

Riskiperusteinen vaikuttaminen Tiedosta toimenpiteisiin -projekti

Jari Nisula

Riskiperusteinen vaikuttaminen
Tiedosta toimenpiteisiin -projekti

Jari Nisula, Risk in Motion

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
Trafiksäkerhetsverket Trafi
Helsinki Helsingfors 2015

ISBN 978-952-311-095-3

ALKUSANAT

Trafi ilmaisi vuonna 2013 tahtonsa käynnistää tutkimusprojekti, jolla kehitetään menetelmiä riskiperusteiseen toiminnan ohjaukseen, eli keinoja maksimoida toiminnan positiivinen turvallisuusvaikutus liikennejärjestelmässä – unohtamatta kuitenkaan muita tärkeitä strategisia arvoja, kuten ympäristöä ja liikennejärjestelmän toimintavarmuutta.

Oli kehitettävä menetelmä, jolla kaikkien liikennemuotojen riskit saadaan vertailukelpoiksi ja prosessi, jonka avulla erilaisiin turvallisuusongelmiin pystytään vastaamaan oikeantyyppisillä ratkaisuilla. Menetelmän kehittämiseksi käynnistettiin maaliskuussa 2013 Tiedosta toimenpiteisiin -tutkimusprojekti. Trafin ulkopuolelta projektiin tutkijaksi valittiin Jari Nisula (Risk in Motion S.A.S). Projektin ohjausryhmään kuuluivat:

- merenkulkujohtaja Tuomas Routa / Trafi
- ilmailujohtaja Pekka Henttu / Trafi
- tieliikennejohtaja Marko Sillanpää / Trafi
- toimialajohtaja Olli Lindroos / Trafi
- toimialajohtaja Mia Nykopp / Trafi
- hallitusneuvos Silja Ruokola / Liikenne- ja viestintäministeriö
- johtava asiantuntija Heli Koivu / Trafi

Projektin aikana kehitettiin riskiperusteisen vaikuttamisen prosessi, joka perustuu moderniin käsitykseen riskienhallinnasta monimutkaisissa järjestelmissä. Kehitetty prosessi on ainutlaatuinen koko maailmassa.

Tässä tutkimusraportissa kuvataan riskiperusteisen vaikuttamisen prosessi sekä siihen kuuluvat erilaiset riskiarviointi- ja päätöksentekomenetelmät. Trafin toiveena on, että nämä turvallisuustieteeseen perustuvat mutta samalla hyvin käytännönläheiset tulokset hyödyttävät liikenteen riskien parissa toimivia yhteisöjä, organisaatioita ja viranomaistahoja.

Helsingissä, 31. maaliskuuta 2015

Tuomas Routa
Ohjausryhmän puheenjohtaja, merenkulkujohtaja
Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

FÖRORD

År 2013 uttryckte Trafi sin vilja att starta ett forskningsprojekt i syfte att ta fram metoder för riskbaserad styrning av verksamheten dvs. instrument för att maximera en positiv säkerhetsverkan i verksamheten – utan att dock förglömma andra viktiga strategiska värden, såsom den miljömässiga hållbarheten och transportsystemets tillförlitlighet.

Det gällde att ta fram en metod genom vilken riskerna i de olika trafikslagen görs jämförbara och en process genom vilken man kan ta itu med olika slags säkerhetsproblem genom lösningar av rätt typ. I mars 2013 startades forskningsprojektet Från information till åtgärder för att ta fram metoden. Trafi utsåg Jari Nisula (Risk in Motion S.A.S) till forskare inom projektet. Följande personer ingick i projektets styrningsgrupp:

- sjöfartsdirektör Tuomas Routa, Trafi
- luftfartsdirektör Pekka Henttu, Trafi
- vägtrafikdirektör Marko Sillanpää, Trafi
- sektordirektör Olli Lindroos, Trafi
- sektordirektör Mia Nykopp, Trafi
- regeringsrådet Silja Ruokola, Kommunikationsministeriet
- ledande sakkunnig Heli Koivu, Trafi

Under projektets gång utvecklades det en process för riskbaserad verksamhetsstyrning som grundar sig på en modern uppfattning av riskhantering i komplexa system. Den process som tagits fram är i dag unik i hela världen.

I denna forskningsrapport beskrivs processen för riskbaserad verksamhetsstyrning och de olika riskbedömnings- och beslutsmetoder som ingår i den. Det är Trafis önskemål att dessa resultat som grundar sig på säkerhetsvetenskapen men i detsamma är mycket praktiska är till nytta för samfund, organisationer och myndigheter som arbetar med riskerna i trafiken.

Helsingfors, den 31 mars 2015

Tuomas Routa
ordförande för styrningsgruppen, sjöfartsdirektör
Trafiksäkerhetsverket Trafi

FOREWORD

In 2013, Trafi expressed a desire to launch a research project to develop methods supporting a risk-guided *modus operandi*. This implies maximizing the positive safety impact without ignoring other important strategic values, such as environmental sustainability and reliability of the transport system.

The challenge was to develop a methodology which would make all risks from all modes of transport comparable – and a related process which helps find suitable actions to address various types of safety issues. The ‘Tiedosta toimenpiteisiin’ (‘from data to action’) project was launched in March 2013 to create the methodology. External researcher Jari Nisula (Risk in Motion S.A.S) was asked to support the project. The steering group members were:

- Tuomas Routa, Director General of Maritime Sector, Trafi
- Pekka Henttu, Director General of Civil Aviation, Trafi
- Marko Sillanpää, Director General of Road Transport, Trafi
- Olli Lindroos, Director General of Means of Transport, Trafi
- Mia Nykopp, Director General of Transport System and Development Sector, Trafi
- Silja Ruokola, Senior Government Adviser, Ministry of Transport and Communications
- Heli Koivu, Chief Adviser to Director General of Civil Aviation, Trafi

The main deliverable of the project is the overall process enabling risk-guided steering of all agency functions. The process and the various methods supporting it are based on a modern understanding of risk management in complex adaptive systems. The resulting process is currently unique in the world.

This report outlines the developed process and the related risk assessment and decision making methods. Trafi hopes that these developments will be beneficial to many organizations dealing with transport risks around the world. In addition to this report in Finnish, there will gradually be other publications available in English.

Helsinki, 31 March 2015

Tuomas Routa
Chairman of steering group, Maritime Director
Finnish Transport Safety Agency (Trafi)

Vastuuvapauslauseke

Tämä tutkimus ei ole viranomaisen ohje, määräys, muu lainsäädäntötoimi tai neuvo. Tutkimuksen julkaisija, laatija tai Risk in Motion S.A.S ei ole vastuussa tutkimuksen käytöstä kolmannelle osapuolelle tai muulle sivulliselle aiheutuvasta vahingosta tai haitasta.

Ansvarsfrihetsklausul

Denna forskningsrapport är inte en myndighetsanvisning, föreskrift, annan lagstiftningsåtgärd eller ett råd. Den som har publicerat eller utarbetat denna rapport, eller Risk in Motion S.A.S, är inte ansvarig för skada eller olägenhet som orsakas till en tredje part eller andra utomstående av användningen av denna forskningsrapport.

Disclaimer

This research report is not a regulatory instruction, provision, legislative act or advisory publication. The publisher or drafter of this report, or Risk in Motion S.A.S, is not to be held responsible for any damage or harm caused to a third party or other outside persons or entities from the use of this research report.

Sisällysluettelo

Index

TIIVISTELMÄ

SAMMANFATTNING

ABSTRACT

1	Tutkimuksen tavoite	1
2	Tutkimuksen rajaus ja menetelmät	1
3	Lähtötilanne	2
3.1	Yhteenveto tilannekatsauksen tuloksista (syyskuu 2013)	2
3.2	Pohdintaa tilannekatsauksen tuloksista	3
4	Kirjallisuustutkimus.....	4
4.1	Kirjallisuustutkimuksen aihepiirit, niiden määrittely ja niiden valinnan perustelu	4
4.2	Kirjallisuustutkimuksen päätulokset aihepiireittäin	6
4.3	Kirjallisuustutkimuksen tulosten merkitys projektille	9
5	Malli 10	
5.1	Katsaus historiallisiin eksplisiittisiin ja implisiittisiin malleihin.....	10
5.2	Malliin liittyvän perusproblematiikan esittely	12
5.3	Eri lähestymistapoja pohjautuen kirjallisuuskatsaukseen.....	12
5.4	Uuden projektissa kehitetyn mallin esittely	13
5.5	Organisaation turvallisuuden arvioiminen	13
5.5.1	Organisaation turvallisuuteen vaikuttavat tekijät.....	13
5.5.2	Hahmotelmaa erilaisista turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä.....	14
5.6	Esimerkkitapausten analysointia mallin avulla	15
5.7	Mallin käytännön sovellusten esittely	17
5.8	Mallin vahvuuksien ja rajoitusten sekä parannusmahdollisuuksien pohdintaa	18
6	Tutkimuksen tulokset	19
6.1	Turvallisuusdatan keräykseen liittyviä suosituksia.....	19
6.1.1	Turvallisuusdatan keräämisen tavoitteet	19
6.1.2	Tilannekatsauksen jälkeen tapahtuneita muutoksia datan keräyksessä	20
6.1.3	Perustellut ehdotukset turvallisuusdatan keräämisen kehittämiseksi, liikennemuotokohtaisesti	21
6.1.4	Suosittelun seuraamisen vaikutus kehitettyjen riskiarviointimenetelmien ja mallin näkökulmasta.....	23
6.1.5	Ajatuksia uusien keräysmetodien käytännön toteuttamisesta.....	24
6.2	Tulosten vertailu maailmalla käytössä oleviin menetelmiin	25
7	Tulosten toimeenpano Trafissa.....	28
8	Projektin tavoitteiden ja tulosten vertailua	29
9	Avainasiat nyt ja tulevaisuudessa.....	30
9.1	Ajankohtaiset asiat.....	30
9.2	Tulevaisuuden avainasiat	32
	Lähdeluettelo	34

TIIVISTELMÄ

Kaksivuotisen Tiedosta toimenpiteisiin -projektin aikana kehitettiin riskiperusteisen vaikuttamisen prosessi, joka perustuu moderniin käsitykseen riskienhallinnasta monimutkaisissa järjestelmissä. Prosessissa parannetaan jatkuvasti käsitystä liikennejärjestelmän riskeistä ja siitä, kuinka järjestelmään pystytään parhaiten vaikuttamaan. Prosessi kattaa turvallisuustiedon *keräämisen*, sen *integroimisen* riskien kokonaiskuvaksi, muutoskohteiden *tunnistamisen*, kohdejärjestelmän dynamiikan *ymmärtämisen* ennen toimenpiteiden suunnittelua sekä *kokeilujen ja toimenpiteiden hallinnan*.

Toiminnan ytimessä on riskipajatyöskentely, jossa tuodaan yhteen asiantuntemus ja kokemus Trafin eri toimialoilta. Riskiarviointi ja päätökset tehdään ensin liikennemuotokohtaisesti liikennemuotojohtajan johdolla. Sitten sama tehdään koko liikennejärjestelmän tasolla, tuoden yhteen riskikuvaan eri liikennemuotojen riskit vertailukelpoisina. Analyysitoiminto tukee prosessin eri vaiheita. Riskienhallintamenetelmän toiminnot ovat yhteensopivia kansainvälisen riskienhallintastandardin ISO 31000:n kanssa.

Prosessi on dokumentoitu yksityiskohtaisesti ja trafilaiset ovat saaneet koulutusta sen perustana olevasta tieteellisestä materiaalista. Osa prosessista on jo käytössä, kuten *tapausriskiarviointi* sekä ns. *turvallisuustekijöiden* hyödyntäminen analyysityössä. Prosessin muita osia on kokeiltu ja harjoiteltu käytännössä – esim. Trafin eri toimialojen tietojen integroimista yhteen sekä kokeilujen ja toimenpiteiden laatimista.

Trafin riskiperusteisen vaikuttamisen prosessi on kehitetty uusimman tieteellisen tiedon pohjalta. Systeemiajattelu ja *monimutkaisten sopeutuvien järjestelmien* ymmärtäminen luovat yleisen raamin, jota täydentää mm. *Talebin* kirjallisuus *mustista joutsenista* (esim. täysin odottamattomat suuronnettomuudet). *Resilience Engineering* ja *Safety-II* -lähestymistapojen pyrkimys nähdä turvallisuus vastustuskyvyn olemassaolona (eikä onnettomuuksien poissaolona) näkyy mm. turvallisuustekijöiden kehittämisessä.

Prosessiin kuuluu myös radikaalisti uudenlaisia työmenetelmiä, jotka ovat *complexity*-tieteen uusimpia toimintatapoja, kun pyritään vaikuttamaan monimutkaiseen sosiotekniseen järjestelmään – kuten Suomen liikennejärjestelmään.

Monivuorovaikutteisissa (complex) järjestelmissä ei ole normaaleja syy-seuraus-yhteyksiä. Jarrujen parantaminen tai määräysten tiukentaminen eivät välttämättä lisää turvallisuutta. Ne voivat jopa sitä heikentää. Tämän tosiasian ja sen seurauksien hyväksyminen johtaa toimintatapoihin, jotka voivat aluksi yllättää.

Tässä uudessa maailmassa asiantuntemuksen, analyysin, suunnittelun ja tavoitteenasettelun teho on joskus hyvin rajallinen. Niiden rinnalle tulevat hallitut kokeilut, nopea palaute sekä tiivis vuorovaikutus sidosryhmien ja käyttäjien kanssa. Työmenetelmät eivät välttämättä enää tähtää yhden yhteisen suunnitelman luomiseen vaan monien erilaisten näkemysten kehittämiseen ja testaamiseen kokeilujen kautta. Asiantuntemus ja analyysi ovat yhä käytössä, mutta niiden toimialue rajataan niihin ongelmiin, joihin ne purevat. Riskiperusteisen vaikuttamisen prosessissa kannustetaan näiden uusien käsitteiden hallittuun hyödyntämiseen käytännön turvallisuustyössä.

SAMMANFATTNING

Under det tvååriga projektet *Från data till åtgärder* utvecklades det en process för riskbaserad styrning som grundar sig på en modern uppfattning av riskhantering i komplexa system. Under processens gång får ämbetsverket en allt bättre uppfattning om riskerna inom transportsystemet och om hur systemet kan påverkas på bästa sätt. Processen inbegriper *insamling* av data, en *sammanställning* av dem till en generell riskbild, *identifiering* av önskvärda förändringar, *instruktioner* för förståelse av det aktuella systemets dynamik före åtgärdsplaneringen samt *hantering av experiment och åtgärder*.

Det centrala i processen utgörs av riskhanteringsworkshoppar där sakkunskapen och erfarenheten inom Trafis olika verksamhetssektorer förs samman. Riskbedömningen görs och beslut fattas först för varje enskilt trafikslag under respektive direktörs ledning och därefter på transportsystemnivå. Verkets analysfunktion stödjer arbetet under de olika stadierna av processen. Riskhanteringsmetoden bygger på samma funktioner som ISO 31000 standarden.

Processen är dokumenterad i detalj och personalen på Trafi har gjorts förtrogen med det tillhörande vetenskapliga materialet. En del av processen är redan i bruk, exempelvis *riskbedömningen av händelser* och utnyttjandet av s.k. *säkerhetsfaktorer* i analysen av verkets arbete. Andra delar av processen, såsom sammanställning av data till en riskbild och utarbetande av åtgärder och experiment, har man testat och övat i praktiken.

Trafis process för riskbaserad styrning har utvecklats utgående från den allra senaste vetenskapliga forskningen på området. Systemtänkande och förståelse av *komplexa adaptiva system* skapar den allmänna ramen som kompletteras av N.N. *Talebs* verk om *svarta svanar* (t.ex. helt oförutsedda olyckor). Strävan hos *resilience engineering* och *Safety-II-metoderna* att se säkerheten som en positiv systemegenskap och inte enbart som frånvaro av olyckor syns bl.a. i det redan genomförda arbetet med att ta fram säkerhetsfaktorer.

