

Suojavaunujen vaikutus VAK-vaunujen vahingoittumiseen onnettomuustilanteessa



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Ylva Gilbert, Tuomas Raivio, Jussi Nikula		Julkaisun laji Tutkimus	
Gaia Consulting Oy		Toimeksiantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Suojavaunujen vaikutus VAK-rautatievaunujen vahingoittumiseen onnettomuustilanteessa			
Tiivistelmä <p>Raportissa tarkastellaan suojavaunujen käyttöä turvallisuustoimena. Suomen nykyinen lainsäädäntö vaatii suojavaunujen käyttöä useammassa kuljetuksissa kuin kansainvälinen RID-säännöstö. Laki perustuu pitkälti 1970-luvulla tehtyjen tutkimusten suosituksiin. Silloinen tutkimustulos oli, että suojavaunut muodostavat suhteellisen helpon ja kohdennetun tavan lisätä turvallisuutta niissä kuljetuksissa, missä sitä eniten tarvitaan, kuten esimerkiksi myrkyllisten kaasujen kuljetusten yhteydessä.</p> <p>Rautatiekuljetuksessa on tapahtunut mittavia muutoksia kolmenkymmenen viime vuoden aikana. Turvallisuutta on kehitetty niin teknisillä ratkaisulla kuin organisatorisella tasolla koulutuksen ja turvallisuuskulttuurin parantamisen avulla. Niinpä ympäristö, jossa suojavaunuja käytetään, on selvästi muuttunut.</p> <p>Raportin menettely perustuu RID 2007:n riskiarviomenetelmäsuositukseen. Aihetta lähestyttiin ensin kvantitatiivisella analyysillä tilastoaineistosta. Toisessa vaiheessa aihetta käsiteltiin kvalitatiivisesti muutospainottuneessa riskiarvioinnissa, johon osallistuivat kaikki keskeiset suomalaiset viranomaiset ja operaattori.</p> <p>Tulokset osoittavat, että suojavaunujen käyttö voi edelleen lisätä vaarallisten aineiden kuljetusturvallisuutta. Erityisesti suojavaunujen vaikutus onnettomuuden leviämisen rajoittamisessa näyttäisi lisäävän kuljetusturvallisuutta. Varsinkin niissä tapauksissa, missä mahdollinen vahinkotapahtuma voisi johtaa suuronnettomuuteen, suojavaunut ovat edelleen varteenotettava riskienhallintakeino. Pääkriteerinä tässä on ollut vahingon leviämisen rajoittaminen ja itse aineen vaarallisuus. Niinpä raportissa suositellaan suojavaunujen käytön jatkamista myrkyllisten ja helposti syttyvien kaasujen kuljetuksissa. Käyttöä tulisi myös harkita muiden suuronnettomuusvaarallisten kemikaalien kanssa.</p>			
Avainsanat (asiasanat) Vaarallisten aineiden kuljetus rautateillä, riskianalyysi, suojavaunut			
Muut tiedot Yhteyshenkilö Liisa Virtanen			
Sarjan nimi ja numero Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 37/2007		ISSN 1457-7488 (painotuote) 1795-4045 (verkkajulkaisu)	ISBN 978-952-201-902-8 (painotuote) 978-952-201-903-5 (verkkajulkaisu)
Sivumäärä (painotuote) 56	Kieli Suomi	Hinta (painotuote) 12 €	Luottamuksellisuus Julkinen
Jakaja Edita Publishing Oy		Kustantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare)		Typ av publikation	
Ylva Gilbert, Tuomas Raivio, Jussi Nikula		Undersökning	
Gaia Consulting Oy		Uppdragsgivare	
		Kommunikationsministeriet	
		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation (även den finska titeln)			
Suojavaunujen vaikutus VAK-rautatievaunujen vahingoittumiseen onnettomuustilanteessa Effekten av skyddsvagnar på farligt godsjärnvägsvagnars säkerhet i olyckshändelser			
Referat			
<p>Denna rapport behandlar effekter och konsekvenser av att använda skyddsvagnar som ett säkerhetsmedel. Den finska lagen överstiger de krav på skyddsvagnar som finns med i den internationella RID. De nuvarande finska legislativa kraven härstammar i stor del från undersökningar på 1970-talet. Forskningsresultaten indikerade att skyddsvagnar var ett relativt lätt och fokuserat sätt att öka säkerheten där detta var mest behövt, dvs. i konjunktion med vissa typer av kemikalier, så som t.ex. giftiga gaser.</p> <p>Järnvägstransport har undergått stora förändringar på de senaste 30 åren. Förbättringar av säkerhetsnivån har gjorts såväl genom tekniska lösningar och organisatoriska ändringar som genom en förbättrad säkerhetskultur och ökad nivå av säkerhetsskolning. Järnvägstransportens omgivning är därför mycket olik vad den var för trettio år sedan.</p> <p>Evalueringen av den potentiella säkerhetsnivåökning som användande av skyddsvagnar kan medföra följde formatet rekommenderat i 2007 editionen av RID. Frågeställningen var först tacklad genom en kvantitativ, statistikbaserad analys och sedan genom en kvalitativ, förändringsorienterad risk analys. I denna kvalitativa analys deltog all relevanta myndigheter i Finland..</p> <p>De centrala resultaten indikerar att användande av skyddsvagnar fortfarande kan öka säkerheten av transport av farligt gods. Detta är speciellt tydlig när det gäller mitigering av effekterna efter en krock och gällande begränsning av de möjliga konsekvenser följande en olycka. Undersökningens resultat pekar på att skyddsvagnar är speciellt nyttiga då det gäller transport av speciellt farliga ämnen, där möjligheten till en omfattande olycka existerar. Kriterierna som här använts relaterar till spridningen och nivån av hot som en potentiell olycka består av. Ett fortsatt användande av skyddsvagnar i transport av giftiga och lättantändliga gaser är rekommenderad. Detta kunde också utvidgas till att omfatta andra ämnen med storolyckspotential.</p>			
Nyckelord			
Transport av farligt gods på järnvägar, riskanalys, skyddsvagnar			
Övriga uppgifter			
Kontaktperson vid kommunikationsministeriet: Liisa Virtanen			
Seriens namn och nummer		ISSN	ISBN
Kommunikationsministeriets publikationer 37/2007		1457-7488 (trycksak) 1795-4045 (näpublikation)	978-952-201-902-8 (trycksak) 978-952-201-903-5 (näpublikation)
Sidoantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
56	Finska	12 €	Offentlig
Distribution		Förlag	
Edita Publishing Ab		Kommunikationsministeriet	



DESCRIPTION

Date of publication

25.6.2007

Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Ylva Gilbert, Tuomas Raivio, Jussi Nikula		Type of publication Report	
Gaia Consulting Oy		Assigned by Ministry of Transport and Communications	
		Date when body appointed	
Name of the publication Transport of dangerous goods by rail and the effect of barrier wagons on the damage extent following an accident			
Abstract <p>This report sheds light into the consequences and effects of using barrier wagons as a safety measure. The current Finnish legislation that require the use of barrier wagons over and above the requirements defined in RID is largely based on recommendations from research done in the 1970's. Then the conclusions were that barrier wagons provided a relatively easy and targeted way of enhancing safety where it was most needed, i.e. in the conjunction with certain types of chemicals, such as toxic gases.</p> <p>Railway transport has undergone extensive changes in the last 30 years. Safety improvement has been addressed through technical solutions and organizational changes as well as through improvements in safety attitude and levels of training. Hence the environment in which barrier wagons are today used is very different from that of thirty years ago.</p> <p>The assessment of the potential added safety that the use of barrier wagons may bring to the transport of certain dangerous goods followed the format that will be included in the 2007 edition of the RID. Here the question was firstly tackled through a quantitative analysis based on available statistical data. Secondly, the issue was subjected to a qualitative, change orientated risk analysis, in which all the relevant parties in Finland participated.</p> <p>The central findings indicate that the use of barrier wagons can still add to the safety of transport of dangerous goods. There is a particularly clear case in mitigating the effects of collisions and limitation of the effects a potentially disastrous accident. The research indicates that the use of barrier wagons is particularly useful in such cases, where the potential for a major disaster in the case of an accident is discernable. The main criteria used here relates to the spreading and level of threat a potential accident poses. The continuous use of barrier wagons in conjunction with transport of toxic and flammable gases is recommended. This could also be extended to other chemicals that pose an inherent danger to large crowds or large areas.</p>			
Keywords Transport of dangerous goods on railways, risk analysis, barrier wagons			
Miscellaneous Contact person at the Ministry: Ms Liisa Virtanen			
Serial name and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 37/2007		ISSN 1457-7488 (printed version) 1795-4045 (electronic version)	ISBN 978-952-201-902-8 (printed version) 978-952-201-903-5 (electronic version)
Pages, total 56	Language Finnish	Price €12	Confidence status Public
Distributed by Edita Publishing Ltd		Published by Ministry of Transport and Communications	

ESIPUHE

Vaarallisten aineiden rautatiekuljetussäädökset sisältävät myös määräykset suojavaunujen käytöstä tiettyjen aineiden kuten myrkyllisten ja palavien kaasujen ja bensiinin säiliökuljetuksissa. Nämä säännökset perustuvat pitkälti VTT:n 1970-luvulla tekemien selvitysten suosituksiin. Suomen kansalliset säännökset ovat tältä osin tiukemmat kuin EU:ssa noudatettavien RID-määräysten sisältämät suojavaunumääräykset. RID määrittelee minimisuojaetäisyydet ainoastaan räjähteille. Sitä vastoin IVY-maiden ja eräiden muiden Itä-Euroopan ja Aasian maiden välillä sovellettavissa määräyksissä (SMG-sopimus, liite II) on tiukat määräykset suojavaunujen käytölle.

Tämän selvityksen tarkoitus on tarkastella suojavaunujen käyttöä turvallisuustoimena. Sen tavoitteena on selvittää, miten nykyiset suojavaunumääräykset vaikuttavat VAK-rautatieliikenteen turvallisuuteen sekä arvioida, voidaanko tämän vaikutuksen nojalla perustella edelleen suojavaunumääräysten säilyttämistä nykyisellä tasolla ottaen huomioon rautatie liikenteen turvallisuudessa tapahtunut kehitys niin teknisissä ratkaisuisissa kuin esim. koulutuksen osalta.

Hankkeen toteutti Ylva Gilbert Gaia Consulting Oy:ltä. Johtoryhmään kuuluivat Seija Miettinen-Bellevergue ja Liisa Virtanen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Pentti Haapala Ratahallintokeskuksesta sekä Jouni Karhunen ja Arto Taskinen VR Oy:ltä.

Helsingissä 30.5.2007

Liisa Virtanen

ESIPUHE

1 JOHDANTO	4
2 TAUSTA, TAVOITTEET JA MENETELMÄ.....	5
2.1 TAUSTA JA TAVOITTEET	5
2.2 KESKEISIÄ MÄÄRITELMIÄ.....	6
2.3 MENETELMÄ	6
2.3.1 Menetelmän perusteet	6
2.3.2 Arvioinnin viitekehys.....	7
2.3.3 Tilastoanalyysi	8
2.3.4 Kvalitatiivinen analyysi.....	8
2.3.5 Analyysitulosten täsmentäminen	10
2.4 KÄYTETYT TILASTOLÄHTEET	10
2.4.1 Kansainväliset tilastot.....	10
2.4.2 Kotimaan tilastot.....	13
3 NYKYTILAN KUVAUS.....	13
3.1 YLEISTÄ	13
3.2 VAARALLISTEN AINEIDEN RAUTATIEKULJETUS SUOMESSA	14
3.3 KANSAINVÄLINEN JA KANSALLINEN LAINSÄÄDÄNTÖ	15
3.3.1 Itäliikenne ja SMGS-sopimus: kansallisten säännösten eroavaisuudet.....	15
3.3.2 RID vs. kansallinen lainsäädäntö.....	16
3.4 KATSAUS HISTORIAAN.....	17
3.4.1 Suojavaunumääräysten tausta ja 1970-luvun suomalaiset riskiarviot	17
3.4.2 Ruotsissa 2000-luvun taitteessa tehty päätös seurata RID-vaatimuksia	18
3.4.3 Suomessa tapahtuneita VAK-onnettomuuksia.....	19
3.4.4 Yksityiskohtaisempia case-esimerkkejä.....	21
3.5 HAVAITTAVISSA OLEVIA YLEISIÄ ONNETTOMUUSTRENDEJÄ	23
3.6 RAIDELIIKENTEEN MUUTOKSIA VIIMEISEN 30 VUODEN AIKANA SUOMESSA	27
3.6.1. Muuttuva toimintaympäristö	27
3.6.2 Rata ja liikenteen ohjaus	27
3.6.3 Juna ja kalusto	29
3.6.4 Säännöstö ja inhimilliset tekijät	29
3.6.5 Yhteiskunta	29
3.7 VIITEKEHYKSEN MUKAISET MUUTOKSET	29
3.8 SUOJAVAUNUTOIMINNAN KUSTANNUKSET	32
3.9 TULEVAISUUDENNÄKYMIÄ.....	32
4 TILASTOANALYYSI	33
4.1 LÄHESTYMISTAPA	33
4.2 PARAMETRIEN ESTIMOINTI	34
4.2.1 Yleistä.....	34
4.3.2 Törmäykset	37
4.3.3 Suistumiset.....	37
4.3.4 Tasoristeysonnettomuudet.....	38
4.4 TULOSTEN ANALYYSI	38

5 KVALITATIIVINEN RISKITARKASTELU.....	40
5.1 SUOJAVAUNUJEN VAIKUTUSMEKANISMIT VAK-ONNETTOMUUDEN RISKIIN.....	40
5.1.1. <i>Arviointiperusteet</i>	40
5.1.2 <i>Kalustonväliset törmäykset junaliikenteessä</i>	40
5.1.3 <i>Suistumiset junaliikenteessä</i>	41
5.1.4 <i>Tasoristeysonnettomuudet</i>	42
5.1.5 <i>Vaihtotyöonnettomuudet</i>	42
5.3 ONNETTOMUUDEN TORJUNTATOIMET.....	43
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	44
LÄHTEET.....	47
LIITE 1: TYÖPAJAAN OSALLISTUJAT	48
LIITE 2: HAASTATELLUT TAHOT	48

1 JOHDANTO

Liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) liikenneturvallisuusyksikön vaarallisten aineiden kuljetuksien (VAK) kytkeytyvän työn yhtenä keskeisenä tavoitteena on harmonisoida kansallista VAK-normistoa kansainvälisten määräysten mukaisiksi. Yksi osa kansallisesta VAK-lainsäädännöstä koskee suojavaunujen käyttöä tiettyjen aineluokkien rautatiekuljetuksissa. Nykyiset määräyksemme ovat tältä osin tiukemmat kuin EU:ssa noudatettavien RID-määräysten mukaiset suojavaunumääräykset. RID määrittelee minimisuojaetäisyydet ainoastaan räjähteille. Toisaalta Suomen VAK-rautatieliikenne muodostuu suurelta osin venäläisellä kalustolla kulkevasta liikenteestä. Suomen ja Venäjän välillä noudatetaan kahdenkeskeistä sopimusta, joka ei sisällä suojavaunumääräyksiä ja Suomen puolella noudatetaan Suomen kansallisia suojavaunumääräyksiä. IVY-maiden ja eräiden muiden Itä-Euroopan ja Aasian maiden välillä taas sovelletaan SMGS-sopimusta¹. Rautatieliikenteen avautuessa kilpailulle Suomessa voi suojavaunuja koskevien erityismääräysten säilyttäminen kansallisessa normistossa osoittautua haasteelliseksi.

Tämän hankkeen tavoitteena on selvittää, miten nykyiset suojavaunumääräykset vaikuttavat VAK-rautatieliikenteen turvallisuuteen sekä arvioida, voidaanko tämän vaikutuksen nojalla perustella suojavaunumääräysten säilyttämistä nykyisellä tasolla. Suomen nykyiset suojavaunumääräykset perustuvat pitkälti 1970-lvuulla tehtyihin selvityksiin. Tärkeän osan tätä hanketta onkin muodostanut kysymys siitä, onko viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana tapahtunut sellaisia muutoksia, jotka olisivat muuttaneet aikanaan annettuja perusteita suojavaunumääräyksille. Lisäksi hankkeessa on selvitetty, onko Suomen VAK-liikenteessä muuhun EU:hun verrattuna jotain sellaisia eroja, että erilaiset kansalliset määräykset olisivat perusteltuja.

Kysymystä on lähestytty sekä kvantitatiivisen aineiston että subjektiivisten asiantuntija-arvioiden kartoittamisella. Yhdistämällä kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen riskiarviointimenetelmä on pyritty saavuttamaan mahdollisimman kattava näkemys siitä, miten suuri vaikutus suojavaunuvaihtotöillä tai vaunun paikalla junassa on mahdollisen onnettomuuden seurauksena tapahtuvaan yksittäisen vaunun vahingoittumistodennäköisyyteen ja onnettomuuden jälkeisiin seurauksiin. Hankkeessa on analysoitu tilastoituja tietoja kansainvälisistä lähteistä. Suurin osa käytetystä tilastosta on kuitenkin kotimaasta, sillä suuressa osassa kansainvälisiä tilastoja ei ole tähän tarpeeseen nähden riittävän vertailukelpoista tai riittävän yksityiskohtaisesti esitettyä tietoa. Hankkeen kannalta parhaan ja myös yksityiskohtaisimman aineiston tarjoavat Onnettomuustutkintakeskuksen tutkintaselostukset raideliikenteen onnettomuuksista. Yleisesti todettakoon, että tilastoista voidaan päätellä lähinnä muutosten suuntia.

Tässä raportissa esitellään selvitystyössä käytetty menetelmä ja VAK-kuljetusten nykytila (luvut 2 ja 3) sekä kunkin käsitellyn onnettomuustyyppin osalta tehdyn analyysin tulokset (luvut 4 ja 5). Luvussa 6 esitetään hankkeen johtopäätökset ja suositukset.

¹ Kansainvälinen rautatieliikennesopimus, jonka liitteessä II on määräykset vaarallisten aineiden kuljetuksesta. 1.7.2006 voimaan tuleva uudistettu liite II on harmonisoitu pitkälle RID-määräysten kanssa. SMGS-sopimukseen ovat liittyneet eräät Itä-Euroopan ja Aasian maat, kuten Venäjä ja muut IVY-maat.

2 TAUSTA, TAVOITTEET JA MENETELMÄ

2.1 Tausta ja tavoitteet

Kansainvälisyys asettaa vaarallisten aineiden kuljetuksille sekä lainsäädännöllisiä että käytännön haasteita. LVM panostaakin liikenneyhteyksien toimivuuden varmistamiseen sekä kotimaassa että rajojemme yli tapahtuvassa liikenteessä. Koska globaalinen tuotantorakenne suosii tiekuljetuksia, ministeriön ympäristöohjelman mukaisesti yhtenä tunnistettuna haasteena on säilyttää rautatieliikenteen osuus tai lisätä sitä, erityisesti itäliikenteessä, mukaan lukien transitoliikenne ja perusraaka-aineiden kuljetukset.

VAK-toiminnan kansainväliset säädökset muuttuvat kahden vuoden välein. Tämä asettaa erityisiä haasteita säädösten toimeenpanolle ja valvonnalle sekä tarvittavan tietomäärän omaksumiselle, kattavuudelle ja päivitykselle. Nykyiset kuormausta, purkamista ja tavarankäsittelyä koskevat kansalliset säännökset ovat suojavaunumääräyksiä osalta (Luku 7.5.3) tiukemmat kuin Länsi-Euroopan RID-määräykset² mutta eivät yhtä tiukat kuin mm. Itä-Euroopan maissa sovellettavat, SMGS-sopimukseen³ perustavat suojavaunumääräykset. Siten kansainvälisistä säädöksistä ei ole johdettavissa yksiselitteistä ohjeistoa suojavaunumääräysten tiukkuudelle. Lisäksi tiukemman kuin RID-määräysten mukaisen suojavaunumääräysten säilyttäminen kansallisessa normistossa voi Suomen rautatieliikenteen avautuessa kilpailulle muodostua haasteelliseksi.

Hankkeen tavoitteena on ollut tuottaa ajantasaista tietoa siitä, **miten** suojavaunujen käyttö nykyisten määräysten mukaan vaikuttaa vaarallisia aineita kuljetettavien vaunujen vahingoittumisriskiin sekä junan kulun aikana tapahtuvien onnettomuuksien arvioinnin että vaihtotöiden aikaiseen riskiin. Työssä vaikutukset on arvioitu erikseen kahdentyyppisille, vaadittujen suojavaunujen määrässä ja sijoituksessa eroaville kuljetuksille:

1. Myrkyllisten kaasujen⁴ kuljetukset
2. Kaikki muut vaarallisten aineiden kuljetukset, joita kansalliset suojavaunumääräykset koskevat.

Työn **ulkopuolelle** on kuitenkin rajattu ne suojavaunumääräykset, jotka koskevat luokan 1 räjähteitä ja jotka ovat RID-määräysten mukaisia (LVM:n asetuksen 278/2002 muutoksineen vuoden 2005 liitteen kohdan 7.5.3.1). Suojavaunumääräykset eivät myöskään koske samalla aineella kuormattujen vaunujen suojaamista toisistaan (kohta 7.5.3.8).

Selvityksessä tavoitteena on ollut tuottaa sekä riittävän kattavaa että luotettavaa tietoa, jonka perusteella voidaan objektiivisesti arvioida nykyisten suojavaunumääräysten tarpeellisuutta. Tuotetun tiedon perusteella on arvioitu miten ja millä tavoin suojavaunujen käyttö vaikuttaa mahdollisen junaonnettomuuden seurauksena VAK-vaunun vahingoittumiseen. Käsityksen tuottamiseksi on selvitetty suojavaunujen vaikutusta onnettomuustodennäköisyyteen sekä seurauksiin.

² RID on OTIF-yleissopimuksen liite ja se sisältää vaarallisten kansainvälistä rautatiekuljetusta koskevat määräykset. OTIF-sopimukseen ovat liittyneet lähinnä Länsi-Euroopan maat

³ Kansainvälinen rautatieliikennesopimus, jonka liitteessä II on määräykset vaarallisten aineiden kuljetuksesta. 1.7.2006 voimaan tuleva uudistettu liite II on harmonisoitu pitkälle RID-määräysten kanssa. SMGS-sopimukseen ovat liittyneet IVY-maat ja useat Itä-Euroopan maat, (esim. Venäjä)

⁴ Myrkylliset kaasut, joita tulee merkitä lipukkeella 2.3. Näitä on viitisenkymmentä eri YK-numeroa.

2.2 Keskeisiä määritelmiä

Seuraavassa on lyhyesti esitelty hankkeen kannalta oleellisia määritelmiä.

Suojavaunulla tarkoitetaan tässä kaksiakselista vaunua. Yhdellä neliakselisella tai useampiakselisella vaunulla voidaan korvata kaksi kaksiakselista suojavaunua. Suojavaunu voi olla tyhjä tai kuormattu vaunu taulukon 2.1 mukaisesti.

