

ANNE SILLA  
ANTTI SEISE  
VELI-PEKKA KALLBERG

## Tasoristeysten turvallisuustoimenpiteiden kartoittaminen ja arviointi





Anne Silla, Antti Seise, Veli-Pekka Kallberg

# Tasoristeysten turvallisuustoimenpiteiden kartoittaminen ja arviointi

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 7/2015

Liikennevirasto  
Helsinki 2015

*Kannen kuva: INVE-projekti*

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-055-1

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

**Anne Silla, Antti Seise ja Veli-Pekka Kallberg: Tasoristeysten turvallisuustoimenpiteiden kartoittaminen ja arviointi.** Liikennevirasto, infra ja ympäristö -osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 7/2015. 49 sivua ja 3 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-055-1.

**Avainsanat:** tasoristeys, turvallisuus, arviointi

## Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä kartoittaa ja arvioida järjestelmällisesti turvallisuuden parantamistoimenpiteitä. Tehdyn analyysin perusteella listattiin tehokkaita ja lupaavia toimenpiteitä, joiden avulla voitaisiin parantaa Suomessa olevien tasoristeysten turvallisuutta tulevaisuudessa.

Kun turvallisuutta tai turvattomuutta mitataan onnettomuuksien lukumäärän ja seurausten perusteella, tärkeimpiä turvallisuustekijöitä ovat altistusta kuvaavat tien ja radan liikennemäärät sekä onnettomuusriskiin keskeisesti vaikuttavat tasoristeysten turvalaitteet. Muita tärkeitä tekijöitä ovat mm. tie- ja raidekulkuneuvojen nopeudet, raiteiden lukumäärä, näkemät tieltä radan suuntaan sekä tasoristeysten ympäristö.

Tasoristeysten turvallisuuteen tähtäviä toimenpiteitä arvioitiin viidentoista kriteerin mukaan, joista keskeisimpiä tämän tutkimuksen kannalta olivat toimenpiteiden turvallisuusvaikutukset sekä kyseisten toimenpiteiden toteuttamiskustannukset. Laadittuja arviointikriteerien yhteenvertotaulukoita voi hyödyntää haettaessa sopivinta toimenpidettä tiettyä tilannetta tai tasoristeystä varten. Tehokkaimpia ovat seuraavat toimenpiteet, joiden tiedetään tutkimusten perusteella vähentävän tasoristeysonnettomuuksia yli 20 %:

- STOP-merkin asentaminen
- puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti
- tasoristeysten perusparantaminen
- tasoristeysten poistaminen
- valo- ja äänivaroituslaitos
- tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen
- paripuomien asentaminen
- puolipuomien asentaminen.

Lupaaviksi ja potentiaalisesti tehokkaiksi tunnistettiin seuraavat toimenpiteet, joiden vaikutuksen suuruudesta ei kuitenkaan ole luotettavia tutkimuksia:

- näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi
- turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus
- mobiilit varoituslaitteet
- varoitusvalo
- punaista päin ajamisen kameravalvonta.

Toimenpiteiden tehokkuus ja kustannukset voivat vaihdella huomattavasti ympäristöstä (mm. tien geometria ja kunto, sähkön saatavuus) ja olosuhteista (valoisuus, sää) riippuen. Usein tarjolla on useita vaihtoehtoisia ratkaisuja, joista on pyrittävä valitsemaan se, jolla tavoiteltava vaikutus ko. tilanteessa saadaan edullisimmin toteutettua.

Tiedot erilaisten toimenpiteiden turvallisuusvaikutuksista todettiin puutteellisiksi. Siksi on tärkeää, että vastaisuudessa kaikkiin turvallisuuden parantamissuunnitelmiin liitetään suunnitelma toteutuksen vaikutusten arvioimiseksi ja toteutuksessa varaudutaan vaikutusten arvioimisen mahdollistavan aineiston keruuseen.

**Anne Silla, Antti Seise och Veli-Pekka Kallberg: Kartläggning och utvärdering av åtgärder som förbättrar säkerheten vid plankorsningar.** Trafikverket, infrastruktur och miljö. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 7/2015. 49 sidor och 3 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-055-1.

**Nyckelord:** plankorsning, säkerhet, utvärdering

## Sammanfattning

Syftet med denna studie var att beskriva faktorer som förbättrar säkerheten vid plankorsningar samt att systematiskt utvärdera åtgärder som förbättrar säkerheten. På basis av analysen listades effektiva och lovande åtgärder som i framtiden skulle kunna förbättra säkerheten vid plankorsningar i Finland.

Om och när säkerheten eller otryggheten mäts med antalet olyckor och deras konsekvenser är vägens och järnvägens trafikmängd de viktigaste faktorerna och för olycksrisken är de viktigaste faktorerna plankorsningens säkerhetsanordningar. Andra viktiga faktorer är bl.a. fordonens hastigheter på vägarna och järnvägarna, antalet spår, sikten från vägen till spåret samt plankorsningens miljö.

Plankorsningarnas säkerhetsåtgärder utvärderades enligt femton kriterier, de viktigaste kriterierna för denna studie var åtgärdernas effekt på säkerheten samt kostnaden för dess genomförande. De sammanställda tabellerna kan användas i situationer då man vill hitta rätt åtgärd för en specifik situation eller plankorsning. De mest effektiva åtgärderna, som enligt studier minskar olyckor i plankorsningar med 20 %, var att:

- Installera STOP-märken
- Förhindra möjligheten att köra runt en halvbom strukturellt
- Sanera plankorsningen
- Avlägsna plankorsningen
- Ljud- och ljusanläggning
- Göra en modell av plankorsningens säkerhet
- Installera en parbom
- Installera en halvbom

Följande åtgärder identifierades som lovande och potentiellt effektiva, det finns dock inga tillförlitliga studier angående storleken av deras effekt:

- Röja sikten enligt bestämmelserna
- Säkerhets- och informationskampanjer
- Mobila varningsanordningar
- Varningsljus
- Kameraövervakning för körande mot rött ljus

Åtgärdernas effektivitet och kostnader kan variera avsevärt beroende på miljön (bl.a. vägens geometri och skick, tillgång till el) och omständigheterna (dagsljus, väder). Det finns ofta åtskilliga lösningar och man skall eftersträva att välja den lösning som förmånligast uppnår den önskade effekten.

Av denna studie framgick det också att informationen om olika åtgärders effekt på säkerheten är bristfällig. Därför är det viktigt att i alla framtida planer för förbättrad säkerhet, inkludera en plan för att bedöma effekten av genomförandet och att man är förberedd på att samla information under genomförandet.

**Anne Silla, Antti Seise and Veli-Pekka Kallberg: Survey and assessment of measures aiming to improve the safety of level crossings.** Finnish Transport Agency, Infrastructure and Environment. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 7/2015. 49 pages and 3 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-055-1.

**Keywords:** level crossing, safety, assessment

## Summary

The aim of this study was to describe the issues affecting the safety of level crossings and to survey and systematically assess measures aiming to improve it. The results enabled us to list the most effective and promising measures for improving the safety of level crossings in Finland in the future.

When safety, or lack of it, is determined from the number of accidents occurring at level crossings and the consequences of these accidents, the most important safety factors are the volumes of railway and road traffic and the level of existing protection (warning devices) at the crossings. Other important issues affecting the safety of level crossings include the speed of road and railway vehicles, number of tracks, sight distances and the environment of the level crossing.

Measures aiming to improve the safety of level crossings were assessed according to 15 criteria, of which the most relevant from the viewpoint of this study were the safety effects of the measure and the estimated cost of implementation. The summary of the assessment criteria is intended for decision makers looking for effective measures to be implemented in a specific situation or at a specific level crossing. Based on previous studies, the following safety measures were estimated to reduce level crossings accidents by more than 20%:

- Installation of a STOP sign
- Structural prevention of driving around closed half barriers
- Improvement of the characteristics of the level crossing
- Closing of a level crossing
- Light and sound signalling system
- Modelling of the safety of level crossings
- Installation of full barriers
- Installation of half barriers

Also based on previous studies, the following safety measures were estimated to be promising and have the potential to reduce level crossing accidents, even though no reliable information on their safety effects currently exists:

- Improvement of sight distances according to regulations
- Campaigns, education and enlightenment about safe behaviour at level crossings
- Mobile warning devices
- Installation of a warning light
- Red light running cameras

It should be noted that the effectiveness and cost of measures to improve the safety of level crossings may vary considerably depending on the prevailing surroundings (e.g. geometry of the road, availability of electricity) and circumstances (lighting conditions, weather). If several solutions are available, it is advisable to choose the one that can provide the desired effect at the lowest cost.

The results of this study show that several measures lack information on their effectiveness to improve the safety of level crossings. Thus it is important to include the collection of evaluation data as a central part of all incoming implementation processes. The collection of comprehensive evaluation data will enable the execution of a proper evaluation of the safety effects of proposed safety measures.

## Esipuhe

Tämä tutkimus on tehty tutkimusohjelmassa *Turvallinen liikenne 2025* (<http://www.vtt.fi/proj/tl2025/>). Ohjelman jäseniä vuonna 2014 olivat

- Liikennevirasto
- Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
- Nokian Renkaat Oyj
- VTT.

Tutkimuksen tekemiseen osallistuivat VTT:ssä Anne Silla, Antti Seise ja Veli-Pekka Kallberg. Raportin esitarkasti Juha Luoma. Raportin tekijät ovat kuitenkin vastuussa lopputuotoksesta.

Projektin ohjausryhmään kuuluivat Jarmo Koistinen ja Kari Lehtonen Liikennevirastosta, Kirsi Pajunen Liikenteen turvallisuusvirastosta ja Esko Värttiö Onnettomuustutkintakeskuksesta.

Helsingissä helmikuussa 2015

Liikennevirasto  
Infra ja ympäristö -osasto



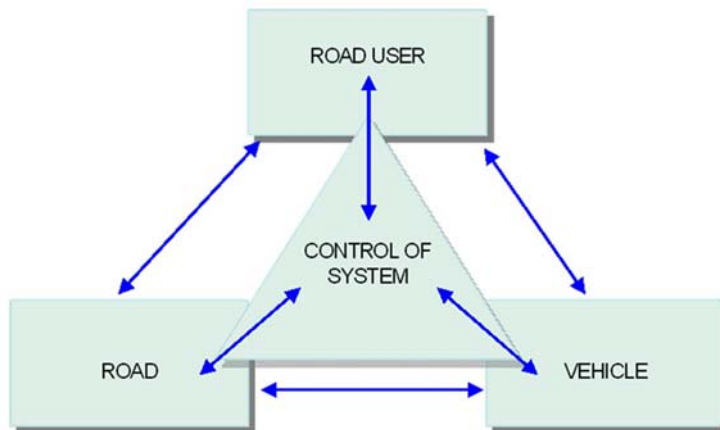
# Sisällysluettelo

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | JOHDANTO .....  | 8  |
| 1.1     | Näkökulmia turvallisuuteen.....   | 8  |
| 1.2     | Tasoristeysten turvallisuus .....   | 9  |
| 2       | TUTKIMUSMENETELMÄ .....   | 11 |
| 2.1     | Tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden kuvaus .....   | 11 |
| 2.2     | Aineiston keräys .....  | 11 |
| 2.3     | Arviointimenetelmä.....   | 11 |
| 2.4     | Arvioitavien toimenpiteiden määrittäminen .....   | 12 |
| 2.5     | Arvioinnin toteutus .....   | 13 |
| 2.6     | Analyysi .....  | 13 |
| 3       | TULOKSET .....  | 14 |
| 3.1     | Tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavat tekijät.....   | 14 |
| 3.1.1   | Tasoristeysten turvallisuutta selittävät tekijät .....  | 14 |
| 3.1.2   | Tasoristeystonnettomuuksien syntymiseen ja niiden vakavuuteen vaikuttavia tekijöitä .....   | 16 |
| 3.1.3   | Säädökset.....  | 17 |
| 3.2     | Arvioinnin kohteena olevat toimenpiteet.....  | 19 |
| 3.3     | Arviointi.....  | 21 |
| 3.3.1   | Vaikutusmekanismit.....   | 21 |
| 3.3.2   | Turvallisuusvaikutukset ja niiden kohdistuminen .....   | 23 |
| 3.3.3   | Vaikutusten pysyvyys.....   | 25 |
| 3.3.4   | Toimenpiteiden luokitus toimenpideryhmittäin .....  | 26 |
| 3.3.5   | Toimenpiteen soveltuvuus erilaisiin paikkoihin .....  | 29 |
| 3.3.6   | Toimenpiteen soveltuvuus erilaisiin olosuhteisiin.....  | 30 |
| 3.3.7   | Hinta .....   | 31 |
| 3.3.8   | Ylläpito.....   | 33 |
| 3.3.9   | Yhteensopivuus.....   | 35 |
| 3.3.10  | Teknologian kypsyyssaste .....  | 37 |
| 3.3.11  | Hyväksyttävyyys.....  | 38 |
| 3.3.12  | Yhteenveto .....  | 40 |
| 4       | TULOSTEN TARKASTELU.....  | 42 |
| 4.1     | Yleiset näkökulmat.....   | 42 |
| 4.2     | Suosituksat.....  | 42 |
|         | LÄHTEET .....   | 47 |
|         | LIITTEET  |    |
| Liite A | Toimenpidekohtainen lomake (lomake aukeaa linkistä)<br><a href="http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-07_liite_a_web.xls">http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-07_liite_a_web.xls</a>          |    |
| Liite B | Täytetyt arviointilomakkeet (lomake aukeaa linkistä)<br><a href="http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-07_liite_b_web.xls">http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-07_liite_b_web.xls</a>         |    |
| Liite C | Yhteenvetotaulukko toimenpiteittäin (lomake aukeaa linkistä)<br><a href="http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-07_liite_c_web.xls">http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-07_liite_c_web.xls</a> |    |

# 1 Johdanto

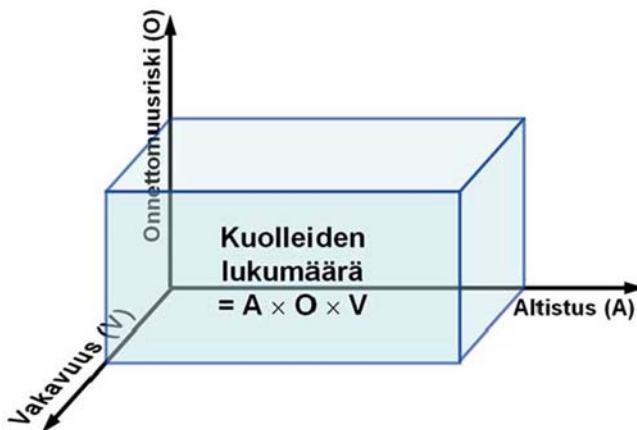
## 1.1 Näkökulmia turvallisuuteen

Tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä voidaan yleisellä tasolla kuvata monesta eri näkökulmasta. Tieliikenteen turvallisuustarkasteluissa käytetään usein kuvan 1 jaottelua, jossa korostetaan liikennejärjestelmän osien (ajoneuvot, tienkäyttäjät, liikenneympäristö ja järjestelmän säätely) välisiä vuorovaikutussuhteita.



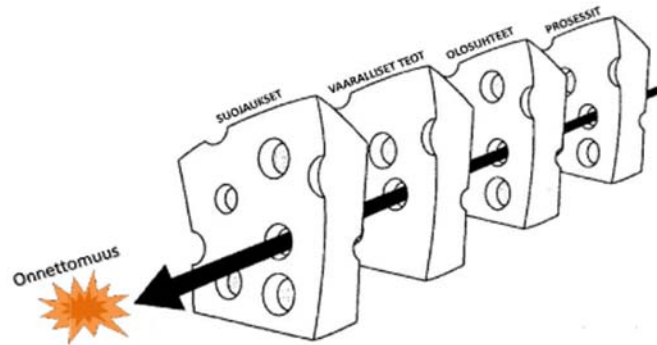
Kuva 1. Tieliikennejärjestelmä tienkäyttäjän, ajoneuvon, liikenneympäristön ja säätelyn vuorovaikutussuhteina (Roine & Luoma 2009).