Några radikalt nya arbetsmetoder ingår också i processen. De är inspirerade av *komplexitetsteorin* och är nödvändiga när önskvärda förändringar behöver införas i komplexa mänskliga system, såsom Finlands transportsystem.

Komplexa system saknar traditionella orsak och verkan-relationer. Bättre bromsar eller striktare regelverk förbättrar inte nödvändigtvis säkerheten. De kan t.o.m. ha motsatt verkan. Ett accepterande av detta faktum och konsekvenserna av det kan leda till arbetsmetoder som till en början kan synas överraskande.

I denna nya värld spelar sakkunskap, analys, planering och målsättning ibland en mycket underordnad roll. De kompletteras av kontrollerade experiment, snabb feedback och intensiv växelverkan mellan myndighet, intressegrupper och användare. Arbetsmetoderna har inte nödvändigtvis som mål att skapa en enda plan som alla är överens om utan att få fram skilda synpunkter och att testa potentiella lösningar genom att pröva sig fram. Sakkunskap och analys är fortfarande fullt gångbara men enbart vid problemlösning för vilka de är lämpade. Den process som nu har utvecklats sporrar till att utnyttja de nya tillvägagångssätten i det praktiska säkerhetsarbetet.

ABSTRACT

During the 2-year project, a risk-guided *modus operandi* was developed for the Finnish Transport Safety Agency. The theoretical base is in modern understanding of risk management in Complex Adaptive Systems. During the continuous process, the agency gains an ever-improving understanding of transport risks and the best ways to achieve positive change. The process covers *collection* of safety data, *integration* of all safety information into a risk picture, *identification* of desired changes, *guidance* on choosing the most promising courses of action and *managing experiments* and agency actions.

Risk management workshops are at the core of the process. They gather the expertise and experience within the Agency and allow risk assessment and decision making to be carried out – first for each mode of transport, and then at the level of the whole transport system. The analysis function in the agency supports various stages of the process. The defined risk management functions are in line with the ISO 31000 standard.

The process has been documented in detail and the related scientific material has been covered in training sessions at Trafi. Some parts of the process are already in use: for example taking advantage of event risk assessment and the so-called *safety factors* in the analysis work of the agency. Many other parts of the process have been experimented with: for example integrating information into the risk picture and defining agency actions and experiments.

The developed process reflects the latest scientific understanding of topics such as safety science, systems thinking, Complex Adaptive Systems, *Black Swan* events, Resilience Engineering and *Safety-II*. The vision of seeing safety as a positive system property rather than a lack of accidents is very visible, e.g. through the developed *safety factors*.

Some radically new working methods are also introduced, inspired by complexity thinking. These are necessary when one tries to introduce desired changes in a complex human system – such as the transport system.

Complex systems lack traditional cause-effect-relationships. Improving brakes or tightening regulations do not necessarily increase safety. They may even have the opposite effect. Accepting this fact and its consequences leads to working methods which may seem surprising.

In this new world, the role of expertise, analysis, planning and goal setting is sometimes very limited. Success often comes through managed experiments, fast feedback and cooperation with users and other agents in the systems. The target is not always a single agreed plan but the establishment of several differing views and testing related potential solutions through probing. Expertise and analysis are still valid but only in solving problems where they can succeed. The new developed process encourages the introduction of such new approaches in the practical safety work.

1 Tutkimuksen tavoite

Helmikuussa 2013 laadittu projektin tutkimussuunnitelma kuvaa projektin tavoitteet seuraavasti:

Projektin tavoitteena on kehittää tiettävästi ensimmäistä kertaa maailmassa viranomaispuolella liikennejärjestelmän, eli ilmailun, merenkulun, rautatie- ja tieliikenteen turvallisuusviranomaiselle systemaattiset ja kattavat menetelmät riskiperusteisen toiminnan mahdollistamiseksi.

Kulmakivet kaikissa liikennemuodoissa ovat seuraavat:

- Kattava riskikuva. Riskikuva tarkoittaa käytännössä sitä, että olemassa olevaa turvallisuustietoa voidaan ilmaista riskeinä, eikä vain tapausten lukumäärinä. Kun tapauksista tunnetaan aika, paikka ja paljon muita muuttujia, erilaisten onnettomuuksien riskiä voidaan alkaa tutkia suhteessa kaikkiin näihin muuttujiin.
- Liikennemuotokohtainen lista turvallisuustekijöistä, eli tekijöistä, joihin turvallisuus perustuu ja joihin vaikuttamalla voidaan säädellä liikenteen turvallisuutta. Yhtenä tavoitteena on turvallisuustekijöiden priorisointi riskitiedon avulla.
- Trafin vaikutuskeinovalikoima (ml. operatiiviset ja poliittiset keinot) ja käsitys eri keinojen tehosta suhteessa turvallisuustekijöihin.
- Selkeä näkemys ja kokemus uusista turvallisuustiedon keräystavoista, varsinkin niiltä alueilta, joilla tarvitaan lisää laadukasta turvallisuustietoa.

2 Tutkimuksen raja- ja menetelmät

Tutkimuksessa haluttiin hyötyä mahdollisimman paljon neljän liikennemuodon välisistä synergioista. Näin ollen tutkimus kattoi ilmailun, vesiliikenteen, rautatieliikenteen sekä tieliikenteen ja kehitystyössä pyrittiin huomioimaan sekä tilaisuudet synergioille että liikennemuotojen erityispiirteet. Ajallisesti projektin kesto oli 24 kuukautta alkaen 1. huhtikuuta 2013. Tutkimuksen raamiksi luotiin tutkimussuunnitelma, joka kuvaa kaikki tutkimusprojektin osa-alueet.

Prosessin kannalta projektissa tunnistettiin kolme osa-aluetta: data, sen prosessointi Trafissa sekä Trafin toimenpiteet. Haluttiin, että riskiperusteisuus huomioidaan näissä kaikissa. Datalla tarkoitetaan tässä tapauksessa kaikkea Trafiin saatavaa turvallisuustietoa – tyypillisimmillään turvallisuuspoikkeamaraportteja. Prosessointiin kuuluu mm. tapausten luokittelu, mutta ennen kaikkea niiden riskiarviointi. Valtaosa projektissa kehitetyistä menetelmistä kuuluu juuri prosessointivaiheeseen, johon sijoittuu myös riskipajatyöskentely lähes kokonaan. Kolmanteen vaiheeseen eli toimenpiteisiin kuuluu se, miten Trafi yrittää vaikuttaa ympäröivään liikennejärjestelmään.

Kehitystyö tapahtui yhteistyössä ulkopuolisen tutkijan ja Trafin henkilöstön välillä. Tutkijan päätehtävänä oli tuoda uusin tutkimustieto ja kehittää sen perusteella uusia Trafin tarpeiden mukaisia menetelmiä. Menetelmien luonnosversioita kokeiltiin Trafissa, ja Trafin asiantuntijat olivat avainasemassa, kun menetelmiä räätälöitiin ja jatkokehitettiin. Tutkija vastasi myös trafilaisten kouluttamisesta kehitystyöhön liittyvän materiaalin pohjalta sekä suositusten antamisesta tulevaisuuden kehityskohteiden suhteen.

Tutkimuksen aikana kartoitettiin Trafiin saapuva turvallisuustieto ja aina kun mahdollista, näitä datalähteitä seurattiin niiden juurille, jotta saataisiin syvällinen ymmärrys kunkin datalähteen erityispiirteistä ja rajoituksista. Tämän takia projektiin kuului useita tapaamisia Trafin sidosryhmien kanssa, esimerkkeinä mm. Poliisi, VTS-keskukset sekä rautatieliikenteen ohjauskeskus.

3 Lähtötilanne

Projektin alkuvaiheeseen kuului yksityiskohtainen tilannekatsaus, jonka kautta kartoitettiin käytössä olevat menetelmät ja turvallisuustieto. Katsaus tehtiin jokaiselle neljälle liikennemuodolle. Katsauksen tekoajankohta ajoittui välille huhti-syyskuu 2013. Luku 3.1 esittää yhteenvedon tilannekatsauksen tuloksista ja luku 3.2 niihin liittyvää pohdintaa.

3.1 Yhteenvedo tilannekatsauksen tuloksista (syyskuu 2013)

Jos tavoitetaso asetetaan siinä mielessä korkealle, että halutaan kattava ja luotettava kuva liikennejärjestelmän reaaliaikaisesta turvallisuudesta, niin joudutaan toteamaan, että yhdenkään liikennemuodon turvallisuusdata ei tällä hetkellä saavuta tätä tavoitetta. Tämä on luonnollista niin kauan kun dataa ei saada useasta erityyppisestä lähteestä. Jokaisella datatyypillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa ja ne täydentävät toinen toisiaan ja kompensoivat toistensa sokeita kohtia ja vääristymiä.

Kehitysnäkymät ovat kaikissa liikennemuodoissa kuitenkin hyvät – jo lähitulevaisuudessa. Näiden asioiden parissa työskentelevät trafilaiset ovat myös osoittaneet dynaamisuutensa ja valmiutensa ottaa käyttöön uusia menetelmiä ja jopa kehittää niitä omatoimisesti eteenpäin.

Nykyisen liikennejärjestelmän alla on neljä liikennemuotoa. Tieliikenteen data liittyy ennen kaikkea konkreettisiin, jo tapahtuneisiin onnettomuuksiin, jotka kohdistuvat tyypillisesti muutamaa ihmiseen. Muissa liikennemuodoissa pääuhkakuva on suuronnettomuus (sekä turvallisuus- että ympäristömielessä), mutta onnettomuuksien harvinaisuuden takia data heijastelee pääasiassa vaaratilanteita ja uhkia. Vesiliikenteeseen sekä ilmailuun sisältyy kuitenkin myös yksityisautoilun kaltainen harrastepuoli: veneily ja harrasteilmailu. Nämä jäävät ko. liikennemuotojen sisällä luonnollisista painotussyistä helposti ammattiliikenteen varjoon.

Parhaiden puolien hyväksikäyttäminen sekä liikennejärjestelmäperspektiivistä että liikennemuotojaosta on tilaisuus, jota ei saa jättää käyttämättä. Tämä voisi tarkoittaa mm. sitä, että riskiarvioinnin tuloksia tarkastellaan paitsi liikennemuotokohtaisesti myös liikennejärjestelmäperspektiivistä. Tällöin voitaisiin esim. verrata kaiken ammattiliikenteen ja kaiken harrasteliikenteen turvallisuutta toisiinsa – koko liikennejärjestelmän tasolla. Toisaalta parhaiden mahdollisten riskikuvien luomiseksi kunkin liikennemuodon sisäistä Risk Review Board -toimintatapaa kannattaisi vaalia ja vahvistaa. Se tarjoaa alan asiantuntijoille kriittisen vuorovaikutustilaisuuden, jonka avulla saadaan kaikkien tieto ja kokemus hyödynnettyä ja luotua turvallisuudesta ja riskeistä yhteinen käsitys.

Tilannekatsauksen päätavoite oli nykytoiminnan ja -datan ymmärtäminen niin, että saadaan lähtökohta kehitystyölle, jonka seurauksena saadaan aikaan menetelmät ris-

kikuvien luomiseksi ja luodaan suosituksia datalähteiden kehittämiseksi. Tämä tavoite on saavutettu. Projekti voi nyt siirtyä seuraavaan vaiheeseen, jossa uusien menetelmien kehitystyö alkaa.

3.2 Pohdintaa tilannekatsauksen tuloksista

Riskiperusteisuuden kannalta voidaan tämän tutkimusprojektin lähtötilanteesta tehdä seuraavat huomiot:

- Hyvää asiantuntemusta oli käytettävissä paljon ja trafilaisten taustoista löytyi kiitettävä määrä diversiteettiä.
- Vuosi- ja osavuosisikatsausten lisäksi tehtiin erilaisia ad hoc -analyyskejä. Saatiin otettua kantaa kulloinkin akuutteihin aiheisiin ja kuvattua liikenneturvallisuuden tilaa säännöllisesti ennen kaikkea tilastojen avulla.
- Priorisoinnin kannalta hyödyllistä kokonaiskuvaa yhden liikennemuodon tai koko liikennejärjestelmän riskeistä ei ollut käytettävissä. Eri uhkia ei pystytty esittämään yhteismitallisesti ja vertailemaan.
- Oli luotu indikaattorit, joilla pyritään kuvaamaan eri turvallisuusongelmien tilaa lukumääräisesti.
- Tehdyissä kuvaajissa mitattiin tapausten lukumääriä. Riskiä ei vielä kyetty käsittelemään (mittayksikkönä).
- Datan keräämisessä oli pragmaattinen lähestymistapa: raportteja ja muuta dataa haluttiin lisää. Teoriaan perustuvia periaatteita siitä, millaista dataa halutaan ja millä resurssikustannuksella ei ollut havaittavissa.
- Teoreettisena pohjana oli negatiivisten asioiden seuraaminen ja niiden poistaminen eli Safety-I lähestymistapa. Turvallisuuden käsitteleminen positiivisesti mitattavana ominaisuutena oli uutta.
- Trafin toimivalta nähtiin usein käytännössä myös sen rajana mitä kannattaa seurata ja mistä kannattaa keskustella.
- Ei ollut käytettävissä kokonaisvaltaista tapaa arvioida toimenpiteiden vaikutuksia rinnakkain niiden resurssitarpeiden yms. kanssa.
- Tieto siitä, että turvallisuutta pitää hoitaa tasapainossa muiden prioriteettien kanssa, oli hyvin kehittynyt Trafissa.
- Osaamista Trafin eri toimialoilta ei aina saatu kerättyä tehokkaasti yhteen tietyn asian tiimoilta.
- Päätöksentekomahdollisuus liikennemuodon tasolla puuttui. Useat trafilaiset ilmaisivat turhautumisensa siitä, että analyysin jälkeen asioita ei saatu eteenpäin niin, että olisi saatu ripeästi aikaan konkreettisia toimenpiteitä.
- Joitakin kokeiluja hallinnoitiin, mutta ne eivät olleet Trafin päätoimintatapojen joukossa.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että paljon positiivisia kykyjä ja käytäntöjä oli havaittavissa, mutta menetelmiä, joiden avulla Trafin resursseja voitaisiin jakaa riskiperusteisesti eri uhkien ja toimijoiden kesken, ei ollut käytettävissä.

4 Kirjallisuustutkimus

Projektia on tukenut laaja kirjallisuustutkimus, jota täydennettiin keskusteluilla alan kansainvälisten asiantuntijoiden kanssa. Kirjallisuustutkimuksen päätavoite oli varmistua siitä, että kaikki luodut menetelmät hyödyntävät kaiken mahdollisen olemassa olevan tiedon ja ymmärryksen – myös aivan viime vuosina syntyneen.

Kirjallisuustutkimus on laajuudeltaan massiivinen kokonaisuus. Sen sisältö on löytänyt tiensä sekä Trafissa pidettyihin koulutuksiin että kehitettyihin menetelmiin. Helpoin tapa tutustua itse substanssiin on käydä läpi TiTo-projektiin liittyvä koulutusmateriaali. Tässä raportissa ei ole tarkoituksenmukaista yrittää kattaa koko laajuutta. Sen sijaan käsitellään tärkeimpiä tuloksia ja punnitaan kirjallisuustutkimuksen roolia projektissa.

Tietoa saatiin myös konferenssien kautta ja keskustelemalla asiantuntijoiden kanssa. Projektin aikana tutkija Jari Nisula osallistui kahteen konferenssiin:

- Human-Computer Interaction in Aerospace, Santa Clara, CA. Heinäkuu 2014.
- Safety-II (Eurocontrol), Lisbon. Syyskuu 2014.

