



**PELASTUSOPISTO**

B-sarja:

Tutkimusraportit

4/2015

# Suunnitteluvirheiden aiheuttamat vakavat tulipalo- ja muut suuronnettomuusriskit

Esko Kaukonen

Pelastusopisto  
PL 1122  
70821 Kuopio

[www.pelastusopisto.fi](http://www.pelastusopisto.fi)

Pelastusopiston julkaisu  
B-sarja: Tutkimusraportit  
4/2015

ISBN 978-952-5905-65-6 (pdf)  
ISSN 2342-9313

## Esipuhe

Tämä Pelastusopiston julkaisuna tuotettu raportti on tarkoitettu hyödyttämään suunnittelijoita, päätöksentekijöitä ja turvallisuusvastaavia organisaatioissaan sekä tarkastuksista ja valvonnasta vastaavia viranomaisia.

Kiitos aiheeseen liittyvistä kannustavista keskusteluista ja ajatusten vaihdosta kognitiotieteiden professori Pertti Saariluomalle, johtava tutkija Kai Valoselle sekä turvallisuuspäällikkö Tiina Rannalle.

Kiitokset Palosuojelun Edistämissäätiölle hankkeen taloudellisesta tukemisesta.

Esko Kaukonen

Esko Kaukonen

Pelastusopisto

Suunnitteluvirheiden aiheuttamat vakavat tulipalo- ja muut suuronnettomuusriskit

Julkaisu/Tutkimusraportti, 49 sivua

Joulukuu 2015

---

## TIIVISTELMÄ

Suunnitteluvirheet voivat johtaa ihmishenkien sekä ympäristö-, kulttuuri- ja omaisuusarvojen menetyksiin. Kysymys on inhimillisistä virheistä. Inhimillisistä virheistä puhutaan ihmisen aiheuttamien vahinkojen tai onnettomuuksien yhteydessä. Näitä ovat virhevallinnat ja väärät otteet, mutta myös harkinnan ja ajattelun jälkeen tehdyt onnettomuuksiin sekä vaaratilanteisiin johtavat toimenpiteet.

Hankkeessa on tavoitteena tuottaa tietoa vakavia tulipalo- ja muihin suuronnettomuusriskejä aiheuttavien suunnitteluvirheiden tunnistamiseksi niiden haittojen vähentämiseksi päätöksentekoprosessissa. Tutkimusongelmia on kaksi: 1) mitkä tekijät ovat vakavia tulipalo- ja muihin suuronnettomuusriskejä aiheuttavien suunnitteluvirheiden taustalla? 2) millä toimenpiteillä noita riskejä aiheuttavia suunnitteluvirheitä voidaan vähentää? Tutkimusongelmia lähestytään kolmesta näkökulmasta. Näistä ensimmäinen on turvallisuustieteen (Safety Science) näkökulma. Toinen on ajatteluvirheiden tutkimuksen näkökulma. Kolmantena on turvallisuustutinnan näkökulma.

Suunnittelun taustalla ovat ajattelun prosessit, jotka saattavat olla osaksi tiedostamattomia. Onnettomuuksien välittömänä syynä on monesti rakenteellinen heikkous, tekninen toimintavirhe taikka inhimillinen toimintavirhe. Yksittäinen suunnitteluvirhe saattaa olla syynä rakennevirheille sekä synnyttää teknisille ja inhimillisille toimintavirheille altistavat olosuhteet. Suunnitteluvirheiden välttämiseksi on huolehdittava suunnitteluolosuhteista sekä suunnittelutyön resursseista. Passiivisia suunnitteluvirheitä ehkäistään parhaiten ennakoivalla turvallisuusjohtamisella. Parasta turvallisuustyötä on ehkäistä onnettomuudet jo suunnittelupöydällä.

Avainsanat: Turvallisuus, Toimintavirhe, Suunnitteluvirhe, Piilevät olosuhteet

Esko Kaukonen

Emergency Services College

Fatal fire risks and other major accident risks caused by design errors

Publication/Research report, 49 pages

December 2015

---

## SUMMARY

Design errors can result in fatalities and losses of environmental, cultural and economic values. Design errors are human. We talk about human errors in connection with errors caused by human beings. These are erroneous selections and incorrect grips, but also measures conducted after consideration and reasoning that result in perils and accidents.