Taulukko 2.1: Suojavaununmääritelmä (Lähde: Asetus 278/2002 liite kohta 7.5.3.8)

Vaunutyyppi	Hyväksyttävä suojavaununa	Ei hyväksyttävä suojavaununa
Tyhjä, puhdistettu vaunu	Aina	-----
Tyhjä, puhdistamaton VAK-vaunu	Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta	Lipukkeilla 2.3 (myrkylliset kaasut) ja 6.1 (myrkylliset aineet) varustetut
Kuormattu vaunu	Kuormattu tavaravaunu (ei VAK-vaunut)	Ihmisiä kuljettava vaunu
Kuormatut VAK-vaunut	Varoituslipukeilla 8 (Syövyttävät aineet) ja 9 (muut vaaralliset aineet) varustetut vaunut sekä YK no 1202 – lipuke 3 (dieselöljyllä, kaasuöljyllä, kevyellä ja raskaalla polttoöljyllä) kuormatut vaunut	Kaikki muut kuormatut VAK-vaunut

VAK-onnettomuutena on tässä työssä rajattu käsittämään minimissään tilannetta, jossa vaarallista ainetta pääsee junaliikenteessä vai vaunujen vaihtotöissä tapahtuvan onnettomuuden seurauksena ilmaan, maahan tai veteen. Siten tässä työssä ei oteta kantaa muista syistä, kuten esimerkiksi venttiylivuodosta tai muusta kalustovauriosta tapahtuvaan häiriöpäästöön.

Onnettomuusriski ymmärretään tässä löysästi määriteltynä onnettomuuden todennäköisyyden ja sen seurauksen tuloksi eli menetyksen odotusarvoksi. Todennäköisyyttä mitataan joko suhteellisesti kohden tiettyä kuljetus- tai työtapahtumaa, tai absoluuttisesti esimerkiksi aikayksikköä kohden. Kustannus-hyöty-tyyppisen yksipuolisen näkemyksen välttämiseksi seurauksia ei tarkastelussa erityisesti kvantifioida, vaan niitä tarkastellaan holistisesti kokonaisuutena.

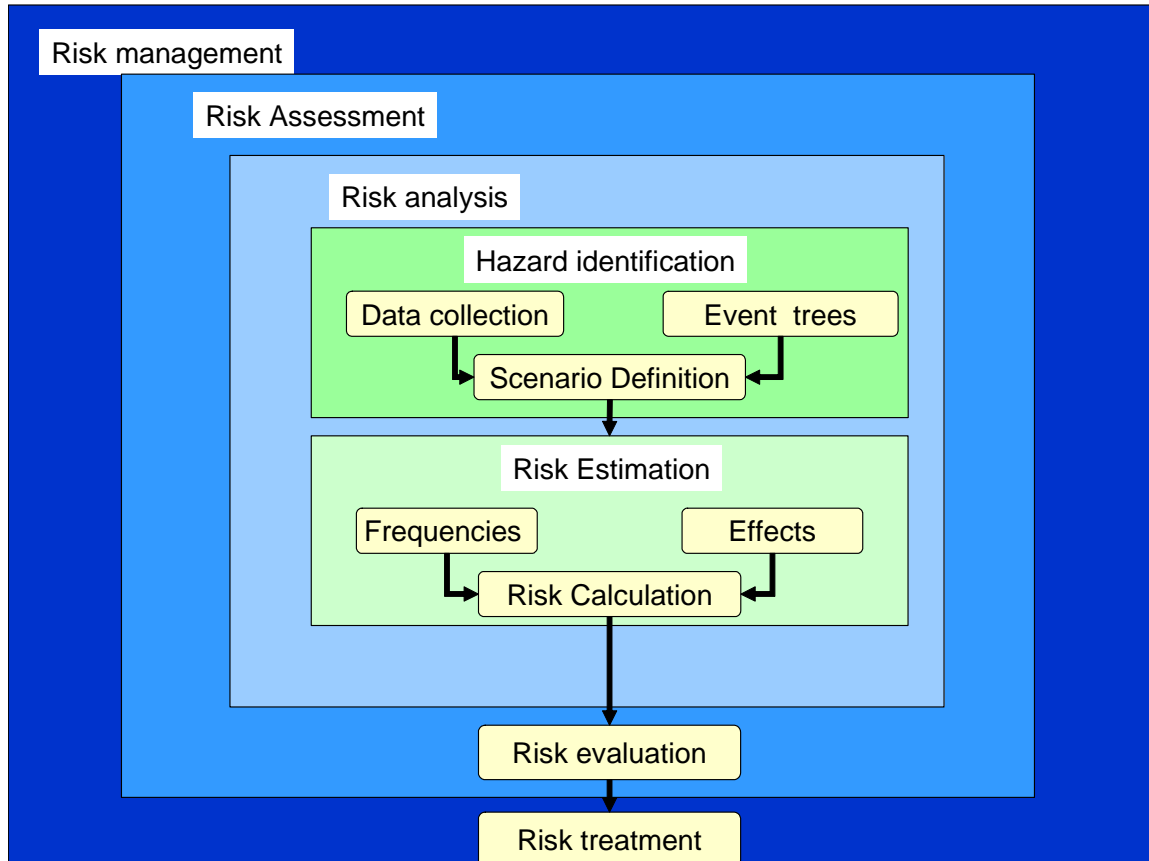
2.3 Menetelmä

2.3.1 Menetelmän perusteet

RID:in tulossa oleva suositus⁵ siitä, miten riskiä arvioidaan VAK-rautatieliikenteessä, sisältää yksityiskohtaisia ohjeita siitä, miten riskianalyysi sekä riskinarviointi tulisi tehdä. Ohjeistuksen tavoitteena on tuottaa yhdenmukaisempi lähestymistapa rautatiekuljetuksien riskiarviointiin. Lähestymistapa perustuu pitkälti jo voimassa oleviin kansainvälisiin standardeihin, joista mainittakoon Rautatieturvallisuudirektiivi 2004/49/EC sekä RAMS Standardi EN 51026. Tämän tulevan RID-ohjeen mukaisesti riskinarvioinnin tulee sisältää kvantitatiivisia riskianalyysimenetelmiä. Riskinarviointi tulee myös jakaa kahtia siten että itse riskianalyysi (riskin tunnistaminen ja suuruuden määritelmä) tehdään erillään

⁵ OTIF (2005 Draft) an introduction to the basic principles of risk assessment for chapter 1.9 RID: Generic Guidelines for the calculation of Risk due to Railway Transport of Dangerous Goods. Astuu voimaan ohjeena 1.1.2007 RIDissä kuuden kuukauden siirtymäajalla

yhteiskunnallisen riskin suuruuden arvioinnista. Riskianalyysin tuloksia tulee myös kriittisesti analysoida epävarmuuden ja epävarmuustekijöiden suhteen. Lisäksi ohjeet esittävät, että riskien tunnistamiseksi tulee käyttää ns. onnettomuusskenaarioiden hahmottamista ja systemaattista kartoittamista, kuten kuvassa 2.1 on hahmoteltu.



Kuva 2.1: Riskiarviointimenetelmä (Lähde: OTIF, 2005)

Menetelmällisesti tässä selvityksessä on seurattu edellä esitettyjä vaatimuksia. Kvantitatiiviset riskiarviot perustuvat suomalaiseen onnettomuusaineistoon ja onnettomuusskenaariot hankkeelle luodun viitekehysten mukaiseen jakoon. Kvantitatiivisen analyysin rinnalla on toteutettu kvalitatiivista riskinarviointia sekä subjektiiviseen todennäköisyystulkintaan perustuvaa asiantuntija-arviointia. Tämä selvitys ei ota varsinaista kantaa yhteiskunnallisiin riskeihin, joskin hankkeen puitteissa käyty riskin hyväksyttävyysskeskustelu koskettaa aihepiiriä jonkun verran. Lisäksi menetelmällisesti on paneuduttu erityisesti ajallisten muutosten tunnistamiseen sekä vaikuttavuuden arviointiin.

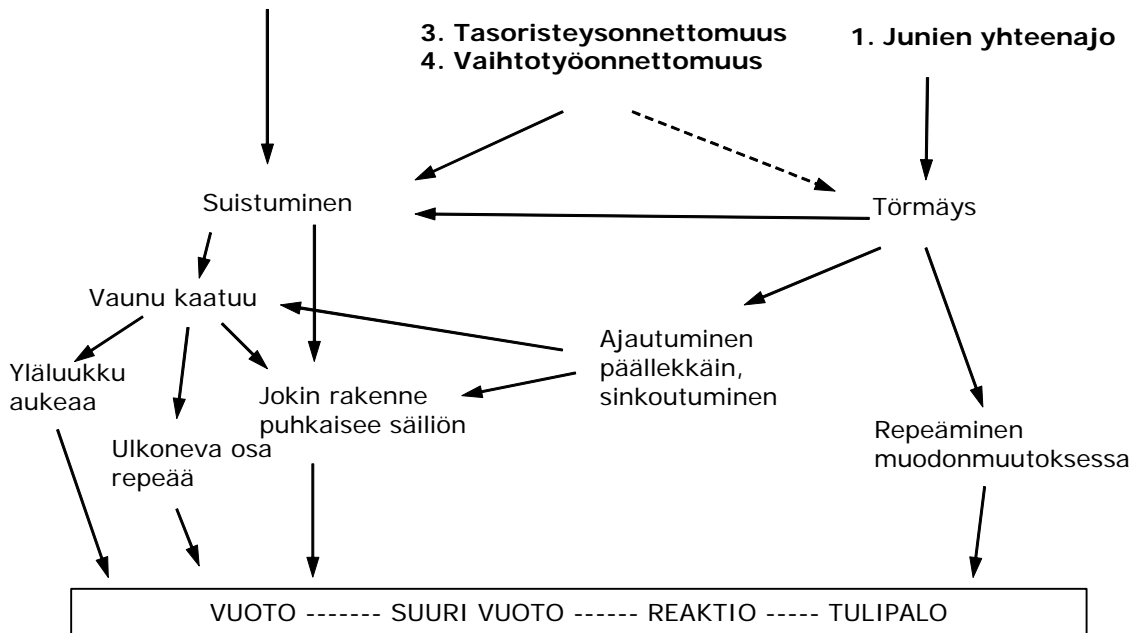
2.3.2 Arvioinnin viitekehys

VAK-onnettomuuteen johtavan junaonnettomuuden tapahtumisen mekanismeina on tässä yhteydessä tunnistettu suojavaunuaspektin kannalta neljä relevanttia onnettomuustyyppiä, jotka ovat:

1. junien välinen törmäys liikenteessä tai liikennepaikalla
2. junan suistuminen (ainakin 1 vaunu suistuu),
3. tasoristeysonnettomuus ja
4. vaihtotyöonnettomuus.

Nämä on havainnollistettu kuvassa 2.2.

2. Suistuminen kiskoilta



Kuva 2.2: Arvioinnin viitekehys

2.3.3 Tilastoanalyysi

Tilastotieteellisin menetelmin voidaan johtaa todennäköisyysarvioita erilaisille tapahtumille. Arviot ovat luonteeltaan frekventistisiä, so. tilastojen perusteella voidaan suhteuttaa tapahtuman kannalta suotuisten alkeistapausten lukumäärä kaikkiin alkeistapauksiin. Lähestymistapa on luotettava silloin, kun dataa on tarpeeksi ja ajasta tai paikasta riippuvat muutokset eivät ole merkittäviä. Tarkasteltavassa kysymyksessä joudutaan kuitenkin tilastoanalyysien suhteen hankalaan tilanteeseen, sillä jo 10 vuoden aikana tapahtuneet muutokset esimerkiksi junaturvallisuuksessa ovat merkittäviä ja aineistoa erityisesti törmäyksistä on hyvin vähän. Kansainväliset tilastot ovat tilastointiperusteiltaan ja sisältämänsä tiedon suhteen erilaisia, ja erot taustatekijöissä, kuten junaturvallisuuksessa, turvallisuusasenteissa ja myös kalustossa ovat merkittäviä.

VAK-onnettomuuksia tapahtuu raideliikenteessä harvoin. Niinpä varsinaisista VAK-onnettomuustilastoista ei ole saatavilla riittävän kattavaa aineistoa vaunupaikan tai suojavaunujen käytön vaikutuksista VAK-vaunun vahingoittumiseen. Siten tässä selvityksessä on analysoitu **kaikkien** junakuljetusten onnettomuustietoja vaunujen vahingoittumisesta vaunupaikan suhteen, jotta analysoitava aineisto olisi riittävän kattava tilastotietoon perustuvien johtopäätösten vetämiseksi.

2.3.4 Kvalitatiivinen analyysi

Kirjallisuusanalyysi

Tilastoanalyysin lisäksi on tehty olemassa olevien, vastaavien päätösten, riskiarviointien sekä onnettomuustutkimusraporttien analyysi. Erityisesti tässä paneuduttiin Ruotsissa tehtyyn päätöksen siirtyä RID-määrausten mukaisiin suojavaunumääräyksiin. Ruotsissa päätös perustui tilastolliseen analyysiin, jossa muun muassa verrattiin onnettomuuskustannuksia ja

suojavaunukäyttökustannuksia. Ruotsin pelastustoimen edustajan mukaan suojavaunuina käytettiin myös vanhaa ja jopa huonokuntoista kalustoa. Lisäksi analysoitiin VTT:n alkuperäisen tutkimuksen perusteluja nykytekniikan valossa. Tilastotietojen ja kirjallisuuskatsauksen tulosten pohjalta koostettiin taustatiedot asiantuntijariskiarvioinnille. Asiantuntijariskiarviointi suoritettiin löyhästi KIHA-menetelmän⁶ niitä osioita soveltaen,⁷ jotka soveltuvat erityisen hyvin yhteisen näkemyksen löytämiseksi. Tämä tehtiin työpajassa, jossa edustettuna oli sekä maamme juna-, VAK-, että raideteknistä tietämystä sekä junaturvallisuuteen erikoistuneita viranomaisia, operaattorin edustajia ja Onnettomuustutkimuskeskuksen junaonnettomuuksiin erikoistunut asiantuntija.

Asiantuntija-arvioinnit

Tilastoista saatavan tiedon puutteellisuuden vuoksi tuloksia on tarkennettu kvalitatiivisella riskiarvioinnilla. Kvantitatiivista analyysia tukemaan on sovellettu viitekehystä seuraavaa systemaattista asiantuntija-arviointia, jossa tunnistetaan **oleelliset muutokset** edellisistä riskiarvioista sekä kartoitetaan niiden **vaikutussuuntaa**. Tässä painopiste on ollut muutosten arvioinnissa ja asiantuntijahaastattelussa (liite 1) sekä alan toimijoille pidetyssä työpajassa (liite 2), jossa paneuduttiin viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana tapahtuneisiin teknisiin sekä asennemuutoksiin. Tässä yhteydessä arvioitiin myös suojavaunujen vaikutusta yhteiskunnallisiin riskeihin RID-ohjeita seuraten. Riskien yhteiskunnallista merkittävyyttä arvioitiin suhteessa suur-onnettomuuksiin yhdessä pelastustoimen riskiarviointiasiantuntijoiden kanssa.

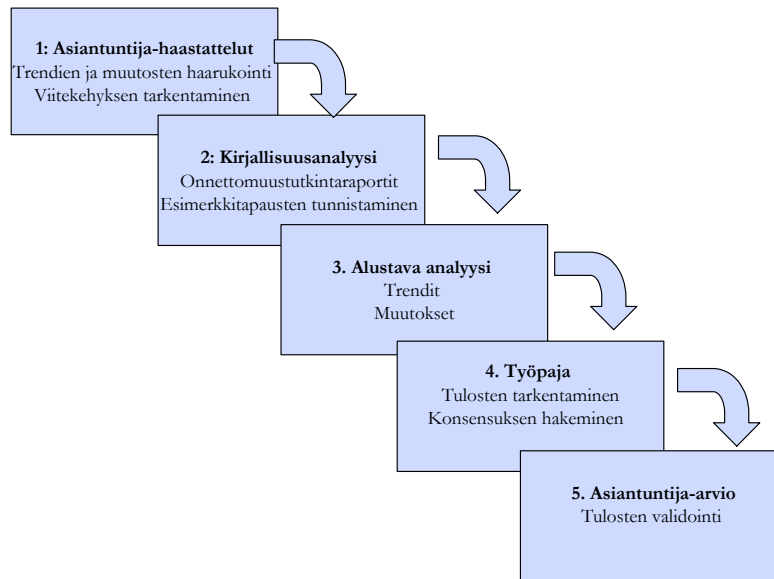
Tämä riskiarviointi ei pyri arvioimaan absoluuttista riskiä tai kartoittamaan absoluuttisia seurauksia minkään tietyn aineen kuljetuksesta. Niinpä RID-suositusten mukaisia yksityiskohtaisia skenaarioarvioita esimerkiksi myrkkyykaasujen kulkeutumisesta ei ole tässä tuotettu. Oleellista sen sijaan on se, muuttaako suojavaunujen käyttö joko:

1. onnettomuuden todennäköisyyttä tai
2. onnettomuuden seurausten suuruutta

Näitä kahta on arvioitu kvalitatiivisesti viitekehystä (Kts kuva 2.2) seuraten kuvassa 2.3 esitetyssä viidessä vaiheessa.

⁶ "Kriittisten infrastruktuurien haavoittuvuuden arviointi"

⁷ Kvalitatiivisena tarkastelumenetelmänä sovelletaan kriittisten infrastruktuurien haavoittuvuuden analysointiin tarkoitettua KIHA-menetelmää. Se pohjautuu RAND Corporationissa 1990-luvulla muotoiltuun lähestymistapaan⁷, jonka alkuperäisenä tavoitteena on analysoida informaatioteknisten järjestelmien haavoittuvuutta erilaisissa ongelma- ja poikkeustilanteissa. Gaian tekemät menetelmäkehityksen laajennukset liittyvät muun muassa riskien, todennäköisyyksien ja vaikutusten arviointiin sekä uhkakuvamallien luomiseen ja organisaatioiden sisällyttämiseen analyysiin.



Kuva 2.3: Kvalitatiivisen riskiarvion vaiheet

Lähestymistapa sekä vastaa RID-suositusten mukaista lähestymistapaa että systemaattisesti seuraa kvantitatiivista riskiarviointia. Tämän jäsenyyksen perusteella voidaan tuottaa kokonaisvaltainen näkemys siitä, minkälainen vaikutus suojavaunujen käytöllä on tämän päivän riskitasoon.

Asiantuntijahaastatteluissa tarkennettiin viitekehystä siten, että se vastaa sekä nykytilannetta, soveltuu historiallisen tiedon vertailuun että täyttää RID-suositusten kriteerit. Näissä myös haarukoitiin trendejä. Itse haastattelut tehtiin soveltaen tekniikkaa, millä kunkin edellisen haastattelun tuottamaa aineistoa tarkennettiin seuraavassa.

2.3.5 Analyysitulosten täsmentäminen

Vaikka tilastoista voidaan auttavasti tuottaa VAK-onnettomuuksien todennäköisyysarvioita, onnettomuuden seurausten yksityiskohtainen kvantifiointi on lähes mahdotonta. Seurauksia onkin hankkeessa lähinnä kuvailtu tapaustutkimustyyppisesti.

Yhdistämällä kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen riskiarviointimenetelmä saavutetaan mahdollisimman kattava näkemys siitä, miten suuri vaikutus suojavaunuvaihtotöillä tai vaunun paikalla junassa on mahdollisen onnettomuuden seurauksena tapahtuvaan yksittäisen vaunun vahingoittumistodennäköisyyteen ja vaikutuksiin. Kokonaiskuvan muodostamiseksi otettiin myös kantaa siihen, miten nykyiset ja RIDin mukaiset suojavaunuvaatimukset vaikuttavat mahdollisten onnettomuusvaikutusten leviämiseen muihin vaunuihin dominoefektin kautta (esim. tulipalon leviämisen esteenä).

2.4 Käytetyt tilastolähteet

2.4.1 Kansainväliset tilastot

Seuraavassa esitetään lyhyt katsaus siihen, mistä tilastoja on haettu. Kansainväliset tilastot osoittautuivat sängen ongelmallisiksi. Asiantuntijahaastatteluissa käsiteltiin tilastotietojen luotettavuutta ja vertailukelpoisuutta. Kaikki tahot olivat yksimielisiä siitä, että olemassa oleva tieto ei tällä hetkellä ole vertailukelpoista. Pohjoismaisia tilastointitietoja pidetään

luotettavimpina. Niinpä tämän projektin puitteissa kansainvälisistä tilastoista ei ole haettu vastauksia varsinaiseen tilastoanalyysiin. Sen sijaan trendejä ja muutamia havaintoja erityisesti pohjoismaista esitetään. Valitettavasti selvityksen aineistoksi ei saatu Ruotsissa vastaavanlaisen tutkimukseen tehtyjä tilastoja.

TOIMIALAN TILASTOT

- **International Union of Railways (UIC)**⁸: UIC pitää yllä Safety Databasea (UIC-SDB)⁹. SDB sisältää kuvaukset 5800 merkittävästä rautatieonnettomuudesta 22 maasta (19 EU +3). SDB-tietokantaan onnettomuuksista kerättävät tiedot on määritelty tarkasti määrittelydokumentissa¹⁰. Tietoja kerätään muun muassa onnettomuuspaikasta (esim. avoin rata, vaihde, tasoristeys, silta, tunneli), osallisina olleista junatyypeistä (esim. tavarajuna, matkustajajuna, vaihtotyöyksikkö), onnettomuustyyppistä (esim. törmäys esteeseen, junien välinen törmäys, suistuminen, tulipalo liikkuvassa kalustossa, vaarallisia aineita koskeva onnettomuus), onnettomuuteen liittyneistä tapahtumista (esim. ylinopeus, jarruongelmat, akselin kuumeneminen), rautatieinfrastruktuurin tasosta (esim. radan tyyppi, liikennevalvonnan tyyppi, opastejärjestelmän tyyppi), onnettomuuden syistä (esim. infrastruktuuri, opaste, liikenteenohjaus, kalusto, inhimilliset tekijät, sää- ja ympäristötekijät), sekä onnettomuuden vaikutuksista (ihmisille, ympäristölle, omaisuudelle). Tietokannan käyttö vaatii käyttäjätunnukset, joita toistaiseksi ei tämän projektin puitteissa ole saatu. Työpajan (21.8.) asiantuntijakeskustelussa todettiin tilastointiperusteet ja tilastojen luotettavuus epäselviksi. Asiantuntijat arvioivat, että SDB-tilastointi kärsii epätäydellisestä tiedonkulusta ja määrittelyistä huolimatta vaihtelevista tilastointikäytännöistä eri maissa.