Henkilökohtaisessa keskusteluyhteydessä oltiin mm. seuraavien kansainvälisten asiantuntijoiden kanssa:

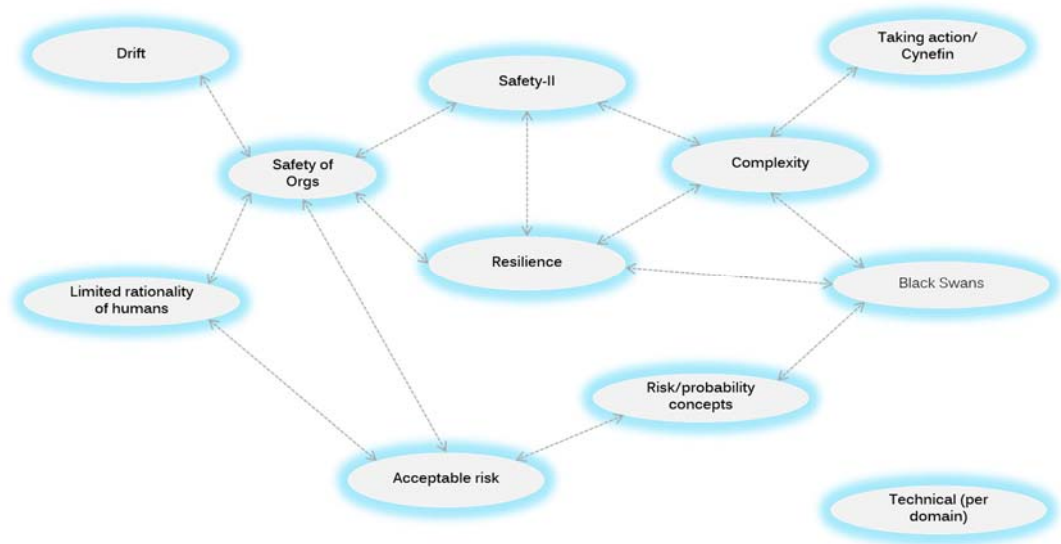
- René Amalberti, Haute Autorité de Santé, Ranska
- Erik Hollnagel, University of Southern Denmark
- David D Woods, Ohio State University
- Chris Johnson, University of Glasgow
- David Snowden, Cognitive Edge

Monia tietoja on pystytty syventämään lukuisten esitysten kautta, jotka ovat katsottavissa internetin välityksellä.

Asiantuntijoiden kanssa käydyissä keskusteluissa on ennen kaikkea pyritty varmistamaan, että projektissa valittu toteutus on hyvä. Hollnagelin kanssa on pystytty syventämään ymmärrystä Safety-II-ajattelun suhteen ja David Woodsin luomat mallit organisaation resilienssistä ovat olleet luodun mallin suhteen ratkaisevan tärkeitä.

4.1 Kirjallisuustutkimuksen aihepiirit, niiden määrittely ja niiden valinnan perustelu

Valitut pääaihepiirit on esitetty mind-map-muodossa kuvassa 1.



Kuva 1. Kirjallisuustutkimuksen pääaihepiirit.

Osa näistä aihepiireistä oli itestäänselvyyksiä (esim. riskiin liittyvät käsitteet) ja osa ilmaantui tutkimuksen aikana (kuten David Snowdenin Cynefin-viitekehys). Kaikesta turvallisuuden hallintaan liittyvästä haluttiin uusimmat julkaisut, samoin riskikäsitteistöstä. Resilience Engineering muodosti tutkimukselle luonnollisen selkärangan. Myöhemmin tästä muodostui Safety-II-oppisuunta.

Kirjallisuus kattoi hyvin tiedonkeruuta ja analyysiä tukevan tieteellisen tiedon. Riskiarvointimenetelmien kehittäminen jäi pitkälti projektissa tehtäväksi, tukea löytyi peruskäsitteiden pohdintaan ja erilaisiin esitysmuotoihin. Alun perin keinovalikoiman nimellä kulkenut projektin osa laajeni huomattavasti, kun paljastui, että monimutkaisessa toimintaympäristössä kokeilut ovat lähes väistämättä osana toimenpiteiden määrittelyä. Tällöin syntyi tarve tukea tätä vaihetta myös kirjallisuustutkimuksesta käsin ja hyvin tuorettakin materiaalia löytyi sopivasti.

Paljon aikaa käytettiin Nassim Talebin teosten ”Fooled by Randomness” ja ”Black Swan” tarkkaan lukemiseen. Ne käsitelivät useampaa aihealuetta, jotka tukivat projektia suoraan: esim. harvinaisten ilmiöiden tilastollinen logiikka, ihmisten päätöksenteon ongelmat suhteessa riskeihin ja varsinkin harvinaisiin tapahtumiin sekä tapa, jolla kyseisiin tapahtumiin voi varautua.

Sydney Dekkerin kirja ”Drift into Failure” käsittelee lähes pelkästään nimensä mukaista organisaation tai yhteisön asteittaista ajautumista vaarallisiin toimintatapoihin, joita ei kuitenkaan mielletä vaarallisiksi. Teos oli tärkeä, koska ajautumisilmiö on tyyppillinen mekanismi nykyaikaisissa kuljetusorganisaatioissa.

Kirjallisuuteen kuului luonnollisesti suuri määrä jokaisen liikennemuodon erityismateriaalia. Kyseiset lähteet käsiteltiin projektin alussa tilannekatsauksen yhteydessä, joten niitä ei huomioida tässä raportissa.

4.2 Kirjallisuustutkimuksen päätulokset aihepiireittäin

Resilience / resilienssi:

- Kaikkea ei voi ennakoida, ja ammattilaisten kyky soveltaa olemassaolevaa tietoa ja menetelmiä tilanteeseen sopivasti, myös tavoitteita muuttaen, on usein turvallisuuden kannalta kriittinen ominaisuus. Resilienssistä voidaan puhua koko organisaation tasolla tai esim. miehistön tasolla.
- Ajallisesti voidaan tarkastella:
 - o Ennakoivaa
 - o Reaaliaikaista
 - o Seurauksista oppivaa ...resilienssiä.
- Hollnagel luettelee myös neljä resilienssiin liittyvää kykyä:
 - o Kyky kompensoida normaalia ja epänormaalia vaihtelua
 - o Kyky tarkkailla sekä järjestelmän omaa suorituskkyä että ympäristöä
 - o Kyky ennakoida
 - o Kyky oppia kokemuksista.
- Resilienssi on ensiarvoisen tärkeä käsite kahdesta syystä:
 1. Se kuvaa kykyä selviytyä yllättävästä, ennakoimattomasta tilanteesta. Hyvin turvallisessa järjestelmässä onnettomuudet syntyvät juuri tällaisen ”mustan joutsenen” siivittäminä. Resilienssiä parantamalla luodaan vastustuskykyä monia skenaarioita vastaan, eikä vain tiettyjä valittuja skenaarioita vastaan.
 2. Se tarjoaa positiivisen määritelmän turvallisuudelle: turvallisuus ei enää ole vain ei-toivottujen tapahtumien puuttumista, vaan joukko positiivisia piirteitä, joita voi kehittää, ja toivottavasti myös arvioida/mitata.
- Resilienssi viittaa johonkin, mitä järjestelmä tekee (esim. prosessi), eikä johonkin, mitä järjestelmällä on (esim. tuote). Siksi se on haasteellinen käsite. Sen arvioiminen voi kuitenkin joissain tapauksissa olla hyvinkin helppoa: esim. ilmaisussa Evidence Based Training tähtää täsmälleen resilienssin luomiseen ohjauksessa – ei harjoitella samoja vanhoja skenaarioita, vaan altistetaan miehistö yllätyksille ja kehitetään kompetensseja, joiden avulla selvitetään monenlaisista tilanteista. Myös David D Woodsin esimerkit toimintaedellytyksistä yllättävissä tilanteissa (esim. päätösvallan delegoiminen operatiiviselle tasolle) ovat hyvin konkreettisia (ks. koulutusmateriaali ”Riskiperusteinen päätöksenteko”).

Safety-II

- Ei tutkita pelkästään sitä, mikä on mennyt pieleen vaan myös sitä, miksi operaatio toimii turvallisesti lähes aina.
- Koetetaan ymmärtää todellinen työ paremmin: ”Work-as-Done”: sen reaaliaikaiset haasteet, päätöksentekotilanteet, ristiriitaisten tavoitteiden tasapainotus, jne.

- Nyt turvallisuudesta tulee ominaisuus, jota voidaan mitata positiivisella asteikolla, eikä vain jonkin negatiivisen seurauksen puuttumista.
- Safety-II kehittyi Resilience Engineering -koulukunnassa.

Complexity / monimutkaiset järjestelmät

- Monimutkaisissa (complex) järjestelmissä toimii oma logiikkansa, joka ei aina ole intuitiivinen.
- Liikennejärjestelmä ja sen osat ovat monimutkaisia sopeutuvia järjestelmiä (Complex Adaptive Systems, CAS).
- Järjestelmää ei voida tarkasti kuvata – kukaan ei tunne sitä kokonaan, ja se muuttuu jatkuvasti.
- Suoria syy-seuraus-suhteita ei ole, mm. lukuisten palautekehien takia.
- Epälineaaristen vaikutussuhteiden takia pienet muutokset yhtäällä voivat aiheuttaa suuren muutoksen toisaalla.
- Tällaisessa järjestelmässä syntyy ilmenevää käytöstä, jota ei voida johtaa sen komponenteista. Turvallisuus on ilmenevä ominaisuus, eli ei pelkästään komponenttiensa summa.

Acting-Cynefin / toimenpiteet erilaisissa toimintaympäristöissä

- Cynefin-malli auttaa hahmottamaan, millaisessa toimintaympäristössä ollaan
- Jos ollaan monimutkaisessa (complex) toimintaympäristössä ja halutaan aikaansaada tietty muutos, usein ainoa suositeltava tapa on kokeilu, koska seuraukset ovat vain osittain ennustettavissa.

Black Swans / mustat joutsenet

- Taleb käyttää mustan joutsenen käsitettä kuvaamaan hyvin epätodennäköistä, mutta vakavaa tapahtumaa. Musta joutsen voi olla seurauksiltaan positiivinen tai negatiivinen. Turvallisuustyössä kiinnostuksen kohteena ovat negatiiviset mustat joutsenet eli uskomattomat suurkatastrofit, kuten Estonian uppoaminen.
- Mustat joutsenet eivät noudata normaalijakaumaa, vaan jakaumaa, jonka pitkä häntä kohti hyvin vakavia tapahtumia mahdollistaa niiden syntymisen paljon useammin kuin voisi uskoa.
- Tällaisella toiminta-alueella on turha yrittää kattaa kaikkia onnettomuusmahdollisuuksia skenaarioita ennustaen – niitä on liikaa. On löydettävä yleisempiä reseptejä, jotka toimivat useissa skenaarioissa. Tästä syntyy yhteys Resilienssiin.

Risk/probability concepts / riskin ja todennäköisyyden käsitteistöä

- Riski on yhdistelmä todennäköisyydestä sekä vakavuudesta. Se voidaan esittää numeroarvona, mutta myös vektorina näistä kahdesta komponentista.

- Tästä saadaan aikaan kaksiulotteinen riskin esitys, josta ilmenee paitsi riskin kokonaisarvo, myös sen komponenttien arvot. Tämä on tärkeää, koska hyvin erityyppiset uhat voivat saada saman riskiarvon, mutta vaatia hyvin erilaisia toimenpiteitä.
- Riskin suhteen ei ole tärkeää pelkkä lopputulos (riskin suuruus), vaan myös esim:
 - Tehdyt oletukset
 - Oletuksiin ja vastaukseen liittyvät epävarmuudet
- Satunnaisuudella on riskissä oma roolinsa. Täytyy pitää mielessä, että kaikki muutokset eivät välttämättä kerro todellisesta turvallisuustilanteen muutoksesta vaan voivat johtua paljolti tai kokonaan satunnaisvaihtelusta.
- Todellinen satunnaisuus ei yleensä näy siltä. Syntyy esim. onnettomuusrypäitä (jolloin tyypillisesti reagoidaan ennenaikaisesti ja yllälokkoiden resursseja kyseiseen ”ongelmaan”).

Acceptable risk / Hyväksyttävä riskitaso

- FN-käyrästöt tarjoavat menetelmän käsitellä hyväksyttävää riskitasoa onnettomuuden vakavuuden funktiona.
- FN-käyrästäihin liittyy ALARP (as low as reasonably practicable) -käsite, eli selkeästi hyväksyttävien ja ei-hyväksyttävien riskitasojen välillä on alue, jolla riskin vähentämispyrkimykset riippuvat kustannus/vaikeus/hyöty-suhteesta.
- Hyväksyttävyydestä keskusteltaessa ja myös vertailtaessa erityyppisiä riskejä (esim. henkilövahingot vs. ympäristövahingot) törmätään paketoitioongelmaan (framing issues) eli se, miten asia esitetään, voi vaikuttaa enemmän kuin itse asia. Ks. ”limited rationality” alla.

Limited rationality of humans / päätöksenteon inhimilliset rajoitukset

- Ihminen ei ole tiedon käsittelijänä ja päätöksentekijänä juurikaan muuttunut siitä kun hän eli savannilla. Ihmisen kognitiiviset taidot eivät käy täysin yksiin nykymaailman vaatimusten kanssa.
- Erilaisia epäsopivuuksia on kymmenkunta. Yksi keskeisin on ihmisen kyky (ja tapa) tehdä arvioita ja päätöksiä silmänräpäyksessä puutteellisen tiedon perusteella. Erittäin hyödyllinen kyky savannilla, mutta harhaanjohtava nykymaailman tietoviidakossa.
- Koska ihmiset pyörittävät koko analyysi- ja päätöksentekoprosessia alusta loppuun, ihmiselle tyypilliset kognitiiviset heikkoudet on syytä pitää mielessä.

Safety of organizations / Organisaatioiden turvallisuus

- Yllä esitelty resilienssi-käsite liittyy olennaisesti juuri organisaatioiden (esim. toimijoiden) turvallisuuteen.
- Asiasta on paljon hyvää kirjallisuutta, myös suomalaisten kirjoittamaa.

- Asia on huomattavasti laajempi ja dynaamisempi kuin turvallisuusjohtamisjärjestelmät (TJJ).
- Erittäin turvallisesti toimivia organisaatioita tutkimalla on voitu tunnistaa muutama tyypillinen piirre, jotka näyttävät olevan avainasioita turvallisuuden kannalta.
- Myös resilienssitutkimuksen kautta on voitu ehdottaa tärkeitä tekijöitä.
- Perusprosessin optimoiminen normaalitoimintaa varten yleensä lisää haurautta (eli pienentää resilienssiä) ja usein myös kasvattaa monimutkaisuutta.
- Sen lisäksi, että perusprosessi on optimoitu, toimijoiden täytyy pystyä varautumaan yllättäviin tilanteisiin.
- Meidän pitäisi yllättyä vähemmän siitä, että yllätyksiä tulee!

Drift / ajautuminen

- Ajautuminen kohti riskialttiimpia (mutta kustannustehokkaampia) toimintamenetelmiä on toimijoille tyypillinen ilmiö. Muutokset tapahtuvat hyvin pienin askelin ja nollassa siirtyy pikkuhiljaa. Se mikä oli ennen poikkeavaa, on nyt normaalia.
- Tämä ilmiö on hyvin salakavala ja näkymätön. Sitä on vaikea edes havaita, varsinkin organisaation sisäpuolelta.
- Liikkeelle panevana voimana on optimointitarve kustannus- ja resurssisyydestä.

4.3 Kirjallisuustutkimuksen tulosten merkitys projektille

Kirjallisuudesta löytyi projektin tueksi materiaalia erittäin hyvin. Suurin osa materiaalista lisäsi tietoa jo tunnetuilla alueilla. Onnekasta oli Amalbertin kirjan ”Navigating Safety” ilmestyminen 2013 ja Safety-II käsitteen syntyminen ja muotoutuminen kirjaksi myös projektin aikana.

Joitain yllätyksiäkin syntyi. Talebin kirjojen merkitys projektille kasvoi paljon odotettua suuremmaksi. Niistä löytyi tukea sille, miten riskejä voi yrittää hallita mustien joutsenten maailmassa. Talebin kirjallisuus oli myös alku inhimillisten heikkouksien käsittelyyn – aihe, jonka merkitys oli projektin aikana ehkä suurin yllätys. Erittäin tärkeä löytö oli David Snowdenin Cynefin-viitekehys ja siihen liittyvä materiaali koskien toimenpiteitä monimutkaisessa järjestelmässä.