The aim in this study is to provide information for recognizing the design errors that could result in fatal fire risks and other major accident risks to reduce their detriments in decision process. There are two research problems: 1) what are the background factors of design errors resulting in fatal fire risks and other major accident risks? 2) What measures are needed to reduce design errors that could result in those risks? The research problems are approached from three perspectives. The first of these is safety science perspective. The second is thought error research perspective. The third is safety investigation perspective.

Design is based on thought processes, which can be partially unconscious. The immediate cause for accidents is often technical or human failure. However, a single design error could result in multiple technical and human failures. To avoid design errors the design work must be sufficiently resourced and decent conditions for the work must be guaranteed. Passive design errors can best be averted by proactive safety management. The best proactive safety work is to prevent accidents as early as on the design table.

Keywords: Safety, Failure, Design error, Latent conditions

## Sisälllys

1	Johdanto .....	7
2	Tutkimusstrategia ja tarkastelunäkökulmat .....	9
3	Inhimillinen toiminta ja virheet .....	11
3.1	Turvallisuus ja tuotanto .....	11
3.2	Toiminta ja virheet tietoisien kontrollin eri tasoilla .....	14
3.3	Toimintavirheet ja piilevät olosuhteet.....	18
3.4	Ajattelun prosessit ja ajatteluvirheet .....	19
4	Inhimilliset virheet ja turvallisuusriskien hallinta.....	23
4.1	Yksilö- ja systeeminäkökulma turvallisuusriskien hallinnassa .....	23
4.2	Aktiivisten suunnitteluriskien hallinta .....	28
4.3	Passiivisten suunnitteluriskien hallinta.....	33
4.4	Korkean luotettavuustason paradoksi .....	40
5	Pohdinta.....	43
	Lähteet .....	45

# 1 Johdanto

Vakavien onnettomuuksien yhteydessä tehtävä turvallisuustutkinta on osoittanut erilaisten päätöksenteko- ja toimintaketjujen lisääntyvän kompleksisuuden. Onnettomuuksien syyt liittyvät usein virheelliseen suunnitteluun. Suunnitteluvirheet voivat johtaa sekä ihmishenkien että ympäristö-, kulttuuri- ja omaisuusarvojen menetyksiin.

Suunnitteluvirheet ovat inhimillisiä. Inhimillisistä virheistä puhutaan yleisesti ihmisen aiheuttamien vahinkojen tai onnettomuuksien aiheuttajina. Näitä ovat virhesanonnat, kompastumiset ja väärät otteet, mutta myös harkinnan ja ajattelun jälkeen tehdyt onnettomuuksiin sekä vaaratilanteisiin sekä muihin ei-toivottuihin tuloksiin johtavat toimenpiteet.

Menneisyydessä suunnitteluvirheiden merkitys on mahdollisesti ollut vähäisempi ja niistä on ehkä myös tiedetty vähemmän kuin nykyisin. Lisääntynyt muutosnopeus, monimutkaisuus ja keskinäisriippuvuudet altistavat virheisiin suunnittelussa lisäten riskejä vakaviin tulipaloihin ja muihin suuronnettomuuksiin.

Suuronnettomuudet ovat yhdessä luonnon ääri-ilmiöiden ja ympäristöuhkien kanssa yhdeksäntenä mukana Yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa (valtioneuvoston periaatepäätös 16.12.2010, 72–73) esitetystä uhkamallien luettelossa. Luettelo koostuu kolmestatoista yleisen tason kuvauksesta yhteiskunnan kannalta merkittävistä turvallisuusympäristön häiriöistä. Suuronnettomuuksien syynä ovat tavallisesti inhimilliset virheet tai ihmisten suunnitteleminen teknistä toimintaa ohjaavien järjestelmien viat. Suuronnettomuuksilla on välittömiä ja välillisiä vaikutuksia väestön hyvinvointiin. Ne tapahtuvat äkillisesti ja ennalta arvaamatta. Niiden vaikutusalue voi olla aluksi paikallinen, mutta se voi laajeta ajan kuluessa, ellei tehokasta pelastustoimintaa kyetä nopeasti organisoimaan.