ISO-BRITANNIA

- **Major Hazard Incident Data Service (MHIDAS)**¹¹ on Britannian *Health and Safety Executive*:n tietokanta vaarallisten aineiden onnettomuuksista. Tietokantaa ylläpitää yksityinen taho. Tietokantaan on koottu tietoa niin kuljetus- kuin prosessiteollisuuden onnettomuuksista maailmanlaajuisesti viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana. Kustakin onnettomuudesta on koodattu tietoa kyseessä olevasta aineesta, uhreista ja evakuoinnista. Myös lyhyt onnettomuuskuvauskertomus kustakin onnettomuudesta löytyy. Ongelmalliseksi materiaalin tekee mm. se, että tiedonkeruuta ei nähtävästi ole standardoitu. Kaikki tiedot on koottu yleisistä lähteistä¹². Tilastoinnista muodostetun yleiskäsityksen valossa tietokannan mahdollisuudet palvella tilastoanalyysiä on todettava rajallisiksi.
- **Hazardous Cargo Bulletin**¹³: Lehti käsittelee vaarallisten aineiden kuljetusta, varastointia ja käsittelyä. Julkaisussa esitellään kuukausittainen yhteenveto VAK-onnettomuuksista eri puolilta maailmaa (Incident Log¹⁴). Näitä onnettomuuksia ja niiden kuvauksia ei ole kuitenkaan koottu tietokantaan tai vastaavaan. Niiden kattava käsittely vaatisi kuukausittaisten yhteenvetöjen analysoinnin yksitellen eikä siten ole tämän selvitykseen puitteissa mahdollista. Kuvaukset eivät myöskään ole riittävän yksityiskohtaisia tilastoanalyysin kannalta.

⁸ <http://www.uic.asso.fr/>

⁹ <http://www.uic.asso.fr/infra/Safety-Database-UIC-SDB.html>

¹⁰ UIC 2004: "Safety Data Base" - UIC-SDB Definitions, 14 Oct 2004

¹¹ <http://www.hse.gov.uk/infoserv/mhidas.htm>

¹² <http://www.einsgem.org/databases/shortinfoMHID.htm>

¹³ <http://www.hazardouscargo.com/>

¹⁴ http://www.hazardouscargo.com/Storage/IsgResourceFile/Aug-2006/11/hcb_auglog.pdf

SAKSA

- **Gefährliche Ladung¹⁵**: Gefährliche Ladung -lehti ylläpitää verkkosivuillaan Gundi¹⁶-tietokantaa, johon on koottu vuodesta 1992 lehden kuukausittaisessa vaarallisten aineiden kuljetuksen onnettomuusyhteenvedossa esiteltyjä onnettomuuksia. Tietokanta käsittää tällä hetkellä yli 2000 onnettomuutta. Onnettomuuksia, joihin liittyy rautatiesäiliövaunu (kesselwagen), on tietokannassa kuvattu 168 kappaletta¹⁷. Näistä onnettomuuksista suurin osa on saksalaisia. Onnettomuuskuvaukset sisältävät vaihtelevasti kvalitatiivista tietoa onnettomuudessa mukana olleista aineista, vahingoista, pelastustoimista ja onnettomuuden syistä. Vain harvoissa tapauksissa onnettomuuskuvaus sisältää sellaisia tietoja, kuten onnettomuudessa mukana olleen junan kokonaisvaunumäärää ja suistuneiden tai kaatuneiden vaunujen määrää sekä näiden järjestystietoja, jotka ovat tarpeellisia tilastoanalyysin tekemisessä.

KANSALLISET RAUTATIEVIRANOMISET

- Olemassa oleva tieto keskittyy suurilta osin onnettomuustyyppien erittelyyn. Kuten kotimaassa, myös **Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa** viranomaiset kerää tilastoja valtion raiteilla tapahtuneista onnettomuuksista.. Esimerkiksi Ruotsin Banverketin raportoinnissa todetaan, että onnettomuudet ovat vähenemässä, joskin vähenemisen vauhti on hidastumassa. Tilastointikriteerinä on Ruotsissa pidetty kuolemaa, vakavaa loukkaantumista tai yli 10.000€ taloudellisia vahinkoja Tilastoanalyysiin tarvittavalla yksityiskohtaisuudella onnettomuuskuvauksia sen sijaan ei ole saatavilla.

EU

- **Major Accident Reporting System (MARS)¹⁸**: MARS keskittyy Seveso-direktiivin alaisten onnettomuuksien raportointiin, minkä johdosta rautatieonnettomuudet eivät ole keskeisellä sijalla järjestelmässä. Tietokannassa on 603 lyhyttä onnettomuusraporttia (short reports), joista 14 onnettomuudessa on ollut osallisena rautatieliikenne. Lyhyet raportit eivät sisällä tilastotarkastelun kannalta tärkeitä, edellä mainittuja yksityiskohtia. Myöskään samoista onnettomuuksista tuotetut kattavat raportit (full reports) eivät tarjoa tarvittavia tietoja. Muuten kattavat raportit sisältävät runsaasti tietoa muun muassa onnettomuustyyppistä, mukana olleista vaarallisista aineista, onnettomuuden lähteistä, meteorologisista olosuhteista, onnettomuuden syistä, onnettomuuden seurauksista ja pelastustoimista.
- **Eurostat¹⁹**: Esimerkkinä tilastojen vaatimattomasta luotettavuudesta voidaan todeta, että Eurostatin mukaan Suomessa ei ole tapahtunut VAK-onnettomuuksia vuoden 2000 jälkeen rautateillä (kts. Kuva 2.4). Onnettomuus-tutkintakeskus on kuitenkin tutkinut useita VAK-onnettomuuksia. Syynä tähän ovat erilaiset tilastointiperusteet ja tiedonkulkuviiveet.

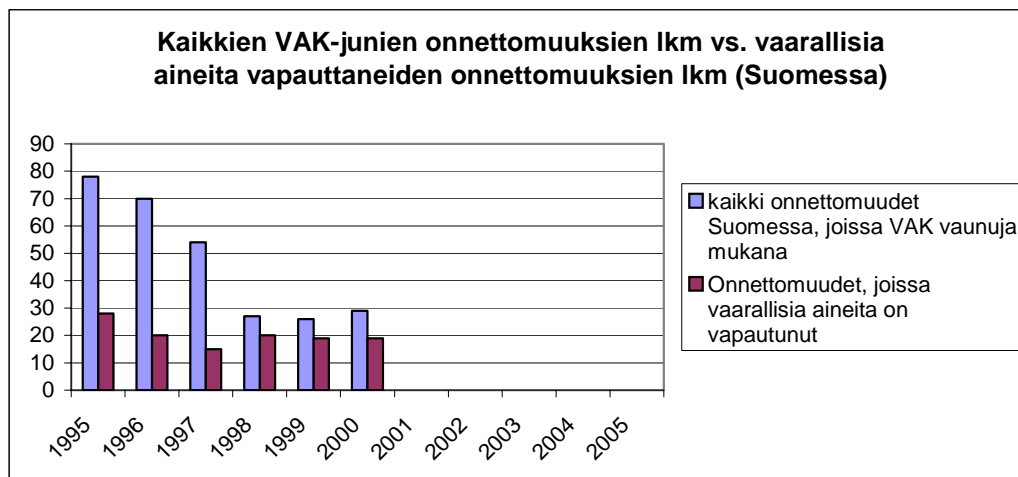
¹⁵ <http://www.gelaweb.de/>

¹⁶ <http://www.storck-verlag.de/gundi.100/recherchemenu.de.asp>

¹⁷ 3.9.2006

¹⁸ <http://mahbsrv.jrc.it/mars/Default.html>

¹⁹ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>



Kuva 2.4: VAK-rautatieonnettomuudet Suomessa Eurostatin mukaan.

Kansainvälisesti saatavaa tietoa voidaan käyttää eri onnettomuustyyppien esiintymistodennäköisyyden ja trendien arviointiin (kts luku 3.5) Tarkempaa tietoa esimerkiksi onnettomuusjunien vaunumääristä tai vahingoittuneiden vaunujen paikoista ei ole saatavissa. Eri maiden kansallisten onnettomuusraporttien tapauskohtainen läpikäynti, kuten Onnettomuustutkintakeskuksen raporttien osalta on tehty, voisi tarjota tarvittavan tiedon. Se ei kuitenkaan ole tämän hankkeen puitteissa mahdollista mm. tarvittavien käänösresurssien vuoksi.

2.4.2 Kotimaan tilastot

Suomessa VR julkaisee vuosittain Junaturvallisuustilastossa ne onnettomuudet, joiden seurauksena henkilö on kuollut tai loukkaantunut vakavasti tai aineelliset vahingot ovat nousseet yli 10.000 euroon. Kaikki VR:n toimintaan liittyvät turvallisuuspoikkeamat kootaan PORA-tiedostoon. Tässä työssä ei ole huomioitu läheltä-piti tilanteita. Tämän lisäksi Onnettomuustutkintakeskuksella on tutkintavelvollisuus raideliikenteen onnettomuuksissa. Tutkimateriaalia käsitellään luvussa 4 ja VR:n sekä RHK:n tilastoista saatava tieto esitellään tarkemmin luvussa 3.

3 NYKYTILAN KUVAUS

3.1 Yleistä

Suojavaunumääräysten tarkoitus on lisätä VAK-raideliikenteen turvallisuutta rajoittamalla onnettomuuden seurauksia mm.

- pitämällä VAK-aineet todennäköisimmin vahingoittuviksi ajatelluista vaunuista poissa ja absorboimalla törmäysenergiaa
- rajoittamalla onnettomuuden leviämistä myrkyllisiin ja muihin vaarallisiin aineisiin.
- helpottamalla onnettomuuden torjuntatoimia.

Turvallisuushallinnan ja suojaustoimenpiteiden arvioinnin kannalta on oleellista ymmärtää sekä tämän päivän tilanne että suojavaunumääräysten historiallisesta taustasta johtuen myös se, miten raideliikenneturvallisuus on kehittynyt. Tässä luvussa esitetään yhteenveto Suomen raideliikenteen VAK-turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä sekä kuvataan toiminnan

mittakaavaa ja kehitysnäkymiä niin normien kun käytännön toiminnan suhteen. VAK-onnettomuuksia havainnollistetaan muutamilla case-esimerkeillä. Erityisesti tässä paneudutaan muuttujien ja niiden muutosten vaikuttavuuden kuvaamiseen. Luvun lopussa esitetään lyhyt näkemys tulevaisuuden trendeistä.

3.2 Vaarallisten aineiden rautatiekuljetus Suomessa

Rautateitse kuljetettiin vuonna 2002 6,1 miljoonaa tonnia ja vuonna 2005 5,024 miljoonaa tonnia vaarallisia aineita. Keskimäärin 5,4 % Suomen rautateiden tavarakuljetuksista vaatii suojavaunuja. Valtaosa kuljetuksista on säiliökuljetuksia. Säiliövaunuja kulkee Suomessa runsaat 110 000 kpl vuodessa. Tilastollisen otoksen²⁰ perusteella

- Kokojunien osuus VAK-junista on n. puolet
- VAK-junien vaunuista n. 60 % on VAK-vaunuja
- VAK-vaunuryhmien toisistaan suojaamista ilmeni 4 % tarkastelluissa VAK-junissa



Kuva 3.1: VAK-kuljetukset Suomessa²¹

Vilkkaimmat rataosuudet ovat Vainikkalasta Kouvolan kautta Kotkaan, Haminaan ja Kilpilahteen. VAK-osuus kokonaistavarakuljetuksesta rautateitse oli vuonna 2002 n. 15 %. Vuonna 2002 kuljetusmuoto tuotti kokonaisuudessaan yhteensä 1,6 miljardia tonnikilometriä

²⁰ Karhunen (2006)

²¹ LVM (2004)

ja keskimääräinen kuljetusmatka oli 307 km²². Valtaosa eli noin 69 % kuuluu nestemäisiin polttoaineisiin²³ tai muihin palaviin nesteisiin (luokka 3), syövyttäviä aineita (luokka 8, ei suojavaunumääräyksiä) oli n. 15 % ja kaasuja n. 11 % (luokka 2). Itäisen yhdysliikenteen kautta kuljetettiin vuonna 2002 yhteensä noin 3,5 miljoonaa tonnia vaarallisia aineita. Kuljetusten jakauma eri rataosuuksilla on havainnollistettu kuvassa 3.1.

Suomen rataverkko ei poikkea merkittävästi muiden Pohjoismaiden rataverkosta²⁴. Suuret etäisyydet nostavat kuitenkin tavarakuljetuksen tonnakilometrit Pohjoismaiden toiseksi suurimmaksi Ruotsin jälkeen. Suurin ero on VAK-kuljetusten suuri osuus koko kuljetusvolyymeista. Ruotsissa, Tanskassa ja Iso-Britanniassa vain n. 5 % tavarakuljetuksista on vaarallisia aineita, kun taas Norjassa osuus on 12 % ja Suomessa n. 15 % (Norjassa rataverkon tavarakuljetusten tonnakilometrit ovat kuitenkin vain n. kolmannes Suomen tonnakilometreistä). Keskeisiä syitä tähän ovat venäläinen transitoliikenne sekä metsä- ja kemianteollisuuden asema maassamme. Taulukkoon 3.1 on koottu erilaisia rataverkon turvallisuutta ja kuntoa kuvaavia lukuja suhteessa VAK-kuljetusverkkoon.

Taulukko 3.1: Tietoja Suomen ja VAK-kuljetusten rataverkosta ja volyymeistä v. 2002

Rataverkko tekijä	Koko rataverkko	VAK-kuljetusverkko	
		Kaikki kuljetukset	VAK-kuljetukset
Verkon pituus km	5732	3113	
Tasoristeysten lukumäärä	4510	1286	
-tasoristeysten lkm/100km	79	41	
-tasoristeyksistä varoituslaittein varustettu %	19 %	29 %	
Tavarakuljetukset 1000 t	41 679	30 000*	6100
Keskimääräinen kuljetusmatka, km	232	250 **	307
1000 tavarajunakm	16 713	12500 ***	2770****
Tavaraliikenne Mtkm	9664	7500	1386, 14 %

* arvioitu rataosuuksittaisten tonnivirtojen perusteella karkeasti

** arvioitu tavallisten kuljetusten ja VAK-kuljetusten tonneilla painotettuna keskiarvona

*** arvioitu oletuksella että tavarankm. kuljetusmatka ei riipu siitä ollaanko VAK-reitillä

**** arvioitu koko datasta lasketulla keskimääräisellä junakuormalla 578 t

3.3 Kansainvälinen ja kansallinen lainsäädäntö

3.3.1 Itäliikenne ja SMGS-sopimus: kansallisten säännösten eroavaisuudet

Suuri osa maamme VAK-rautatieliikenteestä muodostuu itäisestä liikenteestä. Erityisesti kuljetukset Venäjältä ovat tärkeitä ja suuria volyymeiltaan. Tästä johtuen Suomen rautateillä liikkuu laajahko määrä venäläistä kalustoa, jolle sovelletaan kansallisia suojavaunumääräyksiämme. Kuten aiemmin todettiin, Suomen ja Venäjän välisessä rautatieliikenteessä noudatettava kahdenvälinen sopimus ei sisällä suojavaunumääräyksiä. IVY-maiden ja eräiden Aasian maiden soveltaman SMGS-sopimuksen liitteen II sisältämät suojavaunumääräykset eroavat kansallisista määräyksiämme mm. seuraavasti:

²² LVM (2004)

²³ Huomattavaa kuitenkin että Luokan 3 aineista suojavaunumääräykset eivät koske dieselöljyä, kaasuöljyä, kevyttä tai raskasta polttoöljyä

²⁴ Infrastruktuurieroja kuitenkin löytyy, kuten esim. Suomessa raideleveys 1524 mm ja muissa pohjoismaissa 1435 mm. Lisäksi nähtävästi Suomen sähköistysjärjestelmä poikkeaa olemalla 25 kV/55Hz vaihtosähkö (kuten myös Tanskassa), Ruotsissa ja Norjassa taas on 16 kV/16,667 Hz vaihtosähkö. Esim. Iso-Britanniassa on käytössä joko 25 kV/55 Hz vaihtosähkö tai 850 V tasasähkö (Kaakkoisosassa). Vaihtosähkö otetaan ajolangoista virroitimen kautta ja tasasähköä varten radassa on erillinen kolmas kisko.

- Minimietäisyys määritellään vaunujen päädyistä, kun VAK-määräyksissä se määritellään puskinten lautasista.
- Suojavaunumääräykset ulottuvat myös vaihtotyöhön (§ 7.5.3.2²⁵).
- Määrittelee suojavaunuvaatimukset ainekohtaisesti
- Määrittelee suojavaunutarpeet veturityypeittäin

3.3.2 RID vs. kansallinen lainsäädäntö

Nykyinen kansallinen suojavaunusäädöspohja on RID-määräyksiä tiukempi. Direktiivi 96/49/EY muutoksineen²⁶ ajaa vaarallisten aineiden rautatiekuljetuksia koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämistä ja yhtenäistä soveltamista EU:n alueella. Direktiivin tavoitteena on vahvistaa ”*rautatieliikenteen alalla yhtenäiset turvallisuusvaatimukset liikenneturvallisuuden ja tavaroiden liikkuvuuden parantamiseksi koko yhteisössä*”²⁷. Suomella, kuten muillakin jäsenvaltioilla, on kuitenkin oikeus mm. vähentää kuljetuksiin liittyviä riskejä, mikäli se arvioi onnettomuuden tai häiriön seurauksena, että voimassa olevia turvallisuutta koskevia määräyksiä voitaisiin parantaa.

Kilpailun auetessa lähitulevaisuudessa myös rautatiekuljetuksille nykyinen ristiriita EUnormistoa tiukempien suojavaunumääräysten muodossa saattaa aiheuttaa tulkintaongelmia. Suomen kansalliset määräykset eroavat kansainvälisistä RID-määräyksistä taulukon 3.1 mukaisesti. Vuoden 2007 RID muutoksissa ei ole suojavaunumääräyksiin ole tulossa muutoksia²⁸. Kansalliset määräykset eivät kuitenkaan koske sellaisia vaihtotöitä, joiden suurin sallittu nopeus on 35 kmh¹²⁹.

²⁵ Vaihtotyössä ja vaarallisia aineita kuljettavaa junarunkoa koottaessa on noudatettava luvun 3.2 taulukon A sarakkeessa 21b mainittuja suojavaunumääräyksiä. Tätä tarkennetaan erikseen vetävistä vetureista, työntävistä vetureista, henkilövaunuista sekä vaihtovetureista jotka käyttää kiinteää polttoainetta. Vaatimukset eivät ole sitovia Unkarin, Puolan ja Slovakian alueella tapahtuvissa kuljetuksissa tai näiden maiden alueen kauttakuljetuksissa

²⁶ Direktiiviä on muutettu seuraavasti: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/62/EY, annettu 10. lokakuuta 2000 [EYVL L 279, 1.11.2000] sekä Komission direktiivi 2004/89/EY, annettu 13. syyskuuta 2004 [EUVL L 293, 16.9.2004].

²⁷ <http://europa.eu/scadplus/leg/fi/lvb/l24061.htm>

²⁸ Texts adopted by the 42nd Session of the RID Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods (Madrid, 21 - 25 November 2005) for entry into force on 1 January 2007 http://www.otif.org/html/e/rid_notifications_2007.php

²⁹ Määräykset sen sijaan koskevat vaihtotöitä jossa ylitetään 35 km tuntinopeus. Tällöin on myös muita erityisiä vaatimuksia voimassa.

Taulukko 3.2: Suojavaunujen määrä- ja sijaintivaatimukset (Lähde: Asetus 278/2002 liite kohta 7.5.3)

Säännös	Suoja-vaunu-määrä minimi	Junan osiot, joita tulee eristää suojavaunuilla kuljetettavasta vaunusta	Kuljetettava vaunu Lipukkeet / aineet	Huomautukset
7.5.3.3.	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Veturista ▪ Yksikkö-lämmityslaitteilla lämpiävistä vaunusta ▪ Ihmisiä kuljettava vaunu 	1 1.5 1.6 3 4.1 4.2 4.3	Ei koske dieselöljyä, kaasuöljyä, kevyttä tai raskasta polttoöljyä (YK numero 1202, lipuke 3)
7.5.3.4	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Varoituslipukkeilla varustettu vaunu <ul style="list-style-type: none"> ○ 2.1 ○ 3 ○ 4.1 ○ 4.2 ○ 4.3 	2.3 6.1	Ei koske dieselöljyä, kaasuöljyä, kevyttä tai raskasta polttoöljyä (YK numero 1202, lipuke 3)
7.5.3.5	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Varoituslipukkeilla varustettu vaunu <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 ○ 1.5 ○ 1.6 ○ 2.1 ○ 3 ○ 4.1 ○ 4.2 ○ 4.3 	7D	Ei koske dieselöljyä, kaasuöljyä, kevyttä tai raskasta polttoöljyä (YK numero 1202, lipuke 3)
7.5.3.6	2	Bensiiniä	Nestekaasusäiliövaunu	
7.5.3.7	4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Veturista ▪ Ihmisiä kuljettava vaunu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ammoniakki ▪ Kloori ▪ Rikkidioksidi ▪ Yllä olevien aineiden tyhjä puhdistamaton vaunu tai jossa tyhjiä, puhdistamattomia säiliökontteja 	
7.5.3.7	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Junan loppupäästä 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ammoniakki ▪ Kloori ▪ Rikkidioksidi ▪ Yllä olevien aineiden tyhjä puhdistamaton vaunu tai jossa tyhjiä, puhdistamattomia säiliökontteja ▪ Nestekaasulla kuormattu säiliövaunu 	

3.4 Katsaus historiaan

3.4.1 Suojavaunumääräysten tausta ja 1970-luvun suomalaiset riskiarviot

Historiallisesti suojavaunujen ajatus tulee höyryveturien ajoilta, jolloin todettiin, että helposti syttyviä materiaaleja, kuten heinää, ei kannattanut sijoittaa heti veturin taakse kipinävaaran vuoksi. Nykyisin voimassa olevat kansalliset suojavaunusäännökset juontuvat VTT:n 1970-

luvulla tekemiin ainekohtaisiin selvityksiin (kloori, ammoniakki ja rikkidioksidi). Probalistic Safety Assessment -tyyppinen kvantitatiivinen arvio esimerkiksi kloorionnettomuuden todennäköisyydestä ja seurauksista huomioi linjaonnettomuudet, liikennepaikkaonnettomuudet sekä kuormaus- ja purkausonnettomuudet³⁰. Selvityksen perusteella tuolloin todennäköisimmät kloorikuljetusten onnettomuustyyppit on koottu taulukkoon 3.3.