5 Malli

Malli luo käsitteellisen viitekehyksen turvallisuustyön perustaksi. Se vastaa mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Miten ymmärretään turvallisuuden ja onnettomuuksien syntyvän?
- Mihin teorioihin uskotaan?
- Mitkä ovat turvallisuustyössä pääasioita ja mitkä sivuseikkoja?
- Miten turvallisuutta voi mitata tai arvioida?
- Miten turvallisuutta voi parantaa?

Käytännön työssä malli auttaa mm. tulkitsemaan havaintoja ja ohjaa toimenpiteiden valintaa. Uutta turvallisuuteen liittyvää prosessia kehitettäessä malli on luonnollisesti monien ratkaisujen tärkeänä taustavaikuttajana.

Kaikilla on jokin sisäistetty malli turvallisuuteen liittyvistä asioista. Se voi olla implisiittinen (ei kommunikoitu) tai jopa tiedostamaton. Yksityiskohtaisesti määritellyn mallin etu on siinä, että sen voi jakaa suuremman ihmisjoukon kesken, siitä voi keskustella, sen voi kyseenalaistaa ja sitä voi kehittää.

5.1 Katsaus historiallisiin eksplisiittisiin ja implisiittisiin malleihin

Tärkein malli, joka on dominoinut turvallisuusajattelua 90-luvun alusta saakka, on James Reasonin kehittämä malli, jota usein kutsutaan reikäjuustomalliksi ("Swiss cheese"). Se on ollut käytössä lähes kaikilla aloilla, joilla turvallisuutta pyritään hallitsemaan omana toimintonaan, esim. TJJ-vaatimusten takia. Mallin tärkeimmät osat ovat:

- Piilevät virheet (latent failures)
- Aktiiviset virheet (active failures)
- Suojaukset (barriers)

Mallin suurena etuna aiempiin malleihin verrattuna oli se, että huomio kiinnittyi organisaatiosolulle ja piileviin virheisiin, eli ei pelkästään näkyviin tapahtumapaikalla tehtyihin (aktiivisiin) virheisiin. Malli on kuitenkin hyvin lineaarinen, ja virhekeskeinen, eli onnettomuuden "synnyttävä" tapahtumasarja etenee läpi suojausten, piilevien ja aktiivisten virheiden siivittämänä. Malli ei käsittele:

- Toimintaympäristön monimutkaisuutta, ja sen seurauksia, mm. ilmeneviä (emergent) tekijöitä.
- Sitä miksi toiminta on lähes aina turvallista, eli mitkä tekijät synnyttävät turvallisuuden. Tämä on uuden Safety-II-ajattelun perusta.
- Resilienssiä, eli organisaation (tai miehistön) vastustuskykyä onnettomuuksia vastaan.

Lisäksi suojaukset ovat nykyajattelun perusteella kyseenalainen käsite. Ne vaikuttavat Reasonin mallin lähtökohdista katsottuna käyttökelpoisilta työvälineiltä. Kun niitä tarkastelee lähemmin, huomataan, että yksinkertaiselta vaikuttava ”suojaus” onkin joukko olettamuksia, joiden toteutuminen riippuu monista tekijöistä. Esim. suojauksesta:

- Lähestyvistä yhteentörmäyksestä varoittava TCAS-laite lentokoneen ohjaamossa.
- Lähempi tarkastelu paljastaa suojauksen koostuvan seuraavista olettamuksista:
 - o Molemmilla koneilla pitää olla TCAS-laitteisto.
 - o Lentäjien pitää uskoa hälytyksen oikeellisuuteen.
 - o Heidän pitää aloittaa väistöliike heti.
 - o Heidän pitää osata toteuttaa väistöliike.
 - o Heidän pitää osata väistöliikkeen jälkeinen paluu oikealle lentoradalle.
 - o Jos lennonjohto antaa ristiriitaisia ohjeita (TCAS:iin verrattuna), miehistöjen täytyy uskoa TCAS:ia eikä lennonjohtoa.
 - o Uusimmat koneet pystyvät suorittamaan väistöliikkeen itse. Syntyy tilanne, jossa lentäjien on tiedettävä ”kuka väistää”: kone vai miehistö.
 - o Jne.

Näiden olettamusten välillä on siis jopa keskinäistä riippuvuutta ja kokonaisuuden kutsuminen yhdellä nimellä ”suojaus” on vaarallisen yksinkertaistava käytäntö.

Toinen tärkeä käsitteistö on ns. threat and error management -malli (TEM). Se keskittyy operatiivisen miehistön (kuljetusväline, leikkaustiimi, tms.) työhön ja ennen kaikkea:

- (Operatiivisiin) uhkiin (esim. sää, tekninen vika)
- Virheisiin
- Kuinka uhkia hallitaan
- Kuinka virheitä hallitaan
- Hallitsemattomien virheiden seurauksiin.

TEM on siinä mielessä tärkeä malli, että sen pohjalta on rakennettu ehkä lupaavin tämänhetkinen operatiivinen havainnointimenetelmä LOSA.

On helppo nähdä, että TEM on hyvin virhevetoinen eli seuraa ”negatiivista polkua” ongelman alkamisesta sen pahenemiseen. Ironista on se, että LOSA:n (Line Operations Safety Audit) avulla on saatu arvokasta tietoa resilienssistä, eli positiivisesta vastustuskyvystä, tosin epäsuorasti, esim. virheiden havaitsemiseen liittyen.

Nykyaikaisen tarkkailumenetelmänkin tueksi tarvitaan siis malli, joka kykenee ainakin käsittelemään suorituskkyä positiivisesti ja tutkimaan resilienssin eri piirteitä. Lisäksi TEM on puhtaasti operatiivisen portaan malli – organisaatiotasolla se on hyvin rajoittunut.

Tällä hetkellä puuttuu siis malli, joka rakentuu uusimmalle turvallisuustieteelle, mutta on käytäntöön sovellettavissa, ja joka sisältää koko operatiivisen kokonaisuuden, eikä vain sen yhden osan (esim. resilienssin tai ympäristön monimutkaisuuden).

5.2 Malliin liittyvän perusproblematiikan esittely

Kaikki mallit ovat tunnetusti ”väärää” siinä mielessä, että ne eivät koskaan ole identtisiä todellisuuden kanssa. Mallin arvo perustuu sen kykyyn yksinkertaistaa todellisuutta niin, että mallin avulla saadaan aikaan hyödyllisiä tuloksia, ilman että yksinkertaistuksilla on liiallisia haitallisia seurauksia.

Englantilainen matemaatikko George E.P. Box on ilmaissut asian kuuluisalla toteamuksellaan: *“Essentially, all models are wrong, but some are useful”*.

Varsinkin monimutkaisten järjestelmien (esim. CAS, Complex Adaptive Systems) suhteen ollaan tilanteessa, jossa todellista järjestelmää ei edes voida tuntea täydellisesti, ja monimutkaisuus on niin syvää, että mikä tahansa malli on hyvin karkea yksinkertaistus. Näiden järjestelmien turvallisuuskäsitteissä ovat panokset kuitenkin niin merkittäviä, että on tarve kehittää käyttökelpoisia malleja, vaikka mainitut rajoitukset tunnetaankin.

5.3 Eri lähestymistapoja pohjautuen kirjallisuuskatsaukseen

Viitaten kirjallisuuskatsaukseen, mallin pitäisi huomioida seuraavat asiat:

- Safety-II-ajattelu, jonka mukaan keskeistä turvallisuudessa on resilienssi.
- Resilienssi koostuu tekijöistä organisaation kaikilla tasoilla.
- On huomioitava järjestelmän monimutkaisuus ja satunnaisilmiöt
- Turvallisuuteen on syytä ottaa kaksi perspektiiviä:
 - o Uhkien ja skenaarioiden kautta
 - o Organisaation ”turvallisuuslaadun” kautta
- Organisaatioiden pitää valmistautua paitsi normaalioperointiin, myös silloin tällöin syntyviin yllättäviin tilanteisiin.
- Organisaatiot ovat avoimia ja ne sopeutuvat ulkoisiin paineisiin
- Perusongelmana on toimintatapojen ajautuminen (drift) vähitellen kohti kustannusoptimoidumpaa mutta riskialttiimpaa toimintaa.
- Toinen tärkeä mekanismi perustuu siihen, että operaation optimointi haurastuttaa sen turvallisuutta (ja usein myös lisää sen monimutkaisuutta).
- Operatiiviseen toimintaan liittyy paljon human factors -ilmiöitä, joiden turvallisuusvaikutus voi olla kriittisen suuri.

- Turvallisushaasteet ovat erilaisia organisaation eri tasoilla (Amalberti, 2013)

5.4 Uuden projektissa kehitetyn mallin esittely

Projektissa kehitetty malli on esitelty yksityiskohtaisesti liitteessä A. Luku 5.5 käsittelee organisaation turvallisuuden arvioimista eli ennen kaikkea organisaatiotason turvallisuustekijöiden taustateorioita ja luku 5.6 valottaa mallin merkitystä esimerkkien avulla.

5.5 Organisaation turvallisuuden arvioiminen

Trafissa liikennejärjestelmän turvallisuutta lähestytään toisaalta RISTO-projektissa kehitetyn toimijoiden profiloinnin kautta ja toisaalta TiTo-projektissa kehitetyn riskien kokonaiskuvan, sekä ns. turvallisuustekijöiden kautta. Nämä kaksi perspektiiviä täydentävät toisiaan.

On tärkeää kysyä, kattaako tällainen lähestymistapa kaiken oleellisen turvallisuudesta ja esim. toimijoiden kyvystä toimia turvallisesti. Vastausta tähän kysymykseen kannattaa hakea ennen kaikkea tuoreen turvallisuustieteen valossa. Hyviä lähtökoh-
tia ovat high reliability organizations (HRO) -tutkimukset sekä organisaation re-
silienssiin liittyvä tutkimus.

Alla luodaan lyhyt katsaus organisaation turvallisuustekijöihin. Tällä materiaalilla on toivottavasti käyttöä tulevaisuudessa, kun nykyistä RISTO-profilointia kehitetään edelleen.

5.5.1 Organisaation turvallisuuteen vaikuttavat tekijät

Kun lähdetään arvioimaan organisaation turvallisuutta, yleensä ensimmäisenä tulee mieleen sen turvallisuusjohtamisjärjestelmä (SMS, safety management system). Sen lisäksi on kuitenkin muita huomionarvoisia tapoja lähestyä organisaation turvalli-
suutta, esim:

- HRO (High Reliability Organisations) - piirteet
- Resilienssiin liittyvät tekijät
- Muut tärkeät tekijät, jotka eivät suoraan sisälly SMS:ään, tärkeimpänä ehkä itse toimintaan liittyvä perusosaaminen.

Turvallisuus on organisaatiossa ilmenevä ominaisuus (emergent property) eikä sitä voida kovin tarkasti arvioida minkään diskreeteistä tekijöistä kootun ”mittariston” avulla, olivat nämä sitten kvantitatiivisia tai kvalitatiivisia. Toisaalta organisaatio on liian tärkeä tekijä turvallisuuden kannalta jätettäväksi sivuun turvallisuusarvioin-
neista, joten on tarve luoda asiaa varten jonkinlainen tarkastelutapa.

Tässä tuetaan myös näkemystä, jonka mukaan on parempi luoda ”mittaristo”, jonka mittarit mittaavat oikeasti turvallisuuden kannalta merkittäviä asioita – vaikka kaik-
kien mittarien arvoja ei saataisikaan kerättyä – kuin rajoittaa näkökenttä vain asioi-
hin, joita on helppo mitata. Yksi tärkeä syy tähän on se, että mittarien valinta ohjaa
aina myös toimijoita. Mitattaviin asioihin kiinnitetään huomiota ja usein muita asi-
oita valitettavasti uhrataan hyvien mittariarvojen aikaansaamiseksi. Liian usein käy
niin, että todellista turvallisuutta uhrataan sellaisen mittausarvon maksimoimiseksi,

joka ei edes mittaa turvallisuutta hyvin. Toimijoiden kiinnostusta on siis syytä ohjata oikeiden mittareiden pariin, vaikka Trafi ei niitä kaikkia kykenisikään lukemaan – usein toimijat itse kykenevät.

5.5.2 Hahmotelmaa erilaisista turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä

Alla on alustavaa hahmotelmaa erilaisista tekijöistä, joiden suhteen organisaation arvioiminen voisi luoda merkittävää tietoa organisaation kyvystä toimia turvallisesti. Monet käsitteet on tässä tarkoituksella jätetty englanninkielisiksi, jotta niiden alkuperäinen merkitys ei muutu käännöksessä.

HRO - piirteet

Nämä ovat piirteitä, joita on tunnistettu erittäin vaativaa ja vaarallista toimintaa turvallisesti harjoittavista organisaatioista. Niiden empiirisyyden takia ne on syytä ottaa vakavasti.

1. Preoccupation with failure
2. Reluctance to simplify
3. Sensitivity to operations
4. Commitment to resilience
5. Deference to expertise

Liitteessä B on kustakin tarkempi selostus.

Resilienssiin liittyvät tekijät

Resilienssi on kaikista näistä asioista monisäikeisin. Samalla se on suoraan merkityksellinen turvallisuuden kannalta, joten sitä ei voi sivuuttaa. Erik Hollnagel määrittelee sen näin:

”Intrinsic ability of a system to adjust its functioning prior to, during, or following changes and disturbances, so that it can sustain required operations under both expected and unexpected conditions.”

Resilienssiä käsiteltiin yllä luvussa 4.2. Jollain tavalla olisi syytä yrittää arvioida, kuinka hyvin toimija pitää huolta toimintaedellytyksistä myös yllättävissä tilanteissa, jotka ovat normaalin (optimoidun) operoinnin ulkopuolella. Tähän sisältyy organisaatiotason valmiuksia sekä myös tiettyjen ammattilaisten valmiuksien kehittämistä ja harjoittelemista.

Muut tärkeät tekijät

- Osataanko itse perustoimintaan liittyvät asiat? Osaako bussinkuljettaja ajaa turvallisesti? Varmistetaanko kykyjen säilyminen myös tulevaisuudessa?
 - Yhtenä tärkeänä turvallisuuspiirteenä on mainittu myös työrauhan takaaminen ammattilaisille eli kaikkien häiriötekijöiden minimoiminen.
- Onko organisaatorakenne toimiva?
- Ovatko prosessit toimivia?

- Onko organisaatiossa riittävästi resursseja joka tasolla?
 - o Tähän voidaan liittää myös resilienssin yksi tekijä: ovatko järjestelyt sellaisia, että poikkeustilanteissa resursseja saadaan kyllin nopeasti lisättyä? Päivystäjiä? Reservejä?
- Pääsevätkö turvallisuusasiat priorisoinnissa tarpeeksi korkealle muihin asioihin verrattuna – kaikilla organisaation tasoilla?
- Toimiiko turvallisuusjohtamisjärjestelmä oikeasti?
- Oikeanlainen turvallisuuskulttuuri? (lähellä monia yllä olevia tekijöitä)
- Ovatko turvallisuustyön perustana nykyaikaiset opit (esim. Safety-II)?
 - o Esim. kiinnostus työn todellisuuteen (work-as-done) on tästä hyvin näkyvä piirre ja havaittavissa myös ulkoapäin.
- Onko organisaatiossa hyvä henki, ilmapiiri? Ovatko ihmiset motivoituneita?
 - o Resilienssi edellyttää mm. oma-aloitteellisuutta, piirrettä, joka normaaliolosuhteissa koetaan helposti negatiivisena.
- Sidney Dekker luettelee neljä kriittistä tekijää (jotka on ainakin osittain jo katettu HRO-tekijöiden yhteydessä):
 - o Ymmärrys, että menneisyyden menestys ei takaa mitään tulevaisuudessa
 - o Riskit pysyvät jatkuvana keskustelunaiheena
 - o Haetaan erilaisia näkökulmia ja suositaan diversiteettiä
 - o Pidetään huolta, että on jokin taho, joka pystyy investoimaan turvallisuuden silloinkin kun kukaan muu ei pysty.