Turvallisuus tai oikeammin turvattomuus voidaan myös nähdä kolmen tekijän (altistus, riski ja vakavuus) tulona (kuva 2). Tasoristeyksissä altistusta voidaan kuvata etenkin tien ja radan liikennemäärien funktioilla. Onnettomuusriski tarkoittaa tässä yhteydessä todennäköisyyttä, jolla riskille altistuva joutuu onnettomuuteen. Vakavuus kuvaa nimensä mukaisesti onnettomuuden seurausten vakavuutta.



Kuva 2. Liikenneturvallisuuden tarkastelukehikko (Nilsson 2004).

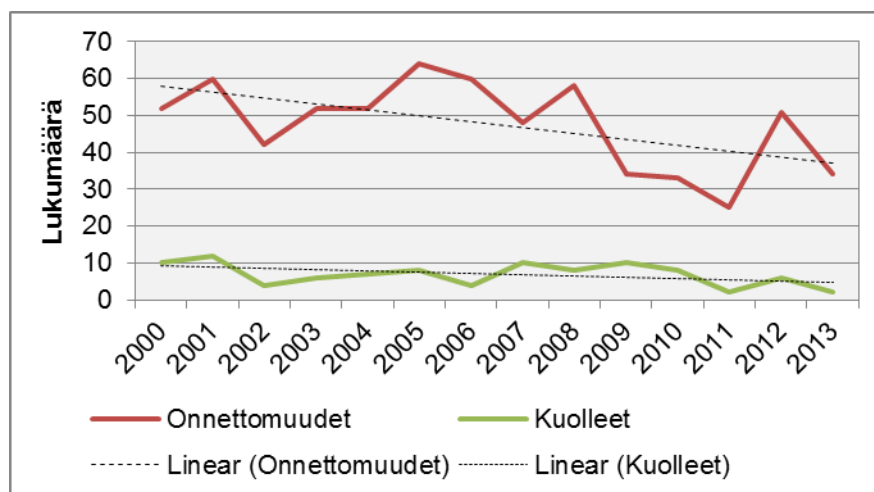
Tasoristeysten turvallisuuden tarkasteluun soveltuu hyvin myös Reasonin (2000) ns. reikäjuustomalli (kuva 3). Se korostaa eri organisaatiotasolla tehtyjen virheiden kasaantumista järjestelmään ja suojajärjestelmissä olevia ”reikiä”, joista virheet pääsevät läpi kuvan 3 tapaan.



Kuva 3. Reasonin reikäjuustomalli (Ahlroth & Pöllänen 2011; alkuperäinen lähde: Reason 2000).

## 1.2 Tasoristeysten turvallisuus

Tasoristeystonnettomuudet ovat rautatieliikenteen turvallisuuden kannalta merkittävä huolenaihe (Liikenteen turvallisuusvirasto 2014). Onnettomuuksia tapahtuu edelleen liikaa, vaikka reilun 10 vuoden ajanjakson tarkastelun mukaan tasoristeystonnettomuuksien määrän trendi on ollut 2000-luvulla laskeva ja kuolleiden määrän trendi on ollut lievästi laskeva (kuva 4).



Kuva 4. Tasoristeystonnettomuudet vuosina 2000–2013.

Myönteiseen turvallisuustilanteen kehitykseen on myötävaikuttanut se, että rautateiden tasoristeyksiä on viime vuosina poistettu keskimäärin 100 tasoristeyksen vuosivauhdilla (Liikennevirasto 2014a). Vuonna 2000 valtion rataverkolla oli 4 277 tasoristeystä (Onnettomuustutkintakeskus 2011) ja vuoden 2013 lopussa vastaava luku oli 2 945. Näistä vajaasta 3 000 risteyksestä 648 oli varustettu puomilaittein ja 47 valo- ja (tai) äänivaroituslaittein. Ilman varoituslaitteita oli 2 250 tasoristeystä (Liikennevirasto 2104b).

Liikenteen turvallisuusviraston (2014) laskelmien mukaan vuodesta 2006 vuoteen 2014 tasoristeyskuolemat vähenivät 3,5 % vuosittain, kun samana ajankohtana kaikki rautatiekuolemat vähenivät keskimäärin noin 5 % vuosivauhtia ja kaikki tieliikenteen onnettomuudet noin 8 %:n vuosivauhtia. Tasoristeysturvallisuus ei siis ole parantunut yhtä paljon kuin koko rautatie- tai tieliikenteen turvallisuus.

Tasoristeysten turvallisuustoimenpiteisiin liittyvää tutkimusta on tehty Suomessa useiden vuosien ajan. Myös muissa maissa on tehty runsaasti aiheeseen liittyviä tutkimuksia, joiden tuloksia voi hyödyntää Suomessa. Näitä tietoja ei ole kuitenkaan viime vuosina systemaattisesti koottu yhteen. Toimenpiteitä sekä niiden soveltuvuusalueita ovat aiemmin kartoittaneet mm. Pajunen & Katajisto (2000), mutta kyseisen tutkimuksen valmistumisesta on kulunut jo yli 10 vuotta.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kuvata tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä arvioida järjestelmällisesti turvallisuuden parantamistoimenpiteitä. Tehdyn analyysin perusteella listattiin tehokkaita ja lupaavia toimenpiteitä, joiden avulla voitaisiin parantaa Suomessa olevien tasoristeysten turvallisuutta tulevaisuudessa.

## 2 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä oli kirjallisuuskatsaus, jossa hyödynnettiin tieteellisiä julkaisuja sekä saatavilla olevia raportteja ja konferenssipapereita.

Työ toteutettiin kuudessa vaiheessa:

1. Tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden kuvaus
2. Aineiston keräys
3. Arviointimenetelmän kehittäminen
4. Arvioitavien toimenpiteiden määrittäminen
5. Arvioinnin toteutus
6. Analyysi

Työvaiheiden sisältöä kuvataan seuraavissa luvuissa.

### 2.1 Tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden kuvaus

Kirjallisuuden perusteella kartoitettiin laajasti ja eri näkökulmista tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Aineistona olivat mm. erilaiset teoreettiset ja käytännön tarpeisiin kehitetyt tasoristeysten turvallisuutta kuvaavat mallit, onnettomuusanalyysien tulokset sekä säädökset.

### 2.2 Aineiston keräys

Aineistona olivat ensisijaisesti Suomessa julkaistut tasoristeysten turvallisuuteen liittyvät raportit sekä kansainvälisten tasoristeyskonferenssien esitelmät. Lisäksi otettiin huomioon myös Liikenneviraston tasoristeyskäsittelyohjeet sekä edellä mainittujen julkaisujen lähteitä.

### 2.3 Arviointimenetelmä

Turvallisuustoimenpiteiden arvioinnin suunnittelussa hyödynnettiin kahdessa EU-projektissa kehitettyjä arviointimenetelmiä:

- SUPREME-projektissa käytetty tieliikenteen turvallisuustoimenpiteiden arviointimenetelmä (SUPREME 2007)
- RESTRAIL-projektin arviointimenetelmä, joka on muokattu edellisestä, mutta keskittyy rautatieliikenteen tahallisten ja tahattomien allejäätien estämiseen (Kallberg ym. 2012, Ryan & Kallberg 2013).

Näiden menetelmien arviointikriteereistä valittiin tasoristeysten kannalta olennaimmat, jonka jälkeen ne muokattiin tämän projektin tarkoitusta ja aihepiiriä vastaaviksi. Arvioinnin tulosten raportointia varten laadittiin toimenpidekohtainen lomake (liite A), johon tuli kaikkiaan 15 kohtaa:

1. Toimenpiteen kuvaus
2. Maat, joissa toimenpiteen tiedetään olevan käytössä
3. Vaikutusmekanismi
4. Vaikutus tienkäyttäjän toimintaan
5. Toimenpiteen luokittelu
6. Turvallisuusvaikutusten kohdistuminen
7. Millaisiin tasoristeyskseen soveltuu
8. Millaisissa olosuhteissa tehokkain
9. Turvallisuusvaikutus
10. Arvio vaikutuksen pysyvyydestä
11. Arvioitu hinta tasoristeystä kohti
12. Toimenpiteen ylläpito ja siihen liittyvät kustannukset
13. Yhteensopivuus
14. Teknologian kypsyysaste
15. Hyväksyttävyyys

Arviointikriteereiden lisäksi lomakkeella näkyy myös, millaisella luokittelulla eri kriteereitä on arvioitu. Aiempiin vastaaviin menetelmiin verrattuna menetelmässä on uutta erityisesti toimenpiteiden luokittelu vaikutusmekanismin mukaan:

- Parantaa junan havaittavuutta
- Parantaa tasoristeuksen havaittavuutta
- Säätelee tasoristeukseen menoa
- Alentaa tasoristeuksen lähestymisnopeuksia
- Lisää tietoisuutta tasoristeuksen vaarallisuudesta ja oikeanlaisesta käyttäytymisestä
- Parantaa tasoristeuksen fyysistä ympäristöä
- Parantaa kevyen liikenteen edellytyksiä tasoristeuksen turvalliseen ylittämiseen
- Tiedottaa ajantasaisesti tasoristeuksen tilasta
- Tukee tasoristeuksen turvallisuuden parantamistoimia

## 2.4 Arvioitavien toimenpiteiden määrittäminen

Arvioitaviksi otettiin mahdollisimman kattavasti kaikki tiedossa olevat ja kirjallisuudessa esiintyvät jo jossain maassa toteutetut tai muuten lupaaviksi arvioidut tasoristeysten turvallisuuden parantamiseen tarkoitettut toimenpiteet. Toisistaan vain vähän poikkeavia toimenpiteitä yhdistettiin yhden otsikon alle. Seuraavia toimenpiteitä ei kuitenkaan otettu arvioitaviksi:

- junan keulan vilkkuvat valot yms., koska Euroopan Unionin säädökset kieltävät kyseiset valot
- junan vihellysmerkki, koska vanhanmalliset vihellysmerkit eivät ole enää voimassa.

## 2.5 Arvioinnin toteutus

Toimenpiteet arvioitiin niin, että tutkijat esitäsivät arviointilomakkeet oman asiantuntemuksensa ja kirjallisuudesta saatujen tietojen perusteella. Sen jälkeen hankkeen ohjausryhmä kommentoi arviointeja ja tutkijat tekivät niiden perusteella arviointilomakkeisiin korjauksia ja tarkennuksia.

## 2.6 Analyysi

Analyysissa luotiin kokonaiskuva toimenpiteistä mm. tarkastelemalla niiden jakautumia eri arviointikriteerien sisäisessä luokittelussa. Toimenpiteittäin tehtyjä luokitteluja on esitetty tämän raportin tulososassa.

## 3 Tulokset

### 3.1 Tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavat tekijät

#### 3.1.1 Tasoristeysten turvallisuutta selittävät tekijät

Tasoristeysten turvallisuutta mittaavat, eri puolilla maailmaa laaditut mallit sisältävät tutkittua tietoa turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Taulukkoon 1 on koottu tiedot muuttujista, joita on tasoristeysten turvallisuutta kuvaavien mallien selittäjinä. Onnettomuuksille altistumista kuvaavat radan ja tien liikennemäärät ovat selittäjinä kaikissa malleissa, samoin kuin tasoristeuksen turvalaitteet. Muilta osin malleissa käytetyt muuttujat ilmeisesti riippuvat ainakin erilaisten tasoristeysten kuvaavien tietojen saatavuudesta sekä mallin tavoitteista: pyritäänkö vain kuvaamaan tasoristeysten turvallisuuseroja vai myös selvittämään erilaisten tekijöiden vaikutuksia niihin. Näin ollen taulukon perusteella ei voi tehdä päätelmiä turvallisuutta selittävien tekijöiden keskinäisestä tärkeysjärjestyksestä. Ei myöskään ole takeita siitä, että kaikki tärkeät selittäjät ovat taulukossa mukana, vaikka muuttujia on yli 30. Esimerkiksi tasoristeyskäyttäytymisen valvonnan voi olettaa vaikuttavan turvallisuuteen, vaikka sitä ei ole käytetty malleissa selittäjänä. Ilmeisesti missään ei ole toteutettu valvontaa laajasti. Mckenzie-Kerrin ym. (2010) selaimella käytettävässä riskinhallintatyökalussa luetaan 123 toimenpidettä, jotka voivat vaikuttaa tasoristeysten turvallisuuteen suoraan tai välillisesti (Level crossing risk management toolkit 2014).



Taulukko 1. Tasoristeyksessä tapahtuvien onnettomuuksien lukumäärää selittävissä malleissa käytetyt muuttujat.

| Selittävä muuttuja                                 | Malli  |  |  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |
|--|--|--|--|--|---|--------------------------------------|--|--|-------------------------------------|------------------------------|
|  | U.S. D.O.T. Transportation Accident Prediction Model (mallista on useita versioita) <sup>1</sup> | New Hamshire Hazard Index <sup>1</sup> | NCHRP Report 50 Accident Prediction Formula <sup>1</sup> | Peabody-Dimnick Accident Prediction Formula <sup>1</sup> | Florida Department of Transportation Accident Prediction Model <sup>1</sup> | Schopper and Hoyt Model <sup>2</sup> | Coleman and Steward Model <sup>2</sup> | Table of factors that should be considered in a safety assessment <sup>3</sup> | Saccamanno & Lai model <sup>4</sup> | Tarva LC-mallit <sup>5</sup> |
| Radan liikennemäärä                                | X  | X                                      | X  | X  | X   | X                                    | X                                      | X  | X                                   | X                            |
| Tien liikennemäärä                                 | X  | X                                      | X  | X  | X   | X                                    | X                                      | X  | X                                   | X                            |
| Tasoristeyksen onnettomuushistoria                 | X  |  |  |  | X   |                                      |  |  |                                     | X                            |
| Ympäristö (taajama/maaseutu, häiriötekijät)        | X  | X                                      | X  |  |   | X                                    | X                                      | X  |                                     |                              |
| Varoituslaitos (erilaisia)                         | X  | X                                      | X  | X  | X   | X                                    | X                                      | X  | X                                   | X                            |
| Junien nopeus (tai nopeusrajoitus)                 | X  | X                                      |  |  | X   |                                      |  | X  | X                                   | X                            |
| Raiteiden lukumäärä                                | X  | X                                      |  |  |   |                                      | X                                      | X  | X                                   |                              |
| Radan linjaus                                      |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Radan luokka (päärata)                             |  |  |  |  |   |                                      |  |  | X                                   |                              |
| Tasoristeyksessä olevat laitteet                   |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Kauttakulkevien junien lukumäärä/vrk päivänvalossa | X  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |
| Vaihtotyöyksiköiden lukumäärä/vrk                  | X  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |
| Nopeiden/hitaiden junien lkm                       |  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |
| Junien lkm päivällä/yöllä                          | X  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |
| Raideliikenteen opastimet                          |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Vihellyskielto                                     |  |  |  |  |   |                                      |  |  | X                                   |                              |
| Aseman läheisyys                                   |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Tieliikenteen nopeus (tai nopeusrajoitus)          |  | X                                      |  |  | X   |                                      |  | X  | X                                   | X                            |
| Tieluokka  | X  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  | X                                   |                              |
| Kaistojen lukumäärä tiellä                         | X  | X                                      |  |  | X   | X                                    |  | X  |                                     |                              |
| Risteyskulma                                       |  | X                                      |  |  |   | X                                    |  |  | X                                   |                              |
| Tien geometria                                     |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Tien päällyste                                     | X  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  | X                                   | X                            |
| Tien päällysteen kunto                             |  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |
| Tasoristeyksen tai tien leveys                     |  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  | X                                   |                              |
| Näkemät  |  | X                                      |  |  | X   |                                      |  | X  |                                     | X                            |
| Tiekulkuneuvotyypit (esim. linja-autot)            |  | X                                      |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Jalankulkijat                                      |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Liikuntarajoitteiset                               |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Kevyen liikenteen järjestelyt                      |  |  |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Tieliittymän läheisyys                             |  | X                                      |  |  |   |                                      |  | X  |                                     |                              |
| Vaarallisia aineita kuljettavat autot              |  | X                                      |  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |
| Tien kaltevuus                                     |  | X                                      |  |  |   | X                                    |  |  |                                     |                              |
| Stop-merkit  |  |  | X  |  |   |                                      |  |  |                                     |                              |

<sup>1</sup> Federal Highway Administration 2007

<sup>2</sup> Park 2007

<sup>3</sup> Ubalde et al. 2004

<sup>4</sup> Saccamanno & Lai 2004

<sup>5</sup> Peltola ym. 2012.