Varsinaisen onnettomuusriskin kannalta kahta viimeisintä (liikennepaikalla tapahtuvia päälleajoja ja törmäyksiä linjalla) pidettiin tärkeimpinä tunnistettuina riskeinä. Perusteluina tähän todettiin, että nämä onnettomuudet tapahtuvat todennäköisemmin lähellä asutuskeskuksia ja niihin liittyvät törmäysenergiat ja vuodon laajuus ovat hyvin suuria. Suuronnettomuuden riskin pienentämistä pidettiin tärkeänä tavoitteena ja suojavaunut todettiin tässä kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi kuin esimerkiksi rakenteelliset muutokset koko kalustossa. Erittäin tärkeää ilmeisesti oli myös se, että suojavaunusäännöstöllä voitiin lisätä junaturvallisuutta käytettävän kaluston kunnosta tai alkuperäismaasta riippumatta. Selvityksessä suositeltiin jopa viiden suojavaunun käyttämistä.

Taulukko 3.3 1970-luvun kloorikuljetusten onnettomuustyyppit

Onnettomuuteen johtava tapahtuma	tn / kloorijuna km	tn / vuosi	Todennäköinen tapahtumaväli n. (vuosissa)	% koko kloorionnettomuuden tn
kloorivaunun suistuminen ja kaatuminen kalliioleikkauksessa	1.0×10^{-7}	0.05	1/20 v	37
saapuva juna törmää veturiin liikennepaikalla yli 60km/h	2.4×10^{-8}	0.012	1/80 v	8.8
saapuva juna törmää kloorijunan päälle liikenne-paikalla yli 40km/	3.5×10^{-8}	0.017	1/60 v	12
kloorivaunu kaatuu vaihtotöissä	6.8×10^{-8}	0.034	1/30 v	25
liikennepaikalla tapahtuva päälleajo	7.4×10^{-8}	0,04	1/25 v	29.3
törmäys junaliikenteessä	8.27×10^{-10}	4.14×10^{-4}	1/2400 v	0.31

3.4.2 Ruotsissa 2000-luvun taitteessa tehty päätös seurata RID-vaatimuksia

Ruotsissa vallinneet Suomen säädösten kaltaiset suojavaunumääräykset kumottiin vuosituuhannen vaihteessa. Päätöksen taustalla on 1999 valmistunut selvitys ”Skyddsvagnarnas betydelse för säkerheten vid transport av farligt gods på järnväg”³¹. Selvitys on pitkälti kansantaloudellisesta näkökulmasta tehty kustannus-hyöty -analyysi suojavaunujen käytön hinnasta ja saavutetusta laskennallisesta hyödystä onnettomuuksien kustannusten vähentyessä. Selvitys perustuu tilastoanalyysiin, jonka aineisto on kerätty 1960-1990-luvulta kolmelta eri taholta: SJ, Banverket sekä Järnvägsinspektion. Yhteensä aineisto sisälsi n. 600 onnettomuutta. Tilastot ovat osin epätäydellisiä, osin ristiriitaisia, ja vain osin VAK-onnettomuuksia. Selvityksessä käytettyjä tilastoja ei saatu tämän tutkimuksen käyttöön.

³⁰ Tässä selvityksessä viimeisintä onnettomuustyyppiä ei ole huomioitu lainkaan, sillä suojavaunuilla ei ole vaikutusta kuormaus- tai purkausonnettomuuksiin.

Selvityksen mukaan arvioidut suojavaunutoiminnan kustannukset olivat paljon suurempia kuin niiden onnettomuuskuluja pienentävä vaikutus.

Raportin tulosten soveltaminen Suomeen olosuhteisiin ei ole suoraviivaista. Ongelmia ovat muun muassa se, että vaunujen vaikutus onnettomuuden seurauksiin ja onnettomuuksien hinta ovat hyvin haasteellisia arvioitavia. Esimerkiksi Ruotsissa ammoniakivuodon hinnaksi on arvioitu hintahaarukaltaan huima 10-300 milj. kr ja bensiinivuodon hinnaksi keskimäärin 1 milj. kr³². Nämä epävarmuudet ja ainekohtaiset kustannuseroavaisuudet tekevät tuloksista erittäin vaikeasti yleistettäviä. Lisäksi suojavaunujen onnettomuuden seurauksia pienentävä vaikutus on arvioitu perustelematta 50 %:ksi törmäyksessä ja merkityksettömäksi suistumisissa. Kustannus-hyöty -analyysiä on näin toteutettuna pidettävä melko suppeana lähestymistapana: esimerkiksi yhteiskunnallisten kustannusten arviointi määrittelemällä vaikkapa hengenmenetyksen hinta on aina avoin kritiikille.

Raportin yksi löydös oli, että junan alkupäähän lisätty vaunu lisää ainakin käsitellyssä aineistossa keskimäärin muiden vaunujen suistumistodennäköisyyttä. Vaikutusta on Suomen oloissa kuitenkin pidettävä marginaalisena, sillä suojavaunut korvautuisivat mitä todennäköisimmin muissa kuin kokojunakuljetuksissa täysillä vaunuilla. Lisäksi Suomessa suuressa osassa tavarajunien suistumisia aiheuttajana on inhimillinen erehdys tai radan pettäminen, joissa lisävaunun merkitys on kyseenalainen. Edelleen, tilastoanalyysin (luku 4) mukaan suistumisia on Suomessa tapahtunut eniten keskeltä junaa, jolloin suojavaunulla ei pitäisi olla ainakaan syy-seuraussuhdetta suistumiseen.

3.4.3 Suomessa tapahtuneita VAK-onnettomuuksia

Onnettomuustutkintakeskuksen raideliikenteen onnettomuustutkinnoissa vuosilta 1996-2005 on 14 merkittävää VAK-onnettomuutta. Näistä 3 on tapahtunut junaliikenteessä ja 11 vaihtotöissä. Vaikka onkin todettavaa, että suojavaunumääräykset eivät kosketa 35 kmh⁻¹ tai alle vauhdilla tapahtuvaa vaihtotöitä, niin suojavaunuja myös liikutellaan ja suojavaunuvaatimukset lisäävät omalta osaltaan vaihtotöitä. Siten tässä työssä on myös tarkasteltu vaihtotyöonnettomuuksia. Kaikki junaliikenteessä tapahtuneet onnettomuudet ovat tapahtuneet ratapihoilla. Yhdessäkään onnettomuudessa suojavaunuilla ei ilmeisesti ollut merkitystä onnettomuuden todennäköisyyteen tai seurauksiin. Tapahtuneet VAK-onnettomuudet on kuvattu junaliikenteessä tapahtuneina onnettomuuksina (taulukko 3.4), vaihtotyön aikana tapahtuneina törmäyksinä (taulukko 3.5) tai vaihtotyön suistumisonnettomuuksina (taulukko 3.6).

³¹ Freden (1999)

³² Svarvar & Persson, 1994

Taulukko 3.4: Junaliikenteessä tapahtuneet onnettomuudet VAK-kalustolla viimeisen 10 vuoden aikana

Paikka	Kuvaus	Onnettomuussy	Seuraukset
Oulu, 1997	kahden tyhjän natriumkloraatissa säiliö vaunun suistuminen keskeltä junaa	juuri asennetun vaihteen riittämätön tuenta ja pettäminen.	Toinen vaunu kaatui ja vaurioitui pahoin, mutta sen säiliö ei puhjennut
Sköldvik, 1998	2 bensiinivaunua suistui keskeltä junaa	inhimillinen virhe, vaihde väärässä asennossa	Ei vuotoja.
Vainikkalan ratapiha, 1999	raakaöljyä kuljettaneen junan seitsemän vaunua suistui kokonaan ja kaksi osittain keskeltä junaa	radan pettäminen	Viisi vaunua kaatui. Neljän vaunun päätyyn puhkesi aukko. Maahan lammikoksi vuotava raakaöljy syttyi ajolangoista heti palamaan. Alueen asukkaita evakuoitiin. Ympäristövahinkojen saneeraustyö oli mittava

Taulukko 3.5: Vaihtotyössä tapahtuneita törmäyksiä VAK-kalustolla viimeisen 10 vuoden aikana

Paikka	Kuvaus	Onnettomuussy	Seuraukset
Kilpilahti, 2002	veturilla työnnettyjen dieselöljyvaunun törmäminen viereisen raiteen vaihtelualueella seisseen butaanivaunun kylkeen	vaihteen väärä asento ihmisen erehdyksen vuoksi	ei vuotoja
Hamina, 2002	veturilla työnnettyjen tavaravaunun törmäys raiteilla seissemiin täysiin VAK-vaunuihin	vaihteen opastimen väärä opastus teknisen vian vuoksi	Merkityksettömiä roiskeita
Kemi, 2003	veturilla työnnettyjen tyhjen natriumkloraativaunun törmäminen täysiin natriumkloraativaunuihin	Väärälle raiteelle ajo ihmisen erehdyksen vuoksi	ei vuotoja
Kilpilahti, 1997	veturilla peruuttaen työnnettyjen 2 tyhjän dieselöljyvaunun törmäys raidepuskimeen ja suistuminen letkan päästä	arviointivirhe	ei vuotoja

Taulukko 3.6: Vaihtotyössä tapahtuneita suistumisia VAK-kalustolla viimeisen 10 vuoden aikana

Paikka	Kuvaus	Onnettomuussy	Seuraukset
Helsinki, Mechelininkatu 1998	Ilmalasta matkalla olleen vaihtotyöyksikön suistuminen raiteilta letkan keskeltä: kahdella lyijytetraetyylinestekontilla kuormatun vaunun telit ajautuivat eri raiteille - Merkittävää on, että vaunun etu- ja takapuolella oli tyhjä kevyt väliwaunu. Etummainen väliwaunu suistui radalta.	radan pettäminen	ei vuotoja
Hamina, 1999	Metanolivaunun suistuminen letkan keskeltä	radan pettäminen	ei vuotoja
Sköldvik, 1999	Kahden bensiinilastissa olleen vaunun suistuminen letkan keskeltä ja osuminen viereisellä raiteella seissemiin täysiin ftaalihapponhydridivaunuihin	inhimillinen erhe	ei vuotoja
Tampere, 2000	Kahden ammoniakilastissa olleen vaunun suistuminen letkan alusta	radan rakenteet	ei vuotoja
Haminan satama, 2003	Kolmen tyhjän venäläisen raakaöljyvaunun suistuminen kiskoilta letkan lopusta	radan höyrytys pakkasella	ei vuotoja
Harjavalta, 2004	Kahden rikkidioksidikonteilla kuormatun konttivaunun suistuminen letkan keskeltä kaarteessa	radan huono kunto	ei vuotoja
Hamina, 2004	Kolmen metanolilastissa työnnössä olleen venäläisen vaunun suistuminen kiskoilta letkan alusta	radan huono kunto	ei vuotoja

Yksittäisten onnettomuuksien kuvauksista voidaan todeta, että tapahtuneissa onnettomuuksissa suojavaunuilla ei näytä olleen osaa eikä arpaa onnettomuuden kulkuun tai

onnettomuuden seurauksiin. Katsaus pidemmälle historiaan tuottaa esimerkiksi Kaakkois-Suomen alueella seuraavat merkittävät onnettomuudet:

- 1978 Vehkalahdella 15 venäläistä säiliövaunua suistui kiskoilta. Maahan valui kahdeksasta vaunusta noin 250 m³ dieselöljyä. Torjuntatoimista huolimatta öljyä pääsi mm. vesistöihin ja pelloille.
- 1989 Haminan Poitsilan ratapihalla lähestyneen junan säiliön sulkuventtiili petti ja nestettä valui radalle. Junan jarruttaessa vuotava neste syttyi palamaan ja palo levisi viiteen vaunuun (vaunuissa mm. pyrolyysihartsia). Lähikylistä evakuoitiin n. 200 ihmistä. Ympäristövaikutuksia tarkkailtiin vielä v. 2005.
- 1990 Kotkan henkilöaseman kohdalla 9 venäläistä säiliövaunua suistui kiskoilta. Neljä vaunua kaatui ja kaksi repesi. Maahan valui noin 100 tonnia Vacuum gasoilia (raskas polttoöljy).
- 1994 Kotkan henkilöaseman kohdalla neljä venäläistä metanolivaunua suistui kiskoilta. Kaksi vaunua kaatui, mutta vaunut pysyivät ehjinä eikä vuotoja sattunut.

Onnettomuustilanteita mietittäessä suojavaunujen kannalta on myös huomattava, että nykyiset suojavaunumääräykset eivät koske dieselöljyä, kaasuöljyä, kevyttä eivätkä raskasta polttoöljyä (YK numero 1202, lipuke 3).

3.4.4 Yksityiskohtaisempia case-esimerkkejä

VAK-onnettomuuksia tapahtuu sangen harvoin rautateillämme. Niinpä varsinaista käsitystä siitä, mitä onnettomuudessa tapahtuu, ei ole helposti saatavilla. On helppo kuvitella mitä tapahtuu, kun autoa tai jopa kemikaalirekkaa kohtaa onnettomuus. Junan käyttäytymistä ja seurauksia on vaikeampaa loogisesti hahmotella. Tämä vaikuttaa riskikäsitykseen, sillä riski, jota ei tunneta, arvioidaan yleensä suuremmaksi kuin tuttu riski. Tämän ilmiön vastapainoksi yllä esitettiin yhteenveto tapahtuneista VAK-onnettomuuksista sekä niiden jakaumasta onnettomuustyypeittäin. Alla on muutamia näistä kuvattuna laajemmin perustuen onnettomuustutkintakeskuksen tutkinta-raportteihin.

Tavarajunan ajo läpi raidepuskimen Karjaalla 1.6.2006, alustava OTK:n raportti C2/2006R

Rikkihiiltä kuljettanut tavarajuna ohjautui turvaraitteelle ja törmäsi turvaraitteen päässä olleeseen raidepuskimeen nopeudella 28 km/h. Juna koostui yhdestä dieselhydraulisesta veturista, suojavaununa käytetystä tyhjästä säiliövaunusta sekä yhdestä avovaunusta, joka oli kuormattu rikkihiiltä sisältävällä säiliöllä. Raidepuskin särkyi törmäyksen voimasta ja veturi pysähtyi puskinen takana olleelle hiekalle. Junan molemmat vaunut jäivät kiskojen päälle ja säilyivät vahingoittumattomina.

Metanolivaunujen suistuminen kiskoilta Kaukomarkkinat Oy:n raiteella Haminan satamassa 15.4.2004 (OTK raportti C2/2004R)

Vaihtotyöyksikkö työskenteli Haminan satamassa. Veturi työnsi kymmentä metanolivaunua Kaukomarkkinat Oy:n omistamalle raiteelle 463. Vaunujen ollessa kolmen vaunun mitan³³ päässä määräpaikastaan näki vaihtoyksikön vieressä seissyt vaihtotyönjohtaja vaunujen suistuvan kiskoilta. Hän ohjeisti veturinkuljettajaa radiolla seis-opasteella. Veturinkuljettaja teki hätäjarrutuksen. Vaihtoyksikön kaksi ensimmäistä metanolivaunua ja kolmannen vaunun etummainen teli suistuivat kiskoilta. Ensimmäisen vaunun apuilmasäiliö vaurioitui. Muissa

³³ Vaunun mitta on noin 15 metriä

vaunuissa ei ollut merkittäviä vaurioita. Onnettomuuden syynä oli Kaukomarkkinat Oy:n omistaman raiteen huono kunto. Kiskoja kiinnipitävien lattaraudasta tehtyjen j:n muotoisten kiinnikkeiden hitsaus oli epäonnistunut.

Kahden venäläisen rikkidioksidikonteilla kuormatun konttivaunun suistuminen kiskoilta Harjavallassa 7.6.2004 (OTK raportti C6/2004R)

VR Osakeyhtiön vaihtotyöryhmä teki vaihtotöitä Kemira GrowHow Oy:n raiteistolla sekä Oy AGA Ab:n tuotantolaitoksilla. Vaihtotyöyksikkö koostui perästäpäin lueteltuna yhdestä vedossa olleesta argon-kaasulla lastatusta säiliövaunusta, dieselhydraulisesta veturista ja työnnössä olleista kahdesta välivaunusta, rikkidioksidilla lastatusta säiliökontista, kahdesta välivaunusta, kahdesta rikkidioksidilla lastatusta säiliökontista, kahdesta tyhjästä säiliövaunusta. Vaihtotyöyksikön liikkeessä raiteella 208 olevan tasoristeyksen yli ja saavuttuaan raiteella olevaan jyrkkään kaarteeseen työnnettävinä olleista vainuista kaksi rikkidioksidikonteilla lastattua vaunua putosi kiskoilta. Suistumisesta aiheutuneet äänet havaittiin välittömästi ja vaihtotyöyksikkö pysäytettiin mahdollisimman nopeasti. Yksikkö pysähtyi kuljettuaan suistuneena noin 30 metriä. Suistuneiden vaunujen pyöristä osa vaurioitui niin pahoin, että yhteensä kuusi pyöräkertaa jouduttiin vaihtamaan. Suistumisen syynä oli raiteen huono kunto. Raiteelle oli muodostunut suuria sivupiikkejä, eli kulmaa kiskonjatkoksiin jyrkässä kaarteessa.

Vaihtotyöyksikön törmäminen VAK-vaunuihin Kemin ratapihalla 14.11.2003 (OTK raportti C10/2003R)

Vaihtotyöveturin työntämät kolme tyhjää natriumkloraattivaunua ja seitsemän kuormattua selluloosavaunua törmäsivät raiteella 17 seisoneisiin kuormattuihin natriumkloraattivaunuihin. Ratapihan muutostöiden johdosta vaihtotyönjohtaja ja junamies olivat erehtyneet raiteen numerosta, mikä johti törmäykseen. Törmäyksessä vaurioitui ensimmäinen raiteella 17 seissyt vaunu. Sen säiliöön tuli painauma, runkopalkki vääntyi ja vetolaite vaurioitui. Ensimmäinen vaihtotyöyksikön työntämistä vaunuista suistui kokonaan kiskoilta ja nousi osittain raiteella seisseen vaunun päälle. Sen säiliö säilyi ehjänä, mutta muuten vaunu vaurioitui romutuskuntoon. Vaihtotyöyksikön toiseen ja kolmanteen vaunuun jouduttiin vaihtamaan pyöräkertoja.

Vaihtotyöyksikön törmäminen kuormassa oleviin VAK-vaunuihin Haminan satamassa 20.8.2002 (OTK raportti C7/2002R)

Vaihtotyöveturin työntämät seitsemän säiliövaunua, joista veturia lähimpänä ollut vaunu oli kuormattu neonolilla ja kuusi seuraavaa butaanilla, ohjautuivat väärälle raiteelle ja törmäsivät noin 20 km/h nopeudella raiteella seissemiin 18:a styreenillä lastattuun säiliövaunuun. Törmäyksen johdosta joidenkin raiteella seissemiin styreenivaunujen yläluukusta roiskahti styreeniä säiliön päälle. Myös neonol-vaunusta, joka oli törmänneessä yksikössä, roiskahti säiliön yläluukusta hiukan neonolia vaunun päälle. Kalustolle tai laitteille ei aiheutunut onnettomuudesta vahinkoa. Syynä onnettomuuteen oli vaihteen ruuvien löystymisestä johtunut virheellinen opaste. Vaikka opaste osoitti vaihteen johtavan vaunut suoraan menevälle raiteelle, vaihteen kielet olivatkin asennossa, joka ohjasi vaunut viereiselle raiteelle.

Kouvolassa 1.6.1994 sattunut junavaurio (Onnettomuuksien ja vaurioiden teknisiä syitä tutkiva Kaakkois-Suomen aluetutkijalautakunta, Raportti 6.7.1994)

Kouvolasta Riihimäen suuntaan lähdössä olleen tavarajunan kolme vaunua kaatui ja yksi kallistui voimakkaasti sekä sen päätyyn tuli reikä. Lisäksi yksi vaunu ajautui kiskoille

poikittain törmäten samalla vaununtarkastajien taukotilan seinään. Edelleen kolme vaunua suistui kiskoilta. Tapahtumahetkellä nopeus oli noin 20 km/h. Tavarajunassa oli kaiken kaikkiaan 40 vaunua, joita veti kaksi sähköveturia. Kolme kaatunutta vaunua, yksi kallistunut vaunu sekä taukotupaan törmännyt vaunu vaurioituivat pahoin. Kaatuneista vaunuista ensimmäisessä oli kuormana sykloheksaani, toinen oli tyhjä ja kolmannessa kuormana oli styreenimonomeeriä. kuormatut ja kaatuneet vaunut vuotivat täyttöaukkojen kansiluukuista. Puhjenneesta vaunusta, joka oli kuormattu sykloheksanonilla, valui maahan arviolta yli puolet vaunun sisällöstä. Onnettomuus aiheutui todennäköisesti naulakiinnitteisen kiskotuksen, radan kaarteisuuden ja raskaan säiliövaunukaluston yhteisvaikutuksesta tapahtuneesta kiskoilta suistumisesta.

Riihimäki 19.10.1995 /RHK raportti sattuneesta vauriosta 15.1.1996

Vaihtotyössä liikuteltava juna törmäsi raiteilla seisoneisiin vaunuihin sillä seurauksella että kaksi tyhjää vaunua suistui raiteilta ja toinen näistä työntyi etanolikuormassa olleeseen vaunun säiliön päädystä sisään. Etanolia valui maahan n. 56 tonnia. Onnettomuuden varsinaisena syynä oli inhimillinen virhe junan jarrutusvoiman tarpeen arvioinnissa. Tyhjän ja kuormatun vaunun välillä on luonnostaan pieni ero puskinen korkeudessa. Tämä epäjatkuvuuskohta oli törmäyshetkellä kaarteessa, jossa voimat välittyvät lähes yksinomaan toisen puskinen kautta. Tyhjän vaunun puskin nousi helposti kuormatun vaunun puskinen yli ja vaurioitti säiliötä.

3.5 Havaittavissa olevia yleisiä onnettomuustrendejä

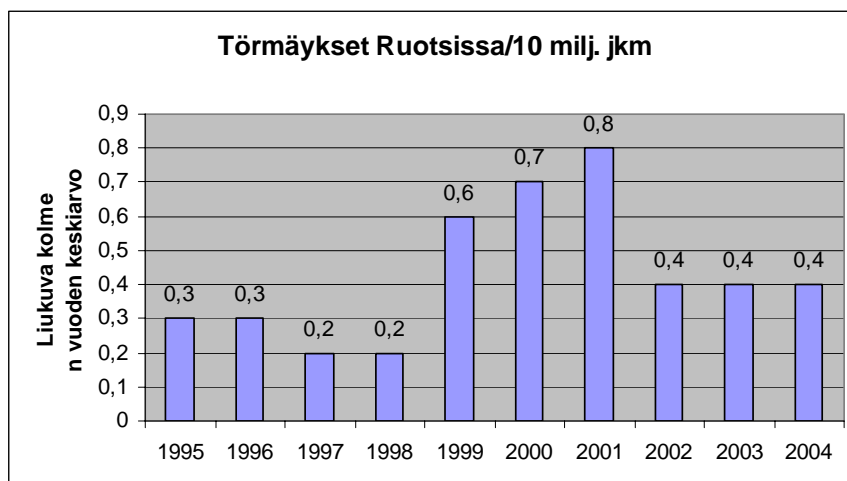
Yleisiä trendejä rautatieonnettomuuksissa on haettu lähinnä Pohjoismaista. Näissä tilastoissa on käytetty yhtenäisesti UIC:n kriteerejä. Päätös keskittyä tässä pohjoismaihin perustuu olemassa olevan tiedon saantiin ja asiantuntijanarvioihin siitä, että tilastoinnit ovat vertailukelpoisia, luotettavia ja sovellettavissa Suomen olosuhteisiin. Tilastoista saatu yleiskuva on esitetty seuraavassa.