Monet mainituista tekijöistä voitaisiin jollain tavalla katsoa kuuluvan SMS:n piiriin. Mutta jos kysymys asetetaan toisin päin: ”jos lähdetään arvioimaan esim. toimijaa SMS-viitekehyksen avulla, kiinnitetäisiinkö näihin nimenomaisiin asioihin riittävästi huomiota?”...niin joudutaan luultavasti vastaamaan kieltävästi.

5.6 Esimerkitapausten analysointia mallin avulla

Esimerkkien tarkoitus on havainnollistaa, miten malli ohjaa työskentelyä käytännössä.

1. Halutaan optimoida toimintaa operatiivisella tasolla. Mitä seikkoja pitäisi huomioida, jotta turvallisuus ei vaarannu?

- a. Optimointi johtaa yleensä aina väistämättä lisääntyvään herkkyyteen uhkien suhteen ja usein myös monimutkaisuuden kasvuun.
- b. Paineet ”oikopolkujen” käyttämiseen kasvavat.

c. On siis tarkkailtava sekä operatiivisia että organisaatiotason turvallisuustekijöitä ja varmistuttava, että kaikki ovat hyvässä tilassa.

d. Ennen kaikkea on muistettava, että operaatiota ei saa optimoida vain normaalitoimintaa ajatellen. Yllättäviä tilanteita syntyy, ja niiden varalta pitää olla resilienssiä. Nämä tarpeet ovat helposti ristiriidassa normaalitoiminnan optimoinnin kanssa (esim. resurssien vähentäminen).

2. Mikä on ylimmän johdon rooli turvallisuuden luomisessa ja ylläpitämisessä?

a. Johto on avainasemassa organisaatiotason turvallisuustekijöiden parantamisessa ja ylläpitämisessä. Jos johto esim. vaatii, että tärkeätkin asiat yksinkertaistetaan sisällön kustannuksella, tästä syntyy vähitellen yksinkertaistava kulttuuri organisaatioon laajemminkin. Näiden turvallisuustekijöiden joukossa on monia, joissa onnistuminen tai epäonnistuminen on lähes pelkästään johdon esimerkin varassa. Esim. se, ollaanko kiinnostuneita ja fokusoituneita operatiiviseen toimintaan (tuotantoon) on näistä tyyppiesimerkki.

b. Tyypillisiä kompastuskiviä ovat erilaiset paineet (esim. kustannukset, tuotanto) sekä vaivihkainen asteittainen ajautuminen sallivampiin toimintatapoihin, jotka edesauttavat muita tavoitteita turvallisuuden kustannuksella. Johdon tietoisuus näistä asioista ja turvallisuuden pitäminen näkyvillä ja tärkeänä käytännön prioriteettina luo tärkeän turvallisuusfunktion.

3. Miten mallin mukaan voidaan lisätä turvallisuutta?

a. Turvallisuuden parantaminen tapahtuu ennen kaikkea niiden asioiden kautta, jotka on sisällytetty turvallisuustekijöihin (TT).

b. Organisaatiotason turvallisuustekijät peilaavat niitä tekijöitä, jotka ovat ratkaisevassa asemassa luotaessa organisaation kykyä toimia turvallisesti.

c. Operatiiviset turvallisuustekijät on räätälöity kutakin liikennemuotoa varten. Ne ilmaisevat toiminnot, joiden varassa turvallisuus on käytännön operaatioiden tasolla.

d. Turvallisuutta voi lähestyä kahdesta näkökulmasta (jotka molemmat käyvät ilmi mallista):

- Organisaation kyky toimia turvallisesti (TT:t)
- Operaatiotyyppin perusteella määräytyvät operatiiviset uhat ja skenaariot. Näitä voi käsitellä järjestelmällisesti.

e. Ympäristöä on vaikea muuttaa. Sen luonteesta pitää olla tietoinen – esim:

- Pitkät ajanjaksot ilman onnettomuuksia eivät tarkoita, että organisaatio on tuon turvallisuuden ansainnut omalla hyvällä toiminnallaan.
- Ympäristö on useimmiten monimutkainen sopeutuva järjestelmä (Complex Adaptive System, CAS). Siinä pätevät erilaiset lainalaisuudet kuin ne, joihin olemme tottuneet.

5.7 Mallin käytännön sovellusten esittely

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti sitä, miten malli tukee riskiperusteisen vaikuttamisen prosessin eri osia.

Datan keräämistä malli ohjaa seuraavasti:

- Käytössä kaksi perspektiiviä: organisaatiot ja uhat/skenaariot
- Turvallisuustekijät ovat positiivisia olettamuksia. Ne sekä ohjaavat sitä, millaisia asioita pitäisi tutkia että positiivisen tiedon etsimistä (miksi toiminta onnistuu).
- Tuotannon inhimilliset tekijät tunnistetaan omana tärkeänä aihepiirinään.

Analyysityötä malli ohjaa seuraavasti:

- Käytössä kaksi perspektiiviä: organisaatiot ja uhat/skenaariot. Näiden tiedot pyritään yhdistämään.
- Turvallisuustekijät luovat hyvin käytännöllisen viitekehyksen analyysiä varten.
- Tutkitaan rinnakkain onnistumisia ja epäonnistumisia.

Päätöksentekoa malli ohjaa seuraavasti:

- Malli esittää sen laajan kokonaisuuden, joka vaikuttaa suorituskyykyyn turvallisuusmielessä. Näin nähdään, mihin asioihin pitää vaikuttaa.
- Malli muistuttaa siitä, että ympäristö sisältää satunnaisuutta ja arvaamattomuutta. Kaikki asiat eivät ole sitä, miltä ne näyttävät. Onnettomuusrypäs voi ”johtua” pelkästään satunnaisvaihtelusta.

Toimenpiteiden valintaa ja toteutusta malli ohjaa seuraavasti:

- Ymmärretään, että kyseessä on monimutkainen kokonaisuus, jossa lähes kaikki vaikuttaa kaikkeen. Suoraviivaiset, yksinkertaiset toimenpiteet eivät yleensä tuota haluttuja ratkaisuja.
- Keinotyyppjä on monia. Voidaan mm. edetä organisaation, uhkien tai tilanteiden kautta.

Malli heijastelee koko kirjallisuustutkimusta ja projektiin kuulunutta omaa kehitystyötä. Sama materiaali on myös kaikkien kehitettyjen menetelmien taustana. Esi-merkkeinä:

- Turvallisuustekijät ovat sekä käytännön työkalu (menetelmä) että osa malleja
- Trafiin luotu prosessi perustuu kahteen perspektiiviin: organisaation kyky toimia turvallisesti ja operaation uhat/skenaariot. Molemmat esiintyvät mallissa omina käsitteinään.

5.8 Mallin vahvuuksien ja rajoitusten sekä parannusmahdollisuuksien pohdintaa

Kaikki olennaiset menetelmien taustalla olevat käsitteet on saatu osaksi mallia. Malli havainnollistaa hyvin sen, että organisaation on luotava hyvä suorituskky sekä normaali- että poikkeustilanteisiin, ja että kummankin tyyppisiä tilanteita voi syntyä. Malli on käsitteellinen, mutta se sisältää hyvin käytännölliset työkalut, nimittäin turvallisuustekijät.

Malli myös muistuttaa tärkeistä tuotannon human factors -tekijöistä. Ympäristön monimutkaisuutta ja satunnaisuutta on haluttu korostaa, ne ovat siksi eksplisiittinen osa mallia. Malli on selvästi Safety-II maailman tuotos.

Mallin rajoituksena on se, että mallissa sinänsä joudutaan huomioimaan laajoja asioita vain otsikkotasolla. Tämä vaatii perehtymistä siihen, mitä mallissa olevilla sanoilla tarkoitetaan. Ympäristön monimutkaisuutta on lähes mahdoton havainnollistaa staattisesti, joten asia jää muutaman sanan ja taustalla olevan verkon varaan. Malli on myös hyvin käsitteellinen. Se ei ohjaa yhtä suoraviivaisesti toimenpiteisiin kuin esim. Reasonin malli, mutta näin pitää monimutkaisessa maailmassa ehkä olla-kin.

6 Tutkimuksen tulokset

Projektin päätulos on riskiperusteisen vaikuttamisen prosessi (RVP), eli prosessi, jonka avulla Trafi kykenee toteuttamaan viranomaisrooliaan riskiperusteisesti. Prosessista on laadittu käsikirja, joka on tämän tutkimusraportin liitteenä C. Sitä täydentävät liitteet L1-L15.

Prosessi ja siihen kuuluvat menetelmät perustuvat moderniin turvallisuustieteeseen. Monissa asioissa on pystytty hyödyntämään aivan tuoretta tutkimustietoa viimeisen kahden vuoden ajalta. Trafin eri työntekijäryhmiä on perehdytetty menetelmiin ja niiden taustalla olevaan tieteeseen useaan otteeseen projektin aikana. Näiden koulutusten materiaali on myös jäänyt Trafille tulevaisuuden tarpeita varten.

Tapausriskin, ilmiöriskin ja turvallisuustekijöiden osalta projektissa kehitettiin myös Excel-työkalut, joiden avulla näitä menetelmiä voidaan käyttää vähin resurssein. Tulevaisuuden tietotekniikkatarpeiden suhteen tehtiin valmistelevaa työtä.

Projektin lopussa laadittiin myös suosituksia prosessin toimeenpanon ja jatkokehitykseen suhteen. Nämä suositukset esitetään luvuissa 7 ja 9. Kerättävään turvallisuustietoon liittyviä suosituksia on esitetty luvussa 6.1.

Tutkimussuunnitelman vaatimien suoritteiden lisäksi on tiedotettu ja koulutettu Trafin sidosryhmiä. Toukokuun 2014 meriturvallisuusseminaarin jälkeen järjestettiin meriliikenteen toimijoille suunnattu koulutustilaisuus riskienarviointimenetelmistä. Samantyyppinen koulutus järjestettiin maaliskuussa 2015 ilmailun toimijoille. Helmikuussa 2014 järjestettiin ilmailun piirissä Evidence Based Training -seminaari, jonka osallistujat olivat sekä Suomesta että ulkomailta.

6.1 Turvallisuusdatan keräykseen liittyviä suosituksia

6.1.1 Turvallisuusdatan keräämisen tavoitteet

Turvallisuusdatan päärooli on tuottaa tosiasioita riskiperusteista päätöksentekoa varten. Sanan ”data” käyttö korostaa juuri sitä, että näin kerättävän tiedon pitäisi ihan netapauksessa olla raakatietoa, jota tulkinnat eivät ole vääristäneet. Jos pyritään ääritilanteeseen, jossa päätökset tehdään vain kerätyn datan pohjalta, datan pitäisi ehdottomasti olla sekä kattavaa että vääristymätöntä.

Tosimaailmassa data on kuitenkin sekä puutteellista että eri tavoin vääristynyttä. Joistain liikenneoperaation osa-alueista ei saada dataa, joiltain operaattoreilta ei saada dataa ja esim. harrastetoiminnan data on hyvinkin niukkaa. Turvallisuusraportoinnissa syntyy ”lempiaiheita” sekä aiheita, joista ei raportoida. Raportoinnissa näkyvät myös ”muoti-ilmiöt”, joiden syntyyn voi vaikuttaa esim. lähihistorian onnettomuus. Eri datatyypit myös ”näkevät” erityyppisiä asioita: esim. elektroninen kuljetusvälineen keräämä data mittaa hyvin kuljetusvälineen teknisiä parametreja, mutta ei yleensä tunne kullakin hetkellä käytyä keskustelua.

Pelkästään datan perusteella ei siis kannata toimia. TiTo-projektin aikana Trafille luotu turvallisuusprosessi on sellainen, että se hyödyntää kerättyä dataa, mutta ei ole riippuvainen pelkästään siitä. Integroidun riskikuvan luomiseksi käytetään myös pidemmän aikavälin tutkimustietoa sekä asiantuntijoiden tekemiä arvioita uhista nyt ja tulevaisuudessa.

Data on kuitenkin prosessissa ensiarvoisen tärkeä elementti mm. seuraavista syistä:

- Data heijastelee monia kiistattomia tosiasioita (mm. läheltä piti -tilanteiden olemassaoloa) ja luo numeerisesti mitattavia parametreja.
- Kerättyyn dataan sisältyy yksittäistapauksia, jotka toimivat muotonsa ansiosta kertomuksina. Kertomusten kautta on helppo kommunikoida erilaisia tärkeitä asioita. Ne ovat havainnollisia ja mieleenpainuvia.
- Asiantuntijoiden arvioiden pohjalta luotua riskikuvaa voidaan verrata datan näyttämään toteumaan, jolloin näiden kahden pohjalta saadaan luotua luotettavampi kokonaiskuva.
- Yksittäiset tapaukset ovat yleensä sekä hyviä että huonoja kokemuksia. Toisaalta järjestelmä petti ja jotain sattui – toisaalta seuraukset olivat yleensä pieniä. Mitkä suojaukset pettivät? Miten resilienssi toimi? Tapausten taltioiminen ja käsittely on oppimisen kannalta tärkeää.
- Kun turvallisuutta mitataan positiivisella asteikolla (esim. turvallisuustekijät tai resilienssi), sekin perustuu kerättyyn dataan.
- Data luo pohjan turvallisuustason seuraamiselle eri aikoina ja trendien muodostamiselle.

Turvallisuusdatan pitäisi olla sisällöllisesti hyödyllistä mutta myös helppokäyttöistä, niin että sen käsittelyyn ei kulu liikaa resursseja.

6.1.2 Tilannekatsauksen jälkeen tapahtuneita muutoksia datan keräyksessä

Tämän kappaleen tarkoituksena on nostaa esiin aikajaksolla syyskuu 2013 – maaliskuu 2015 tapahtuneita muutoksia Trafiin tulevassa datassa. Merkittävimmät muutokset ovat:

- Tieliikenteen projekti, jossa pyritään tuottamaan vammautumistieto MAIS-muodossa, on edennyt ja näyttää siltä, että tulevaisuudessa vammautumistiedot saadaan osaksi onnettomuustietokantaa. Tällä on suuri merkitys, koska näin onnettomuuksien vakavuusasteeseen saadaan mitattava ulottuvuus.
- Rautatieliikenteestä on alettu saada Trafiin VR:n TUTTI-järjestelmän turvallisuusraportteja. Näitä on työstetty ja niihin on sovellettu projektissa kehitettyjä analyysimenetelmiä (tapausriski ja turvallisuustekijät).
- Vesiliikenteen puolella on saatu käyttöön luotsiraportteja ad hoc-tyyppisesti, kun niitä on menty hakemaan. Samalla on kuitenkin myös saatu poikkeamaraportointia eteenpäin lakiteitse, ja voidaan olettaa, että jatkossa varustamoilta aletaan saada turvallisuusraportteja liittyen sattuneisiin tapauksiin. Käynnissä on myös paikkatietopohjainen projekti, jossa pyritään tunnistamaan riskialttiit alueet.

Nämä muutokset ovat olleet tärkeitä kyseisten liikennemuotojen sisällä. Toisaalta radikaaleja muutoksia ei ole tapahtunut esim. kerättävän datatyypin suhteen. Näin ollen myöskään havainnointidataa ei ole tälläkään hetkellä saatavilla.

6.1.3 *Perustellut ehdotukset turvallisuusdatan keräämisen kehittämiseksi, liikennemuotokohtaisesti*

Alla esitetään ensin strategisia suosituksia ja sitten suosituksia liikennemuotokohtaisesti.

