käänymiskaistat ovat tässä tapauksessa parempi vaihtoehto, koska hitaasti liikkuvan ajoneuvon ei tarvitse ajaa yhtä pitkää matkaa päätienvälistä suoraan menevällä kaistalla verrattuna liittymään, jossa käänymiskaistat ovat peräkkäin.



**Kuva 18.** Vasen-oikeaporrastetun liittymän vasemmalle käänymiskaistat peräkkäin (vasemmalla) ja rinnakkain (oikealla) tanskalaisten suunnitteluoheen mukaan (Vejregler 2018).

Porrastusvälin tulee tanskalaisten ohjeiden mukaan olla vähintään 30–40 m. Tällöin ehkäistään sivuteiden välisen liikenteen vinottainen risteävä ajaminen liittymän läpi, jota voisi syntyä porrastusvälin ollessa pienempi. (Vejregler 2017, Vejregler 2018) Mikäli vasen-oikeaporrastettuun liittymään tehdään tai tarvitaan mahdollisesti myöhempin tehdä oikealle käänymiskaista, porrastusvälin tulisi tanskalaisen käskirjan mukaan olla pituudeltaan sellainen, että sivutieltä toiselle menevällä tienkäyttäjällä on käännyessään ensimmäiseltä sivutieltä vasemmalle päätienvälistä suuntaan mahdollisuus mennä suoraan oikealle käänymiskaistalle. (Vejregler 2017) Sivutieltä toiselle sivutielle kulkevat hitaasti liikkuvat ajoneuvot, kuten maatalousajoneuvot, voivat lisätä vasen-oikeaporrastuksessa oikealle käänymiskaistojen tarvetta nelihaaraliittymään verrattuna (Vejregler 2017).

## 6 Asiantuntijoiden näkemyksiä porrastetuista liittymistä

### 6.1 Asiantuntijakyselyt

#### 6.1.1 Vastaajien valinta

Luvuissa 6.1.1–6.1.3 on esitetty kyselyjen toteutus ja analysointitapa. Tämän jälkeen luvuissa 6.2–6.4 on esitetty tulokset kyselyvastauksista.

Vastaajien valinnassa käytettiin harkintaan pohjautuvaa otantaa. Harkintaan pohjautuvassa otannassa vastaajat voidaan rajata esimerkiksi toimenkuvaan liittyen tai arvioimalla vastaajan soveltuvuutta tutkimuskysymys huomioiden (Saunders et al. 2009). Vastaajaksi valittiinkin asiantuntijoita, joiden toimenkuvaan kuuluu liikenteen suunnittelun liittyviä tehtäviä. Sekä suomalaiset että ulkomaalaiset asiantuntijavastaajat valittiin Väyläviraston yhteyshenkilöiden avulla ja heiltä saatiin myös vastaajien sähköpostiosoitteet.

Suomalaisiksi asiantuntijoiksi valikoitui ryhmä Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten suunnittelupääliköitä ja liikenneturvallisuusinsinöörejä, joita oli yhteensä 18. Ulkomaalaisiksi asiantuntijoiksi valittiin tutkimukseen liittyyvässä ohjauspalaiverissa ehdotetun mukaisesti vastaajat Pohjoismaiden osalta Norjasta, Ruotsista ja Tanskasta sekä muista Euroopan maista: Alankomaista, Iso-Britanniasta, Itävallasta, Saksasta ja Ranskasta. Näin ulkomaalaisten vastaajien otannaksi saatiin kahdeksan asiantuntijaa, jotka ovat vastaavia liikennealan asiantuntijoita kuin suomalaiset asiantuntijat. Pohjoismaiset asiantuntijat kuuluvat Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumiin ja muiden maiden asiantuntijat kansainväliseen CEDR-liikenneturvallisuustyöryhmään.

#### 6.1.2 Kyselyjen toteutus

Kyselyt toteutettiin sähköpostikyselynä. Tähän päädyttiin, koska suomalaiset asiantuntijat ovat eri puolella Suomea ja ulkomaalaiset asiantuntijat eri maissa. Toteutustapa antaa vastaajille mahdollisuuden vastata kyselyyn paikasta riippumatta ja itselle parhaiten sopivan aikaan. Hirsväri et al. (2009) ja Saunders et al. (2009) tunnistavatkin erityisesti internetin välityksellä toteutettavan kyselyn eduki juurikin nopeuden ja vaivattoman aineiston saannin ajasta ja paikasta riippumatta. Lisäksi kyselyn aihe on sen verran erityinen, että siihen voi olla myös tarvetta perehtyä tarkemmin. Ajasta riippumaton kysely antaa mahdollisuuden perehtyä asiaan silloin, kun vastaajalle parhaiten sopii.

Suomalaisille asiantuntijoille tehtävien kyselyjen tarkoituksena oli saada tietoa siitä, millainen käsitys asiantuntijoilla on porrastettujen liittymien turvallisuudesta ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Ulkomaalaisille asiantuntijoille tehtävässä kyselyssä oli puolestaan tarkoitus selvittää, toteutetaanko porrastamista muissa Euroopan maissa kuin Suomessa ja mitä ajatuksia ulkomaalaisilla asiantuntijoilla on porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Kyselyssä käytettiin avoimia kysymyksiä. Avoimet kysymykset antavat vastaajille mahdollisuuden kertoa kaiken, mitä hänenlää on mielessä aiheeseen liittyen ja vastaukset voivat olla hyvin yksityiskohtaisia (Hirsväri et al. 2009, Saunders et al. 2009).

Täten avoimet kysymykset sopivat hyvin tässä tutkimuksessa käytettävään kyselyyn, sillä asiantuntijoiden halutaan tuovan kattavasti esille omat näkemyksensä aiheesta. Monivalintakysymyksillä ei välttämättä olisi saatu tarpeeksi kattavasti asiantuntijoiden omia näkemyksiä. Hirjärven et al. (2009) monivalintatyypiset kysymykset saattavat kahlita vastaajan valmiiksi asetettuihin vaihtoehtoihin.

Kyselyn avoimet kysymykset liittyvät tutkimuksen alatutkimuskysymyksiin, ja ne muodostettiin siten, että niitä voitiin analysoida teemoittain. Kyselyn lopulliseen rakenteeseen päädyttiin kommentoinnin ja testaamisen kautta. Kyselystä muodostettiin ensin ensimmäinen versio, johon pyydettiin kommentteja työn ohjaajilta Väylävirastosta ja Tampereen yliopistosta. Kommenttien ja ehdotusten pohjalta kyselyä muokattiin ja lähetettiin edelleen kommentoitavaksi työn ohjaajalle Väylävirastossa. Lisäksi kyselyä testattiin pyytämällä kommentteja mahdolliselta potentiaaliselta vastaajalta. Kommenttien perusteella kyselyä edelleen muokattiin, jolloin suomalaisille ja ulkomaalaisten asiantuntijoille lähetettävä kyselyt saivat lopullisen muotonsa. Suomalaisille asiantuntijoille lähetetty kysely on esitetty liitteessä A ja ulkomaalaisten asiantuntijoille lähetetty kysely liitteessä B. Liitteiden kyselyistä on jätetty pois tarkat osoite- ja numerotiedot. Kyselyjen toteutusvaiheessa Väylävirasto toimi nimellä Liikennevirasto ja Tampereen korkeakoulujen yhdistymisen vuoksi Tampereen teknillinen yliopisto on nykyään Tampereen yliopisto. Muutokset tulivat voimaan vuoden 2019 alusta.

Kysely lähetettiin suomalaisille asiantuntijoille sähköpostilla 5. marraskuuta ja vastausaikaa annettiin 23. marraskuuta 2018 asti. Kysely lähetettiin sähköpostilla yhdelle asiantuntijalle jokaisesta valitusta maasta 15. marraskuuta ja vastausaikaa annettiin 5. joulukuuta 2018 asti. Kysely lähetettiin jokaiselle suomalaiselle ja ulkomaalaisen asiantuntijalle henkilökohtaisesti. Tämän ja kohteliaan saatetekstin ajateltiin lisäävän vastaamisen todennäköisyyttä. Vastausaikaa ollessa jäljellä reilu viikko lähetettiin asiantuntijoille muistutusviesti kyselyyn vastaamisesta. Jokaista kyselyyn vastannutta kiiettiin henkilökohtaisesti sähköpostilla vastaamisesta.

Suomalaisista asiantuntijoista kyselyyn vastasi yhteensä kahdeksan asiantuntijaa eli hieman alle puolet. Ulkomailta saatiin yhteensä neljä vastausta eli puolet asiantuntijoista vastasi kyselyyn. Vastaukset saatiin Ruotsista, Tanskasta, Saksasta ja Ranskasta. Lopputulemana voidaan todeta, etteivät läheskään kaikki asiantuntijoista vastanneet kyselyyn. Näin siitä huolimatta, että kyselystä laitettiin muistutusviesti ja osa ulkomaalaista vastaajista lupasi vielä palata asiaan myöhemmin vastausajan sisällä. Hirjärvi et al. (2009) tunnistavatkin kyselyjen suurimmaksi ongelmaksi vastauskodon, jolloin osa vastauksista jää saamatta. Mahdollinen vastaamattomuus oli jo ennakkoon tiedostettu, sillä yksittäiset sähköpostit hukkuvat helposti sähköpostimassaan ja päivittäiset muut työtehtävät vievät helposti asiantuntijoiden ajan ylimääräiseltä tekemiseltä. Kuitenkin korkeaa vastausprosenttia tärkeämpää lähetetyissä kyselyissä oli saada laadukkaita vastauksia ja tässä onnistuttiin hyvin.

### 6.1.3 Kyselyaineiston analysointi

Saundersin et al. (2009) mukaan aineisto tulee valmistella analyssia varten tunnistamalla oleellinen aineisto ja hylkäämällä turha, joten ensimmäiseksi kyselyvastauksista tunnistettiin lopulliseen käsittelyyn otettava aineisto. Suomalaisilta asiantuntijoilta saatuiin kahdeksan vastausta. Yksi vastanneesta oli vastannut kyselyn yhdellä lauseella, mutta muut olivat vastanneet kaikkiin tai lähes kaikkiin kysymyksistä. Tämä yksi vastaus päättiin jättää pois tarkastelusta, jotta vastaukset olisivat vertailukelpoisia toistensa kanssa. Lopulliseen tarkasteluun otettiin siis seitsemän asiantuntijan antamat vastaukset. Vastaavasti ulkomaisista asiantuntijoista yksi ei vastannut suoranaiseksi kyselyssä esitettyihin kysymyksiin. Vastaus päättiin kuitenkin ottaa mukaan, sillä siinä esitetään porrastetulle liittymälle erilainen vaihtoehto, jota ei ole Suomessa käytössä. Vastauksia tarkasteltiin ulkomaiden osalta neljästä maasta Ruotsista, Tanskasta, Saksasta ja Ranskasta.

Kyselyvastaukset käsiteltiin nimettömänä, jotta vastauksia ei voida yhdistää tiettyihin henkilöihin. Näin ollen asiantuntijoiden nimet jätettiin pois tulosten esittelystä. Suomalaisista seitsemästä asiantuntijasta käytettiin seuraavia lyhenteitä: A1, A2, A3, A3, A4, A5, A6 ja A7. Ulkomaalaisiin asiantuntijoihin viitattiin kunkin asiantuntijan kansalaisuuden mukaan: ruotsalainen, tanskalainen, saksalainen ja ranskalainen asiantuntija. Esitystavan avulla lukijalle selviää, kuka asiantuntijoista oli mitäkin mieltä. Lisäksi selviää, missä määrin ja miten yhtenävästi asiantuntijat esittivät eri näkemyksiä. Tällä varmistetaan tulosten esitysten luotettavuus.

Olenaisen aineiston tunnistamisen jälkeen, laadullisen aineiston analyssissa voidaan noudattaa seuraavia Erikssonin ja Kovalaisen (2008) ja Saundersin et al. (2009) erottelemia vaiheita: 1. vastausten tiivistäminen, 2. aineiston luokittelu ja 3. yhteenveton ja tulokset. Ensimmäisessä vaiheessa kerätty aineisto tiivistetään keskeisimpien havaintojen esille saamiseksi. Laadullisen aineiston ymmärrys syntyy tyypillisesti tulkitsemalla sanoja ja luokittelemalla kerätty data eri kategorioihin, joten toisessa vaiheessa saatu aineisto luokitellaan. Tämän jälkeen luokitellusta aineistosta, tässä tapauksessa kyselyvastauksista, tehdään yhteenveton, jossa voidaan tunnistaa vastausten välistä yhteyksiä ja eroavaisuuksia sekä löytää mielenkiintoisia havaintoja tutkittavaan aiheeseen liittyen. (Eriksson & Kovalainen 2008, Saunders et al. 2009) Yhteenvedon pohjalta esitetään tulokset, joita voidaan peilata myös kirjallisuuteen (Ellram 1996).

Tämän tutkimuksen kyselyjen analysointi tapahtui yllä mainitulla tavalla. Ensin vastaukset tiivistettiin ja sen jälkeen luokiteltiin. Luokittelu erosii hieman suomalaisen ja ulkomaalaisten kyselyvastausten välillä. Suomalaiset asiantuntijavastaukset käsiteltiin omana joukkonaan. Tulokset esitetään kyselyjen avointen kysymysten (liite A) mukaan jaettuna viiteen teemaan: Nelihaaraliittymän porrastaminen, Porrastettujen liittymien turvallisuus, Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut, Porrastuksen paras toteutustapa ja Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioiminen. Kuudes teema olisi voinut olla esimerkiksi Muut esille nousseet asiat aiheeseen liittyen, koska kyselyn viimeisessä kysymyksessä asiantuntijoiden oli mahdollisuus esittää muita ajatuksia aihestaan. Viimeisen kysymykseen saadut vastaukset täydensivät kuitenkin hyvin edellisiä kohtia, joten tässä kohtaa esii nousseet asiat oli tarkoituksenmukaista lisätä sopivii teemoihin liittyviin vastauksiin ja yhdistää niihin.

Ulkomaalaisten kyselyvastukset käsiteltiin myös omana joukkonaan. Ulkomaalaisten kyselyjen tulokset luokiteltiin myös kyselyn avointen kysymysten (liite B) mukaan jaettuna teemoittain: Nelihaaraliittymän turvallisuuden parantaminen, Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut ja paras toteutustapa, Suojaamatto-mien tienkäyttäjien huomioiminen ja Suositeltavia tutkimuksia porrastetuista liittymistä. Kyselyn toinen ja kolmas kysymys yhdistettiin samaan teemaan: Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut ja paras toteutustapa. Tähän päädyttiin, koska vastaukset olivat erikseen tarkasteltuna suppeita, ja näiden kahden kysymyksen vastaukset täydensivät toisiaan hyvin. Suomalaisen ja ulkomaalaisten asiantuntijakyselyiden vastauksista tehtiin lopuksi yhteenvedot, jossa tuotiin esiin ulkomaalaisten ja suomalaisen asiantuntijavastausten perusteella esiin nousseet keskeiset tulokset ja ajatukset. Suomalaisille ja ulkomaalaisille toteutettujen kyselyjen tulokset ja yhteenvedot on esitetty seuraavaksi.

## 6.2 Suomalaisille asiantuntijoille toteutetut kyselyt

Tässä luvussa esitellään asiantuntijakyselyiden tulokset. Koska vastaukset käsiteltiin nimettömänä, suomalaisista seitsemästä asiantuntijasta käytetään seuraavia lyhenteitä: A1, A2, A3, A4, A5, A6 ja A7. Vastaavasti seuraavassa luvussa käsitellään ulkomaalaisten asiantuntijoiden vastauksia, joissa asiantuntijoihin viitataan kunkin asiantuntijan kansalaisuuden mukaan: ruotsalainen, tanskalainen, saksalainen tai ranskalainen asiantuntija.

### Nelihaaraliittymän porrastaminen

Porrastettua liittymää pidettiin pääasiassa hyvänen vaihtoehtona parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta maanteillä (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7). Toki, tietyin rajauksin (A7). Porrastettu liittymä sopii varsinkin päteille (valta- ja kantatiet) ja seututeille (maaseutu, taajamien reuna-alueet, ohikulut) (A3, A5), kun sivutielä saapuu paljon liikennettä (A3) tai joissa on jo jonkin verran risteävää liikennettä (A5). Erityisesti pitkämatkaista liikennettä ajatellen porrastettu liittymä todettiin toimivaksi ratkaisuksi, sillä se ei huononna päätienvälinen sujuvuutta verrattuna esimerkiksi kiertoliittymään (A3, A5). Porrastussa liittymässä pääsuunta saadaan pidettyä korkeatasoisena ja ikävät risteämisonnettomuudet vähenevät (A5). Porrastuksia tehdään harvoin samalle tiejakosolle edistämään liikenteen sujuvuutta. Porrastuskohteiksi valitaan tavallisesti onnettomuusriskiltään esiin nousseita kohtia (A6).

On myös tilanteita, joissa porrastettu liittymä ei ole sopiva ratkaisu. Yksi asiantuntijoista (A5) totesi porrastetun liittymän olevan ratkaisuna "ikävä mutta toimi". Toinen asiantuntija kritisoi porrastettujen liittymien tulleen yllättävän kalaliiksi, sillä joissakin tapauksissa porrastettuihin liittymiin on pitänyt toteuttaa myöhemmin esimerkiksi valo-ohjaus, koska ratkaisu ei ole aina ollut riittävä. Hän huomauttikin, ettei porrastettua liittymää tulisi käyttää kohdassa, jossa liittymään toimivuus vaatii järeämpiä toimia ja muita vaihtoehtoja. (A7) Esimerkiksi suuret liikennemäärit ja maankäyttö saattavat aiheuttaa jatkuvasti ylitystarvetta, mikä aiheuttaa vaaratilanteita muun muassa työssäkäyntiliikenteelle (A6). Muut vaihtoehdot saatetaan kuitenkin sulkea pois esimerkiksi hinnan tai liikennemäärin takia (A2). Porrastusta käytetäänkin paikoin myös ensimmäisen vaiheen toimenpiteenä ennen kuin päätiejakosolle on varaa toteuttaa kalliimpia ratkaisuja (A3, A6).

Muista vaihtoehtoista mainittiin ensisijaisesti kiertoliittymä (A1, A3, A5, A7) ja eritasoliittymä (A1, A2, A3, A5). Kiertoliittymää pidettiin turvallisempana ratkaisuna (A1, A5). Se sopii taajamien ulkopuolelle sivusuunnan liikennemääärän ollessa suuri (A1). Kiertoliittymä lähes aina toimivampi ja turvallisempi vaihtoehto taajamissa, taajamien porttikohdissa (saavuttaessa taajamaan) ja matalamman nopeustason alueella (A3, A5). Eritasoliittymän arvioidaan olevan myös pääosin turvallisempi ja sujuvampi ratkaisu (A4), varsinkin mikäli liikennemääräät erityisesti risteävällä suunnalla ovat suuret (A1, A5). Yksi asiantuntijoista kuitenkin huomautti, että eritasoliittymissä on arvioitava ramppien aiheuttama kiertohaitta. Usein todetaan eritasoliittymien parantavan sujuvuutta, mutta se ei välttämättä aina pidä paikkaansa muulloin kuin ruuhka-aikana. (A1)

Joissakin tilanteissa nelihaaraliittymän porrastaminen voi olla perusteltua jätää tekemättä. Esimerkiksi tilanteessa, jossa sivusuunnat ovat hyvin vähälienteisiä tai toinen sivutien haara on merkityksetön, on porrastuksen vaikutus vähäinen eikä se liene kustannustehokasta (A3). Kiertoliittymän ja eritasoliittymän lisäksi nelihaaraliittymän parantamisen kevyempinä ratkaisuina mainittiin turvasaarekkeet (A1, A2, A4, A7) ja valo-ohjaus (A3, A7). Erään asiantuntijan mukaan nelihaaraliittymä voi olla turvallinen ratkaisu, jos tehdään sivusuunnan turvasaarekkeet ja sivusuuntien liikennemääräät ovat melko pieniä. On myös hyvä tehdä vasemmalle käänymiskaista. (A1) Turvasaarekkeet ovat varteenotettava edullinen vaihtoehto erityisesti maaseutumailla teillä, mikäli maankäyttö ei salli kahta kolmiharaliittymää. Ratkaisu ei tosin ole sopiva, mikäli liittymässä on paljon raskasta liikennettä. (A2) Yksi asiantuntijoista haastoi miettimään, milloin porrastusta tarvitaan, jos toisena vaihtoehtona on paljon halvemmat turvasaarekkeet, paljon turvallisempi kiertoliittymä ja paljon turvallisempi ja sujuvampi eritaso (A4). Toisen asiantuntijan mielestä miniporrastuksen ja pisara-saarekkeiden käyttöä tulisi tutkia myös jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kannalta, sillä niissä ei välttämättä ole esimerkiksi liittymän laajuudesta aiheutuvaa epäselvyyttä ja ongelmaa näille tienkäyttäjille. (A6)

### **Porrastettujen liittymien turvallisuus**

Asiantuntijat kokivat porrastetut liittymät pääasiassa turvallisiksi ja turvallisuuden koettiin parantuneen porrastamisen myötä (A1, A2, A3, A4, A6, A7). Porrastetun liittymän turvallisuus on parempi kuin nelihaaraliittymän varsinkin päätien ollessa kanavoitu (A1, A7). Porrastus vähentää tai jopa poistaa ajoneuvoliikenteen risteämisonnettomuudet kokonaan (A4, A6). Toisaalta porrastetuissa liittymissä on myös turvallisuuteen liittyviä huonoja puolia. Vaikka risteämisonnettomuuksista päästääsi eroon, tilalle tulevat mahdolliset käänymisonnettomuudet (A4) ja erityisesti vasemmalle käännyminen on ongelma (A7). Erään asiantuntijan mukaan ratkaisu on aina hieman sekava. Lisäksi päätienvaikeudet risteävän liikenne on riskialtista ja porrastus hidastaa liikennettä, koska sivutieltä sivutielle kuljettaessa joudutaan käännytämään kaksi kertaa (A4). Yksi asiantuntijoista pohti, että jalankulun, pyöräilyn ja mopoilun osalta porrastus ei välttämättä lisää turvallisuutta vaan päinvastoin huonontaa sitä (A4). Myös tämän suuntaisia tienkäyttäjäpalautteita oli saatu (A5, A6).

Yhdelle asiantuntijoista oli tullut tietoon porrastuksiin liittyen positiivista palautetta tienkäyttäjiltä. Tienkäyttäjäpalautteen perusteella porrastettua liittymää pidetään turvallisena, mikäli porrastus on toteutettu oikein ja kaksi kolmiharaliittymää ovat riittävän kaukana toisistaan. Tällöin yksi liittymähaara jää ajon aikana pois tarkkailusta. (A2) Porrastuksessa liittymä on jaettu ikään kuin

kahteen liittymään, joissa kummassakin on kolme liittymähaaraa nelihhaaraliittymän neljän liittymähaaran sijasta. Kaksi asiantuntijaa mainitsi, ettei heille ollut tullut negatiivista palautetta (A3, A4), kolme asiantuntijaa ei vastannut palautteen saamiseen lainkaan (A1, A7) ja kahden asiantuntijan tietoon oli tullut negatiivista palautetta turvallisuuteen liittyen (A5, A6).

Yhden asiantuntijan mukaan tienkäyttäjien palautteet ovat olleet valitettavan huonoja ja keskittyneet erityisesti jalankulkijoiden, polkupyöräilijöiden, mopoilijoiden ja mopoautojen kuljettajien murheisiin. Hän huomautti negatiivinen palautteen leväävän helposti sähköisessä mediassa saaden tästä kautta huomiota. Asiantuntijan mukaan on kuitenkin epäselvä, ovatko ongelmat todellisia, sillä verrattuna aiemmin toteutettuihin porrastettuihin liittymiin, ei negatiivista palautetta ollut tullut aiemmin lainkaan. Suojaamattomat tienkäyttäjät eivät asiantuntijan mukaan vältämättä tiedä paikkaansa porrastetussa liittymässä. Lisäksi usein porrastettuihin liittymiin on jouduttu toteuttamaan kaiteita ja lähitiloille melusuojuksia, jotka on vaikea kiertää ja esimerkiksi jalankulkijan kiertoreitistä voi tulla hyvin pitkä. (A6) Toinen asiantuntija toi esiin palautteen, jonka mukaan tienkäyttäjät haluaisivat mieluummin kiertoliittymän, koska se hidastaisi myös pääsuunnan liikennettä ja siten sivusuunnasta olisi helpompi liittyä pääsuunnalle. Jonkin verran oli tullut palautetta myös maaseudulta, jossa oli koettu, että jalankulkijan tai pyöräilijän on hankala ylittää liittymäalue sen laajuuden vuoksi. (A5)

### **Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut**

Porrastetun liittymän päätie tulee asiantuntijoiden mukaan kanavoida ja tehdä vasemmalle käänymiskaistat (A1, A3, A4, A6, A7). Kääntymiskaistoin varustettu porrastettu liittymä on turvallisempi kuin väistötilalla toteutettu liittymä (A1). Väistötilaa pidetään vähimmäisratkaisuna (A1, A3, A7). Lisäksi liittymä on hyvä valaista (A1, A4). Porrastettuun liittymään suositellaan myös alikulkua (A4, A6) erityisesti, mikäli liittymässä on vilkasta risteävää jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liikennettä tai liittymäalueella on pysäkit (A4). Yksi asiantuntijoista totesi suunnitteluratkaisujen riippuvan liikennemääristä ja raskaan liikenteen määristä (A2). Myös maaseudun vähäisellä liikennemäärellä tulisi vähimmäisratkaisuna olla väistötila tai maalauskin toteutetut käänymiskaistat (A3).

Kanavointi voidaan tehdä joko tiemerkinnoilla tai korotetulla saarekkeella ja eri tavat soveltuват eri tilanteisiin (A1, A2, A3). Erään asiantuntijan mielestä tiehen tulisi tehdä vahvat tärinäraidat toteutettaessa kanavointi tiemerkinnoin, jotta esimerkiksi pääsuunalta oikealle käännyvä ei ohiteta tiemerkeitöjen päältä (A5). Yksi asiantuntijoista totesi tiemerkinnoin toteutetun kanavoinnin olevan parempi (A1). Toisen asiantuntijan mukaan keskikoroke on puolestaan parempi vilkkaalla liittymäalueella ja taajamaympäristössä (A2). Kolmas asiantuntija muistutti, ettei kanavointia voida tehdä korotetulla saarekkeella nopeuden ollessa 80 km/h. Lisäksi hän huomautti tiemerkinnoin toteutetun kanavoinnin ongelmana olevan, että ne voivat jäädä lumen alle, eikä tiemerkeitä anna saarekkeen tapaan "tilapäistä turvalilaa" jalankulkijalle. Tiemerkinnoin osoitettu kanavointi tulisikin hänen mukaansa aina tehostaa yläpuolisin kaistaopastein. Saarekeongelmasta ja negatiivisesta tienkäyttäjäpalautteesta johtuen asiantuntijan suunnittelualueella onkin pohdittu, että porrastuksia tehtäisiin jatkossa vain, mikäli rahoitus riittää myös alikulun rakentamiseen jalankulkijoille ja pyöräilijöille. Myös väistötilat ovat kyseisen asiantuntijan mukaan ongelmallisia ja tienkäyttäjiltä on saatu moitteita siitä, etteivät väistötilat erotu lumen alta, eivätkä pyöräilijät, mopoilijat ja mopoauton kuljettajat tiedä, mihin jäisivät turvallisesti

---

odottamaan vasemmalle käännyessä. Väistötilaratkaisu pelottaa näitä suojaamattomia tienkäyttäjiä. Asiantuntijan suunnittelualueella onkin päättetty, ettei uusia porrastuksia enää tehdä väistötilalla, mikäli kanavointi kohteseen mahduu kanavointi. (A6)

### **Porrastuksen paras toteutustapa**

Asiantuntijat kokevat pääasiassa oikea-vasenporrastuksen olevan parempi toteutustapa kuin vasen-oikeaporras (A1, A2, A3, A5, A7), erityisesti jos liittymässä on vasemmalle käänymiskaistat (A1, A2). Yksi asiantuntijoista perusteli näkemystään sillä, että oikea-vasenporrastuksessa molemmista suunnista tulevilla on vähemmän konfliktimahdollisuksia (A2). Toisen asiantuntijan mukaan sivusuunnasta tulevan pääsuunnan ylittävän ajoneuvon ei tarvitse tällöin seurata kuin yhtä ajosuuntaa kerrallaan. Lisäksi hän toi esiin mielenkiintoisen huomion siitä, ettei oikea-vasenporrastuksessa ole ajoteknisesti juurikaan eroa tienkäyttäjien usein toivomaan kiertoliittymään ajatellessa ohjauspyörän käänlyiden määrää. (A5)

Asiantuntijat nostivat esille, ettei voida välttämättä tietää kumpi on todellisuudessa parempi porrastustapa (A3) ja porrastustapa tulisi katsoa tapauskohtaisesti riippuen käännyvistä liikennevirroista (A4). Lisäksi yksi asiantuntijoista muistuttaa, ettei porrastustavan valinta ole usein vapaasti valittavissa, vaan esimeriksi joki tai muu este pakottaa valitsemaan tietyn ratkaisun (A5). Toisaalta huomaautetaan myös, että vasen-oikeaporras voi olla parempi, jos ajatellaan esimeriksi 80–100 km/h nopeusrajoituksia ja liittymässä ei ole vasemmalle käänymiskaistaa (A4). Yksi asiantuntijoista totesi käytössä olevan suunnitteluhjeen riittävän ohjeistamaan porrastustyyppin valinnassa. Hän ehdottaa kuitenkin suunnitteluhjeeseen joitakin tarkennuksia ja lisäyksiä: ohjeessa tulisi korostaa paremmin risteävän suojaamattoman liikenteen asemaa porrastusratkaisussa, pysäkkien sijainti tulisi huomioida paremmin, väistötilan käyttöön tulisi olla hyvä peruste ja erillisen oikealle käänymiskaistan käyttöön porrastussa liittymässä tulisi antaa ohjeet. (A6)

### **Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioiminen**

Asiantuntijat olivat yhtä mieltä siitä, että porrastettuihin liittymiin tulisi toteuttaa suojaamattomille tienkäyttäjille eritasoratkaisuna alikulku (A1, A2, A3, A4, A6, A7). Yksi asiantuntijoista lisäsi, että eritasoratkaisu tulisi ehdottomasti toteuttaa valtateillä taajamien, kylien ja jatkuvan haja-asutuksenkin ympäristössä nopeusrajoituksen ollessa 80–100 km/h (A3). Toinen asiantuntija painotti, että kerralla kannattaa tehdä laadukasta: "...jos on kerran varaa toteuttaa porrastus tulisi toteuttaa myös alikulku" (A6). Alikulun paikka riippuu muusta maankäytöstä (A1). Lisäksi yksi asiantuntijoista muistutti riittävistä jalankulun, pyöräilyn ja mopoilun yhteyksistä ja totesi myös pysäkkijärjestelyjen hankaloituvat ilman niitä (A4).

Yksi asiantuntijoista korosti järjestelyiden sujuvuutta ja houkuttelevuutta: Liittymässä tulee olla sujuvat ja houkuttelevat järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille, jotta estetään erilaisten polkujen muodostumiset ja sattumanvaraiset ylitykset esimeriksi korotetun alueen kautta. Hän ehdotti, että jalankulku ja pyöräilyväylä eroaisi jo aiemmin tien viereltä johdattaen tienkäyttäjät muutama kymmenen metriä kauemmaksi liittymän kohdalta, ja edelleen päätienviili sujuvasti joko tasossa tai tien ali. Tällöin yksitasoisessa ratkaisussa käännyväät

autoilijat havaitsevat suojaamattomat tienkäyttäjät helpommin kuin välittömästi liittymän kohdalla. (A2) Toinen asiantuntija oli puolestaan sitä miettä, että mikäli jalankulku ja pyöräily risteävät tasossa, on ylityskohta järkevä sijoittaa heti sivutien liittymien jälkeen (A7).

## 6.3 Ulkomaalaisille asiantuntijoille toteutetut kyselyt

### Nelihaaraliittymän turvallisuuden parantaminen

Nelihaaraliittymän porrastaminen on yksi käytössä olevista turvallisuuden parantamistoimenpiteistä myös Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa. Ruotsalaisen asiantuntijan mukaan Ruotsissa käytetään useita ratkaisuja nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamiseen. Porrastetun liittymän lisäksi hän mainitsee eritasoliittymän, kiertoliittymän ja päätienvasemmalle käännytyskaistan. Tanskassa toinen tavallinen nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamisratkaisu on tanskalaisten asiantuntijan mukaan yleistymässä oleva kiertoliittymä. Myös Saksassa on käytössä useampia ratkaisuja, joita esitellään saksalaisessa maanteiden suunnitteluohejessa. Saksalaisen asiantuntijan mukaan ei kuitenkaan ole olemassa tilastoja, mikä on tavallisimpien liittymätyypin, mutta hän uskoo kolmihaaraliittymää käytettävän eniten. Hän kertoi, että suunnitteluoheissa on suositus, jonka mukaan porrastettua liittymää (oikea-vasen) tulisi käyttää mieluummin kuin valo-ohjaamatonta nelihaaraliittymää. Kaikki asiantuntijat olivat yhtä mieltä siitä, että kiertoliittymä on ratkaisuna porrastettua liittymää turvallisempi. Tanskalainen asiantuntija perusteli tästä kiertoliittymien nopeutta alentavalla vaikuttuksella, mikä vähentää tehokkaasti henkilövahinko-onnettomuuksia.

Ranskasta ei saatu vastausta kyselyn varsinaisiin kysymyksiin, mutta ranskalaisten asiantuntijat toi porrastettuna liittymänä esiin ratkaisun, joka on vapaasti suomennettuna "maapähkinäliittymä" (carrefour-cacahuète). Kyseinen liittymätyyppi on esitetty kuvassa 19. Liittymään on tulossa myöhemmin viides liittymähaara peltoalueelle toteutettavaa kauppakeskusta varten.



Kuva 19. Maapähkinäliittymä Ranskassa (kuva Google Maps).

---

Nimi johtunee liittymän maapähkinää muistuttavasta muodosta. Varsinaisena porrastettuna liittymänä ratkaisua ei kuitenkaan voida pitää, sillä liittymä muodostuu enemmän ikään kuin kahteen osaan venytetystä liikenneympyrästä. Tälaista ratkaisua ei ole käytössä Suomessa.

### **Porrastetun liittymän suunnitteluratkaisut ja paras toteutustapa**

Ruotsalaisen asiantuntijan mukaan porrastetuissa liittymissä tulee olla vähintään vasemmalle käänymiskaistat. Mikäli porrastetussa liittymässä ei ole käänymiskaistoja suositaan vasen-oikeaporraastusta. Hän perusteli tätä sillä, että vasen-oikeaporraastetussa liittymässä tienkäyttäjän on mahdollista odotaa sivutiellä. Sen sijaan, jos liittymässä on keskisaareke ja vasemmalle käänymiskaistat, on oikea-vasenporraatus parempi. Saksalaisen asiantuntijan mielestä oikea-vasenporraatus on paras tapa toteuttaa porrastettu liittymä. Hänen mukaansa vasemmalle käänymiskaistat tulee sijoittaa rinnakkain tai peräkkäin riippuen porrastusvälin leveydestä ja pituudesta. Tanskalainen asiantuntija ei tuonut esiin kumpi porrastustapa on parempi, mutta paikallinen tielaitos suosittelee käytämään kanavointia oikea-vasenporraastuksessa. Lisäksi oikea-vasenporraastuksessa tulee olla vasemmalle käänymiskaista ja kanavoinnissa tulee käyttää tiemerkitäitä, ei korotusta. Tanskalainen asiantuntija muistutti myös alhaisemman nopeusrajoituksen liittymäalueella parantavan osaltaan turvallisuutta.

### **Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioiminen**

Saksalaisen asiantuntijan tiedossa ei ollut, että suunnitteluhjeissa olisi erityisiä vaatimuksia jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden järjestelyille porrastetuissa liittymissä. Myöskään ruotsalainen asiantuntija ei ehdottanut erityisiä toimenpiteitä suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyihin liittyen. Hän kuitenkin huomautti, että koska porrastetussa liittymässä on merkittävästi vähemmän konfliktipisteitä nelihaaraliittymään verrattuna, voi porrastus itsessään jo parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta. Tanskalaisen asiantuntijan mukaan nelihaaraliittymän uudelleensuunnittelussa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta voidaan parantaa myös tekemättä mitään erityisiä toimenpiteitä. Jos nelihaaraliittymien turvallisuusongelma on nimenomaan suojaamattomassa liikenteessä, voidaan hänen mukaansa suojaamattoman liikenteen turvallisuutta parantaa alikululla. Toteutettaessa porrastus uuteen tiehen huomautti tanskalainen asiantuntija järjestelyiden riippuvan ajoneuvoliikenteen nopeudesta, liikennemääristä sekä ajoneuvojen ja suojaamattomien tienkäyttäjien reiteistä.

### **Suositeltavia tutkimuksia porrastetuista liittymistä**

Ruotsalaisella asiantuntijalla ei ollut antaa varsinaisia tutkimuksia porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta. Hän suositti kuitenkin tutustumaan porrastettujen liittymien osalta Trafikverketin (2018) ja Vägverketin (2004) julkaisuihin, joita käsiteltiin luvussa 5.1 ruotsalaisten ohjeistusten yhteydessä. Tanskalaisen asiantuntijan mukaan Tanskassa ei ole porrastetuista liittymistä ja niiden turvallisuudesta mitään tutkimuksia, joita hän voisi tuoda esille. Saksalainen asiantuntija oli tietoinen vain yhdestä saksalaisesta tutkimuksesta, joka käsittelee porrastettuja liittymiä: Schnüllin ja Richterin (1994) tutkimus mainittiin luvussa 4.1 käsiteltäessä porrastettujen liittymien turvallisuutta.

