

# TURVALAITEJÄRJESTELMINEN KÄYTTÖÖNOTTOTAR- KASTUKSIEN DOKUMENTOINNIN KEHITTÄMINEN

Pekkala Niklas

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Niklas Pekkala	Vuosi	2018
<b>Ohjaaja</b>	DI Jaakko Etto		
<b>Toimeksiantaja</b>	VR Track Oy Ins. Tommi Latva		
<b>Työn nimi</b>	Turvalaitejärjestelmien käyttöönotto- tarkastuksien dokumentoinnin kehittäminen		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	52 + 29		

---

Opinnäytetyössä tarkasteltiin rautateiden turvalaitejärjestelmien käyttöönotto-  
tarkastuksia sekä tarkastuksissa tuotettavaa dokumentointia. Työn pääpainona oli  
turvalaitejärjestelmien dokumentoinnin kehittäminen. Projektissa käsiteltiin, mitä  
ohjeita ja määräyksiä tulisi ottaa huomioon turvalaitejärjestelmien käyttöönotto-  
tarkastustehtävissä. Työssä käsiteltiin käyttöönottoprosessiin liittyviä turvalaite-  
elementtejä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa ja kehittää Suomen rautateillä käytettävien  
turvalaitejärjestelmien käyttöönotto-  
tarkastuksien dokumentointia yhtenäiseksi  
sekä helppokäyttöiseksi. Tavoitteena oli myös päivittää uudet dokumentoinnissa  
käytettävät tarkastuspöytäkirjapohjat VR Track Oy Suunnittelu-yksikön sisäiseen  
verkkoon.

Turvalaitejärjestelmien dokumentoinnin kehittämistä testattiin käytännössä  
maastotyöskentelyn yhteydessä. Sieltä saatujen asiantuntijoiden ohjeiden sekä  
omien havaintojen perusteella saatiin kehitettyä dokumentointia laadullisesti pa-  
rempaan suuntaan. Käytännön kokemuksen avulla dokumentoinnin pystyi konk-  
reettisesti testaamaan, mikä helpotti dokumentin ongelmien ratkaisuja.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotettua uudet dokumentointipohjat sekä oh-  
jeistus VR Track Oy Suunnittelun turvalaiteryhmän käyttöön. Opinnäytetyön tu-  
loksen pohjalta jatketaan dokumentoinnin kehittämistä edelleen. Turvalaitteiden  
käyttöönotto-  
tarkastuksien dokumentoinnin yhtenäisyys eri projektien välillä pa-  
rantui. Tarkastuspöytäkirjojen laatu parani sekä käyttöönotto-  
tarkastusdokumentit  
ovat helpommin ja nopeammin täytettävissä.

Kaikki tuotetut dokumentit ovat VR Track Suunnittelun omistamia, joten niitä ei  
tulla julkaisemaan opinnäytetyön yhteydessä.

Avainsanat rautatiet, turvalaitejärjestelmät, dokumentointi, käyt-  
töönotto-  
tarkastus, asetinlaite

Technology, Communication and  
Transportation  
Electrical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Niklas Pekkala	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Jaakko Etto, M.Sc.		
<b>Commissioned by</b>	VR Track Ltd Tommi Latva, B.Sc.		
<b>Subject of thesis</b>	Improving Inspection Documentation of Safety System Commissioning		
<b>Number of pages</b>	52 + 29		

---

The subject of this Bachelor's Thesis was to examine with the documentation that is used in the inspection of railway system commissioning. The main goal of the Thesis was improving the documentation of the safety systems. The Thesis addresses what instructions and regulations should be in the commissioning inspection documentation.

The aim was to produce a new documentation of the safety systems commissioning inspection. The main goals were to make the documentation more unified and easier to use. The result was to update inspection documentation to the VR Track Ltd. intranet.

Developing the documentation was tested in the field during the implementation and inspection of the safety systems. Based on the feedback from the professionals and my own observations, the quality of the documentation was improved. Solving the problems regarding the documentation were solved during the fieldwork, which made the project smoother.

The results from the Bachelor's thesis were new documentation charts and instructions for the VR Track Ltd. safety system group. Improving the documentation is continuing after the Thesis as well. The uniformity of the commissioning inspection documentation between different projects was improved and using the documentation is now much faster and easier.

All produced documents are owned by VR Track and they will not be published in the public version.

**Key words** railway, safety systems, documentation, commissioning inspection, interlocking

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	8
2 RAUTATEIDEN TURVALAITEJÄRJESTELMÄT SUOMESSA.....	10
2.1 Suomen rataverkko.....	10
2.2 Turvalaitteiden käyttötarkoitus .....	12
2.3 Junien kulunvalvonta JKV.....	12
2.4 Turvallisuusperiaatteet.....	14
3 TURVALAITEJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS JA TURVALAITTEET .....	16
3.1 Turvalaitejärjestelmien käyttöönotto tarkastusohje .....	16
3.1.1 Suunnittelu ja valmistelu.....	17
3.1.2 Analysointivaihe .....	18
3.1.3 Määrittely.....	19
3.1.4 Tehdastestaus FAT .....	20
3.1.5 Systeemi-integraatiotestaus SIT.....	21
3.1.6 Käyttöönotto testaus SAT.....	22
3.1.7 Raportointi.....	23
3.2 Rautatieturvalaitteet.....	24
3.2.1 Asetinlaitteet.....	24
3.2.2 Vapaanaolon valvonta.....	26
3.2.3 Opastimet .....	27
3.2.4 Vaihteet .....	29
3.2.5 Avainsalpa ja raiteensulku.....	32
3.2.6 Kauko-ohjaus .....	33
3.2.7 Varoituslaitos.....	34
4 TURVALAITEJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSIEN DOKUMENTOINTI.....	36
4.1 Kehitysvaihe 1.....	36
4.2 Kehitysvaihe 2.....	37
4.3 Kehitysvaihe 3.....	38
4.4 Asetinlaitteet .....	38
4.5 Vapaanaolon valvonta .....	41

4.6	Opastimet .....	43
4.7	Vaihteet.....	43
4.8	Avainsalpalaitteet.....	44
4.9	Varoituslaitos .....	45
5	POHDINTA .....	48
	LÄHTEET.....	50
	LIITTEET.....	52

## ALKUSANAT

Haluan kiittää VR Track Oy:tä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö turvalaitteiden käyttöönottoryhmälle. Opinnäytetyön aiheen valinnasta ja ohjauksesta haluan kiittää projektipäällikkö Timo Lähtevänojaa ja konsultti Mika Kuparia VR Track Oy:n turvalaitteiden käyttöönottoryhmästä. Kiitokset myös Lapin ammattikorkeakoulun opinnäytetyön ohjaajalle Diplomi-insinööri Jaakko Etolle asiantuntevasta ohjauksesta opinnäytetyön edetessä.

Kiitoksia perheelleni pitkien iltojen mahdollistamisesta kirjoittamisen osalta sekä korvaamattomasta kannustamisesta opinnäytetyön edetessä.

Oulu 26.1.2018

Niklas Pekkala

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

FAT	Factory Acceptance Test, turvalaitejärjestelmän tehdastestaukset
JKV	Junien kulunvalvonta. Junien kulunvalvonnalla valvotaan, että juna noudattaa sille annettuja nopeusrajoituksia ja opasteita
RATO	Ratatekniset ohjeet, liikenneviraston julkaisemat radanpitoa koskevat ohjekokoelmat
SAT	Site Acceptance Test, turvalaitejärjestelmän käyttöönottestaus
SIL	Safety Integrity Level, turvallisuuden eheyden taso
SIT	System Integration Test, turvalaitejärjestelmän systeemi-integraatio-testaukset
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on rautateillä olevien turvalaitejärjestelmien dokumentoinnin kehittäminen. Suomen rautateillä on useita eri turvalaitejärjestelmiä, joiden dokumentointi on ainutlaatuista. Opinnäytetyö toteutetaan VR Track Suunnittelu-yksikön turvalaitteiden käyttöönottoryhmään, jonka yhtenä tehtävänä on turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastukset. Toimin työn aikana turvalaitteiden käyttöönottoryhmässä avustavana tarkastajana, yksi avustavan tarkastajan tehtävistä on käyttöönottotarkastuksien dokumentoinnin ylläpitäminen.

Työssä kehitetään tarkastuksissa käytettävää turvalaitejärjestelmien dokumentointia yhteneväiseksi ja helppokäyttöisemmäksi. Turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastuksien dokumentointia on kehitetty useita kertoja VR Track Suunnittelun yksikössä, viimeisimmät muutokset ovat muutaman vuoden takaa, joten dokumenttien tarkastelu oli ajankohtainen.

Opinnäytetyön aihe kehittyi työn tekemisen ohessa tarpeesta yhtenäistää ja selkeyttää dokumentointia. Dokumentit oli tarkoitus päivittää kaikkien turvalaitejärjestelmien osalta, mutta rajallisen ajan vuoksi opinnäytetyö painottuu muutamaaan turvalaitejärjestelmään dokumentoinnin kehittämisen osalta.

Opinnäytetyössä tarkastellaan koko käyttöönottotarkastusprosessia alkaen suunnitteluvaiheesta ja päättyen palauteraporttiin. Työssä perehdytään Liikenneviraston ohjeisiin sekä vaatimuksiin, jonka pohjalta käyttöönottotarkastuksen dokumentointia luodaan. Dokumentoinnissa on otettava huomioon turvalaitejärjestelmissä käytettävät yleiset määräykset ja standardit. Kaikki dokumentoinnit ovat luottamuksellisia, joten opinnäytetyö julkaistaan ilman liitteitä.

VR Track Oy on valtion kokonaan omistaman VR Group Oyj:n tytäryhtiö. VR Track Oy on merkittävin toimia Suomen rautateillä. Yrityksen toimintaan liittyy vahvasti rautatiemateriaalin toimittaminen sekä infrahankkeiden suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito. VR Track koostuu neljästä liiketoimintayksiköstä, joita ovat kone- ja materiaalit, kunnossapito, rakentaminen ja suunnittelu. Lisäksi yrityksellä on tytäryhtiöt VR Track Sweden AB ja VR Infracore. VR Track Oy:llä



työskentelee yli 1700 työntekijää. VR Track:n toimipisteitä sekä työmaita on ympäri Suomen. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingin rautatieasemalla. Liikenvaihtoa yritykselle kertyi vuonna 2016 tytäryhtiöineen 299 miljoona euroa. VR Track Oy:n asiakkaat ovat valtion ja kuntien toimijat sekä teollisuusyritykset. (VR Track Oy 2017b.)

VR Track Oy:n suunnitteluyksikössä työskentelee yli 200 ammattilaista (VR Track Oy 2017b). Yksi suunnittelun ryhmistä on turvalaitteiden käyttöönottoryhmä, johon opinnäytetyö sijoittuu. Turvalaitteiden käyttöönottoryhmässä työskentelee yli 30 työntekijää, jotka pääasiassa tekevät turvalaitejärjestelmiin liittyviä asiantuntija-, tarkastus- ja suunnittelutehtäviä.