Taulukosta 1 puuttuvat myös monet tienkäyttäjien käyttäytymistä kuvaavat tekijät, joilla voi olla turvallisuuteen merkittävä vaikutus, joka voi lisäksi vaihdella alueellisesti ja tasoristeyskohtaisesti. Esimerkkejä tällaisista tekijöistä ovat turva- ja varoitustilanteiden noudattamatta jättäminen, alkoholin ja huumeaineiden vaikutus, väsymys ja tiedon puute oikeasta käyttäytymisestä, joihin tulisi kiinnittää huomiota tasoristeysten riskikartoituksissa (Railway Safety & Standards Board 2008, Nelson 2008).

### 3.1.2 Tasoristeysongelmien syntymiseen ja niiden vakavuuteen vaikuttavia tekijöitä

Tasoristeysongelmien syntymiseen ja niiden vakavuuteen vaikuttavia asioita on runsaasti ja niitä voidaan luokitella usealla eri tavalla. Luokittelun näkökulma voi vaihdella esim. käyttötarkoituksen mukaan. Kallbergin ja Hytösen (2001) tutkimuksessa asiaa käsiteltiin erityisesti tien- ja radanpitäjän näkökulmasta ja keskeisimmiksi tekijöiksi listattiin varoitustilanteet, tasoristeysten lukumäärä, liikenne, näkemät ja tieympäristö.

Seuraavassa tasoristeysongelmien syntymiseen ja niiden vakavuuteen vaikuttavia asioita on listattu perustuen Caird ym. (2002) tekemään luokitteluun, johon on otettu keskeisesti mukaan myös ihmisen käyttäytymiseen liittyviä tekijöitä:

- Tienkäyttäjän turvaton toiminta: tienkäyttäjä lähestyy tasoristeystä liian suurella nopeudella ja/tai tienkäyttäjä ei tarkkaile junan tuloa. Tienkäyttäjän tarkkaavaisuus on tasoristeystä lähestyttäessä kiinnittynyt esimerkiksi auton puhelimen käyttöön. Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen (Tung & Khattak 2014) mukaan 27 %:lla ajoneuvon kuljettajista heidän tarkkaavaisuutensa oli kiinnittynyt ajotehtävän lisäksi toissijaiseen toimintaan (esim. tupakointi, puhelimesta puhuminen tai kanssamatkustajan kanssa keskustelu).
- Tienkäyttäjien yksilölliset erot: tienkäyttäjällä voi olla puutteelliset tiedot turvallisuudesta käyttäytymisestä tasoristeystä ylitettäessä tai tienkäyttäjä ei tiedota tasoristeuksen vaarallisuutta. Taustalla vaikuttavat mm. tasoristeuksen ylittämisen tuttuus, tasoristeys- ja varoitusmerkkien havaitseminen ja sisällön ymmärtäminen, kyky havaita juna ajoissa ja tehdä päätös siitä, miten tilanteessa toimitaan sekä kyky arvioida junan lähestymiseen kuluva aika. Lisäksi tienkäyttäjän ajokyky voi heikentyä mm. alkoholin, lääkkeiden tai huumeiden vaikutusten takia.
- Junan havaittavuus: junan näkymistä voivat estää tai heikentää mm. erilaiset näkemäesteet (rakennukset tai puusto), radan ja tien välinen risteyskulma (erityisesti tilanteissa, joissa risteyskulma on erityisen suuri tai pieni) sekä tasoristeuksen pituuskaltevuus. Näiden lisäksi erilaiset olosuhdetekijät (mm. sää ja valaistusolosuhteet) voivat vaikeuttaa junan havaitsemista.
- Passiiviset merkit ja merkinnät: nämä informoivat tienkäyttäjää siitä, että hän lähestyy rautatien tasoristeystä. Passiivisten merkkien ja merkintöjen tehokkuus riippuu siitä, miten hyvin ajoneuvon kuljettajan havaitsee ne, ymmärtää niiden sisällön sekä noudattaa niiden viestiä. Informaationvälitykseen vaikuttaa puolestaan merkkien ja merkintöjen sijoitus ja kunto.

- Aktiiviset varoitusjärjestelmät: nämä välittävät tienkäyttäjälle ajantasaista tietoa tasoristeystä lähestyvästä junasta ja siten ohjaavat tienkäyttäjien toimintaa tasoristeyksessä. Tämän lisäksi puomilaitokset säätelevät tasoristeykseen menoa. Passiivisten merkkien ja merkintöjen tapaan myös aktiivisten varoitusjärjestelmien tehokkuus riippuu siitä, miten hyvin ajoneuvon kuljettajan havaitsee ne, ymmärtää niiden sisällön sekä noudattaa niiden viestiä.
- Fyysiset rajoitteet: Junien suuri nopeus ja massa (ja vähäinen kitka) aiheuttavat sen, että junat eivät pysähdy nopeasti. Vaikka veturinkuljettaja havaitsisi tasoristeyksessä esteen, on pysähtyminen ennen sitä useimmissa tapauksissa mahdotonta. Junien suuren massan ja nopeuden takia myös seuraukset ovat usein suuria, jos juna törmää autoon tai ihmiseen. Juna ei myöskään voi väistää missään olosuhteissa.

### 3.1.3 Säädökset

Tasoristeuksia koskevia säädöksiä ja ohjeita on annettu sekä Euroopan Unionin direktiiveissä ja komission päätöksissä että kansallisella tasolla lainsäädännössä, asetuksissa ja ohjeissa. Euroopan Unionin direktiiveissä ja komission päätöksissä esitetään muun muassa, että jäsenvaltioiden pitää asettaa tutkintaelin selvittämään rautateillä tapahtuneet vakavat onnettomuudet sekä vaaratilanteet. Suomessa turvallisuustutkintalaki (525/2011) määrää, että tutkintaelin on Onnettomuustutkintakeskus. Tasoristeuksia koskevia lakeja ovat maankäyttö- ja rakennuslaki, ratalaki, maantielaki ja tieliikennelaki.

Tieliikennelain 7 § asettaa tasoristeuksen turvallisen ylitysvastuun yksiselitteisesti tienkäyttäjälle: ”Junalle on annettava esteetön kulku. Rautatien tasoristeystä lähestyvän tienkäyttäjän on noudatettava erityistä varovaisuutta ja mahdollisista suoja-laitteista huolimatta tarkkailtava, onko juna tulossa. Kuljettajan on tällöin käytettävä sellaista nopeutta, että ajoneuvon voi tarvittaessa pysäyttää ennen rataa. Rautatietä ei saa lähteä ylittämään, jos juna lähestyy taikka valo-opaste velvoittaa pysähtymään, erityinen ääniopaste kuuluu taikka puomi on alhaalla tai liikkuu. Tällöin on pysähdytävä turvallisuudelle etäisyydelle radasta, ennen opastinta tai puomia. Kun rautatien saa ylittää, se on tehtävä viipymättä.”

Lisäksi tieliikennelaissa määrätään, että sekä tasoristeyksessä että välittömästi ennen tasoristeystä on voimassa ohituskielto (TLL 18 §) ja että ajoneuvon pysäköinti 30 m ennen tasoristeystä on kielletty (TLL 28 §). Tienkäyttäjällä ei myöskään saa jättää tasoristeykseen mitään, mikä voi vaarantaa junaliikenteen turvallisuuden. Jos näkemäalueella on jokin este, joka saattaa aiheuttaa vakavaa vaaraa, on tienkäyttäjän, mahdollisuuksiensa mukaan, poistettava vaaraa aiheuttava näkemäeste tai ilmoitettava asiasta poliisille tai tienpitäjälle (Liikennevirasto 2014c).

Radan- ja tienpitäjän on huolehdittava siitä, että tasoristeys on mahdollista ylittää turvallisesti ja että tienkäyttäjää tuetaan hänen tehtävässään. Rautatien tasoristeysmerkin sekä liikennevalot ja sulku- ja varoituslaitteet tasoristeykseen asettaa rautatien kunnossapitäjä (TLL 51 §) kun taas tasoristeuksen varoitusmerkit asentaa ja pitää kunnossa tienpitäjä. Radanpitäjä huolehtii tasoristeuksen tien ja radan kunnosta tasoristeuksen kannen leveydeltä, muutoin tasoristeuksen tiestä sekä talvikunnossapidosta vastaa tienpitäjä (Ratalaki 89 §).

Radanpitäjä lähtee siitä peruseriaatteesta, että tarkkaavaisella, motivoituneella ja normaalikuntoisella tienkäyttäjällä on normaaliolosuhteissa mahdollisuus ylittää tasoristeys turvallisesti (Liikennevirasto 2012). Tämän lisäksi radanpitäjä olettaa, että tienkäyttäjät noudattaa aiemmin mainitun Tieliikennelain 7 §:n mukaisia määräyksiä. On kuitenkin tunnettua, että ihmisen toimintaan sisältyy jatkuvasti tahattomia virheitä (havaintovirheet, tarkkaavaisuuden virheellinen suuntaaminen, tilanteen tulkintavirheet, junan nopeuden arviointivirheet yms.).

Tieliikenneasetuksessa määritetään tasoristeykseen asetettavista liikennemerkeistä (182/1982) ja liikenne- ja viestintäministeriön näkemäasetuksessa (65/2011) säädetään uusien ja parannettavien tasoristeysten näkemistä.

Liikenteen turvallisuusviraston määräystä radan rakenteesta ja kunnossapidosta (TRAFI/14473/03.04.02.00/2010) sovelletaan uusiin ja parannettaviin tasoristeyksiin. Määräyksessä esitetään myös, että TEN-verkolla (Eurooppaan määritetty Trans European Network; Euroopan laajuinen rautatieverkko) sijaitsevan tasoristeyksen on oltava määräyksen mukainen viimeistään vuoden 2030 loppuun mennessä, tai tasoristeys on poistettava käytöstä. Suomessa TEN-verkkoon kuuluu pääosa pääradoista.

Liikenneviraston ratateknisissä ohjeissa (RATO) on esitetty tasoristeysten turvalaitteiden ohjeet (RATO osa 6) sekä perusteet tasoristeysten suunnittelulle, rakentamiselle ja kunnossapidolle (RATO osa 9). Osassa 9 käsitellään muun muassa näkemiä, tasoristeykseen johtavan tien tielinjaa ja tasausviivaa sekä risteyskulmaa, tien poikkileikkausta, tieliikennemerkkejä ja niiden sijoittamista, tasoristeyksen kunnossapitoa sekä tasoristeysten turvallisuuden parantamistoimenpiteitä. Liikenneviraston ohje Tien suunnittelu tasoristeyksessä (ohje 3/2012, 23.4.2012) korvaa osan RATO osan 9 ohjeista.

Liikenneviraston teknisissä toimitusehdoissa (1035/732/99, 27.7.1999) esitetään ohjeita tasoristeysten turvalaitteiden hankinnasta, tarkastuksista ja asennuksista.

Liikenneviraston ohje Yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä (2003) sisältää tieliikenneasetuksen mukaisten liikennemerkkien sekä lisäkilpien ja muiden vahvistettujen liikenteenohjauslaitteiden käyttö- ja sijoitusohjeet.

Liikenneviraston ohjeessa Nopeusrajoitukset (2009) annetaan periaateohjeita nopeusrajoituksen asettamiseksi maanteiden tasoristeykseen.

## 3.2 Arvioinnin kohteena olevat toimenpiteet

Arvioinnin kohteena oli 37 toimenpidettä, jotka on listattu kuvauksineen taulukossa 2.

Taulukko 2. Arvioinnin kohteena olevat toimenpiteet.

| Nro | Toimenpide  | Kuvaus   |
|-----|---|--|
| 1   | Junan keulan näkyvyyden parantaminen                | Junan keulan varustaminen heijastavalla materiaalilla  |
| 2   | Tasoristeykspeili                                   | Tasoristeykseen asennettava peili, joka auttaa tienkäyttäjää näkemään radan suuntaan ja havaitsemaan saapuvan junan aikaisemmin  |
| 3   | Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi          | Näkemien parantaminen radan varren kasvillisuutta raivaamalla  |
| 4   | Portaali  | Portaali on tasoristeykseen ennen rataa asennettava suorakulmainen näkyvästi maalattu kehikko, jolla lisätään tasoristeyksen huomioarvoa ja jonka läpi tasoristeykseen kuljetaan   |
| 5   | Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo | Lähestyvistä autosta aktivoituva tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo, joka varoittaa autonkuljettajaa lähestyvistä tasoristeyksestä  |
| 6   | Aktiivinen varoitusmerkki                           | Lähestyvistä ajoneuvosta aktivoituva (esim. vilkkuva) liikennemerkki, joka varoittaa autonkuljettajaa lähestyvistä tasoristeyksestä  |
| 7   | Puomin havaittavuuden parantaminen                  | Puomin havaittavuutta parantavat esimerkiksi puomiin asennettavat tukevilta näyttävät riippuvat lisäpuomit, puomiin asennettavat muoviset roikkuvat kettingit, jotka lisäävät aitavaikutelmaa tai puomiin asennettavat kirkkaat ja tiheästi vilkkuvat LED-valot  |
| 8   | STOP-merkki   | Merkki, joka velvoittaa ajoneuvon kuljettajaa pysähtymään ennen tasoristeyksen ylittämistä. Tarpeellinen erityisesti tasoristeyksissä, joissa näkemät radalle aukeavat vasta suhteellisen lähellä rataa.   |
| 9   | Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä          | Kestopäälystetyillä teillä tasoristeyksen kohdalla tien tehtävät tiemerkinnot, joiden tarkoituksena on, etteivät autoilijat pysähtyisi tasoristeyksen kohtaan vaikka liikennetilanne niin näyttäisi edellyttävän   |
| 10  | Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti      | Puolipuomilaitokseen kohdistetaan toimenpiteitä, joilla hankaloitetaan tai estetään puomien kiertäminen niitä rikkomatta (esim. puomin pituuden lisääminen tai tien kanavoiminen rakentamalla tien keskelle aita tai keskikoroke)  |
| 11  | Puomien ajoituksen vakioiminen                      | Puomien laskeutumisajan säätäminen siten, että aika juna tuloon olisi aina mahdollisimman vakio  |
| 12  | Paripuomien asentaminen                             | Puolipuomien korvaaminen vilkkaimmissa tasoristeyksissä (esim. taajamissa) paripuomeilla, jotka sulkevat tasoristeyksen kokonaan   |
| 13  | Puolipuomien asentaminen                            | Puomilaitos, jossa on ääni- ja valovaroituslaitteiden lisäksi puolipuomit, jotka sulkevat tasoristeykseen johtavan kais-tan ennen junan tuloa  |
| 14  | Käsin avattavat puomit ja portit                    | Tasoristeykseen ajaminen edellyttää, että tienkäyttäjä avaa puomin tai portin. Ylityksen jälkeen tienkäyttäjä sulkee sen, tai puomi/portti sulkeutuu tietyn ajan jälkeen automaattisesti (esim. jousikoneistolla). Puomi voi myös olla lukittava (mm. työnaikaisissa tilapäisissä tasoristeyksissä tai muissa hyvin vähäliikenteisissä tasoristeyksissä). Lukitun puomin avaaminen voi edellyttää liikenteenohjauksen lupaa. |