## 6.4 Yhteenveto

### **Suomalaiset asiantuntijakyselyt**

Suomalaiset asiantuntijat pitivät porrastettua liittymää yleisesti ottaen hyvänä vaihtoehtona parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta maanteillä. Etuna on, että pääsuunta saadaan pidettyä sujuvana ja ikävät risteämisonnettomuudet vähenevät. Ratkaisu on myös edullinen verrattuna kiertoliittymään ja eritasoliittymään. Toisaalta erityisesti vasemmalle kääntyminen on ongelmallinen ja käänymisonnettomuudet ovat mahdollisia. Lisäksi ratkaisu ei välittämättä ole suojaamattomien tienkäyttäjien näkökulmasta yhtä hyvä ratkaisu. Suojaamattomilta tienkäyttäjiltä oli saatu osittain negatiivista palautetta, jossa nämä kokevat ratkaisun turvattomaksi.

Porrastuksen yhteydessä tärkeät toteutettavat suunnitteluratkaisut ovat päättien kanavointi ja vasemmalle käänymiskaistat. Lisäksi liittymä on hyvä valaista. Kanavointi voidaan tehdä joko tiemerkinöillä tai korotetulla saarekkeella. Vastausten perustella ei saatu selkeää tulosta kumpi vaihtoehto on parempi, koska tavat soveltuват eri tilanteisiin ja molemmissa tavoissa on omat etunsa ja haittansa: korotettu saareke ei sovellu suuriin nopeuksiin, mutta on näkyvyyden kannalta tiemerkinää parempi. Tiemerkinöön osoitettu kanavointi soveltuu suurempiaan nopeuksiin, mutta peittyy helposti lumen alle, eikä toimi korotetun saarekkeen tapaan tilapäisenä turvatislana jalankulkijoille. Mikäli käänymiskaistoja ei voida toteuttaa, pitäisi suurin osa asiantuntijoista välttötilaa vähimmäisratkaisuna. Asiantuntijat kokivat oikea-vasenporrastuksen olevan pääasiassa vasen-oikeaporrastusta parempi toteutustapa, varsinkin silloin kun liittymässä on vasemmalle käänymiskaistat. Porrastustapa tulee kuitenkin harmita tapauskohtaisesti, eikä sitä välittämättä voida esimerkiksi maankäytön tai esteen takia valita vapaasti.

Suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimista pidettiin tärkeänä ja aihetta on syytä pohtia. Kaikki olivat yhtä mieltä, että suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden kannalta porrastettuun liittymään tulee tehdä alikulku. Lisäksi on hyvä toteuttaa riittävät yhteydet jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille. On tärkeää, että suojaamattomille tienkäyttäjille tehtävät ratkaisut ovat sujuvat ja houkuttelevat, jotta niitä käytetään ja estetään vaaralliset sattumanvaraiset tien ylitykset.

Täytyy muistaa, että on myös paljon tilanteita, joissa porrastettu liittymä ei ole aina riittävä tai sopiva vaihtoehto, vaan tarvitaan jokin muu ratkaisu. Suunniteltaessa liittymäksi porrastettua liittymää täytyy kriittisesti miettiä, riittääkö ratkaisu todella vai tarvitaanko järeämpää ratkaisuja kiertoliittymää tai eritasoliittymää. Joissakin tilanteissa nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamiseksi voi riittää myös kevyempi ja edullisempi ratkaisu, ilman että liittymätyyppi täytyy vaihtaa. Tällöin voidaan miettiä esimerkiksi turvasaarekkeiden tai valo-ohjauksen lisäämistä.

### **Ulkomaalaiset asiantuntijakyselyt**

Kuten Suomessa, myös Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa nelihaaraliittymän porrastaminen on yksi käytössä olevista ratkaisuista parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta. Porrastetun liittymän päätienvaihto on tärkeänä. Asiantuntijat kaikissa edellä mainituissa maissa nostivat myös pääosin oikea-vasenporrastuksen esiiin parempana porrastustapana, varsinkin mikäli liittymässä on toteutettu kanavointi ja vasemmalle kääntymiskäsite. Kaikissa maissa asiantuntijat nostavat esiiin vaihtoisena ratkaisuna kiertoliittymän, jota pidettiin yleisesti ottaen turvallisempaan.

Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa ei ole ohjeistusta suojaamattomien tienkäytäjien järjestelyille porrastetuissa liittymissä, eikä asiantuntijoilla ollut ehdottaa tähän mitään ratkaisuja. Näin ollen voisi tulkitta, ettei asiaa ole juurikaan pohdittu tarkastelluissa maissa tai sitten asiantuntijat eivät vain ole tietoisia kyseisestä aiheesta. Ulkomaalaisilla asiantuntijoilla ei myöskään ollut esittää heidän mukaansa aiempia tutkimuksia porrastetuista liittymistä lukuun ottamatta saksa-alista Schnüllin ja Richterin (1994) lähes 25 vuotta vanhaa tutkimusta, joten aihe on ilmeisesti hyvin vähän tutkittu näissä maissa. Suomalaisille asiantuntijoille toteutetusta kyselystä käy ilmi, että asiaa on jonkin verran pohdittu. Toki tulos voisi olla ulkomaalaisille toteutettujen kyselyjen osalta toinen tai kattavampi, mikäli olisi saatu vastauksia useammalta asiantuntijalta. Ulkomailta saadut vastaukset jäävät muutenkin suomalaisilta asiantuntijoilta saatuja vastauksia suppeammaksi, joten suomalaisten ja ulkomaalaisten asiantuntijoiden näkemyksistä ei voi esittää juurikaan kattavampaa vertailua.

## 7 Henkilövahinko-onnettomuudet porastetuissa liittymissä

### 7.1 Onnettomuustiedot

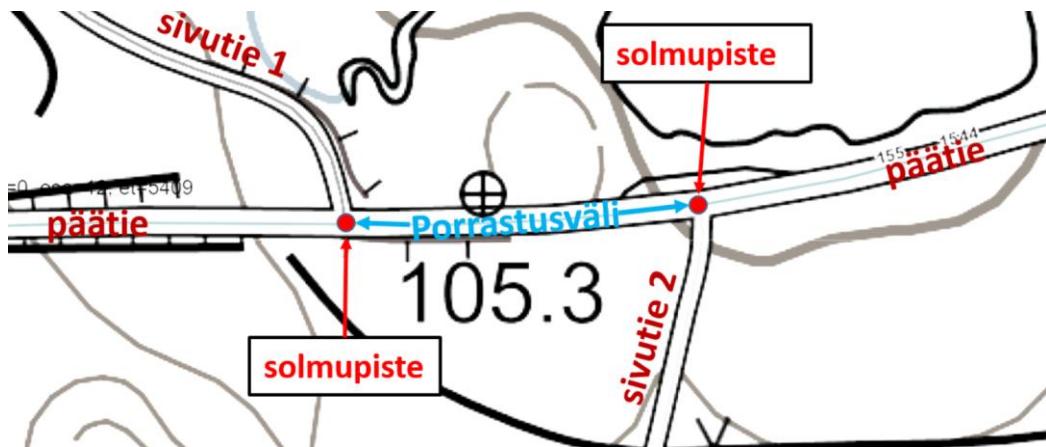
#### 7.1.1 Lähtöaineiston porrastetut liittymät

Luvuissa 7.1.1–7.1.3 esitellään onnettomuustietojen lähtöaineisto ja analysointitapa. Tämän jälkeen luvuissa 7.2–7.8 esitellään onnettomuusaineistosta saadut tulokset.

Väyläviraston vastuulla olevista maanteistä ja niiden liikenteestä löytyy tarkat tiedot Väyläviraston ylläpitämästä tierekisteristä (Väylä 2019a). Tierekisteristä kuitenkin puuttuu tiedot porrastetuista liittymistä. Näin ollen tutkimuksessa päädyttiin hyödyntämään Peltolan ja Malinin (2016) Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksessa porrastetuiksi liittymiksi tunnistettuja maanteiden liittymiä, jotka olivat säilyneet muuttumattomina vuoden 2011 jälkeen. Kyseisessä tutkimuksessa porrastetut liittymät oli haettu tierekisteristä tarkastelemalla lähekkäin olevia kolmihaaraliittymiä, jonka jälkeen liittymä tarkasteltiin kartalta. Näin voitiin tunnistaa ne liittymät, jotka todellisuudessa käsittivät kaksi kolmihaaraliittymää. (Peltola & Malin 2016)

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta lähtöaineistona saadut porrastetut liittymät oli koottu valmiiksi Excel-tiedostoon, jossa oli yhteensä 212 porrastettua liittymää. Näistä 117 liittymää oli vasen-oikeaporrastuksia ja 95 liittymää oikeavasenporrastuksia. Excel-tiedostossa oli kerrottu jokaisen porrastetun liittymän osalta päätienvaihtoehdot ja porrastusväli päätiellä. Tämä tarjoaa mahdollisuuden tutkimaan, miten erilaiset liittymät eroavat toisistaan. Solmupisteiden sijaintitiedot ja porrastusväli päätiellä ovat samat kaikilla liittymillä. Tämä tarjoaa mahdollisuuden vertailla erilaisia liittymäitä toisiinsa. Solmupisteiden sijaintitiedot ja porrastusväli päätiellä ovat samat kaikilla liittymillä. Tämä tarjoaa mahdollisuuden vertailla erilaisia liittymäitä toisiinsa.

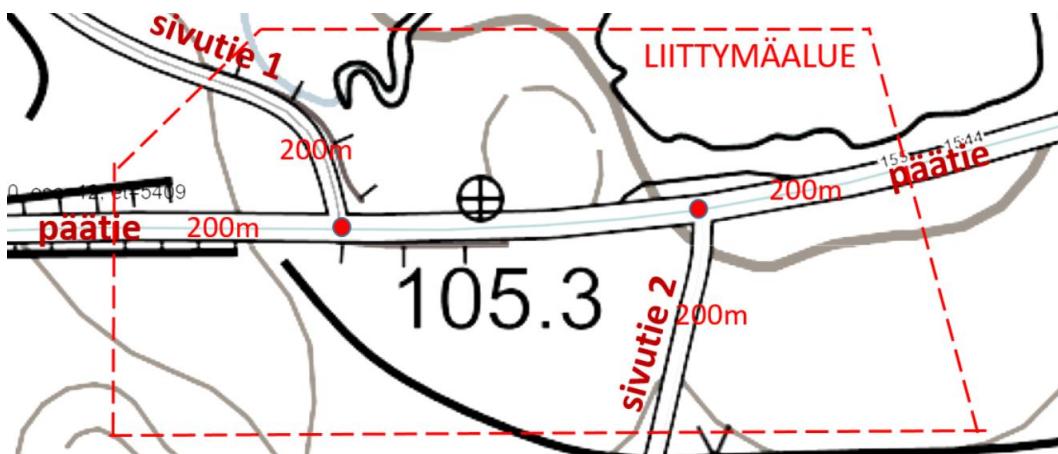
Jokainen lähtöaineiston porrastettu liittymä käytti yksitellen läpi. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan maanteiden porrastetuissa liittymissä tapahtuneita onnettomuksia vuosina 2009–2017. Koska tutkittiin laajempaa ajanjaksoa kuin Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen aikaväliltä 2011–2015, täytyi tarkistaa, mitkä lähtöaineiston porrastetuista liittymistä olivat säilyneet muuttumattomina myös aikavälillä 2009–2017. Lähtöaineiston porrastetuista liittymistä oli siis tarkistettava, että porrastus oli tehty ennen vuotta 2009. Tieosoitteiden avulla voitiin etsiä tierekisteristä solmupisteiden voimassaolon alkupäivämäärität tietyllä tieosoitevälillä. Porrastus oli tehty ennen vuotta 2009, jos solmupisteiden voimassaolon alkupäivämäärität sijoittuvat vuoteen 2008 tai ennen sitä. Lähtöaineistosta rajattiin pois sellaiset liittymät, joissa solmupisteen voimassaolon alkupäivämäärä sijoittui vuoteen 2009 tai sen jälkeen, koska tällöin liittymä ei ollut säilynyt muuttumattomana aikavälillä 2009–2017.



Kuva 20. Porrastetun liittymän solmupisteet (taustakartta Tiemappi).

Koska porrastetuissa liittymissä tapahtuneita onnettomuuksia tutkittiin koko liittymäalueelta, oli tarve selvittää päätienvälistä tieositteiden lisäksi myös sivuteiden tieositteet. Päätienvälistä tieositteiden avulla porrastettuja liittymiä voitiin tarkastella Väyläviraston ylläpitämässä Tiemappi-karttapalvelussa. Haku kohdistettiin solmupisteiden osoitteiden avulla tieosoitevälille. Porrastetun liittymän tietoja tarkasteltiin liittymäalueelta. Tutkimuksessa liittymäalueksi tulkittiin 200 metriä liittymän keskipisteestä sekä pää- että sivutien suunnassa. Tähän päädyttiin, sillä samaa määritelmää oli käytetty Kulmalan (1995) väitöskirjassa kaikissa liittymäonnettomuuksissa ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa taajaman ulkopuolella tapahtuneissa liittymäonnettomuuksissa. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa taajamassa sijaitsevissa maantieliittymissä liittymäalueeksi tulkittiin 100 metriä liittymän keskipisteestä. Tässä tutkimuksessa tarkastelussa mukana olleet taajama-alueille sijoittuneet muutamat onnettomuudet tapahtuivat myös tämän 100 metrin säteellä. Tämän perusteella tulokset ovat linjassa Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen kanssa ja liittymäalue olisi voitu määritellä myös Peltolan ja Malinin (2016) tapaan eri tavalla taajamassa ja taajaman ulkopuolella.

Liittymäalueen määritelmän ollessa tässä tutkimuksessa 200 metriä tarkoitti tämä käytännössä sitä, että liittymäalueella tarkasteltaessa lähtöaineiston solmupisteen tieositeen etäisyyteen joko lisättiin tai siitä vähennettiin sivutien tai päätienvälistä riippuen 200 metriä. Näin voitiin hakea tierekisteristä osoitteet myös sivusuunnille, kun kartalta nähtiin sivutien numero ja tieosa. Porrastetun liittymän liittymäalue ja sen muodostuminen on havainnollistettu kuvalla kuvassa 21.



Kuva 21. Porrastun liittymän liittymäalue (taustakartta Tiemappi).

Päätienvälinen ja sivuteiden tieosoitteet katsottiin kartalta ja tierekisteristä, jotta varmistettiin niiden tarkkuudesta ja oikeellisuudesta. Tämä oli perusteltua tehdä, sillä lähtöaineiston tieosoitteissa oli jonkin verran virheitä. Tierekisteristä pysyttiin tarkistamaan ja tarvittaessa korjaamaan ja hakemaan arvot tarkastellulle liittymäalueelle. Osoitteet oli myös hyvä tarkistaa, sillä lisättäessä tai vähennettäessä tieosoitteen etäisyyden arvosta liittymäalueen vaatima 200 metriä saattoi esimerkiksi tieosan numero muuttua. Näin liittymäalue saatiin päätienvälinen ja sivuteiden osalta tieosoitevälinä, jota voitiin hyödyntää liittymissä tapahtuneiden onnettomuuksien hakemisessa.

Tiemapista saatiin linkki Google Maps -karttapalveluun, jossa kutakin liittymää voitiin tarkastella 360°-näkymällä ja liittymästä oli mahdollista katsoa ilma-kuva. Jokaisen porrastetun liittymän kohdalta otettiin Google Maps -linkki ja kuva-arkku ilmakuvasta myöhempää tarkastelua varten. Karttakastelun ja ilmakuvien perusteella muutaman lähtöaineiston liittymän tunnistettiin olevan selkeästi muu kuin porrastettu liittymä. Liittymässä oli esimerkiksi kaksi sivutietä samalla puolen pääsuuntaa. Tällaiset liittymät jäettiin pois tarkastelusta. Tiemapin kautta saatiin lisäksi tiedot pää- ja sivuteiden liikennemääristä, joita tarvittiin lopullisessa tarkastelussa onnettomuusasteiden laskemisessa. Muutaman porrastetun liittymän osalta liikennemääritiedot olivat puutteelliset. Nämä liittymät jäettiin myös pois tarkastelusta, koska ne eivät olleet vertailukelpoisia onnettomuusasteiden osalta. Myös porrastettujen liittymien pääteiden nopeustiedot saatiin Tiemapista, mutta 17 liittymästä nopeustietoja ei ollut saatavissa. Koska liittymät sijaitsivat pääasiassa taajamien ulkopuolella olevilla yhdysteillä, oletettiin nopeudeksi taajamien ulkopuolisen yleisnopeusrajoitukseen mukaan 80 km/h.

Kun lähtöaineistosta oli poistettu liittymät, joita ei voitu katsoa porrastetuksi liittymiksi, joissa oli puutteelliset liikennemääritiedot tai joissa porrastus oli tapahtunut vasta vuonna 2009 tai sen jälkeen, saatiin lopullinen porrastettujen liittymien tutkimusaineisto. Tässä työssä tutkittavia maanteiden porrastettuja liittymiä on yhteensä 185, joista 101 liittymää on porrastustavaltaan vasen-oikeaporras ja 84 liittymää oikea-vasenporras.

### 7.1.2 Onnettomuusaineiston kerääminen

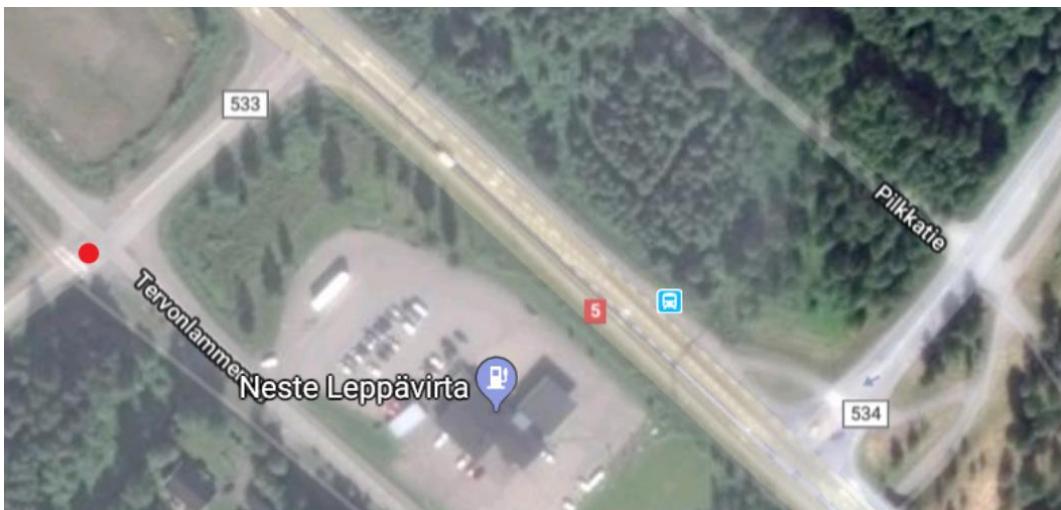
Porrastetuista liittymistä tutkittiin liittymäalueelle sijoittuvia onnettomuuksia hyödyntäen Väyläviraston onnettomuustilastoja. Poliisin tietoon tulleet henkilövahinkoon johtaneet tieliikenneonnettomuudet kirjataan poliisin tietojärjestelmään, josta ne toimitetaan Tilastokeskukselle kolme kertaa kuukaudessa (Tilastokeskus 2019). Tilastokeskuksessa puolestaan nämä tiedot täydennetään Väyläviraston, Liikenne- ja viestintäviraston sekä Tilastokeskuksen kuolemansytilastosta saatavilla tiedoilla tilastoiksi, jotka toimitetaan edelleen Väylävirastolle. Väylävirastossa onnettomuustietoihin liitetään vielä onnettomuuteen liittyvät tie- ja liikennetiedot. (Kuittinen 2017) Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien tiedot sisältävät muun muassa tiedot onnettomuustyyppistä, onnettomuuden osallisten määristä, onnettomuusajankohdasta ja sääolosuhdeista (Tilastokeskus 2019).

Väyläviraston tierekisterin onnettomuustietoihin on koottu kaikki poliisin kirjammat liikenneonnettomuudet maanteillä, kaduilla ja yksityisteillä. Onnettomuuksista löytyy onnettomuuden sijaintitiedot, jotka poliisi on kirjannut onnettomuustietoihin vuodesta 2009 alkaen. Poliisi kirjaaa onnettomuuspaikan sijaintitiedot GPS-koordinaattien, tieosoitteiden ja sanallisen osoitteen avulla (Kuittinen 2017). Huomioitava on kuitenkin, että poliisin tietoon tulleiden ilmoitusten kattavuudessa kaikista sattuneista onnettomuuksista on paljon hajontaa. Liikenteen turvallisuusviraston (2015) mukaan virallisen tilaston kattavuus on kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa täydet 100 % kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien osalta, sillä poliisi tutkii kaikki kuolemaan hoitaneet tapaukset. Sen sijaan henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien osalta tilasto kattaa vain noin 30 % onnettomuuksista. Lisäksi kattavuus vaihtelee henkilövahinkojen osalta eri onnettomuustyyppien välillä. Kattavuuden on tunnistettu olevan huonointa yksittäisonnettomuuksissa loukkaantuneiden polkupyöräilijöiden osalta. (Liikenteen turvallisuusvirasto 2015)

Liittymäonnettomuuksien haku tapahtui etsimällä onnettomuuksia tietyltä tieosoiteväältä aikaväliltä 2009–2017. Tieosoiteväleiksi syötettiin solmupisteiden ja liittymäalueen reunapisteiden tieosoite siten, että käytin läpi päätie ja molemmat sivuteistä määritetyltä liittymäalueelta. Näin päästiin käsiksi kussakin porrastetussa liittymässä tapahtuneiden onnettomuuksien ilmoitusnumeroihin, sijaintitietoihin ja poliisin kirjoittamiin onnettomuusselostuksiin. Kunkin onnettomuuksia sisältäneen porrastetun liittymän osalta otettiin talteen onnettomuuksien ilmoitusnumerot. Tierekisterin kautta pääsee ohjautumaan suoraan Tiemappiin, jossa valittu onnettomuus esitetään kartalla poliisin kirjaamien GPS-koordinaattien perusteella. Onnettomuuksien tapahtumapaikat piirrettiin aiemmin tallennettuihin porrastettujen liittymien ilmakuviin.

Ilmoitusnumeroiden kautta päästiin edelleen käsiksi tarkempiin onnettomuus-tietoihin, jotka haettiin Excel-taulukkoina Väyläviraston ylläpitämästä onnettomuus-, tiestö-, ja liikennetietoja sisältävästä Tiira-tietopalvelusta. Excel-taulukkoina haettiin kaikki tarkastelujaksolla 2009–2017 tapahtuneet tieliikenneonnettomuudet Suomessa. Tämän jälkeen aineistoista voitiin suodattaa jo löydettyjen onnettomuuksien ilmoitusnumeroiden perusteella porrastetuissa liittymissä tapahtuneet onnettomuudet onnettomuustietoineen. Onnettomuustiedoista ei voida hahmottaa onnettomuuden sijaintia porrastetussa liittymässä, eikä saada tietoa onnettomuuden kulusta. Tämän vuoksi onnettomuuksista tutkittiin myös poliisin onnettomuusselostuksia ja tapahtumapaikkoja, jotka oli piirretty edellisessä vaiheessa ilmakuviin.

Ilmakuvien perusteella saatiin kerättyä joukko onnettomuuksia, joissa onnettomuus näytti tapahtuneen tapahtumapaikan perusteella liittymäalueen reunalla, ja onnettomuus ei kuvan perusteella näyttänyt liittyvän porrastukseen, vaan alueella olevaan pienempään liittymään tai piha-alueelle käänymiseen. Nämä onnettomuudet käytiin läpi myös poliisin onnettomuusselostuksista, jotta voitiin varmistua asiasta. Tämän perusteella onnettomuuksista karsittiin pois sellaiset onnettomuudet, joista voitiin selkeästi sijainnin ja kuvaksen perusteella tulkitta, ettei onnettomuus liittynyt tarkasteltavaan liittymäratkaisuun. Kuvassa 22 on osoitettu vasemmalla pienellä punaisella ympyrällä paikka, jossa tapahtui tarkastelujaksolla 2009–2017 yhteensä kolme onnettomuutta. Sijainnin perusteella voitiin epäillä onnettomuuksien liittyvän pienempään Tervolammentien ja porrastetun liittymän sivutien väliseen liittymään. Epäily vahvistui poliisin selostuksesta, josta ilmeni kaikkien onnettomuuksien liittyvän väistämisvelvolisuuden rikkomiseen tässä pienemmässä liittymässä. Täten esimerkiksi kyseiset kolme onnettomuutta jätettiin pois porrastettujen liittymien onnettomuuksien lopullisesta tarkastelusta, sillä nämä eivät liityneet porrastettuun liittymään.



Kuva 22. Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pienempään liittymään, eikä tarkasteltavaan porrastettuun liittymään (kuva Google Maps).

Toinen esimerkki poisjätetystä onnettomuudesta liittyy piha-alueelle käänymiseen, joka tapahtui kuvassa 23 piirretyn pienen punaisen ympyrän läheisyydessä. Onnettomuuden sijaintia tarkasteltaessa heräsi epäilys, että onnettomuus liittyy todennäköisesti kuvan vaseman alakulman tehtaan pihaan käänymiseen tai pienemmälle tielle Juankosken kanavalle käänymiseen. Asia varmistettiin onnettomuusselostuksesta. Tässä tapauksessa kuvassa päätellä vasemmalta tuleva mopoilija oli ollut ensin aikeissa käännyä vasemmalle tehtaan pihaan, mutta olikin yhtäkkiä vaihtanut suunnitelmaa ja aikeissa käännyä ilmeisesti Juankosken kanavan suuntaan. Samaan aikaan takaa tuleva auto oli ajanut mopon perään. Myös tämä onnettomuus jätettiin pois lopullisesta tarkastelusta. Porrastettujen liittymien onnettomuusaineistosta poistettiin yhteensä 11 onnettomuutta, jotka olivat onnettomuuden tapahtumapaikan ja onnettomuusselostuksen perustella tapahtuneet liittymäalueen reunalla olevaan muuhun pienempään liittymään tai piha-alueelle käänymiseen.



**Kuva 23.** *Esimerkki onnettomuudesta, joka liittyy pihaan käänymiseen ja pienempään liittymään, eikä tarkasteltavaan porrastettuun liittymään (kuva Google Maps).*

Tarkastelutavasta riippuen taajamassa tapahtuneita onnettomuuksia oli 5 tai 10. Tiirasta saatavien onnettomuustietojen perusteella 10 onnettomuutta oli tapahtunut taajama-alueella. Tarkasteltaessa porrastettuja liittymiä kartalta näistä viisi onnettomuutta eivät Tiemapin mukaan sisältyneet taajama-alueelle. Lisäksi muut näissä liittymissä tapahtuneet onnettomuudet oli kirjattu taajaman ulkopuolisiksi onnettomuuksiksi. Kaikki taajama-alueella tapahtuneet onnettomuudet olivat tarkastelutavasta riippumatta vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia ja ne tapahtuivat lähellä sivutien ja päätienvälistä solmupistettä. Koska suurin osa tarkastelluista porrastetuista liittymistä sijaitsee taajaman ulkopuolella ja taajama-alueella tapahtuneiden onnettomuuksien määrä on tarkasteluvasta riippumatta vähäinen, taajama-alueella tapahtuneita onnettomuuksia ei tarkasteltu erikseen. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen tapaan kaikkia maanteiden porrastettuja liittymiä ja niissä tapahtuneita onnettomuuksia käsiteltiin yhdessä erottamatta niitä taajama-alueelle ja taajaman ulkopuolelle.

### 7.1.3 Onnettomuustietojen analysointi

Maailman tieyhdistyksen (PIARC 2003) liikenneturvallisuuskäsikirjan mukaan onnettomuustietojen analysoinnissa voidaan tunnistaa kolme analyysitasoa, jotka perustuvat tutkittavien onnettomuuksien määriin. *Mikrotasolla* analysoidaan yhtä onnettomuutta. *Keskitasolla* analysoidaan kaikki onnettomuudet tietyssä paikassa, jossa on heikko turvallisuustaso. *Makrotasolla* tarkastellaan laajaa otantaa onnettomuusdataa. Otantana voi olla esimerkiksi kaikki tieverkolla tapahtuvat onnettomuudet, tietylle tienkäytäjälle tapahtuvat onnettomuudet tai kaikki onnettomuudet tietyssä määrätyssä kategoriassa. Makroanalyisin tulokset voivat antaa hyödyllistä tietoa esimerkiksi jonkin tietyn osa-alueen turvallisuudesta. Makroanalyysejä toteutetaan myös tyypillisesti kehitettäessä teiden turvallisuussuunnitelmia ja -toimenpiteitä. (PIARC 2003) Tässä tutkimuksessa onnettomuuksien analysointi keskittyi pääasiassa makrotasolle otannan ollessa kaikki maanteiden 185 porrastetussa liittymässä tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet. Onnettomuusanalyysien tarkoituksena on antaa tietoa porrastettujen liittymien objektiivisesta eli todellisesta turvallisuustilanteesta. Onnettomuustietojen tulokset ja analysointi on jaettu eri luokkiin sen mukaan, mitä asiaa kulloinkin tutkitaan.

Ensin porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksia tarkasteltiin yleisemmällä tasolla. Tämän jälkeen tarkastelussa mentiin syvemmälle ottaen mukaan onnettomuusasteet tarkastellen eri tekijöiden vaikutusta. Edelliset lähestymistavat eivät kuitenkaan antaneet tarpeeksi kattavasti tietoa porrastettujen liittymien turvallisuudesta ja turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä, joten tarkastelussa edettiin tutkimaan tyypillisiä porrastettujen liittymien onnettomuuksia ja suunnitteluratkaisujen vaikutusta turvallisuuteen. Yksityiskohtaisemmalle tasolle tarkastelussa mentiin tarkastellessa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneita onnettomuuksia sekä valitusta liittymiä ja niissä tapahtuneita onnettomuuksia. Tällöin analyysissä mentiin osin edellä esitellyltä makrotasolta keskitasolle. Onnettomuustietojen käsitteily ja analysointi toteutettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Onnettomuustiedoista saadut tulokset on esitetty luvuissa 7.2-7.8. Luvussa 8 yhdistetään työn teoriaisuudesta ja empirista saatavia tuloksia ja syvennetään onnettomuustietojen analyssia pohtien tuloksienv merkitystä myös siltä osin, tulisiko suunnitteluoheisiin tehdä tarkennuksia porrastettujen liittymien osalta. Seuraavassa on kuvattu analyysin kulkua tarkemmin.

### **Onnettomuusmäärit yleisellä tasolla**

Onnettomuusaineistosta selvitettiin maanteiden porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrit vuosina 2009–2017 yleisellä tasolla porrastustavoittain. Lisäksi tarkasteltiin onnettomuustapausten ajallista sijoittumista eri ajan tarkastelutasoilla. Tarkasteluun otettiin myös sääolosuhteet ja pohdittiin niiden mahdollisia vaikutuksia onnettomuusmääriin. Pohdinnan tueksi otettiin myös Tiirasta saatavia muita onnettomuustietoja.

### **Onnettomuusasteen laskeminen**

Koska lopulliseen tutkimusaineistoon otetuista liittymistä oli saatavilla liikenne- määri- ja onnettomuustiedot, voitiin porrastetuille liittymille laskea onnettomuusasteet. Liittymien turvallisuuden tunnuslukuna voidaan käyttää onnettomuusastetta, joka kuvailee onnettomuuksien lukumäärän suhdetta liittymään saapuvien ajoneuvojen kokonaismääriin. (Kulmala 1995, Rajamäki 2008) Onnettomuusaste on sikäli looginen mittari, että se kuvailee yksittäisen tienkäyttäjän onnettomuusriskiä tämän kulkessa liittymän poikki (Kulmala 1995).

Onnettomuusaste määriteltiin Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen tapaan samoin kuin se laskettaisiin nelihaaraliittymille eli päätietyt ja sivutietä saapuvien ajoneuvojen määriä lasketaan vain kertaalleen. Näin määriteltyä sivutien liikenne on muualta kuin päätietyt porrastettuun liittymään saapuvien osuus kaikista saapuvien autojen määrästä. Jos onnettomuuksien altistuksen määränä käytettäisiin kumpaankin kolmihaaraliittymään saapuvien autojen märien summaa, tulisi päätietyt liikenne laskettua mukaan osin kahteen kertaan. (Peltola & Malin 2016) Tällöin tulos ei olisi vertailukelpoinen, mikäli onnettomuusasteita halutaan vertailla nelihaaraliittymien onnettomuusasteisiin.

Tarkasteltaessa useita liittymiä, voidaan onnettomuusaste laskea kahdella tavalla. Ensimmäisessä tavassa lasketaan keskiarvo kaikkien liittymien onnettomuusasteista (Rajamäki 2008). Toisessa tavassa liittymien yhteenlaskettu onnettomuusmääri jaetaan liittymien yhteenlasketulla liikennemäärällä (Montonen 2008, Rajamäki 2008). Ensimmäinen laskentatapa ei huomioi liikennemää-

rien eroja, vaan kaikki liittymät ovat mukana yhtä suurella painotuksella. Toisessa laskentataavassa suuriliikenteiset liittymät painottuvat vähäliikenteisempiä liittymiä enemmän. (Rajamäki 2008) Koska jälkimmäinen tapa on vähemmän altis satunnaisvaihteluiille, valittiin tässä tutkimuksessa onnettomuusasteen laskemiseen jälkimmäinen tapa. Onnettomuusaste on laskettu kaavalla (1).

$$O = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{\sum_{i=1}^n KVL \times L_i \times 365 \times 10^{-6}}, \quad (1)$$

jossa  $O$  = onnettomuusaste (onn./milj.ajon.)  
 $N$  = henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä laskentakaudella  
 $KVL$  = porrastetun liittymän liittymähaarojen yhteenlaskettu kesivirorokausiliikenemäärä (pää- ja sivutiehaarojen KVL-arvojen summa jaettuna kahdella)  
 $L$  = laskentakauden pituus vuosina (tässä tutkimuksessa yhdeksän vuotta)  
 $n$  = porrastettujen liittymien määrä tutkittavassa joukossa

Tässä tutkimuksessa onnettomuusasteet on ilmoitettu pienien lukumäärien vertailun helpottamiseksi onnettomuuksien lukumääränä suhteessa 100 miljoonaan porrastettuun liittymään saapuvaa autoa kohti (onn./100 milj.ajon.). Koska porrastetuista liittymistä kerättyt liikennemäärätiedot ovat vuoden 2017 tietoja, tulisi liikennemäärä arvioitua edellisille vuosille liian suureksi, mikäli tästä liikennemäärätietoa käytetäsiin koko tarkastelujakson 2009–2017 kaikkien vuosien liikennemääränä. Liikennemäärät ovat kasvaneet vuodesta 2009 vuoteen 2017. Tämän vuoksi onnettomuusasteiden laskennassa on käytetty kerrointa 0,84674, joka huomioi liikenteen kasvun ja suoritteen kertymisen vuosina 2009–2017. Tätä kerrointa käytettiin liikennemäärässä vain onnettomuusastetta laskettessa. Onnettomuusmäärien ja onnettomuusasteiden yhteydessä haluttiin ilmoittaa myös keskimääräinen liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä (saapuvat ajoneuvot/vrk) kulloinkin tutkittavassa liittymäjoukossa. Tässä ei huomioitu edellä mainittua kerrointa, vaan käytettiin vuoden 2017 liikennemäriä työn mukaisesti.

Onnettomuusaste laskettiin kaikille henkilövahinkoon johtaneille onnettomuuksille. Tarkasteluun otettiin myös kuoleman riski, joten onnettomuusaste laskettiin myös kuolemaan johtaneille onnettomuuksille erikseen. Tämän onnettomuusaste kuvailee sekä kuoleman riskiä että kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusastetta, sillä kuolemia tapahtui yhtä paljon kuin kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. Toisin sanoen kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa onnettomuusaste oli laskettu kaikkien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lisäksi nimenomaan kuolemille, joten tämän ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksen tulokset ovat vertailukelpoisia sekä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien että kuolemien osalta.

Onnettomuusasteiden osalta tarkasteltiin porrastustavan, sivuteiden liikenne-määräosuuden, porrastusvälin pituuden ja nopeuden vaikutusta onnettomuus-määrään ja onnettomuusasteisiin. Näihin tarkasteluihin päädyttiin, koska ne ovat porrastettujen liittymien turvallisuuden kannalta olellisia tekijöitä tarkasteltaessa turvallisuuden kokonaiskuvaaa. Lisäksi kyseiset tarkastelut oli toteutettu Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa, joten nämä tarkastelut oli hyvä valita myös vertailun vuoksi. Koska lähtöaineisto sisälsi liittymiä Peltolan ja Malinin

(2016) tutkimuksesta, ja vaikka osa jouduttiin karsimaan pois, ennakkoonletusten mukaan tulokset tulisivat olemaan samansuuntaisia. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta saatiin tämän tutkimuksen lähtöaineistoksi 95 oikeavasenporrastettua ja 117 vasen-oikeaporrastettua maanteiden liittymää, joista tähän tutkimukseen otettiin 85 oikeavasenporrastettua ja 101 vasen-oikeaporrastettua liittymää. Lisäksi henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuustiedot on kerätty osin samoilta vuosilta: Peltola ja Malin (2016) vuosilta 2011–2015 ja tässä tutkimuksessa vuosilta 2009–2010. Tällöin valitsemalla tarkasteluun osin samojaasioita kuin Peltola ja Malin (2016) pystyttiin osittain analysoimaan myös tulosten luotettavuutta. Hirsjärven et al. (2009) mukaan tutkimustulosten reliabiliteettia eli luotettavuutta lisää, mikäli kaksi arvioijaa päätyvät yhtäläiseen tulokseen.