Taulukko 3.7: Ruotsin rautatieonnettomuudet (Lähde: Banverket: Olycksstatistik 2004)

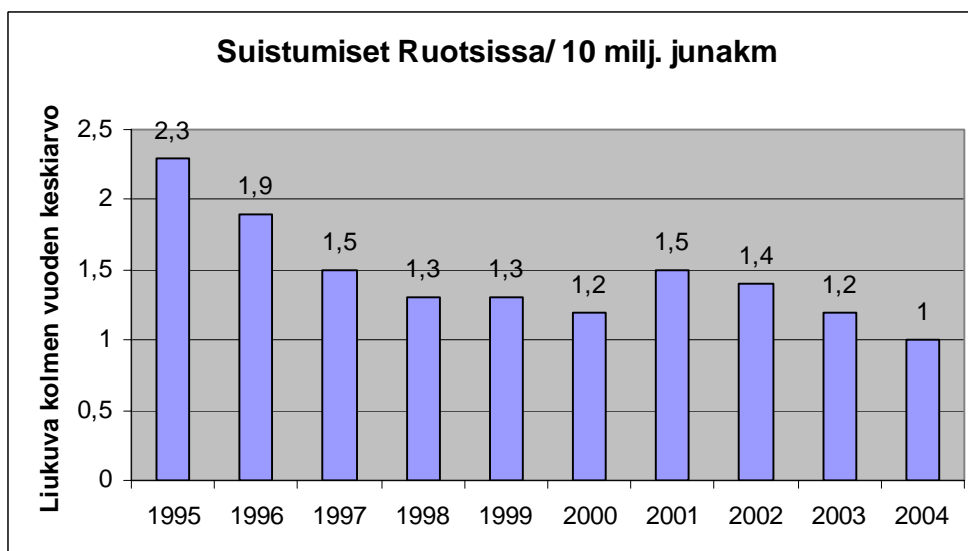
Junaliikenteessä	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Törmäykset	2	2	2	4	16	4	5	4	6	4
Suistumiset	16	12	17	10	15	13	22	12	10	16
Vaihdetyössä										
Suistumiset	11	12	12	13	17	13	13	11	5	11
Törmäykset	5	6	3	7	6	8	2	13	2	2
Päälleajot	1	3	5	1	6	1	4	3	1	1

Yllä olevaan taulukkoon on koottu tilastoidut tiedot viimeisen kymmenen vuoden ajalta Ruotsissa. Kuvassa 3.2 on esitetty Ruotsissa tapahtuneet törmäykset ja kuvassa 3.3 suistumiset 10 miljoonaa junakilometriä kohden. Törmäyksiä tapahtuu niin vähän, että mitään erityistä trendiä ei voida nähdä. Sen sijaan suistumiset näyttäisivät Ruotsissa olevan vähenemässä.

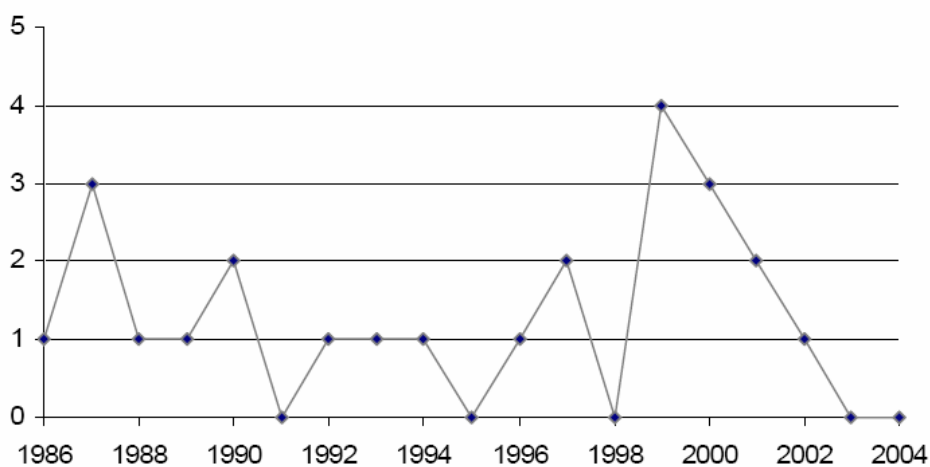
Kuvissa 3.4-3.6 on esitetty junakaluston törmäys-, suistumis- ja tasoristeysonnettomuusaikasarjat Norjasta. Suistumisten ja tasoristeysonnettomuuksien osalta nähdään selvä trendi, mutta törmäyksiä tapahtuu jälleen niin harvoin, että trendiä ei ole nähtävissä. Tanskan törmäys- ja tasoristeysonnettomuusaikasarjat on esitetty kuvissa 3.7 ja 3.8. Suistumisia tapahtuu suuruusluokalleen yhtä paljon kuin Suomessa.



Kuva 3.2: Ruotsissa tapahtuneet törmäykset kulussa³⁴



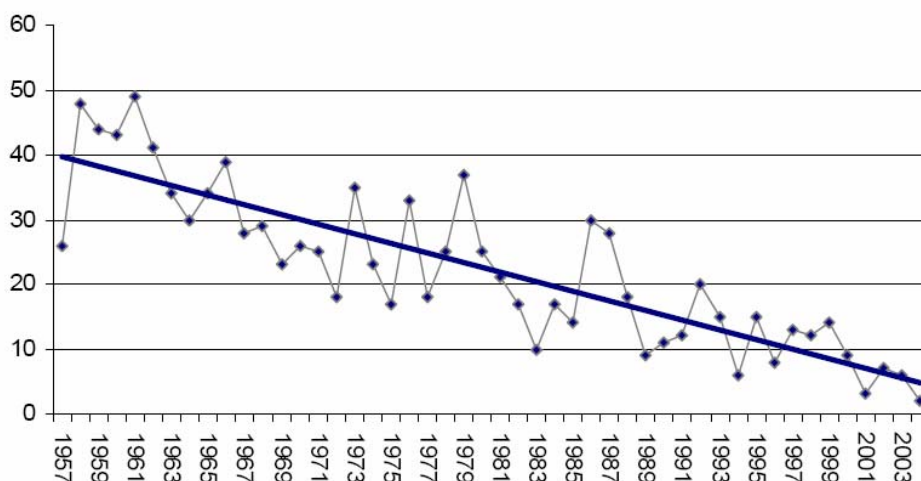
Kuva 3.3: Suistumiset Ruotsissa.³⁵



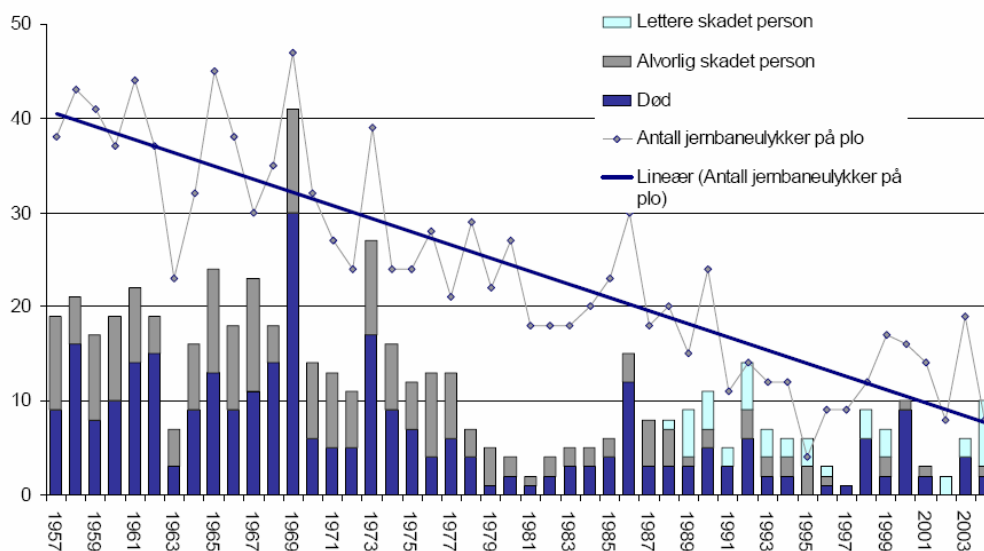
Kuva 3.4: Törmäykset junaliikenteessä Norjassa (kpl) 1986-2004³⁶.

³⁴ Banverket, Olycksstatistik, Ruotsi

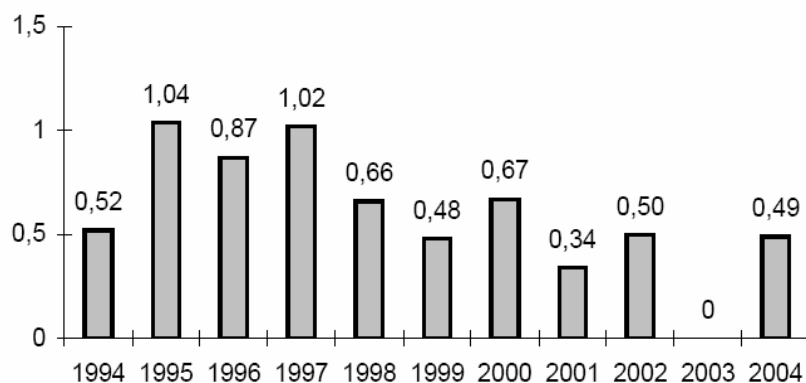
³⁵ Banverket: Olycksstatistik, Ruotsi



Kuva 3.5: Suistumiset Norjassa (kpl) 1957-2004.



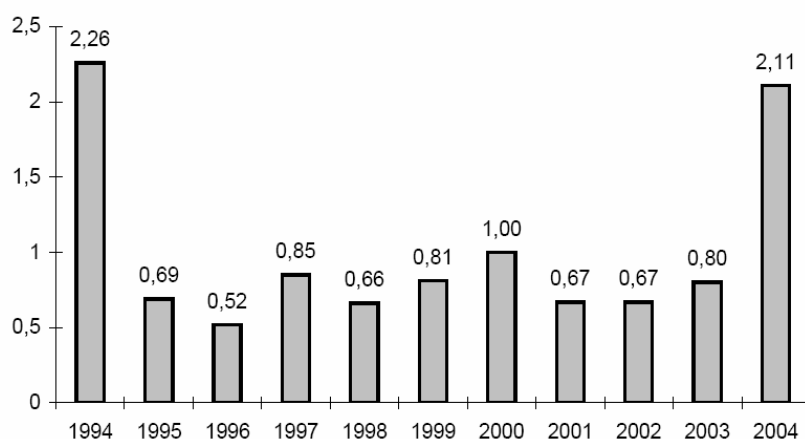
Kuva 3.6: Tasaristeysonnettomuudet Norjassa (kpl) 1957-2004.



Kuva 3.7: Törmäykset 10 milj. junakilometriä kohti Tanskassa³⁷.

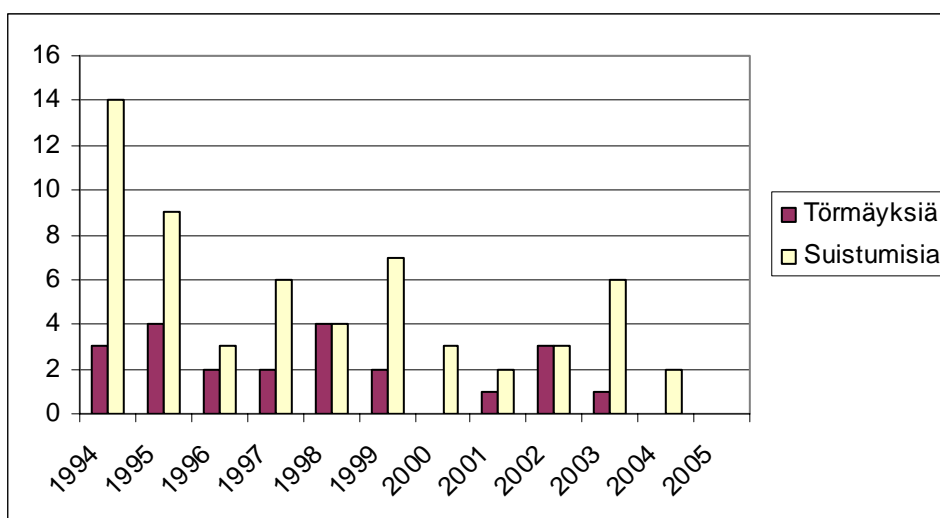
³⁶ Ulykkesstatistikk 2004, Jernbanetilsyn, Norja.

³⁷ Driftsuheld 2004, Banedanmark, Tanska

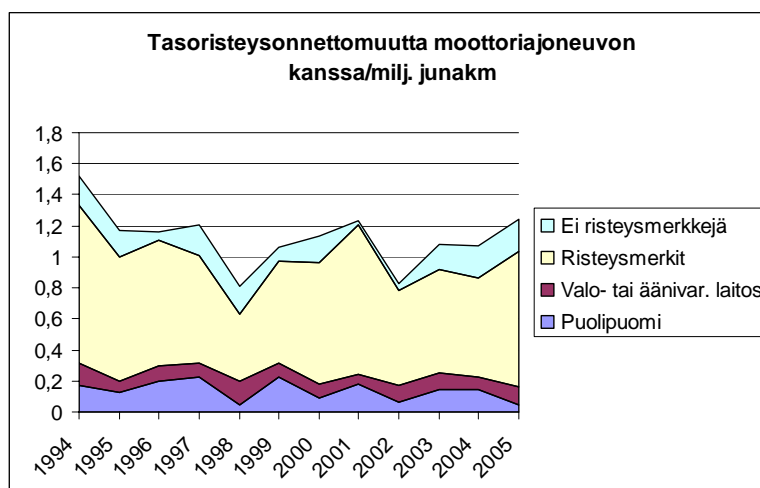


Kuva 3.8 Tasoristeysonnettomuudet 10 milj. junakilometriä kohti Tanskassa.

VR:n tilastoimat törmäykset ja suistumiset vuosittain 1996-2005 on esitetty kuvassa 3.9 Kuvassa 3.10 on esitetty tasoristeysonnettomuuksin määrä 1994-2005 miljoonaa junakilometriä kohti. Ero muihin Pohjoismaihin on tasoristeysten osalta huomattava. Tanskassa, Norjassa ja Ruotsissa tapahtuu vain luokkaa 0,2 tasoristeysonnettomuutta miljoonaa junakilometriä kohden moottoriajoneuvon kanssa.



Kuva 3.9: Törmäykset ja suistumiset vuosittain VR:n tilastoissa.



Kuva 3.10 Tasoristeysonnettomuuksia Suomessa moottoriajoneuvon kanssa 1994-2005/milj. junakm³⁸

3.6 Raideliikenteen muutoksia viimeisen 30 vuoden aikana Suomessa

3.6.1. Muuttuva toimintaympäristö

1970-luvulla tehdyn suojavaunujen käyttöpäätöksen jälkeen rautatieliikenne on huomattavasti muuttunut niin kaluston, infrastruktuurin kuin yleisten turvallisuusmääräysten suhteen. Muutoksia on myös tapahtunut mm. kulunvalvonnassa, turvalaitteissa, koulutustasossa ja muun liikenteen määrässä. Muutokset heijastavat yleistä pyrkimystä saavuttaa parempi turvallisuustaso kaikessa toiminnassa. Niinpä voidaan olettaa, että myös itse onnettomuusriski on muuttunut sekä mahdollisten onnettomuuksien todennäköisyyksien että vaikutusten kannalta. Seuraavassa on tämän selvityksen viitekehystä noudattaen asiantuntijahaastattelujen pohjalta esitetty kooste merkittävimmistä tekijöistä, joissa on tapahtunut oleellista kehitystä sitten edellisten suositusten. Tekniset muutokset ovat kohdistuneet sekä raideliikenteen infrastruktuuriin että liikkuvaan kalustoon. Myös inhimillisiin tekijöihin vaikuttavia muutoksia on tapahtunut ja esimerkeiksi yhteiskunnan riskinsietotaso on muuttunut.

3.6.2 Rata ja liikenteen ohjaus

Tällä hetkellä laajalti käytössä olevat kauko-ohjaus ja suojustus tekivät vasta tuloaan edellisten suositusten aikaan. Kauko-ohjaus mahdollistaa junansuorittamisen yhdestä pisteestä, ja suojustus tuottaa junan kuljettajalle opastininformaatiota seuraavista ratasegmenteistä³⁹ sen perusteella, onko segmenteillä toinen juna. Merkittävin muutos on kuitenkin nykyisin lähes kaikilla merkittävillä VAK-reiteillä käytössä oleva junakulunvalvonta, joka on otettu käyttöön 1990-luvulla

³⁸ VR:n onnettomuustilastot 1994-2005

³⁹ Ratasegmentti on tässä se osuus rataa, jota yksi suojaosuus kattaa.



Kuva 3.11 Junakulunvalvonnan tila Suomessa⁴⁰

Kuvassa 3.11 on esitetty Suomen rautateiden junakulunvalvonnan tilanne 1.4.2005. Junakulunvalvonta koostuu rataosuuksille asennetuista ns. balliseista ja vetureihin asennetuista tietojärjestelmistä. Järjestelmä estää törmäykset, peräänajot ja ylinopeudesta johtuvat suistumiset sovittamalla junan nopeuden automaattisesti liikennetilanteeseen sopivaksi. Myös VR:n ratatyökoneissa on junakulunvalvonta, sen sijaan muiden yritysten työkoneissa näitä ei ole.

Tekniikan lisääntymisen käänköpuoli on kuitenkin sokean järjestelmään luottamisen lisääntyminen ja lisääntyvä kyvyttömyys toimia tilanteissa, joissa tekniikka on syystä tai toisesta poissa käytöstä.

Myös raiteiden mitoitukset, rakentamisperiaatteet, kaarreominaisuudet ja kunnan seuraaminen ovat muuttuneet perinpohjaisesti mm. kasvaneiden nopeusvaatimusten ja akselipainojen vuoksi. Erityinen merkitys on raidejärjestelmään liitetyillä junan kuntoa valvovilla laitteilla. Tällaisia ovat esimerkiksi Uttiin rakennettu VAK-junien vuotoilmaisimet sekä laajasti Suomessa käytössä olevat laakerivialliset vaunut, jotka voidaan poistaa junasta jo ennen kuin vika ehtii johtaa esimerkiksi akselin katkeamiseen ja suistumiseen.

Tasoristeykset ovat määrällisesti vähentyneet. Samalla olemassa olevien tasoristeyksien läpi kulkeva junaliikenne on lisääntynyt sekä määrältään että nopeuksiltaan. Huomattavaa on kuitenkin, että nopeuksia ei ole nostettu yli 140 km^{-1} sellaisilla rataosilla, joissa on tasoristeyksiä. Myös automäärä Suomessa on lisääntynyt merkittävästi. Tasoristeysten vähentämisellä on lähinnä pystytty kompensoimaan autokannan kasvusta ja muista tekijöistä johtuva onnettomuuksien kasvupaine.

⁴⁰ www.rhk.fi, viitattu 31.8.2006

Junanopeus ei ole yleisellä tasolla kasvanut viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana. Käytännössä junanopeudet eivät ole muuttuneet lainkaan eräillä rataosuuksilla. Esimerkiksi tiettyjä vaarallisia aineita kuljettavien junien nopeusrajoitus on 60 kmh^{-1} . Todettakoon myös, että turvajärjestelmien toimintahäiriössä junan nopeus rajataan alhaisemmaksi – joko 50 tai 80 kmh^{-1} , mikä puolestaan antaa kuljettajalle reagointiaikaa sekä vähentää mahdollisen onnettomuuden törmäysenergiaa ja seurauksia.

3.6.3 Juna ja kalusto

Junat ovat pidentyneet ja yhä useammin VAK-junassa kuljetetaan vain yhtä ainetta. Myös yksittäisen VAK-vaunun lähettäminen muun tavaran joukossa ns. sekajunissa on vähentynyt. Suomalainen VAK-vaunukalusto on rakennettu pääosin 1960- ja 1970-luvuilla, eikä se sinänsä ole juurikaan muuttunut tarkastelujaksolla. Sen sijaan venäläinen vaunukaluston kunto on kohentunut merkittävästi, mm. liukulaakereista on päästy eroon. Tämä on vähentänyt merkittävästi laakerivioista johtuvia akseleiden katkeamisia, joiden arvioidaan olevan yksi pahimpiin suistumisiin johtava suistumisen syy.

Kaluston kunnossapito ja ennen kaikkea kunnan tarkkailu on kohentunut merkittävästi. Esimerkiksi edellä mainitut kuumakäynti-ilmaisimet ovat ilmeisesti vähentäneet kalustosta johtuvia suistumisia merkittävästi. Olemassa olevia VAK-vaunuja on varustettu erilaisilla turvallisuutta lisäävillä teknisillä ratkaisuilla. Näitä ovat esimerkiksi eräiden aineiden kuljetuksessa käytettyjen vaunujen ylisyoäsyn estolaitteet puskimissa sekä säiliötä suojaavat päätykilvet. Lisäksi uusilta, vaarallisimpiin aineiden kuljettamiseen tarkoitetuilta säiliövaunuilta vaaditaan tulevaisuudessa uusia turvallisuutta lisääviä ratkaisuja. Näitä ovat mm. törmäysenergiaa absorboivat myötäävät puskimet sekä suistumisen ilmaisevat laitteet tällaisten tullessa markkinoille. On kuitenkin huomattava, että mikäli törmäys tapahtuu suurella nopeudella, VAK-onnettomuus ei ole estettävissä millään teknisellä keinolla.

3.6.4 Säännöstö ja inhimilliset tekijät

Sekä henkilökunnan koulutustaso että yleinen turvallisuusasenne ovat parantuneet. Samalla kuitenkin henkilökuntaa on vähennetty ja työpaineet lisääntyneet. Konkreettisine muutoksina voidaan tunnistaa turvallisuustarkastusten lisääntyminen ja turvallisuusmääräysten lisääntyminen. Myös VAK-lainsäädännössä turvallisuus on yhä keskeisempänä tavoitteena.