## 2 RAUTATEIDEN TURVALAITEJÄRJESTELMÄT SUOMESSA

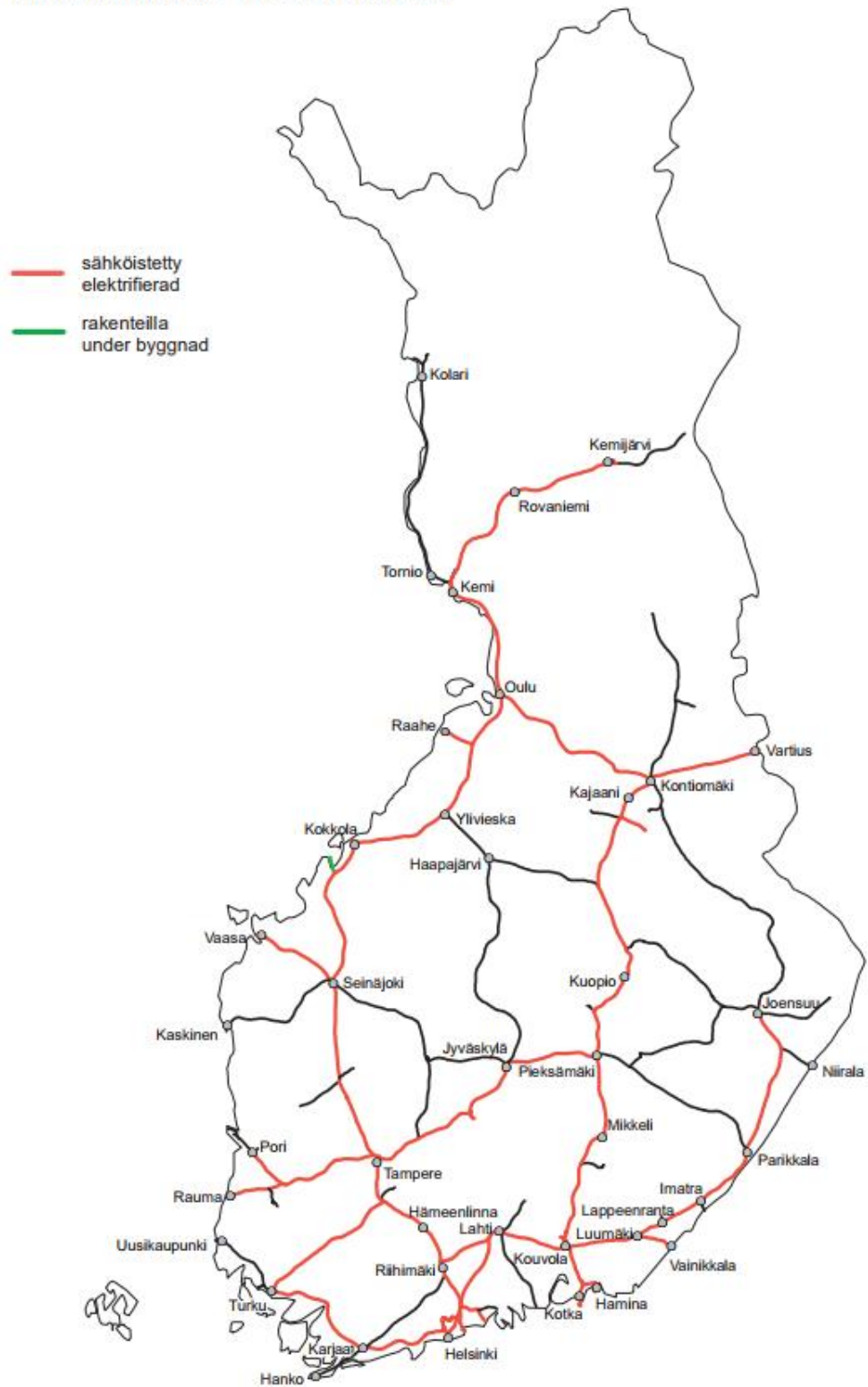
### 2.1 Suomen rataverkko

Liikennöidyn rataverkon pituus Suomessa oli 2016 vuoden lopussa 5926 kilometriä, josta 88,5 % on yksiraiteista. Suomen rataverkon raideleveys poikkeaa suurimmasta osasta muista Euroopan maissa käytettävistä rataleveyksistä, Suomen raideleveys on 1524 millimetriä, kun taas usealla Euroopan maalla 1435 millimetriä. Suomessa oli rautatieliikennepaikkoja vuonna 2016 yhteensä 343, näistä ainoastaan henkilöliikenteen käytössä 107, tavaraliikenteen käytössä 146 sekä yhteiskäytössä 90 rautatieliikennepaikkaa. Vaihteita rataverkolla on yhteensä 5315 kappaletta. Suomen rataverkolla on tunneleita 44 kappaletta ja niiden yhteen laskettu pituus on 47 565 metriä. (Liikennevirasto 2017; Liikennevirasto 2016a, 10.)

Sähköradalla käytetään 25 kilovoltin jännitettä ja taajuutena 50 Hz:iä. Kuviossa 1 on esitetty Suomen sähköistetty rataverkko. Sähköistettyä rataa oli 2588 kilometriä vuonna 2016. Radalla on akselille painorajoitteita 22,5 tonnista 25 tonniin. Tavarajunan suurin sallittu nopeus on 120 kilometriä tunnissa ja henkilöjunalla vauhdit nousevat jopa 220 kilometriin tunnissa (Liikennevirasto 2017). Ideaalitalanteessa, väliaikaisten rajoitusten loputtua, Oulusta Helsinkiin matkataan noin viidessä tunnissa.

Suomessa tasoristeyksiä vuonna 2016 oli yhteensä 2778 kappaletta, näistä ilman varoituslaitteita on suurin osa, 2102 kappaletta. Puomilaitteita on kokonaismäärästä 609 ja niiden lisäksi valo- ja/tai äänivaroituslaitteita 67 kappaletta. Tasoristeyksien kokonaismäärä on ollut laskussa jo 1970-luvulta lähtien. (Liikennevirasto 2016a, 20.)

## 1.10 Ratojen sähköistys • Banornas elektrifiering



Kuvio 1. Suomen rataverkko 2016 (Liikennevirasto 2016a, 19)

## 2.2 Turvalaitteiden käyttötarkoitus

Turvalaitteita tarvitaan nykypäivänä varmistamaan junien turvallinen ja sujuva kulku, koska rautatieliikenteessä yksiköiden nopeudet ovat kasvaneet merkittävästi aikojen saatossa ja junien täyttöaste on suurentunut. Raiteelta suistuminen tai kahden junan törmäminen aiheuttavat vakavimmat onnettomuudet. Suuronnettomuudet ovat harvinaisia kehittyneiden turvalaittejärjestelmien ansiosta. Suistuminen raiteelta tapahtuu suurella todennäköisyydellä vaihteessa, jolla on tekniikaltaan vaativa rakenne. Vaihteen asento määrittelee suurimman sallitun nopeuden vaihteen ylittämistä. Poikkeavalle raiteelle kohdistetun vaihteen suurin sallittu nopeus on pienempi, entä suoraan kohdistetun vaihteen nopeus. Poikkeavalle raiteelle käännetty vaihde mahdollistaa suistumisen, jos nopeus ylittää suurimman sallitun nopeuden. Junien joutuessa virheellisesti samalle raiteelle samansuuntaisesti saattaa seurauksena olla yhteentörmäys. Kuitenkin kahden junan törmäminen on harvinaista, mutta niitäkin on sattunut Suomessa. (Härkönen ym. 2014, 17.)

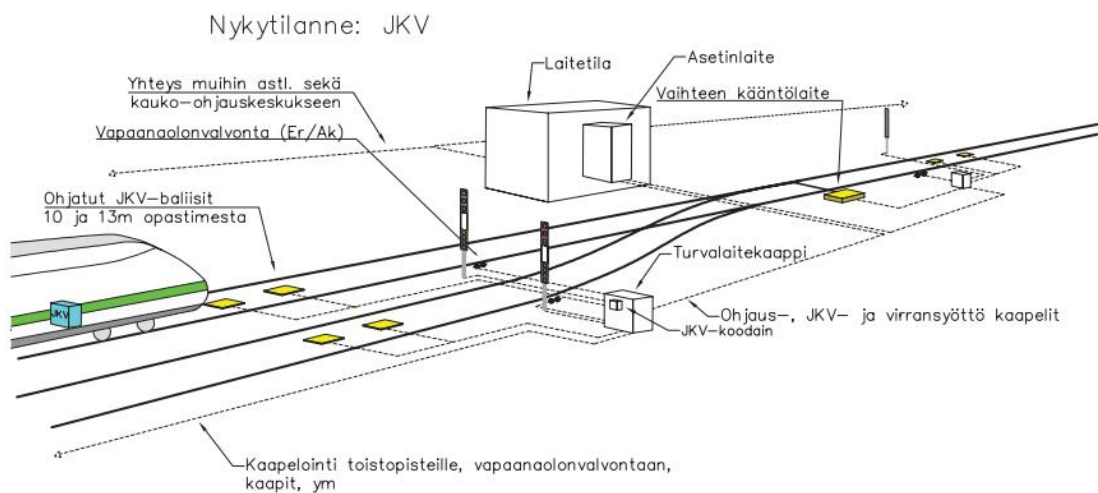
Vuosien aikana eri turvalaitteita on kehitetty turvamaan rautateille tutut pulmat, kuten pitkät jarrutusmatkat, mitättömät väistämismahdollisuudet ja suuret massat. Pulmat on otettava huomioon suunniteltaessa rautatieliikennettä. Lisäksi on tärkeää suunnittelun kannalta ottaa huomioon turvalaitetekniikan ja liikennöintisääntöjen yhdistäminen. (Härkönen ym. 2014, 17.)

Turvalaitteet ovat kehittyneet vuosien aikana radan ja kaluston osalta yksinkertaisista ihmisen varassa olevista tavoista ja määräyksistä pitkälle vietyihin tekniisiin järjestelmiin. Kiinteästi rataan asennetut ratalaitteet ohjaavat ja valvovat vaihteita, raiteensulkuja, opastimia ja kulunvalvonnan baliiseja sekä raiteiden vapaaoloa. (Härkönen ym. 2014, 17.)

## 2.3 Junien kulunvalvonta JKV

Junan mennessä reitillä on pystyttävä välittämään liikkuvalla yksikölle nopeusrajoitukset sekä reitin mahdollinen päätyminen tarpeeksi aikaisin, jotta jarruttami-

nen on mahdollista ajoissa. Junalle välitetään tietoa näkyvillä opasteilla sekä junien kulunvalvonnan (JKV) baliiseilla, jotka on asennettu kiinteästi rataan. Veturissa olevat junien kulunvalvontalaitteet (JKV) vastaanottavat radalle kiinteästi asennetuilta ratalaitteilta tiedon, joka antaa veturille tarvittavat nopeusrajoitukset ja fiktiiviset opasteet matkan jatkamiseksi. Kuviossa 2 on esitetty nykyinen junien kulunvalvontalaitteisto. (Härkönen ym. 2014, 17.)

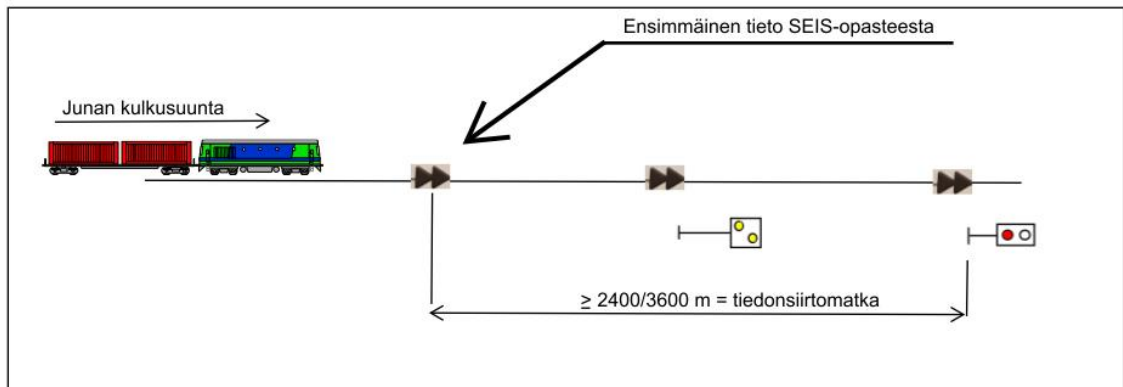


Kuvio 2. Ratalaitteita (Liikennevirasto 2014a.)

Junien kulunvalvontajärjestelmällä varmistetaan Suomessa junaliikenteen turvallisuus. Järjestelmää on kehitetty viime vuosiin saakka ja se on toiminnoltaan monipuolinen sekä helposti käyttöönotettava. Kaluston ollessa JKV:lla varustetun alueen sisällä näyttää järjestelmä sallittua nopeutta jatkuvasti. Tämän vuoksi järjestelmää on alettu käyttämään yli 35 km/h vaihdenopeuksien ja yli 80 km/h nopeusrajoitusten ilmaisemiseen opasteiden ja merkkien sijaan. (Härkönen ym. 2014, 131)

JKV-järjestelmä on pistemäinen järjestelmä, koska siinä rata- ja veturilaitteiden välillä tapahtuu tiedonsiirtoa ainoastaan baliisien kohdalla. Järjestelmässä nopeutta rajoittavaa tietoa välitetään veturilaitteistoon hyvissä ajoin suhteessa junan nopeuteen ja jarrutusmatkaan. Kuljettajalle järjestelmässä varataan aikaa jarruttamiseen JKV-nopeuksien perusteella, mutta jos kuljettaja ei aloita jarruttamista ajoissa, järjestelmä aloittaa jarrutuksen. (Härkönen ym. 2014, 131)

Nopeusrajoitukset määrittelevät JKV-järjestelmän ennakkotietoa antavan baliisien sijainnin. Tätä baliisien ja opasteiden väliä kutsutaan tiedonsiirtomatkaksi. Nopeuksien ollessa enintään 160 km/h on tiedonsiirtomatka vähintään 2400 m ja suurimman nopeuden ollessa yli 160 km/h tiedonsiirtomatka on oltava vähintään 3600 m (Kuvio 3). (Härkönen ym. 2014, 131.)



Kuvio 3. Pääopastimen Seis-opasteen tiedonsiirtomatkasta (Härkönen ym. 2014, 131.)

## 2.4 Turvallisuusperiaatteet

Rautateiden turvalaitteiden tarkastuksissa, suunnittelussa ja rakentamisessa on huomioitava myös laitteiden vikaantumismahdollisuus sekä inhimillisen virheen todennäköisyys. Rautateitä rakennettaessa ja turvalaitteita suunniteltaessa on yleisenä turvallisuusperiaatteena, että yhden vian sattuessa se ei saa aiheuttaa vaaraa. Esimerkiksi opastimen punaisen värilasin hehkulamput varustetaan kahdella hehkulangalla, joten päälangan vioittuessa opastin aloittaa toiminnan varalangalla. Samalla asetinlaite havaitsee vian ja näin ollen osataan valmistautua korjaustoimenpiteisiin. (Härkönen ym. 2014, 25.)

Rautateiden vaihteita valvotaan samalla turvallisuusperiaatteella. Vaihteiden ohjauksen kääntölaitteet varustetaan erillisillä kääntö- ja valvontatangoilla ja vaihteiden molemmat kielet valvotaan erikseen. Toisin sanoen yksi virhe ei pääse aiheuttamaan tilannetta, jossa vaihteen asento pääteltäisiin väärin. (Härkönen ym. 2014, 25.)