### **Onnettomuusluokkien ja onnettomuustyyppien tarkastelu**

Koska porrastetuista liittymistä ei ollut aiemmin tutkittu, millaisia onnettomuuksia niissä sattuu, tutkittiin porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusluokat ja onnettomuustyypit. Porrastetuista liittymistä määriteltiin ensin onnettomuusluokat, jotta saatiin selville, millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu. Onnettomuusluokka muodostetaan osallisten määräin, osallislajin ja onnettomuustyypin perusteella (Mäkinen 2013). Eri onnettomuusluokat ja niiden kuvaukset on esitetty liitteessä C. Tarkastelussa ovat mukana kaikkien maanteiden porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusluokat vuosina 2009–2017 paiti eläinonnettomuudet (onnettomuusluokat: eläinonnettomuus ja hirvieläinonnettomuus).

Seuraavaksi tarkastelua syvennettiin tutkimalla, millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä oli tapahtunut. Tätä selvitettiin poliisin kirjaamien onnettomuustyypitietojen avulla jakamalla porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuudet liitteessä D esitetyn liikenneonnettomuustyypikuvaston mukaan. Onnettomuustyyppi on tarkastelun tarkempi taso. Se kuvaa yksinkertaisesti onnettomuuden kulkua tapahtuman luonteen, alkutilanteen tai merkittävimmän tapahtuman mukaisesti. Onnettomuustyyppi ilmaistaan onnettomuustyypikuvaston avulla. (Liikennevirasto 2016a, Mäkinen 2013) Onnettomuustyypikuvaston jokaisessa pääryhmässä on viimeisenä vaihtoehtona 9-loppuinen "Muu onnettomuus", johon onnettomuus voidaan kirjata, mikäli johonkin pääryhmään kuuluvaksi tunnistettu onnettomuus ei näytä sopivan tarkasti mihinkään pääryhmän muista nimetyistä onnettomuustyypeistä (Valtonen 2017).

### **Suunnitteluratkaisujen vaikutus onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteeseen**

Aiemmissa tutkimuksissa ei ollut tutkittu, millaisia suunnitteluratkaisuja porrastetuissa liittymissä on ja miten ne vaikuttavat henkilövahinko-onnettomuuksien määriin ja onnettomuusasteisiin. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa käytin läpi jokainen porrastettu liittymä onnettomuuksien lisäksi myös suunnitteluratkaisujen osalta. Suunnitteluratkaisuksi määriteltiin ja niiden osalta tutkittiin seuraavat: kanavointi, kääntymiskäistat, väistötila, sivutien tulppasaareke ja ratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille. Myös porrastusvälin pituuden vaikutus onnettomuusasteeseen esitettiin suunnitteluratkaisujen yhteydessä.

Liittymien suunnitteluratkaisuja tutkittiin Google Mapsin 360°-tarkastelun ja ilmakuvien avulla. 360°-tarkastelulla saatii havainnoitua suunnitteluratkaisut tarkimmin. Toisaalta ilmakuvien avulla saatii paremmin tietoa tien geometriasta ja voitiin tarkastella laajempaa alueetta, jolloin esimerkiksi suojaamattoman liikenteen ratkaisut saattoivat tulla 360°-tarkastelua paremmin esiin. Myös väistötilaratkaisu oli helpoin tunnistaa ilmakuvan ja 360°-tarkastelun perusteella yhdessä. Pelkkä 360°-tarkastelu ei useinkaan tuonut selkeäästi esiin väistötilan tuomaa levensystä tiehen, joten tukena oli syytä käyttää ilmakuvaa tien geometrian havaitsemiseksi paremmin. Mikäli Google Mapsin kautta ei saatu selkeää ilmakuvaa, katsottiin Maanmittauslaitoksen ylläpitämästä Kartta-paikka-palvelusta, oliko siellä tarjolla selkeämpää kuvaa. Kuitenkaan kaikista liittymistä ei saanut niin tarkkaa tai lähelle kohdistettua ilmakuvaa, että väistötilatietoa olisi voinut varmistaa sen avulla. Tämän vuoksi väistötilit tarkastettiin vielä Peltolan ja Mesimäen (2019) tasoliittymien väistötilatutkimuksen liitteestä 1, jossa on esitetty väistötilallisten T-liittymien perustiedot.

### **Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden onnettomuuksien tarkastelu**

Koska asiantuntijoille tulleet porrastettuja liittymiä koskevat osin negatiiviset palautteet olivat liittyneet erityisesti suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaan turvallisuudentunteeseen, ja koska suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä ei ollut aiemmin tutkittu, oli perusteltua ottaa suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet tarkempaan tarkasteluun. Kaikki suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet porrastetuissa liittymissä käytiin yksitellen läpi onnettomuuksitietojen, karttatarkastelun ja poliisin onnettomuusselostusten perusteella. Tätä kautta pystyttiin tarkasti analysoimaan, millaisia onnettomuuksia jalankulkijolle, pyöräilijölle ja mopoilijolle oli todellisuudessa tapahtunut porrastetuissa liittymissä, ja liittyivätkö onnettomuudet puutteellisiin suunnitteluratkaisuihin suojaamattomien tienkäyttäjien osalta. Suojaamattomien tienkäyttäjien henkilövahinkoon johtaneet onnettomuuksia tutkittiin ensin yleisellä tasolla, jonka jälkeen syvennyttiin tarkemmin kunkin tienkäyttäjäryhmän, eli jalankulkijat, pyöräilijät ja mopoilijat, onnettomuuksien.

### **Liittymäkohtainen tarkastelu**

Tutkimuksessa otettiin tarkempaan tarkasteluun muutamia liittymiä, jotta voitiin saada onnettomuustyyppikuvastoa parempi käsitys porrastetuissa liittymissä tapahtuneista onnettomuuksista ja niiden kulusta. Liittymien suuren määränen vuoksi aineistoa rajattiin, eikä käyty poliisin onnettomuusselostuksia läpi kaikista onnettomuuksista.

Koska työssä tutkittiin nimenomaan henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia, oli liittymäkohtaiseen tarkasteluun perusteltua valita liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia. Näin pystyttiin pohtimaan, mikä mahdollisesti tekee liittymästä erityisen vaarallisen. Lisäksi pystytettiin syventämään ymmärrystä tyypillisten onnettomuuksien kulusta myös ajoneuvoliikenteen osalta. Tarkempaan tarkasteluun otettiin liittymät, joissa henkilövahinko-onnettomuuksia oli tapahtunut viisi tai enemmän. Näin tarkasteltavaksi tuli kolme oikea-vasenporrastettua ja kaksi vasen-oikeaporrastettua liittymää. Valituissa liittymissä tapahtuneita henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia käytettiin läpi hyödyntäen Google Mapsin 360°-tarkastelua, Tiiran onnettomuustietoja ja poliisin onnettomuusselostuksia. Suojaamattomille tienkäyttä-

jille tapahtui pääasiassa yksi onnettomuus, muutamassa liittymässä kaksi. Yhdessä liittymässä oli tapahtunut suojaamattomille tienkäyttäjille tästä enemmän henkilövahinko-onnettomuuksia, yhteensä neljä. Samainen liittymä oli onnettomuusmäärältään suurin myös tarkasteltaessa henkilövahinko-onnettomuuksia kokonaisuutena, joten tämä liittymä käyiin tarkemmin läpi valitussa liittymäkohtaisessa tarkastelussa.

## 7.2 Onnettomuusmäärät

Tässä luvussa ja seuraavissa luvuissa 7.3–7.8 esitetään porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista saadut tulokset. Luvussa 8 analysoidaan saatuja tuloksia tarkemmin ja tehdään päätelmiä yhdistäen tutkimuksen teoriaosuudesta ja empiriasta saatuja tuloksia.

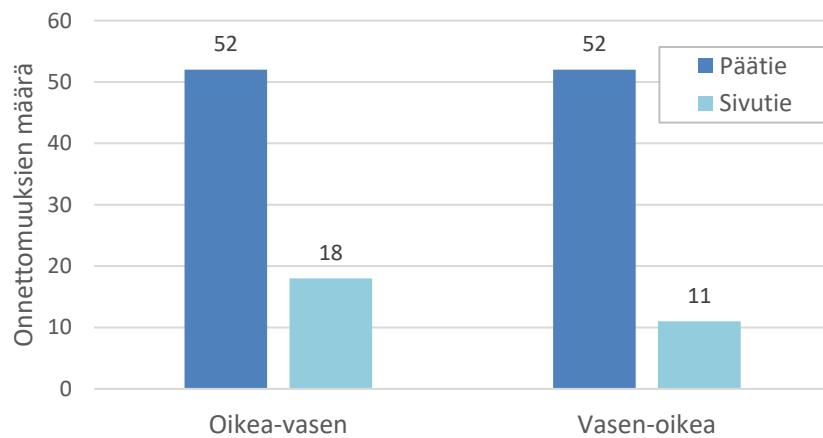
Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet on esitetty taulukossa 5. Onnettomuudet on jaoteltu vakavuuden ja porrastusvan mukaan. Tutkimusaineiston 185 maanteiden porrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan. Onnettomuuksissa kuoli yhteensä kahdeksan ja loukkaantui 183 ihmistä.

*Taulukko 5. Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) vakavuuden ja porrastustavan mukaan vuosina 2009–2017.*

| Henkilövahinko-onnettomuudet | Oikea-vasen | Vasen-oikea | Yhteensä   |
|------------------------------|-------------|-------------|------------|
| Loukkaantumiseen johtaneet   | 69          | 56          | 125        |
| Kuolemaan johtaneet          | 1           | 7           | 8          |
| <b>Yhteensä</b>              | <b>70</b>   | <b>63</b>   | <b>133</b> |

Liitteessä E on tarkasteltu porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksia ajallisesti. Porrastetuissa liittymissä tapahtui keskimäärin 15 onnettomuutta vuodessa. Kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuksista 60 % (81/133 tapausta) tapahtui kesän ja alkusyksyn aikana touko-syyskuussa, jolloin tienviili oli suurimmaksi osaksi kuiva ja sää kirkas tai pilvi-pouta. Loka-huhtikuussa tienviili oli märkä, luminen tai jäinen 70 %:ssa tällä ajanjakson alla tapahtuneissa henkilövahinko-onnettomuuksissa (52/133 tapaussta). Touko-syyskuussa henkilövahinko-onnettomuuksien määrää lisäsi todennäköisesti ihmisten suurempi liikkuvuus, ei niinkään huonosta säestä johtuvat tekijät. Muuna vuoden aikana huonolla säällä ja valoisuuden puutteella on suurempi merkitys.

Kuvassa 24 on esitetty porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrät ja sijainti pää- ja sivuteiden mukaan jaettuna porrastustavoittain. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista 104 onnettomuutta tapahtui pääteillä, mikä vastaa 72 % kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista. Loput 29 onnettomuutta eli 28 % kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista tapahtui sivuteillä.



**Kuva 24.** *Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien määrit (kpl) ja sijainti pää- ja sivutien mukaan oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksissa vuosina 2009–2017.*

Tarkasteltaessa kaikkien 84 oikea-vasenporrastuujen liittymien saapuvan liikenteen osuuden keskiarvoa kaikista liittymään saapuvista ajoneuvoista, saatiiin sivutien liikenteen osuudeksi 14 %. 101 vasen-oikeaporrastuissa liittymissä vastaava luku oli 18 %. Luvuissa ei ole paljoa eroa, mutta koska oikea-vasenporrastuja liittymiä on paljon vähemmän, näyttäisi oikea-vasenporraastetun liittymän sivutie tai siltä päätielle liittyminen olleen tarkasteltavassa liittymäjoukossa vaarallisempi. Toisaalta tässä on huomioitava, että moni onnettomuksista oli kirjattu sijainniltaan pää- ja sivutien solmupisteen tuntumaan. Joissakin tapauksissa tällaiset onnettomuudet oli kirjattu päätiellä ja joissakin tapauksissa sivutiellä tapahtuneiksi. Tämän perusteella onnettomuusmäärissä voi olla tapauksia, joissa vastaavat tapaukset oli tulkittu toisinaan sivutiellä tapahtuneeksi ja toisinaan päätiellä tapahtuneeksi, mikä vääristää tuloksia onnettomuuden tapahtumapaikan osalta.

Luotettavamman tuloksen saamiseksi kaikki onnettomuudet tulisi käydä läpi poliisin onnettomusselostuksista tarkastelun keskityessä nimenomaan sijaintiin. Tällöinkin liittymähaarojen solmupisteen tuntumassa tapahtunut, esimerkiksi käänymiseen liittyvä onnettomuus, voi olla hankala luokitella tarkasti joko pää- tai sivutiellä tapahtuneeksi. Mahdollisesti onnettomuuden sijainnin kirjaustapaa voisikin tältä osin tarkentaa. Tulos on kuitenkin suuntaa antava. Suurin osa onnettomuuksista näyttää tapahtuneen pääteillä porrastustavasta riippumatta. Tärkein selittävä tekijä on pääteiden sivuteitä suuremmat liikenemmäät.

## 7.3 Onnettomuusasteet

Seuraavissa taulukoissa liittymään saapuvat ajon./vrk tarkoittaa yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrää keskimäärin tarkastellussa liittymäjoukossa. Onnettomuusaste on ilmoitettu 100 miljoonaan porrastettuun liittymään saapuvaa autoa kohti. Hvjo tarkoittaa henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta ja kuolemaa tarkastelutavasta riippuen kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut. Kuolemaan liittyvä onnettomuusaste viittaa vastaavasti tarkastelutavasta riippuen joko kuolemien tai kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien riskiin (onn./100 milj.ajon.).

## Porrastustavan vaikutus

Taulukossa 6 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet porrastustavan mukaan. Oikea-vasenporrastuksissa henkilövähinko-onnettomuuksien riskit ovat vasen-oikeaporrastuksia suuremmat. Kuoleman riskin osalta tilanne on päinvastainen.

*Taulukko 6. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet porrastustavan mukaan vuosina 2009–2017.*

| Porrastus-tapa  | Liittymien määri(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Oikea-vasen     | 84                    | 3500                           | 70                      | 8,6                             | 1                           | 0,12                               |
| Vasen-oikea     | 101                   | 2736                           | 63                      | 8,2                             | 7                           | 0,91                               |
| <b>Yhteensä</b> | <b>185</b>            | <b>3083</b>                    | <b>133</b>              | <b>8,4</b>                      | <b>8</b>                    | <b>0,50</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövähinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövähinko-onnettomuuksien suurempaa onnettomuusastetta oikea-vasenporrastuksissa selittäisi ainakin taulukon 6 mukaan mahdollisesti oikea-vasenporrastusten keskimäärin korkeampi liittymään saapuvien ajoneuvojen määri. Tarkempien johtopäätösten tueksi tarvitaan kuitenkin lisää tietoa, jota saadaan tulevista tarkasteluista.

## Sivutien liikenteen osuuden vaikutus

Taulukossa 7 on esitetty kaikkien porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan. Henkilövähinkoon johtaneiden onnettomuuksien riskit ovat sitä suurempia mitä suurempi on liittymään sivutieltä tulevien ajoneuvojen osuus. Myös kuoleman riskin osalta tulos on yhtenevä. Liikennemääräosuuksista nähdään, että mitä alhaisempi on sivutien osuus, sitä korkeampi liikennemäärä liittymässä on. Liittymiä, joissa on pieni sivutien liikenteen osuus (< 5 %), on suhteellisen vähän.

*Taulukko 7. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan vuosina 2009–2017.*

| Sivutien liiken-teen osuus | Liittymien määri(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| < 5 %                      | 17                    | 5682                           | 13                      | 4,8                             | 1                           | 0,37                               |
| 5–15 %                     | 67                    | 3446                           | 54                      | 8,4                             | 3                           | 0,47                               |
| > 15 %                     | 101                   | 2405                           | 66                      | 9,8                             | 4                           | 0,59                               |
| <b>Yhteensä</b>            | <b>185</b>            | <b>3083</b>                    | <b>133</b>              | <b>8,4</b>                      | <b>8</b>                    | <b>0,50</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövähinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Koska oikea-vasenporrastuksessa henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste näyttää olevan vasen-oikeaporrastusta suurempi, tarkasteltiin myös, mitä tuloksia sivutien liikennemääräosuus antoi jaettuna tarkastelu porrastustavoittain. Taulukossa 8 on esitetty oikea-vasenporrastusten ja taulukossa 9 vasen-oikeaporrastusten onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan.

*Taulukko 8. Oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan vuosina 2009–2017.*

| Sivutien liikenteen osuus | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| < 5 %                     | 10                    | 7049                           | 11                      | 5,6                             | 0                           | 0,00                               |
| 5-15 %                    | 33                    | 3630                           | 30                      | 9,0                             | 1                           | 0,30                               |
| > 15%                     | 41                    | 2529                           | 29                      | 10,1                            | 0                           | 0,00                               |
| <b>Yhteensä</b>           | <b>84</b>             | <b>3500</b>                    | <b>70</b>               | <b>8,6</b>                      | <b>1</b>                    | <b>0,12</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

*Taulukko 9. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet sivuteiden liikennemääräosuuden mukaan vuosina 2009–2017.*

| Sivutien liikenteen osuus | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| < 5 %                     | 7                     | 3728                           | 2                       | 2,8                             | 1                           | 1,38                               |
| 5-15 %                    | 34                    | 3268                           | 24                      | 7,8                             | 2                           | 0,65                               |
| > 15 %                    | 60                    | 2320                           | 37                      | 9,6                             | 4                           | 1,03                               |
| <b>Yhteensä</b>           | <b>101</b>            | <b>2736</b>                    | <b>63</b>               | <b>8,2</b>                      | <b>7</b>                    | <b>0,91</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Oikea-vasenporrastuksien henkilövahinko-onnettomuuksien riski on vasen-oikeaporrastuksia suurempi kaikilla tarkasteluväleillä (taulukko 8, taulukko 9). Tarkasteltaessa kuolemia poikkeaa porrastustavoittain jaetti tarkastelu kaikkien liittymien tarkastelusta. Onnettomuusmäärit ja kuolemien määrit yleisesti ovat niin pieniä, ettei onnettomuusasteista voida tehdä johtopäätöksiä tällä tarkastelutasolla.

### Päätien nopeusrajoituksen vaikutus

Ajoneuvojen ajonopeuksia alentamalla vähentää tehokkaasti onnettomuusriskiä (luku 4.4). Tämän vuoksi haluttiin tarkastella, mille nopeusrajoitusalueille tarkastellut porrastetut liittymät sijoittuvat, ja miten nopeus vaikuttaa onnettomuusriskiin. Taulukossa 10 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit päätien nopeusrajoituksen mukaan. Nopeusrajoituksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että 17 porrastetusta liittymästä ei saatu päätien nopeusrajoitustietoja. Nopeusrajoituksen vaikutuksen tarkastelemiseksi myös nämä liittymät otettiin mukaan tarkasteluun ja niiden nopeusrajoitukseksi oletettiin

80 km/h. Tähän päädyttiin, koska liittymät sijaitsevat pääasiassa taajaman ulkopuolella olevilla vähäliikenteisillä yhdysteillä, joilla yleisrajoitus on yleensä 80 km/h. Tehty oletus voi osin vaikuttaa taulukon 10 tuloksiin, mutta koska näiden liittymien osuus kaikista porrastetuista liittymistä oli vain noin 9 %, antaa tulos hyvin suuntaa ja kokonaisuuden kannalta epätarkkuus ei ole ratkaiseva.

**Taulukko 10. Maanteiden porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet päätienviiteiden nopeusrajoituksen mukaan vuosina 2009-2017.**

| Nopeusrajoitus  | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| ≤ 60 km/h       | 86                    | 2324                           | 45                      | 8,1                             | 3                           | 0,54                               |
| ≥ 70 km/h       | 99                    | 3742                           | 88                      | 8,5                             | 5                           | 0,49                               |
| <b>Yhteensä</b> | <b>185</b>            | <b>3083</b>                    | <b>133</b>              | <b>8,4</b>                      | <b>8</b>                    | <b>0,50</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövahinko-onnettomuuksien riski on hieman korkeampi nopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h verrattuna enintään 60 km/h nopeuksiin (taulukko 10). Ajonopeuden kasvu lisää pysähtymismatkaa ja kasvattaa törmäysnopeutta. Nopeuden noustessa myös onnettomuuksien seuraukset ovat vakavammat (Klang et al. 2015, Uljas et al. 2015). Suurempi nopeus kasvattaa onnettomuusriskiä, mikä näkyy taulukon 10 henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteissa, joskin ero pieni. Toinen selittävä tekijä voi olla se, että keskimääräisen liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä on suurempi nopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h. Kuoleman riskit ovat puolestaan hieman korkeampia enintään 60 km/h nopeuksilla verrattuna suurempien nopeuksiin.

## 7.4 Onnettomuusluokat

Taulukossa 11 on esitetty porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrit onnettomuusluokittain. Peltolan & Malinin (2016) tutkimuksen mukaan maanteiden tasoliittymien tyypilliset onnettomuusluokat ovat käänymis-, risteämis-, peräänajo-, mopo-, polkupyörä- ja jalankulkija-onnettomuudet. Myös yksittäisonnettomuuksia tapahtuu paljon. (Taulukko 1, Luku 3.2). Tulos ei poikkea porrastettujen liittymien osalta. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien suurin onnettomuusluokka on yksittäisonnettomuudet (taulukko 11). Yksittäisonnettomuuksien jälkeen suurimmat onnettomuusluokat ovat käänymis-, risteämis- ja peräänajo-onnettomuudet tarkasteltaessa ajoneuvoliikennettä. Mopo-onnettomuuksia on kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista neljänneksi eniten. Myös polkupyöräonnettomuuksia tapahtuu tutkuissa porrastetuissa liittymissä suhteellisen paljon siihen nähden, että liittymät sijaitsevat pääasiassa taajaman ulkopuolella. Jalankulkijaonnettomuuksien osuus on pienempi kuin liittymäonnettomuuksissa yleensä, mihin todennäköisesti vaikuttavat juurikin liittymien sijainti taajaman ulkopuolella ja jalankulkijoiden vähäinen määrä liittymäalueella.

Kokonaismäärältään suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden onnettomuuksien osuus (jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuudet) on merkitvä: 23 % kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Osuus on toiseksi suurin heti yksittäisonnettomuuksien jälkeen, joiden osuus on 29 % henkilövahinko-onnettomuuksien kokonaismäärästä. Myös kaikkien maantiellä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien yleisin onnettomuusluokka vuosina 2009–2019 oli yksittäisonnettomuudet ja toisiksi yleisin suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet onnettomuudet yhdessä (kuva 3, luku 3.1). Tulos ei poikkea porrastettujen liittymien osalta tässäkään tarkastelussa. Luvussa 7.7 tarkastellaan suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneita henkilövahinko-onnettomuuksia tarkemmin.

*Taulukko 11. Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) onnettomuusluokittain eri porrastustavoissa ja kaikissa porrastetuissa liittymissä yhteensä, sekä eri onnettomuusluokkien osuus kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista (n=133) vuosina 2009–2017.*

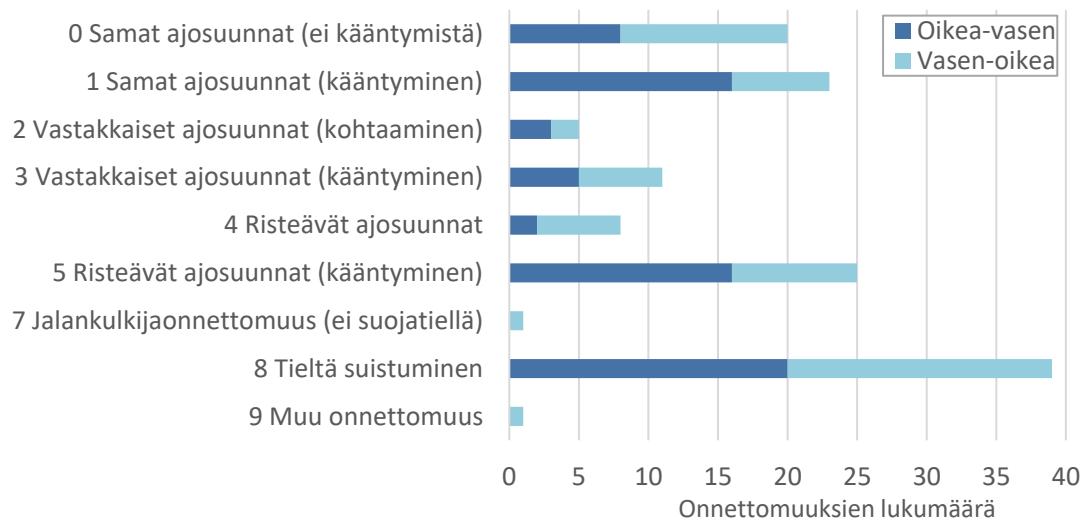
|                                | Oikea-vasen | Vasen-oikea | Yhteensä | Osuus |
|--------------------------------|-------------|-------------|----------|-------|
| <b>Yksittäisonnettomuus</b>    | 20          | 18          | 38       | 29 %  |
| <b>Kääntymisonnettomuus</b>    | 11          | 11          | 22       | 17 %  |
| <b>Risteämisonnettomuus</b>    | 11          | 8           | 19       | 14 %  |
| <b>Mopo-onnettomuus</b>        | 9           | 7           | 16       | 12 %  |
| <b>Peräänajo-onnettomuus</b>   | 6           | 9           | 15       | 11 %  |
| <b>Polkupyöräonnettomuus</b>   | 9           | 3           | 12       | 9 %   |
| <b>Kohtaamisonnettomuus</b>    | 3           | 2           | 5        | 4 %   |
| <b>Muu onnettomuus</b>         | 0           | 3           | 3        | 2 %   |
| <b>Jalankulkijaonnettomuus</b> | 0           | 2           | 2        | 2 %   |
| <b>Ohitusonnettomuus</b>       | 1           | 0           | 1        | 1 %   |
| <b>Yhteensä</b>                | 70          | 63          | 133      | 100 % |

Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusluokkien jakautuminen oli: kolme yksittäisonnettomuutta, kaksi risteämisonnettomuutta, yksi kohtaamisonnettomuus, yksi jalankulkijaonnettomuus ja yksi polkupyöräonnettomuus. Kyseiset onnettomuusluokat olivat yleisimmät onnettomuusluokat myös tarkasteltaessa kaikkia maanteiden kuolemaan johtaneita onnettomuuksia (kuva 4, luku 3.1). Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tapahtui 8, joten niiden onnettomuusluokkia ei tarkasteltu kaikkien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien tapaan kuvana pienen määrä vuoksi.

## 7.5 Onnettomuustyyppit

Kuvassa 25 on esitetty porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusmäärät jaettuna liitteessä D esitetyn liikenneonnettomuustyyppikuvaston pääryhmien 0–9 mukaan. Kuvasta 25 puuttuu kuudes pääryhmä, jalankulkijaonnettomuus (suojatiellä), koska poliisin tekemissä onnettomuuskirjauksissa ei ollut yhtään kyseistä onnettomuustyyppiä. Kuvassa 25 esitettyjen tulosten perusteella onnettomuustyyppiin 0, 1, 5 ja 8 liittyviä henkilövahinko-onnettomuuksia on tapahtunut tarkastelluissa porrastetuissa liittymissä eniten. Onnettomuustyyppin 0 henkilövahinko-onnettomuudet ovat pääasiassa peräänajoja ja onnettomuustyyppin 8 tieltä suistumisia joko suoralla

tiellä, kaarteessa tai liittymässä. Onnettomuustyyppien 1 ja 6 henkilövahinko-onnettomuudet liittyvät tilanteisiin, joissa toinen ajoneuvo oli käänymässä.



Kuva 25. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit (kpl) jaettuna onnettomuustyyppikuvaston pääryhmittäin vuosina 2009–2017.

Jotta voitiin tarkemmin analysoida, millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu, jaettiin kaikki onnettomuudet liitteen D onnettomuustyyppikuvaston mukaan poliisin tekemien kirjausten perusteella. Liitteeseen F on koottu kaikki porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet onnettomuustyyppikuvaston mukaan jaettuna. Liitteessä F on esitetty onnettomuuksien lukumäärit eri onnettomuustyyppisissä oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksissa ja kaikissa porrastetuissa liittymissä yhteensä.

Onnettomuustyyppikuvastossa jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille tapahtuneita onnettomuuksia ei ole suurimmaksi osaksi eroteltu. Liitteestä F nähdään suojaamattomien tienkäyttäjien osalta vain viidessä onnettomuudessa onnettomuustyyppin kuvanneen polkupyöräonnettomuutta (onnettomuustyyppit 16, 34, 41, 42) ja vain yhdessä onnettomuustyyppissä jalankulkijaonnettomuutta (onnettomuustyyppi 71). Näin siitä huolimatta, että polkupyöräonnettomuuksia tapahtui kokonaisuudessaan 11 ja jalankulkijaonnettomuuksia 2 (taulukko 11). Jalankulkija-, polkupyörä-, ja mopo-onnettomuuksissa onnettomuustyyppi on kuuttu tyypillisesti ajoneuvoille tapahtuneiden onnettomuuksien mukaan esimerkiksi käänyminen vasemmalle toisen eteen tai kylkeen. Tällöin ei pelkän onnettomuustyyppin perustella voida saada käsitystä, että kyseessä on suojaamattomalle tienkäyttäjälle tapahtunut onnettomuus kuten polkupyöräonnettomuus. Onnettomuustyyppin perusteella ei myöskaän voi saada selville, mistä suunnasta tienkäyttäjät tulivat: kääntyikö tienkäyttäjä esimerkiksi päätieltä vasemmalle sivutielle vai sivutieltä vasemmalle päätielle. Jotta onnettomuustyyppejä voitaisiin hyödyntää paremmin onnettomuuksien tutkimisessa, olisi onnettomuustyyppikuvastoa syytä tarkentaa tienkäyttäjien suuntien ja suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden onnettomuuksien osalta.

Liitteessä F esitetty tarkastelu ei välittämättä anna selkeää kokonaiskuvaan porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista. Esimerkiksi peräänajoon liittyviä onnettomuuksia tunnistettiin onnettomuustyyppien pääryhmistä 0 ja 2 ja käänymiseen liittyviä onnettomuuksia pääryhmistä 1,

3 ja 5 (liite F). Koska suurin osa porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuksista liittyi peräänajotapauksiin, käänymiseen ja tieltä suistumiseen (kuva 25), tehtiin liitteen D onnettamuustyyppikuvastoon perustuen porrastetuissa liittymissä tapahtuneista onnettamuksista selkeämpi ryhmittely.

Porrastetuissa liittymissä tapahtuneet henkilövahinko-onnettamuudet jaettiin neljään pääryhmään: peräänajo-onnettamuudet, käänymisonnettamuudet, suistumisonnettamuudet ja muut onnettamuudet. Tähän jakoon perustuen henkilövahinko-onnettamuksien pääryhmät ja niiden onnettamuusmäärät ja osuudet on esitetty taulukossa 12. Pääryhmät sisältävät siis kaikki liitteessä F esitettyt onnettamuudet ja niihin liittyvät onnettamuustyyppit, mutta jakoa on selkeytetty. Porrastetuissa liittymissä käänymisonnettamuksia tapahtuu liittymän muodosta johtuen kaikkein eniten, joten oli syytä tarkastella, mihin suuntaan käänyminen on onnettamuusmäärään perustuen merkittävin. Tämän vuoksi taulukon 12 käänymisonnettamuudet on jaettu edelleen vasemmalle käänymiseen ja oikealle käänymiseen liittyviin onnettamuksisiin, sekä muihin käänymiseen liittyviin onnettamuksisiin, joissa ei ollut ilmaistu suuntaa vasemmalle tai oikealle. Seuraavaksi tarkastellaan kutakin pääryhmää tarkemmin.

*Taulukko 12. Porrastettujen liittymien henkilövahinkoon johtaneet onnettamuudet (hvjo) neljään pääryhmään jaettuna vuosina 2009–2017.*

|                                      | Oikea-vasen   |            | Vasen-oikea   |            | Yhteensä      |            |
|--------------------------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
|                                      | Hvjo<br>(kpl) | Osuus<br>1 | Hvjo<br>(kpl) | Osuus<br>2 | Hvjo<br>(kpl) | Osuus<br>3 |
| Peräänajo-onnettamuudet <sup>4</sup> | <b>13</b>     | 19 %       | <b>14</b>     | 22 %       | <b>27</b>     | 20 %       |
| Käänymisonnettamuudet                | <b>30</b>     | 43 %       | <b>18</b>     | 29 %       | <b>48</b>     | 36 %       |
| - Vasemmalle käänyminen <sup>5</sup> | 22            | 31 %       | 12            | 19 %       | 34            | 26 %       |
| - Oikealle käänyminen <sup>6</sup>   | 3             | 4 %        | 1             | 2 %        | 4             | 3 %        |
| - Muu käänyminen <sup>7</sup>        | 5             | 7 %        | 5             | 8 %        | 10            | 8 %        |
| Suistumisonnettamuudet <sup>8</sup>  | <b>20</b>     | 29 %       | <b>19</b>     | 30 %       | <b>39</b>     | 29 %       |
| Muut onnettamuudet <sup>9</sup>      | <b>7</b>      | 10 %       | <b>12</b>     | 19 %       | <b>19</b>     | 14 %       |
| <b>Yhteensä</b>                      | <b>70</b>     | 100 %      | <b>63</b>     | 100 %      | <b>133</b>    | 100 %      |

<sup>1</sup>Osuus kaikista oikea-vasenporrastuksissa tapahtuneista henkilövahinko-onnettamuksista (n=70), osuudet pyöristetty kokonaislukuviksi.

<sup>2</sup>Osuus kaikista vasen-oikeaporrastuksissa tapahtuneista henkilövahinko-onnettamuksista (n=63)

<sup>3</sup>Osuus kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettamuksista (n=133)

<sup>4</sup>Onnettamuustyyppit 06, 08, 10, 12

<sup>5</sup>Onnettamuustyyppit 13, 16, 30, 52, 53

<sup>6</sup>Onnettamuustyyppit 11, 34, 50

<sup>7</sup>Onnettamuustyyppit 19, 39, 59

<sup>8</sup>Onnettamuustyyppit 80–89

<sup>9</sup>Onnettamuustyyppit 00, 09, 20, 21, 29, 40–42, 49, 71, 95

**Peräänajo-onnettamuudet (20 %):** Viidesosa taulukon 12 kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettamuksista oli peräänajoja. Peräänajo-onnettamuudet olivat tyypillisesti tilanteita, joissa päätiellä takaa tuleva ajoneuvo törmäsi edellä olevaan ajoneuveen, joka oli joko jarruttamassa, pysähtynyt tai käänymässä vasemmalle.

*Kääntymisonnettomuudet (36 %):* Yli kolmannes kaikista porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista oli kääntymisonnettomuksia (taulukko 12). Kääntymisonnettomuuksissa toinen ajoneuvoista kääntyi joko sivutielä päätielle tai päätieltä sivutielle törmäten suoraan liikkuvaan tienkäyttäjään. Tyypillisesti onnettomuudet liittyivät kääntyväni ajoneuvon osalta väistämisvelvollisuuden laiminlyömiseen. Väistämisvelvollisuuden noudattamatta jättäminen saattoi olla osin tahallista riskinottoa. Kuitenkin tyypillisimpiä olivat tilanteet, joissa ei huomattu suoraan liikkuvaa tienkäyttäjää tai arvioitiin lähestyvän suoraa liikkuvan tienkäyttäjän nopeus väärin, jolloin käänyttiin suoraan menevän tienkäyttäjän eteen tai kylkeen.

Suurin osa porrastettujen liittymien kääntymisonnettomuuksista liittyi vasemmalle kääntymiseen (taulukko 12). Vasemmalle kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia oli 26 % kaikkien porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden 133 henkilövahinko-onnettomuuden kokonaismäärästä eli toiseksi eniten heti suistumisonnettomuuksien (29 %) jälkeen. Kääntymisonnettomuuksista suurin osa tapahtui oikea-vasenporrastuksissa, joissa tapahtui lähes kaksinkertainen määrä vasemmalle kääntymiseen liittyviä onnettomuuksia vasen-oikeaporrastettuihin liittymiin verrattuna. Näin siitä huolimatta, että oikea-vasenporrastettuja liittymiä oli tarkasteltavassa aineistossa vähemmän (84 oikea-vasen vs. 101 vasen-oikea). Kääntymisonnettomuuksista vain 4 tapausta kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista liittyi oikealle kääntymiseen. Näistä yksi oli tapahtunut vasen-oikeaporrastuksessa ja kolme oikea-vasenporrastuksissa (taulukko 12).