- Datan keruun suhteen strategiaksi voisi suositella nyt neljän kriteerin priorisointia:
 - Kerättävän **datan tietoarvo suhteessa kokonaistymäärään** (datan saaminen, sen laadun takaaminen ja datan analysoiminen). Esim. raportointitiedon työstäminen on työmäärältään moninkertainen verrattuna elektroniseen dataan kulkuvälineen operatiivisista muuttujista (nopeus, paikka, yms.).
 - **Trafin roolin tukeminen:** toimijoiden suhteen Trafin rooli on enemmän keskittynyt toimijoiden omien järjestelmien toiminnan arviointiin, kuin kaiken raakadatan (uudelleen) analysointiin ikään kuin toimijoiden puolesta. Kuitenkin Trafin tulee pystyä luomaan oman tietonsa pohjalta hyvä kokonaiskuva liikenteen turvallisuudesta, huomioiden erikseen eri liikenteen lajit (esim. harrasteveneily, harrasteilmailu) sekä toimijat.
 - **Modernin turvallisuusajattelun mukaisen datan kerääminen.** Esim. havainnointidatan kerääminen, jolloin voidaan ymmärtää työtehtävien sisäistä dynamiikkaa aivan eri tasolla, ja samalla saadaan dataa myös positiivisista suorituksista (ja resilienssistä). Ajatuksena on, että nykyisen lähestymistavan lisäksi aletaan vähitellen kerätä myös uudenlaista dataa, joka vastaa modernin turvallisuushallinnan tarpeita.
 - Niiden **alueiden kattaminen, joilta tietoa saadaan vähän tai ei yhtään** – kuitenkin yllämainittua resurssikriteeriä kunnioittaen.
- Näiden kriteerien seuraaminen voisi tarkoittaa mm. seuraavaa viiden vuoden kuluessa:
 - Merenkulku
 - Yritetään saada varustamodataa valmiiksi suodatettuna niin, ettei aikaa kulu työturvallisuusasioiden läpikäymiseen.
 - Myös luotsiraportteja käytetään.
 - Pyritään virtaviivaistamaan raporttien käsittely ja riskiarviointi niin, että niiden hyötysuhde on korkea.
 - Koetetaan saada onnettomuuksista ja läheltä piti -tilanteista dataa sopivassa elektronisessa muodossa. Paikkatieto helpossa muodossa on merkittävä yksityiskohta.
 - Pyritään kattamaan myös huviveneilyä sikäli, kun käyttökelpoista tietoa on saatavilla sopivassa muodossa.
 - Tutkitaan mahdollisuuksia kerätä elektronista dataa käyttökelpoisessa muodossa, jossa sitä on helppo analysoida (VTS, AIS, yms.).

- Kerätään aktiivisesti turvallisuuteen liittyvää tutkimustietoa normaalioperaatioista.
- Tuetaan projekteja, joissa kerätään dataa normaalioperaatioista (tutkimusprojektit, havainnointimenetelmät, elektroniset tallenteet) ja pyritään hyödyntämään tuloksia.
- Käytetään viisaasti (elektronisia) kyselytutkimuksia datan saamiseksi halutuista aiheista.
- Jatketaan turvallisuustekijöiden käyttöä datan luokittelussa.

O Rautatiet

- Kerätään kokemusta TUTTI-raporttien riskiarvioinnista
- Ollaan yhteistyössä LiVin kanssa ja pyritään vaikuttamaan siihen, että LiVin uusi raportointijärjestelmä heijastelee samoja moderneja periaatteita kuin Trafin menetelmät (mm. tapausriskiarviointi, luokittelut).
- Koetetaan saada onnettomuuksista ja läheltä piti -tilanteista dataa sopivassa elektronisessa muodossa. Paikkatieto helpossa muodossa on merkittävä yksityiskohta.
- Tutkitaan mahdollisuuksia saada elektronista turvallisuustietoa (esim. junan ajotiedot) helppokäyttöisessä muodossa (tai siitä tehtyjä analyysejä).
- Tuetaan havainnointimenetelmän aloittamista liikenteenohjauskeskuksissa ja muutenkin turvallisuushallintaa liikenteenohjaukseen liittyen.
- Tuetaan havainnointimenetelmien käyttöönottoa junaliikenteessä ja sen oheistoiminnoissa (ainakin ajoittain) sekä muita menetelmiä, joissa kerätään dataa normaalioperaatioista.
- Käytetään viisaasti (elektronisia) kyselytutkimuksia datan saamiseksi halutuista aiheista.

O Ilmailu

- Kerätään kokemusta lentoturvallisuusilmoitusten riskiarvioinnista ja pyritään tekemään prosessista hyötysuhteeltaan mahdollisimman hyvä.
- Pyritään karsimaan lähteitä ja menetelmiä, joiden hyötysuhde on huono. Tässä mielessä lieenee syytä tukea ECCAIRS-työn vähentämistä, kun siitä ei mitään ilmeisimmin saada (edes) euroopanlaajuisesti irti merkittäviä tuloksia.
- Koetetaan saada onnettomuuksista ja läheltä piti -tilanteista dataa sopivassa elektronisessa muodossa. Paikkatieto helpossa muodossa on merkittävä yksityiskohta.

- Tuetaan havainnointimenetelmien käyttöä ja niiden kehittymistä muotoon, joka tukee paremmin modernia turvallisuusajattelua (vrt. esim. nykyinen LOSA, jossa virheet ovat valitettavasti yksi tarkastelun pääkohde).
- Käytetään viisaasti (elektronisia) kyselytutkimuksia datan saamiseksi halutuista aiheista.

o Tieliikenne

- Koska tapausriskiarviointi sujuu tieliikenteen onnettomuusdatan suhteen automaattisesti, on syytä lisätä tämä dimensio pian LiVin ja PRONTOn tuottamaan dataan ja tarkastella tuloksia. Onnettomuuksia on syytä tällöin tarkastella myös niin, että yksikkönä on onnettomuus, eikä esim. kuolonuhri.
- Tieto vakavista ja lievista loukkaantumisista on itsestään selvästi yksi prioriteeteista.
- Saattaa olla tarpeen luoda kokonaan uudenlaisia tiedonkeruutapoja, jotta saadaan kattavampaa tietoa esim. ajokäyttäytymisestä. Sama koskee tietoa kevyen liikenteen onnettomuuksista (vapaaehtoinen raportointi).
- Jossain vaiheessa olisi hyvä kokeilla vakuutusyhtiöiden kolari-tietojen käsittelyä automaattisesti ja niiden tuoman riski-/vahinkotiedon analysointia.
- Tiedon keruuta olisi hyvä ohjata myös suhteessa tärkeimpiin parannusehdotuksiin, esim. keskikaiteisiin ja vaikkapa automaatti-autoihin.
- Käytetään viisaasti (elektronisia) kyselytutkimuksia datan saamiseksi halutuista aiheista.
- Ammattiautoilun suhteen olisi hyvä kokeilla ainakin ajoittaisia havainnointimenetelmiä, joilla päästään syvälle toiminnan sisään kuormittamatta pieniä toimijoita. Tällöin myös elektronisen tiedon keräämistä voisi kokeilla.

6.1.4 Suositusten seuraamisen vaikutus kehitettyjen riskiarviointimenetelmien ja mallin näkökulmasta

Kuten yllä todettiin, TiTo-projektin aikana kehitetty prosessi ei rakennu yksinomaan datan varaan. Mahdollisimman hyvälaatuinen ja kattava data kuitenkin parantaa luotua riskikuvaa niiltä osin kuin menneisyyden datan oletetaan heijastelevan myös tulevaisuutta. Turvallisuustekijöiden kannalta havainnointi- ja auditointitieto auttaisi hyödyllisten tulosten saamista paljon.

Mallissa erotellaan:

- Tilanteet, joihin joudutaan (ml. normaali operointi ja yllätykset)
- Operatiiviset ja organisaatiotason turvallisuustekijät
- Toiminnalle ominaiset uhat

Yksinkertaistettuna voidaan sanoa, että tilanteet riippuvat monista kontrolloimattomista tekijöistä (sattuma, järjestelmän monimutkaisuus) sekä jonkin verran myös organisaation omista kyvyistä (ennakoida). Turvallisuustekijät ovat ne asiat, joihin pyritään vaikuttamaan positiivisesti – ne vaikuttavat mm. selviytymiskykyyn. Uhat riippuvat paljolti siitä, millaista operointia harjoitetaan.

Kerättävä data pystyy valottamaan kaikkia näitä osa-alueita. Alla esimerkkejä samassa järjestyksessä kuin yllä. Data kertoo:

- tapauksista, joissa on jouduttu erilaisiin tilanteisiin.
- siitä, kuinka hyvin turvallisuustekijät toimivat tietyssä tilanteessa; mitkä pelastivat tilanteen ja mitkä pettivät.
- skenaarioista jotka toteutuivat tai olivat vähällä toteutua. Näin opitaan uhista.

Harkitut investoinnit hyvän datan saamiseksi ovat siis kannatettavia, kunhan työn resurssit saadaan pidettyä kohtuullisina.

6.1.5 Ajatuksia uusien keräysmetodien käytännön toteuttamisesta

Yllä olevissa suosituksissa mainitaan havainnointidatan kerääminen. Tämä on varmasti tärkein uusi potentiaalinen datalähde. Siihen liittyen voidaan tehdä seuraavat huomiot:

- Havainnoinnissa, siten kuin se tässä yhteydessä määritellään, ei olla kiinnostuneita yksittäisten työntekijöiden suorituksista, eikä havainnointi ole minkäänlainen audit. Ollaan kiinnostuneita havaitsemaan millaisia ilmiöitä / tapahtumia operointiin kuuluu ja millaisia työtapoja on käytössä.
- Tarvitaan tarpeeksi suuri otos. Esim. LOSA-menetelmää sovellettaessa havainnoidaan yleensä monta sataa lentoa.
- On tärkeää, että tulkinnan yhteydessä käytettävä malli on modernin ajattelutavan mukainen. TiTo-projektin oma malli käy havainnoinnin pohjaksi hyvin.
- Työnteon havainnointi on hyvin herkkä asia. Osallistujien on tunnettava havainnoinnin tarkoitus ja käytännön toteutus, jotta he voivat vakuuttua siitä, että heidän suorituskäytöksensä / käytöksensä ei ole havainnoinnin kohteena.
- Jotta toiminta olisi kustannustehokasta, yksi mahdollisuus on käyttää videointejä varsinaisen tarkkailijan sijasta. Tällöin filmin tuhoaminen sen tulkinnan jälkeen on tärkeä osa prosessia.
- Havainnoijan / tulkitsijan on oltava alan ammattilainen, eli hänellä tulee olla kyvyt samaan toimintaan kuin havainnoitavilla. Tulkintaa voidaan tehdä myös yhteistyössä eri asiantuntijoiden kanssa, kunhan jollakulla on kyseiset taidot.
- Käytännössä nämä seikat johtavat siihen, että trafilaiset eivät voi osallistua havainnointiin. Trafin olisi kuitenkin hyvä saada käyttöönsä tulokset.

- Ehkä sopivin paikka aloittaa havainnointi olisi rautatieliikenteen liikenteen-ohjauskeskus. Tällöin tarkkailupaikka ei liiku ja LiVi lienee helpompi yhteistyökumppani kuin jotkin toimijat. Liikenteenohjauskeskus on myös paikka, jossa tällaisen menetelmän käytöstä voisi syntyä suuri hyöty.
- Maaliskuussa tehtiin alustava kokeilu merenkulun komentositatyöskentelyn parissa. Perustana käytettiin turvallisuustekijöitä ja tiedon keruu perustui sekä havainnointiin, vapaamuotoisiin keskusteluihin että näiden vuorovaikutukseen. Tulokset olivat hyvin lupaavia: lyhyessä ajassa saatiin esille monia positiivisia käytäntöjä sekä joitakin heikkouksia.

6.2 Tulosten vertailu maailmalla käytössä oleviin menetelmiin

Tarkoituksena oli selvittää, onko muissa maissa havaittavissa sellaisten riskihallintamenetelmien kehittämistä, jotka hyödyntäisivät modernia tiedettä samankaltaisesti kuin Trafin tutkimusprojektissa. Tarkoituksena ei siis ollut tehdä kattavaa katsausta kaikkeen olemassaolevaan, vaan ainoastaan poimia kiinnostavat sovellukset, joita voisi verrata Trafin prosessin kanssa.

Näitä menetelmiä koetettiin löytää kolmella tavalla:

- Ottaa yhteys Kanadaan, Ruotsiin ja Hollantiin, jossa eri liikennemuotojen hallintoa on yhdistetty. Kiinnostavaa on, onko eri liikennemuotojen välinen synergia johtanut uusien menetelmien kehittämiseen.
- Selvittää, mitä menetelmiä on käytössä maissa, jotka yleensä ovat edelläkävijöitä. Tähän joukkoon kuuluvat mm. Australia, Uusi-Seelanti, USA, Englanti ja Ranska.
- Kysyä asian parissa työskenteleviltä professoreilta tms. asiantuntijoilta, ovatko he tietoisia tällaisista uusista menetelmistä. Asiaa kysyttiin Erik Hollnagelilta (Safety-II kehittäjä), René Amalbertilta ja David D. Woods (Ohio State University).

Tulokset ovat seuraavat:

- Trafin uuden menetelmän jälkeen pisimmällä ollaan Australiassa. Siellä asiaa on vienyt pitkälle varsinkin Stephen Duffield, jolla on pitkä kokemus liikenteen riskeistä, mm. tieliikenteen puolelta. Hän on rakentanut ilmailupuolelle ISO 31000-standardin pohjalta riskienhallintaprosessin, joka on osittain vielä kesken. Prosessilla on monia yhtymäkohtia RVP:n kanssa.
 - o Tietoa pyritään integroimaan eri lähteistä.
 - o Tavoitteena on luoda jokaiselle ilmailun sektorille riskirekisteri. Työ on aloitettu. Sektoreita on 29.
 - o Myöhemmin pyritään tunnistamaan yhteisiä piirteitä eri sektoreiden välillä ja huomioimaan myös Australian ulkopuolelta saatavaa tietoa.
 - o Pyritään tiiviiseen yhteistyöhön toimijoiden ja muiden sidosryhmien kanssa. Mm. uhat on tunnistettu yhdessä.
 - o On pyrkimys edetä toimenpiteissä usein kokeilujen kautta.