3.6.5 Yhteiskunta

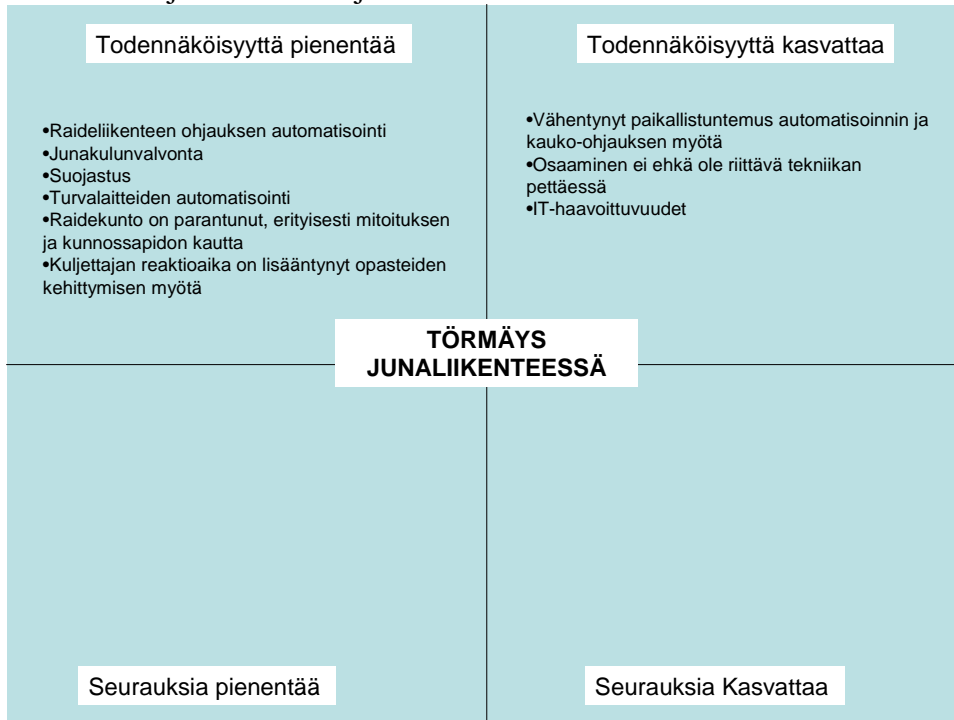
Rautatiekuljetusten turvallisuuteen vaikuttavat niin yleiseen liikenneturvallisuuteen panostaminen kun infrastruktuurin parannukset sekä ihmisten asenteet, vaatimukset ja toimet. Yhteiskunnallisten muutosten kannalta ilkeältä, liikennemäärä, höltyvä liikennekuri ja yleisön turvallisuusasenne vaikuttavat suoraan esimerkiksi tasoristeysonnettomuuksiin. Ilkeältä on tuntuman mukaan kasvanut viime aikoina. Kokonaisliikennemäärä ja nopeudet rautateillä ja maanteillä ovat kasvaneet, mutta samalla VAK-liikennemäärä on vähentynyt. Yhteiskunnassa riskin hyväksyttävyyys on vähentynyt ja vaatimus turvallisuustasosta on kasvanut.

3.7 Viitekehysten mukaiset muutokset

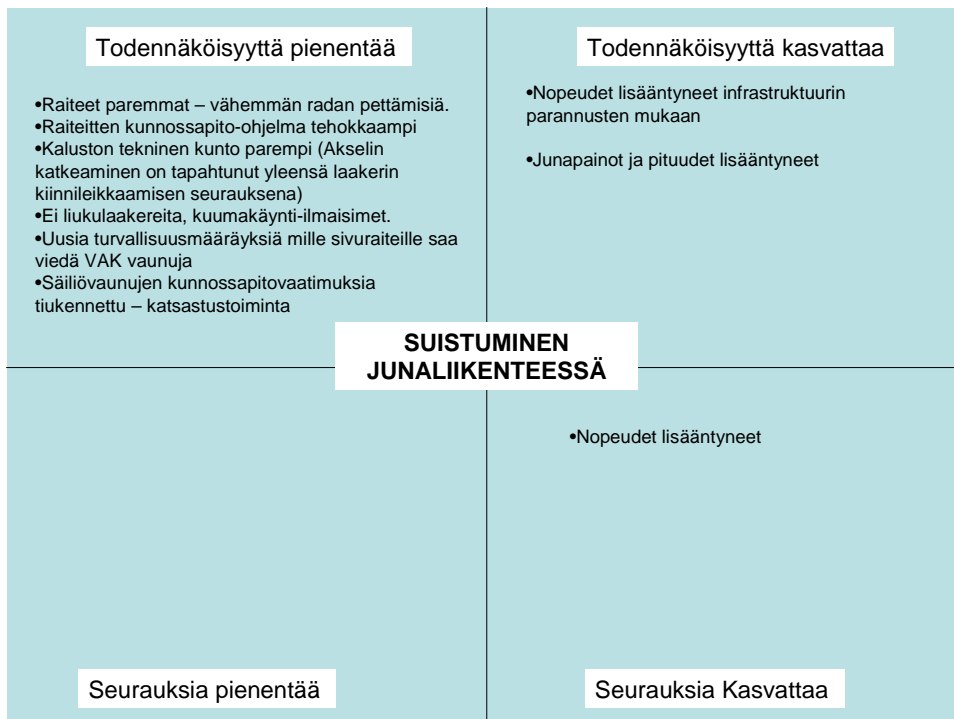
Seuraavassa esitetään selvityksen viitekehysten mukaisesti jaoteltuna yksityiskohtaisemmin, hankkeen haastatteluissa ja työpajassa, tunnistettuja VAK-turvallisuuteen vaikuttavia

muutoksia. Muutokset on tarkennettu sen mukaan, vaikuttavatko todennäköisyyksiin tai seurausten kautta. Tässä tulisi huomata, että suurten epävarmuuksien ja monimuotoisten syy-seuraus onnettomuustapahtumapuiden johdosta tämän hankkeen puitteissa ei muutosten vaikuttavuuden absoluuttista kokoa ole pyritty arvioimaan.

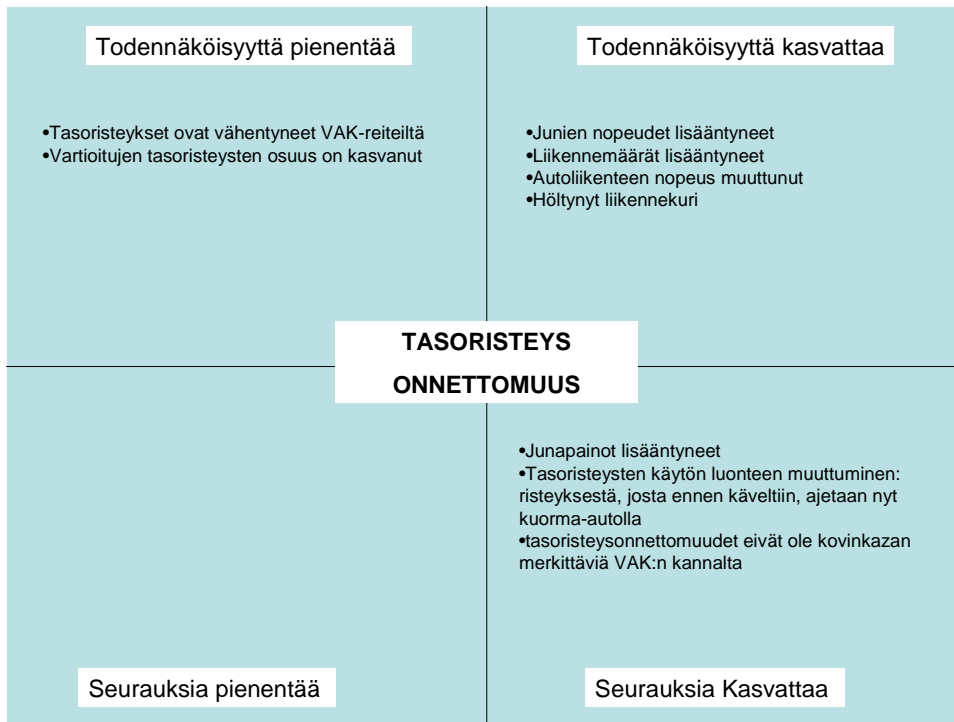
Viitekehysten mukaisiin onnettomuustyyppeihin turvallisuuteen vaikuttavina tekijöinä tunnistettiin suurehko joukko muuttujia. Nämä on koottu kuviin 3.12a-3.12d.



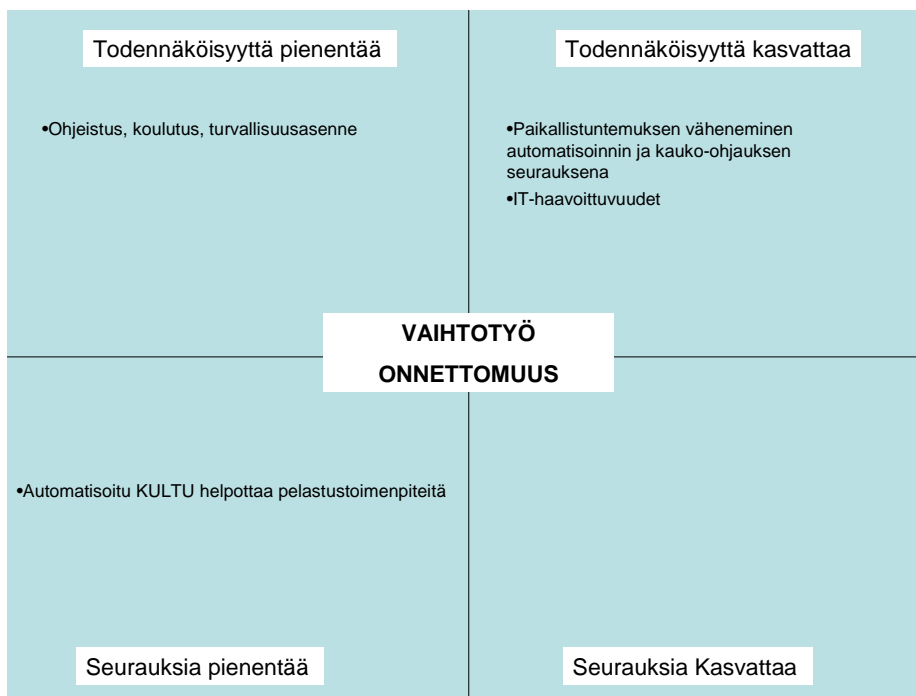
Kuva 3.12a: Törmäykseen junaliikenteessä vaikuttavat ajalliset muuttujat



Kuva 3.12b: Suistumiseen junaliikenteessä vaikuttavat ajalliset muuttujat



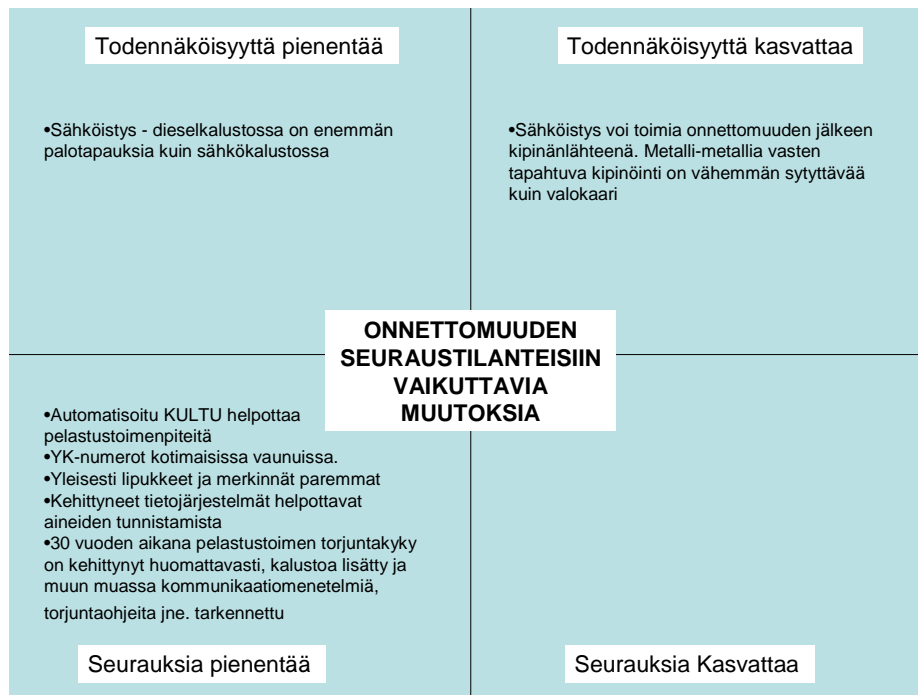
Kuva 3.12c: Tasoristeysonnettomuuden vaikuttavat ajalliset muuttujat



Kuva 3.12d: Vaihtotyöonnettomuuden vaikuttavat ajalliset muuttujat

Yhteenvedona voidaan todeta, että muuttujat ovat enimmäkseen vaikuttaneet turvallisuutta lisäävästi – kuten tietenkin on odotettavissa. Seurauksia ja todennäköisyyksiä kasvattavat tekijät ovat enimmäkseen tunnistettavissa automatisointi- ja IT-haavoittuvuudesta sekä yleisen liikennekurin hölytymisen piiristä. Tämä koskee erityisesti tasoristeysonnettomuuksia.

Onnettomuuden jälkeisiä, torjuntatoimiin ja onnettomuuden seurausten rajoittamiseen kytkeytyvien muuttujien vaikutukset on esitetty kuvassa 3.13.



Kuva 3.13: Torjuntatoimiin vaikuttavat ajalliset muuttujat

3.8 Suojavaunutoiminnan kustannukset

Kolme neljännessä VR:n suojavaunuista kuuluu tähän käyttöön varattuihin kolmeen vaunusarjaan. Vaunut on poistettu kaupallisesta liikenteestä. Näiden lisäksi käytetään erillisiä suojavaunuja.

Suojavaunujen merkittävimmät kustannukset ovat kunnossapito, ratamaksut ja vaihtotyöt. Suojavaunujen pääomakuluja ei ole otettu tarkastelussa huomioon, koska mainitut vaunusarjat ovat investointielinkaarensa loppupäässä ja erilliset vaunut olisivat olemassa ilman suojavaunukäyttöäkin.

VR:n vaunusarjojen käytöstä ekstrapoloiman arvion mukaan vuositasolla suojavaunujen kustannusvaikutus on n. 1 M€⁴¹ Tästä osa muodostuu

- Suojavaunusarjojen kunnossapitokuluista (alle 10 %)
- Pelkästään suojavaunutaroituksessa junissa kulkevien vaunujen ratamaksuista (alle 10 %)
- Kaikkien suojavaunujen vaihtotöistä (yli 80 %)

3.9 Tulevaisuudennäkymiä

Suomen VAK-strategiassa todetaan, että etenkin transitoliikenteen turvallisuus on huomattavasti parantunut viime vuosina sekä kaluston kunnon että tehostetun ja entistä

⁴¹ Karhunen (2006)

teknisemmän valvonnan ansiosta. VAK-rautatiekuljetukset ovat hienoisessa laskussa, mutta etenkin Venäjän satamien kehittämisen myötä liikennemäärällisesti vähentävä vaikutus erityisesti transitokuljetusten määriin lienee huomattava.

Teknisillä parannuksilla voidaan turvallisuutta parantaa vain tiettyyn pisteeseen saakka. Inhimilliset erehdykset ovat yksi suurimpia onnettomuussyitä alalla kuin alalla, ja työntekijöiden ja vastuullisten henkilöiden turvallisuusasenne on avaintekijä onnettomuuksien menestyksekkäässä ennaltaehkäisyssä. Vaaralliset aineet itsessään aiheuttavat hyvin harvoin onnettomuuksia mutta voivat onnettomuuden satuttua saada aikaan mittaviakin vahinkoja. Ennaltaehkäisy, tietämyksen parantaminen ja edistyksellisen turvallisuuskulttuurin rakentaminen läpi toiminnan on tulevaisuudessa yhä tärkeämpää, erityisesti tasoristeysonnettomuuksien kohdalla.

4 TILASTOANALYYSI

4.1 Lähestymistapa

Onnettomuustutkintakeskuksen (OTK) ansiokkaasti raportoimat raideliikenteen onnettomuustutkinnat antavat mahdollisuuden selvittää laskennallisesti suojavaunujen merkitystä sille, miten monta vaunua keskimäärin joutuu onnettomuuteen suojavaunupaikoilta. Tilastoanalyysin keinoin ei voida ottaa kantaa siihen, miten vaunut vaurioituvat ja mikä olisi ollut suojavaunujen merkitys itse vaurioitumistapahtumassa. Sen sijaan voidaan laskea onnettomuustyyppien frekvenssin ja onnettomuudessa mukana olleiden vaunujen määrän ja junasijainnin perusteella se, montako VAK-vaunua olisi suistunut ilman suojavaunuja ja suojavaunujen kanssa.

VAK-onnettomuus voi viitekehyksen mukaisesti syntyä seuraavasta neljästä lähteestä:

1. Junakaluston välinen törmäys
2. Suistumisonnettomuus
3. Tasoristeysonnettomuus
4. Vaihtotyöonnettomuus.

Lisäksi analyysissä tehdään seuraavat oletukset

1. Suojavaunujen käyttö ei vaikuta suhteelliseen törmäys-, suistumis- tai tasoristeysonnettomuuden todennäköisyyteen
2. Suojavaunuista luopuminen ei vaikuta mainittavasti junakilometreihin
3. Koska VAK-onnettomuuksia on vähän, on tarkasteltu kaikkia henkilö- ja tavaraliikenteen onnettomuuksia 1996-2005
4. VAK-onnettomuuspotentiaalia arvioidaan olleen niillä onnettomuuksilla, jotka OTK on valinnut tutkittavaksi ja joissa vaunukalusto on kärsinyt pysyviä muodonmuutoksia.

Junakilometriä kohden törmäävien tai suistuvien vaunujen odotusarvo LKM on

$$LKM = P_T(V_{TS} + V_{TM}) + P_S(V_{SS} + V_{SM}) + P_{TR}(V_{TRS} + V_{TRM})$$

Tässä

P_T = Junakaluston välisen törmäyksen todennäköisyys

V_{TS} = junatörmäyksessä suojavaunupaikoilta keskimäärin vahingoittuneiden vaunujen määrä
 V_{TM} = junatörmäyksissä muilta kuin suojavaunupaikoilta keskimäärin vahingoittuneiden vaunujen määrä

P_S = Junan suistumistodennäköisyys (tn. että ainakin 1 vaunu suistuu)

V_{SS} = suojavaunupaikoilta keskimäärin suistuneiden vaunujen määrä

V_{TM} = muilta kuin suojavaunupaikoilta keskimäärin suistuneiden vaunujen määrä

P_{TR} = Merkittävän tasoristeysonnettomuuden todennäköisyys

V_{TRS} = suojavaunupaikoilta keskimäärin vahingoittuneiden vaunujen määrä

V_{TRM} = muilta kuin suojavaunupaikoilta keskimäärin vahingoittuneiden vaunujen määrä

Koska vaihtotöissä ei käytetä suojavaunuja eikä yksikään aineiston VAK-vaihtotyöonnettomuus ole johtanut vuotoon, arvioidaan että vaihtotyöonnettomuuksien osuus vioittuvien vaunujen keskimäärässä on merkityksetön.

Vaikka osassa kuljetuksia edellytetään neljää suojavaunua edessä, seuraavassa selvyyden vuoksi **suojavaunupaikalla** tarkoitetaan junan ensimmäistä, toista, viimeistä ja toiseksi viimeistä vaunua.

Tilastoaineistona analyysissä on käytetty seuraavia:

1. Onnettomuustutkintakeskuksen tutkinnat törmäyksistä, suistumisista, tasoristeys- ja vaihtotyöonnettomuuksista 1996-2005
2. LVM:n 5-vuotistilastot VAK-liikenteestä
3. RHK:n tilastot Suomen rataverkosta ja sen ominaisuuksista
4. Erikseen kerätyt aineistot mm. liikennesuoritteesta VAK-reiteillä

Onnettomuustutkintakeskuksen aineistosta voidaan myös useassa tapauksessa myös selvittää, mitkä vaunut ovat törmäyksissä vaurioituneet vakavasti ja mitkä ovat suistumisessa kaatuneet. Junakilometriä kohden törmäyksessä pahoin vahingoittuneiden ja suistumisessa kaatuneiden vaunujen keskiarvo junakilometriä kohden voidaan arvioida korvaamalla lausekkeessa yllä vahingoittuneiden ja suistuneiden vaunujen määrät vakavasti vahingoittuneiden ja suistumisessa kaatuneiden vaunujen määrillä.

Myös välivaunuilla on vaikutus VAK-vaunujen suistumismääriin. Analyysi joudutaan kuitenkin rajoittamaan suojavaunuihin, koska välivaunujen paikat ovat täysin satunnaisia junassa.

4.2 Parametrien estimointi

4.2.1 Yleistä

OTK:n aineistosta kerättiin sellaiset vaihtotöissä tai junaliikenteessä sattuneet törmäykset, suistumiset tai tasoristeysonnettomuudet, jotka OTK on katsonut merkittäviksi, jotka eivät ole tapahtuneet yksityisraiteilla ja joissa 1 tai useampi vaunu on kärsinyt pysyviä muodonmuutoksia. Kutsumme näitä onnettomuuksia seuraavassa **merkittäviksi. VAK-onnettomuuksien vähäisen määrän vuoksi arvioimme, että merkittävät onnettomuudet ovat onnettomuuksia, joissa olisi VAK-junan tapauksessa voinut tapahtua jonkinlainen VAK-onnettomuus.**

Merkittäviä onnettomuuksia löydettiin yhteensä 59 kpl, joista 38 tapahtui junaliikenteessä ja 21 vaihtotöissä. Junaliikenteessä tapahtuneiden onnettomuuksien yhteenvedo sekä vuosittaiset junakilometrit on esitetty taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1: OTK:n raporteista kerätyn aineiston jakautuminen vuosittain, reiteittäin ja liikennelajeittain.

vuosi	liikenne	Törmäys		Suistuminen		Tasoristeys		junakm
		VAK-reitillä	Muualla	VAK-reitillä	Muualla	VAK-reitillä	Muualla	
1996	Tavara	2	0	2	0	0	0	15597
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	1	0	0	0	25024
1997	Tavara	0	0	4	2	0	0	17032
	josta VAK	0	-	1	-	0	-	
	Henkilö	0	0	0	1	0	0	27105
1998	Tavara	1	0	2	0	0	0	17376
	josta VAK	0	-	1	-	0	-	
	Henkilö*	0	0	1	0	0	0	27015
1999	Tavara	0	0	3	0	0	0	17244
	josta VAK	0	-	1	-	0	-	
	Henkilö	0	0	0	0	0	0	27061
2000	Tavara	0	0	2	0	0	0	17225
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	0	0	2	0	27575
2001	Tavara	0	0	2	0	0	0	16807
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	0	0	0	0	28654
2002	Tavara	1	0	1	0	0	0	16713
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	0	0	0	0	30467
2003	Tavara	0	0	3	1	0	0	16785
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	1	1	0	0	31275
2004	Tavara	0	0	3	0	0	0	17324
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	0	0	0	0	31365
2005	Tavara	0	0	2	0	0	0	16819
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	0	0	0	0	31408
1996-2000	Tavara	3	0	13	2	0	0	84474
	josta VAK	0	-	3	-	0	-	
	Henkilö	0	0	2	1	2	0	133780
2001-2005	Tavara	1	0	11	1	0	0	84448
	josta VAK	0	-	0	-	0	-	
	Henkilö	0	0	1	1	0	0	153169
1996-2005	Tavara	4	0	24	3	0	0	168922
	josta VAK	0	-	3	-	0	-	
	Henkilö	0	0	3	2	2	0	286949
Yhteensä		4	0	27	5	2	0	455871

* Suonenjoen törmäys on laskettu vain tavarajunan törmäykseksi

Taulukossa 4.2 on esitetty onnettomuusfrekvenssit miljoonaa junakilometriä kohti 1996-2005 reiteittäin ja liikennelajeittain oletuksella, että VAK-reiteillä syntyy 75 % henkilö- ja tavaraliikenteen junakilometreistä.