*Suistumisonnettomuudet (29 %):* Suistumisonnettomuuksia oli vähän vajaa kolmannes kaikista onnettomuuksista (taulukko 12). Tavallisimmin suistumisonnettomuus tapahtui liittymässä ajoneuvon suistuessa tieltä, kun nopeutta ei ollut sopeutettu liikenneympäristöön sopivaksi. Muut tapaukset, joita oli 38 % suistumisonnettomuuksista, liittyivät suistumiseen suoralla tai kaarteessa. Tällöinkin tilannenopeus oli tavallisesti liian suuri, mutta onnettomuudet eivät varsinaisesti liityneet porrastukseen.

*Muut onnettomuudet (14 %):* Muiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä on pieni, vain vähän reilu kymmenes kaikista henkilövahinko-onnettomuuksista (taulukko 12). Muut onnettomuudet -pääryhmä sisältää muun muassa ohitusonnettomuuksia ja kohtaamisonnettomuuksia. Lisäksi 40 % tämän pääryhmän henkilövahinko-onnettomuuksista sisältyi onnettomuustyyppikuvaston pääryhmään neljä (risteävät ajosuunnat). Onnettomuustyyppipääryhmän neljä onnettomuudet käsittävät pääasiassa suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen onnettomuuksia.

Edellisen perusteella heräsi kysymys, miksi poliisin kirjaamien onnettomuustyypikirjausten mukaan porrastetuissa liittymissä näyttää tapahtuneen risteävien ajosuuntien välisiä onnettomuuksia, vaikka porrastetuissa liittymissä suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen välisiä onnettomuuksia ei luvussa 4.1 esitettyjen tutkimustulosten perusteella liittymämuodosta johtuen pitäisi tapahtua? Tälle löydettiin ainakin kolme selittävää tekijää: Ensinnäkin onnettomuudet liittyivät todellisuudessa tilanteisiin, joissa toinen tienkäyttäjä kääntyi joko sivutielä päätielle tai päätieltä sivutielle törmäten suoraan menevään tienkäyttäjään kuten kääntymisonnettomuuksissa. Tällöin onnettomuudet oli kirjattu onnettomuustyyppin osalta epätarkasti, koska poliisin onnettomuusselostuksista selvisi toisen ajoneuvon olleen kääntymässä. Tämän vuoksi onnettomuus olisi voitu luokitella kääntymisonnettomuudeksi. Toisekseen risteävien ajosuuntien ryhmässä oli muutama tapaus, jossa esimerkiksi pyöräilijä ylitti

päätietyt sattumanvaraista kohtaa. Kolmanneksi joukossa oli tapaus, jossa jalankulkija oli ajautunut invalidimopolla pyörätieltä ja päätielle, jolloin auto oli törmännyt häneen ja syyksi oli kirjattu ajo risteäviä ajosuuntia suoraan. Näin ollessa teoriaosuudessa esitetty tulos suoraan menevien risteävien ajoneuvojen välisistä onnettomuuksista on paikkansa pitävä ja todellisuudessa osa taulukon 12 pääryhmän Muut onnettomuudet onnettomuuksista kuuluisi Kääntymisonnettomuudet -pääryhmään. Tämän kasvattaisi hieman kääntymisonnettomuuksien osuutta. Joka tapauksessa selvää on, että porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista merkittävin osa on kääntymisonnettomuuksia, erityisesti vasemmalle kääntymiseen liittyviä.

## 7.6 Suunnitteluratkaisut

Seuraavassa tarkastellaan onnettomuusaineistoa suhteessa siihen, millaisia suunnitteluratkaisuja maanteiden porrastetuissa liittymissä on. Suunnitteluratkaisuja tarkastellaan turvallisuuden näkökulmasta ottaen huomioon onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet.

### Porrastusvälin vaikutus

Taulukossa 13 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet porrastusvälin pituuden mukaan.

*Taulukko 13. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet porrastusvälin pituuden mukaan vuosina 2009–2017.*

| Porras-tusväli  | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100mil. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100mil. ajon.) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| < 50 m          | 16                    | 2228                           | 12                      | 12,1                           | 0                           | 0,00                              |
| 50–150 m        | 55                    | 2523                           | 27                      | 7,0                            | 5                           | 1,30                              |
| 151–350 m       | 80                    | 3666                           | 66                      | 8,1                            | 1                           | 0,12                              |
| > 350 m         | 34                    | 3019                           | 28                      | 9,8                            | 2                           | 0,70                              |
| <b>Yhteensä</b> | <b>185</b>            | <b>3083</b>                    | <b>133</b>              | <b>8,4</b>                     | <b>8</b>                    | <b>0,50</b>                       |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ovat suurimpia porrastetuissa liittymissä, joissa porrastusväli on pisin (yli 350 m) tai porrastusväli on lyhyin (alle 50 m). Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteiden perusteella porrastusvälit 50–150 m ja 151–350 m näyttävät olevan kaikkein turvallisimpia. Vakavia kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tosin on tapahtunut enemmän porrastusväillä 50–150 m.

### Päätietyt kanavoinnin vaikutus

Taulukossa 14 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet päätietyt kanavoinnin mukaan. Taulukon tulosten perusteella kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä onnettomuusaste on kanavoimattomia porrastettuja liittymiä suurempi. Kanavitoja porrastettuja liittymiä on vähän ja niiden keskimääräinen liikennemäärä on kolminkertainen kanavoimattomiin liittymiin verrattuna. Sama tulos saadaan tarkasteltaessa erikseen oikea-vasen- ja

vasen-oikeaporristusta, joiden onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet päätien kanavoinnin mukaan on esitetty liitteessä G. Kanavoidussa vasen-oikeaporristetussa liittymissä henkilövahinko-onnettomuksien onnettomuusaste on kanavoitua oikea-vasenporrastettua liittymää suurempi.

*Taulukko 14. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusaste päätien kanavoinnin mukaan vuosina 2009–2017.*

| Kana-vointi     | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saa-puvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ei              | 160                   | 2405                            | 84                      | 7,8                             | 5                           | 0,47                               |
| On <sup>3</sup> | 25                    | 7420                            | 49                      | 9,5                             | 3                           | 0,58                               |
| <b>Yhteensä</b> | <b>185</b>            | <b>3083</b>                     | <b>133</b>              | <b>8,4</b>                      | <b>8</b>                    | <b>0,50</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

<sup>3</sup>Päätien kanavointi molemmille sivuteille käännyttäässä.

Oikea-vasenporrastuksissa ja vasen-oikeaporrastuksissa oli lisäksi molemissa kaksoi porrastettua liittymää, joissa vain toiselle sivutielle käännyttäässä päätie oli kanavoitu. Näissä tapauksissa onnettomuusasteet olivat kuitenkin suuremmat verrattaessa porrastettuun liittymään, joissa päätien kanavointi oli toteutettu molemmille sivuteille käännyttäässä. Näitä tapauksia ei kuitenkaan tarkasteltu erikseen pienien liittymämäären takia. Porrastetuissa liittymissä, joissa kanavointi oli toteutettu molemmille sivuteille käännyttäässä, päätien ajosuunnat oli erotettu toisistaan seitsemässä liittymässä korotetulla saarekkeella ja lopuissa 18 liittymässä tiemerkinnoilla. Kaikissa korotetulla saarekkeella kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä oli tapahtunut ainakin yksi henkilövahinko-onnettomuus. Tiemerkinnoilla kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä 12 liittymässä oli tapahtunut ainakin yksi onnettomuus ja kuudessa liittymässä onnettomuksia ei tapahtunut ollenkaan. Kanavointitavan vaikutuksesta onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteisiin ei tehty tarkempaa analyysia, koska kyseisellä tarkastelutasolla liittymämäärit olivat vähäisiä.

### **Päätien käännytymiskaistojen vaikutus**

Porrastetuissa liittymissä päätielle voidaan tehdä käännytymiskaistat sivuteille käännytymiseen. Käytännössä oikea-vasenporrastetussa liittymässä nämä ovat vasemmalle käännytymiskaistat ja vasen-oikeaporrastetussa liittymässä oikealle käännytymiskaistat, joten käännytymiskaistoja tarkasteltiin porrastustavoittain. Taulukossa 15 on esitetty oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet käännytymiskaistojen mukaan. Oikea-vasenporrastuksissa, joissa on vasemmalle käännytymiskaistat molemmille sivuteille käännyttäässä, on hieman pienempi onnettomuusaste verrattuna oikea-vasenporrastuksiin, joissa ei ole käännytymiskaistoja (taulukko 15). Käännytymiskaistallisia porrastettuja liittymiä on vähän ja niiden keskimääräinen liikennemääriä on kolminkertainen käännytymiskaistattomia oikea-vasenporrastuksiin verrattuna. Oikea-vasenporrastuksista kolmessa liittymässä oli vasemmalle käännytymiskaista vain toiselle sivutielle käännytäässä, mutta määritä on pieni johtopäätösten tekemiseen. Kaikissa oikea-vasenporrastetuissa liittymissä, joissa oli vasemmalle käännytymiskaistat, oli pääsuunta myös kanavoitu erottamalla päätien ajosuunnat toisistaan.

**Taulukko 15. Oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet käänymiskaistojen mukaan vuosina 2009–2017.**

| Kääntymis-kaistat          | Liittymien määri(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ei                         | 69                    | 2541                           | 41                      | 8,2                             | 1                           | 0,20                               |
| On <sup>3</sup>            | 12                    | 7412                           | 20                      | 8,1                             | 0                           | 0,00                               |
| Vain toisessa <sup>4</sup> | 3                     | 8182                           | 9                       | 13,2                            | 0                           | 0,00                               |
| <b>Yhteensä</b>            | <b>84</b>             | <b>3500</b>                    | <b>70</b>               | <b>8,6</b>                      | <b>1</b>                    | <b>0,12</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

<sup>3</sup>Vasemmalle käänymiskaistat molemmille sivuteille käännyttääessä

<sup>4</sup>Vasemmalle käänymiskaista vain toiselle sivutielle käännyttääessä

Mikäli oikea-vasenporrastuksessa oli vasemmalle käänymiskaistat molemmille sivuteille käännyttääessä, oli suurimmassa osassa liittymiä käänymiskaisat sijoitettu peräkkäin. Suurimmassa osassa vasemmalle käänymiskaistallista oikea-vasenporrastuksista porrastusväli oli 151–350 m. Vain neljäsosassa oikea-vasenporrastuksia käänymiskaistat olivat rinnakkain (ks. kuva 9, kuva 10, luku 3.4). Rinnakkaisia käänymiskaistoja käytettiin pienemmillä porrastusväleillä. Vasemmalle käänymiskaistojen sijoittelun vaikutusta onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteisiin ei analysoitu, koska kuten kanavointitapaa tarkastellessa, olivat määrität täällä tarkastelutasolla pieniä luotettavien johtopäätösten tekemiseksi.

Taulukossa 16 on esitetty vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet käänymiskaistojen mukaan. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien riski sekä henkilövahinko-onnettomuuksien etäisyys on merkittävästi pienempi käänymiskaistattomissa vasen-oikeaporrastuksissa verrattuna vasen-oikeaporrastuksiin, joissa on oikealle käänymiskaisat molemmille tai toiselle sivutielle käännyttääessä.

**Taulukko 16. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet käänymiskaistojen mukaan vuosina 2009–2017.**

| Kääntymis-kaistat          | Liittymien määri(kpl) | Liitty-mään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ei                         | 84                    | 2196                           | 35                      | 6,8                             | 3                           | 0,58                               |
| On <sup>3</sup>            | 11                    | 5099                           | 17                      | 10,9                            | 3                           | 1,92                               |
| Vain toisessa <sup>4</sup> | 6                     | 5970                           | 11                      | 11,0                            | 1                           | 1,00                               |
| <b>Yhteensä</b>            | <b>101</b>            | <b>2736</b>                    | <b>63</b>               | <b>8,2</b>                      | <b>7</b>                    | <b>0,91</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

<sup>3</sup>Vasemmalle käänymiskaistat molemmille sivuteille käännyttääessä

<sup>4</sup>Vasemmalle käänymiskaista vain toiselle sivutielle käännyttääessä

Kääntymiskaistallisissa vasen-oikeaporrastuksissa keskimääräinen liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä on kääntymiskaistattomia vasen-oikeaporrastuksia suurempi (taulukko 16). Ero ei kuitenkaan ole niin merkittävä kuin oikea-vasenporrastuksien vastaava ero. Kuitenkin kääntymiskaistallisten vasen-oikeaporraustusten pienempi kokonaismäärä ja suuremmat liikennemäärit verrattuna kääntymiskaistattiin vasen-oikeaporrastuksiin selittäneväät onnettomuusasteiden eroja. Kääntymiskaistallisissa vasen-oikeaporrastuksissa vain puolessa liittymistä päätie oli kanavoitu erottamalla päätienvälinen ajosuunnat toisistaan. Pääteiden ajosuuntien erottelun tarpeellisuus onkin liittymän muodosta johtuen merkittävämpi oikea-vasenporrastuksissa.

### Väistötilan vaikutus

Väistötilaa tarkasteltiin erikseen oikea-vasen- ja vasen-oikeaporrastuksen osalta, koska porrastustavat ovat muodoltaan hyvin erilaisia. Taulukossa 17 on esitetty oikea-vasenporrastuksien ja taulukossa 18 vasen-oikeaporrastuksien liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet väistötilan mukaan.

*Taulukko 17. Oikea-vasenporrastuksien liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet väistötilan mukaan vuosina 2009–2017.*

| Väistötila      | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saa-puvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ei              | 69                    | 2842                            | 51                      | 9,3                             | 1                           | 0,18                               |
| On <sup>3</sup> | 15                    | 6524                            | 19                      | 7,0                             | 0                           | 0,00                               |
| <b>Yhteensä</b> | <b>84</b>             | <b>3500</b>                     | <b>70</b>               | <b>8,6</b>                      | <b>1</b>                    | <b>0,12</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

<sup>3</sup>Väistötila ainakin toisessa kolmihaaraliittymässä

*Taulukko 18. Vasen-oikeaporrastuksien liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet väistötilan mukaan vuosina 2009–2017.*

| Väistötila      | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saa-puvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ei              | 87                    | 2575                            | 50                      | 8,0                             | 5                           | 0,80                               |
| On <sup>3</sup> | 14                    | 3739                            | 13                      | 8,9                             | 2                           | 1,37                               |
| <b>Yhteensä</b> | <b>101</b>            | <b>2736</b>                     | <b>63</b>               | <b>8,2</b>                      | <b>7</b>                    | <b>0,91</b>                        |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

<sup>3</sup>Väistötila ainakin toisessa kolmihaaraliittymässä

Oikea-vasenporrastuksissa, joissa ainakin toisessa kolmihaaraliittymistä on väistötila, on henkilövahinko-onnettomuuksien riski selkeästi pienempi verrattuna väistötilattiin oikea-vasenporrastuksiin (taulukko 17). Vasen-oikeaporrastuksissa liittymissä tilanne on henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riskin osalta pääin vastainen. Henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemien riskit ovat pienempiä väistötilattomissa vasen-oikeaporrastuksissa liittymissä verrattuna vasen-oikeaporrastuksien liittymään, joissa ainakin toisessa kolmihaaraliittymässä on väistötila (taulukko 18).

### Sivutien tulpan vaikutus

Taulukossa 19 on esitetty porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet sivutien tulppasaarekkeen mukaan. Taulukossa on erotettu tilanteet, joissa porrastetun liittymän kummallakaan sivutiellä ei ole tulppaa, molemilla sivuteillä on tulppa tai vain toisella sivutiellä on tulppa.

*Taulukko 19. Porrastettujen liittymien onnettomuusmäärit ja onnettomuusasteet sivutien tulppasaarekkeen mukaan vuosina 2009–2017.*

| Sivutien tulppa                 | Liitty-mien määrä (kpl) | Liitty-mään saa-puvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100 milj. ajon.) |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Ei                              | 92                      | 1001                            | 19                      | 7,4                             | 1                           | 0,39                                |
| <b>Molemmilla sivuteillä</b>    | 67                      | 5501                            | 89                      | 8,7                             | 6                           | 0,59                                |
| <b>Vain toisella sivutiellä</b> | 26                      | 4218                            | 25                      | 8,2                             | 1                           | 0,33                                |
| <b>Yhteensä</b>                 | 185                     | 3083                            | 133                     | 8,4                             | 8                           | 0,50                                |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet ovat alhaisempia porrastetuissa liittymissä, joissa ei ole sivutien tulppasaareketta kummallakaan sivutiellä (taulukko 19). Tämä johtuu todennäköisesti ilman tulppasaareketta olevien liittymien selkeästi alhaisemmista liikennemääristä.

## 7.7 Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet

Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui porrastetuissa liittymissä yhteensä 30 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kaksi johti kuolemaan: jalankulkijaonnettomuus ja polkupyöräonnettomuus. Muissa kuin jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuuksissa ei ollut osallisina suojaamattomia tienkäyttäjiä. Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrit ja onnettomuusasteet porrastustavan muukaan on esitetty taulukossa 20. Onnettomuusasteissa on otettu huomioon vain ajoneuvoliikenteen määrit, koska suojaamattomien tienkäyttäjien liikennemääritietoja ei ollut saatavissa. Aiempien tarkastelujen tapaan oikea-vasenporras-tuksessa näyttää olevan hieman korkeampi henkilövahinko-onnettomuuksien riski. Puolet suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksista oli mopo-onnettomuuksia ja 40 % polkupyöräonnettomuuksia. Jalankulkijaonnettomuuksien määrit on pieni, kaksi tapausta.

**Taulukko 20. Jalankulkijaonnettomuuksien (jk-onn.), polkupyöräonnettomuuksien (pp-onn.) ja mopo-onnettomuuksien (mopo-onn.) määrät ja onnettomuusasteet porrastustavan mukaan vuosina 2009–2017.**

| Porras-tustapa | Liittymien määrä(kpl) | Liitty-mään saa-puvat ajon./vrk | Jk-onn. (kpl) | Pp-onn. (kpl) | Mopo-onn. (kpl) | Hvjo-yh-teensä <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./ 100milj. ajon.) |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Oikea-vasen    | 84                    | 3500                            | 0             | 9             | 9               | 18                                | 2,2                              |
| Vasen-oikea    | 101                   | 2736                            | 2             | 3             | 7               | 12                                | 1,6                              |
| Yh-teensä      | 185                   | 3083                            | 2             | 12            | 16              | 30                                | 1,9                              |

<sup>1</sup>Suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneet henkilövahinko-onnettomuudet yhteensä

Seuraavassa käydään läpi tarkemmin jalankulkija-, polkupyörä- ja mopo-onnettomuuksia. Onnettomuustilanteita on osin havainnollistettu kuvilla, joissa punainen nuoli tarkoittaa autoilijaa ja keltainen nuoli tilanteesta riippuen jalankulkijaa, pyöräilijää tai mopoilijaa. Onnettomuustarkastelujen jälkeen esitetään, millaisia suunnitteluratkaisuja porrastetuissa liittymissä on suojaamattomille tienkäyttäjille.

### 7.7.1 Jalankulkijaonnettomuudet

Jalankulkijoille tapahtui yhteensä kaksi henkilövahinko-onnettomuutta vasen-oikeaporastetuissa liittymissä. Toinen henkilövahinko-onnettomuuksista oli vakavuudeltaan kuolemaan johtanut onnettomuus. Tapauksessa iäkäs mies oli kulkenut sähkökäytöisellä invalidimopolla päätienvyöhykkeellä ja jalkakäytävästä ajautuen autotieelle, jossa ajoneuvo oli törmänyt häneen. Onnettomuuskuvauksen perusteella tapaus ei näyttäisi liittyvän liittymäratkaisuun. Toinen jalankulkijaonnettomuus johti jalankulkijan loukaantumiseen. Onnettomuuden kulku on havainnollistettu kuvassa 26.



**Kuva 26.** Jalankulkija ylittää päätietyt sattumanvaraisesta kohtaa ja sivutieltä päätielle käännyvä ajoneuvo törmää häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa jalankulkijaa ja punainen autoa.

Kuvan 26 tilanteessa jalankulkija oli lähtenyt ylittämään päätietyt tarkoituksesta päästää ensin päätienvälistä kanavoidulle korotetulle saarekkeelle. Sivutielta oli tullut vasemmalle päätielle käännyvä ajoneuvo. Ajoneuvon kuljettaja ei ollut huomannut jalankulkijaa, jolloin ajoneuvo oli törmänyt jalankulkijaan. Myöskään jalankulkija ei ollut havainnut, että vasemmalta oli tullut ajoneuvo. Liittymässä ei ollut järjestelyitä päätienvälistä turvalliseen risteämiseen.

### 7.7.2 Polkupyöräonnettomuudet

Henkilövahinkoon johtaneita polkupyöräonnettomuuksia tapahtui yhteensä 12, joista kolme tapahtui vasen-oikeaporrasrastetussa liittymässä ja loput oikeava-senporrasrastetussa. Yksi polkupyöräonnettomuuus johti kuolemaan. Tilanteessa pyöräilijä oli ajanut sivutielta päätielle, eikä ollut noudattanut väistämisvelvoli-suutta. Päätietyt ajava ajoneuvo oli törmänyt häneen. Myös kahdessa loukkaantumiseen johtaneessa onnettomuudessa oli vastaava tilanne, joissa molemmissa tapauksissa pyöräilijä oli tullut sivutielta aikeissa ylittää päätie, muttei huomannut väistää päätiellä ajavaa ajoneuvoa. Yhdessä tapauksista päätienväli oli pyörätien jatke, mutta muuten päätienvälistä turvalliseen ei ollut järjestelyitä. Kuitenkin suomalaisista asiantuntijavastauksista (luku 6.2) kävi ilmi, tienkäyttäjä-palautteiden perusteella suojaamatona tienkäyttäjä ei aina tiedä paikkaansa porrasrastetussa liittymässä, eikä tiedetä, mistä kohtaa liittymä tulisi ylittää. Edellä mainittujen tilanteiden ja kuvan 26 tilanteen onnettomuudet liittynevätkin tilanteisiin, joissa ei tiedetä, mistä kohtaa liittymä tulee ylittää, koska päätienvälistä turvalliseen tai alittamiseen ei ole toteutettu järjestelyitä. Tällöin päätie ylitetään sattumanvaraisesta kohtaa. Onnettomuuksien ehkäisemiseksi porrasrastetussa liittymässä voitaisiin toteuttaa alikulku, jota käytäessä päätienväli ei tarvitsisi ylittää tasossa.

Porrasrastetuissa liittymissä tapahtui myös kolme polkupyöräonnettomuutta, joissa pyöräilijä oli käännytynyt vasemmalle takaa tulevan ajoneuvon eteen kuvan 27 tapaisessa tilanteessa. Kahdesta onnettomuusselostuksesta kävi ilmi pyöräilijän olleen aikeessa käännyä vasemmalle sivutielille. Näin ollen myös nämä onnettomuudet liittynevät turvallisen ylityspaikan puuttumiseen. Myös tässä kohdassa alikululla voitaisiin ehkäistä vastaavia onnettomuuksia, kun päätienväli ei tarvitsisi ylittää tasossa.



Kuva 27. Pyöräilijä pyöräilee päätienvälistä ja käännyy takana tulevan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.

Melkein puolet kaikista polkupyöräonnettomuuksista (5/12 onnettomuutta) liittyi käänymiseen, jossa autoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta kääntyessään joko sivutieltä päätielle tai päätieltä sivutielle: Kolmessa loukaantumiseen johtaneessa polkupyöräonnettomuudessa autoilija rikkoi väistämisvelvollisuutta kääntyessään sivutieltä päätielle. Näissä kolmessa onnettomuustilanteessa pyöräilijä ajoi päätiien ajoradalla suoraan ja oli ohittamassa sivutietä, kun sivutieltä päätielle käännyvä ajoneuvo oli ajanut pyöräilijän eteen tai kylkeen. Esimerkkitilanne on havainnollistettu kuvassa 28. Kuvan 28 liittymässä tapahtui kaksi vastaavaa tapausta. Liittymässä ei ole järjestelyitä suojaamatommille tienkäyttäjille. Onnettomuuksien ehkäisemiseksi liittymässä voitaisiin toteuttaa suojaamattomat tienkäyttäjät huomioiva ratkaisu kuten pyörätie ja alikulku.



Kuva 28. Pyöräilijä ohittaa sivutietä päätiestä sivutieltä käännyvä auton törmäessä häneen (kuva Google Maps). Kuvan liittymässä tapahtui kaksi vastaavaa tapausta. Liittymässä ei ole järjestelyistä suojaamatommille tienkäyttäjille. Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa.

Kaksi onnettomuutta liittyivät vastaanlaiseen tilanteeseen, jossa pyöräilijä oli ollut ajamassa päätieltä ja pyöräilijän ylittäessä sivutiet auto oli törmänyt hänen. Näissä kahdessa tapauksessa auto oli edellisistä tilanteista poiketen käännyttänyt päätieltä sivutielle pyöräilijän eteen tai kylkeen. Tilanne on havainnollistettu kuvassa 29.



**Kuva 29.** Pyöräilijä ylittämässä sivutietä päätiellä pyörätiellä päätieltä kääntyvän auton törmätessä häneen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa pyöräilijää ja punainen autoa. Kuvan liittymässä samassa kohtaa tapahtui myös vastaava mopo-onnettomuus. Erona oli, että mopoilija oli ajamassa mopoilijoille sallittua pyörätietä päätiellä suuntaisesti kuvaan vasemmalle, kun kuvan tilanteessa polkupyöräilijä ajoi oikealle.

Yksi polkupyöräönnettomuuksista oli mopoilijasta johtuva ohitusonnettomuus. Tilanteessa mopoilija oli ohittanut päätiellä pyöräilijän tämän vasemmalta puolelta liian läheltä, jolloin mopon oikea kahva oli osunut pyöräilijään ja pyöräilijä oli kaatunut.

### 7.7.3 Mopo-onnettomuudet

Henkilövahinkoon johtaneita mopo-onnettomuuksia tapahtui yhteensä 16, joista yhdeksän oikea-vasenporrastetussa ja seitsemän vasen-oikeaporrastetussa liittymässä. Kaikki onnettomuudet olivat vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Osa mopo-onnettomuuksista oli vastaavia kuin edellä kuvatut polkupyöräönnettomuudet. Kaksi onnettomuutta oli vastaavia kuin kuvassa 27 kuvattu polkupyöräönnettomuus: mopoilija oli ajanut päätiä ja aikeissa kääntyä vasen-oikeaporrastuksessa sivutielle kääntyen vasemmalle takaa tulevan auton eteen. Mopoilijoille sallittu pyörätie ja alikulku olisivat todennäköisesti estäneet onnettomuuksien tapahtumisen, mikäli mopoilijat olisivat käyttäneet niitä. Kolme tapauksista oli vastaavia kuin kuvassa 28 kuvattu polkupyöräönnettomuus: Mopoilija oli ajamassa päätiä pitkin ja oli ohittamassa sivutietä, kun sivutielta päätielle kääntyvä ajoneuvo oli törmänyt hänen. Näin siitä huolimatta, että kahdessa onnettomuudessa mopoilija oli ajanut mopoilijoille sallitulla pyörätiellä. Kaksi tapausta oli kuvan 29 tapaisia, joissa erona edelliseen oli, että autoilija oli kääntynyt päätieltä sivutielle mopoilijan eteen tai kylkeen.

Yhdestä mopo-onnettomuudesta ei ollut tarkempaa selostusta kuin, että se liitti risteämiseen. Yleisesti ottaen polkupyöräönnettomuuksien tapaan melkein puolet kaikista mopo-onnettomuuksista (7/16 onnettomuutta) liittyi kääntymiseen, jossa autoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta kääntyessään sivutielta päätielle tai päätieltä sivutielle. Tämän viittaa siihen, ettei autoilija ollut havainnut mopoilijaa.

Lähes kolmannessa mopo-onnettomuudessa (5/16 onnettomuutta) mopoilija ei ollut noudattanut liikennesääntöjä. Neljä näistä onnettomuuksista oli kuvassa 30 kuvatun tilanteen kaltainen. Tilanteessa mopoilija oli tullut liittymään sivutieltä ja käännytynyt päätielle noudattamatta väistämisvelvollisuutta, jolloin päätieltä ajanut auto oli ajanut mopoilijan kylkeen. Yksi liikennesääntöjen noudattamatta jättäminen oli onnettomuus, jossa mopoilija oli ikaän kuin oikaissut käännyksen suoraksi. Mopoilija oli käännytynyt päätieltä sivutielle vastaantulevan kaistan kautta ja törmänyt sivutietä vastaantulevan auton keulaan.

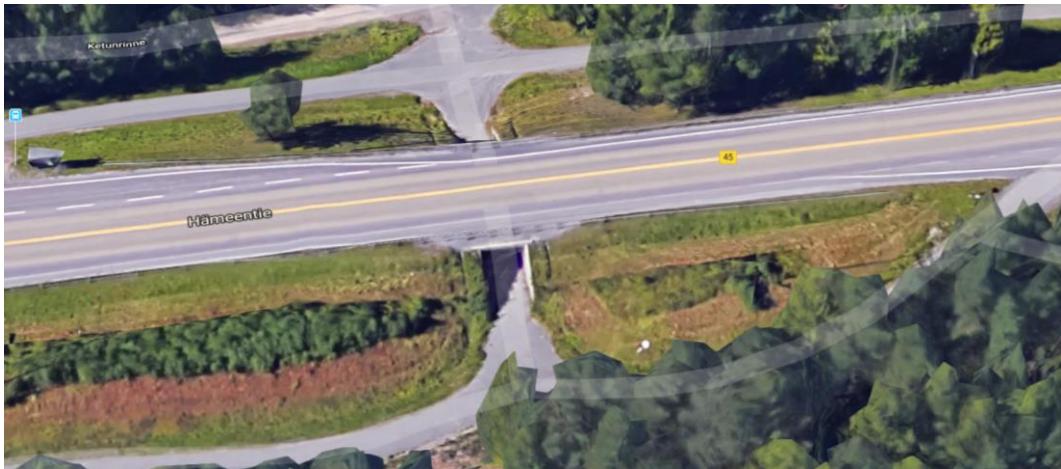


*Kuva 30. Mopoilija ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta vaan oli käännytynyt päätieltä ajavan auton eteen (kuva Google Maps). Kuvassa keltainen nuoli tarkoittaa mopoilijaa ja punainen autoa.*

Kahdessa mopo-onnettomuudessa ajoneuvon kuljettaja ei ollut huomioinut mopoilijan liikkeitä: Yhdessä onnettomuudessa auton kuljettaja oli arvioinut ohitusmatkan väärin ja lähtenyt ohittamaan päätieltä samaan suuntaan ajanutta moppoa ja käännytynyt tämän jälkeen oikealle mopoilijan eteen. Ajoneuvon kuljettajan oli tarkoitus käännyä oikealle sivutielle. Toisessa tilanteessa päätieltä ajavan ajoneuvon kuljettaja oli lähtenyt ohittamaan vasemmalta mopoilijaa, eikä ollut huomannut, että mopo oli laittanut vilkun ja käänymässä vasemmalle sivutielle. Ajoneuvon kuljettaja oli törmänyt edestä vasemmalle käännyvään mopoilijaan. Yksi onnettomuuksista liittyi peräänajoon tilanteessa, jossa mopoilija oli pysähdytynyt ajoväylälle mopon sammessa tielle.

#### **7.7.4 Suunnitteluratkaisut suojaamattomille tienkäyttäjille**

Suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettujen ratkaisujen osalta tarkasteltiin ensinnäkin, oliko porrastetussa liittymässä päätienvälistä risteämiseen toteutettu eritasoratkaisu vai tasoratkaisu vai oliko järjestelyt jätetty kokonaan toteuttamatta. Kuvissa 31-33 on esitetty eri vaihtoehdot, joilla päätienvälistä risteämisen oli toteutettu. Eritasoratkaisu oli tutkittujen porrastettujen liittymien tapauksessa alikulku (kuva 31). Tasoratkaisuvaihtoehdot olivat: keskisaareke (kuva 32) tai suojatie tai pyörätien jatke ilman saareketta (kuva 33). Keskisaareke kattoi myös saarekkeet, joissa ei ollut suojetietä tai pyörätien jatketta, mutta saarekkeessa oli jalankulkijoille ja pyöräilijöille tarkoitettu aukko. Toisekseen tarkasteltiin, oliko suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettu oma väylä, tässä tapauksessa yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä (kuva 32, kuva 33), jossa pyörätie oli useissa tapauksissa sallittu myös mopoilijoille (kuva 31), vai tuliko suojaamattomien tienkäyttäjien kulkea autotien reunassa ilman järjestelyitä.



Kuva 31. Alikulku ja mopoilijoille sallittu pyörätie porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).

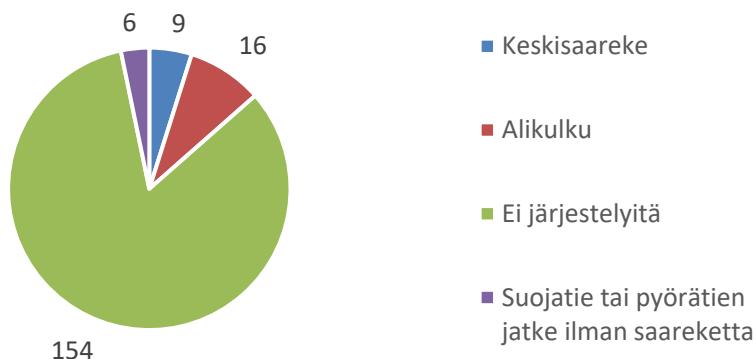


Kuva 32. Keskisaareke sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).



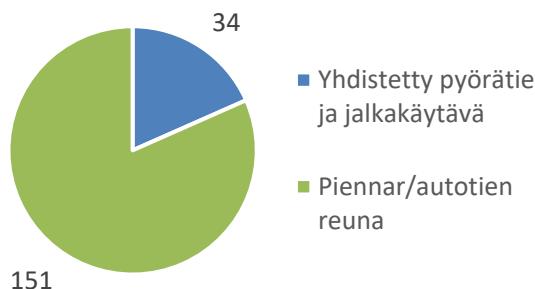
Kuva 33. Suojatie tai pyöräilyväylän jatke ilman saareketta sekä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä porrastetussa liittymässä (kuva Google Maps).

Kuvassa 34 on esitetty suojaamattomien tienkäyttäjien päätienviesteiden risteämisyksiköiden tarkastelluissa maanteiden porrastetuissa liittymissä.



*Kuva 34. Suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyt päätiens ylittämiseen tai alittamiseen porrastetuissa liittymissä (n=185).*

Kuvassa 35 on esitetty suojaamattomien tienkäyttäjien paikka porrastetuissa liittymissä. Suurimmassa osassa liittymistä, joissa oli jokin järjestely päätiens ylittämiseen tai alittamiseen, oli myös eroteltu autoliikenne ja suojaamattomat tienkäyttäjät toisistaan. Tällöin suojaamattomille tienkäyttäjille oli toteutettu yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä, joka oli usein sallittu myös mopoille.



*Kuva 35. Suojaamattomien tienkäyttäjien paikka porrastetuissa liittymissä (n=185).*

Liitteessä H on esitetty järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille ja porrastetut liittymät, joissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui ainakin yksi henkilövahinkoon johtanut onnettomuus. Porrastettuja liittymiä, joissa tapahtui onnettomuuksia suojaamattomille tienkäyttäjille, oli yhteensä 21. Alle puolessa näistä liittymistä (9/21 liittymää) oli toteutettu jokin järjestely päätiens ylittämiseen. Henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtui yhteensä 11 oikea-vasenporrastussa liittymässä ja 10 vasen-oikeaporrastussa liittymässä. Suunnitteluratkaisujen vaikutusta ei näin pienillä onnettomuusmäärellä voida pitää luotettavana johtopäätösten tekemiseen. Henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtui yhtä lailla riippumatta siitä, oliko porrastetussa liittymässä toteutettu järjestelyitä suojaamattomille tienkäyttäjille vai ei. Tästä johtuen suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettujen suunnitteluratkaisujen vaikutusta onnettomuusmääriin ja onnettomuusasteisiin ei voida tarkastella edellä esitetyjen suunnitteluratkaisujen tapaan.

## 7.8 Liittymäkohtainen tarkastelu

Liittymäkohtaisessa tarkastelussa tarkasteltiin liittymiä, joissa tapahtui eniten henkilövahinko-onnettomuuksia. Kaikista porrastetuista liittymistä 20:ssä liittymässä tapahtui henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia kolme tai enemmän. Näistä 11 oli porrastustavaltaan oikea-vasenporrastuksia ja loput 9 vasen-oikeaporrastuksia. Porrastetut liittymät, joissa tapahtui enemmän kuin kaksi henkilövahinko-onnettomuutta on esitetty liitteessä I.

Suunnitteluratkaisujen perusteella ei voitu tulkita liittymiä onnettomuusalttiimiksi joidenkin suunnitteluratkaisujen puuttumisen takia. Liitteen I perusteella onnettomuuksia näyttää tapahtuneen huolimatta siitä, oliko liittymä kanavoitu, oliko kääntymiskaistat sivuteille kääntymiseen tai oliko suojaamattomille tienkäytäjille toteutettu järjestelyitä. Myöskaän sivutien liikenteen osuus saapuvien ajoneuvojen määrästä ei antanut yhteneviä tuloksia koko liittymäjoukon suhteeseen. Ainoa yhdistävä tekijä löydettiin liittymään saapuvien ajoneuvojen määrästä. Kaikkien porrastettujen liittymien ( $n = 185$ ) liittymiin vuorokaudessa saapuvien ajoneuvojen keskiarvo oli 3083 ajon./vrk (oikea-vasen: 3500 ajon./vrk ja vasen-oikea 2736 ajon./vrk). Tarkasteltaessa 20 porrastettua liittymää, joissa henkilövahinko-onnettomuuksia oli tapahtunut kolme tai enemmän, oli liittymään saapuvien ajoneuvojen keskimääräistä suurempi määrä niitä yhdistävää tekijää. Näissä liittymissä liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä oli kahta liittymää lukuun ottamatta kaikkien liittymien keskiarvoa suurempi. Kyseisissä porrastetuissa liittymissä liittymään vuorokaudessa saapuvien ajoneuvojen keskiarvo oli 7094 ajon./vrk (oikea-vasen: 7869 ajon. /vrk ja vasen-oikea: 6995 ajon./vrk) eli yli kaksinkertainen kaikkien porrastettujen liittymien keskiarvoon verrattuna. Suuremmat liikennemäärät selittäneväät ainakin osittain, miksi näissä 20 liittymässä on enemmän onnettomuuksia verrattuna muihin porrastuihin liittymiin.