Asetinlaitteen osalta turvallisuusperiaatteena on jatkuva turvallisuusehtojen valvonta. Esimerkiksi reletekniikalla toteutetun asetinlaitteen kulkutie-ehdoissa olevan releen vikaantuessa asetinlaite ohjaa kulkutie-ehtojen ohjaaman opastimen Seis-opasteeksi, eli aina vikatilanteessa asetinlaite ohjaa turvallisempaan tilaan. (Härkönen ym. 2014, 25.)

Releasetinlaitteessa käytössä olevat valvontareleet noudattavat lepovirtaperiaatetta, eli releen turvallisempi tila on päästäneenä. Rele valvoo toimintoja vetotilassa, näin ollen releen menettäessä vetotilansa asetinlaite siirtyy turvallisempaan tilaan. (Härkönen ym. 2014, 25.)

Asetinlaitteissa käytetään sähköisinä komponentteina vain testattuja ja hyväksytyjä komponentteja, joiden toiminta vikoineen on tiedossa. Turvalaitteiden releissä on pyritty estämään releiden koskettimien hitsautuminen kiinni. Koskettimet on valmistettu pelkästään turvalaitteita varten. (Härkönen ym. 2014, 25.)

Lisäksi on valvottava oikosulkuja turvalaitetilassa, ulkolaitteissa, ulkolaitekaapeissa sekä ohjauskaapeleita. Asetinlaitteella on yleisesti maavikailmaisina, joka valvoo oikosulkuja asetinlaitteeseen kytketyistä elementeistä. Viat on pyritty välttämään erottamalla turvalaitteiden sähkönsyöttöjärjestelmä maapotentiaalista. Vaiheet, nollajohto, sekä tasavirtapiirit kytketään maadoittamattomiksi, jotta virheelliset vieraat jännitteet eivät aiheuta häiriötä. (Härkönen ym. 2014, 25.)

### 3 TURVALAITEJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS JA TURVALAITTEET

#### 3.1 Turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastusohje

Käyttöönottotarkastuksilla pyritään varmistamaan, että rautatieturvalaitejärjestelmä täyttää sille asetut toiminnallisuus- ja turvallisuusvaatimukset. Hankkeiden sopimusasiakirjoissa määritetään toiminnallisuuteen liittyvät vaatimukset.

Turvalaitehankkeiden sopimusasiakirjoissa nostetaan usein esille radanpitäjän ylläpitämät ja julkaisemat ohjeet sekä vaatimukset turvalaitteiden osalta, yksityiskohtaisten vaatimusten lisäksi. Hankkeen koko ja radan liikennöinti määrä usein määrittelevät toiminnalliseen turvallisuuteen liittyvät turvallisuuden eheyden tason, koska käyttöönotettavana saattaa olla koko järjestelmä tai tietty turvalaite-toiminto. Rautatiejärjestelmässä turvallisuuden eheyden taso on SIL3 tai SIL4 standardien EN 50126 ja IEC 61508 mukaisesti. (Härkönen ym. 2014, 196.)

Suomessa rautatienturvalaitteisiin liittyvää ohjeistusta ylläpitää Liikennevirasto. Ohjeiden tarkoituksena on varmistaa, että käyttöönotettu turvalaitejärjestelmä täyttää sille asetetut turvallisuus- ja toiminnallisuusvaatimukset. Tehtäessä muutoksia olemassa olevaan turvalaitejärjestelmään käyttöönottotarkastajaorganisaation tulee varmistaa, että muutokseen liittyvät riskit on otettu huomioon ja siihen varaudutaan tarvittavalla turvallisuuden arvioinnilla. Käyttöönottotarkastajaorganisaation on varmistettava, että järjestelmän turvallisuusvaatimukset ovat määräyksien mukaiset. Liikenneviraston turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastusohje 7/2012 soveltuu etenkin uusien turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastuksiin. Käytössä olevissa vanhemmissa turvalaitejärjestelmissä tätä ohjetta on sovellettava tapauskohtaisesti. (Liikennevirasto 2012b, 6.)

Liikenneviraston ohjeen 7/2012 mukaisesti turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastus on kuvattu prosessina, joka kohdentuu seitsemään aikajärjestyksessä etenevään vaiheeseen alkaen suunnittelu- ja valmisteluvaiheesta ja päättyen raportointivaiheeseen. (Liikennevirasto 2012b, 10.)



### 3.1.1 Suunnittelu ja valmistelu

Turvalaitejärjestelmän käyttöönottotarkastus aloitetaan suunnittelu- ja valmisteluvaiheella. Suunnitteluvaiheessa käyttöönottotarkastajaorganisaatio tuo esille sen, miten käyttöönottotarkastus aiotaan toteuttaa. Tässä vaiheessa kuitenkin ei tarvitse olla vielä valittuna järjestelmän toimittajaa. Kuviossa 4 on esitetty suunnittelu- ja valmisteluvaiheen prosessikaavio, tuloksena syntyy käyttöönottotarkastussuunnitelma. Sitä päivitetään tarvittaessa käyttöönottoprosessin edetessä. (Liikennevirasto 2012b, 11-12.)



Kuvio 4. Suunnittelu- ja valmisteluvaiheen prosessikaavio (Liikennevirasto 2012b, 10.)

Käyttöönottotarkastussuunnitelma on välttämätön dokumentti koko käyttöönottotarkastusprojektin onnistuneessa loppuun viemisessä. Suunnitelmassa käsitellään riskienhallintaan ja turvallisuuteen liittyvät perehdytyksien käytännöt sekä käyttöönottotarkastukseen liittyvät poikkeusjärjestelyt rataosalla tai mahdollisella liikennepaikalla. Käyttöönottotarkastussuunnitelmaan on lisänä turvallisuussuunnitelma, joka on tehtävä jokaiselle käyttöönottotarkastusprojektille. Turvallisuussuunnitelma sisältää tietoja työn kohteesta, työn toteuttamisesta, rautatieturvallisuudesta, työturvallisuudesta sekä turvallisuuspoikkeamien ilmoittamisesta ja käsittelystä. Turvallisuussuunnitelman lisäksi käyttöönottotarkastajat käyvät pääurakoitsijan työmaan perehdytyksessä, jossa tarkastellaan turvallisen työskenteelyn perusteet työkohteessa. Käyttöönottotarkastussuunnitelma käsittää kaikki sidosryhmät projektista. Käyttöönottotarkastuksissa sidosryhmiä ovat yleisesti käyttöönottotarkastuksissa tilaaja, tilaajan edustajat, urakoitsija, mahdolliset aliurakoitsija sekä käyttöönottotarkastajat. Lisäksi käyttöönottotarkastajat joutuvat

huomioimaan rataosan liikenteenohjauksen ja käyttökeskuksen sekä mahdolliset ratatyöpalaverit, joissa sovitaan ennalta työt kyseisellä rataosalla.

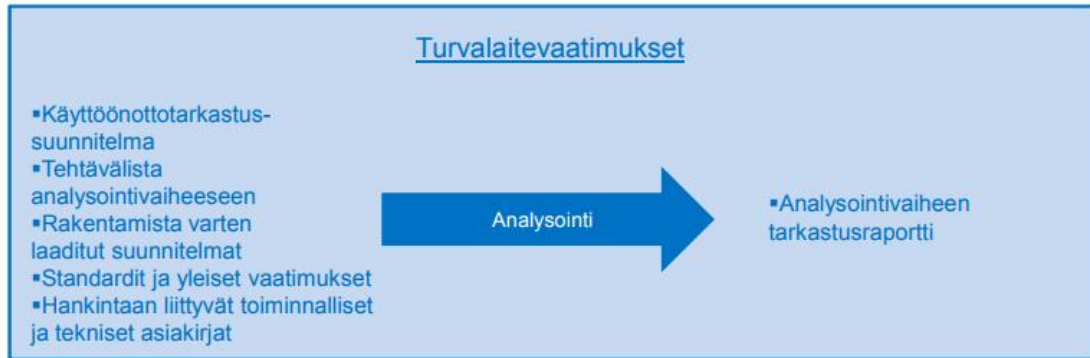
Käyttöönottotarkastussuunnitelmassa tarkastellaan käyttöönottotarkastuksen sisältöä, mitkä vaiheet tapahtuvat missäkin järjestyksessä ja millä menetelmillä käyttöönottotarkastuksia tehdään. Jos käyttöönottotarkastuksiin tullessa esimerkiksi aikataulullisia ongelmia, joihin ei ole varauduttu, on tärkeää, että käyttöönottotarkastussuunnitelmaa päivitetään projektin edetessä pitäen kaikki tarvittavat sidosryhmät informoituina edistymisestä. Suunnitelman ollessa päivitetty ei tule tilannetta, että toistamiseen tarkastetaan jo tarkastetut elementit. Käyttöönottotarkastussuunnitelmassa ilmoitetaan käyttöönottotarkastusorganisaation resurssit ja alustavat tarkastajat eri vaiheille.

Käyttöönottotarkastussuunnitelmaan lisätään tarvittaessa JKV-koeajoon liittyvät toimenpiteet. JKV-koeajot on tehtävä ennen liikenteenluovutusta, jos käyttöönottotarkastuksessa on JKV:hen liittyviä muutoksia. JKV:n koeajot on suoritettava esimerkiksi opastinta siirtäessä, koska tällöin JKV:n etäisyydet muuttuvat. Käyttöönottotarkastussuunnitelmassa käsitellään myös havaittujen puutteiden ja vikojen käsittely. Liitteessä 1 on esitetty käyttöönottotarkastussuunnitelma.

### 3.1.2 Analysointivaihe

Analysointivaiheessa tarkoituksena on tarkastella laadittuja suunnitelmia, niiden toteutuskelpoisuutta sekä raportoida mahdollisista määräyksistä poikkeamisista. Kaikki poikkeamat täytyy dokumentoida, jotta toteutusvaiheessa analysointivaiheen poikkeamat olisi korjattu. Käyttöönottotarkastajaorganisaatio tarkastaa tehdyt toimenpiteet ja raportoi poikkeamat eteenpäin. Tärkeää suunnitelmia laadittaessa sekä katselmoitaessa on ottaa huomioon yleiset vaatimukset ja standardit sekä rakentamissuunnitelmiin liittyvät asiakirjat. Analysointivaiheessa tulee suorittaa riskiarviointia sekä arvioida käyttöönotettavan järjestelmän testattavuutta. (Liikennevirasto 2012b, 11.)

Analysointivaiheen tuloksena syntyy raportti, jossa käyttöönottotarkastusorganisaatio arvioi testattavuutta, poikkeamien hallintaa ja riskien arviointia. Lopputuotteena saadaan aikaan turvalaitejärjestelmän käyttöohjeluonnos. Kuviossa 5 on esitetty analysointivaiheen prosessikaavio. (Liikennevirasto 2012b, 11.)



Kuvio 5. Analysointivaiheen prosessikaavio (Liikennevirasto 2012b, 10.)

### 3.1.3 Määrittely

Testisuunnitelmat ja testitapaukset laaditaan määrittelyvaiheessa, laatijana voi toimia joko järjestelmän toimittaja tai käyttöönottotarkastajana toimiva organisaatio. Projektissa käytettäessä järjestelmätoimittajan laatimia testisuunnitelmia, tulee ne tarkastajan toimesta analysoida ja niille on suunniteltava täydentäviä testitapauksia. Järjestelmän toimittajan laatimat asennus-, käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmat tarkastaa käyttöönottotarkastusorganisaatio. (Liikennevirasto 2012b, 13.)

Määrittelyvaiheen tuloksena syntyy määrittelyvaiheen tarkastusraportti, jonka tulee sisältää FAT-, SIT- ja SAT-suunnitelmat. Tässä vaiheessa raportoidaan myös poikkeamista asennus-, käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmiin. Kuviossa 6 on esitetty määrittelyvaiheen prosessikaavio. (Liikennevirasto 2012b, 13.)



Kuvio 6. Määrittelyvaiheen prosessikaavio (Liikennevirasto 2012b, 10.)

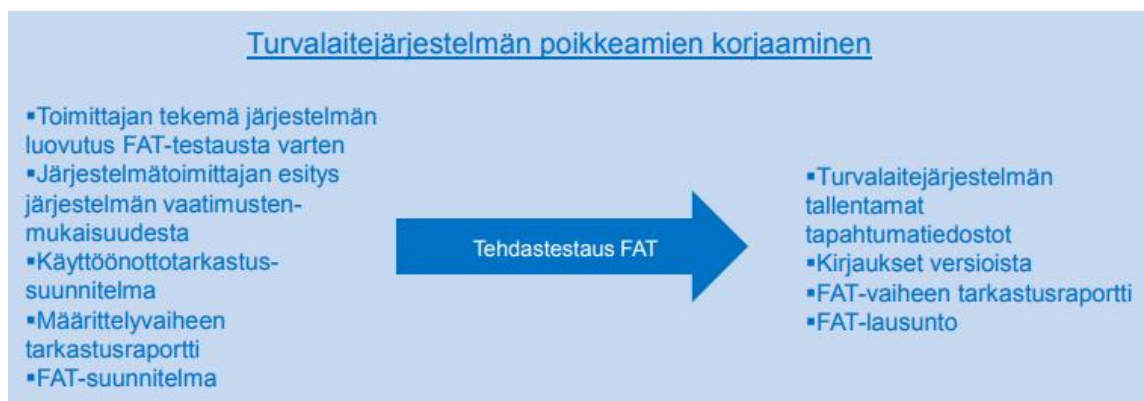
Käyttöönottotarkastusprojektin osana täytyy tuottaa käyttöohje turvalaitoksen käyttämisestä. Käyttöohjeluonnoksen tekeminen on hyvä aloittaa hyvissä ajoin, koska isojen käyttöönottotarkastuksien käyttöohje on työläs. Käyttöohjeeseen on liitettävä turvalaitoksen kulkutiet, opastimet ja niiden opastinkäsitteet. Vaihteista ja raiteensuluista käyttöohjeessa on vaihteiden tunnukset, paikalliskääntö- ja valmis-painikkeen sijainnit sekä vaihteenlämmitysryhmät. Varmistuslukolla varustetut vaihteet ja raiteensulkujen avaimien säilytyspaikka ja lukituksen järjestys. Käyttöohjeessa esitetään vaihteiden paikalliskääntöryhmät, turvavaihteet, raideopastimet. Ohjeeseen on liitettävä 1:1000 piirustus turvalaitokseen liittyvistä elementeistä, erilliskäyttötaulunohje, mahdolliset monitorikuvat. Lukitustaulukossa käydään kaikki kulkuteiden keskinäiset riippuvuudet kuten luvat vaihteiden kääntämiseen, suojastusehtoja, keskitettyjen vaihteiden ja raiteensulkujen asennot sekä raiteen vapaanaolon ehtoja. Lukitustaulukko isoilla ratapihoilla kasvaa eri riippuvuuksien takia valtavan kokoiseksi taulukoksi.