Taulukko 4.2: Onnettomuusfrekvenssit miljoonaa junakilometriä kohti 1996-2005 reiteittäin ja liikennelajeittain.

		Frekvenssi 1/milj. jkm					
		Törmäys		Suistuminen		Tasoristeys	
		VAK-reitti	Muualla	VAK-reitti	Muualla	VAK-reitti	Muualla
1996-2000	Tavara	0,036	0,000	0,154	0,032	0,000	0,000
	Henkilö	0,000	0,000	0,015	0,010	0,015	0,000
2001-2005	Tavara	0,012	0,000	0,130	0,016	0,000	0,000
	Henkilö	0,000	0,000	0,007	0,009	0,000	0,000
1996-2005	Tavara	0,024	0,000	0,142	0,024	0,000	0,000
	Henkilö	0,000	0,000	0,010	0,009	0,007	0,000
yhteensä		0,009	0,000	0,059	0,015	0,004	0,000

Kaikki **törmäykset** ovat koskeneet tavarajunia ja tapahtuneet VAK-reiteillä. Molemmat **tasoristeysonnettomuudet** ovat tapahtuneet VAK-reiteillä mutta koskeneet henkilöjunia. Kolme törmäystä neljästä ja molemmat tasoristeysonnettomuudet ovat tapahtuneet v. 1996-2000.

Törmäysten ja tasoristeysonnettomuuksien tapahtumismekanismit eivät ilmeisesti oleellisesti poikkeaa liikennelajeittain Matkustajajunien korkeampia nopeuksia kompensoi jossain määrin tavarajunien lähes 3 kertaa suurempi keskipaino. Törmäystodennäköisyydessä saattaa kuitenkin olla tapahtumassa muutos junakulunvalvonnan vuoksi. Aineiston vähyyden vuoksi **tarkastelemme kuitenkin seuraavassa törmäysten ja tasoristeysonnettomuuksien osalta kaikkia tapahtuneita onnettomuuksia.**

Suistumisten osalta tilanne on toinen. Koko aineistossa suistumisia tavarajunille VAK-reiteillä tapahtuu kertaluokkaa enemmän kuin tavarajunille muualla tai henkilöjunille ylipäättään. Henkilöjunien 5 suistumista ovat johtuneet inhimillisestä virheestä (ylinopeus 2 krt, 40 %) ja radasta (vaihteen väärä käyttö 3 krt, 60 %). Tavarajunien suistumiset puolestaan johtuvat radan pettämisestä (13/27, 48 %), vaunukaluston viasta (8/27, 30 %), ja inhimillisestä erheestä (6/27, 22 %). Inhimillisistä erheistä 4 oli vaihteen kääntämisiä junan alla tai kääntämättä jättämisiä ja 2 pysäytyskengän unohtamisia radalle. VAK-reittien ulkopuolella tapahtuneista suistumisista 2 johtui vaihteen väärästä käytöstä ja 1 radan pettämisestä (Rantasalmella). Näistä viimeksi mainittu sisältää elementtejä, joiden voidaan arvioida poikkeavan VAK-reiteistä merkittävästi. Koska lisäksi VAK-reittien tavarajunakilometrejä ei ole tarkasti tilastoitu, **tarkastelussa rajaudutaan tavarajunien suistumiseen kaikilla reiteillä poislukien raportissa C9/2003 kuvattu tapaus Rantasalmella.** Tapauksia on siis yhteensä 26 kpl.

Ajanjaksolla 1996-2005 VR on tilastoinut⁴²

- kaluston välisiä törmäyksiä kulussa 6 kpl
- törmäyksiä esteeseen radalla 9 kpl
- kaluston suistumisia kulussa 36 kpl
- tasoristeysonnettomuuksia moottoriajoneuvon kanssa 489 kpl
- kaluston välisiä törmäyksiä vaihtotöissä 38 kpl
- kaluston suistumisia vaihtotöissä 67 kpl

⁴² VR Onnettomuustilasto 1996-2005

VR:n tilastointikriteerinä on ollut ihmishengen menetys, vakava loukkaantuminen tai yli 10.000 € vahinko. Erityisesti tasoristeysonnettomuuksien osalta on huomattava, että vain murto-osa niistä näyttäisi olevan junan vaunukalustolle vaarallisia.

4.3.2 Törmäykset

Aineistossa on 4 törmäystä. Näistä 2000-luvulla tapahtui 1. Pahin törmäys oli matkustaja- ja tavarajunan yhteenajo Suonenjoella 1998⁴³. Muut törmäykset olivat kylkeenajo vaihteessa, törmäys liikennepaikalla seisseihin vaunuihin sekä törmäys liikennepaikalla seisseeseen junaan. Koko aineistossa merkittäviä törmäysonnettomuuksia tapahtui siis milj. junakilometriä kohti $4/455,8 = 0,0088$ kpl. Neljästä törmäyksestä kolme on tapahtunut liikennepaikalla, kuvastaen sitä, että liikennepaikoille saapuminen ja niiltä lähteminen sisältää tunnetusti enemmän riskitekijöitä kuin itse junaliikenne.

Törmäyksissä on vaurioitunut yhteensä arviolta 15 tavaravaunua⁴⁴, näistä pahoin⁴⁵ vaurioitui arviolta 6 vaunua. Suojavaunupaikoilta vaurioitui arviolta 5 vaunua, jotka kaikki vaurioituivat arviolta pahoin. Keskimäärin törmäyksessä vaurioituu siis suojavaunupaikalta $5/4=1,2$ vaunua ja muilta paikoilta $10/4=2,5$ vaunua. Pahoin vaurioituu suojavaunupaikalta keskimäärin 1,2 vaunua ja muilta paikoilta 0,25 vaunua.

Vuoden 2002 arvioiduilla 2,77 milj. VAK-junakilometreillä törmäys tapahtuu vuoden aikana todennäköisyydellä 0,024. Vuodessa vaurioituu törmäyksessä siis ei-suojavaunupaikoilta keskimäärin 0,06 vaunua ja suojavaunupaikoilta 0,03 vaunua. Pahoin vaurioituu ei-suojavaunupaikoilta keskimäärin vuodessa 0,006 vaunua ja suojavaunupaikoilta 0,03 vaunua.

Mikäli rajoitutaan vain 2000-luvun aineistoon (2001-2005), törmäyksen todennäköisyys on $1/237,6$ milj. jkm $= 0,0042$ /milj. jkm. Jos kuitenkin otetaan aineiston vähyden vuoksi keskimääräiset vahingoittuvat vaunumäärät koko 10 vuoden aineistosta, saadaan tulokseksi keskimäärin vaurioitumisia suojavaunupaikoilta vuosittain 0,014 vaunua ja muilta paikoilta 0,03 vaunua sekä pahoin vaurioituneita vaunuja suojavaunupaikoilta 0,014 vaunua ja muilta paikoilta 0,003 vaunua vuosittain.

4.3.3 Suistumiset

Valitussa suomalaisessa aineistossa on 26 tavarajunien suistumista eli 0,15 suistumista milj. (tavara)junakilometriä kohti. Huomattakoon, että Lautkaski ym.⁴⁶ raportoivat suistumisia vuonna 1974 43 kpl junaliikenteessä – yhtenä vuonna suuruusluokaltaan saman määrän kuin tässä aineistossa 10 vuodessa. Yhteensä on suistunut 96 tavaravaunua, keskimäärin 3,69 vaunua/suistuminen. Junan keskeltä on suistunut 16 onnettomuudessa 64 vaunua ja päistä 10 onnettomuudessa 32 vaunua. N. 60 % suistumisista tapahtuu siis junan keskeltä ja lähes 70 % suistuvista vaunuista on junan keskellä.

Suojavaunupaikoilta on suistunut yhteensä 15 vaunua, keskimäärin 0,57 vaunua suistumista kohti. Suojavaunupaikoilta on kaatunut suistumisissa yhteensä 4 vaunua, keskimäärin 0,15

⁴³ Rataosuudella ei ollut junakulunvalvontaa. Tutkintaraportista on pääteltävissä, että se olisi estänyt onnettomuuden.

⁴⁴ Henkilövaunujen vaurioitumismekanismit ovat toisenlaisia kuin tavaravaunujen. Tässä on enemmän tai vähemmän mielivaltaisesti oletettu, että mikäli Suonenjoen tapauksessa osapuolena olisi ollut henkilöjunan sijaan tavarajuna, siitä olisi vaurioitunut 2 vaunua, molemmat pahoin.

⁴⁵ Pahoin viittaa tässä subjektiiviseen asiantuntija-arvioon VAK-onnettomuuden mahdollisuudesta.

⁴⁶ Lautkaski ym. (1976)

vaunua suistumista kohti. Muilta paikoilta on suistunut yhteensä 81 vaunua, keskimäärin 3,12 vaunua/suistuminen. Näistä vaunuista on kaatunut 25 kpl, keskimäärin 0,96 kpl/suistuminen.

Vuodessa suistuu siis keskimäärin 1,30 vaunua ei-suojavaunupaikoilta ja 0,24 vaunua suojavaunupaikoilta. Suistumistapauksessa vaunuja kaatuu suojavaunupaikoilta vuodessa keskimäärin 0,064 kpl ja muilta paikoilta keskimäärin 0,40 kpl.

Kun laskenta toistetaan vuosien 2001-2005 aineistolla, saadaan seuraavat tulokset: Suistumistn = 0,13, ei-suojavaunupaikoilta suistuvia vaunuja keskimäärin 3,09 kpl ja suojavaunupaikoilta suistuvia vaunuja keskimäärin 0,36 kpl. Suistumisessa kaatuu vaunuja ei-suojavaunupaikoilta keskimäärin 0,18 kpl ja suojavaunupaikoilta 0,18 kpl. Keskimäärin ei-suojavaunupaikalta suistuu vuosittain 1,11 vaunua ja suojavaunupaikoilta 0,13 vaunua. Vuosittain kaatuu suistumisissa keskimäärin 0,065 kpl vaunuja ei-suojavaunupaikoilta ja 0,065 kpl suojavaunupaikoilta. Ero kokonaisaineistoon ei-suojavaunupaikalta kaatumisten suhteen on merkittävä.

4.3.4 Tasoristeysonnettomuudet

OTK on tutkinut VR:n vuosina 1996-2005 tilastoimista tasoristeysonnettomuuksista vain muutaman. Edellä asetetut kriteerit täyttäviä onnettomuuksia on aineistossa vain kaksi, matkustajajunan törmäys pakettiautoon ja matkustajajunan törmäys sepelirekkaan. VAK-onnettomuuden kannalta merkittävän tasoristeysonnettomuuden frekvenssi on siis 0,0044 /milj. junakilometriä. Tapauksissa on suistunut yhteensä 5 vaunua, joista 3 suojavaunupaikoilta. Yksi vaunu suojavaunupaikalta on kaatunut ja 1 vaunu vahingoittunut vakavasti sepelirekan perävaunun aisan työnnyttyä vaunun kyljen läpi. Näin ollen suojavaunupaikalta suistuu keskimäärin 1,5 vaunua ja muilta paikoilta 1 vaunu. Suojavaunupaikoilta suistuu ja kaatuu tai vahingoittuu vakavasti keskimäärin 1 vaunua ja muilta paikoilta 0 vaunua.

Vuositasolla vuoden 2002 arvioiduilla VAK-junakilometreillä tasoristeysonnettomuuden vuoksi suistuu vaunuja ei-suojavaunupaikoilta keskimäärin 0,012 vaunua ja suojavaunupaikoilta 0,018 vaunua.

Vuosina 2001-2005 ei ole tapahtunut yhtäkään merkittävää tasoristeysonnettomuutta.

4.4 Tulosten analyysi

Taulukossa 4.3 on esitetty yhteenveto tuloksista. Voidaan todeta, että

- Törmäyksen takia vahingoittuu vuositasolla yhteensä keskimäärin n. 0,1 vaunua, eli 1 vaunu kerran 10 vuodessa. Pahoin vahingoittuu 0,035 vaunua, n. 1 vaunu 30 vuodessa
- Vuodessa VAK-kuljetuksista suistuu keskimäärin 1,5 suoja- tai VAK-vaunua. Pahoin vaurioituu 0,46 vaunua
- Tasoristeysonnettomuuden takia vaurioituu 0,03 kpl suoja- tai VAK-vaunuja, n. 1 vaunu 30 vuodessa. Pahoin vaurioituu 0,01 vaunua vuodessa eli 1 vaunu 100 vuodessa

Edelleen,

- Törmäyksissä 32 % vaunuista vahingoittuu suojavaunupaikoilta ja yli 80 % pahoin vahingoittuneista vaunuista on suojavaunupaikoilla

- Suistumisissa 15 % vaunuista suistuu suojavaunupaikoilta ja 13 % kaatuneista vaunuista on kaatunut suojavaunupaikalta
- Tasoristeysonnettomuuksissa 60 % vaunuista on vahingoittunut suojavaunupaikalta.

Taulukko 4.3: Yhteenveto tuloksista

Onnettomuustyyppi	tn	vaunuja vahingoittuu keskimäärin/ onnettomuus, kpl		vaunuja vahingoittuu pahoin tai kaatuu keskimäärin/ onnettomuus, kpl		Vaunuja vahingottuu vuositasolla, kpl		Vaunuja vahingottuu pahoin tai kaatuu vuositasolla, kpl		Vahinkoja kärsineistä suojavaunupaikoilla %	
		suojavaunu- paikalta	muualta	suojavaunu- paikalta	muualta	suojavaunu- paikalta	muualta	suojavaunu- paikalta	muualta	vahingoit- tuneet	pahoin vahingoittuneet tai kaatuneet
törmäys	0,0088	1,2	2,5	1,2	0,25	0,029	0,061	0,029	0,006	32,4	82,8
suistuminen	0,15	0,57	3,12	0,15	0,96	0,237	1,296	0,062	0,399	15,4	13,5
tasoristeysonnettomuus	0,0044	1,5	1	1	0	0,018	0,012	0,012	0,000	60,0	-
Yhteensä	0,1632					0,284	1,369	0,104	0,405	17,2	20,4

Suojavaunut on alun perin tarkoitettu törmäysten seurausten vähentämiseen, ja siinä ne näyttäisivät vaikuttavan merkittävästi vähentämällä erityisesti pahoin vaurioituvien mahdollisten VAK-vaunujen määrää paljon. Törmäysten todennäköisyys aineistossa on kuitenkin vain murto-osa suistumisen todennäköisyydestä. Suojavaunuilla on siis myös suistumisissa suojaava vaikutus, mutta se on lähinnä suojavaunujen sivuvaikutus. Suurin osa suistumisista kohdistuu junan keskelle, missä suojavaunuilla ei ole merkitystä.

Tasoristeysonnettomuuksissa suojavaunut toimivat laskennallisesti jälleen hyvin, koska onnettomuuden seuraukset kohdistuvat pääasiassa junan etupäähän. VAK-junan kannalta merkittävän tasoristeysonnettomuuden todennäköisyys on kuitenkin pieni.

Jos kaikkien aineiston onnettomuuksien ajateltaisiin tapahtuneen VAK-junille, suojavaunut olisivat vähentäneet vahingoittuvia tai suistuvia VAK-vaunuja n. 17 %, ja pahoin vaurioituneiden tai kaatuneiden VAK-vaunujen määrää n. 20 %.

Vertailun vuoksi voidaan todeta, että jos kaikki radasta johtuvat suistumiset saataisiin eliminoitua, vuosittain keskimäärin suistuvien vaunujen määrä putoaisi 1,5:stä 0,6:een ja toimenpide pudottaisi kaiken kaikkiaan vahingoittuvien tai suistuvien VAK-vaunujen määrää 55 %. Suojavaunutoiminnan arvioiduilla vuotuisilla kustannuksilla pystyttäisiin kuitenkin uusimaan rataa vain hyvin lyhyt osuus.

Yhteenvetona voidaan todeta, että suistuminen on yleisin onnettomuustyyppi ja myös kaikkien kolmen aineistossa olleen VAK-onnettomuuden – myös Vainikkalan öljypalon 1999 – syy. Suojavaunuilla on tietty merkitys myös suistumistilanteessa, mutta se on lähinnä niiden alkuperäisen tarkoituksen sivuvaikutus.

Aineiston valinnassa on pyritty parhaan käytettävissä olevan tiedon mukaan tulosten yleistettävyyteen. Aineiston ongelma on, että törmäyksistä ja tasoristeysonnettomuuksista on hyvin vähän dataa. Lisäksi laskut vuosien 2001-2005 tapauksilla osoittavat, että aineisto näyttäisi muuttuvan ajassa turvallisuuden kehittymisen myötä. Näin tulee ollakin, sillä esimerkiksi junakulunvalvonta on otettu asteittain käyttöön tarkastelujaksolla. Tässä mielessä tuloksia on pidettävä suuntaa-antavina, ja ajallinen muutos pitäisi huomioida johtopäätöksiä tehtäessä.

Korostettakoon vielä, että tuloksista ei voida päätellä VAK-vaunujen vaurioitumismekanismista mitään. Tulokset ovat myös sikäli konservatiivisia, että suistuva tai törmäävä vaunu ei välttämättä vaurioidu. Lisäksi vaikka käsittelyyn otettujen

onnettomuuksien valintakriteerit on pyritty saattamaan yksikäsitteisiksi, joitakin tulkinnanvaraisuuksia aina jää. Tulosten avulla voidaan kuitenkin saada suuntaa-antava käsitys suojavaunujen vaikutuksesta VAK-turvallisuuteen.

5 KVALITATIIVINEN RISKITARKASTELU

5.1 Suojavaunujen vaikutusmekanismit VAK-onnettomuuden riskiin

5.1.1. Arviointiperusteet

Seuraavassa arvioidaan kvalitatiivisesti suojavaunujen vaikutusta onnettomuusriskiin luvussa 3 kuvattujen muutosten määrittelemässä turvallisuustilanteessa. Analyysi seuraa luvun 2 viitekehystä ja täydentää tilastoanalyysiä. Lisäksi se perustelee vaikutusmekanismeja vaihtotöiden osalta. Analyysi perustuu asiantuntijahaastatteluihin sekä hankkeen yhteydessä järjestettyyn työpajaan.

Viitekehysten mukaan tarkastellaan erikseen todennäköisyyksiä ja seurauksia törmäys-suistumis-, tasoristeysonnettomuus- ja vaihtotyötilanteessa sekä lopuksi suojavaunujen merkitystä pelastustoiminnalle.

5.1.2 Kalustonväliset törmäykset junaliikenteessä

Suojavaunujen käyttö ei vaikuta suoraan junien **törmäystodennäköisyyksiin** liikennesuoritetta kohti. On kuitenkin periaatteessa mahdollista, että mikäli suojavaunut poistettaisiin, pitkällä aikavälillä säästyvät vaunukilometrit alkaisivat näkyä vähentyneinä junakilometreinä, mikä laskisi törmäystodennäköisyyttä vuositasolla. Junakilometriä vähenemistä pidettiin kuitenkin toistaiseksi epätodennäköisenä ja vaikutuksiltaan mitättömänä.

Suojavaunuilla on merkitystä törmäyksen **seurausten** kannalta. Junakaluston, erityisesti tavarantoimiston ja VAK-aineiden kuljetuskaluston suorassa törmäyksessä syntyy erittäin suuria voimia. Vaunujen rakenteet (pl. uudet henkilövaunut, joihin on rakennettu erityisiä törmäysenergian absorptiovyöhykkeitä) eivät välttämättä juurikaan myötää, vaan vaunut sinkoutuvat törmäyksessä eri suuntiin, nousevat pystyyn, kiipeävät päällekkäin tai suistuvat radalta. Sinkoutumissuunnat ja -mekanismit riippuvat mm. vaunujen painoeroista, törmäysnopeudesta sekä radan ja puskinen geometriasta törmäyshetkellä. VAK-kalustossa mahdolliset ylisuorituksen estolaitteet estävät VAK-vaunujen nousemisen päällekkäin mutta eivät estä vaunujen muuta sinkoutumista.

Törmäykset ja niissä syntyvät vaunujen liikeradat ovat käytännössä mahdottomia ennustaa. Säiliövaunujen kannalta merkittäviä vaurioitumisskenaarioita lienee kolme:

1. säiliön repeäminen vaunun muodonmuutoksen seurauksena
2. seuraavan tai edellisen vaunun puskinen tunkeutuminen säiliön päädyn läpi
3. vaunun heittelehtiminen radalta ja kaatuminen, jolloin
 - yläluokku voi aueta
 - säiliö voi puhjeta osuessaan radan rakenteisiin, muiden vaunujen puskiin, kiviin tai vastaaviin
 - säiliön mahdolliset ulkonevat osat, esimerkiksi venttiilistöt tai yläluokun kaula, repeävät osuessaan johonkin säiliön liikkeessä eteenpäin kaatuneena

Törmäysenergian absorbointia keskeisempi vaikutus on kuitenkin yksinkertaisesti se, että kun kahdessa ensimmäisessä tai viimeisessä vaunussa ei ole VAK-aineita, onnettomuudessa vapautuvien aineiden määrä vähenee oleellisesti.

Esimerkiksi Suonenjoen törmäysonnettomuus muistuttaa VAK-tilannetta sikäli, että kolmantena vaununa olleessa venäläisessä 4-akselisessa konttivaunussa oli lastina 2 tyhjää vetyperoksidikonttia ja vaunun edessä oli kuormattu venäläinen tavaravaunu. Tämän edessä oli 2-akselinen kaksilla kytkimillä varustettu välivaunu, jolla venäläiset vaunut oli kytketty suomalaiseseen veturiin.

Törmäyksessä suojavaunupaikoilla olleet vaunut työntyivät tavarajunan veturin alle ja romutuivat. Sen sijaan kolmas vaunu pysyi ehjänä. Tilanteen lopputulemaan olivat luonnollisesti vaikuttamassa myös törmäyksen osapuolet ja niiden törmäysnopeudet. Matkustajajunan nopeus törmäyshetkellä oli 44km/h ja tavarajunan 25 km/h. Matkustajajunan pituus oli 178 metriä ja paino 390 tonnia. Tavarajunan pituus oli 676 metriä ja paino 1281 tonnia.