Koska onnettomuusmäärät suurimmassa osassa näistä 20 liittymästä olivat pieniä luotettavien johtopäätösten tekemiseen (liite I), valittiin tarkempaan tarkasteluun molemmista porrastustavoista muutama liittymä, joissa henkilövahinko-onnettomuuksia oli tapahtunut eniten. Tarkasteluun otettiin oikea-vasenporrastuksista ja vasen-oikeaporrastuksista liittymät, joissa henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia oli tapahtunut enemmän kuin neljä. Onnettomuudet liittyvät pääasiassa kääntymisiin ja suistumisiin. Joukossa oli myös muutama peräänajo. Tarkastelujen perusteella onnettomuudet eivät riippuneet niinkään erilaisista suunnitteluratkaisuista tai niiden puuttumisesta, vaan enemmänkin väistämisvelvollisuuden noudattamatta jättämisestä, liian suurista tilannenopeuksista ja siitä, ettei havainnoitu kunnolla muuta liikennettä ja huomattu toista tienkäyttäjää.

### Oikea-vasenporrastetut liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinko-onnettomuuksia

Oikea-vasenporrastetussa liittymässä Hämeentiellä Tuusulassa tapahtui kaikista porrastetuista liittymistä ( $n = 185$ ) eniten henkilövahinko-onnettomuuksia: yhteensä seitsemän. Hämeentien porrastettu liittymä on esitetty kuvassa 36. Kaikki seitsemän onnettomuutta olivat vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Liittymässä tapahtui kaikista tarkastelluista porrastetuista liittymistä myös eniten henkilövahinko-onnettomuuksia suojaamattomille tienkäyttäjille, sillä näistä seitsemästä henkilövahinko-onnettomuudesta

neljä oli suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksia. Liittymässä oli keskimääräistä huomattavasti suurempi liikennemäärä: kaikista tarkastelluista porastetuista liittymistä seitsemänneksi suurin (KVL=11185 ajon./vrk.) Liittymässä tapahtui kaksi yksittäisonnettomuutta, käänymisonnettomuus, polkupyöräonnettomuus ja kaksi mopo-onnettomuutta. Yksittäisonnettomuudet liittyivät tieltä suistumiseen. Toisessa yksittäisonnettomuudessa autoilija oli suistunut päätieltä ja törmänyt tolppaan alkoholin vaikutuksen alaisena ja toisessa tapauksessa autoilija oli ajanut liian lähelle lumista tienreunaa suistuen tieltä. Muut Hämeentien liittymässä tapahtuneet onnettomuudet tapahtuivat pää- ja sivuteiden risteämiskohdissa ja liittyivät käänymisiin, joissa toinen autoilijoista ei ollut noudattanut väistämisvelvollisuutta.



Kuva 36. Oikea-vasenporrastettu liittymä Hämeentie 28, Tuusula (kuva Google Maps).

Hämeentien liittymän (kuva 36) käänymisonnettomuus, yksi polkupyöräonnettomuksista ja yksi mopo-onnettomuksista tapahtuivat Hämeentien (päätie) ja Nummenväylän (sivutie) risteämiskohdassa: Käänymisonnettomuudessa autoilija oli tullut liittymään Nummenväylää ja käännynyt Hämeentielle päätieltä ajavan autoilijan eteen. Polkupyöräonnettomuudessa pyöräilijä ajoi Hämeentietä mopoilijoille sallittua pyörätieltä pitkin. Hän oli ylittämässä Nummenväylää ja käännynyt Hämeentieltyä vasemmalle Nummenväylälle pyöräilijän kylkeen. Mopo-onnettomuus oli muuten vastaava kuin polkupyöräonnettomuus, mutta toisin kuin polkupyöräonnettomuudessa, auto oli käänymässä Nummenväylältä Hämeentieltylle törmäten mopoilijaan. Kaksi muuta mopo-onnettomuutta tapahtuivat Hämeentien (päätie) ja Rusutjärventien (sivutie) risteämiskohdassa. Molemmissa tilanteissa mopo oli ajanut Hämeentietä mopoilijoille sallitulla pyörätiellä. Mopoilijan ylittäessä Rusutjärventien liittymähaaraa oli Rusutjärventietä liittymään ajava Hämeentieltylle käänymässä ollut auto törmänyt mopoilijaan.

Toisiksi eniten onnettomuuksia tapahtui kahdessa oikea-vasenporrastetussa liittymässä, joissa molemmissa tapahtui kuusi loukaantumiseen johtanutta onnettomuutta. Toinen näistä liittymistä oli kuvassa 37 esitetty Laihiantien oikea-vasenporrastettuliittymä Mustasaarella. Liittymässä tapahtui yhteensä neljä yksittäisonnettomuutta, ohitusonnettomuus ja yksittäisonnettomuus. Kaikki yksittäisonnettomuudet liittyivät tieltä suistumiseen. Risteämisonnettomuudessa auto oli tullut Porintietä (sivutie) ja väistämisvelvollisuutta noudattamatta käännynyt oikealle Laihiantieltylle (päätie) törmäten Laihiantietä ajavaan autoon. Ohitusonnettomuudessa liikennetraktori oli ohittanut toisen liikennetraktorin

päätienvälinen liikennesaarekkeen väärältä puolen ja törmänyt vastaantulevaan ajo-neuvoon.



Kuva 37. Oikea-vasenporrastettu liittymä Laihiantie 171, Mustasaari (kuva Karttapaikka).

Oikea-vasenporrastetussa liittymässä Helsingintiellä Lapinjärvellä tapahtui myös kuusi loukkaantumiseen johtanutta onnettomuutta. Helsingintien oikea-vasenporrastettu liittymä on esitetty kuvassa 38. Onnettomuudet olivat tyypillisesti porrastetuissa liittymissä tapahtuneita onnettomuuksia: kaksi käänymisonnettomuutta ja loput neljä käänymiseen liittyvää risteämisonnettomuutta. Kaikki onnettomuudet tapahtuivat Helsingintien (päätie) ja Koivistontien (sivutie) risteämiskohdassa. Ensimmäisessä käänymisonnettomuudessa auto oli tullut Helsingintietä kuvan suunnassa oikealta vasemmalle. Kääntyessään vasemmalle Koivistontielle oli kuljettaja arvioinut vastaantulevan auton etäisyyden väärin ja käännynyt Helsingintietä vastaantulevan auton eteen. Toisessa käänymisonnettomuudessa auto oli tullut liittymään Koivistontietä ja käännynyt vasemmalle Helsingintielle päätieltä ajavan auton eteen. Kaikki neljä risteämisonnettomuksiksi kirjattua tapausta olivat tapahtumakulultaan vastaavia kuin jälkimmäinen käänymisonnettomuus.



Kuva 38. Oikea-vasenporrastettu liittymä Helsingintie 1390, Lapinjärvi (kuva Google Maps).

Onnettomuuksia on johtopäätösten tekemiseksi vähän, mutta kuten kuvasta 38 näkyy, on Koivistontien liittymähaarassa huoltoasema. Tämä tekee liittymänhaarasta ajoittain vilkkaan, mikä voi lisätä onnettomuusaltistusta. Liittymä on hyvä esimerkki porrastetusta liittymästä, jossa on toteutettu useita eri tienkäyttäjiä huomioivia järjestelyitä. Liittymässä on ajoneuvoliikenteelle tiemerkinnoin toteutettu kanavointi ja rinnakkain sijoitetut vasemmalle käänymiskaistat. Suojaamattomille tienkäyttäjille on toteutettu päätienvälistä risteämiseen alikulku ja mo-poilijoille sallittu pyörätie (kuva 38).

### **Vasen-oikeaporastetut liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinko-onnettomuuksia**

Vasen-oikeaporastetuista liittymissä tapahtui kahdessa liittymässä viisi henkilövahinko-onnettomuutta, mikä oli vasen-oikeaporastettujen liittymien suurin liittymäkohtainen onnettomuusmäärä. Munsalan valtatiellä Uusikaarlepyyssä sijaitsevassa vasen-oikeaporastetussa liittymässä viidestä henkilövahinko-onnettomuudesta kaksi johti kuolemaan ja loput loukkaantumiseen. Munsalan valtatien vasen-oikeaporastettu liittymä on esitetty kuvassa 39.



Kuva 39. Vasen-oikeaporastettu liittymä Munsalan valtatie (Vt8 1388), Uusikaarlepyy (kuva Google Maps).

Munsalan valtatien liittymän kuolemaan johtaneista onnettomuuksista toinen oli yksittäisonnettomuus ja toinen risteämisonnettomuus. Yksittäisonnettomuudessa ajoneuvo oli suistunut tieltä. Risteämisonnettomuudessa autoilija oli ajanut Läntistä Jepuantietä (sivutie) ja väistämisvelvollisuutta noudattamatta käännytti Munsalan valtatielle (päätie), jolloin Munsalan valtatieta ajanut rekka oli törmänyt henkilöautoon ja henkilöauton kuljettaja kuoli (kuva 39). Loukkaantumiseen johtaneista onnettomuuksista yksi oli käänymisonnettomuus ja kaksi muuta yksittäisonnettomuuksia. Kääntymisonnettomuus oli tapahtumakulultaan samanlainen kuin kuolemaan johtanut onnettomuus. Molemmissa yksittäisonnettomuuksissa autonkuljettaja oli menettänyt auton hallinnan ja suisutunut tieltä.

Nelostien vasen-oikeaporastetussa liittymässä Jyväskylässä tapahtui viisi henkilövahinko-onnettomuutta, joista kaikki olivat vakavuudeltaan loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Nelostien vasen-oikeaporastettu liittymä on esitetty kuvassa 40. Liittymässä tapahtui kaksi yksittäisonnettomuutta, kaksi peräänajo-onnettomuutta ja jalankulkijaonnettomuus.



Kuva 40. Vasen-oikeaporrastettu liittymä Nelostie 944, Jyväskylä (kuva Google Maps).

Yhdessä Nelostien liittymän (kuva 40) yksittäisonnettomuuksista moottoripyöräilijä oli tehnyt äkkijarrutuksen ja kaatunut luullessaan vastaantulevan auton tulevan hänen kaistalleen. Toisessa yksittäisonnettomuudessa auto oli ajanut liian suurella tilannenopeudella liittymään ja suistunut tieltä. Peräänajo-onnettomuudessa autoilija oli tullut Tikkakoskentietä (sivutie) liittymään, eikä ollut auringon häikäisemänä huomannut liittymässä pysähtyneenä olevaa autoa ja ajanut tämän pysähtyneen auton perään. Toinen peräänajo oli Nelostiellä (päätie) tapahtunut usean auton ketjukolari, jossa letkan edellä ajava auto oli joutunut pysähtymään Kuukanpääntielle (sivutie) käänymässä olevan rekan taakse, koska ei ollut mahtunut ohittamaan tätä vasemmalta. Liittymässä ei ollut oikealle käänymiskaistaa, joka olisi mahdollistanut ohittamisen vasemmalta. Liittymän jalankulkijaonnettomuus kuvattiin luvussa 8.6 jalankulkijaonnettomuuksien käsittelyn yhteydessä (kuva 26). Onnettomuus liittyi päätiensä ylittämiseen sattumanvaraista kohdasta.

## 8 Tulosten analysointi

### 8.1 Henkilövahinko-onnettomuudet porastetuissa liittymissä

**Onnettomuudet liittyivät käänymiseen, tieltä suistumiseen ja peräänajoihin. Onnettomuuksista lähes neljännes tapahtui suojaamattomille tienkäyttäjille.**

Tutkimusaineiston 185 maanteiden porastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan ja loput loukkaantumiseen. 84 oikea-vasenporrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 70 henkilövahinko-onnettomuutta ja 101 vasen-oikeaporristussa liittymässä 63. Kaikista tienkäyttäjistä suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui yhteensä 30 onnettomuutta, mikä oli 23 % kaikista porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista. Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet olivat kokonaismäärältään tarkasteltuna toisiksi suurin onnettomusuokka heti yksittäisonnettomuuksien jälkeen (taulukko 11, luku 7.4), mikä on tyypillistä maanteillä tapahtuville henkilövahinko-onnettomuuksille (kuva 3, luku 3.1). Porrastetuissa liittymissä henkilövahinko-onnettomuuksien riskit olivat sitä suurempia mitä suurempi oli liittymään sivutelta saapuvien ajoneuvojen osuus (taulukko 7, luku 7.3).

Suurin osa porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksista liittyi käänymiseen 36 %, tieltä suistumiseen 29 % ja peräänajoon 20 %. Muiden onnettomuuksien osuus oli 14 %. (taulukko 12, luku 7.5) Muut onnettomuudet sisällysvät lähinnä kohtaamis- ja ohitusonnettomuuksia sekä epäselviä käänymiseen ja tien ylitykseen liittyviä tapauksia. Kääntymisonnettomuuksissa toinen ajoneuvoista käentyi joko päätieltä sivutielle tai sivutelta päätielle törmäten suoraan liikkuvaan tienkäyttäjään. Tyypillisesti onnettomuudet liittyivät käännyvän ajoneuvon osalta väistämisvelvollisuuden laiminlyömiseen. Suurimmassa osassa tapauksia ei todennäköisesti havaittu suoraan liikkuvaa tienkäyttäjää tai arvioitiin etäisyys väärin. Peräänajo-onnettomuudet olivat tyypillisesti tilanteita, joissa takaa tuleva ajoneuvo törmäsi edellä olevaan ajoneuvoon, joka oli joko jarruttamassa, pysähtynyt tai käänymässä vasemmalle. Peräänajojen taustalla oli tavallisesti liian suuri tilannenopeus tai kuljettaja ei reagoinut ajoissa edellä ajavan ajoneuvon liikkeisiin. Tavallisimpien suistumisonnettomuuksien tapahtui ajoneuvon suistuessa tieltä liittymässä, kun nopeutta ei ollut sopeutettu liikenneympäristöön sopivaksi.

Suurin osa porrastettujen liittymien käänymisonnettomuuksista liittyi vasemmalle käänymiseen (taulukko 12, luku 7.5). Vasemmalle käänymiseen liittyviä onnettomuuksia oli ainakin neljännes (26 %) porrastetuissa liittymissä tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksien kokonaismäärästä. Oikealle käänymisiä oli 3 % ja muita käänymisiä, joissa ei ollut ilmaistu käänymissuuntaa, oli 8 %. Vasemmalle käänymiseen liittyvien onnettomuuksien määrä on ainakin neljännes, koska osa risteämisonnettomuuksista oli merkattu osin virheellisesti suoraan ajavien liikennevirtojen väliseksi onnettomuudeksi, vaikka poliisin onnettomuusselostusten perusteella onnettomuus oli käänymisonnettomuus. Tällöin myös nämä onnettomuudet olisi voitu kirjata käänymisiin liittyviksi. Selvästi kuitenkin on, että vasemmalle käänymisten osuus kaikista henkilövahinko-

onnettomuksista on merkittävä. Tulos tukee työn teoriaosuudessa esitettyä havaintoa porrastettuja liittymiä koskevan turvallisuustarkastelun osalta. Tarkastelussa todettiin risteävien liikennevirtojen välisien onnettomuuksien liittyvän vasemmalle kääntyvään ajoneuvoon, kun taas suoraan ajavien risteävien ajoneuvojen väliset onnettomuudet puuttuvat käytännössä kokonaan (luku 4.2). Tämä on seurausta porrastetun liittymän konfliktipisteiden pienemmästä määärästä verrattuna nelihaaraliittymään (kuva 12, luku 4.1). Myös suomalaisissa asianttijavastauksissa tunnistettiin käänymisonnettomuuksien mahdollisuus, vaikka risteämisonnettomuksista päästäisiin eroon. Vasemmalle käänymisen arvioitiin olevan ongelmallinen porrastetuissa liittymissä. (Luku 6.2)

**Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tapahtui enemmän henkilövahinko-onnettomuuksia ja oli suurempi onnettomuusaste verrattuna vasen-oikea-porrastettuihin liittymiin.**

Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli suurempi kuin vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä (8,6 vs. 8,2). Kuoleman riskin osalta tilanne oli päinvastainen (0,12 vs. 0,91). (Taulukko 6, Luku 7.3) Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrät olivat pieniä. Sattuman vaikutus korostuu erityisesti pienissä lukumäärissä, joten kovin luotettavia johtopäätöksiä ei voida kuolemien osalta tehdä. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tapahtui lähes kaksinkertainen määrä vasemmalle käänymisonnettomuuksia vasen-oikeaporrastettuihin liittymiin verrattuna, vaikka oikea-vasenporrastettuja liittymiä oli vähemmän. Kun otetaan lisäksi huomioon suurimman osan vasemmalle käänymiseen liittyvistä onnettomuuksista tapahtuneen oikea-vasenporrastuksissa (taulukko 12, luku 7.5), vaikuttaa siltä, että erityisesti vasemmalle käänymiset vaikuttavat ainakin osaltaan oikea-vasenporrastuksien suurempaan henkilövahinko-onnettomuuksien riskiin vasen-oikeaporrasstuksiin verrattuna.

Vasemmalle käänymiseen liittyvien onnettomuuksien suurempi määrä oikea-vasenporrastuksissa liittynee liittymämuotoon ja sijaintiin. Lähes kaikki tutkitut porrastetut liittymät sijaitsivat taajaman ulkopuolella. Taajaman ulkopuolella erityisesti päätieltä vasemmalle käännyminen on sekä suomalaisissa että ruotsalaisissa suunnitteluoheissa tunnistettu vaaralliseksi. Suomalaisissa ja ruotsalaisissa suunnitteluoheissa suositellaan käytettäväksi maaseudulla vasen-oikeaporrastusta ja taajamissa oikea-vasenporrastusta (luku 3.4, luku 5.2). Porrastetuista liittymissä oikea-vasenporrastuksia oli 84 ja vasen-oikeaporrastuksia 101. Oikea-vasenporrastuksia on maanteillä taajaman ulkopuolelle paljon siitä huolimatta, että tasoliittymäohjeessa suositellaan käytettäväksi oikea-vasenporrastuksia taajamissa. Tuloksiin voi osaltaan vaikuttaa porrastettuihin liittymiin liittyvä epätarkkuus. Kuten Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa ei tämänkään tutkimuksen tarkasteluissa voitu erotella esimerkiksi tarkoituksella toteutettuja porrastettuja liittymiä muutoin lähekkäin sijaitsevista kolmihaaraliittymistä, joiden järjestelyt voivat poiketa porrastettujen liittymien järjestylyistä.

## 8.2 Suunnitteluratkaisujen vaikutus turvallisuuteen

**Porrastusvälit 50–350 m oli porrastusväleistä turvallisimpiä. Tätä suuremmilla väleillä onnettomuudet kertyvät pidemmältä tiejaksolta ja lyhemmillä väleillä liittymätoiminnot voivat sotkeutua.**

Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteiden perusteella porrastusvälit 50–350 m olivat kaikkein turvallisimpia. Porrastusväleillä 50–150 m ja 151–350 m henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteet olivat selkeästi pienemmät verrattuna lyhempiin tai pidempiin porrastusväleihin. Tätä alle tai yli olevat porrastusvälit kasvattavat henkilövahinko-onnettomuuksien riskiä. (Taulukko 13, Luku 7.6)

Pidemmällä porrastusväleillä suurempaa onnettomuusriskiä selittää todennäköisesti onnettomuuksien kertyminen pidemmältä tienjaksolta verrattuna lyhempiin porrastusväleihin. Alle 50 m porrastusväleillä olevia liittymiä oli vähemmän kuin muita porrastettuja liittymiä. Lyhyemmillä porrastusväleillä kolmihaaraliittymien konfliktipisteet ovat lähempänä toisiaan. Tällöin kohdataan ajassa ja paikassa enemmän potentiaalisia ongelmia, mikä lisää onnettomuusriskiä. Lisäksi kolmihaaraliittymien liittymätoiminnot ovat lähempänä toisiaan. Tämä voi aiheuttaa osin liittymätoimintojen sotkeutumista ja epäselvyyttä ajo-käytätytmisessä lisäten onnettomuusriskiä. (luku 4.2) Myös teoriaosuuden tasoliittymien henkilövahinko-onnettomuuksien yleisessä tarkastelussa todettiin alle 50 m päässä maanteiden tasoliittymästä tapahtuvan selkeästi muuta tieosutta enemmän onnettomuuksia, ja että liittymien keskialueella on konfliktipisteiden vuoksi muuta tieosutta suurempi onnettomuusriski (luku 3.2, Peltola & Malin 2016, Tiehallinto 2001). Porrastusväleiltään alle 50 m porrastetuissa liittymissä oli paljon miniporrastuksia. Onnettomuusselostuksia tarkasteltaessa miniporrastusten joukossa oli muutama onnettomuuksia, jossa ajoneuvo oli oikaisut ja tehty vinottaisen ylityksen sivuuttamalla kokonaan porrastuksen muodon. Lyhyillä porrastusväleillä tällaiset päätiensuorat ylitykset voivat olla ongelma (luku 4.2, luku 6.2).

**Kanavoiduissa liittymissä oli suurempi henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemien riski. Tosin kanavointi oli toteutettu vain pienessä määrässä porrastettuja liittymiä, joten tämän suunnitteluratkaisun turvallisuudesta porrastetuissa liittymissä ei voida tehdä johtopäätöstä.**

Porrastettu liittymä voidaan kanavoida erottamalla päätiensuunnat toisistaan tiemerkinnoilla tai korotetulla liikennesaarekkeella. Lisäksi voidaan tehdä käännytyskaistat päätieltä sivutielle käännyville. (ks. kuva 6, luku 3.3) Kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste ja kuoleman riski oli kanavoimattomia porrastettuja liittymiä suurempi riippumatta porrastustavasta (taulukko 14, luku 7.6). Tuloksen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöstä, jonka mukaan kanavoitut porrastettu liittymä olisi vaarallisempi kuin kanavoimaton porrastettu liittymä. Tulosta seuraa kanavoitujen porrastettujen liittymien vähäinen määrä. Lisäksi niiden liikennemäärä oli kolminkertainen kanavoimattomiin liittymiin verrattuna. Todennäköisesti kanavoinnin tarve on tunnistettu suuren liikennemäärän vuoksi,

mutta tämä ratkaisu ei ole yksin riittänyt tekemään näistä liittymistä turvallisempia muihin liittymiin verrattuna. Kaikista 185 porrastetusta liittymästä vain 15 %:ssa päätie oli kanavoitu molemmille sivuteille käännyttääessä.

**Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tulisi olla vasemmalle kääntymiskatstat molemmille sivuteille käännyttääessä, mutta vasen-oikeaporrastuksissa oikealle kääntymiskaistoille ei näyttäisi niinkään olevan tarvetta. Kääntymiskaistojen käyttöä porrastetuissa liittymissä voi olla perusteltua tarkentaa suunnitteluoheisiin.**

Porrastetuissa liittymissä päätielelle voidaan tehdä kääntymiskaistat sivuteille käännytämiseen. Kääntymiskaistat ovat käytännössä oikea-vasenporrastetussa liittymässä vasemmalle kääntymiskaistat ja vasen-oikeaporrastetussa liittymässä oikealle kääntymiskaistat (ks. kuva 8, kuva 9, kuva 10, luku 3.4). Kääntymiskaistallisten porrastettujen liittymien osuus oli pieni. 18 % oikea-vasenporrastuksista oli vasemmalle kääntymiskaista ainakin toiselle sivutielle käännyttääessä. 16 % vasen-oikeaporrastuksia oli oikealle kääntymiskaista ainakin toiselle sivutielle käännyttääessä.

Oikea-vasenporrastuksien, joissa oli vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännyttääessä, onnettomuusasteessa (onn./100 mil.ajon.) ei ollut juuri eroa verrattuna kääntymiskaistattomiin oikea-vasenporrastuksiin (oikea-vasen 8,1 vs. vasen-oikea 8,2) (taulukko 15, luku 7.7). Tulos kertoo kuitenkin kääntymiskaistojen tarpeellisuudesta. Kääntymiskaistoilla on vaikutusta turvalisuteen ja liikenteen sujuvuteen (luku 3.3, luku 4.2, luku 4.4). Kääntymiskatallisten oikea-vasenporraustusten onnettomuusasteisiin vaikuttavat liittymien vähäinen määrä ja lähes kolminkertainen liikennemäärä verrattuna kääntymiskaistattomiin oikea-vasenporrastuksiin, mikä voi osaltaan nostaa onnettomuusastetta. Tarpeellisuutta tukee myös onnettomuustyyppien tarkastelussa saatu tulos siitä, että erityisesti oikea-vasenporrastetussa liittymässä tapahtuu eniten vasemmalle käännytämiseen liittyviä onnettomuuksia (taulukko 12, luku 7.5). Vasemmalle kääntymiskaistojen tarpeellisuus oikea-vasenporrastuksissa tunnistettiin myös sekä suomalaisissa että ulkomaalaisissa asiantuntijavastauksissa (luku 6.2, luku 6.3). Suomalaiset asiantuntijat suosivat porrastustapana oikea-vasenporrastusta, erityisesti mikäli siinä on vasemmalle kääntymiskaistat (luku 6.2). Myös suomalaisissa (Tiehallinto 2001), ruotsalaisissa (Trafikverket 2018) ja tanskalaississa (Vejregler 2017) suunnitteluoheissa suositellaan tai on ainakin maininta vasemmalle kääntymiskaistoista oikea-vasenporraustusten yhteydessä (luku 3.4, luku 5.1, luku 5.3).

Vasen-oikeaporrastattujen liittymien riski (onn./100mil.ajon.) sekä henkilövahinko-onnettomuuksien että kuolemien osalta oli selvästi pienempi kääntymiskaistattomissa vasen-oikeaporrastuksissa verrattuna vasen-oikeaporrastuksiin, joissa oikealle kääntymiskaistat ovat molemmille tai toiselle sivutielle käännyttääessä (6,8 vs. 10,9) (taulukko 16, luku 7.6). Myös kääntymiskatallisten vasen-oikeaporraustusten onnettomuusasteita tarkasteltaessa on syytä huomioida liittymien vähäinen määrä ja lähes kolminkertainen liikennemäärä verrattuna kääntymiskaistattomiin vasen-oikeaporrastuksiin. Liikennemääräero ei ole kuitenkaan niin suuri kuin vastaava ero oikea-vasenporrastuksissa. Yksin tämän perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä, ettei oikealle kääntymiskaistoille ole tarvetta vasen-oikeaporrastuksissa. Mutta lisäksi kun otetaan huomioon, että oikealle käännytämiseen liittyviä onnettomuuksia ja peräännajo-onnettomuuksia käännyttääessä oikealle tapahtui molempia vain yksi, näyttää siltä, ettei oikealle

---

kääntyminen nouse esiin vaarallisena liikennevirtana (taulukko 12, luku 7.5, Liite F).

Kyselyssä yksi suomalaisista asiantuntijoista oli sitä mieltä, että erillisen oikealle kääntymiskaistan käyttöön porrastetussa liittymässä tulisi antaa ohjeet. Tasoliittymäohjeessa ei ole erillisohjetta kääntymiskaistojen käyttöön porrastetuissa liittymissä. Aihetta on käsitelty yleisesti kaikkien tasoliittymien suunnitelussa. Aihetta sivutaan kuitenkin lyhyesti porrastusvälin pituuden yhteydessä: porrastusvälin tulee olla tarpeeksi pitkä, mikäli liittymään toteutetaan oikealle kääntymiskaista tai varaus sille (luku 3.4, Tiehallinto 2001). Todennäköisesti oikea-vasenporrastuksissa olisi turvallisuuden kannalta suotuisaa toteuttaa enemmän vasemmalle kääntymiskaistoja. Tämä saattaisi vaikuttaa oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusasteisiin, jotka ovat nyt vasen-oikeaporrastettuja liittymiä suurempia. Suurimmassa osassa porrastettuja liittymiä ei ole kääntymiskaistoja, vaikka esimerkiksi asiantuntijat olivat sitä mieltä, että oikea-vasenporrastuksissa tulisi olla vasemmalle kääntymiskaistat (luku 6.2). Suunnitteluoheissa voi porrastettujen liittymien osalta olla perusteltua tarkentaa kääntymiskaistojen käyttöä. Yleisesti ottaen kääntymiskaistojen osalta porrastetuissa liittymissä näyttää siltä, että oikea-vasenporrastetuissa liittymissä on syytä olla vasemmalle kääntymiskaistat molemmille sivuille käännystääessä, mutta oikea-vasenporrastuksissa oikealle kääntymiskaistoille ei ole niinkään tarvetta.

**Oikea-vasenporrastuksissa väistötila näyttää lisäävän turvallisuutta, mutta sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tulos on päinvastainen. Suunnitteluoheissa väistötilan käyttöä porrastetuissa liittymissä on syytä tarkentaa erityisesti vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä.**

Kolmihaaraliittymään on mahdollista tehdä väistötila, jolloin puhutaan väistötilakanavoinnista (kuva 6, luku 3.3). Väistötilan käyttämisestä ei porrastettujen liittymien suunnitteluoheissa ole erillistä ohjeistusta. Suomalaisten asiantuntijoiden kyselyvastausten perusteella väistötilan ajatellaan erityisesti oikea-vasenporrastuksessa olevan vaihtoehtoinen vähimmäisratkaisu, mikäli vasemmalle kääntymiskaistoja ei voida esimerkiksi tilan puutteen takia toteuttaa. Porrastustapojen erilaisten muotojen takia väistötilan merkitys korostuu erityisesti oikea-vasenporrastuksessa. Onnettomuusastetta (onn./100 milj.ajon.) tarkasteltaessa oikea-vasenporrastukset, joissa ainakin toisessa liittymähaarassa on väistötila, olivat turvallisempia verrattuna oikea-vasenporrastuksiin, joissa ei ollut väistötiloja (7,0 vs. 9,3) (taulukko 17, luku 7.6). Sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tilanne oli päinvastainen (8,9 vs. 8,0). Vasen-oikeaporrastetut liittymät, joissa ei ollut väistötilaa olivat, turvallisempia onnettomuusasteita tarkastellessa kuin vasen-oikeaporrastukset, joissa oli väistötila ainakin toisessa liittymähaarassa (taulukko 18, luku 7.6).

Oikea-vasenporrastuksesta saatu tulos on linjassa suomalaisten tutkimustulosten kanssa, joiden perusteella ainakin henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski näyttää olevan pienempi väistötilallisissa kuin väistötilatton missä kolmihaaraliittymissä (luku 4.4, Peltola & Mesimäki 2019, Rajamäki 2008). Vasen-oikeaporrastuksesta saatu tulos on linjassa luvussa 5.3 esiin nousseen tanskalaisen käsikirjan suosituksen kanssa, jonka mukaan vasen-oikeaporrastuksissa ei tulisi käyttää väistötilaa. Perusteluna tälle on, ettei väistötilan jälkeiseltä toiselta sivulta tuleva tienkäyttäjä välittämättä havaitse päätieltä tulevaa väistötilaa käyttävää ajoneuvoa (Vejregler 2018). Suomalaisen asiantuntijan

mukaan väistötiloista porrastetuissa liittymissä oli tullut osin negatiivista palautetta, jossa väistötilaratkaisut koettiin turvattomiksi. Väistötila ei erottu lumen alta, eivätkä pyöräilijät ja mopoilijat tiedä, mihin jäsivät turvallisesti odottamaan vasemmalle käännyessä. Tästä tutkimuksesta saatu tulos ja tanskalaisen käsikirjan suositus haastavat miettimään väistötilan merkitystä ja tarvetta etenkin vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä. Koska tällä hetkellä porrastetujen liittymien suunnitteluoohjeissa ei ole väistötilan osalta erillistä ohjeistusta, on väistötilan käyttöä porrastetuissa liittymissä syytä tarkentaa etenkin vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä.

**Puolessa porrastetuista liittymistä ei ollut sivuteillä tulppasaarekkeita. Tulppasaarekkeen vaikutuksesta turvallisuuteen ei tämän tutkimuksen perusteella voida tehdä johtopäätöksiä, sillä nämä liittymät olivat hyvin vähäliikenteisiä.**

Sivutien osalta kanavointi tarkoittaa käytännössä tulppaliittymäratkaisua, jossa sivutien suunnasta tulevassa haarassa tulppasaareke (ks. kuva 6, luku 3.3). Tuulosten perusteella onnettomuusaste on pienempi porrastetuissa liittymissä, joissa ei ole sivuteillä tulppasaarekkeita (taulukko 19, luku 7.6). Tästä ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöstä, että sivuteiden osalta tulppasaarekkeettomat porrastetut liittymät olisivat turvallisempia liittymäratkaisun vuoksi. Tulppasaarekkeettomissa liittymissä keskimääräiset liikennemäärität olivat pieniä, noin viidesosa sellaisten liittymien liikennemäristä, joissa oli tulppasaareke ainakin toisella sivutiellä. Tulppasaarekkeettomissa porrastetuissa liittymissä oli paljon vähäliikenteisiä pieniä maaseututeitä, joilla onnettomuuksille altistuminen on pienempi.

## 8.3 Suojaamattomat tienkäyttäjät porrastetuissa liittymissä

**Tyypillisessä suojaamattomalle tienkäyttäjälle tapahtuneessa onnettomuudessa autoilija ei noudattanut väistämisvelvollisuutta.**

Suurin osa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneista 30 henkilövahinko-onnettomuudesta oli mopo- ja polkupyöräonnettomuuksia. Mopo-onnettomuksia oli noin puolet ja polkupyöräonnettomuuksia 40 % kaikista suojaamattonien tienkäyttäjien onnettomuuksista. Jalankulkijaonnettomuuksia tapahtui kaksi. Jalankulkijaonnettomuuksien osuus on pienempi kuin liittymäonnettomuksissa yleensä, mihin todennäköisesti vaikuttavat liittymien sijainti taajaman ulkopuolella ja jalankulkijoiden vähäinen määrä liittymäalueella.

Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksille tyypillistä oli, että onnettomuustilanteissa autoilijat eivät noudattaneet väistämisvelvollisuutta käänymistilanteissa. Tämä viittaisi siihen, ettei autoilija havainnut suojaamatonta tienkäyttäjää. Tyypillisessä onnettomuustilanteessa polkupyöräilijä tai mopoilija oli ohittamassa päätienviitteen suuntainen sivutietä, jolloin sivutielä päätielle tai päätieltä sivutielle käännyvä ajoneuvo törmäsi suojaamattomaan tienkäyttäjään. Tällaisia onnettomuuksia tapahtui siitä huolimatta, vaikka suojaamattomille tienkäyttäjille oli ollut hyvät järjestelyt, jolloin pyöräilijä tai mopoilija ajo mopoilijoille sallitulla pyörätiellä. Muutamissa onnettomuuksissa autoilija tör-

---

mäsi suojaamattomaan tienkäyttäjään, kun suojaamatton tienkäyttäjä oli ylittämässä päätietyt sattumanvaraisesta kohdasta. Näissä tapauksissa päätietyt ylittämiseen tai alittamiseen ei ollut toteutettu järjestelyitä.

**80 prosentissa porrastettuja liittymiä ei ollut toteutettu suojaamattomille tienkäyttäjille järjestelyitää päätietyt risteämiseen. Suunnittelurohjeita voi olla syytä tarkentaa suojaamattomat tienkäyttäjät huomioivien suunnitteluratkaisujen osalta.**

Suomalaiset asiantuntijat pitävät suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimista ja näiden huomioimiseksi tehtäviä ratkaisuja tärkeinä. Kaikki asiantuntijat olivat yhtä mieltä, että suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden kannalta porrastettuun liittymään tulee tehdä alikulku (luku 6.2). Silti suurimmassa osassa (80 %) porrastettuja liittymiä ei ollut toteutettu suojaamattomille tienkäyttäjille mitään järjestelyitä päätietyt ylittämiseen tai alittamiseen. Toisaalta liittymät sijoitsevat taajaman ulkopuolella, jossa suojaamattomien tienkäyttäjien määrät ovat pieniä. Porrastetuissa liittymissä käytetty vaihtoehdot suojaamattomille tienkäyttäjille päätietyt risteämiseen olivat alikulku, keskisaareke sekä suojatie tai pyörätien jatke ilman saareketta (ks. kuva 31, kuva 32, kuva 33, luku 7.7.4) Suurimmassa osassa liittymistä, joissa oli jokin järjestely päätietyt ylittämiseen tai alittamiseen, oli suojaamattomille tienkäyttäjille toteutettu yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä, jossa pyörätiellä oli usein sallittu myös mopoilu. Vaikka päätietyt risteämiseen oli toteutettu vain vähän ratkaisuja suojaamattomille tienkäyttäjille, yleisesti ottaen suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet eivät liittyneet järjestelyiden puutteeseen, vaan enemmänkin autoilijan huolimatruuteen.

Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuuksien määrä on yhdeksän vuoden tarkastelujaksolle suhteutettuna pieni (taulukko 20, luku 7.7), joten objektiivista eli onnettomuustilastoista tarkasteltavaa turvallisuutta tarkastellen tilanne ei suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden osalta vaikuta hälyttävälle. Objektiivinen ja subjektiivinen turvallisuus eivät kuitenkaan aina kohtaa (taulukko 2, luku 4.1). Vaikka objektiivinen turvallisuus olisi hyvällä tasolla, on porrastetuissa liittymien onnettomuuksien tarkastelun jälkeen selvää, että suojaamattomat tienkäyttäjät voivat aiheellisesti kokea porrastetuissa liittymissä turvattomuutta tietyissä tilanteissa.

Onnettomuudet liittyivät suurimmaksi osaksi käänymistilanteeseen, jossa autoilija ei noudattanut väistämisvelvollisuutta. Tavallisesti autoilija ei näissä tilanteissa havainnut suojaamatonta tienkäyttäjää. Lisäksi porrastetuissa liittymissä tapahtui paljon suistumisonnettomuuksia, jotka johtuivat ajoneuvojen liian suurista tilannenopeuksista. Onkin todennäköistä, että autoilijoiden suuret nopeudet ja havainnoinnin puute aiheuttavat turvattomuutta suojaamattomille tienkäyttäjille, mikäli syntyy tällaisia vaaratilanteita tai mahdollisuksia vaaratilanteille. Kuten luvussa 4.4 todettiin, on ajoneuvojen ylinopeuksien tunnistettu aiheuttavan turvattomuutta erityisesti suojaamattomille tienkäyttäjille (Klang et al. 2015, luku 4.4). Lisäksi asiantuntijakyselyissä esille tuotujen tienkäyttäjä-palautteiden mukaan suojaamattomat tienkäyttäjät eivät aina tiedä paikkaansa liittymässä ja liittymäalue voidaan kokea hankalaksi ylittää sen laajuuden vuoksi (luku 6.2). Muutama onnettomuus liittyi tällaiseen tilanteeseen, jossa liittymä ylitettiin sattumanvaraisesta kohtaa, koska ylitykseen ei ollut toteutettu järjestelyitä eikä ylityspaikkaa ollut osoitettu (luku 7.7.1, luku 7.7.2).

Suojaamattomien tienkäyttäjien järjestelyitä porrastetuissa liittymissä ei ole erikseen käsitelty suomalaisissa suunnittelurohjeissa lukuun ottamatta mainintaa alikulusta (Liikennevirasto 2014, luku 4.4, Tiehallinto 2001). Suunnittelurohjeita voisikin olla syytä päävittää suojaamattomille tienkäyttäjille tehtävien suunnitteluratkaisujen osalta, milloin porrastetussa liittymässä tulisi olla esimerkiksi alikulku ja milloin järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille voi jättää toteuttamatta kokonaan. Tämä on perusteltua tehdä, koska suurimmassa osassa liittymiä ei ollut toteutettu mitään järjestelyitä suojaamattomille tienkäyttäjille ja tyypillisten onnettomuuksien perusteella porrastetuissa liittymissä on suojaamattomille tienkäyttäjille turvattomuutta aiheuttavia tilanteita. Mikäli porrastetussa liittymässä ei ole alikulkua tai järjestelyä ylittää päätie, voi olla tarpeellista osoittaa esimerkiksi pientareelle selkeä kohta, jossa on mahdollista saada katsekontakti autoilijan ja suojaamattoman tienkäyttäjän välille. Tällöin välttetäisiin vaaralliset päätienvyöhykkeet sattumanvaraisista kohdista. Myös asiantuntijavastauksissa toivottiin ohjeistusta suojaamattomien tienkäyttäjien huomioimiseen ja risteävien suojaamattomien tienkäyttäjien aseman korostamiseen porrastuissa liittymissä.

## 8.4 Ehdotuksia porrastettujen liittymien turvallisuuden parantamiseksi

Seuraavaan on koottu ehdotuksia porrastettujen liittymien turvallisuuden parantamiseksi. Ehdotukset ovat pääasiassa liikenneympäristöön liittyviä toimenpiteitä. Porrastettujen liittymien turvallisuutta voidaan parantaa myös monilla muilla kuin liikenneympäristöön liittyvillä toimenpiteillä. Osa onnettomuuksista saattaisi olla tehokkaammin estettävissä luvussa 4.1 esitellyn Haddonin matriisin ihmillisisiin tai teknisiin tekijöihin liittyvillä toimenpiteillä kuin esimerkiksi joillakin tietyillä porrastetun liittymän suunnitteluratkaisuilla. (Taulukko 2, Luku 4.1) Esimerkiksi ajoneuvojen liian suuret nopeudet porrastetuissa liittymissä voivat liittyä tienkäyttäjän omiin asenteisiin ja tahalliseen riskinottoon. Tällöin, vaikka liikenneympäristö olisi kuinka hyvin suunniteltu, voi onnettomuuksia silti tapahtua. Liikenneympäristön ratkaisuilla voidaan kuitenkin kannustaa ja ohjata tienkäyttäjiä vastuulliseen ja turvalliseen liikkumiseen (Heltimo & Korhonen 2016, luku 4.4).

### Tilanteeseen sopivan porrastustavan valinta

Porrastettuja liittymiä toteutettaessa on ensinnäkin otettava huomioon porrastustavan valinta: oikea-vasenporrastus vai vasen-oikeaporrastus. Tasoliittymäohjeessa suositellaan käytäväksi vasen-oikeaporrastusta maaseudulla, koska tällöin vältetään maaseutuolosuheteissa kaikkein vaarallisinta päätieltä vasemmalle kääntymistä. Taajamaolosuheteissa puolestaan oikea-vasenporrastuksen arvioidaan olevan parempi porrastustapa, koska tällöin vähennetään taajamaolosuheteissa kaikkein vaarallisinta sivutieltä vasemmalle kääntymistä. (Tiehallinto 2001, luku 3.4) Koska lähes kaikki tässä tutkimuksessa tarkastellut maanteiden keskinäiset porrastetut liittymät sijaitsivat taajaman ulkopuolella ja vasen-oikeaporrastuksissa onnettomuusaste oli oikea-vasenporrastuksia pienempi, on tasoliittymäohjeen suositus tämän tutkimuksen tulosten perusteella tarkoituksenmukainen.

Vaikka porrastustavan valinnasta on tasoliittymäohjeessa suositus, ei valinta ole aina niin yksiselitteinen. Porrastustavan lopulliseen valintaan vaikuttavat liikenneturvallisuuden lisäksi muun muassa paikalliset olosuhteet, liikennemäärit, kapasiteetti ja olemassa olevan nelihaaraliittymän olosuhteet kuten sijainti ja sivuteiden liittymiskulmat (Vejregler 2017, Vejregler 2018, Tiehallinto 2001). Oikea-vasenporrastetulla liittymällä on tunnistettu olevan suurempi kapasiteetti, mikä tukee porrastustavan sopivuutta taajamiin, joissa on suuret liikenemäärit. (Luku 3.4, Luku 4.1, Luku 5.1) Välttämättä valintaan ei voi aina tehdä halutulla tavalla, sillä esimerkiksi jokin luonnon este ja käytettäväissä oleva tila voivat määritä porrastustavan valinnan (luku 6.2).

### **Turvallisuutta edistävät suunnitteluratkaisut**

Porrastettu liittymä tulee suunnitella niin, että tienkäyttäjät tietävät, miten liittymässä tulee liikkua. Suunnitteluratkaisujen on oltava loogisia, itseohjaavia ja sääntöjen noudattamista tukevia. Hyvin toteutetut ja liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut parhaimmillaan ohjaavat tienkäyttäjää turvalliseen liikkumiseen, parantavat turvallisuutta ja pienentävät onnettomuuksien vakuutta. Turvallisuutta edistävillä suunnitteluratkaisuilla vaikutetaan myös tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen. (Luku 4.4, Heltimo & Korhonen 2016, Supreme 2007)

Porrastusvälin riittävällä pituudella estetään liittymätoimintojen, kuten käänymisten, sotkeutuminen liittymätoimintojen jakaantuessa ikään kuin kahteen kolmihaaraliittymään. Tällöin ruuhka liittymän keskialueella vähenee, ajotoiminnot selkeytyvät ja konfliktipisteet jakautuvat laajemmalle, mikä parantaa liittymän sujuvuutta ja turvallisuutta. Lisäksi estetään vaaralliset vinottaiset päätien ylijykset. Tarpeeksi pitkällä porrastusvällillä varmistetaan myös tila päätien kannoinville ja käänymiskaistolle. (luku 3.4, luku 4.2, luku 4.4, luku 5.3)

Asiantuntijoiden kyselyvastausten mukaan päätie tulee kanavoida ja tehdä vasemmalle käänymiskaistat oikea-vasenporrastetussa liittymässä (luku 6.2). Erotettaessa päätien ajosuunnat toisistaan kanavoinnilla voidaan lisätä porrastetun liittymän havaittavuutta ja selkeyttää ajolinjoja. Kääntymiskaistoilla voidaan sujuvoittaa päätien liikennettä ja pienentää perääänajoriskiä. Vaikka oikea-vasenporrastuksissa on tämän tutkimuksen perusteella suurempi henkilövähinko-onnettomuuksien riski kuin vasen-oikeaporrastuksissa, on mahdollista, että riski olisi pienempi, mikäli suuremmassa osassa liittymiä olisi ollut vasemmalle käänymiskaistat. Kääntymiskaistoin varustettu porrastettu liittymä on turvallisempi kuin edullisempi väistötilaratkaisu. Asiantuntijat pitävätkin väistötilaa vähimmäisratkaisuna, mikäli vasemmalle käänymiskaistolle ei ole tilaa (luku 6.2). Tutkimustulosten perusteella väistötila sopii nimenomaan enemmän oikea-vasenporrastuksiin, mutta sen käyttöä on syytä tarkentaa ohjeistuksissa. Sivutien tulppasaareke voi edistää tienkäyttäjän turvallisuutta liittymässä, sillä se pakottaa sivutien ajajat hidastamaan ja tätä kautta myös reagoimaan herkemmin ympäristöön. (luku 4.4, luku 6.2, luku 8.2)

Suojaamattomille tienkäyttäjille toteutetuilla ratkaisuilla edistetään jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden turvallisuutta. Vaikka eri liikennemuodot mahtuisivatkin fyysisesti samaan tilaan, saattavat tiellä liikkuvat tienkäyttäjät kokea liikkumisen turvattomaksi ja epämiellyttäväksi (Liikennevirasto 2014, luku 4.4). Tehokas keino parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta ja turvallisuuden kokemista on rakentaa liittymään alikulku. Mikäli alikulkua ei

voida kustannusten tai muiden syiden takia rakentaa, voidaan esimerkiksi alentaa ajoneuvojen nopeuksia. Lisäksi voi olla hyvä selkeyttää liittymän ylityskohtaa, jotta vältetään sattumanvaraisia ja vaarallisia tienylityksiä. Alhaisilla nopeuksilla on mahdollista toteuttaa myös korotettu suojaatiesareke, jolloin suojaamaton tienkäyttäjä voi ylittää tien kahdessa vaiheessa.

### **Yhtenäiset suunnitteluratkaisut**

Tällä hetkellä porrastetuissa liittymissä on paljon erilaisia järjestelyitä ja suunnitteluratkaisuja. Esimerkiksi puolesta porrastetuista liittymistä puuttui tulppasaarekkeet sivuteiltä ja vain pienessä osassa liittymiä oli käänymiskaistat. Pääteiden suuntien erottelu toisistaan oli toteutettu vain pienessä osassa kaikkia porrastettuja liittymiä ja osassa näistä vain toiselle sivullelle käännyttäässä. Suunnitteluoheissa on kerrottu porrastettuihin liittymiin liittyen ohjeistuksia yleisellä tasolla. On esitelty esimerkiksi porrastusvälien mitoitukset ja kerrottu, että oikea-vasenporrastuksissa vasemmalle käänymiskaistat voivat sijaita rinnakkain tai peräkkäin.

Yksi keino parantaa porrastettujen liittymien turvallisuutta ja tienkäyttäjien valmiutta toimia liittymässä oikein on käyttää porrastetuissa liittymissä yhtenäisiä suunnitteluratkaisuja. Esimerkiksi niin, että tietyissä olosuhteissa oikea-vasenporrastetuissa liittymissä olisi aina vasemmalle käänymiskaistat tai vasen-oireaporrastetuissa liittymissä alikulku. Yhtenäiset ratkaisut samantyyppisissä tie- ja lienneoloosuhteissa parantavat tienkäyttäjien edellytyksiä liikenteen ymärtämiseen ja oikeaan toimintaan. (luku 4.4) Yhtenäiset toimintaperiaatteet helpottavat myös toimenpiteiden suunnittelua ja toteuttamista (Heltimo & Korhonen 2016).

### **Selkeä väistämisvelvollisuus, nopeuden kontrollointi ja näkyvyyden parantaminen**

Tarkastelujen perusteella onnettomuudet eivät välittämättä riippuneet niinkään erilaisista suunnitteluratkaisuista tai niiden puuttumisesta, vaan enemmänkin väistämisvelvollisuuden noudattamatta jättämisestä, liian suurista tilannenoapeuksista ja siitä, ettei havainnoitu kunnolla muuta liikennettä. Väistämisvelvollisuus tulee esittää liittymässä selkeästi. Porrastetun liittymän muoto itsessään auttaa hahmottamaan päätien ja sivutiet nelihaaraliittymää paremmin, mutta väistämisvelvollisuutta tulee tukea myös muilla keinoilla kuin pelkillä väistämisvelvollisuusmerkeillä. (luku 4.1, luku 4.4). Sivuteillä voidaan käyttää myös ennakkomerkkejä. Väistämisvelvollisuuden noudattamatta jättäminen käänymistilanteissa johtui erityisesti siitä, ettei autoilija havainnut suoraan liikkuvala tienkäyttäjää tai arvioi oman tai toisen tienkäyttäjän etäisyyden väärin. Peräajo-onnettomuuksien taustalla oli liian suuri tilannenoapeus tai ei havaittu edessä olevaa tienkäyttäjää tarpeeksi ajoissa. Myös suistumisonnettomuudet liittyivät liian suuriin tilannenoapeuksiin, kun nopeutta ei ollut sopeutettu kunnolla liikenneympäristöön sopivaksi. Ajonopeus vaikuttaa kuljettajan mahdollisuksiin välittää vaaratilanteet ja selvitä niistä (Klang et al. 2015).

Edellisten perusteella porrastetuissa liittymissä on syytä kiinnittää huomiota liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeuksien kontrolloimiseen. Lisäksi, koska ainakin osa onnettomuuksista liittyi siihen, ettei autoilija havainnut toista tienkäyttäjää, tulee porrastetussa liittymässä varmistaa riittävät näkemät. Nopeusrajoitukset tulee osoittaa selkeästi ja ne tulee arvioida kuhunkin ympäristöön

sopivaksi. Liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeutta voidaan kontrolloida nopeusrajoituksilla ja hidasteilla. (luku 4.4) Osittain myös porrastetun muoto itseessään voi hidastaa ajoneuvojen nopeuksia (luku 4.2). Ajoneuvojen nopeuksia alentamalla voidaan välttää onnettomuuksia ja pienentää onnettomuuksien seurauksia. Lisäksi voidaan parantaa erityisesti suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaa turvallisuutta. Mikäli onnettomuuksista kuitenkin tapahtuu, voidaan tien reunaympäristön pehmentämisen avulla esimerkiksi puiston ja muiden tienreunaesiteiden poistamisella, vähentää tieltä suistumisten seurauksia (ELY 2011, luku 4.4, Supreme 2007).

Tievalaistuksella voidaan edistää näkyvyyttä liittymässä erityisesti pimeään aikaan ja huonolla säällä. Tievalaistuksella edistetään myös tienkäyttäjien havaittavuutta, jolloin tienkäyttäjien kyky nähdä toisensa paranee. Tämä edesauttaa tienkäyttäjiä reagoimaan nopeammin ja tarkemmin toisiinsa pimeällä ja huonolla säällä. (luku 4.4) Joissain tapauksissa kasvillisuuden oli kirjattu haitanneen näkyvyyttä. Kunnossapitotoimilla, kuten kasvillisuuden poistamisella, voidaan varmistaa riittävien näkemien toteutuminen eri vuodenaikoina (luku 4.4 Mäkinen 2013).

### **Objektiivisen ja subjektiivisen turvallisuuden seuraaminen**

Porrastetun liittymän turvallisuutta tulee tarkastella kokonaivaltaisesti. Huomioon tulee ottaa sekä objektiivinen eli todellinen turvallisuus että subjektiivinen eli koettu turvallisuus. Todellisesta turvallisuudesta saadaan tietoa onnettomuustilastoista tarkastelemalla liittymissä tapahtuvien onnettomuuksien määriä ja tyypejä. Näin voidaan seurata, edistääkö porrastettu liittymä turvallisuutta ja onko esimerkiksi suunnitteluratkaisuissa puutteita. Tarvittaessa voidaan tehdä turvallisuutta edistäviä toimenpiteitä tai miettiä liittymäratkaisun riittävyyttä. Porrastettu liittymä ei ole aina riittävä tai sopiva ratkaisu neliharaliittymän turvallisuuden parantamiseen. Mikäli sivutien liikennemäärät ovat korkeat ja päätiellä on paljon vasemmalle käännyvä liikennettä, voi liittymä olla parempi jättää neliharaliittymäksi (luku 4.1). Myös mikäli sivutiet ovat kovin vähäläikenteisiä, ei porrastus ole todennäköisesti kustannustehokasta. Toisinaan parempi vaihtoehto voi olla toteuttaa tehokkaampi ratkaisu kuten kiertoliittymä tai eritasoliittymä. Tällaiset tehokkaamat ratkaisut ovat usein kalliimpia ja hankalampia toteuttaa, minkä takia päädytään porrastettuun liittymään. Toisaalta on myös kallista toteuttaa ensin porrastettu liittymä ja huomata myöhemmin ratkaisun riittämättömyys. (luku 7.1)

Onnettomuustilastojen perusteella ei saada tietoa tienkäyttäjien subjektiivisesta turvallisuudesta. Vaikka porrastettu liittymä olisi onnettomuustilastojen perusteella turvallinen, voivat tienkäyttäjät silti kokea liittymän turvattomaksi. Subjektiivista turvallisuutta on mahdollista mitata tienkäyttäjäpalautteiden kautta. Palautteiden kautta saadaan tietoa, onko porrastettu liittymä tienkäyttäjien mielestä turvallinen vai nouseeko esiin turvallisuuden kokemista heikentäviäasioita. Kävelijät ja pyöräilijät voivat esimerkiksi kokea turvattomuutta liittymän ylitykseen tai ajoneuvojen nopeuksiin liittyen. Tällöin voidaan miettiä, tulisiko porrastettuun liittymään toteuttaa alikulku tai tulisiko ajoneuvojen nopeuksia arvioda uudelleen. Vaikka onnettomuustilastojen perusteella liittymä näyttäytyisi turvallisena, on hyvin tärkeää, että tienkäyttäjät myös kokevat liittymän turvallisena. Ei ole tarkoituksenmukaista, että esimerkiksi työ- tai koulumatka koetaan pelottavana. Vaikka subjektiivisesta turvallisuudesta saadaan parhaiten tietoa tienkäyttäjäpalautteiden kautta, on myös asiantuntijoiden kes-

---

kinäinen tiedonjako subjektiiviseen turvallisuuteen liittyen tärkeää. Asiantuntijoiden havaintojen kautta voidaan tunnistaa ongelmakohtia laajemminkin eri suunnittelualueilla.

Liikenteen turvallisuuden parantaminen on jatkuva ja pitkäjänteistä työtä (luku 4.1). On tärkeää seurata porrastettujen liittymien turvallisuutta ja turvallisuuden vaikuttavia tekijöitä, jotta voidaan jatkossa toteuttaa parhaiten kulloiseenkin tilanteeseen sopivia ratkaisuja. Tässä on mahdollista toteuttaa esimerkiksi Candappa et al. (2007) ehdottamaa porrastamisen jälkeen toteutettavaa järjestelmällistä tietyn ajanjaksoin tapahtuvaa turvallisuustason seurantaa, jotta nähdään turvallisuustoimenpiteen vaikutukset ja mahdollinen turvallisuuden heikkeneminen varhaisessa vaiheessa (luku 4.2).

## 8.5 Vertailu aiempaan suomalaisiin tutkimuksiin

Suomessa maanteiden porrastettujen liittymien turvallisuutta ovat tutkineet aiemmin Kulmala (1995) väitöskirjassaan ja myöhemmin Peltola ja Malin (2016) Maanteiden tasoliittymien turvallisuus -tutkimuksessa. Kulmala (1995) väitöskirjatutkimuksessa porrastettuja liittymiä verrattiin vastaaviin nelihaaraliittymien tarkastellen sivutien liikenteen osuuden vaikutusta porrastuksen hyödyllisyteen. Tässä tutkimuksessa tuloksia ei vertailtu porrastettuja liittymiä vastaaviin nelihaaraliittymiin, joten tutkimustuloksia ei voida verrata keskenään. Sen sijaan tässä ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa tarkasteltiin osin samojaasioita, joita voidaan vertailla keskenään. Molemmissa tutkimuksissa tarkasteltiin porrastustavan, sivuteiden liikennemääräosuuden, päätienvopeusrajoituksen ja porrastusvälin vaikutusta onnettomuuksien määrään ja onnettomusasteisiin henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemien osalta. Tämän tutkimuksen ja Peltolan ja Malinin (2016) tutkimustulosten vertailu on esitetty taulukossa 21.

Kaikkien porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomusaste oli tässä tutkimuksessa 8,4 ja kuoleman riski 0,50. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa vastaavat luvut olivat lähes samat: kaikkien henkilövahinko-onnettomuuksien osalta 8,6 ja kuolemien riskin osalta 0,55. Porraastustavan vaikutuksesta onnettomusasteisiin saatiin yhtenevät tulokset: Vasen-oikeaporrastuksissa henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli pienempi kuin oikea-vasenporrastuksissa. Kuoleman riskin osalta tilanne oli päinvastainen. Myös tarkasteltaessa sivutien liikenteen osuutta liittymään saapuvista ajoneuvoista saatiin molemmissa tutkimuksissa yhtenevä tulos: henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ovat sitä suurempia, mitä suurempi on liittymään sivuteiltä saapuvien ajoneuvojen osuus. Kuoleman riskin osalta tulos oli vastaava.

Päätienvopeusrajoituksen osalta tulokset erosivat henkilövahinko-onnettomuuksien riskien osalta hieman toisistaan. Tässä tutkimuksessa henkilövahinko-onnettomuuksien riski oli hieman korkeampi vopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h verrattuna enintään 60 km/h vopeaksiin. Peltolan ja Malinin (2016) tilanne on päinvastainen. Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomusasteet olivat molemmissa tutkimuksissa kuitenkin samat 8,5 vopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h, joten tulokset ovat hyvin yhtenevä. Lisäksi kuoleman riskit olivat molemmissa tutkimuksissa koholla vopeusrajoituksen ollessa vähintään 70 km/h verrattuna enintään 60 km/h vopeksiin. Myös porrastusväliä tarkasteltaessa tutkimusten tulokset olivat hyvin linjassa toistensa

kanssa. Henkilövahinko-onnettamuksien riskit olivat suurimpia pisimmissä porrastuksissa muihin porrastusväleihin verrattuna. Myös kaikista pienimpien porrastusvälien (< 50 m) riskit olivat koholla.

*Taulukko 21. Tämän tutkimuksen porrastettujen liittymien onnettamuusasteiden vertailu Peltolan & Malinin (2016) tutkimustuloksiin.*

| <b>Tarkastelutaso</b>                         | <b>Peltolan ja Malinin tutkimus (vuodet 2011-2015)</b> |                            | <b>Tämä tutkimus (vuodet 2009-2017)</b> |                            |                              |
|---|--|----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
|   | <b>Hvjo<sup>3</sup></b>                                | <b>Kuolema<sup>4</sup></b> | <b>Hvjo<sup>3</sup></b>                 | <b>Kuolema<sup>4</sup></b> |                              |
| <b>Porrastus-tapa</b>                         | Oikea-vasen<br>Vasen-oikea                             | 10,3<br>7,3                | 0,35<br>0,73                            | 8,6<br>8,2                 | 0,12<br>0,91                 |
| <b>Sivutien liikenteen osuuus<sup>1</sup></b> | < 5 %<br>5–15 %<br>> 15 %                              | 5,3<br>8,4<br>10           | 0,00<br>0,61<br>0,69                    | 4,8<br>8,4<br>9,8          | 0,37<br>0,47<br>0,59         |
| <b>Päätienvoimalointi</b>                     | ≤ 60 km/h<br>≥ 70 km/h                                 | 8,8<br>8,5                 | 0,61<br>0,52                            | 8,1<br>8,5                 | 0,54<br>0,49                 |
| <b>Porrastusväli</b>                          | < 50 m<br>50–150 m<br>151–350 m<br>> 350 m             | 9,1<br>6,9<br>9,0<br>10,7  | 0,00<br>1,33<br>0,16<br>0,56            | 12,1<br>7,0<br>8,1<br>9,8  | 0,00<br>1,30<br>0,12<br>0,70 |
| <b>Yhteensä<sup>2</sup></b>                   |  | <b>8,6</b>                 | <b>0,55</b>                             | <b>8,4</b>                 | <b>0,50</b>                  |

<sup>1</sup>Sivutien osuuus liittymään keskimäärin vuorokaudessa saapuvista ajoneuvoista

<sup>2</sup>Tutkimuksissa tarkasteltujen kaikkien porrastettujen liittymien onnettamuusasteet

<sup>3</sup>Henkilövahinko-onnettamuksien onnettamuusasteet, yksikkö onn./100 milj.ajon.

<sup>4</sup>Kuolemien riskit, yksikkö onn./100 milj.ajon.

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta saatuiin tämän tutkimuksen lähtöaineistoksi 95 oikea-vasenporrastettua ja 117 vasen-oikeaporrastettua maanteiden liittymää, joista tähän tutkimukseen otettiin 85 oikea-vasenporrastettua ja 101 vasen-oikeaporrastettua liittymää. Lisäksi henkilövahinko-onnettamuksien onnettamuustiedot oli kerätty osin samoilta vuosilta: Peltola ja Malin (2016) vuosilta 2011–2015 ja tässä tutkimuksessa vuosilta 2009–2017. Tämän vuoksi olikin ilmeistä, että saatut onnettamuusasteet olivat yhteneviä. Ero erityisesti tarkemilla tarkastelutasoilla esimerkiksi porrastusväliä tarkasteltaessa johdutuvat onnettamuksien pienistä määristä, jolloin myös satunnaisuuden vaikutus korostuu. Kuolemien määrität molemmissa tutkimuksissa olivat niin pienet, ettei niiden määristä ja vertailusta voida tehdä juurikaan johtopäätöksiä. Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa kuolemantapauksia oli 7 ja tässä tutkimuksessa 8. Lisäksi eroa tuloksiin aiheuttivat osin eri tarkasteluvuodet ja ero tarkasteltavien liittymien määrisässä.

Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa maanteiden nelihaaraliittymien onnettamuusasteiksi tarkastelujaksolla 2011–2015 saatuiin henkilövahinko-onnettamuksien osalta 8,6 ja kuolemien osalta 0,67. Tässä tutkimuksessa saatujen kaikkien porrastettujen liittymien onnettamuusasteet olivat hieman pienemmät vastaavien lukujen ollessa henkilövahinko-onnettamuksien osalta 8,4 ja kuolemien osalta 0,50. Vaikka luvussa 4.2 esitettyjen tutkimustulosten mukaan porrastettujen liittymien onnettamuusasteiden on tunnistettu yleisesti olevan nelihaaraliittymien onnettamuusasteita pienemmät, ei tässä tutkimuksessa eikä Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa saatut onnettamuusasteet ole juuri kaan nelihaaraliittymien onnettamuusasteita pienemmät. Ensinnäkin tämä seikka paljolti sillä, että porrastukset tehdään tavallisesti jo valmiiksi vaarallisiin

kohtiin, ei niinkään sujuvoittamaan päätien liikennettä (luku 7.1). Toisekseen kahdesta kolmihaaraliittymästä muodostetussa porrastetussa liittymässä onnettomuuksia kertyy pidemmältä matkalta kuin nelihaaraliittymässä. Mikäli porrastettujen liittymien ja nelihaaraliittymien onnettomuuusasteita haluaisi vertailla luotettavasti, tulisi tehdä ennen-jälkeen-tutkimus, jossa tutkittaisiin tietyltä ajanjaksoista liittymän onnettomuuusasteita ennen ja jälkeen liittymän porrastamisen.

## 9 Päätelmät

### 9.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Seuraavassa on vastattu työn alussa luvussa 1.2 esitettyihin alatutkimuskysymyksiin, joiden pohjalta on lopuksi kiteytetty vastaus tutkimuksen pää tutkimuskysymykseen: millainen on turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä.

1.1. *Kuinka paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu?*

Tutkimusaineiston 185 maanteiden porrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 133 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta, joista kahdeksan johti kuolemaan. 84 oikea-vasenporrastetussa liittymässä tapahtui yhteensä 70 henkilövahinko-onnettomuutta ja 101 vasen-oikeaporrastetussa liittymässä 63 henkilövahinko-onnettomuutta. Oikea-vasenporrastetuissa liittymissä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien riski oli suurempi kuin vasen-oikeaporastetuissa liittymissä. Riskit olivat sitä suurempia mitä suurempi oli liittymään sivutietä saapuvien ajoneuvojen osuus. Henkilövahinko-onnettomuuksista 23 % tapahtui suojaamattomille tienkäyttäjille eli jalankulkijoille, pyöräilijöille ja mopoilijoille.

Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuudet liittyivät pääasiassa käännymiseen (36 %) tieltä suistumiseen (29 %) ja peräänajoon (20 %). Suurin osa porrastettujen liittymien käännymisonnettomuuksista liittyi vasemmalle käännymiseen erityisesti oikea-vasenporrastetuissa liittymissä. Tyypillisessä käännymisonnettomuudessa autoilija ei huomannut suoraan liikkuvaa tienkäyttäjää ajoissa. Peräänajo-onnettomuudet olivat tyypillisesti tilanteita, joissa taka tuleva ajoneuvo törmäsi edellä olevaan ajoneuvoon, joka oli joko jarruttamassa, pysähtynyt tai käännyssä vasemmalle. Peräänajojen taustalla oli tavallisesti liian suuri tilannenopeus tai ei reagoitu ajoissa edellä ajavan ajoneuvon liikkeisiin. Tavallisimpien suistumisonnettomuuksien tapahtui ajoneuvon suistuessa tieltä liittymässä, kun nopeutta ei ollut sopeutettu kunnolla liikenneympäristöön sopivaksi.

1.2. *Miten suunnitteluratkaisut vaikuttavat porrastuksen turvallisuuteen?*

Tässä tutkimuksessa tarkastellut suunnitteluratkaisut olivat porrastusvälin pituus, kanavointi, käännymiskaistat, väistötila ja sivutien tulppasaareke. Tulosten perusteella porrastusväli 50–350 m oli porrastusväleistä turvallisimpien. Tätä suuremmilla väleillä onnettomuudet kertyvät pidemmältä tiejaksoelta ja lyhemmillä väleillä liittymätoiminnot voivat sotkeutua aiheuttaen epäselvyyttä ajokäyttäytymisessä. Porrastettu liittymä voidaan kanavoida erottamalla päätienvälin ajosuunnat toisistaan tiemerkinnoilla tai korotetulla liikennesaarekkeella. Lisäksi voidaan tehdä käännymiskaistat päätieltä sivutielle käännyville. Kanavoiduissa porrastetuissa liittymissä oli suurempi henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemien riski kuin kanavoinattomissa. Mutta koska kanavointi oli toteutettu vain pienessä määrässä porrastetuissa liittymissä voidaan tehdä johtopäätöstä. Tulosta se läittävät kanavoitujen porrastetuissa liittymien vähäinen määrä ja suuret liikenemääärät.

Tulosten perusteella oikea-vasenporrastetuissa liittymissä tulisi olla vasemalle käänymiskaistat molemmille sivuteille käännyttääessa, mutta vasen-oikeaporrastuksissa oikealle käänymiskaistoille ei näyttäisi niinkään olevan tarvettava. Oikea-vasenporrastuksien käänymisonnettamuksista suurin osa liittyi vasemmalle käänymiseen. Vasen-oikeaporrastuksissa oikealle kääntyminen ei noussut esiin vaarallisena liikennevirtana. Käänymiskaistojen käyttöä porrastetuissa liittymissä voi olla perusteltua tarkentaa suunnitteluohejensiin. Asian-tuntijoiden mukaan väistötilaa voidaan käyttää vähimmäisratkaisuna, mikäli vasemmalle käänymiskaistoja ei voida toteuttaa esimerkiksi tilan puutteen vuoksi. Oikea-vasenporrastuksissa väistötila näytti lisäävän turvallisuutta, mutta sen sijaan vasen-oikeaporrastuksissa tulos oli päinvastainen. Tanskalaisen suosituksen mukaan vasen-oikeaporrastuksissa ei tulisi käyttää väistötilaa. Suunnitteluoheissa väistötilan käyttöä porrastetuissa liittymissä on syytä tarkentaa erityisesti vasen-oikeaporrastetuissa liittymissä.

Sivuteiden osalta kanavointi tarkoittaa käytännössä tulppasaarekkeita. Puolella porrastetuista liittymistä ei ollut sivuteillä tulppasaarekkeita. Tulppasaarekkeen vaikutuksesta turvallisuuteen ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä, sillä nämä liittymät olivat hyvin vähäliikenteisiä. Tulppasaarekkeettomissa porrastetuissa liittymissä oli paljon vähäliikenteisiä pieniä maaseututeitä, joilla on nettamuksille altistuminen on pienempi verrattuna liittymiin, joissa oli tulppasaarekkeet sivuteillä.

### 1.3. *Millaisia onnettamuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu suojaamattomille tienkäyttäjille ja miten nämä tienkäyttäjät huomioidaan suunniteturatkaisuissa?*

Suurin osa suojaamattomien tienkäyttäjien onnettamuksista oli mopo- ja polkupyöräonnettamuksia. Mopo-onnettamuksia oli noin puolet ja polkupyöräonnettamuksia 40 % kaikista 30 suojaamattomien tienkäyttäjien onnettamuksista. Jalankulkijaonnettamuksia tapahtui kaksi. Suurimmassa osassa (80 %) porrastettuja liittymiä ei ollut toteutettu suojaamattomille tienkäyttäjille mitään järjestelyitä päätienvaihtamiseen tai alittamiseen. Porrastetuissa liittymissä käytetyt vaihtoehdot suojaamattomille tienkäyttäjille päätienvaihtamiseen olivat alikulku, keskisaareke ja suojatie tai pyörätien jatke ilman saareketta. Mikäli liittymässä oli jokin edellisistä ratkaisuista, oli tavallisesti myös eroteltu autoliikenne ja suojaamattomat tienkäyttäjät toisistaan. Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettamuudet kuitenkaan eivät liittyneet niinkään suunnitteluratkaisujen puutteeseen, vaan käänymistilanteeseen, jossa autoilija ei havainnut suojaamatonta tienkäyttäjää. Tyypillisessä onnettamuustilanteessa polkupyöräilijä tai mopoilija oli ohittamassa päätienvaihtamisen sivutietä, jolloin sivutie päätielle tai päätieltä sivutielle käännyvä ajoneuvo törmäsi suojaamattomaan tienkäyttäjään.

Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettamuksien määrä on yhdeksän vuoden tarkastelujaksolle suhteutettuna pieni. Suojaamattomat tienkäyttäjät voivat kuitenkin kokea porrastetuissa liittymissä turvattomuutta. Onnettamuustarkastelujen perusteella autoilijoiden suuret nopeudet ja havainnoinnin puute voivat aiheuttaa turvattomuutta suojaamattomille tienkäyttäjille. Lisäksi asiantuntijakyselyissä esille tuotujen tienkäyttäjäpalautteiden mukaan suojaamattomat tienkäyttäjät eivät aina tiedä paikkaansa liittymässä ja liittymäalue voidaan kokea hankalaksi ylittää sen laajuuden vuoksi. Muutama onnettamuus liittyi tällaiseen tilanteeseen, jossa liittymä ylittiin sattumanvaraisesta kohtaa, koska yliykseen ei ollut toteutettu järjestelyitä eikä ylityspaikkaa ollut osoitettu.

#### 1.4. *Miten porrastettujen liittymien turvallisuutta voidaan edistää?*

Nelihaaraliittymän porrastamista harkitessa tulee ensinnäkin arvioida kriitti-sesti, onko porrastettu liittymä kohteesseen riittävä ratkaisu, vai tulisiko toteuttaa jokin muu ratkaisu esimerkiksi kiertoliittymä tai eritasoliittymä. Porrastetun liittymän turvallisuutta edistetään valitsemalla tilanteeseen sopiva porrastustapa ja toteuttamalla liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut. Suositus on, että taajamissa käytetään oikea-vasenporrastusta ja maaseudulla vasen-oikeaporrastusta. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset tukevat tästä suositusta. Valintaan täytyy silti harkita tapauskohtaisesti, koska valintaan vaikuttavat myös muun muassa liikennemääärä, paikalliset olosuhteet ja luonnon esteet. Liittymän on oltava selkeä ja johdonmukainen, jotta tienkäyttäjä tietää, miten hänen tulee liittymässä liikkua. Väistämisvelvollisuus tulee esittää selkeästi. Hyvin toteutetut ja liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut parhaimillaan ohjaavat tienkäyttäjää turvalliseen liikkumiseen, parantavat turvallisuutta ja pienentävät onnettomuuksien vakavuutta. Päätien kanavoinnilla voidaan osaltaan selkeyttää liittymää. Oikea-vasenporrastuksessa on syytä olla vasemmalle kääntymiskaistat päätienvälistä sujuvoittamiseksi. Porrastusvälin tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta liittymätoiminnot eivät sotkeudu ja kääntymiskaistoille on tilaa.