### 3.1.4 Tehdastestaus FAT

Uusien turvalaitejärjestelmien vaatimusten varmistamiseksi täytyy järjestelmälle aina suorittaa tehdastestaus. Tehdastestauksella pyritään varmistamaan järjestelmän toimivuutta ennen kiinteiden asennuksien aloittamista. Jotta testaukset on mahdollista aloittaa, täytyy järjestelmän, simulointiympäristön sekä versiohallinnan olla valmiina. Käyttöönottotarkastusorganisaatio tai järjestelmätoimittaja suorittaa laitetestaukset. Mikäli järjestelmätoimittaja suorittaa testaukset, on käyttöönottotarkastusorganisaation tehtävä täydentäviä testauksia. Testiperustana toimii ennalta laaditut testisuunnitelmat, liikennetilainten mukaiset testitapauk-

set sekä luovatestaaminen. Kaikki FAT-testaukset tulee myös dokumentoida. Dokumentit tallennetaan tarkastustaulukoihin tai tarkastuspöytäkirjoihin. (Liikennevirasto 2012b, 14.)

FAT-testauksien lopputuotteena syntyvät turvalaitejärjestelmän tallentamat tapahtumatiedostot, eli FAT-vaiheen tarkastusraportti, joka sisältää elementti- ja toimintokohtaiset tarkastukset dokumentoituna sekä mahdolliset poikkeamat dokumentoituna. Lisäksi saadaan FAT-lausunto, jossa käy ilmi turvallisuusarvio järjestelmän toiminnasta sekä järjestelmän hyväksyntä tai hylkäys. Kuviossa 7 on esitetty FAT-vaiheen prosessikaavio. (Liikennevirasto 2012b, 14.)



Kuvio 7. Tehdastestausvaiheen prosessikaavio (Liikennevirasto 2012b, 11.)

### 3.1.5 Systeemi-integraatiotestaus SIT

SIT-vaiheen edellytyksenä on hyväksytty FAT-testaus. SIT-testauksien tarkoituksena on näyttää todeksi järjestelmien rajapinnat yhteensopivuuden varmistamiseksi. Yleensä kyseessä ovat eri valmistajien laitteet, joiden tarkoitus on toimia yhtenä suurempana kokonaisuutena. Järjestelmien eri komponenttien yhteen toimivuus on myös testattava ennen tuotantokäyttöön luovuttamista ja käyttöönototestauksia. (Liikennevirasto 2012b, 15.)

SIT-testauksien suorittajana toimii yleensä järjestelmätoimittaja. Käyttöönototarkastusorganisaation tehtäväksi jää auditoida testaukset, tarkastaa testausraportit ja mahdollisesti suorittaa lisätestauksia. Tarkoituksena on, että kaikki järjestelmien väliset liitynnät on testattu tarpeeksi kattavasti. Käyttöönototarkastus-

organisaation kannalta on tarpeellista osallistua SIT-testauksiin myös senkin ta-  
kia, että se voi tutustua käyttöönottoympäristön tekniseen järjestelmään, samalla  
valmistautua käyttöönototestauksiin ja esitarkastaa mahdollisuuksien mukaan  
järjestelmän toimintoja. (Liikennevirasto 2012b, 15.)

SIT-vaiheesta muodostuu tarkastusraportti, johon sisältyy elementti- ja toiminta-  
kohtaiset tarkastukset sekä poikkeamat dokumentoituna. SIT-vaiheesta tuote-  
taan SIT-lausunto, joka määrittelee käyttöönototarkastuksen jatkamisen SAT-  
vaiheeseen. SIT-vaiheen aikana on myös hyvä saada käyttöohje hyväksytyksi  
liikenneviraston toimesta. Kuviossa 8 on esitetty SIT-vaiheen prosessikaavio.  
(Liikennevirasto 2012b, 15.)



Kuvio 8. Systeemi-integrointitestausta vaiheen prosessikaavio (Liikennevirasto 2012b, 11.)

### 3.1.6 Käyttöönototestausta SAT

SAT-vaiheessa turvalaitejärjestelmä on jo hyvin pitkälle käyttöönototestattu FAT-  
ja SIT-vaiheessa. Käyttöönototestauksen tarkoitus on varmistua turvalaitejärjes-  
telmän toiminnasta asetettuun tehtävään sekä asetettujen vaatimusten toteutta-  
mien lopullisessa toiminta- ja asennusympäristössä. Lisäksi on varmistetta jär-  
jestelmän versiohallinta FAT- ja SIT-testausvaiheiden jälkeen. (Liikennevirasto  
2012b, 17.)

SAT-vaiheen suunnittelussa on huomioitava liikenteelle aiheutuvat haitat, ja yrit-  
tää minimoida ne. Käyttöönotossa merkittävässä rooleissa olevien pätevyudet ja  
osaaminen tulee huomioida ennen käyttöönototestausta. Kuviossa 9 on esitetty

SAT-vaiheen prosessikaavio, jonka lopputuotteena tuotetaan käyttöönottolausunto, liikenteelle luovutusilmoitus sekä raportoidaan mahdolliset poikkeamat. (Liikennevirasto 2012b, 17.)



Kuvio 9. Käyttöönottestausvaiheen prosessikaavio (Liikennevirasto 2012b, 11.)

### 3.1.7 Raportointi

Turvalaitejärjestelmän käyttöönottestausprosessin lausunnoista ja loppuraportteista vastaa käyttöönottotarkastaja. Loppuraportti liitetään käyttöönottolupahakemukseen. Luvan myöntää liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Käyttölupahakemus on tilaajan vastuulla. (Liikennevirasto 2012b, 18.)

Palauteraportti toimitetaan sähköisessä muodossa tilaajan edustajalle. Raporttiin sisällettäviä asioita ovat kaikkien tarkastusprosessin osavaiheiden lopputuotteet, joita ovat käyttöönottotarkastussuunnitelma, käyttöohje, analysointivaiheen raportit, testausvaiheiden raportit ja liikenteelleluovutusilmoitukset. Raportissa on hyvä esitellä hyvin toimineet asiat sekä kehittämiskohteet. Palauteraportista pyritään ottamaan oppia seuraavissa projekteissa. Palauteraportti on käyttöönottotarkastajan vastuulla. (Liikennevirasto 2012b, 18-19.)

Teknisten ja toiminnallisten vaatimusten täytyminen sekä mahdolliset puutteet ja virheet tulevat ilmi käyttöönottolausunnossa. Tähän dokumenttiin on kirjattu projektin yleiset tiedot, dokumenttiluettelo, käyttöönottotarkastusorganisaation yhteistiedot sekä käyttöönottotarkastaja. Käyttöönottolausunto on hyväksyttävä Liikenneviraston edustajalla. Kuviossa 10 on esitetty raportointivaiheen prosessikaavio. (Liikennevirasto 2012b, 18.)



Kuvio 10. Käyttöönottolausuntovaiheen prosessikaavio (Liikennevirasto 2012b, 11.)

### 3.2 Rautatieturvalaitteet

Rautateille on kehitetty useita eri turvalaitteita. Opinnäytetyössä painotutaan keskeisiin rautateillä oleviin turvalaitteisiin. Turvalaitteiksi luokitellaan asetinlaite, joka asettaa junille kulkutiet, tarkistaa kulkutie-ehdot, kääntää ja lukitsee vaihteet suunnittelun reitin mukaisesti. Muita turvalaitteita ovat vapaanaolon valvontaa tarkoitetut raidevirtapiirit ja akselinlaskijat, näkyvät opastimet, vaihteet, avainsalpalaitteet ja raiteensulut. Turvalaitteita ohjataan useimmiten keskittytysti kauko-ohjauksesta. Näiden lisäksi tieliikennettä varten on kehitetty varoituslaitosjärjestelmiä, jotka varoittavat tieliikennettä raiteille lähestyvistä yksiköistä.

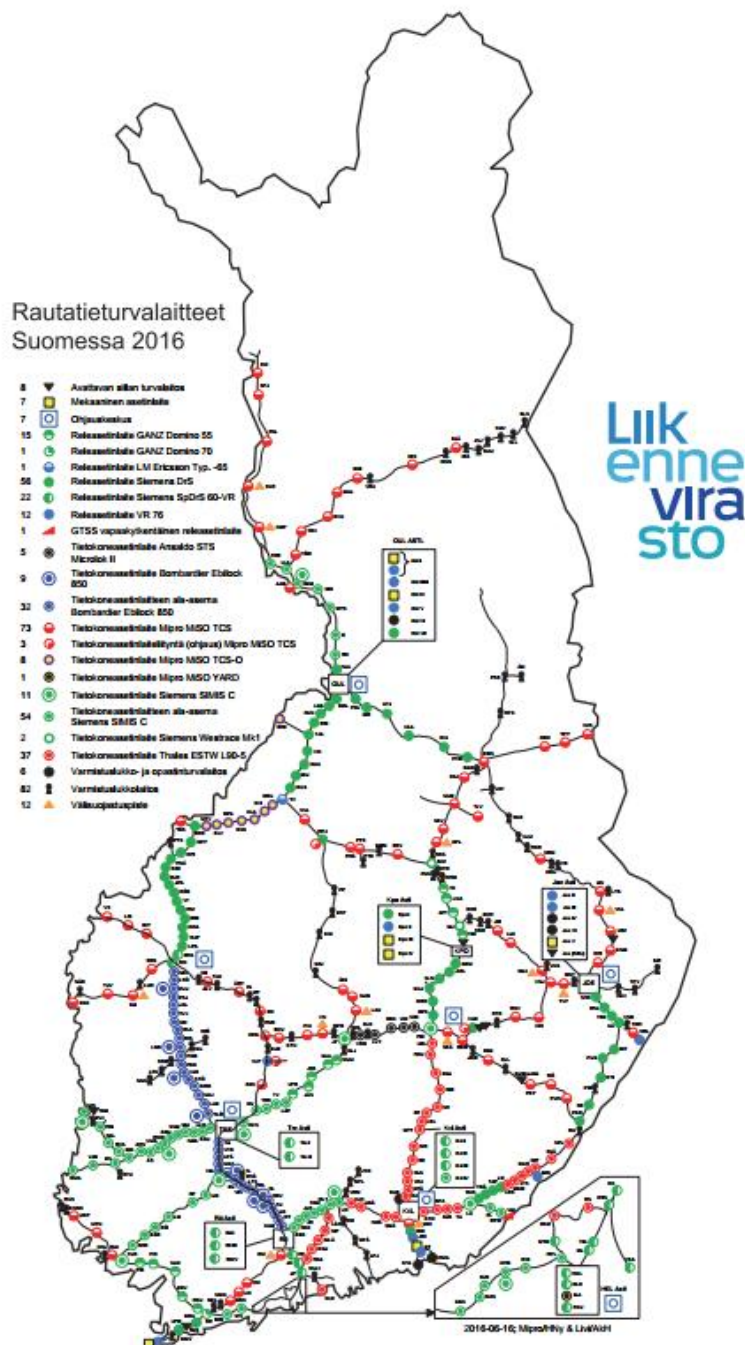
#### 3.2.1 Asetinlaitteet

Suomessa käytetään useita asetinlaitejärjestelmiä, suurimpina laitetoimittajina Siemens, Mipro sekä Thales. Kuviossa 11 on esitetty Suomen rataverkolla olevat asetinlaitteet ja turvalaitokset sekä niiden laitetoimittajat. Eri valmistajien asetinlaitteissa on omat sähkötekniset rakenteensa, jotka kaikki poikkeavat toisistaan käyttöönottotarkastuksien osalta.

Asetinlaitteen on valvottava loogiset tilatiedot asetinlaitteeseen kytketyiltä turvalaite-elementeiltä kuten vaihteilta ja opastimilta. Asetinlaitteen on pystyttävä lukitsemaan turvalaite-elementit tiettyyn tilaan sähköisesti ja lukituksien on oltava riippumattomia toisistaan, jos turvalaite-elementillä on useampi kuin yksi lukitus samanaikaisesti samaan tilaan. (Liikennevirasto 2014b, 55.)