| Nro | Toimenpide  | Kuvaus  |
|-----|---|---|
| 15  | Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              | Ajoneuvokohtaisia ajokieltoja voidaan asettaa tasoristeyksiin, joissa on todettu, että näkemän puitteissa tietyillä ajoneuvoryhmillä (usein ajoneuvoyhdistelmillä) tasoristeyksen ylittämiseen kuluva aika on kriittinen suhteutettuna lähestyvän junan nopeuteen                                     |
| 16  | Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              | Kaikki tasoristeyksestä varoitavat liikennemerkit, mukaan lukien lähestymismerkit   |
| 17  | Hidastetöyssyt  | Tasoristeykseen johtavalle tielle tehtävät töyssyt, joilla alennetaan tasoristeystä lähestyvien ajoneuvojen nopeutta  |
| 18  | Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | Asetetaan tasoristeykseen ympäröiviä tieosia alempi nopeusrajoitus  |
| 19  | Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      | Ajoratamaalauksilla, reunapaaluilla tai istuttamalla kasvillisuutta luodaan vaikutelma, että nopeuden pitäminen ennallaan tuntuu nopeuden kasvulta  |
| 20  | Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               | Tiedottamalla säännöllisesti tasoristeysten vaaroista ja oikeista toimintatavoista ohjataan tienkäyttäjää turvallisiin toimintatapoihin tasoristeyksissä (esim. ILCAD)  |
| 21  | Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                | Odotustasanteiden korjaaminen ohjeiden edellyttämään kuntoon  |
| 22  | Tasoristeysten perusparantaminen                          | Tasoristeysten perusparantamisen yhteydessä kaikki tasoristeyksen ominaisuudet (mm. näkemät, tien kaltevuudet, risteyskulmat, päällyste, kansirakenteet, varoituslaitteet ja liikennemerkit) laitetaan vähintään vaatimusten mukaiseen kuntoon  |
| 23  | Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  | Tien ja radan välisen kulman linjauksen muuttaminen ohjeen mukaiseksi niin, että kaikenlaisista ajoneuvoista on riittävän hyvä näkyvyys radan suuntaan  |
| 24  | Tasoristeyksen poistaminen                                | Rakennetaan tasoristeyksen tilalle ali- tai ylikulku tai poistetaan tasoristeys ja ohjataan sen liikenne toiseen olemassa olevaan tasoristeykseen tai ali- tai ylikulkuun   |
| 25  | Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen | Vähennetään tien huonosta kunnosta johtuvia ominaisuuksia (esim. kuopat, lumi, liukkaus), jotka voivat huonontaa tieliikenteen mahdollisuuksia tasoristeyksen turvalliseen ylittämiseen.  |
| 26  | Kevyen liikenteen karsinat                                | "Karsina" on rakenne, joka estää kevyttä liikennettä ylittämästä rataa kulkusuuntaa muuttamatta. Se myös pakottaa polkupyöräilijät hiljentämään vauhdin kävelynopeuteen.  |
| 27  | Kevyen liikenteen puomit                                  | Kokopuomien asentaminen kevyen liikenteen väylälle  |
| 28  | Laituripolun varoituslaitos                               | Valovaroituslaitos, jolla varoitetaan asemalaiturille menossa olevia tai sieltä tulevia lähestyvistä junista valopastimilla ja varoituskelloilla  |
| 29  | Varoitusvalolaitos  | Tasoristeysmerkkiin liitetty valo-opastin, joka varoittaa lähestyvistä junista. Saa energian sähköverkosta ja edellyttää radan kaapelointia.  |
| 30  | Valo- ja äänivaroituslaitos                               | Lähestyvistä junista tasoristeyksessä valo-opastimella ja äänihälytyksellä varoitettava laitos, joka saa energiansa sähköverkosta ja tieto lähestyvistä junista saadaan tasoristeykseen kaapelilla  |
| 31  | Varoitusvalo <sup>1</sup>                                 | Lähestyvistä junista tasoristeyksessä olevalla vilkkuvalolla varoitettava laitteisto, joka saa energiansa muualta kuin kiinteästä sähköverkosta (aurinkopaneelit, ohiajan junan liike-energia) ja tiedon lähestyvistä junista muualta kuin perinteisestä virtapiiristä (GPS, akustinen anturi, tutka) |

<sup>1</sup> Liikenneviraston terminologiassa *huomiolaite*.

| Nro | Toimenpide                                       | Kuvaus   |
|-----|--|--|
| 32  | Mobiilit varoituslaitteet                        | Mobiililla varoituslaitteella tarkoitetaan tiekulkuneuvossa olevaa mobiili-/päätelaitetta, joka tasoristeystä lähestyttäessä informoi kuljettajaa tasoristeystä samanaikaisesti lähestyvistä junasta                   |
| 33  | Punaista päin ajamisen kameravalvonta            | Tasoristeukseen asennettava valvontakamera, joka valvoo, etteivät tienkäyttäjät aja tasoristeukseen punaisen hälytysvalon palaessa   |
| 34  | Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection) | Tasoristeystä valvova järjestelmä, joka automaattisesti välittää hälytyksen liikenteenohjaukselle ja/tai lähestyvän junan kuljettajalle, kun tasoristeyksessä on ajoneuvo tai muu este, johon juna on vaarassa törmätä |
| 35  | Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen     | Seurataan aktiivisesti, miten muualla maailmassa parannetaan tasoristeysten turvallisuutta ja arvioidaan muissa maissa hyviksi todettujen käytäntöjen/ratkaisujen soveltuvuutta Suomeen                                |
| 36  | Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen      | Yksittäisten tasoristeysten turvallisuuden ja parantamistoimenpiteiden vaikutuksen arviointi perustetaan olemassa olevaa tietoa parhaiten hyödyntäviin malleihin   |
| 37  | Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                | Tasoristeysten rakenteeseen, ominaisuuksiin ja varusteisiin kohdistuvien ohjeiden ja säädösten jatkuva päivittäminen niin, että niissä otetaan huomioon alan kehitys ja erityisesti uuden teknologian hyödyntäminen    |

### 3.3 Arviointi

Kukin toimenpide arvioitiin luvussa 2.3 esitettyjen kriteerien mukaan. Kaksi ensimmäistä kriteeriä keskittyivät toimenpiteen kuvaukseen ja niiden maiden listaamiseen, joissa kyseisen toimenpiteen tiedettiin olevan käytössä. Kolmentoista muun kriteerin osalta vastaukset annettiin ennalta määritettyjen luokitteluiden mukaisesti, joiden lisäksi arviota täydennettiin jossain kohdin vapaan tekstin muodossa. Arviointilomakkeiden sisältöjä ei käsitellä tässä raportissa kattavasti, vaan tarkoituksena on pikemminkin antaa lukijalle yleiskuva turvallisuustoimenpiteistä sekä niiden ominaisuuksista esittelemällä arviointilomakkeilla olevien arviointikriteerien luokitteluja. Täytetyt arviointilomakkeet löytyvät tämän raportin liitteestä B.

Arviointilomakkeilla olevien arviointikriteereiden luokitteluista tehtiin yhteenvetotaulukko toimenpiteittäin (liite C), joka on tarkoitettu hyödynnettäväksi, kun halutaan löytää soveltuvin toimenpide tai soveltuvimpia toimenpiteitä tiettyä tilannetta tai tasoristeystä varten.

Seuraavissa alaluvuissa lomakkeilla olevia arviointikriteereitä esitellään keskeisimmistä lähtien; aloitetaan vaikutusmekanismista ja turvallisuusvaikutuksista.

#### 3.3.1 Vaikutusmekanismit

Arvioinnissa mukana olleet toimenpiteet on listattu vaikutusmekanismeittain taulukossa 3. Vaikutusmekanismilla kuvataan tapaa, jolla toimenpiteen oletetaan parantavan tasoristeysten turvallisuutta.

Taulukko 3. Toimenpiteet vaikutusmekanismeittain.

| Vaikutusmekanismi   | Toimenpiteet  |
|---|---|
| Parantaa junan havaittavuutta   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Junan keulan näkyvyyden parantaminen</li> <li>- Tasoristeyspeili</li> <li>- Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi</li> </ul>  |
| Parantaa tasoristeyksen havaittavuutta  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Portaali</li> <li>- Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo</li> <li>- Aktiivinen varoitusmerkki</li> <li>- Puomin havaittavuuden parantaminen</li> </ul>  |
| Säätää tasoristeykseen menoa  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- STOP-merkki</li> <li>- Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinnoilla</li> <li>- Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti</li> <li>- Puomien ajoituksen vakioiminen</li> <li>- Paripuomien asentaminen</li> <li>- Puolipuomien asentaminen</li> <li>- Käsin avattavat puomit ja portit</li> <li>- Ajoneuvokohtaiset ajokiellot</li> </ul> |
| Alentaa tasoristeyksen lähestymisnopeuksia  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo</li> <li>- Aktiivinen varoitusmerkki</li> <li>- Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki</li> <li>- Hidastetöyssyt</li> <li>- Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä</li> <li>- Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella</li> </ul>                              |
| Lisää tietoisuutta tasoristeyksen vaarallisuudesta ja oikeanlaisesta käyttäytymisestä | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus</li> <li>- Punaista päin ajamisen kameravalvonta</li> </ul>  |
| Parantaa tasoristeyksen fyysistä ympäristöä   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi</li> <li>- Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus</li> <li>- Tasoristeysten perusparantaminen</li> <li>- Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen</li> <li>- Tasoristeyksen poistaminen</li> <li>- Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen</li> </ul>                       |
| Parantaa kevyen liikenteen edellytyksiä tasoristeyksen turvalliseen ylittämiseen      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kevyen liikenteen karsinat</li> <li>- Kevyen liikenteen kokopuomit</li> <li>- Laituripolun varoituslaitos</li> </ul>   |
| Tiedottaa ajantasaisesti tasoristeyksen tilasta                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Varoitusvalolaitos</li> <li>- Valo- ja äänivaroituslaitos</li> <li>- Varoitusvalo</li> <li>- Mobiilit varoituslaitteet</li> <li>- Esteen tunnistusjärjestelmä</li> </ul>   |
| Tukee tasoristeyksen turvallisuuden parantamistoimia                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen</li> <li>- Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen</li> <li>- Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen</li> </ul>  |



### 3.3.2 Turvallisuusvaikutukset ja niiden kohdistuminen

Arviot turvallisuusvaikutuksista perustuivat pääasiassa (1) käytävissä olevien tutkimusten tuloksiin ja (2) tasoristeysten turvallisuusvaikutusten arviointiohjelmassa (TarvaLC) käytettyihin vaikutusarvioihin (Peltola ym. 2012). Turvallisuusvaikutukset arvioitiin vain, jos jompikumpi tai molemmat edellä mainitut tiedot olivat saatavilla. Toimenpiteiden vaikutusten suuruutta tasoristeys-onnettomuuksien vähentymiseen arvioitiin seuraavan luokituksen mukaisesti:

- < 5 %
- 5–20 %
- 20–50%
- >50 %
- ei tietoa (tutkimustietoa ei saatavilla).

Muutamien toimenpiteiden turvallisuusvaikutuksia ei pystytty kirjaamaan yksiselitteisesti vain yhteen luokkaan. Tällaisia olivat esim. puomin havaittavuuden parantaminen, jonka arvioitiin vähentävän < 5 % ajoneuvoliikenteen onnettomuuksia ja 5–20 % kevyen liikenteen onnettomuuksia. Toisena esimerkkinä on tasoristeysten poistaminen, jonka turvallisuusvaikutukset riippuvat olennaisesti siitä, mihin poistettavan tasoristeysten liikenne ohjataan.

Alle 5 %:n turvallisuusvaikutuksia arvioitiin olevan seitsemällä eri toimenpiteellä, joita ovat esim. portaalit ja tasoristeyksestä varoittavat liikennemerkkit (Taulukko 4). Tyypillisesti toimenpiteiden arvioitiin vähentävän onnettomuuksia 5–20 % (esim. aktiivinen varoitusmerkki, hidastetöyssyt sekä varoitusvalolaitos). Yli 20 %:n turvallisuusvaikutukset arvioitiin kahdeksalle toimenpiteelle, joista yhden arvioitiin vähentävän onnettomuuksia yli 20 % (tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen), neljän 20–50 % (esim. puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti ja valo- ja äänivaroitustilaitos) sekä kolmen yli 50 % (esim. pari- tai puolipuomien asentaminen). *Ei tietoa*-kohta valittiin 15 toimenpiteen kohdalla.

Taulukko 4. Toimenpiteen arvioitu turvallisuusvaikutus.

| Toimenpide  | Turvallisuusvaikutus |        |         |        |           |
|---|----------------------|--------|---------|--------|-----------|
|   | > 5 %                | 5–20 % | 20–50 % | > 50 % | Ei tietoa |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      |                      |        |         |        | X         |
| Tasoristeyspeili  |                      |        |         |        | X         |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                |                      |        |         |        | X         |
| Portaali  | X                    |        |         |        |           |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       | X                    |        |         |        |           |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 |                      | X      |         |        |           |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X                    | X      |         |        |           |
| STOP-merkki   |                      |        | X       |        |           |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                | X                    |        |         |        |           |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            |                      |        | X       |        |           |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            |                      | X      |         |        |           |
| Paripuomien asentaminen                                   |                      |        |         | X      |           |
| Puolipuomien asentaminen                                  |                      |        |         | X      |           |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          |                      |        |         |        | X         |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              |                      | X      |         |        |           |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              | X                    |        |         |        |           |
| Hidastetöyssyt  |                      | X      |         |        |           |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            |                      | X      |         |        |           |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      |                      |        |         |        | X         |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |                      |        |         |        | X         |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                | X                    |        |         |        |           |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          |                      |        | X       |        |           |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  |                      | X      |         |        |           |
| Tasoristeyksen poistaminen                                |                      | X      |         | X      |           |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen |                      |        |         |        | X         |
| Kevyen liikenteen karsinat                                |                      |        |         |        | X         |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              |                      |        |         |        | X         |
| Laituripolun varoituslaitos                               |                      |        |         |        | X         |
| Varoitusvalolaitos  |                      | X      |         |        |           |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               |                      |        | X       |        |           |
| Varoitusvalo  |                      | X      |         |        |           |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |                      |        |         |        | X         |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |                      |        |         |        | X         |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          |                      |        |         |        | X         |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              |                      |        |         |        | X         |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               | X                    | X      | X       | X      |           |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         |                      |        |         |        | X         |

Useimpien toimenpiteiden turvallisuusvaikutukset kohdistuvat joko kaikkiin tienkäyttäjiin (21 toimenpidettä) tai moottoriajoneuvojen kuljettajiin (11 toimenpidettä) (Taulukko 5). Lisäksi arvioinnissa oli mukana kolme toimenpidettä, joiden turvallisuusvaikutusten arvioitiin kohdistuvan erityisesti kevyen liikenteen käyttäjiin ja sitä kautta myös lapsiin ja koululaisiin.