Turvallisuuden ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi on varmistettava, että liittymässä on hyvät näkemät, jotta tienkäyttäjä havaitsevat toisensa ja saavat jo ennen liittymään saapumista kuvan siitä, miten liittymässä tulee ajaa. Nopeuksia alentamalla voidaan vähentää tehokkaasti onnettomuuksia, pienentää onnettomuuksien vakavuutta ja lisätä suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuuden tunnetta. Liittymään saapuvien ajoneuvojen nopeutta voidaan kontrolloida hidasteilla. Sivuteiden tulppasaarekkeilla voidaan alentaa sivuteiltä tulevan liikenteen nopeutta. Tehokas keino parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta ja turvallisuuden kokemista on rakentaa liittymään alikulku. Mikäli alikulkua ei voida kustannusten tai muiden syiden takia rakentaa, voidaan esimerkiksi alentaa ajoneuvojen nopeuksia. Lisäksi voi olla hyvä selkeyttää liittymän ylityskohtaa, jotta vältetään sattumanvaraisia ja vaarallisia tienlyötyksiä. Alhaisilla nopeuksilla on mahdollista toteuttaa myös korotettu suojaatiesaareke, jolloin suojaamaton tienkäyttäjä voi ylittää tien kahdessa vaiheessa.

Porrastetun liittymän turvallisuutta tulee tarkastella kokonaivaltaisesti. Huomioon tulee ottaa sekä objektiivinen turvallisuus, jota voidaan tarkastella onnettomuustilastoista ja subjektiivinen turvallisuus, josta saadaan tietoa tienkäyttäjä-palautteiden kautta. Näin voidaan seurata, edistääkö porrastettu liittymä turvallisuutta ja onko esimerkiksi suunnitteluratkaisuissa puutteita. Vaikka onnettomuustilastojen perusteella liittymä näyttäytyisi turvallisena, on tärkeää, että tienkäyttäjät myös kokevat liittymän turvallisena. On tärkeää seurata porrastettujen liittymien turvallisuutta ja turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotta voidaan tehdä korjaavia toimenpiteitä ja jatkossa toteuttaa parhaiten kulloiseenkin tilanteeseen sopivia ratkaisuja.

### **Vastaus tutkimuksen päätutkimuskysymykseen: Millainen on turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä?**

Turvallinen porrastettu liittymä kaikille tienkäyttäjille maanteillä on porrastustavaltaan liikenneolosuhteisiin sopiva, siinä on tienkäyttäjien toimintaa tukevat ja turvallisuutta edistävät, suunnitteluratkaisut ja sen turvallisuutta tarkastel-laan kokonaисvaltaisesti ottaen huomioon sekä objektiivinen että subjektiivinen turvallisuus.

Turvallinen porrastettu liittymä on selkeä ja ennakoitava, jolloin tienkäyttäjä tie-täällä miten liittymässä tulee liikkua. Turvallisessa porrastetussa liittymässä por-rastustapa on valittu olosuhteisiin sopivaksi ja liittymässä on tienkäyttäjien toi-mintaa tukevat ja liikenneolosuhteisiin sopivat suunnitteluratkaisut, joissa huo-mioitaan myös suojaamattomat tienkäyttäjät. Turvallisessa porrastetussa liit-tymässä on selkeät väistämisvelvollisuudet, liittymäympäristöön hyvin soveltu-vat nopeudet ja hyvä liittymäjärjestelyjen havaittavuus ja riittävät näkemät. Näin edistetään liikenteen sujuvuutta ja tienkäyttäjät havaitsevat paitsi liitty-män myös toisensa ajoissa. Liittymäjärjestelyt ovat selkeitä ja itseohjaavia, mikä edistää tienkäyttäjää liikkumaan liittymässä oikein ja välttämään virheet. Tur-vallisuutta seurataan, jotta havaitaan mahdolliset turvallisuusongelmat ajoissa ja voidaan tehdä korjaavat toimenpiteet. Turvallisuuden seurantaan kuuluu sekä objektiivisen eli todellisen ja subjektiivisen eli koetun turvallisuuden seuranta. Pelkkä tilastollinen turvallisuus ei riitä, vaan jokaisen tienkäyttäjän on myös ko-ettava porrastetussa liittymässä liikkuminen turvalliseksi.

## **9.2 Tutkimuksen arviointi**

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida tutkimuksen reliabiliteetin ja vali-diteetin kautta. Tutkimuksen reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. (Hirsjärvi et al. 2009, Saunders et al. 2009, Tuomi 2007, Vilkka 2007). Toisin sanoen reliabiliteetti arvioi tutkimustulosten pys-vyyttä ja toistettavuutta mittauksesta toiseen (Tuomi 2007, Vilkka 2007). Relia-biliteetissä tarkastellaan etenkin mittaukseen liittyviä asioita ja tutkimuksen to-teutuksen tarkkuutta (Vilkka 2007). Tutkimuksen validiteetti puolestaan tarkoit-taa tutkimuksen kykyä mitata juuri sitä, mitä oli tarkoituskin tutkia tai mitata. Validiuden tarkastelussa tutkitaan, miten hyvin onnistuttiin saavuttamaan alussa asetetut tavoitteet. (Hirsjärvi et al. 2009 Saunders et al. 2009, Tuomi 2007, Vilkka 2007). Yhdessä reliabiliteetti ja validiteetti muodostavat tutkimuk-ken kokonaisluottavuuden (Vilkka 2007).

### **Tutkimuksen reliabiliteetti**

Hirsjärven et al. (2009) mukaan tutkimuksen luotettavuutta kasvattaa tutkijan tarkka selostus tutkimuksen toteuttamisesta. Tutkimuksen tekeminen tulee ku-vata selvästi ja totuudenmukaisesti (Hirsjärvi et al. 2009). Tutkimuksen luotet-tavuuden varmistamiseksi käytetyt tutkimusmenetelmät ja niiden toteutus on tässä tutkimuksessa esitetty mahdollisimman tarkasti. Tutkimuksessa käytetyt painetut ja sähköiset aineistot on lueteltu lähdetuotellossa ja lainattuihin teksteihin ja ajatuksiin on tarkasti viitattu tekstissä. Asiantuntijakyselyissä kukin vastaus esitettiin viittaamalla vastaajaan, jotta on mahdollista tarkistaa myö-hemmin, ketkä asiantuntijoista olivat mitäkin mieltä ja missä määrin. Porrastet-tujen liittymien lähtöaineiston jalostaminen ja onnettomuusdatan kerääminen

---

kuvattiin niin ikään hyvin tarkasti, jotta kuvausten perusteella tutkimus on mahdollista toistaa myöhemmin esimerkiksi uudemman liittymä- ja onnettomuusaineiston avulla.

Tutkimuksen teoriaosuudella eli kirjallisuustutkimuksella pohjustettiin tutkimuksin varsinaista empiriaa eli kyselyitä ja onnettomuustietojen tarkastelua. Koska aiheesta oli saatavissa melko suppeasti tietoa, kirjallisuustutkimuksessa hyödynnettiin kattavasti eri tietokantoja. Aineistonä käytettiin pääosin tieteellisiä julkaisuja, artikkeleita, aikaisempia tutkimuksia, suunnitteluoheja ja kirjoja. Työssä käytetyt painetut ja sähköiset lähteet valittiin huolella ja niiden sopivuutta tutkimukseen arvioitiin kartoittamalla ensin aineiston keskeisiä näkökulmia ja tekemällä muistiinpanoja. Lähteitä saatiinkin kerättyä monipuolisesti ja lähteiden välille saatiin muodostettua hyvin vuoropuhelua, millä voidaan lisätä tutkimuksen luotettavuutta. Relialiteetin osata tutkimuksen epävarmuustekijät liittyvät enemmän tutkimuksen empiriaosuuteen.

Suurta vastajamäärää ja korkeaa vastausprosenttia tärkeämpää asiantuntijakyselyissä oli saada laadukkaita vastauksia ja tässä onnistuttiin hyvin. Erityisesti suomalaisista asiantuntijavastauksista saatiin kattavasti näkökulmia, joita voitiin hyödyntää onnettomuusanalyysissa ja pohdinnoissa. Ulkomaalaisien vastausten kautta tiedusteltiin kunkin maan osalta vain yhden asiantuntijan näkemyksiä, joten vastausten anti jää suppeammaksi. Tulos olisi voinut olla ulkomailaisille toteutettujen kyselyjen osalta kattavampi, mikäli ulkomailta olisi kerätty vastauksia useammalta asiantuntijalta. Ulkomailta ei kuitenkaan ollut kuitenkaan tavoitteena saada vastaavaa kattavuutta kuin suomalaisilta asiantuntijoilta, koska tutkimuksen painopiste oli Suomen tilanteessa.

Asiantuntijavastaukset täydensivät hyvin teoriaosuudessa tehtyjä havaintoja aiemmista tutkimuksista. Suomalaisten asiantuntijavastausten perusteella saatiin osin tietoa myös porrastettujen liittymien subjektivisesta turvallisuudesta asiantuntijoille tulleiden tienkäyttäjäpalautteiden osalta. Negatiiviset palautteet porrastettujen liittymien turvallisuuden kokemisesta oli kuitenkin saatu suhteellisen pieneltä joukolta. Tämän vuoksi turvattomuuden kokemusta ei tässä onnettomuusdataan ja asiantuntijakyselyihin perustuvassa tutkimuksessa pystynyt tarkastelemaan syvällisemmin. Asiantuntijoille tulleiden tienkäyttäjäpalautteiden perusteella ja käymällä läpi suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet poliisin onnettomuusselostuksista pystytiin kuitenkin löytämään mahdollisia ongelmakohtia, jotka todennäköisesti vaikuttavat suojaamattomien tienkäyttäjien kokemaan turvallisuuteen.

Onnettomuustiedoista saatuihin tuloksiin voi osaltaan vaikuttaa porrastettuihin liittymiin liittyyvä epätarkkuus. Kuten Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksessa ei tämänkään tutkimuksen tarkasteluissa voitu erotella esimerkiksi tarkoitukSELLA toteutettuja porrastettuja liittymiä muutoin lähekkäin sijaitsevista kolmihaaraliittymistä, joiden järjestelyt voivat poiketa porrastettujen liittymien järjestylistä. Toisaalta tässä tutkimuksessa ei tavoiteltukaan suoraa vertailua neliharaliittymään tai porrastustoimenpiteen arvointia neliharaliittymän turvallisuuden parantamisessa. Henkilövahinko-onnettomuuksien tarkastelussa tuloksiin on voinut aiheuttaa epätarkkuutta henkilövahinko-onnettomuuksien osin huono kattavuus tilastoissa. Porrastettujen liittymien onnettomuusaineiston käsittelyyn ja tietojen hakemiseen liittyy ihmillisen virheen mahdollisuus. Porrastettuja liittymiä ja niissä tapahtuneita henkilövahinko-onnettomuuksia varten kerätty tieosoite-, liikennemäärä-, nopeus- ja onnettomuustiedot olivat Väy-

läviraston eri järjestelmissä. Tutkimusta varten tietoja joutui kirjaamaan ja yhdistelemaan eri järjestelmistä tässä tutkimuksessa hyvin paljon käsin, mikä voi osaltaan aiheuttaa epätarkkuuksia. Kokonaisuuden kannalta mahdolliset yksittäiset kirjausvirheet eivät kuitenkaan ole kovin merkittäviä. Liittymien suunnitteluratkaisuista ei ollut valmistaa dataa, joten suunnitteluratkaisut katsottiin yksittäin liittymä kerrallaan Google Mapsin karttapalvelusta. Tähän voi liittyä osaltaan epätarkkuuksia, jos jokin järjestely on jäänyt huomaamatta. Tutkimuksessa pyrittiin suureen huolellisuuteen kaikissa sen vaiheissa.

Henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusasteiden tarkastelussa epävarmuutta aiheutti osaltaan onnettomuuksien pieni määrä tarkemmillä tarkastelutasoilla. Esimerkiksi jaettaessa suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet jalankulkija-, polkupyörä-, ja mopo-onnettomuuksiin korostuu satunnaisuuden vaikutus onnettomuusmääriissä. Satunnaisuuden vaikutus korostuu myös koulemaan johtaneita onnettomuuksia tarkasteltaessa. Kuitenkin vertailtaessa tämän tutkimuksen tuloksia Peltolan ja Malinin (2016) tutkimustuloksiin porras-tettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien ja onnettomuusasteiden osalta saadaan yhteneviä tuloksia, mikä lisää tulosten luotettavuutta. Hirsjärven et al. (2009) mukaan kahden arvioijan päättyessä yhtenevään tulokseen tai tutkittaessa samaa tilannetta eri tutkimuskerroilla ja saadaan yhtenevä tulos, voidaan tuloksia pitää luotettavana. Yhteneviin tuloksiin vaikuttaa, että porras-tettujen liittymien lähtöaineisto on osin sama Peltolan ja Malinin (2016) tutki-muksen kanssa. Tässä tutkimuksessa lähtöaineistonä oli Peltolan ja Malinin (2016) tutkimuksesta saatuja pääteiden tieosoitetietoja porrastetuissa liittymissä. Muut tiedot tästä tutkimusta varten kuitenkin haettiin ja laskettiin uudelleen.

### **Tutkimuksen validiteetti ja uutuusarvo**

Hirsjärven et al. (2009) ja Tuomen (2007) mukaan määrällisessä ja laadullisessa tutkimuksessa tutkimuksen validiteettia voidaan tarkentaa käyttämällä useita tutkimusmenetelmiä. Tutkimusstrategiana tässä tutkimuksessa hyödynnettäin-kin useita tutkimusmenetelmiä hyödyntävää triangulaatiotutkimusta. Useiden tutkimusmenetelmien hyödyntäminen on rikastuttanut johtopäätösten tekoa tuloksista. Kirjallisuustutkimuksesta saatavat tiedot ja kyselyvastaukset ovat syventäneet onnettomuustietojen analysoinnissa saatujen tulosten pohdintaa ja analysointia. Tuloksia on voitu verrata keskenään.

Tutkimuksen tavoitteena oli saada edellisiin tutkimuksiin nähdien tarkempaa tie-toa porrastettujen liittymien turvallisuudesta ottaen huomioon myös jalankulki-jat, pyöräilijät ja mopoilijat ja näiden tienkäyttäjäryhmien osuus porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksissa. Tutkimuksen tavoitteena oli, että etenkin liikennesuunnittelijat saisivat tietoa siitä, kuinka paljon ja millaisia onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu ja mitkä tekijät niihin vaikut-tavat. Tarkoituksesta oli saada tietoa myös porrastetuissa liittymissä käytetyistä suunnitteluratkaisuista ja niiden vaikutuksesta turvallisuuteen. Lisäksi haluttiin tietää, miten paljon henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtuu suojaamatto-mille tienkäyttäjille ja miten suojaamattomat tienkäyttäjät huomioidaan porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisuissa. Näiden perustella oli tarkoitus määritellä, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä kaikille tienkäyt-täjille.

Tutkimuksessa saavutettiin tavoitteet kattavasti ja saatuiin vastaukset kaikkiin tutkimuskysymyksiin. Kirjallisuustutkimus, kyselyt ja onnettomuustietojen analysointi toimivat tavoitteiden saavuttamisessa hyvin ja tutkimuskysymyksiin vastattiin yhdistäen koko työstä saatuja tietoa. Tutkimuksen myötä löydettiin myös mahdollisia tarkennuksia suunnitteluoheeseen porrastettujen liittymien suunnitteluratkaisujen osalta mikä on merkittävää porrastettujen liittymien turvallisuuden edistämisen kannalta.

Kirjallisuustutkimuksen ja asiantuntijakyselyjen perusteella porrastetut liittymät ja niiden turvallisuus on vähän tutkittu aihe Suomessa ja ulkomailla. Porrastettujen liittymien turvallisuudesta ei yleisesti ottaen ole tehty paljoa tutkimusta 2000-luvulla. Suomessa ei ollut aiemmin tutkittu, millaisia henkilövahinko-onnettomuuksia porrastetuissa liittymissä tapahtuu. Myöskään suunnitteluratkaisujen vaikutusta turvallisuuteen ei ollut aiemmin tutkittu. Aiempat tarkastelut olivat käsitelleet kaikille tienkäyttäjille tapahtuneita onnettomuuksia, joten suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määristä ja tyypillisistä onnettomuuksista porrastetuissa liittymissä ei ollut aiempaa käsitystä. Tutkimuksessa läpi käydyn kirjallisuuden perusteella vastaavia tarkasteluja ei ollut tehty myöskään ulkomailla. Näin ollen tässä tutkimuksessa saadut tulokset ovat myös ainutlaatuisia ja niillä on uutuusarvoa.

Tutkimuksen teoriaosuudessa ja empiriassa porrastettujen liittymien turvallisuutta lähestytiin uusilla lähestymistavoilla aiempiin tutkimuksiin verrattuna. Porrastettujen liittymien turvallisuuteen liittyviä tuloksia ei ollut tässä laajuudessa aiemmin esitellyt. Empiriassa kyselyjen ja onnettomuustietojen tutkimisen yhdistäminen tutkimusmenetelminä olivat uusi lähestymistapa aiheeseen aiempiin toteutettuihin tutkimuksiin nähden. Asiantuntijoilta oli mahdollista saada aiheesta sellaista käytännön näkemystä, jota ei pelkästään onnettomuustietoja tutkimalla olisi pystynyt saamaan.

## 9.3 Aiheita jatkotutkimuksiin

Kirjallisuustutkimus, onnettomuustietojen ja suunnitteluratkaisujen tutkiminen ja työn rajaukset toivat esiin mahdollisia jatkotutkimusaiheita. Seuraavassa esitellään kolme jatkotutkimusaihetta.

### **Jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja mopoilijoiden subjektiivinen turvallisuus porrastetuissa liittymissä**

Tässä työssä pystyttiin käsittelemään tienkäyttäjien kokemaa eli subjektiivista turvallisuutta vain pintapuolisesti. Negatiiviset palautteet porrastettujen liittymien turvallisuuden kokemisesta on saatu pieneltä joukolta. Mikäli haluttaisiin selvittää suojaamattomilta tienkäyttäjiltä, missä määrin nämä kokevat turvallisuutta porrastetuissa liittymissä, tulisi tienkäyttäjäpalautetta kerätä erikseen laajemmalla otannalla. Tällöin voitaisiin luotettavammin selvittää, missä määrin, mistä syistä ja millaisissa porrastetuissa liittymissä suojaamattomat tienkäyttäjät kokevat turvallisuutta. Näitä tienkäyttäjäpalautteita voisi tämän jälkeen sitten verrata esimerkiksi tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin ja tarkastella, kohtaavatko koettu ja todellinen turvallisuus. Tällöin tutkimuskysymys voisi olla esimerkiksi, koetaanko porrastetut liittymät turvalliseksi tai onko turvallisuuden kokeminen ristiriidassa todellisen turvallisuuden kanssa. Lisäksi voitaisiin selvittää, mitkä ovat toimivia, alikulkua kevyempiä ratkaisuja, parantaa suojaamattomien tienkäyttäjien turvallisuutta porrastetuissa liittymissä.

### **Nelihaaraliittymän porrastamisen vaikutus turvallisuuteen**

Toinen jatkotutkimusaihe liittyy porrastettujen liittymien ja nelihaaraliittymien ennen-jälkeen-tutkimukseen. Ennen-jälkeen-tutkimuksessa voisi verrata liittymän porrastamisen vaikutusta onnettomuusmääriin ja -asteisiin ennen nelihaaraliittymän porrastamista ja sen jälkeen. Tähän voisi liittymä myös ennen-jälkeen-nopeusmittaukset, jossa mitattaisiin ajoneuvojen nopeuksia ennen porrastustoimenpidettä ja sen jälkeen. Sørensenin & Mosslemin (2009) tutkimuksen perusteella porrastettujen liittymät voivat parantaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kokemaa turvallisuutta, koska porrastettu liittymä voi muotonsa ansiosta osaltaan alentaa ajoneuvojen nopeuksia.

### **Parhaan liittymätypin määrittely nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamisessa**

Porrastettu liittymä ei ole aina riittävä tai sopiva vaihtoehto parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta. Erityisesti asiantuntijavastausten kautta nousi esiin porrastukselle vaihtoehtoisina nelihaaraliittymän turvallisuuden parantamistoimenpiteinä kiertoliittymä ja eritasoliittymä. Nämä vaihtoehdot saatetaan jättää pois kalliimpien toteutuskustannusten vuoksi. Joissakin tilanteissa liittymä voi olla myös parempi jättää tavalliseksi nelihaaraliittymäksi. Asiantuntijavastaussissa muistutettiin myös, että nelihaaraliittymää itsessään voidaan parantaa esimerkiksi turvasaarekkeilla tekemällä mitään sen suurempia toimenpiteitä. Yksi jatkotutkimusaiheista olisikin tutkia, millaisissa tilanteissa porrastaminen on voi olla sopivin vaihtoehto, ja millaisissa tilanteissa jokin muu vaihtoehto on sopivampi.

## Lähteet

- Ahlroth, J., Pöllänen M. (2011). Liikenneturvallisuus: opetusmoniste. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. 196 s.
- Alastalo, M., Åkerman, M., Vaittinen, T. (2017). Tutkimushaastattelun käsikirja. Hyväriinen, M., Nikander, P., Ruusuvuori, J. (toim.). Vastapaino. 460 s.
- Alkula, T., Pöntinen, S., Ylöstalo P. (2002). Sosiaalitutkimuksen kvantitatiiviset menetelmät. Sanoma Pro. 330 s.
- Bared, J. G., Kaisar, E. I. (2001). Advantages of offset T-intersections with guidelines. In International Conference: Traffic Safety on Three Continents PTRC Education and Research Services Limited. No. VTI Konferens 18A.
- Bennett, G., Blackmore, F. C. (1970). Accident risks and capacity of single level intersections. Tenth Int. Study Week in Traffic and Safety England.
- Bowen, A., Eubank, M., Kaiser, J., Plattner D., Richards, G., Smith, B., Steckler, B., (2014). Intersection Decision Guide. Indiana Department of Transportation. IN-DOT.
- Brüde, U., & Larsson, J. (1987). Förskjutna 3-vägskorsningar på landsbygden: Effekt på trafiksäkerhet. Statens Väg-och Trafikinstitut. VTI meddelande 544. 14 s.
- Cai, Z., Xiong, M., Ma, D., Wang, D. (2016). Traffic design and signal timing of staggered intersections based on a sorting strategy. *Advances in Mechanical Engineering*. Vol.8(4), s. 1–9.
- Candappa, N., Scully, J., Newstead, S., Corben, B. (2007). Findings on the effectiveness of intersection treatments included in the Victorian statewide Accident Black Spot Program. In Australasian Conference on Road Safety.
- Craus, J. (1983). Analysis of Operational Characteristics of Staggered Intersections. Research Report 83-Z6. Transportation Research Institute.
- ECMT. (2000). Safety in Road Traffic for Vulnerable Users. European Conference of Ministers of Transport. Third Road Safety Week in the UN/ECE Region.
- Eksler, V. (2007). The role of structural factors in road safety. Retrieved from Ectri.org.
- Ellram, L. (1996). The use of the case study method in logistics research. *Journal of Business Logistics*. Vol.17(2). s. 93–138.
- Elvik, R., Vaa, T., Hoye, A., Sorensen, M. (2009). The handbook of road safety measures. Emerald Group Publishing. 1140 s.
- ELY. (2011). Joensuun liikenneturvallisuussuunnitelma. Liikenneturvallisuustyön ja liikenneympäristön kehittämissuunnitelmat. Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2011. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 130 s.

ELY. (2018). Valtatien 9 parantamistoimet välillä Turku-Humppila vuosina 2017–2019. Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus. Viitattu 23.8.2018, osoitteesta [https://www.ely-keskus.fi/web/ely/varsinais-suomi-valtatien-9-parantami-nen?p\\_p\\_id=122\\_INSTANCE\\_aluevalinta&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=nor-mal&p\\_p\\_mode=view&p\\_r\\_p\\_564233524\\_resetCur=true&p\\_r\\_p\\_564233524\\_catego-ryId=14405](https://www.ely-keskus.fi/web/ely/varsinais-suomi-valtatien-9-parantami-nen?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=nor-mal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_catego-ryId=14405).

Eriksson, P., Kovalainen, A. (2008). Qualitative Methods in Business Research. SAGE Publications. 376 s.

Google Maps. Ilmakuvanäkymät. Googlen avoin karttapalvelu. Viitattu osoitteesta <https://www.google.fi/maps>.

Haddon, W. (1983). Approaches to Prevention of Injuries. In Miami: American Medical Association Conference on Prevention of Disabling Injuries. s. 1–31.

Heltimo J., Korhonen, A. (2016). Käsikirja kunnan liikenneturvallisuustyöhön. Suomen Kuntaliitto. 94 s.

Heltimo, J., Lautala, M. (2013) Kaakkos-Suomen ELY-keskuksen liikenneturvallisuussuunnitelma. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 120/2013. 60 s.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P., Sinivuori, E. (2009). Tutki ja kirjoita. Tammi. 464 s.

Hughes, W., Jagannathan, R., Sengupta D., Hummer, J. (2010). Alternative Intersec-tion/Interchanges: Information Report. AIIR. U.S. Departmenet of Transpor-tation. Federal Highway Administration. 324 s.

Hummel, T. (2001). Intersection planning in Safer Transportation Network Plan-ning. SWOV. Institute for Road Safety Research. 35 s.

Jensen, J.L., Rodgers, R. (2001). Cumulating the Intellectual Gold of Case Study Research. Public Administration Review. Vol.61(2), s. 235–246.

Jokela, J., Lehtomaa, J. (2009). Liikenteen sujuvuuden parantaminen kaupunkien pääväylillä pienin toimenpitein. Tiehallinnon selvityksiä 35/2009. Tiehallinto. 66 s.

Jyväskylän yliopisto. (2014). Tutkimusstrategiat. Viitattu 30.3.2019, osoitteesta <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolku/menetelmapolku/tutkimusstrategiat>.

Karttapaikka. Maanmittauslaitoksen avoin karttapalvelu. Viitattu, saatavissa <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>.

Klang, J., Kelkka M., Nyberg J., Svenss, T. (2013). Valtatie 1 liikenneturvallisuus-tarkastus. Tarkastusraportti. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raport-teja 67/2013. Varsinais-Suomen ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäris-tökeskus. 30 s.

Klang, J., Heltimo, J., Lautala, M. (2015). Vakka-Suomen seudun liikenneturvallisuussuunnitelma. Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 40/2015. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 67 s.

Klunder, G., Abdoelbasier, A., Immers, B. (2006). Development of a micro-simulation model to predict road traffic safety on intersections with surrogate safety measures. Intelligent Transport Systems (ITS). s. 1–8.

Kuciembra, S.R. & Cirillo J.A. (1992). Safety effectiveness of highway design features, Volume V: Intersections. Federal Highway Administration. 13 s.

Kuittinen T., (2017). Pyöräilyn turvallisuus kiertoliittymissä. Opinnäytetyö 4/2017. Liikennevirasto. 97 s.

Kulmala, R. (1995). Safety at rural three- and four-arm junctions. Development and application of accident prediction models. VTT Publications 233. VTT. 104 s.

Kulmala, R. (1992) Onnettomuudet pääteiden tasoliittymissä. VTT tutkimusraportti 65. VTT. 50 s.

Layfield, R.E., Summersgill, I., Hall, R.D., Chatterjee, K. (1996). Accidents at urban priority crossroads and staggered junctions. TRL Report 185. 120 s.

Lesch, P., Reihe, H., Vaarala, R. (2016). Selvitys jalankulun ja pyöräilyn liikennejärjestelyistä Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. Liikenneturvan selvityksiä 1/2016. 46 s.

Liikenneturva. (2019). Vaikeat ajo-olosuhteet. Viitattu 17.4.2019, osoitteesta <https://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/vaikeat-ajo-olosuhteet>.

Liikennevirasto (2013). Mopon paikka liikenneympäristössä. Liikenneviraston ohjeita 1/2013. 24 s.

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

Liikennevirasto. (2016a). Maanteiden liikennevalojen suunnitteluohe. LIVASU 2016. Liikenneviraston ohjeita 37/2016. 230 s.

Liikennevirasto (2016b). Onnettomuusrekisterin tietosisältö. Word-dokumentti 8/2016. Viitattu 14.2.2019, osoitteesta <https://vayla.fi/palveluntuottajat/aineistot/tierekisteri#.XI4rOSgzYuV>.

Liikennevirasto. (2018). Liikenneonnettomuudet maanteillä vuonna 2017. Liikenneviraston tilastoja 9/2018. 68 s.

Liikenteen turvallisuusvirasto (2015). Tieturvallisuusarvointi. Koulutusaineisto. 81 s.

Luoma, J., Roine, M. (2009). Liikenneturvallisuustoiminnan lähestymistavat. VTT-tiedotteita. VTT. 59 s.

LVM (2012). Tavoitteet toteksi. Tieliikenteen turvallisuussuunnitelma vuoteen 2014. Ohjelmia ja strategioita 1/2012. Liikenne- ja viestintäministeriö. 61 s.

LVM (2016). Tiedosta liikenneturvallisuutta. Valtioneuvoston periaatepäätös tieliikenneturvallisuuden parantamiseksi. Liikenne- ja viestintäministeriö. 23 s.

Maantielaki (503/2005). 4 §. Maantiet ja niiden luokittelu. Viitattu 15.1.2019, osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/20050503>.

- Mahalel, D., Craus, J., Polus, A. (1986). Evaluation of Staggered and Cross Intersections. *Journal of Transportation Engineering*. Vol.112(5). s. 495–506.
- Malmivuo, M., Luoma, J. (2014). Nasta- ja kitkarenkaat kuolemaan johtaneissa talviajan onnettomuuksissa. *VTT Technology* 204. 33 s.
- Montonen, S. (2008). Kiertoliittymien turvallisuus. *Tiehallinnon selvityksiä* 8/2008. Tiehallinto. 68 s.
- Mäkelä, O., Kärki, J. (2004). Tievalaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja ajonopeuksiin. *Tiehallinnon selvityksiä* 18/2004. Tiehallinto. 59 s.
- Mäkinen, K. (2013). Maanteiden suojaus ja onnettomuusanalyysi. Uudenmaan, Kanta-Hämeen ja Päijät-Hämeen alueilla vuosina 2007–2011. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 8/2013. 93 s.
- Ogden, K.W. (1996). *Safer roads: A guide to road safety engineering*. Avebury Technical. 516 s.
- Ojala, V., Enberg Å., Luttinen, T. (2007). Tieliikenteen palvelutason määrittäminen. Katsaus Euroopan maiden käytäntöihin. *Tiehallinnon selvityksiä* 55/2007. Tiehallinto. 66 s.
- Olkonen, T. (1993). Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön. Teknillinen korkeakoulu. 143 s.
- Peltola, H., Malin, F. (2016). Maanteiden tasoliittymien turvallisuus. Onnettomuudet vuosina 2011–2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2016. Liikennevirasto. Helsinki. 52 s.
- Peltola, H., Mesimäki, J. (2019). Tasoliittymän väistötilan liikenneturvallisuusvaiutukset. Väyläviraston tutkimuksia 9/2019. Väylävirasto. 35 s.
- Peltola, H., Rajamäki, R. (2004). Liikenneturvallisuus yleisillä teillä vuosina 1997–2001. *Tiehallinnon selvityksiä* 7/2004. Tiehallinto. 59 s.
- PIARC. (2003). *Road safety manual. Recommendations from the World Road Association*. PIARC technical committee on road safety. R2oute market. 602 s.
- Preece, J., Rogers, Y. & Sharp, H. (2002). *Interaction design: beyond human-computer interaction*. Wiley. New York. 519 s.
- Rajamäki, R. (2008). Väistötilan ja pääsuunnan käänymiskaistojen vaikutus liikenneturvallisuuteen. *Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja* 21/2008. Tiehallinto. 40 s.
- Reiman, T. (2015). Turvallisuusasiantuntijoiden roolit, toimintatavat ja tarvittavat kyvyt ja taidot. *VTT Technology* 198. 34 s.
- Rodegerdts, L. A., Nevers, B., Robinson, B., Ringert, J., Koonce, P., Bansen, J., Nguyen, T., McGill, J., Stewart, J., Suggett, J., Neuman, T., Antonucci, N., Hardy, K., Courage, K. (2004). *Signalized intersections: informational guide*. 369 s.
- Routio, P. (2005). Kyselytutkimustavat. Teoksessa: Tuotetiede. Taideteollinen korkeakoulu. Viitattu 25.1.2019, osoitteesta <http://www2.uiah.fi/projects/metodi/064.htm>.

Salminen, A. (2011). Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. 44 s.

Saunders, M., Lewis, P. Thornhill, A. (2009). Research Methods for Business Students. Pearson. 768 s.

Schnüll, R., Richter, T. (1994). Sicherheitsvergleich der Knotenpunktgrundformen Kreuzung und Rechtsversatz an Straßen außerhalb bebauter Gebiete. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. 1405 s.

Soininen, M. (1995). Tieteellisen tutkimuksen perusteet. Turun yliopisto. 182 s.

Sørensen, M., Mosslemi, M. (2009). Subjective and objective safety. The effect of road safety measures on subjective safety among vulnerable road users. TOI report(1009). 140 s.

Supreme (2007). Tieliikenneturvallisuusalan parhaat käytännöt. Maakohtaisten toimenpiteiden käsikirja. Loppuraportti. Viitattu 4.2.2019, osoitteesta [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects\\_sources/supreme-c\\_fi.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/supreme-c_fi.pdf).

Theeuwes, J., Godthelp, H., (1995). Self-explaining roads. Safety Science 19. s. 217-225.

Tiehallinto. (2001). Tasoliittymät. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto. 95 s.

Tiehallinto. (2002). Pääteiden liittymästandardit. Sisäisiä julkaisuja 7/2002. 89 s.

Tielikennelaki (267/1981). 8§. Tien eri osien käyttö. Viitattu 10.2.2019, osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267>.

Tiemappi. Peruskarttakäyttöliittymä Väyläviraston, Ely-liikennevastuualueen ja Finnrantin käyttäjille. Väylävirasto. Saatavissa <https://extranet.liikennevirasto.fi/tiemappi/>.

Tilastokeskus. (2019). Tieliikenneonnettomuustilasto. Viitattu 28.1.2019, osoitteesta <https://www.stat.fi/meta/til/ton.html>.

Trafikverket. (2018). Bygg om eller bygg nyt. Kapitel 2 Vägtyper, korsningar och förbättringsåtgärder. Rapport. Version 1/4/2018. 19 s.

TRUM. (2018). Part 6: Intersections, Interchanges and Crossings. Traffic and Road Use Management. Volume 1 – Guide to Traffic Management. Queensland Government. Department of Transport and Main Roads. Viitattu 28.1.2019, osoitteesta <https://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/Technical-standards-publications/Traffic-and-Road-Use-Management-manual/Volume-1>.

Tuomi, J. (2007). Tutki ja lue: johdatus tieteellisen tekstin ymmärtämiseen. Tammi. 171 s.

Uljas, M., Hytönen, K., Svenss, T., Turunen, H. (2015). Uudenkaarlepyyn liikenne-turvallisuussuunitelma 2014. Raportteja 12/2015. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 48 s.

Valtonen, J. (2017). Polkupyöräilijän kuolemaan johtaneet tieliikenneonnettomuudet vuosina 2011–2015. Liikenneturvan selvityksiä 3/2017. Liikenneturva. 23 s.

Vegdirektoratet. (2014). Geometrisk utformning av veg- och gatekryss. Veiledning. Håndbok V121. Statens vegvesen. 85 s.

Vejdirektoratet. (2014). Håndbog, Trafiksikkerhed. Effekter af vejtekniske virke-midler. Rapport nr 507. 116 s.

Vejregler. (2012). Planlægning af vejkryds i åbent land. Håndbok. Anlæg og planlægning. Høringsudgave. 125 s.

Vejregler. (2017). Prioriterede vejkryds i åbent land. Håndbok. Anlæg og planlægning. Høringsudgave. Afventer ikrafttræden af bindende bestemmelser. 100 s.

Vejregler. (2018). Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land. Håndbok. Anlæg og planlægning. Afventer ikrafttræden af bindende bestemmelser. 132 s.

Vilkka, H. (2007). Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Kustannus-osakeyhtiö Tammi. Helsinki. 188 s.

Vägverket. (2004). Vägar och gators utformning. Korsningar. Utdrag ur: VV Publikation 80/2004. 193 s.

Vägverket. (2008). Nybyggnad och förbättring. Effektkatalog. Kap 6. Trafiksäkerhet. Effektsamband för vägtransportsystemet. Publikation 1/2008. 114 s.

Väylä. (2019a). Tierekisteri. Viitattu: 28.1.2019, osoitteesta <https://vayla.fi/palveluntuottajat/aineistot/tierekisteri#.XE7ylFwzzPY>.

Väylä. (2019b). Tieosoitejärjestelmä. Ohje. Viitattu 28.1.2019, osoitteesta: <https://vayla.fi/documents/20473/143621/tieosoitej%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf/a01ed3ae-2c0c-453d-9f4d-65176fc9aae2>.