Suurissa onnettomuuksissa myös pelastustoiminta aiheuttaa merkittäviä kustannuksia edellyttäessään toimenpiteitä useilta eri toimialoilta.

Suuronnettomuuksien tarkastelu on osoittanut, että paikallisella päätöksellä ja siihen perustuvalla toimenpiteellä saattaa olla sekä maantieteellisesti että ajallisesti laajat vaikutukset. Kaukana onnettomuuspaikasta tehty ratkaisu saattaa erilaisten osatekijöiden yhdysvaikutusten kautta osoittautua kohtalokkaaksi. Onnettomuudet syntyvät, kun kaikki siihen johtavat osatekijät asettuvat kohdalleen. Yhteiskunnan monimutkaistumisen myötä suunnitteluvirheiden tarkastelemisen tulee riskienhallinnan kannalta yhä tärkeämmäksi.

Tutkimushankkeessa tavoitteena on tuottaa tietoa vakavia tulipalo- ja muihin suuronnettomuusriskejä aiheuttavien suunnitteluvirheiden tunnistamiseksi ja niiden haittojen vähentämiseksi päätöksentekoprosessissa. Tutkimusongelmia on kaksi:

- 1) Mitkä tekijät ovat vakavia tulipalo- ja muihin suuronnettomuusriskejä aiheuttavien suunnitteluvirheiden taustalla?
- 2) Millä toimenpiteillä voidaan vähentää vakaviin tulipalo- ja muita suuronnettomuusriskejä aiheuttavia suunnitteluvirheitä?

Suunnittelua tarkastellaan työorganisaatioiden sisäisen riskienhallinnan kannalta. Yksinkertaistamissyistä viranomaisvalvontaan sekä lainsäädäntöön liittyvät kysymykset rajataan käsittelyn ulkopuolelle.

Raportin luvussa kaksi esitellään tarkastelunäkökulmat. Luvussa kolme käsitellään inhimillistä toimintaa ja virheitä yleisesti. Luvussa neljä tarkastellaan inhimillisiä virheet ja turvallisuusriskien hallinnan näkökulmasta. Luvussa viisi esitetään pohdinta.



## 2 Tutkimusstrategia ja tarkastelunäkökulmat

Tutkimusongelmia lähestytään kolmesta näkökulmasta (ks. kuva 1). Näistä ensimmäinen on turvallisuustieteen (Safety Science) näkökulma. Toiseksi suunnitteluvirheitä ja suunnitteluriskejä tarkastellaan ajatteluvirheiden tutkimuksen näkökulmasta. Kolmantena on turvallisuustutkinnan näkökulma.



KUVA 1. Suunnitteluvirheiden ja suunnitteluriskien tarkastelun kolme näkökulmaa

“Turvallisuustiede” (Safety Science) on lainausmerkeissä, koska se ei ole yleisesti tunnustettu itsenäinen tieteenala. Konseptia käytetään tarkoittamaan monitieteistä kokonaisuutta, jossa tutkimuskohteena ovat ihmisten turvallisuuskäyttäytyminen organisaatioissa sekä syyt onnettomuuksien taustalla.

Suunnittelu edellyttää ihmiseltä tietoista toimintaa, jonka taustalla ovat havaitsemisen, tarkkaavaisuuden, muistin, ajattelun, oppimisen, luovuuden ja ongelmanratkaisun prosessit. Suunnitteluvirheiden ja -riskien tarkastelu ajatteluvirheiden näkökulmasta on oleellista, sillä suunnittelu pohjautuu ihmisen tiedonkäsittelyyn, erityisesti ajattelun prosesseihin.