Turvallisuuden suunnitteluperusteissa vaadittu turvallisuuden eheyden taso on täyttyvä asetinlaitteen osalta. Varmuusvaatimus ilmaistaan EN-50126, EN-50128, EN-50129 ja EN-50159 -standardien mukaisina SIL-tasoina. Suomessa uusien asetinlaitteiden SIL-taso on lähtökohtaisesti 4. Vähäliikenteisillä rataosilla, joilla liikennöintinopeus on korkeintaan 140 km/h tunnissa, on käytössä myös SIL-tason 3 asetinlaitteita. (Liikennevirasto 2014b, 55.)



Kuvio 11. Liikenneviraston julkaisema Suomen rautatieturvallaitteet 2016. (VR Track Oy 2017a)

### 3.2.2 Vapaanaolon valvonta

Yksi asetinlaitejärjestelmän tärkeimmistä tehtävistä on tietää, mitkä raiteet ovat vapaina ja mitkä varattuina. Raiteen vapaanaoloa valvotaan jatkuvasti ja se on toteutettu jakamalla raide osuuksiin, jonka ilmaisuilla osataan päätellä, onko raideosuus vapaa vai varattu. Raidevirtapiiri- ja akselinlaskijatekniikka yhdessä asetinlaitteen kanssa toteuttaa raideosuuksien vapaanaolon valvonnan. (Härkönen ym. 2014, 95.)

Raidevirtapiirin tehtävänä on valvoa raiteen vapaanaoloa. Raidevirtapiiri toteuttaa raiteen vapaa- tai varattu-ilmaisun. Raidevirtapiiri rakennetaan eristämällä kiskot toisistaan ja maasta. Raidevirtapiirissä syötetään toisesta päästä virtaa kiskojen välille. Raidevirtapiirin sisälle tuleva kalusto oikosulkee akselinsa kautta virtapiiriin, mikä aiheuttaa raidereleen päästön. Raidereleen toiminta on yhteydessä asetinlaitteeseen, joka tekee tarvittavat toimenpiteet vapaa- tai varattu- tilassa. (Härkönen ym. 2014, 95)

Raidevirtapiirit ovat yleisemmin tasa- ja vaihtovirtapiirejä. Suomessa käytetään 50 Hz taajuutta sähköratajärjestelmässä. Jotta raidevirtapiiri toimii moitteettomasti, on otettava huomioon kiskoa pitkin kulkeva paluuvirta. Tästä syystä raidevirtapiireissä käytetään taajuuksia 25 Hz, 75 Hz, 83 Hz, tai 125 Hz. (Härkönen ym. 2014, 97.)

Akselinlaskentalaitteet nimensä mukaisesti laskee raiteilla kulkevan kaluston akseleita. Akselinlaskentaa käytetään raideosuuksien vapaanaolon valvontaan. Akselinlaskija-anturit havaitsevat ohittavan akselin ja antavat tiedon keskuslaitteistolle, joka laskee osuudelle menevien ja siltä poistuvien akselien lukumäärän ja antaa sen perusteella varaustilan. Akselinlaskenta-anturit (Kuva 1) toteutetaan niin, että se tunnistaa liikesuunnan. Akselinlaskentajärjestelmällä on useita eri valmistajia. Niiden on täytettävä turvalaitetekniset varmuusvaatimukset. (Härkönen ym. 2014, 98.)



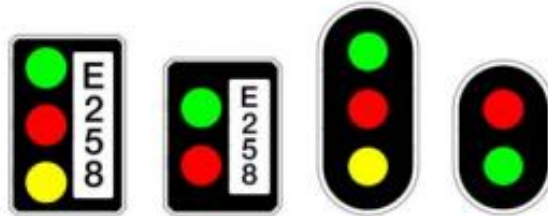
Kuva 1. Akselinlaskija-anturi ja kytkentäkotelo

### 3.2.3 Opastimet

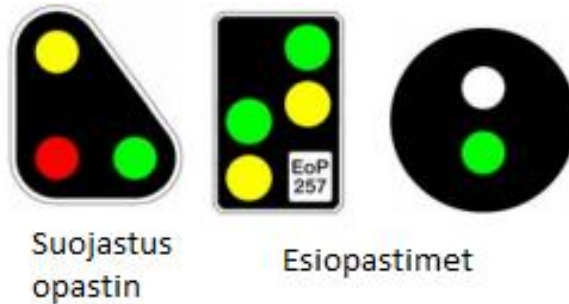
Opastimien tarkoitus on antaa tieto varmistetusta kulkutiestä ja vaihteiden nopeusrajoituksista sekä paikallisluvasta. Opastimien opasteita ohjaa ja valvoo asetinlaite. Junan pysähtymiseen tarvitaan riittävästi aikaa nopeuksien ollessa suurina, joten joissakin opastimissa esitetään myös seuraavan kulkutien aloittavan opastimen tilaa. (Härkönen ym. 2014, 100)

Opastimet ovat kehittyneet mekaanisista muoto-opastimista kehittyneisiin LED-yksiköllä varustettuihin opastimiin. Suurimmaksi osaksi Suomessa on edelleen käytössä hehkulampulla toteutettuja opastimia. (Härkönen ym. 2014, 100)

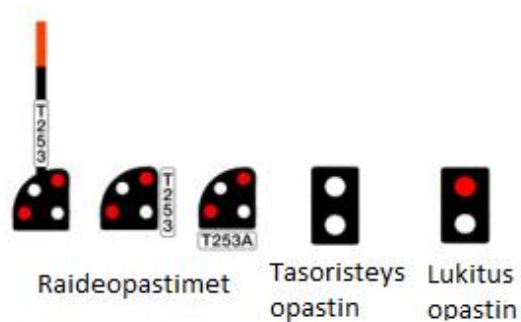
Opastimia Suomen rataverkolla on paljon ja niillä on tietty standardimuoto. Pääopastimia on kaksi- ja kolmivaloisia (Kuvio 12). Lisäksi käytössä on yhdistelmäopastimia, suojustusopastimia, raideopastimia ja esiopastimia (kuvio 13, 14 ja 15). Nykypäivänä suurin osa uusista opastimista varustetaan LED-yksiköillä.



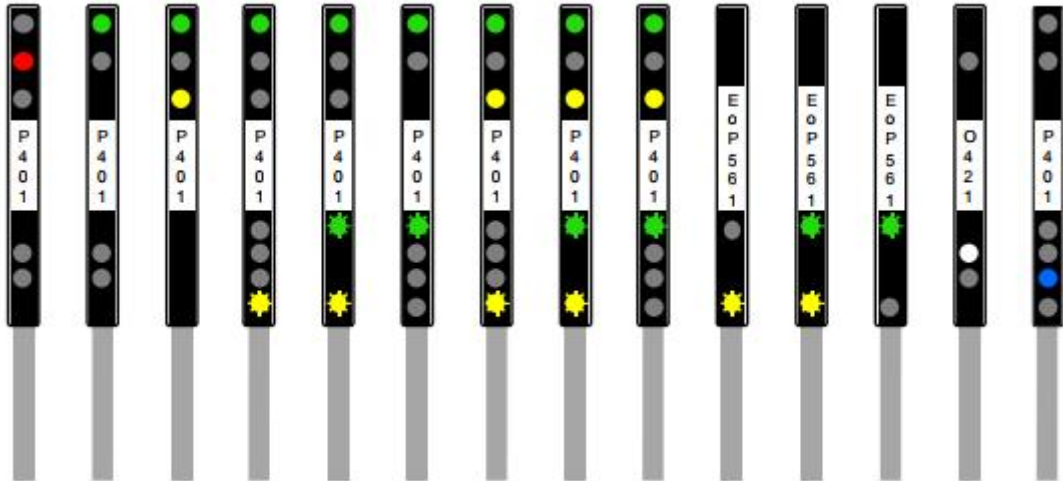
Kuvio 12. Suomessa käytettävät pääopastimet (Liikennevirasto 2015, 21.)



Kuvio 13. Suojastus- ja esiopastin (Liikennevirasto 2015, 22.)



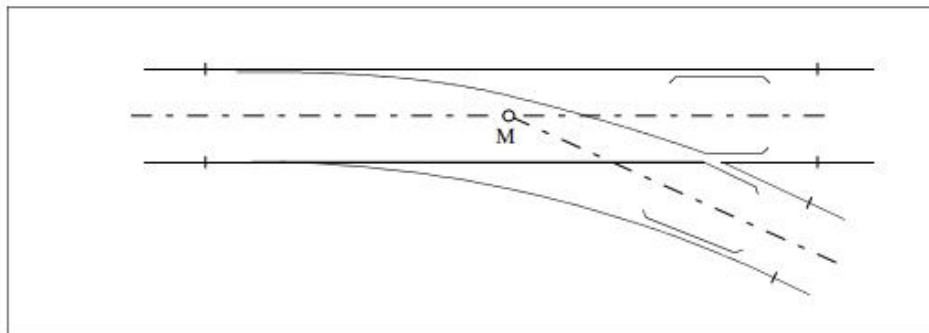
Kuvio 14. Raide-, tasoristeys- ja lukitusopastin (Liikennevirasto 2015, 22.)



Kuvio 15. Yhdistelmäopastin opasteineen (Liikennevirasto 2014c, 10.)

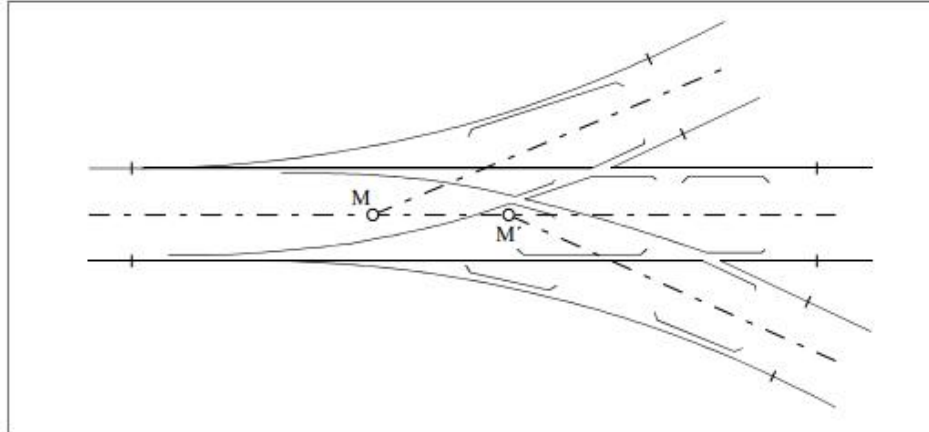
### 3.2.4 Vaihteet

Suomessa käytetään neljää eri vaihdetyyppiä. Yleisin vaihdetyyppi on yksinkertainen vaihde. Yksinkertaiset vaihteet (YV) koostuvat suorasta ja poikkeavasta raiteesta. Kuviossa 16 on esitetty yksinkertainen oikeakätinen vaihde. (Liikennevirasto 2012a, 11.)



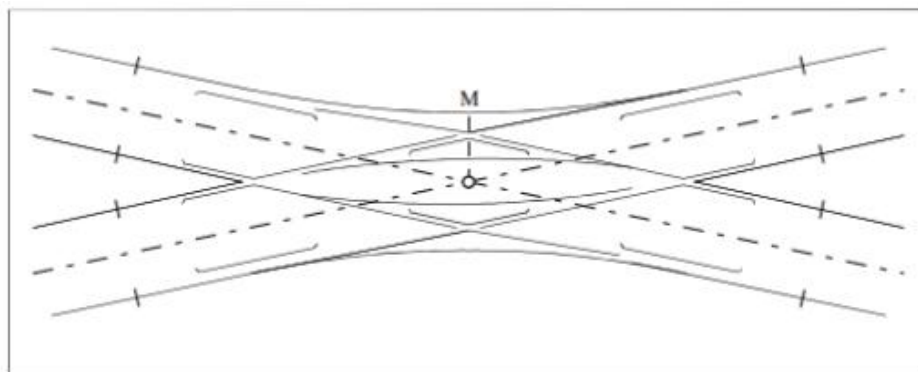
Kuvio 16. Yksinkertainen oikeakätinen vaihde (Liikennevirasto 2012a, 11.)

Kaksoisvaihde (KV) on yksi vaihdetyypeistä. Kaksoisvaihteessa on yhdistetty kaksi yksinkertaista vaihdetta. Ensimmäinen poikkeava raide määrittää vaihteen kätisyyden. Kuviossa 17 on esitetty vasenkätinen kaksoisvaihde. (Liikennevirasto 2012a, 12.)



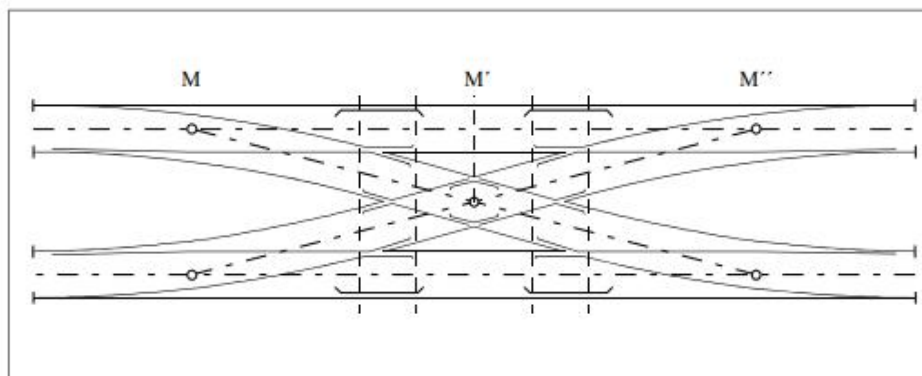
Kuvio 17. Vasenkätinen kaksoisvaihte (Liikennevirasto 2012a, 12)

Kolmas vaihdetyyppi on risteysvaihteet. Risteysvaihteet koostuvat yksipuoleisesta risteysvaihteesta (YRV) ja kaksipuoleinen risteysvaihteesta (KRV). Yksipuoleisessa risteysvaihteessa on kaksi kielisovitusta ja kolme kulkumahdollisuutta. Kaksipuoleisessa risteysvaihteessa (Kuvio 18) on neljä kielisovitusta ja neljä kulkumahdollisuutta. (Liikennevirasto 2012a, 13.)