Taulukko 5. Toimenpiteen turvallisuusvaikutusten kohdistuminen.

| Toimenpide  | Turvallisuusvaikutusten kohdistuminen |                                 |                |                       |     |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|-----|
|   | Kaikki tienkäyttäjät                  | Moottoriajoneuvojen kuljettajat | Kevyt liikenne | Lapset ja koululaiset | Muu |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Tasoristeyspeili  | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Portaali  |                                       | X                               |                |                       |     |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       |                                       | X                               |                |                       |     |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 |                                       | X                               |                |                       |     |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X                                     |                                 |                |                       |     |
| STOP-merkki   |                                       | X                               |                |                       |     |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                |                                       | X                               |                |                       |     |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Paripuomien asentaminen                                   | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              |                                       |                                 |                |                       | X   |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Hidastetöyssyt  |                                       | X                               |                |                       |     |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            |                                       | X                               |                |                       |     |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      |                                       | X                               |                |                       |     |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                |                                       | X                               |                |                       |     |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  |                                       | X                               |                |                       |     |
| Tasoristeyksen poistaminen                                | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Keuyen liikenteen karsinat                                |                                       |                                 | X              | X                     |     |
| Keuyen liikenteen kokopuomit                              |                                       |                                 | X              | X                     |     |
| Laituripolun varoituslaitos                               |                                       |                                 | X              |                       |     |
| Varoitusvalolaitos  | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Varoitusvalo  | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |                                       | X                               |                |                       |     |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              | X                                     |                                 |                |                       |     |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |                                       |                                 |                |                       | X   |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         | X                                     |                                 |                |                       |     |

### 3.3.3 Vaikutusten pysyvyys

Suurimmalle osalle toimenpiteistä turvallisuusvaikutusten arvioitiin olevan pysyviä (21 toimenpidettä) (Taulukko 6). Kuudelle toimenpiteelle turvallisuusvaikutusten arvioitiin olevan pysyviä, mutta edellyttävän tiettyjä toimenpiteitä (esim. näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi, turvallisuuskampanjat ja tiedotus, tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus). Varoitus- ja liikennemerkkien osalta turvallisuusvaikutusten arvioitiin hiipuvan ajan myötä. Mukana oli lisäksi muutamia toimenpiteitä, joiden turvallisuusvaikutusten pysyvyyttä ei pystytty arvioimaan saatavilla olevan tiedon perusteella.

Taulukko 6. Toimenpiteen turvallisuusvaikutusten pysyvyys.

| Toimenpide  | Vaikutusten pysyvyys |  |                   |           |
|---|----------------------|--|-------------------|-----------|
|   | Pysyvä               | Pysyvä, mutta edellyttää toimenpiteitä | Hiipuu ajan myötä | Ei tietoa |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      |                      |  |                   | X         |
| Tasoristeyspeili  | X                    |  |                   |           |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                |                      | X                                      |                   |           |
| Portaali  |                      | X                                      |                   |           |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       |                      |  | X                 |           |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 | X                    |  | X                 |           |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X                    |  |                   |           |
| STOP-merkki   |                      |  | X                 |           |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                |                      |  |                   | X         |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X                    |  |                   |           |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X                    |  |                   |           |
| Paripuomien asentaminen                                   | X                    |  |                   |           |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X                    |  |                   |           |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X                    |  |                   |           |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              |                      |  |                   | X         |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              |                      |  | X                 |           |
| Hidastetöyssyt  |                      | X                                      |                   |           |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X                    |  |                   |           |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      |                      |  |                   | X         |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |                      | X                                      |                   |           |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                |                      | X                                      |                   |           |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X                    |  |                   |           |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  | X                    |  |                   |           |
| Tasoristeyksen poistaminen                                | X                    |  |                   |           |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen |                      | X                                      |                   |           |
| Kevyen liikenteen karsinat                                | X                    |  |                   |           |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              | X                    |  |                   |           |
| Laituripolun varoituslaitos                               | X                    |  |                   |           |
| Varoitusvalolaitos  | X                    |  |                   |           |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X                    |  |                   |           |
| Varoitusvalo  | X                    |  |                   |           |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 | X                    |  |                   |           |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |                      |  |                   | X         |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          | X                    |  |                   |           |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              |                      |  |                   |           |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |                      |  |                   |           |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         | X                    |  |                   |           |

### 3.3.4 Toimenpiteiden luokitus toimenpideryhmittäin

Arviointilomakkeilla toimenpiteitä luokiteltiin myös toimenpideryhmittäin (Taulukko 7). Suurimpia toimenpideryhmiä olivat varoituslaitteet (9 toimenpidettä), liikenne-merkit ja tasoristeyksen merkitseminen (9 toimenpidettä) sekä tasoristeykseen johtavan tien muutokset (7 toimenpidettä). Muita toimenpideryhmiä olivat varoitusvalot, lähestyvät junan havaitsemisen parantaminen, riskianalyysit, tiedotus ja valistaminen, lainsäädäntö ja määräykset sekä muut toimenpiteet.

Taulukko 7. Toimenpiteet toimenpideryhmittäin.

| Toimenpide  | Toimenpideryhmä  |               |   |   |   |                |                           |                             |
|---|------------------|---------------|---|---|---|----------------|---------------------------|-----------------------------|
|   | Varoituslaitteet | Varoitusvalot | Liikennemerkkit ja tasoristeyksen merkitseminen | Lähestyvän junan havaitsemisen parantaminen | Tasoristeykseen johtavan tien muutokset | Riskianalyysit | Tiedottaminen ja valistus | Lain säädäntö ja määräykset |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      |                  |               |   | X   |   |                |                           |                             |
| Tasoristeyspeili  |                  |               |   | X   |   |                |                           |                             |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                |                  |               |   | X   |   |                |                           |                             |
| Portaali  |                  |               | X   |   |   |                |                           |                             |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       |                  | X             | X   |   |   |                |                           |                             |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 |                  |               | X   |   |   |                |                           |                             |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| STOP-merkki   |                  |               | X   |   |   |                |                           |                             |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                |                  |               | X   |   |   |                |                           |                             |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| Paripuomien asentaminen                                   | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              |                  |               | X   |   |   |                |                           |                             |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              |                  |               | X   |   |   |                |                           |                             |
| Hidastetöyssyt  |                  |               |   |   | X                                       |                |                           |                             |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            |                  |               | X   |   |   |                |                           |                             |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      |                  |               |   |   | X                                       |                |                           |                             |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |                  |               |   |   |   | X              |                           |                             |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                |                  |               |   |   | X                                       |                |                           |                             |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X                |               | X   |   | X                                       |                |                           |                             |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  |                  |               |   |   | X                                       |                |                           |                             |
| Tasoristeyksen poistaminen                                |                  |               |   |   | X                                       |                |                           |                             |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen |                  |               |   |   | X                                       |                |                           |                             |
| Kevyen liikenteen karsinat                                |                  |               |   |   |   |                |                           | X                           |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| Laituripolun varoituslaitos                               |                  | X             |   |   |   |                |                           |                             |
| Varoitusvalolaitos  |                  | X             |   |   |   |                |                           |                             |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X                |               |   |   |   |                |                           |                             |
| Varoitusvalo  |                  | X             |   |   |   |                |                           |                             |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |                  |               |   |   |   |                |                           | X                           |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |                  |               |   |   |   |                |                           | X                           |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          |                  |               |   |   |   |                |                           | X                           |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              |                  |               |   |   |   |                |                           | X                           |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |                  |               |   |   |   | X              |                           |                             |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         |                  |               |   |   |   |                | X                         |                             |

Yksi toimenpide kuului vain yhteen toimenpideryhmään lukuun ottamatta tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitettyä vilkkuvaloa (varoitusvalot + liikennemerkkit ja tasoristeyksen merkitseminen) ja tasoristeyksen perusparantamista (varoituslaitteet + liikennemerkkit ja tasoristeyksen merkitseminen + tasoristeykseen johtavan tien muutokset).

Suurin osa toimenpiteistä oli rakenteellisia (16 toimenpidettä) tai teknisiä (15 toimenpidettä) (Taulukko 8). Teknisistä toimenpiteistä 73 % oli ns. low-tech ratkaisuja

(esim. tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo ja puomin ajoituksen vakioiminen) ja 27 % oli ns. high-tech ratkaisuja (esim. mobiilit varoituslaitteet ja esteen tunnistusjärjestelmä). Teknisten ja rakenteellisten toimenpiteiden lisäksi arvioinnissa oli mukana toimenpiteitä, jotka luokiteltiin seuraaviin luokkiin: liikenne-merkit ja opasteet, tiedotus ja valistus, työkalu, menetelmä tai toimintatapa sekä muut toimenpiteet.

Taulukko 8. Toimenpiteiden luokittelu.

| Toimenpide  | Toimenpiteen luokittelu |                     |                           |                             |                      |                                  |     |
|---|-------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------------|-----|
|   | Tekninen, low-tech      | Tekninen, high-tech | Rakenteellinen toimenpide | Liikenne-merkit ja opasteet | Tiedotus ja valistus | Työkalu, menetelmä, toimintatapa | Muu |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      | X                       |                     |                           |                             |                      |                                  |     |
| Tasoristeykspeili   |                         |                     |                           | X                           |                      |                                  |     |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                |                         |                     |                           |                             |                      | X                                |     |
| Portaali  |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       | X                       |                     |                           |                             |                      |                                  |     |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 | X                       |                     |                           |                             |                      |                                  |     |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X                       |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| STOP-merkki   |                         |                     |                           | X                           |                      |                                  |     |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                |                         |                     |                           | X                           |                      |                                  |     |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X                       |                     |                           |                             |                      |                                  |     |
| Paripuomien asentaminen                                   | X                       |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X                       |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              |                         |                     |                           | X                           |                      |                                  |     |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikenne-merkki             |                         |                     |                           | X                           |                      |                                  |     |
| Hidastetöyssyt  |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            |                         |                     |                           | X                           |                      |                                  |     |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |                         |                     |                           |                             | X                    |                                  |     |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          |                         |                     | X                         | X                           |                      |                                  |     |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Tasoristeyksen poistaminen                                |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen |                         |                     | X                         |                             |                      | X                                |     |
| Kevyen liikenteen karsinat                                |                         |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              | X                       |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Laituripolun varoituslaitos                               | X                       |                     | X                         |                             |                      |                                  |     |
| Varoitusvalolaitos  | X                       |                     |                           |                             |                      |                                  |     |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X                       |                     |                           |                             |                      |                                  |     |
| Varoitusvalo  |                         | X                   |                           |                             |                      |                                  |     |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |                         | X                   |                           |                             |                      |                                  |     |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |                         | X                   |                           |                             |                      |                                  |     |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          |                         | X                   |                           |                             |                      |                                  |     |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              |                         |                     |                           |                             |                      |                                  | X   |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |                         |                     |                           |                             |                      | X                                |     |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         |                         |                     |                           |                             | X                    |                                  |     |

### 3.3.5 Toimenpiteen soveltuvuus erilaisiin paikkoihin

Toimenpiteen erityispiirteet asettavat usein rajoituksia niiden asentamiselle. Suurin osa tässä työssä arvioituista toimenpiteistä soveltuu erityisesti varoituslaitteettomiin tasoristeyksiin ja pienelle liikennemäärälle (Taulukko 9). Muita rajoittavia tekijöitä ovat mm. tietyyppi (asfaltti vs. soratie), sähkön saatavuus sekä varoituslaitteellisen risteyksen tyyppi.

Esimerkiksi käsin avattavat puomit ja portit soveltuvat varoituslaitteettomiin tasoristeyksiin, joissa on pieni liikennemäärä. Toisena esimerkkinä mainittakoon esteen tunnistusjärjestelmä, joka soveltuu puomilaitoksella varustettuun tasoristeykseen, jossa on sähköä saatavilla.

Taulukko 9. Toimenpiteen soveltuvuus erilaisiin paikkoihin.

| Toimenpide  | Millaisiin tasoristeyksiin soveltuu |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   |     |
|---|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------|---------------------|---------------------|-------------|---------|------------------|---|-----|
|   | Varoituslaitteeton                  | Erlaiset puomilaitokset | Valo- ja äänivaroituslaitos | Muu varoituslaitos | Liikennevalot | Pieni liikennemäärä | Suuri liikennemäärä | Asfalttitie | Soratie | Sähkö saatavilla | Tasoristeyks ei käytössä / käyttö erittäin vähäistä | Muu |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      |                                     |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   |     |
| Tasoristeykspeili   | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     | X           | X       |                  | X   |     |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                | X                                   | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       | X                | X   |     |
| Portaali  | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     | X           | X       |                  |   |     |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     | X           | X       | X                |   |     |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     | X           | X       | X                |   |     |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        |                                     | X                       |                             |                    |               | X                   | X                   | X           | X       |                  |   |     |
| STOP-merkki   | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     | X           | X       |                  |   |     |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                |                                     | X                       | X                           |                    | X             |                     | X                   | X           |         |                  |   |     |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            |                                     | X                       |                             |                    |               | X                   | X                   | X           | X       |                  |   |     |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            |                                     | X                       | X                           | X                  |               | X                   | X                   | X           | X       |                  |   |     |
| Paripuomien asentaminen                                   | X                                   | X                       |                             |                    |               |                     | X                   | X           |         | X                |   |     |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X                                   |                         | X                           |                    |               | X                   | X                   | X           | X       | X                |   |     |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     |             | X       |                  | X   |     |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     |             |         |                  |   |     |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              | X                                   | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       |                  | X   |     |
| Hidastetöyssyt  | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     | X           | X       |                  |   |     |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   | X                   | X           | X       |                  |   |     |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     | X           | X       |                  |   |     |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |                                     |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   |     |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                | X                                   | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       |                  | X   |     |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X                                   | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       |                  |   |     |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  | X                                   | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       |                  |   |     |
| Tasoristeyksen poistaminen                                | X                                   | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       |                  | X   |     |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen | X                                   | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       |                  |   |     |
| Kevyen liikenteen karsinat                                | X                                   |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   |     |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              | X                                   |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         | X                |   |     |
| Laituripulun varoituslaitos                               |                                     |                         |                             | X                  |               |                     |                     |             |         | X                |   |     |
| Varoitusvalolaitos  | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     |             |         | X                |   |     |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     |             |         | X                |   |     |
| Varoitusvalo  | X                                   |                         |                             |                    |               | X                   |                     |             |         |                  |   |     |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |                                     |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   |     |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |                                     | X                       | X                           | X                  | X             | X                   | X                   | X           | X       | X                |   |     |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          |                                     | X                       |                             |                    |               |                     |                     |             |         | X                |   |     |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              |                                     |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   | X   |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |                                     |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   |     |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         |                                     |                         |                             |                    |               |                     |                     |             |         |                  |   |     |

### 3.3.6 Toimenpiteen soveltuvuus erilaisiin olosuhteisiin

Toimenpiteen tehokkuus voi vaihdella mm. valaistus- tai keliolosuhteiden mukaan (Taulukko 10). Esimerkiksi tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostuksen ja tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostamisen arvioidaan tuovan turvallisuushyötyjä erityisesti liukkaalla kelillä, koska auton liikellelähtö saattaa vaikeutua jos odotustasanteet ovat niin lyhyet, että pysähtyvä auto joutuu seisahtumaan ylämäkeen. Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostamisen arvioitiin tuovan turvallisuushyötyjä myös lumisateella, koska tielle kertynyt lumi saattaa vaikeuttaa



auton pysäyttämistä ennen tasoristeystä ja myös liikkeellelähtö saattaa paksussa lumessa olla vaikeaa. Tasoristeyspeilin arvioitiin olevan tehokas kaikissa valaistusolosuhteissa, mutta tehon olevan rajallinen huonoissa näkyvyysolosuhteissa esimerkiksi vesi- tai lumisateen takia.