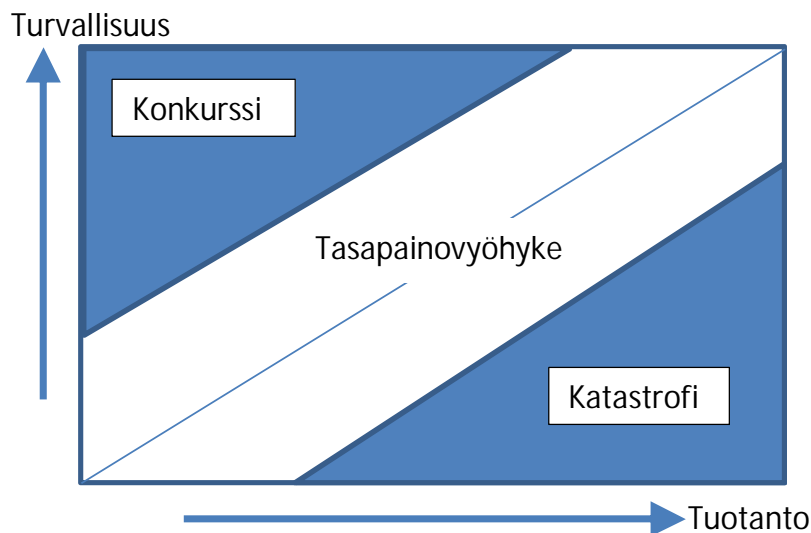
Kolmantena on turvallisuustutkinnan näkökulma. Siitä tarkasteltuna on mahdollista tarkastella suunnitteluriskien toteutumista suuronnettomuuksissa ja niiden vaaratilanteissa. Yleistäminen on kuitenkin ongelmallista, sillä suuronnettomuuksien suhteellisen harvinaisuuden vuoksi turvallisuustutkinta tuottaa lähinnä tapauskohtaista tietoa.

## 3 Inhimillinen toiminta ja virheet

### 3.1 Turvallisuus ja tuotanto

Turvallisuusohjelmien menestystä työorganisaatioissa arvioidaan usein laskemalla tapaturmien ja vahinkojen määrän vähenemistä. Turvallisuuden mittaamisen ja turvallisuus suunnittelun taustalla on usein *nolla onnettomuutta* -päämäärä. Organisaatioissa puhutaan ja raportoidaan useassa tapauksessa menestyksenä ajanjaksoista, jotka ovat suju- neet ilman onnettomuutta.

Organisaatioissa johdon ja työntekijöiden toiveena on, että työpaikka olisi kaikille mah- dollisimman turvallinen. Organisaatiot ovat kuitenkin olemassa ennen kaikkea siksi, että ne tuottavat jotakin. Turvallisuuden ja tuotannon tavoitteet on sovittava yhteen (ks. kuva 2).



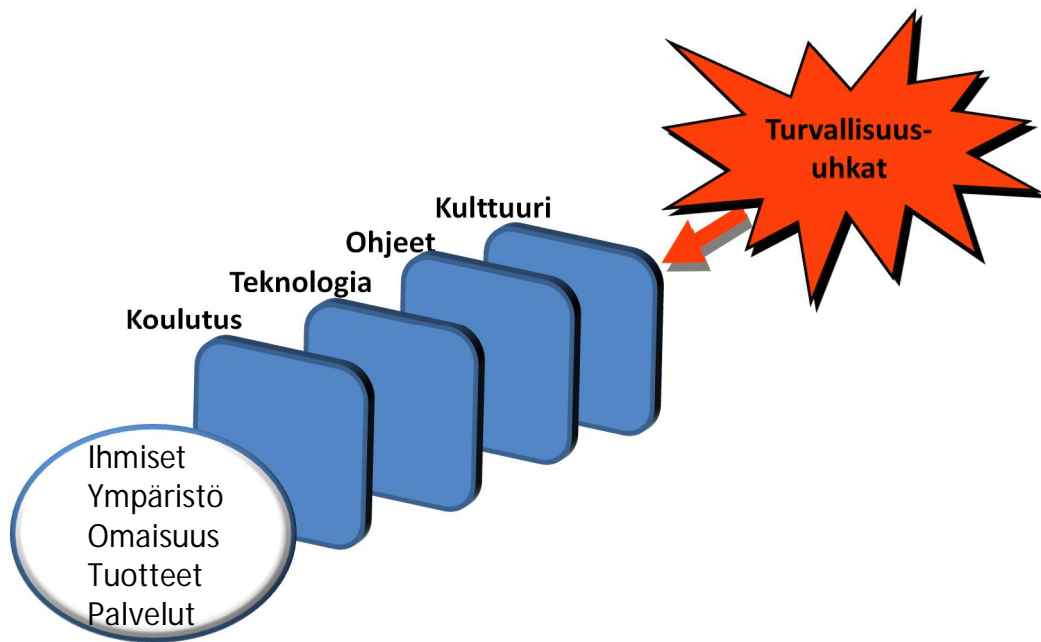
KUVA 2. Tuotannon ja turvallisuuden suhde (Reason 1997, 4)