## Kysely suomalaisille asiantuntijoille

**Hyvä vastaanottaja,**

Liikenneviraston Hankesuunnitteluosastossa on käynnissä tutkimus porrastettujen liittymien turvallisuudesta. Osana tätä tutkimusta pyydämme teitä vastaamaan tämän viestin liitteenä olevaan kyselyyn. Vastaukset ovat erittäin tärkeitä tutkimuksen toteuttamisen kannalta ja vastaamiseenne käyttämänne aika on meille erittäin arvokasta.

Nelihaaraliittymien porrastamista pidetään kustannustehokkaana toimenpiteenä liikenneturvallisuuden parantamiseksi maanteillä ja tällaisia liittymämuutoksia on tehty Suomessa useita. Porrastettujen liittymien turvallisuutta on kuitenkin verrattain vähän tutkittu. Aiemiissa tutkimuksissa ei selviä, minkä tyypisiä onnettomuuksia tienkäyttäjille sattuu ja millaisissa tapauksissa porrastus on liikenneturvallisuuden vuoksi perusteltua. Tutkimuksista ei myöskään selviä, miten porrastettujen liittymien turvallisuutta voitaisiin parantaa, ja onko porrastetuissa liittymissä huomioitu jalankulkijat, polkupyöräilijät ja mopoilijat. Tässä tutkimuksessa pyritään löytämään vastauksia edellä mainittuihin kysymyksiin. Tavoitteena on selvittää, millainen on turvallinen porrastettu liittymä maanteillä.

Tutkimuksen toteuttaa diplomityönä Leena Karhu Tampereen teknillisestä yliopistosta. Tutkimus koostuu kirjallisuuskatsauksesta, Suomeen ja ulkomaille tehtävistä asiantuntijakyselyistä sekä onnettomuustietojen analysoinnista Suomessa vuosilta 2009-2017. Suomalaisille asiantuntijoille tehtävien kyselyjen tarkoituksena on saada tietoa, millainen käsitys asiantuntijoilla on porrastettujen liittymien turvallisuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Vastaukset voi antaa sähköpostiviestiin kirjoitettuna tai täydentäen vastaukset kysymysliitteeseen. Voitte vastata joko kaikkiin tai osaan kysymyksistä. Vastaukset käsitetään nimettömänä, eikä vastauksia yhdistetä yksittäisiin vastaajiin. Tutkimuksessa kootaan yhteen vastauksissa saadut näkemykset, sekä tuodaan esiin, mitä asioita näistä nousee eniten esiin. Vastauksia hyödynnetään tutkimuksen lopputuloksissa yhdessä teoriasta ja onnettomuustietojen tulkinnasta nousseiden tulosten kanssa ja peilataan näitä toisiinsa. Tutkimus valmistuu keväällä 2019.

Nelihaaraliittymä ja porrastuksen toteutusvaihtoehdot oikea-vasen- ja vasen-oikea-porrastus on havainnollistettu kyselyn lopusta löytyvässä kuvassa 1.

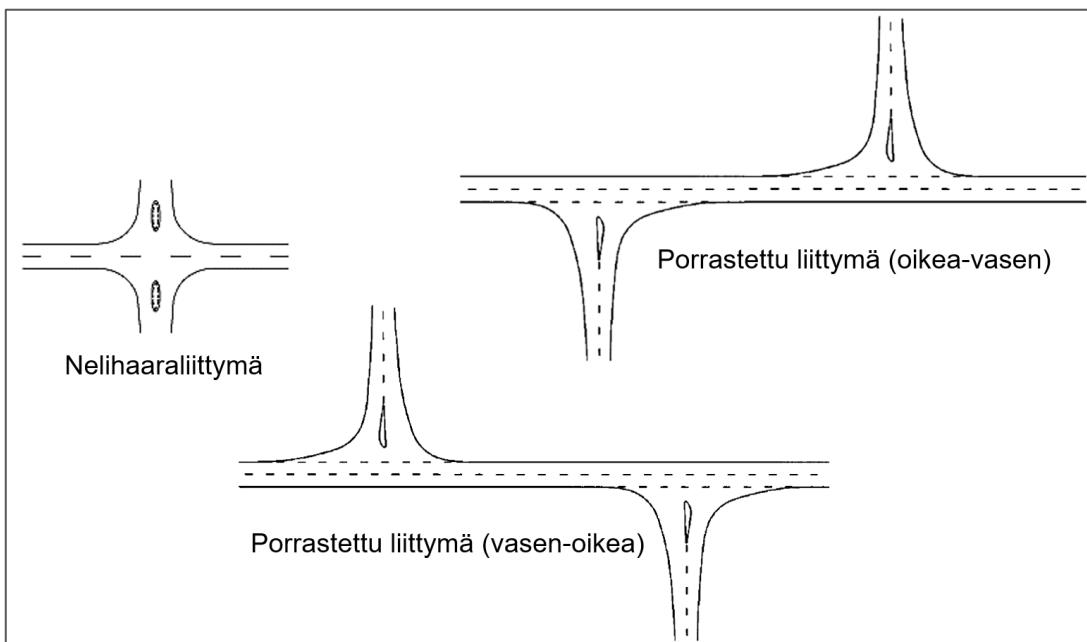
### **Kysymykset:**

- 1. Onko porrastettu liittymä mielestänne hyvä keino parantaa nelihaaraliittymän turvallisuutta maanteillä? Miksi? Milloin porrastus on mielestänne sopiva ja missä tilanteissa jokin muu liittymätyyppi on parempi?**
- 2. Millaisena näette porrastettujen liittymien turvallisuuden esimerikksi tienkäyttäjiltä saatuihin palautteisiin, onnettomuusmäriin tai omaan kokemukseen perustuen?**
- 3. Mitä suunnitteluratkaisuja porrastetussa liittymässä tulisi vähintään toteuttaa tienkäyttäjien turvallisuuden kannalta? (Esimeriksi kanavointi tiemerkinnoin tai saarekkeella, väistötila)**

4. **Mikä on porrastuksen paras toteutustapa? Miten porrastetun liittymän turvallisuutta voidaan parantaa?** (Esimerkki suunnitteluratkaisut, oikea-vasen-, vasen-oikea-porrastus)
5. **Miten mielestänne porrastettujen liittymien suunnittelussa tulisi ottaa huomioon jalankulkijat, polkupyöräilijät ja mopoilijat? Millaisia järjestelyitä ehdottaisit nämä tienkäyttäjäryhmät hyvin huomioon ottavina ratkaisuina?**
6. **Muita huomioita porrastetuista liittymistä tai nelihaaraliittymistä?**  
Voitte myös kertoa kommentteja kyselystä.

Pyydämme toimittamaan vastaukset 23.11.2018 mennessä osoitteeseen [leena.karhu@liikennevirasto.fi](mailto:leena.karhu@liikennevirasto.fi)

**Kiitos yhteistyöstä!**



Kuva 1. Nelihaaraliittymä ja porrastetut liittymät (Tiehallinto 2001, 2002)

## Kysely ulkomaalaisten asiantuntijoiden

**Dear Sir or Madam,**

We are writing to you about the questionnaire concerning staggered intersections and their safety. We got your contact details from Finnish member Ms. Auli Forsberg in the CEDR Working Group Road Safety. If you have a colleague who you feel is more appropriate for this questionnaire, please be so kind to send this to him/her.

The Finnish Transport Agency is performing a study on the safety of staggered intersections. As a part of this study, we kindly request You to answer the questionnaire, which You can find attached. Your answers are very important and we appreciate highly the time you'll spend to answer the questions.

A staggered intersection (staggered junction, off-set intersection) is a special type of intersection, which is made up of two three-leg intersections. As an option to improve the safety of four-leg intersection, a modification to a staggered intersection has been widely used in Finland. However, the safety of staggered intersections is relatively limited studied. Previous studies don't give information of what type of accidents happen to the road users or in which kind of situations the staggered intersections are a better intersection type in sense of road safety. Likewise, there isn't information on how to improve the safety of staggered intersections, and how to take pedestrians, cyclists and moped riders into account in arrangements. In this study, we aim to answer the questions mentioned above and to find out what kind of a staggered intersection is safe on highways.

The study is carried out as a Master's Thesis by Leena Karhu from Tampere University of Technology. The study is composed of a literature review, questionnaires to experts from Finland and abroad, and analysis of Finnish accident data between years 2009 and 2017. The purpose of these inquiries for foreign experts is to find out whether changing the type of the intersection from a four-leg intersection to a staggered intersection is used in other countries than Finland and to find out what thoughts the experts have about staggered intersections and their safety.

Answers can be given as attachment files or written via email. The answers will be processed anonymously, and the answers will not be individual respondents to the answerer. The answers will be utilized in the study as considering the ways to improve the safety of four-leg intersections and planning safe staggered intersections. The study will be complete in the spring 2019. Brief English summary about the findings will be sent to all respondents.

A four-legged intersection and two types of staggered intersections are presented in figure 1 at the end of the questionnaire.

### **Questions:**

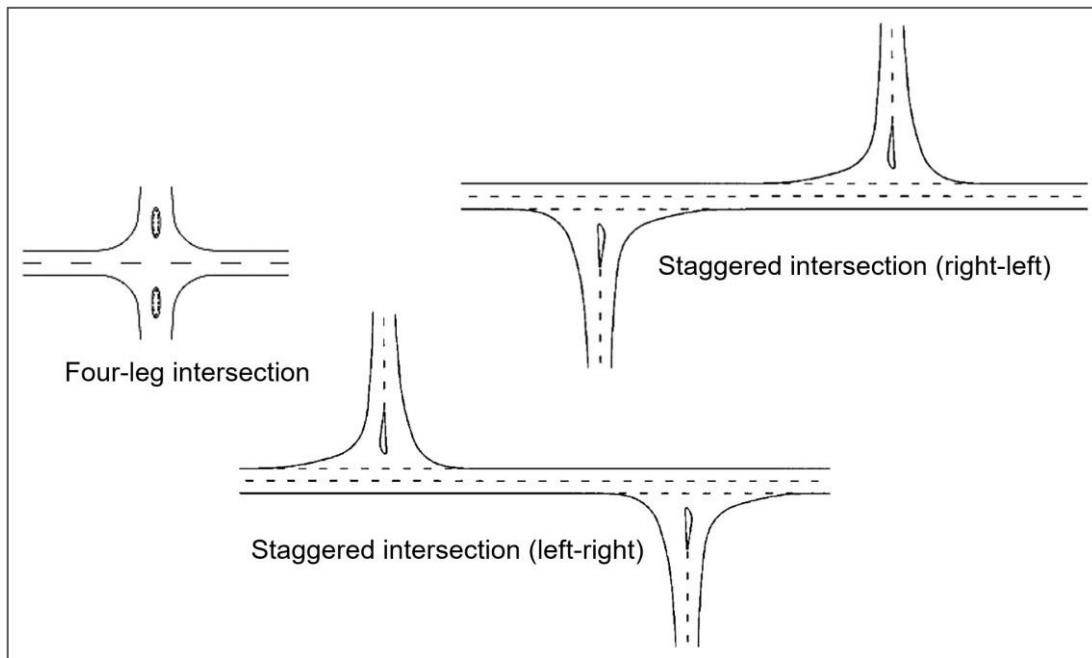
- 1. What types of intersections are used as alternative types of intersections when considering improving the safety of the four-leg intersections on highways (outside urban areas) in your country? Which type is the most typical and why?** For example a staggered junction or a roundabout.

- 2. What kind of traffic arrangements should at least be executed in staggered intersections considering the safety of road users? (For example channelization, turning lanes)**
- 3. What is the best way to execute a staggered intersection? How may the safety of the staggered intersection be improved? (For example traffic arrangements, type of staggered intersection: see figure 1 for examples)**
- 4. How can the safety of pedestrians, cyclists and moped riders be taken into account when designing a staggered intersection? What type of traffic arrangements do you suggest for the road users mentioned above? (For example pedestrian and bicycling underpass)**
- 5. Are there any guidelines, articles or studies about the staggered intersections or improving the safety of four-leg intersections conducted in your country that You could recommend?**
- 6. Do you have any other comments about the staggered intersections or the four-leg intersections? You can also comment on this inquiry.**

We wish to have Your responses latest 5th of December 2018 to [leena.karhu@liikennevirasto.fi](mailto:leena.karhu@liikennevirasto.fi) by email.

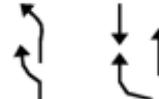
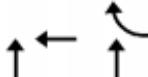
**Thank You for your cooperation!**

If you have any questions please do not hesitate to contact us!



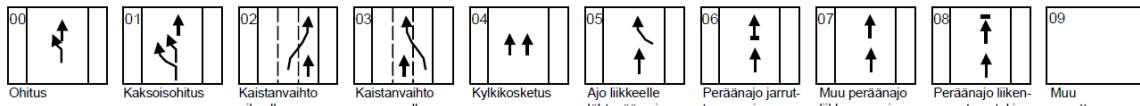
*Figure 1. A Four-leg intersection and the options for the staggered intersections.*

## Onnettomuusluokan määrittely

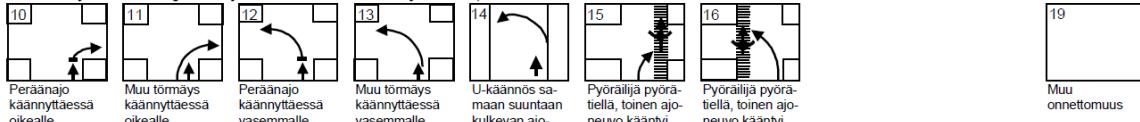
| Onnettomuusluokan määrittely   | Yleisimmät<br>onnettomuus-<br>tilanteet   |
|--|---|
| <b>Yksittäisonnettomuus</b><br>Osallisena yksi moottoriajoneuvo  |    |
| <b>Ohitusonnettomuus</b><br>Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Joku osallinen oli ohittamassa.  |    |
| <b>Kääntymisonnettomuus</b><br>Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja, joista ainakin yksi oli kääntymässä. Ei sisällä ohitus- eikä risteämisonnettomuuksia.                                       |    |
| <b>Risteämisonnettomuus</b><br>Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Joku osallista oli tulossa risteävältä tieltä. Ei sisällä kääntymis-, ohitus- eikä risteämisonnettomuuksia.                 |    |
| <b>Kohtaamisonnettomuus</b><br>Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Osalliset tulossa vastakkaisista suunnista. Ei sisällä kääntymis-, ohitus- eikä risteämisonnettomuuksia.                    |  |
| <b>Peräänajo-onnettomuus</b><br>Osallisena kaksi tai useampia moottoriajoneuvoja. Ei sisällä ohitus- eikä kääntymisonnettomuuksia.   |  |
| <b>Jalankulkijaonnettomuus</b><br>Osallisena ajoneuvon lisäksi jalankulkija.   |   |
| <b>Polkupyöräonnettomuus</b><br>Osallisena polkupyörä. Ei sisällä jalankulkijaonnettomuuksia.  |   |
| <b>Mopedionnettomuus</b><br>Osallisena mopedi. Ei sisällä jalankulkija- eikä polkupyöräonnettomuuksia.   |   |
| <b>Eläinonnettomuus</b><br>Moottoriajoneuvon ja eläimen välinen onnettomuus.   |   |
| <b>Hirvieläinonnettomuus</b><br>Moottoriajoneuvon ja hirven tai peuran välinen onnettomuus   |   |
| <b>Muu onnettomuus</b><br>Sisältää onnettomuudet joissa on osallisena harvinaisempia moottoriajoneuvoja, kuten junta, maatalouskone tai moottorikelkka, sekä edellisiin ryhmiin kuulumattomat onnettomuudet. |   |

## Liikenneonnettomuustyyppikuvasto

### 0 Samat ajosuunnat (mikään ajoneuvoista ei ollut käänymässä)



### 1 Samat ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli käänymässä)



### 2 Vastakkaiset ajosuunnat (kohtaamisonnettomuus)



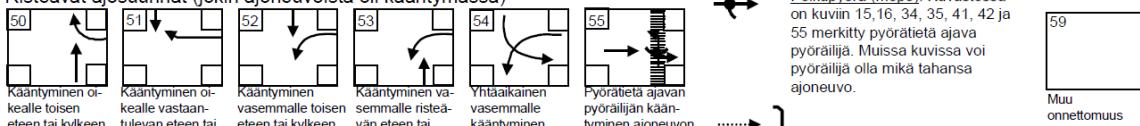
### 3 Vastakkaiset ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli käänymässä)



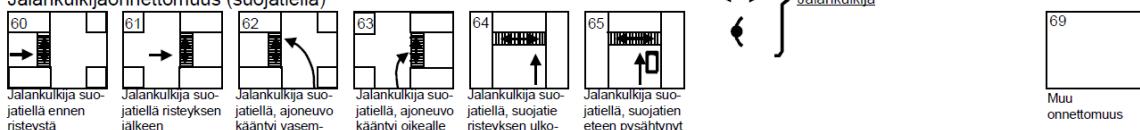
### 4 Risteäväät ajosuunnat



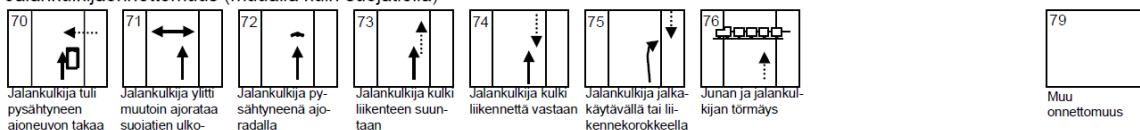
### 5 Risteäväät ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli käänymässä)



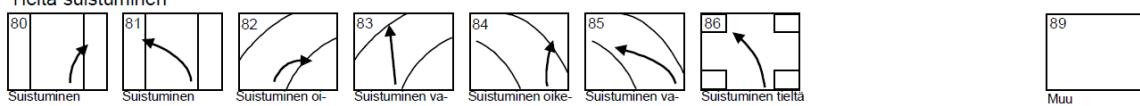
### 6 Jalankulkijaonnettomuus (suojatiellä)



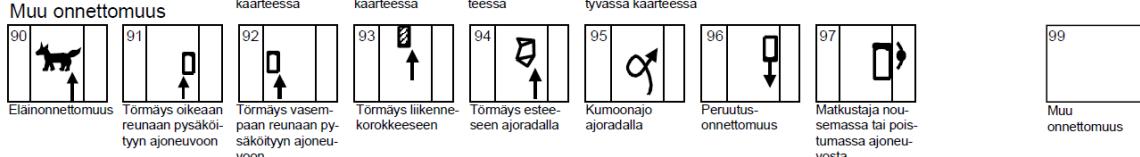
### 7 Jalankulkijaonnettomuus (muualla kuin suojaatiellä)



### 8 Tieiltä suistuminen



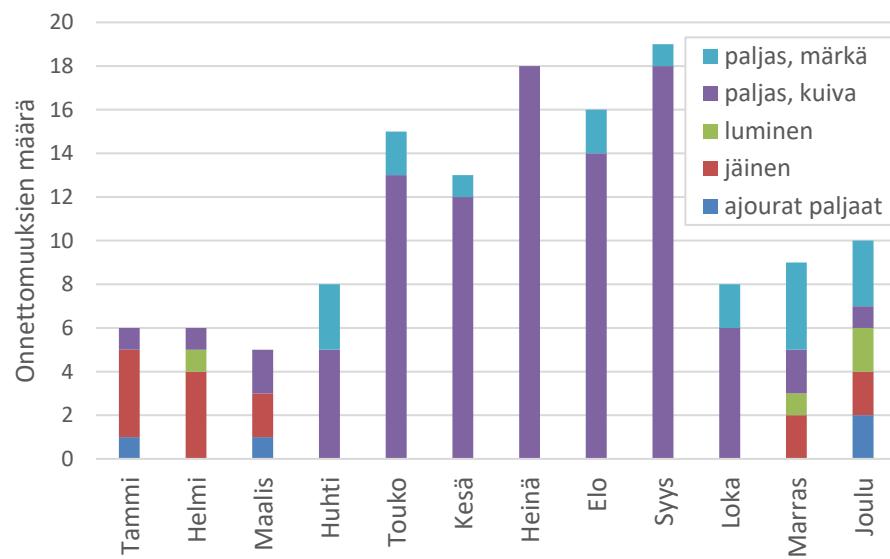
### 9 Muu onnettomuus



## Onnettomuuksien ajallinen tarkastelu

Taulukko 1. *Porrastetuissa liittymissä tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrät (kpl) vuosittain aikavälillä 2009–2017.*

| <b>Porrastustapa</b> | <b>2009</b> | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> | <b>2015</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>Yhteensä</b> |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| Oikea-vasen          | 3           | 13          | 8           | 10          | 9           | 8           | 10          | 5           | 4           | 70              |
| Vasen-oikea          | 10          | 8           | 9           | 5           | 5           | 8           | 6           | 2           | 10          | 63              |
| <b>Yhteensä</b>      | <b>13</b>   | <b>21</b>   | <b>17</b>   | <b>15</b>   | <b>14</b>   | <b>16</b>   | <b>16</b>   | <b>7</b>    | <b>14</b>   | <b>133</b>      |



Kuva 1. *Porrastettujen liittymien henkilövahinko-onnettomuuksien (n = 133) määrät kuukausittain tien pinnan sääolosuhteiden mukaan vuosina 2009–2017.*

## Porrastettujen liittymien onnettomuustyyppit

|  | <b>Onnettomuustyyppi<sup>1</sup></b>   | <b>O-</b>                  | <b>V-</b>                  | <b>Yh-</b>                 |
|--|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  |  | <b>V</b>                   | <b>O</b>                   | <b>teensä<sup>2</sup></b>  |
| <b>0 Samat ajosuunnat (mikään ajoneuvoista ei ollut käänymässä)</b>  | 00 Ohitus<br>06 Peräänajo jarruttavaan ajoneuvoon<br>08 Peräänajo liikenne-esteen takia pysähtyneeseen ajoneuvoon<br>09 Muu samat ajosuunnat, ei käänymistä  | 2<br>4<br>2<br>0           | 1<br>5<br>5<br>1           | 3<br>9<br>7<br>1           |
|  | <b>Yhteensä</b>  | <b>8</b>                   | <b>12</b>                  | <b>20</b>                  |
| <b>1 Samat ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli käänymässä)</b>        | 10 Peräänajo käännyttääessä oikealle<br>11 Muu törmäys käännyttääessä oikealle<br>12 Peräänajo käännyttääessä vasemmalle<br>13 Muu törmäys käännyttääessä vasemmalle<br>16 Pyöräillijä pyörätiellä, toinen ajoneuvo kääntyi vasemmalle<br>19 Muu samat ajosuunnat, käännyminen | 3<br>1<br>4<br>5<br>2<br>1 | 1<br>0<br>3<br>1<br>0<br>2 | 4<br>1<br>7<br>6<br>2<br>3 |
|  | <b>Yhteensä</b>  | <b>16</b>                  | <b>7</b>                   | <b>23</b>                  |
| <b>2 Vastakkaiset ajosuunnat (kohtaamisonnettomus)</b>               | 20 Kohtaaminen suoralla<br>21 Kohtaaminen kaarteessa<br>29 Muu kohtaamisonnettomus   | 1<br>1<br>1                | 0<br>1<br>1                | 1<br>2<br>2                |
|  | <b>Yhteensä</b>  | <b>3</b>                   | <b>2</b>                   | <b>5</b>                   |
| <b>3 Vastakkaiset ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli käänymässä)</b> | 30 Käännyminen vasemmalle vastaantulevan eteen tai kylkeen<br>34 Pyöräillijä pyörätiellä, vastaantuleva ajoneuvo kääntyi oikealle<br>39 Muu vastakkaiset ajosuunnat, käännyminen   | 5<br>0<br>0                | 3<br>1<br>2                | 8<br>1<br>2                |
|  | <b>Yhteensä</b>  | <b>5</b>                   | <b>6</b>                   | <b>11</b>                  |
| <b>4 Risteävät ajosuunnat</b>  | 40 Ajo risteäviä ajosuuntia suoraan<br>41 Pyöräillijä pyörätiellä risteyksessä<br>42 Pyöräillijä pyörätiellä muualla<br>49 Muu risteämisonnettomus, ei käänymistä  | 1<br>1<br>0<br>0           | 1<br>0<br>1<br>4           | 2<br>1<br>1<br>4           |
|  | <b>Yhteensä</b>  | <b>2</b>                   | <b>6</b>                   | <b>8</b>                   |
| <b>5 Risteävät ajosuunnat (jokin ajoneuvoista oli käänymässä)</b>    | 50 Käännyminen oikealle toisen eteen tai kylkeen<br>52 Käännyminen vasemmalle toisen eteen tai kylkeen<br>53 Käännyminen vasemmalle risteävän auton eteen tai kylkeen<br>59 Muu risteämisonnettomus, käännyminen   | 2<br>7<br>3<br>4           | 0<br>5<br>3<br>1           | 2<br>12<br>6<br>5          |
|  | <b>Yhteensä</b>  | <b>16</b>                  | <b>9</b>                   | <b>25</b>                  |
| <b>7 Jalankulkijaonnettomus (muualla kuin suojaatiellä)</b>          | 71 Jalankulkija ylitti muutoin ajorataa suojetien ulkopuolella   | 0                          | 1                          | 1                          |
|  | <b>Yhteensä</b>  | <b>0</b>                   | <b>1</b>                   | <b>1</b>                   |
| <b>8 Tieltä suistuminen</b>  | 80 Suistuminen oikealle suoralla<br>81 Suistuminen vasemmalle suoralla<br>82 Suistuminen oikealle oikealle käännyvässä kaarteessa<br>83 Suistuminen vasemmalle vasemmalle käännyvässä kaarteessa<br>84 Suistuminen oikealle vasemmalle käännyvässä kaarteessa                  | 4<br>5<br>1<br>0<br>2      | 2<br>2<br>0<br>3<br>0      | 6<br>7<br>1<br>3<br>2      |

|                         |   |           |           |            |
|-------------------------|---|-----------|-----------|------------|
|                         | 85 Suistuminen vasemmalle vasemmalle kääntyvässä kaarteessa | 1         | 0         | 1          |
|                         | 86 Suistuminen tieltä risteysessä                           | 5         | 10        | 15         |
|                         | 89 Muu tieltä suistuminen                                   | 2         | 2         | 4          |
|                         | <b>Yhteensä</b>   | <b>20</b> | <b>19</b> | <b>39</b>  |
| <b>9 Muu onnettomus</b> | 95 Kumoonajo ajoradalla                                     | 0         | 1         | 1          |
|                         | <b>Yhteensä</b>   | <b>0</b>  | <b>1</b>  | <b>1</b>   |
|                         | <b>Kaikki yhteensä</b>                                      | <b>70</b> | <b>63</b> | <b>133</b> |

<sup>1</sup>Henkilövahinko-onnettomuudet onnettomuustyyppikuvaston mukaan<sup>2</sup>Luvut ovat henkilövahinko-onnettomuuksien määrää

## Päätien kanavointi

Taulukko 1. Oikea-vasenporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusaste päätien kanavoinnin mukaan vuosina 2009–2017.

| Kana-vointi     | Liitty-mien määrä (kpl) | Liittymään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ei              | 69                      | 2616                          | 41                      | 8,2                             | 1                           | 0,20                               |
| On <sup>3</sup> | 15                      | 7566                          | 29                      | 9,2                             | 0                           | 0,00                               |
| Yhteensä        | 84                      | 3500                          | 70                      | 8,6                             | 1                           | 0,12                               |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

<sup>3</sup>Päätien kanavointi molemmille sivuille käännyttääessä.

Taulukko 2. Vasen-oikeaporrastettujen liittymien onnettomuusmäärät ja onnettomuusaste päätien kanavoinnin mukaan vuosina 2009–2017.

| Kana-vointi     | Liitty-mien määrä (kpl) | Liittymään saapuvat ajon./vrk | Hvjo <sup>1</sup> (kpl) | Hvjo-aste (onn./100milj. ajon.) | Kuo-lema <sup>2</sup> (kpl) | Kuolema-aste (onn./100milj. ajon.) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ei              | 91                      | 2246                          | 43                      | 7,6                             | 4                           | 0,70                               |
| On <sup>3</sup> | 10                      | 7199                          | 20                      | 10,0                            | 3                           | 1,50                               |
| Yhteensä        | 101                     | 2736                          | 63                      | 8,2                             | 7                           | 0,91                               |

<sup>1</sup>Henkilövahinkoon johtaneesta onnettomuudesta käytetään lyhennettä hvjo.

<sup>2</sup>Kuolemalla voidaan tarkoittaa kuolleita tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta, koska kussakin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa oli yksi kuollut.

<sup>3</sup>Päätien kanavointi molemmille sivuille käännyttääessä.

## Suojaamattomien tienkäyttäjien onnettomuudet ja suunnitteluratkaisut

*Taulukko 1. Järjestelyt suojaamattomille tienkäyttäjille ja porrastetut liittymät, joissa suojaamattomille tienkäyttäjille tapahtui ainakin yksi henkilövahinkoon johtanut onnettomuus vuosina 2009–2017.*

| Porras-tapa <sup>1</sup> | Saapuvat ajon./vrk <sup>2</sup> | Jk-onn. <sup>3</sup> (kpl) | Pp-onn. <sup>4</sup> (kpl) | Mopo-onn. <sup>5</sup> (kpl) | Suojaamattonien tienk. onn. yhteensä <sup>6</sup> /kpl | No-peus (km/h) <sup>7</sup> | Päättien risteäminen | Pp- ja jk-väylä <sup>8</sup> |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|----------------------|------------------------------|
| o-v                      | 11185                           | 0                          | 1                          | 3                            | 4  | 60                          | alikulku             | on                           |
| o-v                      | 4284                            | 0                          | 0                          | 2                            | 2  | 80                          | ei                   | ei                           |
| o-v                      | 4629                            | 0                          | 2                          | 0                            | 2  | 70                          | ei                   | ei                           |
| o-v                      | 4927                            | 0                          | 1                          | 1                            | 2  | 80                          | alikulku             | on                           |
| o-v                      | 12093                           | 0                          | 2                          | 0                            | 2  | 60                          | ei                   | ei                           |
| v-o                      | 4030                            | 0                          | 0                          | 2                            | 2  | 80                          | ei                   | ei                           |
| v-o                      | 2488                            | 0                          | 0                          | 2                            | 2  | 50                          | suojatie             | on                           |
| o-v                      | 9278                            | 0                          | 0                          | 1                            | 1  | 70                          | ei                   | on                           |
| o-v                      | 7466                            | 0                          | 0                          | 1                            | 1  | 80                          | alikulku             | on                           |
| o-v                      | 3109                            | 0                          | 1                          | 0                            | 1  | 100                         | ei                   | ei                           |
| o-v                      | 11007                           | 0                          | 1                          | 0                            | 1  | 60                          | alikulku             | on                           |
| o-v                      | 2009                            | 0                          | 1                          | 0                            | 1  | 50                          | keskisaareke         | on                           |
| o-v                      | 5809                            | 0                          | 0                          | 1                            | 1  | 60                          | keskisaareke         | on                           |
| v-o                      | 19174                           | 1                          | 0                          | 0                            | 1  | 60                          | ei                   | ei                           |
| v-o                      | 9948                            | 0                          | 0                          | 1                            | 1  | 70                          | ei                   | ei                           |
| v-o                      | 6347                            | 1                          | 0                          | 0                            | 1  | 80                          | ei                   | on                           |
| v-o                      | 3638                            | 0                          | 1                          | 0                            | 1  | 100                         | ei                   | on                           |
| v-o                      | 2464                            | 0                          | 0                          | 1                            | 1  | 60                          | ei                   | ei                           |
| v-o                      | 2250                            | 0                          | 1                          | 0                            | 1  | 50                          | keskisaareke         | on                           |
| v-o                      | 1645                            | 0                          | 1                          | 0                            | 1  | 40                          | keskisaareke         | on                           |
| v-o                      | 2137                            | 0                          | 0                          | 1                            | 1  | 60                          | ei                   | on                           |

<sup>1</sup>Porrastustavat lyhennetty o-v=oikea-vasen, v-o=vasen-oikea

<sup>2</sup>Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrää keskimäärin tarkastelussa liittymäjoukossa

<sup>3</sup>Jalankulkijaonnettomuus

<sup>4</sup>Polkupyöräonnettomuus

<sup>5</sup>Mopo-onnettomuus

<sup>6</sup>Suojaamattomien tienkäyttäjien (jalankulkija, pyöräilijä, mopoilija) onnettomuudet yhteensä

<sup>7</sup>Päättien nopeusrajoitus

<sup>8</sup>Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä

## Eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia

Taulukko 1. Porrastetut liittymät, joissa tapahtui eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia vuosina 2009-2017.

| Porr. tapa <sup>1</sup> | Sivutien osuu s <sup>2</sup> | Saa-puvat ajon./vrk <sup>3</sup> | Hvj o(k pl) | Kuolema(kpl) | No-peus <sup>4</sup> (km/h) | Porras-tusväli (m) | Väistötila | Kanavointi <sup>5</sup> | Kääntymiskais-tat <sup>6</sup> | Pää-tien risteä-minen | Pp-ja jk-väyl ä <sup>7</sup> |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------|--------------|-----------------------------|--------------------|------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| o-v                     | 19 %                         | 11185                            | 7           | 0            | 60                          | 151-350            | on         | koroke                  | vain toisessa                  | ali-kulku             | on                           |
| o-v                     | 4 %                          | 7361                             | 6           | 0            | 80                          | 151-350            | ei         | tiemer-kintä            | on                             | ali-kulku             | on                           |
| o-v                     | 31 %                         | 4422                             | 6           | 0            | 80                          | > 350              | ei         | vain toisessa           | ei                             | suoja-tiesaa-reke     | on                           |
| v-o                     | 17 %                         | 19174                            | 5           | 0            | 60                          | 151-350            | ei         | koroke                  | vain toisessa                  | ei                    | ei                           |
| v-o                     | 32 %                         | 6265                             | 5           | 2            | 60                          | 50-150             | ei         | koroke                  | on                             | suoja-tiesaa-reke     | ei                           |
| o-v                     | 7 %                          | 4284                             | 4           | 0            | 80                          | < 50               | ei         | ei                      | ei                             | ei                    | ei                           |
| v-o                     | 22 %                         | 4030                             | 4           | 0            | 80                          | 151-350            | ei         | ei                      | ei                             | ei                    | ei                           |
| v-o                     | 14 %                         | 6831                             | 4           | 0            | 80                          | > 350              | ei         | vain toisessa           | on                             | ei                    | on                           |
| o-v                     | 12 %                         | 4629                             | 3           | 0            | 70                          | 151-350            | ei         | ei                      | ei                             | ei                    | ei                           |
| o-v                     | 8 %                          | 4927                             | 3           | 0            | 80                          | 151-350            | ei         | tiemer-kintä            | on                             | ali-kulku             | on                           |
| o-v                     | 27 %                         | 9278                             | 3           | 0            | 70                          | 151-350            | ei         | tiemer-kintä            | on                             | ei                    | on                           |
| o-v                     | 23 %                         | 7466                             | 3           | 0            | 80                          | 151-350            | on         | ei                      | ei                             | ali-kulku             | on                           |
| o-v                     | 4 %                          | 7696                             | 3           | 0            | 100                         | > 350              | on         | ei                      | ei                             | ei                    | ei                           |
| o-v                     | 6 %                          | 14532                            | 3           | 0            | 80                          | > 350              | on         | ei                      | ei                             | ei                    | on                           |
| o-v                     | 8 %                          | 5964                             | 3           | 0            | 100                         | 151-350            | ei         | tiemer-kintä            | on                             | ei                    | ei                           |
| v-o                     | 17 %                         | 2488                             | 3           | 0            | 50                          | 151-350            | ei         | ei                      | ei                             | suoja-tie             | on                           |
| v-o                     | 10 %                         | 9948                             | 3           | 0            | 70                          | < 50               | ei         | ei                      | ei                             | ei                    | ei                           |
| v-o                     | 6 %                          | 4603                             | 3           | 1            | 80                          | 151-350            | on         | tiemer-kintä            | on                             | ali-kulku             | on                           |
| v-o                     | 33 %                         | 2109                             | 3           | 1            | 80                          | 50-150             | ei         | ei                      | vain toisessa                  | ei                    | ei                           |
| v-o                     | 12 %                         | 4701                             | 3           | 0            | 80                          | 50-150             | on         | ei                      | ei                             | ei                    | ei                           |

<sup>1</sup>Porrastustavat lyhennettyt o-v=oikea-vasen, v-o=vasen-oikea

<sup>2</sup>Sivutien liikenteen osuuus liittymään vuorokaudessa saapuvista ajoneuvoista

<sup>3</sup>Yhteen porrastettuun liittymään vuorokaudessa saapuvien autojen määrää keskimäärin tarkastelussa liittymäjoukossa

<sup>4</sup>Päätiien nopeusrajoitus

<sup>5</sup>Kanavointi molemmille sivuteille käännyttääessä=koroke tai tiemer-kintä, kanavointi vain toiselle sivutulle käännyttääessä=vain toisessa, ei kanavointia kummallekaan sivutulle käännyttääessä=ei

<sup>6</sup>Kääntymiskaistat molemmille sivuteille käännyttääessä=on, kääntymiskaista vain toiselle sivutulle käännyttääessä=vain toisessa, ei kääntymiskaistoja kummallekaan sivutulle käännyttääessä=ei

<sup>7</sup>Yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä





ISSN 2490-1202  
ISBN 978-952-317-696-6  
[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)