Kuvio 18. Kaksipuoleinen (KRV) risteysvaihte (Liikennevirasto 2012a, 13.)

Neljäs vaihdetyyppi on raideristeykset (RR), jolla tarkoitetaan risteyskohtaa kahden raiteen välillä. Raideristeystyyppiä luetellaan myös sovitettu raideristeys (SRR). Sovitettu raideristeys (SRR) on yhdistelmä neljästä vaihteesta, jonka tarkoituksena on liittää kaksi vierekkäistä raidetta toisiinsa (Kuvio 19). (Liikennevirasto 2012a, 13.)



Kuvio 19. Sovitettu raideristeys (Liikennevirasto 2012a, 13.)

Vaihteita myös on pitkiä sekä lyhyitä, ja niiden liikennöintinopeudet poikkeavat toisistaan. Pitkässä vaihteessa on kaksi tai useampi kääntölaite, kun taas lyhyessä vaihteessa vain yksi kääntölaite. Vaihteita varustetaan sähkökääntölaittein, joita ohjataan asetinlaitteelta tai paikalliskääntöpainikkeista. Lisäksi Suomesta löytyy paljon käsikäyttövaihteita, joita voidaan kääntää vain paikallisesti. Vaihteiden kiskopaino metriä kohden vaihtelee 48,3 kilosta 111,1 kiloon. (Liikennevirasto 2014b, 57-58; Liikennevirasto 2012a, 16.)

Vaihteenkääntö toteutetaan sähkökääntölaitteella tai käsikäyttöisesti. Sähkökääntölaite vaihteenkäännön lisäksi lukitsee mekaanisesti vaihteen pääteasentoonsa sekä ilmaisee ja valvoo pääteasennossa pysymistä. Vaihteen kielen liikahtaessa vähäänkään, 4-5 millimetriä vaihdemallista riippuen, tulee vaihteen valvonnan ilmaista asetinlaitteella aukiajo. Kääntölaitteiden vaihteenlukitus on toteutettu joko sisäisellä tai ulkoisella mekaanisella lukituksella. Kääntölaitteen ulkoinen lukitus on liitetty vaihteenkääntötankoihin. Kääntölaite on yhdistetty kahdella kääntö- ja kahdella valvontatangolla vaihteen kieliin. Kääntötankojen tehtävänä on välittää kääntövoima vaihteen kieliin ja lukita ne. Vaihteen kielet liikuttavat valvontatankoja vaihteenkäännössä. Valvontatangot ohjaavat kääntölaitteen valvontakoskettimia sekä vikatilanteessa kielen kiinni pysymistä. Valvontakoskettimet saavat tilatietonsa kääntö- ja valvontatangoista. Molempien tankojen oikea toiminta on edellytys vaihteen ilmaisuun pääteasennosta ja lukituksesta. Kääntö- ja valvontatangot säädetään mekaanisesti säätö- ja lukitusmuttereidensa avulla. Mekaanisen säädön saa tehdä vain vaihdepätevyyden omaava asentaja. Tangot tulee myös eristää, ettei se aiheuta oikosulkua raidevirtapiirille. (Liikennevirasto 2012a, 35-36; Liikennevirasto 2016b, 20.)



### 3.2.5 Avainsalpa ja raiteensulku

Avainsalpalaitteessa säilötään varmistuslukolla varustetun vaihteen tai raiteensulun käyttöavainta. Avain on lukittu avainsalpalaitteeseen sähköisesti. Avaimen saa irrotettu vain paikallisen luvan tai paikallislupien avulla, joka annetaan liikenteenohjauksesta. Avainsalpalaitte (kuva 2) sijaitsee yleisesti vaihteen tai raiteensulun lähetyvillä. Käytön jälkeen avain palautetaan avainsalpalaitteeseen ja se lukittuu sähköisesti. (Härkönen ym. 2014, 125-127.)

Jos vaihteella on vain turvavaihteen tehtävä, on mahdollista käyttää huomattavasti halvempaa vaihtoehtoa, joka on raiteensulku. Raiteensulku suistaa tai pysäyttää sitä kohti menevän yksikön tilanteessa, jossa yksikkö olisi menossa virheellisesti alueelle, jossa on mahdollisesti muuta liikennettä. Kuvassa 2 on punainen sulkukenkä. Raiteensulku on sijoitettava niin, että suistumistilanteessa yksikkö ei suistu muun liikenteen eteen. Raiteensulkuja on sähköisesti kääntyviä, joiden ohjaus toimii kuten vaihteessa. Lisäksi on käsikäntöisiä, joiden toiminta valvotaan varmistuslukolla ja avainsalpalaitteella. Perustilassa raiteensulku suojaaa viereistä kulkutieraidetta. (Härkönen ym. 2014, 121-124)



Kuva 2. Avainsalpalaitetekotelo oikealla ja varmistuslukolla varmistetun raiteensulun käsikäntölaite.



### 3.2.6 Kauko-ohjaus

Kauko-ohjausjärjestelmällä voidaan ohjata useita eri laitetoimittajan asetinlaitteita, riippumatta varsinaisesta kauko-ohjausjärjestelmän laitetoimittajasta. Kauko-ohjauksen komennon anto toteutetaan tietoliikenneyhteyksillä, se mahdollistaa liikenteenohjauksen yhdestä pisteestä. Kauko-ohjausjärjestelmälle ei ole asetettu lähtökohtaisesti yhtä korkeita turvallisuuden eheystasovaatimuksia kuin varsinaisille asetinlaitteille. Tämä johtuu siitä, että asetinlaite huolehtii kaikissa tilanteissa teknisestä turvallisuudesta. Kauko-ohjauksen avulla asetinlaitteita ohjataan erillisillä komennoilla ja asetinlaitteet välittävät kauko-ohjausrajan pinnan kautta tilatiedot asetinlaitteeseen kuuluvista ulkolaite-elementeistä. Kauko-ohjausjärjestelmän vikaantuessa junien liike ohjattavalla rataosalla pysähtyy, tämän vuoksi kauko-ohjauksen luotettavuuden ja käytettävyyden pitää olla korkealla tasolla. (Härkönen ym. 2014, 58.)

Kauko-ohjausjärjestelmällä liikenteenohjaus antaa komennon keskitetystä sijainnista. Komento lähtevästä päästä koodataan sarjaliikennemuotoon ja välitetään asetinlaitteen komentoreleille. Asetinlaitteen ilmaisureleeltä luetaan ilmaisut ja koodataan sarjaliikennemuotoon takaisin liikenteenohjauksen monitorinäkymään. Kuvassa 3 on esitetty kauko-ohjauksen rajapintateline Tikkaperän laitetilalla. (Härkönen ym. 2014, 58-59.)



Kuva 3. Kauko-ohjauksen rajapintateline Tikkaperän laitetilalla.

### 3.2.7 Varoituslaitos

Varoituslaitoksen tarkoitus on varoittaa tienkäyttäjiä lähestyvistä raideliikenteistä. Varoituslaitoksia on tasoristeyksissä, missä yhdistyvät tieliikenne ja raide liikenne samassa tasossa. Kuvassa 4 on esitetty puolipuumilaitoksen puomi, tasoristeysmerkki ja opastin, jotka varoittavat tieliikennettä lähestyvistä junasta. (Härkönen ym. 2014, 148)



Kuva 4. Puolipuumilaitos. (Liikennevirasto 2012c, 1)

Linjavaroituksilaitoksen, joka toimii itsenäisesti esimerkiksi liikennepaikkojen välillä, koostuu hälytysosuuksista sekä tieosuudesta. Yksikön tullessa hälytysosuukselle aloittaa varoituslaitos etusoitoajan, jossa varoituslaitos hälyttää elektronisella soittokellolla ja tieliikenteen opastimet muuttavat opastetta hitaasti vilkuttavasta valkoisesta nopeasti vilkuttavaan punaiseen opasteeseen. Etusoitoajan jälkeen puomit laskeutuvat ja yksikön ohitettua tieosuus, nousee puomit takaisin ylös ja opasteet vaihtavat tilaa. (Härkönen ym. 2014, 149-150.)

Hälytyksen aloittaminen varoituslaitoksessa, joka on liitetty asetinlaitteistoon, toimii asetinlaite riippuvuuksien kautta. Asetinlaite välittää tiedon varoituslaitokselle hälytyksen aloittamisesta. (Härkönen ym. 2014, 149-150.)

Varoituslaitostyyppejä Suomessa ovat:

- varoitusvalolaitos
- valo- ja äänivaroituslaitos
- puolipuumilaitos
- kevyenliikenteen kokopuumilaitos
- paripuumilaitos
- laituripolun varoituslaitos
- huoltotien varoituslaitos. (Liikennevirasto 2012i, 53.)

Varoituslaitoksen käytettävyyden ja luotettavuuden on oltava hyvällä tasolla sekä varoituslaitoksen on täytettävä Liikenneviraston ohjeet ja Trafimääräykset. Varoituslaitoksen turvalaitetekniikan tulee täyttää yleiset asetetut vaatimukset. Varoituslaitoksen pitää olla helposti huolettava ja vähän määräaikaishuoltoa vaativa. Keskitetty vikailmoitusjärjestelmä on liitettävä varoituslaitokseen. Varoituslaitoksen käyttöliittymien sekä käyttöön liittyvien dokumenttien on oltava suomenkielisiä. (Liikennevirasto 2012c, 57-57.)

## 4 TURVALAITEJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSIEN DOKUMENTOINTI

### 4.1 Kehitysvaihe 1

Turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastuksissa pitää huomioida liikenneviraston ohjeet, Trafin määräykset sekä Suomen asetinlaitevaatimukset. Dokumentoinnin kehittäminen aloitettiin tutkimalla VR Trackin omistamia dokumenttipohjia. Dokumenttien tutkimisen jälkeen kerättiin parhaimmat osat ja yhdistettiin ne yhdeksi tarkastuspöytäkirjaluonnokseksi. Nidottumme yhteen parhaimmat ratkaisut, tarkasteltiin pöytäkirjojen luonnosversiot asiantuntijoiden kanssa. Yhdessä asiantuntijoiden kanssa tarkastelimme dokumenttien oikeudellisuuden ja arvioimme, ovatko ne vielä tämän päivän käyttöönottotarkastuksissa valideja eli noudattaako dokumentit ohjeita ja määräyksiä.

Käyttöönottotarkastukset ovat intensiivisiä tapahtumia, joten myös dokumentoinnin nopeutta lähdettiin kehittämään. Nykyaikana löytyy useilta valmistajilta tablet-tietokoneita, joilla pystyy lähes samaan kuin kannettavalla tietokoneella, joten kehittämisessä pyritään tehdä dokumentointi helposti käsiteltäviksi myös tableteilla.

Suurin osa tarkastuspöytäkirjoista on tehty Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Jouduin ensimmäiseksi perehtymään ohjelman saloihin, jotta saisin dokumentit tehtyä suunnitellulla tavalla. Suunnittelin ja toteutin jokaiselle tarkistettavalle turvalaite-elementille oman master-välilehden, jonka kautta tarkistettavat asiat ohjautuvat kaavojen avulla toiselle tulostettavalle välilehdelle. Toteutustavan hyöty on siinä, että tietyn turvalaite-elementin tarkistuksen tilanne on jatkuvasti näkyvillä ja perustietojen täyttäminen nopeutuu huomattavasti. Kuviossa 20 on esitetty tarkastuspöytäkirjan perustietoja, tiedot siirtyvät kaavojen avulla yksityiskohtaiseen tarkastusdokumenttiin. Excel-ohjelmalla saa myös helposti kaiken tarvittavan datan myöhemminkin esiin.

VR TRACK									
v 1.0 VR Track Suunnittelu									
Pöytäkirja	Tarkastajat	Päivämäärä	Tarkastusnumero	Tarkistattavien elementtien sijainti	AK-Järjestelmä	Akselinlaskenta-tietokoneen ohjelmaversiot:	Tarkastuksen aloitusaika	Tarkastuksen lopetusaika	Akselinlaskija anturi
Pöytäkirja 1	Niklas Pekkala	24.12.2017	43435	Esimerkki	Esimerkki	Esimerkki	12:00	13:00	AL151

Kuvio 20. Akselinlaskijoiden tarkastuspöytäkirjapohjan perustiedot

## 4.2 Kehitysvaihe 2

Dokumentoinnin toinen kehitysvaihe ajoittui maastotyöskentelyn alkuun. Käyttöönottotarkastuksien edetessä huomasi helposti, mitkä tarkastuspöytäkirjat olivat käyttökelpoisia ja mitkä pöytäkirjat kaipaavat vielä kehittämistä.

Luova testaaminen on tärkeä toimenpide turvalaitteita tarkastaessa, koska turvalaitteet ja radan liikennöintisäännöt eri rataosilla vaihtelee. Luovassa testaamisessa pyritään esimerkiksi simuloimaan vikatilanteita, jotka voisivat olla mahdollisia. Simuloidut tilanteet kirjataan tarkastusdokumentteihin.