Tuotannon ja turvallisuuden prosessit eivät läheskään aina ole tasapainossa, vaan jom- pikumpi niistä on vallitsevampi olosuhteista riippuen (Reason 1777, 4). Koska tuotanto

mahdollistaa resurssit turvallisuudelle, se on yleensä etusijalla. Lisäksi useissa tapauksissa johdon asiantuntemus on parempi tuotannon kuin turvallisuuden kysymyksissä. Pahimmillaan turvallisuuteen kiinnitetään huomiota vasta onnettomuuden tapahduttua. Jos toiminta sujuu pitkän aikaa ilman onnettomuuksia, voi syntyä väärä mielikuva turvallisuudesta.

Chalk's Ocean Airways tunnettiin aikanaan vanhimpana lähes keskeytyksettä ope-roineena lentoyhtiönä maailmassa. Yhtiö oli aloittanut toiminnan vuonna 1917 ja liikennöinyt säännöllisesti vuodesta 1919 alkaen. Yhtiö liikennöi 1990-luvulla vesitasolentoja Miamiasta ja Fort Lauderdalesta Bahamalle. Yhtiölle ei ollut sattunut yhdenkään matkustajan kuolemaan johtanutta onnettomuutta historiansa aikana, kunnes 19. joulukuuta 2005 Chalk's Ocean Airwaysin lento 101 syöksyi siiven irtoamisen seurauksena Miamin edustalla mereen vieden kahdeksantoista matkustajaa ja kaksi miehistön jäsentä kuolemaan. Yhtiö oli ollut luotettavan maineessa: esimerkiksi pari kuukautta ennen onnettomuutta ilmailuviranomainen (FAA, Federal Aviation Administration) oli antanut yhtiölle puhtaat paperit perehtymättä yksityiskohtaisesti yhtiön huolto- ja kunnossapitomenettelyihin. Lentoturman tutkinnassa niissä kuitenkin havaittiin suuria puutteita ja laiminlyöntejä. Todettiin myös paljon puutteellisesti raportoituja vaaratilanteita. Yhtiö joutui lopettamaan toimintansa muutamaa kuukautta tutkintaraportin (NTSB 2007) julkaisemisen jälkeen. (FOX-televisiokanava 21.7.2013)

Onnettomuuksien "poissaolo" on todella hyvä asia, mutta se ei välttämättä anna riittävästi kuvaa toiminnan turvallisuudesta. Turvallisuustieteen näkökulmasta Turvallisuudessa on kysymys suojausten "läsnäolosta" (Conklin 2012, 8.) Teknisissä systeemeissä, kuten ilmailussa, tarvitaan turvallisuustieteen näkökulmasta useita päällekkäisiä suoja-tasoja. Ne liittyvät organisaation kulttuuriin, toimintaohjeisiin, teknologiaan ja henkilös-tön koulutukseen (ks. kuva 3).



KUVA 3. Erilaisia suojatasoja ihmisten, ympäristön ja tuotannontekijöiden turvaamiseksi

Suojaukset ovat organisaatiokohtaisia ja niiden tarve vaihtelee paikallisten toiminnallisten riskien mukaan. Monimutkaisissa teknisissä systeemeissä, kuten ydinvoimaloissa ja liikennelentokoneissa, tarvitaan monikertaiset, päällekkäiset suojaukset yksittäisiä teknisiä ja inhimillisiä toimintavirheitä vastaan. Ne palvelevat yhtä tai useampia seuraavista tehtävistä:

- Paikallisia vaaratekijöitä koskevan ymmärryksen ja tietoisuuden lisääminen
- Turvallisen toiminnan selkeä ohjeistaminen
- Varoittaminen ja hälyttäminen akuuteissa vaaratilanteissa
- Järjestelmän tilan palauttaminen turvalliseksi poikkeamatilasta
- Vaarassa olevien (ihmiset, ympäristö, omaisuus) eristäminen vaaran aiheuttajasta
- Suojauksen läpäisseen vaaran aiheuttajan rajaaminen ja eliminointi
- Poistumisen ja pelastamisen mahdollistaminen vaaran aiheuttajan rajaamisen ja eliminoinnin epäonnistuessa