- *Mistään ei kuitenkaan ole löydetty riskienhallintamenetelmää, joka olisi verrattavissa riskiperusteisen vaikuttamisen prosessiin.*
 - Yleisesti ottaen menetelmät ovat hyvin yksinkertaisia luokitteluja toimijoiden SMS-kykyjen seuraamiseksi ja tulosten huomioimiseksi valvontatoiminnassa. Tällöin ei oikeastaan edes voida puhua riskienhallintamenetelmästä.
 - Ruotsissa on ilmailun puolella käytössä toimijoiden riskiperusteinen valvonta (risk-based oversight). Menetelmä perustuu hyvin yksinkertaiseen pistejärjestelmään.
 - Muuten turvallisuusasioita käsitellään alalajeittain analyysikokouksissa. Näissä käydään läpi trendejä ja muita analyysituloksia sekä pohditaan toimenpidetarpeita.
 - Käytössä on yksinkertaisia tuloksiin perustuvia turvallisuusindikaattoreita.
 - Hollannissa ainoa riskienhallintaohjelma on käytössä ilmailun puolella ja se pyrkii valvonnan ohjaamiseen toimijoiden profiloinnin avulla. Tarkastajat arvioivat toimijoita eri kriteerien perusteella ja tuloksena on arvosana 0-100.
 - Käytännön yhteistyö sidosryhmien kanssa oli havaittu erittäin tärkeäksi. Esim. Amsterdamin lentokentän toimintaan liittyen on olemassa foorumi, johon kaikki lentokentän käytön ja operoinnin sidosryhmät osallistuvat. Samoin viranomaisella on tarkkailijajäsenenä paikallisissa kansallisissa FDM-tapaamisissa (Suomen tapaan).
 - Toinen aivan erilainen lähestymistapa on CATS-niminen riskinmallinnusohjelma, joka on kehitetty NLR-tutkimuslaitoksella. Sen kattavuus on kuitenkin rajallinen ja käyttö kokeiluasteella.
 - Viranomaisella on myös luonut itselleen joukon ennakoivia indikaattoreita.
 - Australian menetelmässä on mm. seuraavat puutteet RVP:n verrattuna:
 - Menetelmä kattaa vain ilmailun.
 - Riskirekisterissä uhkia ei saada keskinäiseen järjestykseen, kuten 2D-riskikuvassa.
 - Eri riskilottuvuuksia (mm. ympäristö, materiaali) ei huomioida systemaattisesti.
 - Uusimman turvallisuustieteen tuloksia ei ole hyödynnetty.
 - Mustien joutsenten (ja muiden harvinaisten skenaarioiden) erityispiirteitä ei ole huomioitu

- Safety-II-ajattelua (esim. turvallisuustekijät) ei ole lähdetty soveltamaan.
- Uudessa-Seelannissa on aloitettu Australian tapaan riskien kartoitus, mutta työ on keskeytynyt.
- Kanadassa on käytössä Australian menetelmää yksinkertaisempi versio.
- Ison-Britannian rautatietojärjestö RSSB on kehittänyt oman riskimallinsa, joka on valtava kymmenientuhansien solmu-kohtien malli. Se perustuu asiantuntijoiden laatimiin skenaarioihin, joille on jokaiselle annettu vakioseuraus (esim. 50 uhria). Malli on toiminnaltaan hyvin mekaaninen/matemaattinen ja siten myös kaukana nykytieteen tarjoamasta turvallisuuskäsityksestä.
- Ison-Britannian siviili-ilmailuviranomainen on kehittämässä omanlaistaan riskirekisteriä ilmailun uhista. Rekisteri luodaan Bowtie-karttojen muotoon.
 - Tämä on poikkeuksellinen lähestymistapa, mutta perustuu yhä 25 vuotta vanhaan Reasonin malliin, eikä auta uhkien kokonaiskuvan luomisessa.
 - Isossa-Britanniassa on käytössä myös yhteistyöryhmä toimijoiden/teollisuuden edustajien kanssa.
- Ranskassa julkaistaan teollisuuden tarpeisiin turvallisuuden hallintaan liittyvää sarjaa ”Les cahiers de la sécurité industrielle”. Julkaisut ovat tasokkaita ja vapaasti ladattavissa internetistä. Kaksi näistä julkaisuista sivuaa aiheitamme:
 - Risk Analysis. Valitettavasti lähestymistapa on lähempänä luotettavuutta kuin nykyaikaista turvallisuudenhallintaa. Esi-tellyt tekniikat (kuten HAZID) ovat meidän näkökulmas-tamme vanhaa vuosikertaa, eivätkä sovellu esim. Trafin tar-peisiin.
 - Risk-informed decision-making processes. Tässä esitellään NASAn päätöksentekomenetelmä. Tämä soveltuu kuitenkin yhden suuren päätöksen tekemiseen, mutta ei jatkuvaan useiden uhkien hallintaan.
- USA:ssakaan uusin tiede ei ole löytänyt tietään käytössä oleviin ris-kienhallintamenetelmiin, vaikka esim. complexity-ajattelua käyte-täänkin joissain yksittäisissä projekteissa.
- USA:n Federal Highway Administration teetti vuonna 2012 tutkimuksen eri maiden liikenteen riskienhallintajärjestelmistä (liite D). Raportti on var-sin mielenkiintoinen. Sen pääviesti on, että hyvillä liikenteen turvallisuus-virastoilla on käytössään järjestelmällinen riskienhallintajärjestelmä.
- USA:n siviili-ilmailuviranomainen tukee kansainvälistä ryhmää nimeltä Sa-fety Management International Collaboration Group (SM ICG). Ryhmä on

julkaissut vertailun ilmailuviranomaisten riskienhallintamenetelmistä otsikolla Risk Based Decision Making Principles (liite E). Käsitellyt menetelmät perustuvat perinteisiin toimintatapoihin ja käsityksiin.

Järjestötasolla voidaan todeta seuraavaa:

- Eurocontrol on Euroopassa järjestänyt muutaman korkeatasoisen konferenssin uuden turvallisuustieteen aiheita käsitellen. Luennoitsijat ovat olleet kansainvälistä kärkeä (mm. Hollnagel, Woods). Näin Eurocontrol on ollut aiheen suhteen edelläkävijä. Se on myös julkaissut aiheesta hieman alalle sovellettua materiaalia. Varsinaisten yleispätevien riskienhallintamenetelmien parissa ei kuitenkaan ole työskennelty. Aiemmin kehitetty RAT-menetelmä rajoittuu lennonvarmistuksen tarpeisiin.
- EASA on tunnistanut määräysten (moniulotteisten) seurausten arvioinnin vaikeuden. Tämä on käytännön esimerkki siitä, kuinka vaikeaa on toimia monivuorovaikutteisessa järjestelmässä klassisin toimintatavoin. EASA:ssa on myös todettu, että eri maista saatujen poikkeamaraporttien riskiarviot ovat käyttökelvottomia ja siksi euroopanlaajuisen harmonisoinnin parissa työskentelee Euroopan komission nimittämä työryhmä.
- EMSA:ssa on ensimmäistä kertaa herännyt kiinnostus ARMS-menetelmää kohtaan, sen jälkeen kun siellä käytiin kertomassa Trafissa meneillään olevasta projektista syyskuussa 2014. On siis oletettavissa, että EMSA pystyy jatkossa liikkumaan oikeaan suuntaan.
- Kansainvälinen standardisointijärjestö on julkaissut riskienhallinnasta standardin ISO 31000. Se uudistaa terminologiaa (esim. risk mitigation → risk treatment) ja luo menetelmille hyvän raamin, jossa on kuitenkin joustoa erilaisten ratkaisujen luomiseksi. RVP sopii tähän raamiin. Raamin lisäksi standardi ei sinänsä tarjoa uusia innovaatioita.

Jos Trafi saa uuden prosessin käyttöön, se on ehdoton edelläkävijä koko maailmassa, kuten jo projektin alussa ennakoitiin. Kiinnostusta varmasti herää ympäri maailman. Näin Trafi saa roolin, jossa se vie muita virastoja ja organisaatioita modernimpaan tapaan hoitaa rooliaan riskiperusteisesti. Lähimpänä olisivat esim. LiVi, tieliikenteen turvallisuutta koordinoiva neuvottelukunta ja suuret kansalliset toimijat kuten VR.

Uhkien kokonaiskuva voi olla tehokas kommunikointiväline ja sillä on myös valistava vaikutus. Siksi sitä kannattaa alkaa vähitellen käyttää viestinnässä myös Trafin ulkopuolelle.

Tiiviimpi yhteistyö myös yksittäisten uhkien ja toimenpiteiden/kokeilujen tasolla on joka tapauksessa osa uutta prosessia. Tämä luo tilanteen, jossa uusien menetelmien luomia kokonaiskuvia ja analyysyjä käytetään yhdessä sidosryhmien kanssa ja näin uudet ajatusmallit toivottavasti leviävät niihinkin.

7 Tulosten toimeenpano Trafissa

Osa riskiperusteisen vaikuttamisen prosessista (RVP) on jo käytössä:

- Tapausriskin määrittäminen turvallisuuspoikkeamaraporttien tapauksille

- Turvallisuuustekijöiden (TT) yhdistäminen raporttien tapauksiin
- Ilmiöriskin menetelmä

Tämänhetkinen käyttö on eri liikennemuodoissa erilainen. Esim. rautatieliikenteen osalta tapausriski ja TT-määrittäminen on jatkuvassa käytössä TUTTI-raporteille, ja käsiteltyjä tapauksia on jo yli 500. Menetelmät toimivat hyvin ja työ sujuu nopeasti. Ilmailussa ja vesiliikenteessä samanlaista työtä on tehty, mutta vesiliikenteestä puuttuu jatkuva datavirta ja ilmailun suuri raporttimäärä ja työkalukysymykset ovat johtaneet siihen, että työ ei tällä hetkellä ole käynnissä. Vesiliikenteessä on käsitelty yli 300 luotsiraporttia, mutta ne pitää käydä erikseen hakemassa Finn-pilot-yhtiöltä. Tie-liikenteessäkin on valmiita onnettomuustilastoja muunneltu tapausriskimuotoon.

Osa prosessista on kokeiltu ja harjoiteltu:

- Riskien kokonaiskuvan muodostaminen
- Tietyn uhan käsittely niin, että tieto ja kokemus Trafin eri toimialoilta kootaan yhteen riskipajassa. Tulokset dokumentoidaan. Myös sidosryhmien edustajia on ollut paikalla (esim. OTKESista)
- Uhkien tunnistaminen ja niiden paikan määrittäminen riskien kokonaiskuvassa
- Potentiaalisten muutoskohteiden tunnistaminen
- Haluttujen muutosten luonteen analyysi ja kokeilujen/toimenpiteiden määrittely

Varsinaista päätöksentekoa ja analyysin eri muotoja päästään kokeilemaan silloin kun prosessi otetaan käyttöön ja sen kautta käsitellään uhkia (ja toimijoita). Koko prosessi ja siihen kuuluvat menetelmät on kuitenkin tarkkaan määriteltä liitteen C käsikirjassa.

Prosessin toimeenpanoa on valmisteltu myös mm. tunnistamalla siihen liittyviä tärkeitä asioita. Niitä on käsitelty alla luvussa 9.

8 Projektin tavoitteiden ja tulosten vertailua

Projektissa lähdettiin luomaan menetelmää, jollaista ei missään muualla vielä ollut olemassa. Oletettavissa oli, että tutkimussuunnitelmaan tulee matkan varrella muutoksia. Yllättäen varsinaisia muutoksia ei projektin keston ja perussisällön suhteen tullutkaan. Kaikki projektin osa-alueet saatiin tehtyä. Kirjallisuus tuki projektin sisältöä hyvin ja valituille ratkaisuille löytyi tieteellistä tukea.

Projektin aikana kohdattiin muutama alue, jossa todellisuus osoittautui erilaiseksi kuin oletukset:

- Alun perin datan rooli kokonaiskuvan luomisessa oletettiin suureksi, samoin kuin riippuvuus datan määrästä ja laadusta. → Osoittautui, että dataa kannattaa käsitellä vain yhtenä komponenttina kokonaiskuvan luomisessa. Tällöin riippuvuusongelmakin katoaa.

- Riskin arvoa käsitellään yleensä numerona → Osoittautui, että riskin kuvaaminen kaksiulotteisessa avaruudessa (eli vektorina) on hyödyllisempi tapa.
- Oletuksena oli, että kaikenlaisia uhkia voidaan käsitellä periaatteellisesti samalla tavalla → Osoittautui, että vakavat pienen todennäköisyyden skenaarit vaativat oman erilaisen käsittelytapansa (mustiin joutseniin liittyvä tiede).
- Oletuksena oli, että toimenpiteet valittaisiin valmiiksi laaditulta, laajalta listalta → Osoittautui, että haluttujen muutosten aikaansaaminen monivuorovaikutteisessa järjestelmässä on kokonaan oma maailmansa, joka vaatii dynaamista lähestymistapaa kokeilujen avulla. Tämä oli projektin kannalta ehkä merkittävin yllätys.
- Oletuksena oli, että kun meille annetaan oikeanlaista tietoa, teemme rationaalisia päätöksiä → Osoittautui, että olemme kognitiivisesti yhä savannilla 100.000 vuotta sitten, vaikka olemme kehittäneet ympärillemme erittäin monimutkaisen maailman. Tämä on vaikea yhdistelmä, ja monet kognitiiviset mekanismit altistavat päätöksemme usein epärationaalisuudelle.

Nämä asiat vaikuttivat ratkaisujen kehittämiseen, mutta eivät muuttaneet projektin sisältöä merkittävästi eivätkä viivästyttäneet sen aikataulua.

Projektin tavoite on saavutettu: on kehitetty menetelmä, joka mahdollistaa riskiperusteisen toiminnan. Menetelmä on dokumentoitu ja sitä on kokeiltu ja harjoiteltu.

Tavoitteisiin liittyvistä kulmakivistä kolmas liittyy keinovalikoimaan. Kuten yllä todettiin, tämä kohta avautui paljon suuremmaksi ja monimutkaisemmaksi asiaksi kuin oli odotettu. Näin ollen ratkaisukin on huomattavasti kehittynempi ja hienojakoisempi kuin oletettu keinovalikoima (joka sekin on kuitenkin tehty, ja on osa ratkaisua).

Tieliikenne on ollut mielenkiintoinen liikennemuoto muiden rinnalla. Tieliikenteen turvallisuustyön perinteiset menetelmät ja mittarit ovat olleet eniten muista liikennemuodoista poikkeavia. On hyvä huomata, että vaikka jotkin kehitetyn prosessin menetelmät tuntuvat vierailta tieliikenteessä (tapausriski, turvallisuustekijät), niin jotkin prosessin osat soveltuvat poikkeuksellisen hyvin juuri tieliikenteen tarpeisiin (esim. kokeilut). Joka tapauksessa tieliikenteen riskit on saatava osaksi liikennejärjestelmän kokonaiskuvaa, jonka tuottamia oivalluksia ei voi ennakoida ennen kuin kuva on käytettävissä.

9 Avainasiat nyt ja tulevaisuudessa

Tässä luvussa käsitellään niitä asioita, joiden huomioiminen on tärkeää nyt ja tulevaisuudessa, jotta kehitetty prosessi toimisi ja kehittyisi edelleen.

9.1 Ajankohtaiset asiat

Ajankohtaisia avainasioita riskiperusteisen vaikuttamisen kannalta ovat:

- **Kehitetyn prosessin täytäntöönpano.** Tähän liittyy prosessin omistajien valinta ja menetelmät hyvin tuntevan tiimin perustaminen. Myös riskipajojen fasilitoijien osaamisesta täytyy pitää huolta.
- Toimeenpanossa täytyy muistaa, että kyseessä ei ole vain tiedon siirtyminen paikasta toiseen. **Täysin avainasemassa on se, miten ihmiset työskentelevät yhdessä ja miten heidän tietonsa ja osaamisensa kehittyy** (eikä vähiten ymmärrys *liikennejärjestelmän dynamiikasta*). Siksi mm. työskentely yhdessä *riskipajoissa* on kriittisen tärkeä elementti prosessia.
- **RISTO-profiloinnin prosessi on sulautettu** RVP:iin niin, että tehtyjä organisatioprofiileja voidaan käyttää kokonaiskuvien muodostamiseen ja ristiinanalyysiin (toimijat vs. uhat) sekä hyödyntää RVP:n menetelmiä sopivien toimenpiteiden luomiseksi. Tämä ei sinänsä muuta RISTO-prosessia, mutta asia on hyvä käydä läpi RISTO-prosessin kannalta.
- Projektin aikana tunnistettiin **tarve tehdä liikennemuotokohtaisia päätöksiä**. Tämä on ollut ongelma projektinaikaisessa organisaatiossa, mutta sitä ei toivottavasti ole tulevaisuudessa.
- Mahdollisesti **suurin haaste on psykologinen harppaus**, jonka uusi käsitys liikennejärjestelmästä monivuorovaikutteisena järjestelmänä tuo mukanaan. Ympäröivä maailma on nopeasti omaksumassa tämän lähestymistavan, mutta jos odotetaan asian muuttuvan ”normaaliksi” niin hukataan ainakin 5 vuotta aikaa ja kaikki se hyvä/paha, mitä Suomen liikenteessä sinä aikana ehtii tapahtua.
- Hyväkään prosessi ei toimi, jos puuttuu rohkeutta kun tulee toiminnan aika:
 - Uskalletaan käyttää **radikaaleja toimenpiteitä** silloin kun ne ovat tarpeen
 - **Uskalletaan kokeilla** täysin uusia ja erilaisia keinoja
 - Luodaan täysin **uskottava uhka toimijoille** siitä, että Trafi tarvittaessa rajoittaa toimintaa tai keskeyttää sen kokonaan.
- **Työkalut** eivät ole akuutein asia, mutta prosessin tarpeet on syytä pitää mielessä koko ajan kun tietotekniset uudistukset etenevät Trafissa. Todennäköisin kehityskulku on co-evoluutio, eli järjestelmät ja RVP kehittyvät rinnakkain ja mitä tiiviimpi vuorovaikutus niillä on, sitä paremmin ne voivat hyödyttää toisiaan.
- **Sekä RISTO että RVP luovat tarpeen yhteistyöryhmien (tai ”riskipajojen”) kokoontumiseen ja tämä vie resursseja.** Kyseessä on kuitenkin epäilemättä Trafin tärkein prosessi – ja jos Trafi ei sitä tee, se jää Suomen osalta tekemättä. Samalla kun tätä kokoustyöskentelyä yritetään hioa mahdollisimman tehokkaaksi, voidaan ehkä löytää vähemmän kriittisiä tehtäviä, jotka voidaan lopettaa. Esim. osavuosisikatsaukset eivät tuota todellista lisäarvoa järjestelmässä, jossa ilmiöt ovat tyypillisesti niin hitaita, että ne näkyvät vuositasonalla.