Tarkastuksien edetessä sain kokeneilta asiantuntijoilta hyviä kehittämissideoita, joiden pohjalta pystyin tekemään muutoksia tarkastuspöytäkirjoihin. Tarkastuspöytäkirjojen muutokset ja uusien asioiden lisäykset olivat alkuun hitaita tehdä, koska tarvittava kokemus Excelin käytöstä karttui koko opinnäytetyön aikana. Tein vielä ensimmäisten viikkojen aikana paljon muistiinpanoja tyhjille sivuille, joita tarkastelin myöhemmässä vaiheessa.

Maastossa tehtävissä käyttöönottotarkastustehtävissä näkee konkreettisesti turvalaite-elementtien toiminnan eri tilanteissa, joten tarkastusdokumenttien kehittäminen helpottui valtavasti. Lisäksi uuden turvalaitejärjestelmän testauksissa on mahdollista päästä testaamaan järjestelmää aiheuttamatta haittaa junaliikenteelle, joten mieltä askarruttavat toiminnot pystytään toistamaan, jotta päästäisiin paremmin perille turvalaite-elementin toiminnasta.

### 4.3 Kehitysvaihe 3

Kolmannessa kehitysvaiheessa keräsin kaiken datan käyttöönottotarkastuksien dokumentoinnista ja tein tarvittavat korjaukset varsinaisiin tarkastuspöytäkirjoihin. Korjasin pöytäkirjojen layoutit lopulliseen muotoon vasta viimeisessä vaiheessa, koska tiesin dokumentin muuttuvan maastossa tehtävien käyttöönottotarkastuksien aikana.

Lisäksi kirjasin ohjeita pöytäkirjojen täyttämiseen, jotta uudelle käyttäjälle pöytäkirjan käyttäminen olisi mahdollisimman ymmärrettävää ja nopeaa. Pysin myös ratkaisemaan pöytäkirjojen jatkokehittämisen sekä teknisen tuen pohjien kaavojen osalta.

### 4.4 Asetinlaitteet

Asetinlaitteen käyttöönottotarkastukset voivat käsittää uuden asetinlaitejärjestelmän käyttöönottotarkastuksen tai käytössä olevan asetinlaitejärjestelmän muutoksia. Uuden järjestelmän käyttöönotossa on tarkastettava kaikki asetinlaitejärjestelmän valvottavat turvalaite-elementit, asetinlaitteiston lokin tallennus, virransyöttö sekä virransyötön varmennus ohjeiden ja määräysten mukaisesti. Tehtäessä muutostöitä käytössä olevaan asetinlaitteeseen asetinlaitejärjestelmä tarkastetaan niiltä osin, mihin muutostyö vaikuttaa. Käytössä olevan asetinlaitteen muutostöiden käyttöönottotarkastaminen on haastavaa, joten käyttöönottotarkastajan on suunniteltava huolella tuleva käyttöönottotarkastus ja arvioitava mahdolliset riskit liikenteelle. Liitteessä 2 on esitetty tarkastuspöytäkirjapohja tietoliikenne ja virransyötön tarkastamiseen.

Uuden tietokoneasetinlaitejärjestelmän tarkastusdokumentointi alkaa FAT-vaiheessa. FAT-vaihe tehdään pääsääntöisesti simuloimalla laitetoimittajan tehdas-testaus ympäristössä, jossa testataan asetinlaitteen ja siihen liittyvien turvalaite-elementtien kuten vaihteiden, opastimien, raiteen valvonnan sekä kulkuteiden toimivuutta eri tilanteissa. FAT-testit ovat tietokoneasetinlaitteen ohjelmiston merkittävin testausvaihe, koska simuloidussa testausympäristössä testien suorittaminen ei vaikuta esimerkiksi raiteilla liikkuviin yksiköihin. Lähtökohtaisesti FAT-

testien jälkeen asetinlaitteen ohjelmaan ei tulisi olla tarpeellista korjata laitetoimittajan toimesta.

Tietokoneasetinlaitteen tarkastaminen turvalaite-elementtien kuormalla aloitetaan SIT-vaiheessa, jossa paljastuu usein erilaisia toimintoja kuin FAT-vaiheessa. SIT-vaiheessa kaikki toiminnallinen testaus aloitetaan mahdollisuuksien mukaan.

Uuden releasetinlaitejärjestelmän FAT-vaihe poikkeaa tietokoneasetinlaitejärjestelmästä, koska releasetinlaitejärjestelmä joudutaan kytkemään toimintaan maastoon. Lisäksi releasetinlaitteen tarkastaminen poikkeaa tarkastusdokumentoinnin osalta. Kuvassa 5 on Ahonpään laitetilä, jossa käytössä Siemensin valmistama releasetinlaite Drs.



Kuva 5. Ahonpään laitetilä.

FAT-testissä tarkastellaan urakoitsijan valmiusastetta sekä tarkastetaan urakoitsijan omien testien dokumentaatiot. Kytkentäpiirit tarkastetaan silmämääräisesti, tarvittaessa kytkentäpiirit testataan yleismittarilla. Johdotuksen ”soittaminen” yleismittarilla todentaa sen, onko kytkennät tehty kytkentäkuvien mukaisesti sekä

ilmiantaa mahdollisen kylmäjuotoksen releen koskettimelta. FAT-vaiheen dokumentointi on pääsääntöisesti kytkentäpiirien tarkastamista. Kuvassa 6 on esitetty Siemens Drs releasetinlaitejärjestelmän reletelineitä.



Kuva 6. Releteline Tikkaperän laitetilalla, Siemens Drs.

Käytössä olevaan releasetinlaitejärjestelmään tehdessä muutoksia on käyttöönottotarkastajan tehtävä FAT-, SIT- ja SAT-vaihe samassa liikennekatkossa. Käytössä olevaan järjestelmän tarkastuksissa SIT -testit aloitetaan urakoitsijan tekemien kytkentöjen valmistuttua siihen pisteeseen, että kytkennät voidaan toiminnallisesti testata aiheuttamatta liikenteelle haittaa. SIT-testeissä tehdään myös maastokatselmus tarkastettaville ulkolaite-elementeille. Tarkastuksen kohteissa kiinnitetään huomiota turvalaite-elementtien asennuksiin, kytkentöihin sekä tarkastetaan elementtien asennuspöytäkirjat. Tehtäessä käyttöönottotarkastuksia käytössä olevaan järjestelmään, SAT-testaus aloitetaan kun, urakoitsijan tekemät kytkennät ovat valmistuneet lopullisesti ja SIT-testaus on saatu hyväksytysti suoritettua.



Yleisesti uuden asetinlaitejärjestelmän SAT-vaiheessa tarkastetaan kaikkien elementtien toiminta, vikatilanteet, raideosuuksien toiminta sekä tehdään kaikkien kulkuteiden toiminnallinen tarkastus voimassa olevan lukitus- ja kulkutietaulukon mukaisesti. Lisäksi tarkastetaan kauko-ohjauskomentojen ja ilmaisujen oikeellisuus liikenteenohjauksesta.

### **Asetinlaitteen kauko-ohjaus**

Kauko-ohjauksen käyttöönottotarkastus tehdään käyttöönottotarkastusprosessin loppuvaiheessa, koska vasta silloin käyttöönotettavat turvalaite-elementit ovat tarkistettu jo maastossa asetinlaitteelta. Asetinlaitejärjestelmä vaikuttaa kauko-ohjauksen tarkastamiseen. Kaikilla järjestelmillä on omat tarkastuspöytäkirjansa. Kauko-ohjauksen tarkastamisessa on otettava huomioon kaikki turvalaite-elementit. Komennot, ilmaisut, vikailmaisut ja hälytykset täytyy todentaa. Lisäksi tarkistetaan kauko-ohjaukseen liittyvien suojustus turvalaite-elementtien osalta, jotka on liitetty jollakin tapaa kauko-ohjausjärjestelmään.

Kauko-ohjauksen tietoliikenneyhteydet testataan, toimiiko tietoliikenteen kahdenkukset, tuleeko tieto vikailmaisusta tietoliikennekatkossa. Tietoliikennekatkon vaikutukset asetinlaitejärjestelmän toimintaan on syytä tarkistaa.

#### 4.5 Vapaanaolon valvonta

### **Raidevirtapiirit**

Raidevirtapiirien toiminta käyttöönottotarkastetaan, jos raidevirtapiireihin tehdään muutoksia. Raidevirtapiirin käyttöönottotarkastuksessa on tarkistettava ja dokumentoitava raidereleen oikea toiminta vapaa- ja varattu- tilassa. Raidevirtapiireille on syytä tehdä maastokatselmus, jossa nähdään ulkolaiteasennuksien oikeellisuus, lisäksi tarkistetaan kiskoeristyksen kunto.

Raidevirtapiirien säätö- ja mittausarvoilla näytetään toteen raidevirtapiirin oikeat arvot. Urakoitsijan on toimitettava säätö- ja mittauspöytäkirjat käyttöönottotarkas-

tajalle tarkastuksien alkaessa. Raidevirtapiirin on toimittava luotettavasti ja liikenneviraston ohjeen mukaisesti kiskojen välinen jännite on oltava vähintään 1,0 V raidereleen päästettyä (Liikennevirasto 2014b, 180). Kuvassa 7 on esitetty 125 Hz moottoriraiderele vetäneenä, jolloin kyseinen raideosuus on vapaana. Liitteessä 3 on esitelty raidevirtapiirin tarkastuspöytäkirjapohja.



Kuva 7. Siemens 125Hz moottoriraiderele.

## Akselinlaskijat

Akselinlaskijoiden käyttöönottotarkastuksen dokumentoinnissa on eroja eri asetinlaitejärjestelmien välillä. Käyttöönottotarkastuksessa on tarkastettava akselinlaskija-antureiden toiminta vapaa- ja varattu- tilassa. Asetinlaitteen, maaston ja kauko-ohjauksen yhteneväinen toiminta pitää todentaa. Akselinlaskijoiden komennot ja vikailmaisut testataan. Mahdollisuuksien mukaan tarkastetaan akselinlaskijoiden toiminta juna- ja vaihtokulkuteillä.

Tarkastuksissa on myös huomioitava ulkolaiteasennukset pöytäkirjoineen sekä akselilaskija-anturin asennuspöytäkirjat. Liitteessä 4 on esitetty akselinlaskijoiden tarkastuspöytäkirjapohja.

#### 4.6 Opastimet

Opastimien tarkastaminen poikkeaa eri opastimien mukaan. Opastimien opasteet näytetään valoyhdistelmillä, joiden merkitys on määritelty. Opastimien valojen määrissäkin on eroja. Tästä syystä opastintarkastuksien dokumentoinnissa on pieniä eroja opastimien välillä.

Opastimien tarkastusdokumentissa on huomioitava, että opasteet ovat yhtenäiset asetinlaitteella, kauko-ohjauksessa ja opastimessa maastossa. Opastinviat sekä opastimen antamat ilmaisut asetinlaitteelle ja kauko-ohjaukseen tarkastetaan. Tarkastuksessa on syytä todentaa lampulle tai LED-yksikölle menevät jännitteet, jotta ne vastaavat valmistajan jännitetoleransseja. Opastimet on aina mittaava sijoittamisen jälkeen tarkistusmittauksella, etteivät opastimeen liittyvät komponentit ole liian lähellä sähköradan johtimia tai raiteita. Dokumentissa kannattaa todentaa myös, että opastin on maadoitettu oikein. Lisäksi on hyvä tarkastaa maastossa opastimen tunnuksia, että ne vastaavat suunnitelmia ja että opastin on suunnattu asianmukaisesti, koska opastimille on asetettu näkemävaatimus. Liitteessä 5 on esitetty opastimien tarkastuspöytäkirjapohja.

#### 4.7 Vaihteet

Vaihteet ovat yksi rautatieliikenteen kriittisin elementti. Sen tarkastamisessa on huomioitava useita eri asioita. Vaihteiden ohjauksen toiminnassa on poikkeuksia eri asetinlaitejärjestelmien välillä. Kuvassa 8 on esitetty Mipron vaihteen elektroninen ohjausryhmä. Vaihteen toiminta pitää toimia määräysten mukaisesti asetinlaitteen erilliskäytöllä, maastossa vaihteenkääntöpainikkeilla, kauko-ohjauksen käyttöliittymästä ja näiden on toimittava yhtenäisesti. Vaihteiden kääntö- ja lukitusilmaisu pitää näkyä erilliskäytössä sekä kauko-ohjauksessa määräysten mukaisesti. Käyttöönotto tarkastettaessa vaihdetta pitää todentaa oikeat vikailmaisut simuloimalla mahdolliset vikatilanteet maastossa. Komennot, jotka pitää pystyä antamaan vikatilanteesta huolimatta, täytyy toteuttaa.

Vaihteen käyttöönottotarkastuksessa on huomioitava myös vaihteeseen kuuluvia osia. Sähköiset kytkennät vaihteella, paikallisluvalla toimiminen, kampikäntäminen ja mahdolliset vaihteen auraussuojat on tarkistettava. Vaihteelle on tehtävä erillinen mekaaninen säätö ja dokumentoida se ennen käyttöönottoa. Liitteessä 6 on esitetty vaihteen tarkastuspöytäkirjapohja.