Taulukko 10. Toimenpiteen soveltuvuus erilaisiin olosuhteisiin.

| Toimenpide  | Olosuhteet |       |        |          |          |          |                |
|---|------------|-------|--------|----------|----------|----------|----------------|
|   | Valoisa    | Pimeä | Hämärä | Vesisade | Lumisade | Liukkaus | Huono näkyvyys |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Tasoristeyspeili  | X          | X     | X      |          |          |          |                |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Portaali  | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Tasoristeuksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       |            | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 |            | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| STOP-merkki   | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Tasoristeuksen korostaminen tiemerkinöillä                | X          | X     | X      | X        |          |          |                |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X          |       |        |          |          |          |                |
| Paripuomien asentaminen                                   | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Tasoristeuksesta varoitettava liikennemerkki              | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Hidastetöyssyt  | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |            |       |        |          |          |          |                |
| Tasoristeuksen odotustasanteiden kunnostus                |            |       |        |          |          | X        |                |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Tasoristeuksen risteyskulman korjaaminen                  | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Tasoristeuksen poistaminen                                |            |       |        |          |          |          |                |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen |            |       |        |          | X        | X        |                |
| Kevyen liikenteen karsinat                                | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Laituripolun varoituslaitos                               | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Varoitusvalolaitos  | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Varoitusvalo  | X          | X     | X      | X        | X        |          | X              |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          | X          | X     | X      | X        | X        | X        | X              |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              |            |       |        |          |          |          |                |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |            |       |        |          |          |          |                |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         |            |       |        |          |          |          |                |

### 3.3.7 Hinta

Toimenpiteiden toteuttamiskustannuksia arvioitiin tasoristeyskohtaisesti kolmiporaisella asteikolla: pieni (<5 000 €), keskisuuri (5 000–25 000 €) ja suuri (>25 000 €). Useimpien (14) toimenpiteiden toteuttamiskustannukset arvioitiin pieniksi (Taulukko 11). Tällaisin toimenpiteitä olivat mm. tasoristeyspeili, STOP-merkki ja ajoneuvokohtaiset ajokiellot. Kustannuksiltaan keskisuuriksi arvioitiin 9 toimenpidettä, mm. taso-

risteykseen liitetty vilkkuvalo, varoitusvalolaitos ja punaista päin ajamisen kamera-valvonta. Kymmenen toimenpiteen toteuttamiskustannukset arvioitiin suuriksi, esim. puomilaitosten rakentaminen, tasoristeysten perusparantaminen ja esteen tunnistusjärjestelmä.

Edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi arvioinnissa oli mukana myös toimenpiteitä, joiden kustannukset eivät ole määritettävissä yksittäisessä tasoristeyksessä. Kyseiset toimenpiteet ja perustelut, miksi niihin liittyvät kustannukset eivät sovellu tarkasteltavaksi tasoristeyksittäin on listattu seuraavassa:

- junan keulan näkyvyyden parantaminen (asennetaan juniin)
- näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi (näkemäesteenä on useimmiten kasvillisuus, ja raivaustarve saattaa vaihdella huomattavasti tasoristeysten välillä ja eri vuosina)
- puomien ajoituksen vakioiminen (kustannukset liittyvät pääasiassa tekniikan kehittämiseen)
- turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus (eivät kohdistu yksittäiseen tasoristeykseen)
- mobiilit varoituslaitteet (laitteistot vielä pääosin kehitysvaiheessa)
- tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen (turvallisuushyödyt riippuvat mallin tulosten perusteella toteutettavista toimenpiteistä).

Taulukko 11. Arvioitu hinta yhtä tasoristeystä kohti.

| Toimenpide  | Hinta |            |       |
|---|-------|------------|-------|
|   | Pieni | Keskisuuri | Suuri |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      |       |            |       |
| Tasoristeyspeili  | X     |            |       |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                |       |            |       |
| Portaali  | X     |            |       |
| Tasoristeuksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       |       | X          |       |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 |       | X          |       |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X     |            |       |
| STOP-merkki   | X     |            |       |
| Tasoristeuksen korostaminen tiemerkinöillä                | X     |            |       |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X     |            | X     |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            |       |            |       |
| Paripuomien asentaminen                                   |       |            | X     |
| Puolipuomien asentaminen                                  |       |            | X     |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X     |            |       |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              | X     |            |       |
| Tasoristeuksesta varoitettava liikennemerkki              | X     |            |       |
| Hidastetöyssyt  | X     | X          |       |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X     |            |       |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      | X     |            |       |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |       |            |       |
| Tasoristeuksen odotustasanteiden kunnostus                |       |            | X     |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          |       |            | X     |
| Tasoristeuksen risteyskulman korjaaminen                  |       |            | X     |
| Tasoristeuksen poistaminen                                |       |            | X     |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen |       | X          |       |
| Keuyen liikenteen karsinat                                |       | X          |       |
| Keuyen liikenteen puomit                                  |       |            | X     |
| Laituripolun varoituslaitos                               |       | X          |       |
| Varoitusvalolaitos  |       | X          |       |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               |       |            | X     |
| Varoitusvalo  |       | X          |       |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |       |            |       |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |       | X          |       |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          |       |            | X     |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              | X     |            |       |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |       |            |       |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         | X     |            |       |

### 3.3.8 Ylläpito

Tehtyjen arvioiden mukaan suurin osa toimenpiteistä (21 toimenpidettä) ei vaadi merkittävää ylläpitoa (Taulukko 12). Seuraavien toimenpiteiden ylläpidon osuus kokonaiskustannuksista arvioitiin vähäiseksi:

- tasoristeyspeili (peilien kunnosta ja puhtaudesta huolehtiminen määräajoin)
- tasoristeuksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo (kustannukset aiheutuvat laitteen toimivuuden varmistamisesta; erityisesti jos laite toimii aurinkosähköllä)
- aktiivinen varoitusmerkki (laitteen toimivuuden varmistamisesta, erityisesti jos se toimii aurinkosähköllä)
- puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti (tiehen tehtävät rakenteelliset muutokset voivat aiheuttaa erityisiä vaatimuksia tasoristeuksen kunnossapi-

dolle; rikottujen puominjatkeiden uusiminen; kaistojen välisen aidan mahdollinen korjaaminen onnettomuuksien tai ilkivallan seurauksena)

- käsin avattavat puomit ja portit (ylläpitokustannuksia syntyy jos puomi tai portti on varustettu automaattisella sulkemiskoneistolla)
- nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella (kustannukset riippuvat optisen ohjauksen toteutustavasta; jos toteutetaan maalauksella niin kustannukset ovat samankaltaisia seuraavan listan toisena olevan toimenpiteen kanssa)
- kevyen liikenteen karsinat (ylläpitokustannukset aiheutuvat siitä, että esimerkiksi lumenpoisto on hankala järjestää koneellisesti vaan se edellyttää käsityötä)
- varoitusvalo (kustannukset riippuvat mm. akuston vaihtovälistä)
- tasoristeysohjeiden ylläpitäminen.

Seuraaville toimenpiteille ylläpidosta arvioitiin koituvan huomattavia kustannuksia:

- näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi (näkemien raivaaminen käsin tai koneellisesti)
- tasoristeyksen korostaminen maalauksella (vaatii kunnossapitoa erityisesti talvella, ettei jää lumen alle; uusimistarve riippuu tasoristeyksen ajoneuvoliikennemäärästä)
- hidastetöyssyt (ylimääräisen aineksen poistaminen hidastetöyssyjen vierestä/päältä; päällystetyillä teillä ongelmana erityisesti lumi ja jää, sorateillä lumen ja jään lisäksi muualta kulkeutunut sora-aines)
- tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen.

Taulukko 12. Toimenpiteen ylläpito ja siihen liittyvät kustannukset.

| Toimenpide  | Ylläpito ja siihen liittyvät kustannukset |  |   |
|---|---|--|---|
|   | Ei vaadi merkittävää ylläpitoa            | Ylläpidon osuus kokonaiskustannuksista on vähäinen | Ylläpidosta koituu huomattavia kustannuksia |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      | X   |  |   |
| Tasoristeyspeili  |   | X  |   |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                |   |  | X   |
| Portaali  | X   |  |   |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       |   | X  |   |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 |   | X  |   |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X   |  |   |
| STOP-merkki   | X   |  |   |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                |   |  | X   |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            |   | X  |   |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X   |  |   |
| Paripuomien asentaminen                                   | X   |  |   |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X   |  |   |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X   | X  |   |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              | X   |  |   |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              | X   |  |   |
| Hidastetöyssyt  |   |  | X   |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X   |  |   |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      |   | X  |   |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               |   |  |   |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                | X   |  |   |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X   |  |   |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  | X   |  |   |
| Tasoristeyksen poistaminen                                | X   |  |   |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen |   |  | X   |
| Kevyen liikenteen karsinat                                |   | X  |   |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              | X   |  |   |
| Laituripolun varoituslaitos                               | X   |  |   |
| Varoitusvalolaitos  | X   |  |   |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X   |  |   |
| Varoitusvalo  |   | X  |   |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |   |  |   |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     | X   |  |   |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          | X   |  |   |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              |   |  |   |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               |   |  |   |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         |   | X  |   |

### 3.3.9 Yhteensopivuus

Toimenpiteen yhteensopivuutta tarkasteltiin tie- ja rautatieympäristön sekä muiden toimenpiteiden näkökulmasta. Arvioinnin perusteella varoitusvalo oli ainut toimenpide, joka ei mahdollisesti ole yhteensopiva muiden toimenpiteiden kanssa (Taulukko 13). Mahdolliset ongelmat liittyvät laitteiston hälytyksen liipaisuun, joka eroaa nykyisestä junan paikannusmenetelmästä (tunnistus tapahtuu kaapelin sijaan langattomasti). Haasteena on, että järjestelmän tulee toimia virheettömästi kaikissa olosuhteissa.

Yhteensopivuus on tärkeää myös mobiilien varoituslaitteiden kohdalla. Asiaa ei kuitenkaan tässä vaiheessa arvioitu ongelmalliseksi, koska mobiilit varoituslaitteet ovat vasta tuloillaan hyödynnettäviksi turvallisuuslaitteiksi. Niiden kehitystyö on siis edelleen käynnissä ja uuden teknologian yhteensopivuus nykyisen tie- ja rautatieympäristön kanssa on keskeinen osa kyseistä kehitystyötä.

Taulukko 13. Toimenpiteiden yhteensopivuus.

| Toimenpide  | Yhteensopivuus |                                    |  |
|---|----------------|------------------------------------|--|
|   | Ei ongelmia    | Suhteellisen helposti sopeutettava | Yhteensopivuuden varmistaminen voi olla työlästä |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      | X              |                                    |  |
| Tasoristeyspeili  | X              |                                    |  |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                | X              |                                    |  |
| Portaali  | X              |                                    |  |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       | X              |                                    |  |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 | X              |                                    |  |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X              |                                    |  |
| STOP-merkki   | X              |                                    |  |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                | X              |                                    |  |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X              |                                    |  |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X              |                                    |  |
| Paripuomien asentaminen                                   | X              |                                    |  |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X              |                                    |  |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X              |                                    |  |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellet                              | X              |                                    |  |
| Tasoristeyksestä varoittava liikennemerkki                | X              |                                    |  |
| Hidastetöyssyt  | X              |                                    |  |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X              |                                    |  |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      | X              |                                    |  |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               | X              |                                    |  |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                | X              |                                    |  |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X              |                                    |  |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  | X              |                                    |  |
| Tasoristeyksen poistaminen                                | X              |                                    |  |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen | X              |                                    |  |
| Kevyen liikenteen karsinat                                | X              |                                    |  |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              | X              |                                    |  |
| Laituripolun varoituslaitos                               | X              |                                    |  |
| Varoitusvalolaitos  | X              |                                    |  |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X              |                                    |  |
| Varoitusvalo  |                | X                                  |  |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |                |                                    |  |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     | X              |                                    |  |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          | X              |                                    |  |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              | X              |                                    |  |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               | X              |                                    |  |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         | X              |                                    |  |

### 3.3.10 Teknologian kypsyysaste

Arviointiin sisällytetyistä 37 toimenpiteestä valtaosa (33 toimenpidettä) on jo käytössä joko Suomessa tai jossain päin maailmaa (Taulukko 14). Niiden toteuttaminen on mahdollista hyvinkin pikaisella aikataululla.

Tällä hetkellä testattavia tai vielä kehitteillä olevia ja todennäköisesti lähitulevaisuudessa saatavilla olevia teknologioita ovat varoitusvalo, mobiilit varoituslaitteet ja punaista päin ajamisen kameravalvonta.

Tasoristeyksiin asennettavia esteen tunnistusjärjestelmiä on jo saatavilla, ja järjestelmät perustuvat erilaisiin teknisiin ratkaisuihin. Osa näistä on jo käytössä, mutta käynnissä on myös paljon kehitystyötä.

Myös hidastetöyssyjen asentamiseen liittyvä tekniikka on olemassa. Hidastetöyssyjen asentaminen päällystetylle tielle ei ole ongelma, ja niitä onkin käytössä paljon. Haasteena on töyssyjen rakentaminen soratielle, jolloin erityistä huomiota tulee kiinnittää hidastetöyssyjen kiinnityksen varmentamiseen.

Taulukko 14. Toimenpiteiden teknologian kypsyysaste.

| Toimenpide  | Teknologian kypsyysaste |                                |             |
|---|-------------------------|--------------------------------|-------------|
|   | Saatavilla nyt          | Saatavilla lähitulevaisuudessa | Kehitteillä |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      | X                       |                                |             |
| Tasoristeyspeili  | X                       |                                |             |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                | X                       |                                |             |
| Portaali  | X                       |                                |             |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       | X                       |                                |             |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 | X                       |                                |             |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X                       |                                |             |
| STOP-merkki   | X                       |                                |             |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                | X                       |                                |             |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X                       |                                |             |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            |                         |                                | X           |
| Paripuomien asentaminen                                   | X                       |                                |             |
| Puolipuomien asentaminen                                  | X                       |                                |             |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          | X                       |                                |             |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              | X                       |                                |             |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              | X                       |                                |             |
| Hidastetöyssyt  | X                       |                                |             |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X                       |                                |             |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      | X                       |                                |             |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               | X                       |                                |             |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                | X                       |                                |             |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X                       |                                |             |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  | X                       |                                |             |
| Tasoristeyksen poistaminen                                | X                       |                                |             |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen | X                       |                                |             |
| Kevyen liikenteen karsinat                                | X                       |                                |             |
| Kevyen liikenteen puomit                                  | X                       |                                |             |
| Laituripolun varoituslaitos                               | X                       |                                |             |
| Varoitusvalolaitos  | X                       |                                |             |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               | X                       |                                |             |
| Varoitusvalo  |                         | X                              |             |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 |                         | X                              | X           |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     |                         | X                              |             |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          | X                       |                                | X           |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              | X                       |                                |             |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               | X                       |                                |             |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         | X                       |                                |             |

### 3.3.11 Hyväksyttävyyys

Toimenpiteen hyväksyttävyyttä arvioitiin tasoristeyksen käyttäjien, rautateiden työntekijöiden ja lähistöllä asuvien henkilöiden näkökulmasta. Tehtyjen arvioiden mukaan suurin osa toimenpiteistä on hyväksyttäviä eivätkä aiheuta merkittävää vastustusta (Taulukko 15). Vastustus arvioitiin olevan mahdollista tai todennäköistä käsin avattavien puomien ja porttien, puomilaitosten, valo- ja äänivaroituslaitoksen sekä hidastetöyssyjen kohdalla.



Käsin avattavaa puomia tai porttia saattavat vastustaa satunnaisesti tasoristeystä käyttävät, joita voivat olla esimerkiksi marjastajat ja sienestäjät. Vastustuksen voi kuvitella olevan erityisen voimakasta, jos puomi tai portti on lukittu eikä käyttäjällä ole avainta. Toisaalta tällöin käyttäjällä ei tällöin ole lupaakaan käyttää tasoristeystä.

Puomilaitosten ja valo- ja äänivaroitustilaitoksen äänivaroitus saattaa häiritä lähialueen asukkaita kaupunkialueilla. RATO:n mukaan (RATO 9.3.4) äänivaroitus voidaan jättää pois, jos tasoristeys sijaitsee kaupunkialueella ja se on vain moottorikäyttöisten ajoneuvojen liikennöitävissä.