Yhteenvedona voidaan todeta, että

- Suonenjoen tapauksessa suojavaunut olisivat estäneet VAK-onnettomuuden
- Kontiomäen päälleajossa olisi 3 VAK-vaunun sijaan vahingoittunut 2 VAK-vaunua
- Ylämyllyn päälleajossa suojavaunuista ei olisi ollut hyötyä
- Kouvolan kylkeenajossa suojavaunuista ei olisi ollut hyötyä.

5.1.3 Suistumiset junaliikenteessä

Vaikka Ruotsin vastaavassa selvityksessä todettiin, että vaunun lisääminen junan etupäähän lisää junan jälkipään vaunujen suistumistodennäköisyyttä, tuloksen soveltaminen Suomeen on hankalaa. Lisäksi tilastotieteellisessä mielessä vaikutusta on kuitenkin pidettävä lähinnä tilastollisena yhteytenä, jonka suora soveltaminen vaatisi tilastollisten taustamuuttujien vertaamista ja tarvittaessa korjaamista. Tässä mielessä suojavaunujen merkityksestä suistumistodennäköisyyteen ei voida sanoa mitään varmaa. Näyttäisi siltä, että yhteisvaikutus on hyvin pieni tai sitä ei ole.

Kuten taulukosta 3.4 ilmenee, kaikki tapahtuneet VAK-kalusto-onnettomuudet ovat olleet suistumisia. Yleinen asiantuntijamielipide on kuitenkin, että **suojavaunuilla ei ole merkittävää vaikutusta suistumistodennäköisyyteen**. Tätä tukee myös se, että luvun 4 analyysin mukaan vaunuja suistuu useammin ja enemmän junan keskeltä kuin päistä.

Suistunut vaunu voi ajautua radan läheisiin rakenteisiin, ratapihoilla muuta kalustoa vasten tai edellisen/seuraavan vaunun puskimeen ja puhjeta päädystään. Myös muodonmuutokset voivat repiä säiliöiden saumoja. Toisaalta vaunu voi kaatua, jolloin

- o Edellisen/seuraavan vaunun puskin voi puhkaista sen säiliön päädyn
- o yläluukku voi aueta
- o säiliö voi puhjeta osuessaan radan rakenteisiin, muiden vaunujen puskimiin, kiviin tai vastaaviin
- o säiliön mahdolliset ulkonevat osat, esimerkiksi venttiilistöt tai yläluukun kaula, repeävät osuessaan johonkin säiliön liikkeessä eteenpäin kaatuneena.

Esimerkiksi Vainikkalan onnettomuudessa 1999 suistumisen seurauksena venäläisiä raakaöljysäiliövaunuja kaatui vasemmalle kyljelleen. Öljy valui maahan kaatuneiden vaunujen yläluukuista sekä vaunujen keskuspuskinten edellisten vaunujen säiliöiden päihin tekemistä rei'istä ja syttyi tuleen ajojohdinten pudottua maahan.

Suojavaunujen merkitys suistumisonnettomuuden **seurausten** kannalta on niin ikään hyvin moniselitteinen. Mikäli suistuminen tapahtuu junan päistä, suojavaunut ovat osaltaan absorboimassa liike-energiaa. Vaikutukset ovat kuitenkin ilmeisesti huomattavasti rajoitetumpia kuin törmäyksessä. On mahdollista (mutta epäselvää), että kevyempään vaunuun kytketty VAK-vaunu kaatuu helpommin kuin samanpainoiseen vaunuun tai veturiin kytketty. Lisäksi suojavaunuissa on tilanteen kannalta ylimääräisiä puskimia, joilla on ilmeisesti keskeinen merkitys säiliövaunujen vaurioitumisen kannalta. Esimerkiksi Riihimäen etanolionnettomuudessa vahingon aiheutti kevyemmän vaunun puskimen kiipeäminen edellisen vaunun puskimen yli ja puhkaisten säiliön päädyn. Toisaalta kuitenkin suojavaunumääräysten purkaminen ja suojavaunujen korvautuminen VAK-vaunuilla johtaisi siihen, että jos suistuminen tapahtuu junan alku- tai loppupäässä, suojavaunujen sijaan suistuu VAK-vaunuja. Nämä tapaukset ovat kuitenkin tilastojen mukaan harvinaisempia kuin suistumiset junan keskeltä.

5.1.4 Tasoristeysonnettomuudet

Suojavaunujen käyttö ei vaikuta tasoristeysonnettomuuden **todennäköisyyteen** liikennesuoritetasolla. Mikäli suojavaunujen käytön lopettamisesta vähenevät vaunukilometrit vähentävät jollakin aikavälillä junakilometrejä, vuositason todennäköisyys laskee hieman.

Junan, erityisesti tavarajunan, ja tiellä liikkuvan moottoriajoneuvon painoero on niin suuri, että äärimmäisessäkin tapauksessa tasoristeysonnettomuus ei ilmeisesti johda junien välisen törmäyksen tyyppiseen tilanteeseen. Käytännössä joko pelkästään veturi vaurioituu tai tasoristeysonnettomuuden toinen osapuoli suistaa veturin ja mahdollisesti junan alkupään vaunuja kiskoilta Tilanne ja suojavaunujen vaikutus seurauksiin on siis samankaltainen kuin suistuminen junan päistä. Suurimpana vaikutuksena nähtiin jälleen se, että suojavaunuja käytettäessä suojavaunupaikoilta ei suistu VAK-vaunuja.

Tasoristeysonnettomuus voi tapahtua myös niin päin, että esimerkiksi pimeällä auto ajaa junan kylkeen. Törmäyskohta on kuitenkin tällöin satunnainen, ja lisäksi tiedetään esimerkiksi kloorivaunun kestäneen rekan törmäyksen tasoristeyksessä kylkeensä, joten tämäntyyppisen onnettomuuden seurauksia on pidettävä pienenä.

Toisessa tilastoaineiston tasoristeysonnettomuudessa VAK-onnettomuudelta olisi vältytty suojavaunujen ansiosta kokonaan ja toisessa mahdollisesti vapautuvien aineiden määrä olisi pienentynyt puolella.

5.1.5 Vaihtotyöonnettomuudet

Normaalissa alle 35 kmh⁻¹ nopeudella suoritettavassa vaihtotyössä ei käytetä suojavaunuja, joten **suojavaunuilla ei ole suoraa merkitystä onnettomuuksien seurauksiin**. Toisaalta on huomattavaa, että vaihtotöissä siirretään jo muodostettuja junia. Tällöin on mahdollista että kevyempi vaunu suistuu tai aiheuttaa seurauksia, kuten Riihimäen kuvatussa etanolionnettomuudessa (kts. Luku 3.4.4) Vaihtotyöonnettomuus, jossa mukana on ollut suojavaunuja, on nähtävissä kuvassa 5.1.



Kuva 5.1 Vaihdotyöonnettomuus Helsingissä 1997 (Lähde: OTK Tutkintaselostus C13/1998R)

Suojavaunut lisäävät VAK-kuljetuksiin liittyvien vaihtotöiden määrää hankkeen haastattelujen perusteella arviolta 5-10 %. Tähän vaihtotyölisään osallistuvat myös VAK-vaunut, joten **suojavaunujen käyttö lisää VAK-vaihdotyöonnettomuuksien todennäköisyyttä 5-10 %/junakm.** Suojavaunujen käytöstä syntyy myös kustannuksia, joita tarkasteltiin toisaalla.

Aineiston valossa vaihtotyöonnettomuudet näyttäisivät olevan VAK-mielessä useimmiten merkityksettömiä mm. junaturvallisuussäännössä määritellyn alhaisen vaihtotyönopeusmaksimin vuoksi. Keskeiset onnettomuuksien aiheuttajat ovat raiteiden huono kunto ja inhimilliset erheet. On kuitenkin varsin mahdollista, että vaihtotöissäkin sattuu merkittävä VAK-onnettomuus, kuten Riihimäen etanolionnettomuus kuvastaa.

5.3 Onnettomuuden torjuntatoimet

Onnettomuuden jälkeisessä tilanteessa suojavaunuilla on arvioitu olevan seuraavia vaikutuksia

1. Suojavaunut veturin ja palavien VAK-aineiden välissä saattavat diesel-veturin tapauksessa pienentää tulipalon todennäköisyyttä (tosin suurin osa VAK-reiteistä on sähköistetty ja keskeisin tulipalon syyttävä on putoava ajojohdin)
2. Välivaunut rajoittavat onnettomuuden seurausten leviämistä
3. Suoja- tai välivaunut mahdollistavat tulipalotilanteessa ehjien vaunujen irrottamisen turvallisesti

Pelastustoimen hankkeessa kuultujen asiantuntijoiden mielipide suojavaunumääräysten muuttamisesta on kielteinen.

Silloin, kuin onnettomuuden seuraukset ovat paikallisia ja/tai ajallisesti täysin korjattavia, suojavaunuista saatava hyöty ei ehkä ole kuin marginaalinen. Sen sijaan mahdollisessa suuronnettomuustilanteessa suojavaunut voivat merkittävästi vähentää onnettomuustapahtuman seurauksia.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Suomessa VAK-raide liikenteen osuus kaikesta tavaraliikenteestä on n. 15 % ja absoluuttisesti tonnikipometreinä Pohjoismaiden suurin. Syynä tähän ovat pitkät etäisyydet, merkittävät metsä- ja kemianteollisuuden tarpeet ja laaja transitoliikenne Venäjältä etelärannikon satamiin. Johtopäätöksenä voidaan todeta:

1. Suomen rataverkko ja VAK-rautatieliikenne eivät merkittävästi poikkea muiden Pohjoismaiden verkoista ja liikenteestä muuten paitsi volyyminsa osalta.

Yleinen turvallisuusajattelu on muuttunut merkittävästi 1970-luvulta 2000-luvulle. Riskienhallinnasta on tullut eräs toimintaa ohjaava näkökulma. Erityisesti muutos on korostunut kaikilla vaarallisten aineiden kanssa tekemisissä olevilla tahoilla. Myös imagokysymykset ovat nousseet keskeisiksi.

Vastaavasti rautatiekuljetusten turvallisuuteen on panostettu merkittävästi. Erilaiset törmäysten ja peräänajojen estämiseen tähtäävät järjestelmät, kuten suojastus ja junakulunvalvonta pienentävät merkittävästi törmäystodennäköisyyksiä rataosuuksilla. Toisaalta kuitenkin samaan aikaan kasvavat junapainot ja nopeudet ovat lisänneet törmäysenergiaa. Törmäys sattuu siis yhä pienemmällä todennäköisyydellä mutta yhä vakavammin potentiaalisin seurauksin.

Myös ratapihoilla ja liikennepaikoilla on tapahtunut kehitystä, mutta tämä kehitys ei ilmeisesti ole ollut vaikutuksiltaan yhtä suurta; käsitellyn aineiston junaliikenteen neljästä törmäyksestä kolme on tapahtunut liikennepaikoilla. Lisäksi ratapihat ovat monimutkaisia kokonaisuuksia, joissa esimerkiksi erehtymisen vaara on suuri. Liikennepaikat sijaitsevat usein asuttujen alueiden lähellä, mikä pahentaa erityisesti suuronnettomuuden mahdollisuutta ja seurauksia.

Tasoristeysonnettomuuksien määrä on saatu pidettyä aktiivisella tasoristeysten poistamisella ja parantamisella suurin piirtein vakiona viimeisten 10 vuoden aikana. Suomessa tapahtuu kuitenkin enemmän tasoristeysonnettomuuksia kuin muissa Pohjoismaissa. Tasoristeysonnettomuudet eivät ole VAK-onnettomuuksien kannalta keskeisiä. Onnettomuustutkintakeskuksen tutkinnoista vain kahdessa tapauksessa VR:n vuosina 1996-2005 tilastoimasta 489 tapauksesta on vaunuja suistunut ja vahingoittunut.

Tavaraliikenteen suistumistapahtumien määrissä ei ole nähtävissä laskua viimeisten 10 vuoden aikana. Sen sijaan 1970-lukuun verrattuna suistumisia tapahtuu lähes 10 kertaa vähemmän. Suistumisia tapahtuu silti edelleen liikennesuoritteeseen suhteutettuna moninkertainen määrä törmäyksiin ja merkittäviin tasoristeysonnettomuuksiin verrattuna. Myös kaikki 3 viimeisten 10 vuoden aikajänteellä tapahtunutta junaliikenteen VAK-onnettomuutta on tapahtunut suistumalla. Suistuminen tapahtuu useammin junan keskeltä kuin päistä, ja keskeltä suistuu kerralla keskimäärin enemmän vaunuja. Varovasti arvioiden näyttäisi kuitenkin siltä, että suistumisessa kaatuvien vaunujen määrä on pienentynyt. Selkeää selitystä ilmiölle ei ole löydetty.

Vaihtotöissä on tapahtunut useita onnettomuuksia VAK-kalustolla. Näistä viimeisin, joka johti vaarallisen aineen päästöön, oli Riihimäen etanolionnettomuus 1995. Muista vaihtotyöonnettomuuksista yksikään ei ole johtanut varsinaiseen VAK-onnettomuuteen.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että

2. Junien välisen törmäyksen todennäköisyys on pienentynyt merkittävästi erilaisten teknisten parannusten ansiosta. Tekniset parannukset ovat kohdistuneet pääasiassa linjaosuuksille. Ratapihoilla ja liikennepaikoilla tapahtuvien törmäysten suhteellinen osuus kaikista törmäyksistä saattaa siten olla kasvussa.
3. Törmäyksen seuraukset ovat kuitenkin kasvaneet muun junaliikenteen suurempien nopeuksien mutta erityisesti kasvaneiden massojen vuoksi.
4. Yleisin ja ilmeisesti myös merkittävin onnettomuusmekanismi tavarajunaliikenteessä ja VAK-liikenteessä on suistuminen.
5. VAK-mielessä suistumisen seuraukset ovat lähes yhtä vaaralliset kuin törmäyksen.
6. Tasoristeysonnettomuudet ovat usein VAK-mielessä merkityksettömiä. Merkittävät tasoristeysonnettomuudet johtavat suistumistyyppiseen tilanteeseen.
7. Mahdolliset vaihtotyöonnettomuudet jäävät matalien nopeuksien vuoksi seurauksiltaan ja myös vaikutuksiltaan yleensä melko pieniksi.

Suojavaunujen käyttö ei merkittävästi vaikuta törmäys-, suistumis- tai tasoristeysonnettomuuden todennäköisyyteen. Suojavaunujen käyttö lisää vaihtotöitä arviolta 5-10 %. Koska myös VAK-vaunut osallistuvat vaihtotöihin, VAK-onnettomuuden todennäköisyys kasvaa samassa suhteessa.

8. **Suojavaunujen merkitys törmäyksen seurausten vähentämisessä on kiistaton. Tärkein mekanismi on törmäyksessä potentiaalisesti vapautuvan VAK-aineen määrän väheneminen.**

On kuitenkin huomattava, että mitä korkeammat nopeudet tai suurempi massa ovat, sitä useampi vaunu vahingoittuu, ja sitä pienemmän osuuden kiinteä määrä suojavaunuja muodostaa kokonaisuudesta, joten nopeuksien noustessa suojavaunujen merkitys kokonaisuuden kannalta vähenee.

Suojavaunuilla on merkitystä myös suistumisen seurauksille, sillä suojavaunuja käytettäessä osa suistuvista vaunuista on suojavaunuja. Merkitys on kuitenkin melko pieni ja syntyy alkuperäisen tavoitteen sivuvaikutuksena. Suistumiseen johtavassa tasoristeysonnettomuudessa suojavaunut vähentävät suistumiseen osallistuvien VAK-vaunujen määrää. Koska suistuminen tapahtuu junan alkupäästä, vaikutus voi olla melko suurikin.

Onnettomuustilanteessa välivaunut vähentävät suuronnettomuuden mahdollisuutta ja mahdollistavat palotilanteessa turvallisen ehjien vaunujen siirron pois palosta ja rajaavat palon leviämistä.

Suojavaunujen käyttö maksaa Suomessa arviolta noin 1M € vuodessa. VR Cargon tavaraliikenteen liikevaihto v. 2005 oli n. 330 milj € Tästä suojavaunujen kustannukset ovat 0,3 %.

Suojavaunujen käytöstä voidaan vetää seuraavat johtopäätökset:

9. **Suojavaunujen paras vaikutus suuntautuu törmäyksiin ja pahoihin tasoristeysonnettomuuksiin, mutta keskeisin onnettomuustyyppi on tällä hetkellä suistuminen.**

10. Potentiaalisissa suuronnettomuustilanteissa suoja- ja välivaunuilla on merkitystä onnettomuuden seurausten rajaamiselle ja pelastustoiminnan helpottamiselle. Merkitys näyttäisi kohdentuvan eniten harvinaisiin mutta potentiaalisilta seurauksiltaan erittäin suuriin onnettomuuksiin.

Suojavaunut vähentävät myös suistumisen seurauksia jossain määrin, joskin tämä on niiden alkuperäisen tavoitteen sivuvaikutus. Toisaalta kevyempi vaunu voi myös aiheuttaa seurauksia. Suojavaunut ovat nähtävästi suhteellisen kohtuuhintainen ja Suomessa vakiintunut riskienhallinnan toimi. Suojavaunut eivät kuitenkaan välttämättä ole kustannustehokkain mahdollinen riskienhallinnan toimi, ja tätä tulisi tarkemmin selvittää.

Tämän selvityksen puitteissa on mahdotonta yksiselitteisesti todeta suojavaunujen mahdollista tarpeellisuutta tai välttämättömyyttä. Työssä on pyritty nostamaan esiin keskeisiä kysymyksen vaikuttavia tekijöitä ja analysoimaan niiden merkitystä.

On selvää, että suojavaunut ovat edelleen suhteellisen helposti kohdennettu ja Suomessa vakiintunut tapa pitää yllä raideturvallisuutta, joka ei vaadi rakenteellisia muutoksia esimerkiksi kansainvälisessä omistuksessa olevassa kalustossa.

Siten voisi olla perusteltua harkita suojavaunumääräysten sisällyttämistä kansainvälisen lainsäädäntöön, erityisesti suuronnettomuusvaarallisten VAK-kuljetusten kohdalla.

Näitä olisivat ensisijaisesti myrkylliset kaasut, joissa onnettomuuden seuraukset esimerkiksi vilkkaalla taajama-alueella voivat olla erittäin merkittäviä. Tässä tulisi myös kiinnittää huomioita suojavaunuina käytettävien vaunujen painoon, jotta kiipeämistä ja sen kautta tapahtuvaa säiliön vaurioitumistodennäköisyyden lisääntymistä ei tapahtuisi onnettomuuden seurauksena. Myrkyllisten kaasujen lisäksi voidaan katsoa, että myös palaviin kaasuihin kytkeytyvä riski on suuri, joskin seuraukset ovat paikallisimpia.

Erityisesti suositellaan että suojavaunujen merkitystä pelastustoimen suorittamien ensitorjuntatoimien kannalta mallinnettaisiin systemaattisesti ja huomioitaisiin lainsäädännön kehittämisessä.

LÄHTEET

Driftuheld 2004: Banedanmark, Tanska

Freden, Sven, 1999: ”Skyddsvagnarnas betydelse för säkerheten vid transport av farligt gods på järnväg”, Statens väg och transportsforskningsinstitut, Linköping

Jernbanetilsyn 2004: Ulykkesstatistikk., Norja

Lautkaski, Risto, Mankamo, Tuomas, Ikonen, Kari, Kärkkäinen, Matti, Oikarinen, Seppo, ja Viitamo, Jorma, 1976: ”Kloorikuljetusten onnettomuusriskitutkimus” VTT Ydinvoimatekniikan laborotorio

Lautkaski, Risto, Lehikoinen, Pertti, Kärkkäinen, Matti, Heikkilä, Martti ja Mankamo, Tuomas, 1978: ”Ammoniakin ja rikkidioksidin kuljetukset” VTT Ydinvoimatekniikan laborotorio, tiedonanto 37

Lautkaski, Risto, Puttonen, Jari, Raiko, Heikki, Vuorio, Matti ja Fieandt, Jorma, 1981: ”Nestekaasun kuljetukset” VTT tutkimuksia 6/1981

LVM, 2004: ”Vaarallisten aineiden kuljetukset 2002 - Viisivuotisselvitys”, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 47/2004.

Miettinen, Seija ja Virtanen, Liisa, 2005: ”Vaarallisten aineiden kuljetus rautatiellä 2005 sekä merellä ja ilmassa”. Kirjavälitys, Vantaa

OTIF, 2005: “An introduction to the basic principles of risk assessment for chapter 1.9 RID: Generic Guidelines for the calculation of Risk due to Railway Transport of Dangerous Goods”, Draft, Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail (OTIF).

OTIF, 2006: “Texts adopted by the 42nd Session of the RID Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods (Madrid, 21 - 25 November 2005) for entry into force on 1 January 2007”, Notification, 1 January 2007 edition of RID, OCTI/RID/Not./42, 31 January 2006, Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail (OTIF), http://www.otif.org/html/e/rid_notifications_2007.php.

Statens järnvägar: Trafiksäkerheten, useita vuosia, Ruotsi

UIC, 2004: ”Safety Data Base” - UIC-SDB Definitions, 14 Oct 2004, International Union of Railways.

VR: onnettomuus- ja vaurioutilastot 1994-2005, VR.

Svarvar, P. ja Persson, U. 1994 ; Ekonomisk analys av farligt gods-olyckor vid järnvägs- och tankbilstransporter av ammoniak och bensin. Statens vägoch transportforskningsinstitut (VTI). Rapport 387:5. Linköping

LIITE 1: TYÖPAJAAN OSALLISTUJAT

Kari Karjalainen, VR, turvallisuusyksikkö

Arto Taskinen, VR turvallisuusyksikkö

Pentti Haapala, RHK rataverkko-osasto

Kari Pulli, RHK, turvallisuusosasto

Liisa Virtanen, LVM

Seija Miettinen-Bellevergue, LVM

Esko Värhtiö, OTK

Jouni Karhunen, VR Cargo

LIITE 2: HAASTATELLUT TAHOT

Kari Karjalainen, VR, turvallisuusyksikkö

Yrjö Poutiainen, VR turvallisuusyksikkö

Pentti Haapala, RHK rataverkko-osasto

Kari Pulli, RHK, turvallisuusosasto

Esko Värhtiö, OTK

Jouni Karhunen, VR Cargo

Veli-Pekka Mouhu, VR Cargo

Sven Freden (entinen VIT, Ruotsi)

Raimo Aarnio, Varsinais-Suomen pelastustoimi

Simo Wecksten, Uudenmaan pelastustoimi

Risto Lautkaski, VTT