Turvallisuuden mittaamisen ongelmana on, että on vaikea mitata sitä, mitä ei tapahdu. Ei ole mahdollista tietää montako onnettomuutta jää tapahtumatta jokaista tapahtunutta onnettomuutta kohden. Koska organisaatioissa yleensä on tärkeä sekä turvallisuus että tuotanto, Conklin (2012) suosittelee turvallisuuden määritelmässä näiden kahden asian yhdistämistä:

*Turvallisuudella tarkoitetaan kykyä työskennellä vaihtelevassa ja ennakoimattomassa työympäristössä (Conklin 2012, 8)*

Esimerkiksi Minzbergin (1993, 135–138) mukaan organisaatiot eroavat toimintaympäristöiltään monin tavoin, kuten staattisesta dynaamiseen, yksinkertaisesta monimutkaiseen, ystävällisestä vihamieliseen sekä markkinoiden yksipuolisuudesta markkinoiden monipuolisuuteen. Conklinin (2012) määritelmässä korostuu sietokyvyn vaatimus. Se mahdollistaa turvallisuuden arvioinnin samalla tavoin hyvin erilaisissa työympäristöissä. Oleellista on toimintakyvyn säilyttäminen myös vaihtelevissa ja vaikeasti ennakoitavissa tilanteissa. Turvallisuudessa on kysymys paitsi ulkoisista olosuhteista, myös suojauksista, osaamisesta ja asenteista.

### *3.2 Toiminta ja virheet tietoisien kontrollin eri tasoilla*

Ihmisen toiminnassa tietoisien kontrollin osuus vaihtelee tilanteesta ja tehtävästä toiseen. Turvallisuustieteessä puhutaan erilaisista virheistä tietoisien kontrollin eri tasoilla. Rasmussen & Vicente (1989, 518–520) jakavat inhimillisen toiminnan kolmeen tasoon: taito-, sääntö-, ja tietotasoon. Rasmussenin ja Vicenten (1985, 518) mukaan kaikilla tasoilla voi esiintyä inhimillisiä virheitä, jotka liittyvät oppimiseen ja sopeutumiseen, vaihtehtoisien tiedollisten rakenteiden häiriöihin, resurssien puutteeseen tai ihmisen sisäisen tiedonkäsittelyn heikkouksiin. Reason (1997, 69) viittaa näihin toimintaa ohjaaviin tasoihin puhuessaan taito-, normi- ja tietopohjaisesta suoritustasosta (kuva 4).

Taitopohjaisiin kuuluvat automaattiset toiminnot. Ne ovat lyhytkestoisia ja tiedostamattomia eikä niiden suoritus juuri vaadi kapasiteettia. Tässä tasossa suorituskvyn takaavat

valmiit toimintamallit. Taitotasossa toimintavirheet johtuvat ihmiselle luonteenomaisesta epätäydellisyydestä koordinaatiossa ajan, tilan ja liikkeen suhteen. Virhe on toiminnan toteutuksessa. Tällä tasolla virheet on helppo havaita. (Rasmussen & Vicente 1989, 518; Reason 1997, 70; Kankkio 2007, 28.)

Tilannetyyppi	Kontrollityyppi		
	Automaattinen	Puoliautomaattinen	Tietoinen
Uusi			Tietopohjainen
Harjoiteltu		Normipohjainen	
Rutiini	Taitopohjainen		

KUVA 4. Tilannetyypin ja kontrollityypin määrittämät kolme suoritustasoa (Reason 1997, 69)

Normipohjaisiin kuuluvat puoliautomaattiset toimintamallit. Tämä taso soveltuu tuttu-  
jen ongelmien ratkaisuun, mutta toiminta ei ole niin tuttua että se tapahtuisi automaattisesti. Normien käyttäminen vaatii tilanteen tiedostamista sekä tehtävään soveltuvan normin tietämistä. Joskus normin soveltaminen edellyttää tarkistuslistan käyttöä. Toimintavirheet johtuvat tilanteen tulkitsemisesta väärin tai huonon normin soveltamisesta, vaikka tulkinta tilanteesta olisikin oikea. Virheitä voi olla vaikea havaita heti niiden tapahduttua, mutta aikaviive virhevalintojen ja seurausten välillä on yleensä lyhyt. (Rasmussen & Vicente 1989, 518–519; Reason 1997, 70; Kankkio 2007, 28.)