Heikoimmin hyväksyttäviksi arvioitiin hidastetöyssyt ja erityisesti usein tasoristeystä käyttävien osalta. Seisen ym. (2009) mukaan lähistöllä asuvista noin puolet pitivät töyssyjä erittäin epämiellyttävänä paljaan maan aikana.

Taulukko 15. Toimenpiteiden hyväksyttävyyys.

| Toimenpide  | Hyväksyttävyyys            |                       |                         |
|---|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
|   | Ei merkittävää vastustusta | Vastustus mahdollista | Vastustus todennäköistä |
| Junan keulan näkyvyyden parantaminen                      | X                          |                       |                         |
| Tasoristeyspeili  | X                          |                       |                         |
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi                | X                          |                       |                         |
| Portaali  | X                          |                       |                         |
| Tasoristeyksen varoitusmerkkiin liitetty vilkkuvalo       | X                          |                       |                         |
| Aktiivinen varoitusmerkki                                 | X                          |                       |                         |
| Puomin havaittavuuden parantaminen                        | X                          |                       |                         |
| STOP-merkki   | X                          |                       |                         |
| Tasoristeyksen korostaminen tiemerkinöillä                | X                          |                       |                         |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti            | X                          |                       |                         |
| Puomien ajoituksen vakioiminen                            | X                          |                       |                         |
| Paripuomien asentaminen                                   |                            | X                     |                         |
| Puolipuomien asentaminen                                  |                            | X                     |                         |
| Käsin avattavat puomit ja portit                          |                            | X                     |                         |
| Ajoneuvokohtaiset ajokiellot                              | X                          |                       |                         |
| Tasoristeyksestä varoitettava liikennemerkki              | X                          |                       |                         |
| Hidastetöyssyt  |                            |                       | X                       |
| Nopeusrajoituksen alentaminen tasoristeyksessä            | X                          |                       |                         |
| Nopeuden alentamisen tukeminen optisella ohjauksella      | X                          |                       |                         |
| Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus               | X                          |                       |                         |
| Tasoristeyksen odotustasanteiden kunnostus                | X                          |                       |                         |
| Tasoristeysten perusparantaminen                          | X                          |                       |                         |
| Tasoristeyksen risteyskulman korjaaminen                  | X                          |                       |                         |
| Tasoristeyksen poistaminen                                | X                          |                       |                         |
| Tasoristeykselle johtavan tien kunnossapidon tehostaminen | X                          |                       |                         |
| Kevyen liikenteen karsinat                                | X                          |                       |                         |
| Kevyen liikenteen kokopuomit                              |                            | X                     |                         |
| Laituripolun varoituslaitos                               | X                          |                       |                         |
| Varoitusvalolaitos  | X                          |                       |                         |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                               |                            | X                     |                         |
| Varoitusvalo  | X                          |                       |                         |
| Mobiilit varoituslaitteet                                 | X                          |                       |                         |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta                     | X                          |                       |                         |
| Esteen tunnistusjärjestelmä (obstacle detection)          | X                          |                       |                         |
| Olemassa olevan tutkimustiedon hyödyntäminen              | X                          |                       |                         |
| Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen               | X                          |                       |                         |
| Tasoristeysohjeiden ylläpitäminen                         | X                          |                       |                         |

### 3.3.12 Yhteenveto

Tässä luvussa esitetään yhteenveto arvioinnin tuloksista. Toimenpiteitä arvioitiin viidentoista kriteerin mukaan, joista keskeisimpiä tämän tutkimuksen kannalta olivat tasoristeysten turvallisuutta parantavien toimenpiteiden turvallisuusvaikutukset sekä kyseisten toimenpiteiden toteuttamiseen liittyvien kustannusten suuruusluokka. Turvallisuusvaikutusten suuruus voitiin karkeasti määrittää vain 22:lle kaikista 37 toimenpiteestä. Taulukossa 16 on esitetty tehokkaiksi arvioidut toimenpiteet, joiden arvioitiin vähentävän tasoristeyksen onnettomuuksia yli 20 %. Taulukkoon on merkitty myös toimenpiteiden toteuttamiskustannusten suuruusluokka.

Taulukko 16. Toimenpiteet, joiden arvioitiin vähentävän tasoristeyksen onnettomuuksia yli 20 % ja niiden toteuttamiskustannusten suuruusluokka.

| Toimenpide                                     | Onnettomuuksien vähentyminen                          | Hinta                        |
|--|---|------------------------------|
| STOP-merkki                                    | 20–50 %   | < 5 000 €                    |
| Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti | 20–50 %   | < 5 000 € tai > 25 000 €     |
| Paripuomien asentaminen                        | > 50 %  | > 25 000 €                   |
| Tasoristeyksen perusparantaminen               | 20–50 %   | > 25 000 €                   |
| Tasoristeyksen poistaminen                     | 5–20 % tai > 50 %                                     | > 25 000 €                   |
| Valo- ja äänivaroituslaitos                    | 20–50 %   | > 25 000 €                   |
| Tasoristeyksen turvallisuuden mallintaminen    | ei suoria turvallisuusvaikutuksia, 20–50 % tai > 50 % | ei tietoa tasoristeystasolla |
| Puolipuomien asentaminen                       | > 50 %  | > 25 000 €                   |

Toimenpiteen hinnaksi tasoristeystä kohden arvioitiin enintään 5 000 € 14 tapauksessa, 5 000–25 000 € 9 tapauksessa ja yli 25 000 € 10 tapauksessa. Kuuden toimenpiteen hintaa ei voitu arvioida lainkaan ja kahdessa tapauksessa hinta vaihteli em. luokkien yli. Tehokkaiksi arvioiduista toimenpiteistä suurimman osan hinnaksi arvioitiin yli 25 000 €.

Toimenpiteet parantaisivat tavallisesti kaikkien tienkäyttäjien tai moottoriajoneuvolla matkustavien turvallisuutta. Muutamassa tapauksessa vaikutukset kohdistuisivat jalankulkijoihin ja pyöräilijöihin tai erityisesti lapsiin ja koululaisiin.

Toimenpiteen vaikutukset arvioitiin pysyviksi ilman merkittävää hiipumista ajan myötä 27 toimenpiteen osalta. Kuudessa tapauksessa vaikutuksen pysyvyys kuitenkin edellyttää ylläpitotoimenpiteitä. Viiden toimenpiteen vaikutuksen pysyvyyttä ei voitu arvioida.

Toimenpiteistä 13 koski erilaisia varoitusvaloja tai muita varoituslaitteita; 9 toimenpidettä koski liikennemerkkejä tai tasoristeyksen merkitsemistä ja 7 toimenpidettä tasoristeykseen johtavan tien muuttamista.

Useimmat toimenpiteet soveltuvat ominaisuuksiltaan hyvin erilaisten tasoristeysten turvallisuuden parantamiseen. Osa toimenpiteistä koskee vain varoituslaitteilla varustettuja tasoristeyskohtia. Joissakin tapauksissa toimenpide voidaan toteuttaa vain tasoristeyksissä, joihin on helposti saatavissa verkkovirtaa. Valtaosa toimenpiteistä toimii kaikenlaisissa sää- ja valoisuusolosuhteissa.

Toimenpide arvioitiin voitavan toteuttaa ilman merkittäviä ylläpitokustannuksia 21 tapauksessa ja ylläpidon osuus kokonaiskustannuksista arvioitiin vähäiseksi 9 tapauksessa. Neljän toimenpiteen arvioitiin edellyttävän huomattavia ylläpitotoimia.

Toimenpiteen yhteensopivuuden tie- ja rautatieympäristön ja -järjestelmien kanssa ei nähty aiheuttavan merkittäviä ongelmia. Ainoastaan varoitusvalo voi olla jossain määrin ongelmallinen varoituksen liipaisuun ja toiminnan luotettavuuteen liittyvien näkökohtien takia.

Toimenpiteiden toteutukseen oli kaikki teknologiset valmiudet 33 tapauksessa. Neljän varoituslaitteita koskevan toimenpiteen edellyttämän teknologian arvioitiin olevan riittävän kypsää vasta lähitulevaisuudessa tai myöhemmin.

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Yleiset näkökulmat

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kuvata tasoristeysten turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä kartoittaa ja arvioida järjestelmällisesti turvallisuuden parantamistoimenpiteitä. Tehdyn analyysin perusteella listattiin tehokkaita ja lupaavia toimenpiteitä, joilla Suomen tasoristeysten turvallisuutta voidaan parantaa.

Kun turvallisuutta tai turvattomuutta mitataan onnettomuuksien lukumäärän ja seurausten perusteella, tärkeimpiä turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat altistusta kuvaavat tien ja radan liikennemäärät sekä onnettomuusriskiin keskeisesti vaikuttavat tasoristeysten turvalaitteet. Muita tärkeitä tekijöitä ovat mm. tie- ja raidekulku-  
neuvojen nopeudet, raiteiden lukumäärä, näkemät tieltä radan suuntaan sekä tasoristeyksen ympäristö. Näiden lisäksi on tärkeää ottaa huomioon, että tasoristeysten onnettomuuksien syntymiseen ja niiden vakavuuteen vaikuttavat olennaisesti myös ihmisen käyttäytymiseen liittyvät tekijät, joita ovat mm. tienkäyttäjän turvaton toiminta, tienkäyttäjien yksilölliset erot tasoristeyksen ylittämiseen liittyvissä tiedoissa ja taidoissa sekä ajokyvyyssä. On kuitenkin tärkeää huomata, että ihmisten käyttäytymiseen voidaan vaikuttaa luomalla tasoristeyksiin turvallista toimintaa edistävät ja tukevat olosuhteet.

Tasoristeysten turvallisuustoimenpiteitä arvioitiin viidentoista kriteerin mukaan, joista keskeisimpiä tämän tutkimuksen kannalta olivat toimenpiteiden turvallisuusvaikutukset sekä niiden toteuttamiskustannusten suuruusluokka. Arviointikriteereiden luokittelusta tehtiin yhteenvetotaulukoita, joita on tarkoitettu hyödynnettävän tilanteissa, joissa halutaan löytää oikea toimenpide tiettyä tilannetta tai tasoristeystä varten.

### 4.2 Suositukset

Suosittelavien toimenpiteiden valinta perustui seuraaviin kriteereihin:

- Toimenpide parantaa tehokkaasti turvallisuutta.
- Toimenpiteellä ei ole muita merkittäviä, niiden toteutusta haittaavia ominaisuuksia.

Tehtyjen arvioiden perusteella seuraavia toimenpiteitä suositellaan käytettävän tasoristeysturvallisuuden parantamiseksi, koska niiden arvioitiin vähentävän tasoristeysten onnettomuuksia yli 20 %:

- STOP-merkin asentaminen
- puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti
- tasoristeyksen perusparantaminen
- tasoristeyksen poistaminen
- valo- ja äänivaroituslaitos
- tasoristeyksen turvallisuuden mallintaminen
- paripuomien asentaminen
- puolipuomien asentaminen.

On kuitenkin syytä huomata, että yllä olevaan listaan on otettu mukaan vain ne toimenpiteet, joiden turvallisuusvaikutukset pystyttiin arvioimaan. On siis mahdollista, että käytettävissä on myös muita tehokkaita toimenpiteitä, mutta niiden vaikutuksista ei tällä hetkellä ole saatavilla dokumentoitua tietoa.

Toimenpiteen toteuttamiskustannukset ovat yleensä suuria eli yli 25 000 euroa. On myös otettava huomioon, että toimenpiteiden tehokkuus ja kustannukset voivat vaihdella huomattavasti ympäristöstä (mm. tien geometria ja kunto, sähkön saatavuus) ja olosuhteista (valoisuus, sää) riippuen. Usein tarjolla on useita vaihtoehtoisia ratkaisuja, joista on pyrittävä valitsemaan se, jolla tavoiteltava vaikutus ko. tilanteessa saadaan toteutettua edullisimmin.

Seuraavassa on esitetty muutamiin edellä mainittuihin tehokkaiksi arvioituihin toimenpiteisiin liittyviä huomioita.

#### *STOP-merkin asentaminen*

Ainoa hinnaltaan alle 5 000 euron toimenpide on STOP-merkin asentaminen tasoristeykseen. Merkkiä ei kuitenkaan suositella asennettavaksi tasoristeyksiin ilman, että sen soveltuvuus kuhunkin tasoristeykseen arvioidaan erikseen. STOP-merkkiä suositellaan käytettäväksi tasoristeyksissä erityisesti silloin, kun kahdeksan metrin näkemät ovat riittävät, mutta kuitenkin liian huonot tasoristeyksen ylittämiseksi turvallisesti 20 km/h tai suuremmalla nopeudella. Lisäksi on syytä varmistaa, ettei kyseisessä tasoristeyksessä ole muita STOP-merkin käyttöä rajoittavia tekijöitä, kuten liukkaalla liikkeellelähtöä vaikeuttavaa huonoa odotustasannetta (Kallberg, 2009).

#### *Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti*

Puolipuomin kierron estäminen rakenteellisesti voidaan tehdä usealla eri tavalla. Puolipuomien kierron estämisen kustannukset ovat toimenpiteen toteutustavasta riippuen joko pienet (puominjatke) tai suuret (rakenteelliset muutokset tiehen).

#### *Tasoristeyksen poistaminen*

Tasoristeyksen poistamisen turvallisuusvaikutus riippuu siitä, millaiseen tasoristeykseen poistettavan tasoristeyksen liikenne ohjautuu. Jos poistaminen toteutetaan yli/alikululla, voidaan arvioida, että käytännössä koko kyseisen tasoristeyksen onnettomuusriski poistuu. Tasoristeyksen poistaminen ja liikenteen ohjaaminen lähetyvillä oleviin muihin tasoristeyksiin poistaa onnettomuusriskin poistetun tasoristeyksen osalta kokonaan, mutta niiden tasoristeysten riskit, joihin liikenne ohjataan, kasvavat suurentuneen liikennemäärän takia. Tämän vuoksi tasoristeyksen poistamisen turvallisuusvaikutuksille on annettu useita arvioita.

#### *Tasoristeysten turvallisuuden mallintaminen*

Tasoristeysten turvallisuuden mallintamisen kustannuksista ei ole tietoa tasoristeystasolla. Toimenpiteellä ei myöskään ole suoria turvallisuusvaikutuksia ja välillisten turvallisuusvaikutusten suuruus riippuu siitä, mikä tai mitkä toimenpiteet mallintamistulosten perusteella päätetään toteuttaa.

#### *Valo- ja äänivaroitulaitos*

Valo- ja äänivaroitulaitos suositellaan asennettavaksi lähinnä vain sivuraiteille tai muuten vähämerkityksellisille radoille. Vilkkaille radoille tulisi mieluummin asentaa puomilaitos.

### *Puolipuumien asentaminen*

Paripuomien asentamista tulisi harkita erityisesti erittäin vilkkaissa taajama-alueiden tasoristeyksissä. Tällä hetkellä Suomessa on paripuomit asennettu kahteen yleisen ajoneuvoliikenteen tasoristeykseen; rataosalla Toijala–Turku olevaan Mellilän tasoristeykseen ja rataosalla Iisalmi–Kontiomäki olevaan Murtomäen tasoristeykseen. Paritai kokopuomeilla varustetussa tasoristeyksessä voidaan pienentää puomien väliin jäämisriskiä asentamalla sinne esteen tunnistusjärjestelmä. Esteen tunnistusjärjestelmän turvallisuusvaikutusten suuruudesta ei ole vielä luotettavaa tietoa.

Taulukossa 17 on esitetty lupaaviksi arvioituja toimenpiteitä, joiden turvallisuusvaikutuksista ei ole vielä dokumentoitua tietoa. Kyseisillä toimenpiteillä arvioitiin olevan huomattavaa potentiaalia vähentää tasoristeysonnettomuuksia tulevaisuudessa, ja siten suosituksena on kyseisten toimenpiteiden turvallisuusvaikutusten ja kustannusten selvittäminen.