Kuva 8. Vaihteen elektroninen ohjausryhmä

#### 4.8 Avainsalpalaitteet

Tarkastuksissa testataan avainsalpalaitteen toiminta kokonaisuudessaan ja se, noudattaako avainsalpalaitte yleisiä vaatimuksia. Testataan maaston, kauko-ohjauksen sekä erilliskäytön yhtenäinen toiminta. Ensin testataan avaimen irrotus paikallisesti tai paikallislupien avulla. Toiseksi testataan avainsalpalaitteen valvonnan vaikutukset, ehdot jotka ei saa toteutua, kun avain on irti. Kolmanneksi testataan avaimen sähköinen lukitus sekä avaimien ketjutus. Seuraavaksi testataan avaimien käyttäminen varmistuslukkoihin, onko avaimet hitsattu ja sopiiko avaimet avainpesään helposti. Avaimet saattavat sopia huonosti avainpesään, joten niitä joudutaan joskus viilaamaan.

Ensimmäiseksi tehdään toiminnalliset testit. Testataan raiteensulun lukitukset kiskoille ja pois kiskoilta. Tarkastuksissa otetaan huomioon raiteensulun sijoittaminen kiskoille, onko sijoitettu raideosuuksiin nähden oikeaan paikkaan. Lopuksi tarkastetaan ulkolaitteiden merkit, onko ne vaatimuksien mukaiset.

Vaihteen toiminta tarkistetaan toiminnallisesti. Tarkistetaan vaihteen mekaanisen säädön pöytäkirjat. Ilman vaihteen mekaanista säätöpöytäkirjan tarkastelua ei voi vaihdetta ottaa käyttöön. Lisäksi tarkistetaan yleinen sähköturvallisuus kytkentöjen ja maadoitusten osalta. Liitteessä 7 on avainsalpalaitteiden tarkastuspöytäkirjapohja.

#### 4.9 Varoituslaitos

Varoituslaitoksen käyttöönottotarkastuksissa on paljon asioita, mitkä pitää todentaa ennen liikenteelle luovutusta. Omakohtainen kokemus tarkastuksista on hankittu VR Track Oy:n toimittamasta logiikkavaroituslaitoksesta, jossa hälytysosuudet ja tieosuus oli toteutettu raidevirtapiireillä. Varoituslaitoksen käyttöönottotarkastusten dokumentointi on jo kiitettävällä tasolla, joten muutokset tarkastuspöytäkirjoihin on lähinnä tehty yksinkertaistamaan käyttöönottotarkastustehtävien dokumentointia. Tarkastuspöytäkirja on vielä testaamatta käytännön käyttöönottotarkastustehtävissä.

Varoituslaitoksen käyttöönottotarkastus tehdään vaiheittain noudattaen vastaavia testausvaihteita kuin asetinlaitteissakin. FAT-vaihe suoritetaan varoituslaitoskaapin sisälaitteistolle ja varoituslaitoksen toiminnoille. FAT-testauksissa varoituslaitoksen ulkolaitteet simuloidaan tai ulkolaitteita liitetään varoituslaitokseen tilapäisesti testien ajaksi mukaan. FAT-testien tarkastukset dokumentoidaan erilliseen varoituslaitoksien tarkastusdokumenttiin. FAT-vaihe tulee olla hyväksytysti suoritettu ennen siirtymistä varsinaisiin SAT-testeihin varoituslaitoksen loppusijoituspaikan tasoristeyksessä.

Käyttöönottotarkastuksissa testataan hälytysosuudet, vastaavalla tavalla kuin asetinlaitteen raideosuudet. Hälytysosuudelle voidaan simuloida juna raidere-

leeltä, jos hälytysosuus on tehty raidevirtapiireillä. Kuvassa 9 on esitetty varoituskäytön kytkentäkaappi, jossa simuloidaan raiderieleeltä testausjohtimilla raitteilla liikkuvaa junaa. Tarkastuksissa kiinnitetään huomiota raidevirtapiirien toimintaan sekä oikeaan etusoitto-, puomien laskeutumis- ja varoaikaan. Hälytysosuuksien lisäksi varoituskäyttöön kuuluu tieosuus. Junan mennessä tieosuuden yli pitää normaalitilanteessa puomien nousta takaisin ylös.



Kuva 9. Varoituskäytön kytkentäkaappi logiikoinen

Varoituskäytön tieopastimien toiminta testataan ja tarkistetaan silmämääräisesti. Tieopastimien vikatilanteiden toiminta testataan ja tarkistetaan, että vikojen ilmaisut näkyvät vikailmoitusjärjestelmän kautta rautatien käyttökeskuksessa. Varoituskäytön puomien toiminta ja asennot on määritetty eri tilanteiden mukaan, joten ne tulee testata käyttöönotto tarkastuksissa. Puomien moottori, magneettijarru ja rajakytkimet testataan toiminnallisesti sekä niiden vikatilanteet simuloidaan.

Varoituslaitoksen käyttö- ja varoituskytkimien toiminta testataan. Tarkistetaan, että kaikki tarvittavat komponentit löytyvät esimerkiksi varoituslaitoksen pois kytkemisen jälkeen kuten varoituslaitos ei toimi -kyltti. Vikatilanteet simuloidaan ja tarkistetaan vikailmaisut.

Virransyöttö ja siihen kuuluvat komponentit tarkistetaan varoituslaitoksen kaapista silmämääräisesti. Radan merkit ja tieliikenteen merkit tarkastetaan silmämääräisesti. Sähkölaitteistoihin tehdyt kytkennät tarkastetaan käyttöönottotarkastuksien aikana. Varoituslaitoksen turvalaitteiden urakoitsijan omat dokumentit tarkastetaan ennen käyttöönottotarkastuksen hyväksymistä. Lopuksi tehdään ilmoitus käyttöönotosta tasoristeysrekisteriin. Varoituslaitoksen tarkastuspöytäkirjapohja on esitetty liitteessä 8. Tarkastuspöytäkirja on vielä testaamatta maastotyöskentelyssä. Käyttöönottotarkastukset ovat intensiivisiä tapahtumia, joten pöytäkirjapohjan osalta on otettu huomioon tablet-laitteen käyttäminen. Lisäksi pöytäkirjan dokumentoinnin yksinkertaisuus ja nopeus on parantunut.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastuksissa käytettäviä tarkastuspöytäkirjapohjia. Työ sisälsi laaja-alaiset tarkastusdokumenttien selvitykset ja tutkimiset, lisäksi piti sisäistää turvalaitejärjestelmien ohjeet sekä määräykset.

Ensimmäisen vaiheessa dokumenttien päivittäminen sujui jouhevasti ja sain aikaan useita pöytäkirjapohjia. Kokeneiden asiantuntijoiden avustuksella sain dokumentteihin lisää tietoa ja rakentavaa palautetta pöytäkirjapohjan toimivuudelle tarkastustöissä. Niiden avulla pääsin työssä jatkamaan kehittämistä kohti testausta.

Toisessa vaiheessa pääsin kentälle testaamaan omien pöytäkirjojen toimivuutta käyttöönottotarkastuksissa. Kentällä tehdessäni testauksia huomasin useita yksinkertaisia puutteita pöytäkirjoissa sekä kehitettävät asiat. Sain testauksien aikana kokeneilta asiantuntijoilta lisätietoa, jotka otin käyttöön dokumenttien lopulliseen versioon.

Käyttöönottotarkastuksien jälkeen pääsin kehittämään pöytäkirjapohjat lopulliseen muotoon omien havaintojen sekä parannusehdotuksien kera. Opinnäytetyössä käyttöönottotarkastusdokumentoinnin osalta sain päivitettyä vain yhden osan isosta kokonaisuudesta, joten dokumenttien kehitys jatkuu vielä tulevaisuudessakin.

Suomen rautateillä olevat turvalaitejärjestelmät ovat kehitetty useiden vuosien saatossa toimiviksi ja monipuolisiksi. Käyttöönottotarkastustehtävissä turvalaitejärjestelmiin pääsee parhaiten käsiksi testaamalla kokonaisvaltaisesti järjestelmän toimivuutta. Käyttöönottotarkastuksissa tehtävät testit on suunniteltava tarkasti ja oltava varma siitä, miten testataan tiettyä turvalaite-elementtiä.

Projekti oli haastava ja mielenkiintoinen. Työssä täytyi ymmärtää turvalaitejärjestelmän toimivuutta, määräyksiä, ohjeita sekä saada ne näyttämään yksiselit-



teisiltä dokumentoinnin osalta. Osallistuin käyttöönottotarkastustehtävissä jokaiseen vaiheeseen, jossa tarvitsi organisointitaitoa eri sidosryhmien kesken ja päättäväisyyttä tarkastuksien etenemisessä. Työn aikana ammensin tietotaitoa tulevaisuuden käyttöönottotarkastustehtäviin dokumentteineen.

## LÄHTEET

Härkönen, A. Järvinen, L. Katalaja, M. Koro, M. Lehikoinen, H. Matikainen, L. Sorsimo, T. Tuomi, J & Viitanen, J. 2014. Rautatieturvallitteet. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2012a. Ratatekniset ohjeet, osa 4 Vaihteet. Liikennevirasto 22/2012. Helsinki. Viitattu 10.12.2017.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2012-22\\_rato\\_4\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2012-22_rato_4_web.pdf)

Liikennevirasto 2012b. Turvalaitejärjestelmien käyttöönottotarkastusohje. Liikennevirasto 7/2012. Helsinki. Viitattu 5.1.2017.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2012-07\\_turvalaitejarjestelmien\\_kayttonottotarkastusohje\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2012-07_turvalaitejarjestelmien_kayttonottotarkastusohje_web.pdf)

Liikennevirasto 2012c, Varoituslaitosten tekniset toimitusehdot. Liikennevirasto. Helsinki. Viitattu 5.1.2018

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/ohje\\_2012\\_varoituslaitosten\\_tekniset\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/ohje_2012_varoituslaitosten_tekniset_web.pdf)

Liikennevirasto 2014a. Konkretiaa eurooppalaisen junien kulunvalvonnan käyttöönottoon rataverkolla ja vetävässä kalustossa. Helsinki 2014. Viitattu 9.1.2017.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts\\_2014-44\\_konkretiaa\\_eurooppalaisen\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2014-44_konkretiaa_eurooppalaisen_web.pdf)

Liikennevirasto 2014b. Ratatekniset ohjeet, osa 6 Turvalaitteet. Liikennevirasto. Helsinki. Viitattu 4.1.2018.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2014-07\\_rato6\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2014-07_rato6_web.pdf)

Liikennevirasto 2014c. Yhdistelmäopastin – järjestelmämäärittely. Liikennevirasto. Helsinki. Viitattu 24.11.2017.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lop\\_2014-04\\_yhdistelmaopastin\\_jarjestelmamaarittely\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lop_2014-04_yhdistelmaopastin_jarjestelmamaarittely_web.pdf)

Liikennevirasto 2015. Liikennöinti valtion rataverkolla. Liikennevirasto 23/2015. Helsinki. Viitattu 20.11.2017.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2015-23\\_liikennointi\\_valtion\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2015-23_liikennointi_valtion_web.pdf)

Liikennevirasto 2016a. Liikenneviraston julkaisema rautatietilasto 2016. Viitattu 13.11.2017.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti\\_2017-09\\_rautatietilasto\\_2016\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2017-09_rautatietilasto_2016_web.pdf)

Liikennevirasto 2016b. Vaihdekäsikirja. Liikennevirasto 23/2016. Helsinki. Viitattu 15.1.2018.

[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2016-23\\_vaihdekasikirja\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-23_vaihdekasikirja_web.pdf)

Liikennevirasto 2017. Suomen rataverkko 2016. Viitattu 20.10.2017.

<https://www.liikennevirasto.fi/rataverkko#.Wk09EPBI-Uk>

SFS-EN 50126-1.1999. Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 1: Basic requirements and generic process. CENELEC 1999.

SFS-EN 50129. 2003. Railway applications - Communications, signaling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling. CENELEC 2003.

SFS-EN 50159. 2010 Railway applications. Communication, signaling and processing systems. Safety-related communication in transmission systems. CENELEC 2010.

SFS-EN 50128. 2011. Railway applications – Communication, signaling and processing systems – Software for railway control and protection systems. CENELEC 2011.

SFS-IEC 61508. 2010. Functional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related Systems. Software requirements. Reuse of pre-existing software element to implement all or part of a safety function. IEC 2010.

VR Track Oy 2017a. Liikenneviraston julkaisema Suomen rautatieturvallitteet 2016. VR Track Oy:n intranet. Viitattu 12.12.2017.

VR Track Oy 2017b. VR Track Oy:n www-sivut. Viitattu 20.10.2017.  
<https://www.vrtrack.fi/vr-track/>

## LIITTEET

- Liite 1. Käyttöönottotarkastussuunnitelma (luottamuksellinen)
- Liite 2. Virransyöttö ja tietoliikenneyhteydet tarkastuspöytäkirjapohja (luottamuksellinen)
- Liite 3. Raidevirtapiirit tarkastuspöytäkirjapohja (luottamuksellinen)
- Liite 4. Akselinlaskijat tarkastuspöytäkirjapohja (luottamuksellinen)
- Liite 5. Opastimet tarkastuspöytäkirjapohja (luottamuksellinen)
- Liite 6. Vaihteet tarkastuspöytäkirjapohja (luottamuksellinen)
- Liite 7. Avainsalpalaitteet tarkastuspöytäkirjapohja (luottamuksellinen)
- Liite 8. Varoituslaitoksen tarkastuspöytäkirjapohja (luottamuksellinen)