Tässä muutama asia, jonka kanssa kannattaa olla **varovainen**:

- Kehitettyjen prosessien (RVP ja RISTO) **”lopullisia” muotoja ei kannata yrittää lukita liian aikaisin**. Prosessin koko potentiaali ja parhaat käytännöt paljastuvat vähitellen. Siksi prosessin omistajien ja jonkinlaisen ydinryhmän olemassaolo on tärkeää: he huolehtivat prosessin kehittymisestä.

- Trafissa on hyvä määrä **diversiteettiä**, esim. ihmisiä, joiden koulutus/kokemustausta on erilainen. Tämä on tärkeä pääoma, jota ei saisi menettää.
- Työmenetelmät, joihin perehdytettiin maaliskuussa 2015 ja joilla luodaan toimenpide/kokeiluehdotuksia voivat vaikuttaa samanlaisilta kuin monet muut menetelmät. Menetelmät ovat kuitenkin monella tavalla radikaalisti vanhoista poikkeavia, ja **niiden korvaamisella ”tavallisemmilla” on merkittäviä seurauksia**. Niiden tarkasta noudattamisesta kannattaa siis pitää kiinni ja jos ne korvataan, täytyisi olla täysi ymmärrys siitä, mitä ollaan tekemässä ja miksi. Tässä fasilitoijilla ja prosessin ydinryhmällä on tärkeä rooli.
- Prosessi **ei saa jäädä vain trafilaisten tekemäksi**. Todellisiin hyviin ratkaisuihin päästään ainoastaan jos mukana pidetään jatkuvasti myös keskusteltavien aihepiirien parissa päivittäin työskenteleviä alan ammattilaisia. Välillä tämä tarkoittaa myös ihan tavallisten ihmisten mukaanottoa työpajoihin. Jos puhutaan esim. nuorten kuljettajien onnettomuuksista, on luonnollista ottaa riskipajaan mukaan nuoria kuljettajia. He voivat antaa erityisen arvokkaan panoksen ehdotusten heikkouksien löytämiseen ja ehdottaa aivan erilaisia ratkaisuja.
- Kun prosessi vakiintuu ja riskien kokonaiskuva alkaa olla kattava, on myös varotettava sitä, **ettei riskikuvasta tule todellisuuden korvike**. Prosessi ja kokonaiskuva ovat hyviä työvälineitä todellisuuden muuttamiseksi, mutta kohteena on todellisuus – ei riitä, että asiat näyttävät hyvältä Trafin riskikuvassa.

9.2 Tulevaisuuden avainasiat

Kuten aiemmin todettiin, on tärkeää, että uudella prosessilla on selkeät omistajat ja myös ydinryhmä, joka ymmärtää prosessin hyvin. Maaliskuussa 2015 on käytettävissä prosessin prototyyppi, jonka osia on kokeiltu. Prosessi luultavasti hioutuu paljon kun sen läpi menevä tietovirta kasvaa: saadaan riskiarvioituja yksittäistapauksia kaikista liikennemuodoista, kokonaiskuva uhista ja skenaarioista täydentyy ja meillä on laaja valikoima toimenpiteitä ja kokeiluja, joita seurataan aktiivisesti. Tämän kehityksen rinnalla tietotekniset ratkaisut ovat vuorovaikutuksessa prosessin kanssa: työkalut tuovat uusia mahdollisuuksia toteuttaa prosessia paremmin ja helpommin, ja toisaalta prosessin puolelta tehdään määritelmiä halutuille tietoteknisille toiminnoille. Trafiin on luotu yksi elävä ja kasvava sosiotekninen järjestelmä lisää – ja se tarvitsee osaavaa ja välittävää huomiota.

Prosessin tieteellinen tausta ei saa unohtua. Tulevia kehitysratkaisuja mietittäessä voidaan palata näille juurille varmistamaan, että ollaan menossa oikeaan suuntaan. Koulutusmateriaalit ja kerätty kirjallisuus olisi hyvä tehdä kaikille helposti saatavaksi.

Ratkaisu joka voisi tukea sekä prosessin evoluutiota että teorian mukana pysymistä on aiheeseen liittyvän wikin perustaminen.

On aihepiirejä, joiden ymmärtämistä on hyvä jatkossa syventää ja samalla seurata jatkuvaa kehitystä. Tässä muutamia ehdotuksia:

- VTT:llä on monimutkaiseen järjestelmiin liittyvää osaamista, joka on aivan maailman huippuluokkaa. Tämä on kansainvälisestikin vielä harvinaista ja osaaminen löytyy siis todella läheltä. Teemu Reiman, Pia Oedewald ym.

- Cognitive Edge on Cynefin-mallin luoja David Snowdenin perustama yritys. Yrityksen kurssit voisi suositella Trafille monestakin syystä, sekä teorian että käytännön työmenetelmien takia. Heillä on myös SenseMaker -työkalu, jonka avulla voi luoda inhimillisen aistiverkoston (human sensor network), mikä on loistava tapa saada nopeaa palautetta vaikkapa liikenteen käyttäjiltä. Heidän verkkosivuillaan on runsas määrä ilmaista materiaalia.
- Aalto-yliopiston systeemianalyysin laboratorio on paikka, josta voi hakea systeemijattelun osaamista. On hyvä muistaa, että Cognitive Edgen lähestymistapa monivuorovaikutteisiin järjestelmiin menee askelen pidemmälle kuin systeemijattelussa, mutta pääosin nämä kaksi tukevat toisiaan.

Lähdeluettelo

Tutkimustyön pohjana käytettiin laajaa kirjallisuustutkimusta. Alla on lueteltu tärkeimpiä lähteitä aihepiireittäin.

Tapausten riskiarviointi verrattuna indikaattoreihin

Airline Risk Management Solutions Working Group. Methodology for Operational Risk Assessment for Aviation Organizations. 2010. Available at: http://www.skybrary.aero/index.php/ARMS_Methodology_for_Risk_Assessment

Amalberti, R. Les effets pervers de l’ultrasecurité. *La recherche* 319 (April 1999), 66-70.

Aven, T. and Krohn, B.S. A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen. *Reliability Engineering and System Safety* 121 (2014), 1–10

Booth, J. Transport Canada's risk based surveillance and planning system. Presentation in the EASA conference: *Safety Oversight: Managing Safety in a Performance Based Regulatory Environment* (10-11 October 2012). Available at: <http://easa.europa.eu/conferences/pbo/>

Dekker, S. *Drift into failure*. Ashgate, Aldershot, 2011.

Dekker, S. Resilience Engineering: Chronicling the emergence of confused consensus, in Hollnagel, E., Woods D.D. and Leveson, N. (eds.) *Resilience Engineering, Concepts and Precepts*. Ashgate, Aldershot, 2006

Finnish Transport Safety Agency, Trafi. Indicators and their selection criteria. Available at: <http://www.trafi.fi/turvallisuus/analyysitoiminta/indikaattorit>

Finnish Transport Safety Agency, Trafi. Aviation indicators. Available at: http://www.trafi.fi/turvallisuus/analyysitoiminta/indikaattorit/ilmailun_turvallisuusindikaattorit

Gourdji, H. An Incremental Approach to Performance Based Oversight. Presentation in the EASA conference: *Safety Oversight: Managing Safety in a Performance Based Regulatory Environment* (10-11 October 2012). Available at: <http://easa.europa.eu/conferences/pbo/>

Hollnagel, E. *FRAM: The Functional Resonance Analysis Method*. Ashgate, Aldershot, 2012.

Kneepkens, J. EU Performance based Regulations. Presentation in the EASA conference: *Safety Oversight: Managing Safety in a Performance Based Regulatory Environment* (10-11 October 2012). Available at: <http://easa.europa.eu/conferences/pbo/>

Reiman T. and Pietikäinen, E. Leading indicators of system safety – Monitoring and driving the organizational safety potential. *Safety Science* 50 (2012), 1993–2000.

Wreathall, J. Monitoring – A critical ability in Resilience Engineering. In Hollnagel, E., Paries, J., Woods, D.D. and Wreathall, J. (eds.) *Resilience Engineering in Practice*. Ashgate, Aldershot, 2011.

Øien K., Utne, I.B. and Herrera, I.A. Building Safety indicators: Part 1 – Theoretical foundation. *Safety Science* 49 (2011), 148–161.

Øien K., Utne, I.B., Tinmannsvik, R.K. and Massaiu, S. Building Safety indicators: Part 2 – Application, practices and results. *Safety Science* 49 (2011), 162–171.

Tapausten käyttö osana riskienhallintaprosessia: tapausriskiarviointi ja turvallisuustekijät

- Abrahamsen, E.B., Aven, T., Vinnem J.E., Wiencke, H.S. 2004. Safety management and the use of expected values. *Risk, Decision and Policy* 9(4): 347-357.
- Airline Risk Management Solutions (ARMS) Working Group 2010. *Methodology for Operational Risk Assessment for Aviation Organizations*. Available at www.skybrary.aero
- Amalberti, R. 2001. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. *Safety Science* 37: 109-126.
- Dekker, S.W.A. 2014. The bureaucratization of safety. *Safety Science* 70: 348-357
- European Co-ordination Centre for Aviation Incident Reporting Systems (ECCAIRS) 2010. *ECCAIRS 4.2.8 Data Definition Standard, Explanatory Factors*. Ispra: Joint Research Centre (JRC) of the European Union.
- Hale, A. 2001. Conditions of occurrence of major and minor accidents. *Journal of the institution of occupational safety and health* 5, issue 1: 7-21.
- Hollnagel, E. 2012. *FRAM: The functional resonance analysis method*. Farnham: Ashgate.
- Hollnagel, E. 2014. *Safety-I and Safety-II*. Farnham: Ashgate
- International Civil Aviation Organization (ICAO) 2010. *High-level safety conference 2010, working paper*. Montreal: ICAO
- International Air Transport Association (IATA) 2014. *Data report for Evidence-Based Training*. Montreal: IATA.
- Johansen, I.L. & Rausand, M. 2014. Foundations and choice of risk metrics. *Safety Science* 62: 386-399.
- Ladan, M. & Hänninen, M. 2012. *Data Sources for Quantitative Marine Traffic Accident Modeling*. Espoo: Aalto University.
- Lee, R. & De Landre, J. 2000. *The Systemic Incident Analysis Model (SIAM)*. Canberra: Australian Transport Safety Bureau.
- Nisula, J.M. 2014. From Safety Indicators to Measuring Risk – the Risk-Guided Transport Safety Agency. *Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction in Aerospace 2014 (HCI-Aero); Santa Clara, USA, July 30-August 1, 2014*.
- Nisula, J.M., (in prep.). Creating an integrated risk picture for four modes of transport.
- Nouvel, D., Travadel, S., Hollnagel, E. 2007. Introduction of the Concept of Functional Resonance in the Analysis of a Near-Accident in Aviation. *33rd ESReDA Seminar; Ispra, Italy, 13-14 November 2007*.
- Vanem, E. 2012. Ethics and fundamental principles of risk acceptance criteria. *Safety Science* 50: 958-967.
- Woods, D.D., Cook, R.I 2006. Incidents – Markers of resilience or brittleness? In Hollnagel, Woods, Leveson (eds.) *Resilience Engineering. Concepts and Precepts*: 69-76. Aldershot: Ashgate.

Kehitetty prosessi kokonaisuutena

- Abrahamsen, E.B., Aven, T., Vinnem J.E., Wiencke, H.S. 2004. Safety management and the use of expected values. *Risk, Decision and Policy* 9(4): 347-357.

- Airline Risk Management Solutions (ARMS) Working Group 2010. *Methodology for Operational Risk Assessment for Aviation Organizations*. Available at www.skybrary.aero
- Amalberti, R. 1999. Les effets pervers de l'ultrasécurité. *La recherche* 319: 66-70.
- Amalberti, R. 2001. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. *Safety Science* 37: 109-126.
- Amalberti, R. 2013. *Navigating safety*. Dordrecht: Springer.
- Aven, T. & Krohn, B.S. 2014. A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen. *Reliability engineering and system safety* 121: 1-10.
- Aven, T. 2015. Implications of black swans to the foundations and practice of risk assessment and management. *Reliability engineering and system safety* 134: 83-91.
- Bergström, J., Dahlström, N., Dekker, S.W.A 2011. Training organizational resilience in escalating situations. In Hollnagel, P., Woods, Wreathall (eds.) *Resilience engineering in practice*: 45-57. Farnham: Ashgate.
- Dekker, S.W.A. 2014. The bureaucratization of safety. *Safety Science* 70: 348-357
- Eurocontrol 2014. *Systems Thinking for Safety: Ten Principles. A White Paper. Moving towards Safety-II*. Brussels: Eurocontrol.
- International Maritime Organization (IMO) 2006. *Amendments to the guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rulemaking process (MSC/Circ.1023 - MEPC/Circ.392)*. London: IMO.
- Kurtz, C.F., Snowden, D.J. 2003. The new dynamics of strategy: sense-making in a complex and complicated world. *IBM systems journal* 42 (3): 462-483.
- La Porte, T.M. 2006. Organizational strategies for complex systems, Resilience, Reliability, and Adaptation. In Auerswald, Branscomb, La Porte, Michel-Kerjan (eds.) *Seeds of Disaster, Roots of Response*: 135-154. Cambridge: Cambridge University Press.
- Makridakis, S. & Taleb, N.N. 2009. Decision-making and planning under low levels of predictability. *International Journal of forecasting* 25:716-733.
- Nisula, J.M. 2014a. From Safety Indicators to Measuring Risk – the Risk-Guided Transport Safety Agency. *Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction in Aerospace 2014 (HCI-Aero); Santa Clara, USA, July 30-August 1, 2014*.
- Nisula, J.M 2014b. *Safety Factors in the 'Tiedosta Toimenpiteisiin' (TiTo) project*. Available at: http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tutkimus_ja_kehittaminen/tiedosta_toimenpiteisiin. Helsinki: Finnish Transport Safety Agency (Trafi).
- Nisula, J.M., (in prep.). Modern approach for integrating safety events in a risk management process.
- Rail Safety and Standards Board (RSSB) Limited (2014). *Taking safe decisions*. London: RSSB.
- Reiman, T., Rollenhagen, C., Pietikäinen, E., Heikkilä, J. 2015. Principles of adaptive management in complex safety critical organizations. *Safety Science* 71 (B): 80-92
- Sutcliffe, K.M. 2011. High reliability organizations (HROs). *Best practice & Research clinical anaesthesiology* 25: 133-144.
- Taleb, N.N. 2010. *The Black Swan*. 2nd edition. New York: Random House.
- Woods, D.D., Cook, R.I 2002. Nine steps to move forward from error. *Cognition, technology & work* 4: 137-144.
- Zimmermann, K., P., Amalberti, R., Hummerdal, D.H. 2011. Is the aviation industry ready for resilience? In Hollnagel, P., Woods, Wreathall (eds.) *Resilience engineering in practice*: 257-274. Farnham: Ashgate.