*Taulukko 17. Lista lupaavista toimenpiteistä (ei tietoa turvallisuusvaikutuksista) sekä niiden toteuttamiseen liittyvien kustannusten suuruusluokka.*

| Toimenpide                                 | Vaikutus     | Hinta                                  |
|--|--------------|--|
| Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi | selvitettävä | vaihtelee tasoristeykskoh-<br>taisesti |
| Turvallisuuskampanjat ja tiedotus          | selvitettävä | riippuu toimenpiteen laa-<br>juudesta  |
| Mobiilit varoituslaitteet                  | selvitettävä | ei tietoa                              |
| Varoitusvalo                               | 5–20 %       | keskisuuri                             |
| Punaista päin ajamisen kameravalvonta      | selvitettävä | keskisuuri                             |

Seuraavassa esitetään perustelut, miksi taulukon 17 toimenpiteet on arvioitu lupaaviksi ja suositeltaviksi toimenpiteiksi.

### *Näkemien raivaaminen määräysten mukaisiksi*

VTT:n tekemän INVE-inventointitutkimuksen mukaan erittäin usein suurin junan näkyvyyttä haittaava yksittäinen tekijä oli radan varren kasvillisuus. Varsinkin jos tasoristeyksessä ei ole aktiivista varoituslaitetta, turvallinen ylittäminen edellyttää, että tienkäyttäjä näkee mahdollisesti lähestyvän junan. Junan on oltava nähtävissä riittävän kaukaa, jotta tienkäyttäjä voi päättää, ehtiikö tasoristeyksen ylittää turvallisesti. Koska radanvarren kasvillisuus kasvaa koko ajan, on olennaista, että jokaisen tasoristeyksen näkemät ovat koko ajan raivattuna. Esimerkiksi TarvaLC-mallinnusohjelmassa tasoristeyksen onnettomuusriski muuttuu suuremmaksi näkemän huononemisen saavuttaessa tietyn raja-arvon. Näkemien raivaamisen turvallisuusvaikutukset riippuvat olennaisesti siitä, millaiset näkemäolosuhteet tasoristeyksessä vallitsevat. Sen takia suositellaan, että näkemien raivaamisen turvallisuusvaikutusten arvioimista varten kehitetään menetelmä, jolla jokaisen yksittäisen tasoristeyksen näkemäolosuhteita voitaisiin ennustaa.

### *Turvallisuuskampanjat, tiedotus ja valistus*

Tienkäyttäjien puutteelliset tiedot turvallisesta käyttäytymisestä tasoristeystä ylitettäessä tai virheellinen vaaran arviointi ovat usein myötävaikuttamassa tasoristeysonnettomuuksien tapahtumiseen. Turvallisuuskampanjoiden ja tiedotuksen tavoitteena on tiedottaa yleisesti tasoristeysten vaaroista ja informoida tasoristeyksen ylittämiseen liittyvistä turvallisista toimintatavoista. Turvallisuuskampanjoita, tiedotusta ja valistamista tehdään maailmanlaajuisesti. Turvallisuuskampanjoiden turvallisuus-  
hyötyihin kohdistuu usein suuria odotuksia, vaikkei toteutettujen kampanjoiden vai-

kutuksia ole juuri tutkittu. Turvallisuuhyötyjen tarkka määrittäminen on myös haasteellista, koska usein (erityisesti laajasti toteutetuissa kampanjoissa) on vaikea sulkea pois muita tasoristeysten turvallisuuteen myönteisesti vaikuttavia tekijöitä. Viimeaikaisena trendinä on, että tiedotusta siirretään yhä enemmän internetiin ja sosiaaliseen mediaan. Yhdysvalloissa on esimerkiksi toteutettu raskaan liikenteenkuljettajille kohdistettu tasoristeysturvallisuusaiheinen internet-koulutus. Melkein kaikki kuljettajat (98 %) arvioivat, että heillä oli koulutuksen jälkeen parempi käsitys turvalisesta käyttäytymisestä tasoristeyksessä (Horton 2014). Suosituksena onkin, että valtakunnallisten kampanjoiden lisäksi myös Suomessa kokeiltaisiin kohdistettua kampanjointia esimerkiksi ammattiautoilijoille tai nuorille kuljettajille mahdollisesti internetiä hyödyntäen ja kampanjaan liitettäisiin sen vaikutusten arviointi.

#### *Mobiilit varoituslaitteet*

Mobiilien varoituslaitteiden turvallisuusvaikutuksista ei ole vielä tällä hetkellä tietoa, koska ne ovat vasta kehitysvaiheessa (esim. Öörni ym. 2011). Kyseisillä järjestelmillä arvioidaan olevan huomattavia turvallisuushyötyjä, koska ne välittävät autonkuljettajalle ajantasaisesti tietoa tasoristeystä samanaikaisesti lähestyvistä junasta. Suosituksena onkin jatkaa järjestelmän kehittämistä sekä seurata muissa maissa tapahtuvaa kehitystä ja siellä kerättyjä kokemuksia. Suosituksena on lisäksi, että järjestelmän turvallisuusvaikutusten arviointi tulee olla keskeisenä osana järjestelmän kehitystä ja testausta.

#### *Varoitusvalo*

Varoitusvalo varoittaa tienkäyttäjiä keltaisella vilkkuvalolla, jos tasoristeystä on lähestymässä jokin liikenneyksikkö. Laitteisto saa energiansa muualta kuin verkkosähköstä ja siksi sen kustannukset ovat merkittävästi pienemmät kuin valovaroituslaitoksen. Laitteiston turvallisuusvaikutukseksi on arvioitu 5–20 % valovaroituslaitoksen mukaisesti. Varoitusvalon turvallisuusvaikutukset tulisi kuitenkin selvittää tarkemmin, kun niitä otetaan käyttöön. Varoitusvalo on ilmeisesti valovaroituslaitosta kustannustehokkaampi ja siksi se on otettu mukaan lupaavien toimenpiteiden listalle.

#### *Punaista päin ajamisen kameravalvonta*

Punaista päin ajamisen kameravalvonnan hyödyistä ja hyväksyttävyydestä on vaihtelevia tuloksia. Järjestelmä otettiin mukaan lupaavien toimenpiteiden joukkoon, koska Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan sillä pystyttiin vähentämään tasoristeyksissä tapahtuvaa punaista päin ajamista 50 %. Euroopassa kyseistä toimenpidettä on testattu mm. Isossa-Britanniassa. Punaista päin ajamisen kameravalvonnan käyttöönottamiseen Suomessa ei liene teknisiä esteitä. Tarvetta on lähinnä pohtia ja arvioida tekniikkaa ja muita yksityiskohtia, jotta jo käytössä oleva tekniikka voitaisiin siirtää sujuvasti Suomen olosuhteisiin käytettäväksi.

Turvallisuuden parantamiseen tähtäävien toimenpiteiden arvioinnin yhteydessä pohdittiin myös keskeisimpien toimenpiteiden tulevaisuuden kehitysnäkymiä:

- Junavaron kaltaiset sovellukset mobiili- tai päätelaitteessa (tieto ylityksen turvallisuudesta ajantasaisesti tienkäyttäjälle älypuhelimien tai erilliseen päätelaitteeseen) yleistyvät 5–10 vuoden päästä.

Tasoristeysten varoitusjärjestelmän käyttöönotto on listattuna yhdeksi keskeiseksi toimenpiteeksi liikenne- ja viestintäministeriön kokoamassa kansallisessa älyliikennestrategiassa. Älyliikenteeseen perustuvaa tasoristeysten varoitusympäristöä tutkitaan Suomen lisäksi muun muassa Australiassa. Oletetta-

vaa siis on, että todellisia käytäntöön saakka vietyjä toteutuksia mobiileista varoituslaitteista on nähtävissä aivan lähivuosina.

Jos järjestelmä integroidaan osaksi autoa, niin järjestelmien käyttöönotto on paljon hitaampaa kuin mobiili- ja päätelaitteita käytettäessä, koska ajoneuvokanta uusiutuu Suomessa hitaasti.

- Muualta kuin sähköverkosta energian ottavat ja muualta kuin perinteisestä virtapiiristä tiedon junan lähestymisestä ottavat varoituslaitteet yleistyvät 5 vuoden kuluessa.
- Tasoristeysten määrän vähentäminen (rataosakohtaisten parannusten yhteydessä tai muulla perusteella tehtävät tasoristeysten poistamiset) on käynnissä.
- Jatkuvasti kehittyvät ja päivittyvät menetelmät yksittäisten tasoristeysten vaarallisuuden ja turvallisuuden parantamispotentiaalin arvioinnissa auttavat kohdentamaan rajalliset resurssit tehokkaasti.

Suomessa on ollut vuodesta 2013 alkaen käytössä tasoristeysten onnettomuusriskiä mallintava järjestelmä Tarva LC. Järjestelmää tulee kuitenkin päivittää säännöllisesti esimerkiksi onnettomuushistorian ja tasoristeyskiin tehtyjen muutosten osalta, jotta mallin ennustuskyky säilyy hyvänä.

Tiedot erilaisten toimenpiteiden turvallisuusvaikutuksista todettiin puutteellisiksi. Siksi on tärkeää, että vastaisuudessa kaikkiin turvallisuuden parantamissuunnitelmiin liitetään suunnitelma toteutuksen vaikutusten arvioimiseksi ja toteutuksessa varaudutaan vaikutusten arvioimisen mahdollistavan tiedon keräämiseen.



## Lähteet

Alroth, J. & Pöllänen, M. (2011). Liikenneturvallisuus. Opetusmoniste. Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenteen tutkimuskeskus Verne. <http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/liikenneturvallisuus.pdf> (viitattu 30.10.2014).

Caird, J.K., Creaser, J.I., Edwards, C.J. & Dewar, R.E. (2002). A human factors analysis of highway-railway grade crossing accidents in Canada. Transportation Development Centre, Report TP 13938E. Montreal, Quebec: Transport Canada.

Federal Highway Administration (2007). Railroad-Highway Grade Crossing Handbook, Revised Second Edition. FHWA-SA-07-010. Washington, D.C.

Ryan, B. & Kallberg, V-P. (2013). Developing methodology in RESTRAIL for the preliminary evaluation of preventative measures for railway suicide and trespass. In: Dashi, N., Scott, A., Wilson, J.R., and Mills, A. (eds.) The fourth international rail human factors conference, March, 2013 (pp.89–98). London, UK: CRC Press, Taylor and Francis Group.

Horton, S. (2014). Evaluation of education and outreach methods and strategies: A case study of a web-based rail safety education initiative. Presentation at 2014 Global Level Crossing Safety & Trespass Prevention Symposium. August 3–8, 2014. Urbana, IL.

Kallberg, V-P., Ran, B., Bruyelle, J.L. & El Koursi, E.M. (2012). Method for the evaluation of measures targeted to prevent railway suicides and trespassing accidents. Merged Deliverable 2.1 & 3.1 of the RESTRAIL project. [http://www.restrail.eu/IMG/pdf/restrail-d21\\_d31-b-0103-evaluation\\_method-public.pdf](http://www.restrail.eu/IMG/pdf/restrail-d21_d31-b-0103-evaluation_method-public.pdf) (viitattu 27/10/2014).

Kallberg, V-P. & Hytönen, J. (2001). Rautatietasoristeysten turvaaminen. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Tutkimusraportti RTE1290/01. Espoo: VTT.

Kallberg, V-P. (2009). Stop-merkin ja 20 km/h -nopeusrajoituksen käyttö tasoristeyksissä. VTT tiedotteita 2519. Espoo: VTT.

Level crossing risk management toolkit. (2014). <http://www.lxrmtk.com> (viitattu 16/10/2014).

Liikennevirasto. (2014a). Tasoristeysten poistaminen. [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ymparisto\\_turvallisuus/onnettomuuksien\\_ehkaiseminen/tasoristeysten\\_poisto#.VFeEW1U8I-U](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ymparisto_turvallisuus/onnettomuuksien_ehkaiseminen/tasoristeysten_poisto#.VFeEW1U8I-U) (viitattu 27/10/2014).

Liikennevirasto. (2014b). Suomen rautatietilasto 2014. Liikenneviraston tilastoja 2/2014. Helsinki.

- Liikennevirasto. (2014c). Tasoristeykset ja teiden kunnossapito. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf6/tasoristeykset\\_teiden\\_kunnossapito\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf6/tasoristeykset_teiden_kunnossapito_web.pdf) (viitattu 27/10/2014).
- Liikennevirasto. (2012). Tien suunnittelu tasoristeyksessä. Liikenneviraston ohjeita 3/2012. Helsinki.
- Liikenteen turvallisuusvirasto. (2014). Suomen rautateiden tila 2014. [http://www.trafi.fi/filebank/a/1412063132/52dbd5195d8cfff67cce5aa044d3d329/15449-Trafi\\_Rautateiden\\_tila\\_2014\\_FI.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1412063132/52dbd5195d8cfff67cce5aa044d3d329/15449-Trafi_Rautateiden_tila_2014_FI.pdf) (viitattu 27/10/2014).
- Mckenzie-Kerr, A., Turner, C., McMorrow, J. & Townsend, P. (2010). The level crossing risk management toolkit: A tool to identify human factors risks and mitigations systematically at level crossings. Paper presented at the 10th International Level Crossing Symposium, Tokyo, Japan.
- Nelson, A. (2012). Level crossings: The-state-of-the-art. Paper presented at the 11th International Level Crossing Symposium, London, UK.
- Nilsson, G. (2004). Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed and safety. Bulletin 221. Department of Technology and Society. Lund University. Lund.
- OTKES (2011). Teematutkinta tasoristeysonnettomuuksista. S1/2011R. Multiprint Oy, Vantaa 2012.
- Pajunen, K. & Katajisto, P. (2000). Rautatientasoristeysten turvaaminen. VTT Yhdyskuntatekniikka. Tutkimusraportti 543/2000. Espoo: VTT.
- Park, P.Y-J. (2007). Estimating effectiveness of countermeasures based on multiple sources: Application to highway-railway grade crossings. Waterloo, Ontario, Canada: The University of Waterloo.
- Peltola, H., Seise, A., Leden, L. & Virkkunen, M. (2012). Rautateiden tasoristeysten turvallisuuden arviointi. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 38/2012. Helsinki: Liikennevirasto.
- Railway Safety & Standards Board (2008). Development of a level crossing risk management toolkit, Summary report. London: Railway Safety and Standards Board.
- Reason, J. (2000). Human error: models and management. British Medical Journal 320, (7237), 768–770.
- Roine, M. & Luoma, J. (2009). Liikenneturvallisuustoiminnan lähestymistavat. VTT Tiedotteita 2477. Espoo: VTT.
- Saccomanno, F. & Lai, X. (2004). Analysis of grade crossing collisions and countermeasures. Paper presented at the 8th International Level Crossing Symposium, Sheffield, UK.

SUPREME. (2007). SUPREME project final report part A: Methodology. [http://ec.europa.eu/transport/roadsafety\\_library/publications/supreme\\_a\\_methodology.pdf](http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/supreme_a_methodology.pdf) (viitattu 28/10/2014).

Tung, L-W. & Khattak, A. (2014). Assessment of distracted driving at highway-rail grade crossings. Presentation at 2014 Global Level Crossing Safety & Trespass Prevention Symposium. August 3–8, 2014. Urbana, IL.

Ubalde, L., Bachiller, A. & Casas, C. (2004). Criteria for level crossing removal risk evaluation and cost-benefit analysis. Paper presented at the 8th International Level Crossing Symposium, Sheffield, UK.

Öörni, R., Hietikko, M., Kauvo, K., Lattunen, A. & Virtanen, A. (2011). Autossa toimiva junavaroitussjärjestelmä. Kokeilu Hanko–Hyvinkää-rataosalla. VTT Tiedotteita 2603. Espoo: VTT.