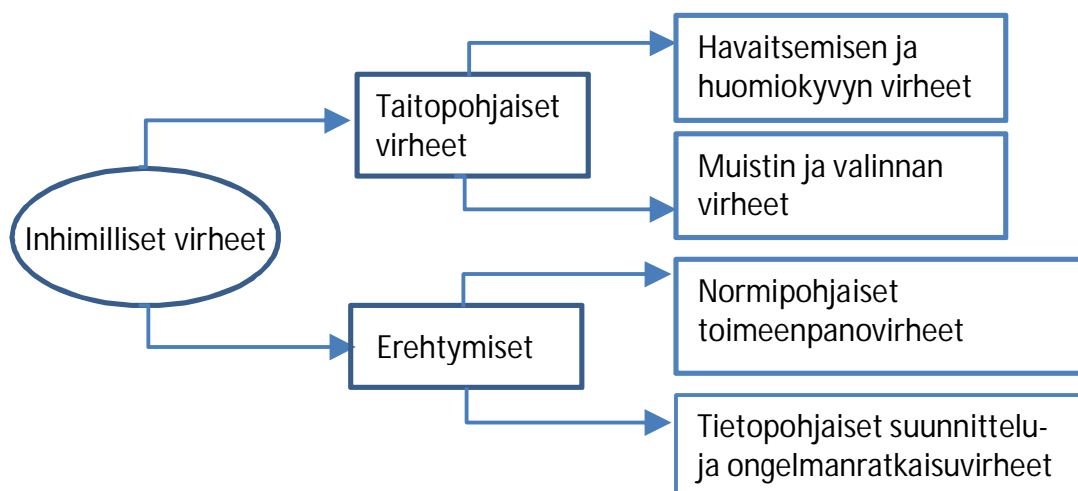
Tietopohjaista on tietoinen, ei-automaattinen toiminta. Tämä taso toimii tilanteissa, joissa toimintaa suunnitellaan tietoisesti analysoimalla ja käytettävissä olevaa tietoa hyödyntämällä. Toimintavirheet johtuvat ihmisen henkisten voimavarojen rajallisuudesta ja epätäydellisyydestä sekä käytettävissä olevan tiedon harhaisuudesta. Tietoiset toiminnot ovat hitaita ja vaativat kapasiteettia, koska tilanteita ei ole kohdattu aikaisemmin. Virheitä voi olla vaikea havaita, koska aikaviiveet suunnitelmien toimeenpanon ja

seurausten välillä voivat olla huomattavat. (Rasmussen & Vicente 1989, 519–520; Reason 1997, 70; Kankkio 2007, 28.)

Reason (1997, 71) määrittelee inhimillisen toimintavirheen *toiminnan epäonnistumisena tavoitteen saavuttamisessa – kun asiaan ei vaikuta mikään ennakoimaton tapahtuma*.

Loppulisäys määritelmässä on tarpeen, koska hyvän tai huonon onnen vaikutus on erotettava suunnitellusta toiminnasta. Jos henkilöön osuu avaruusromun kappale ja häneltä sen vuoksi jää toiminnan tavoite saavuttamatta, kysymys ei ole inhimillisestä virheestä. Jos henkilön epäonnistunut golf-lyönti lähettää pallon väärään suuntaan ja pallo osuu puuhun kimmoten siitä onnekaasti viheriölle, on kysymys inhimillisestä virheestä, vaikka lopputulos on tavoitteen mukainen (Reason 1997, 71.)

Reasonin (1997) esittämään määritelmään sisältyy kolme elementtiä: aikomus, joka yhdistää tavoitteen ja keinot sen saavuttamiseksi, joukko aikomuksen alkuun saattamia toimenpiteitä sekä toimenpiteillä saavutettava menestys tavoitteen saavuttamiseksi. Kuvassa 5 esitetään keskeiset virhetyypit, joiden seurauksena toimenpiteet johtavat epäonnistumiseen.

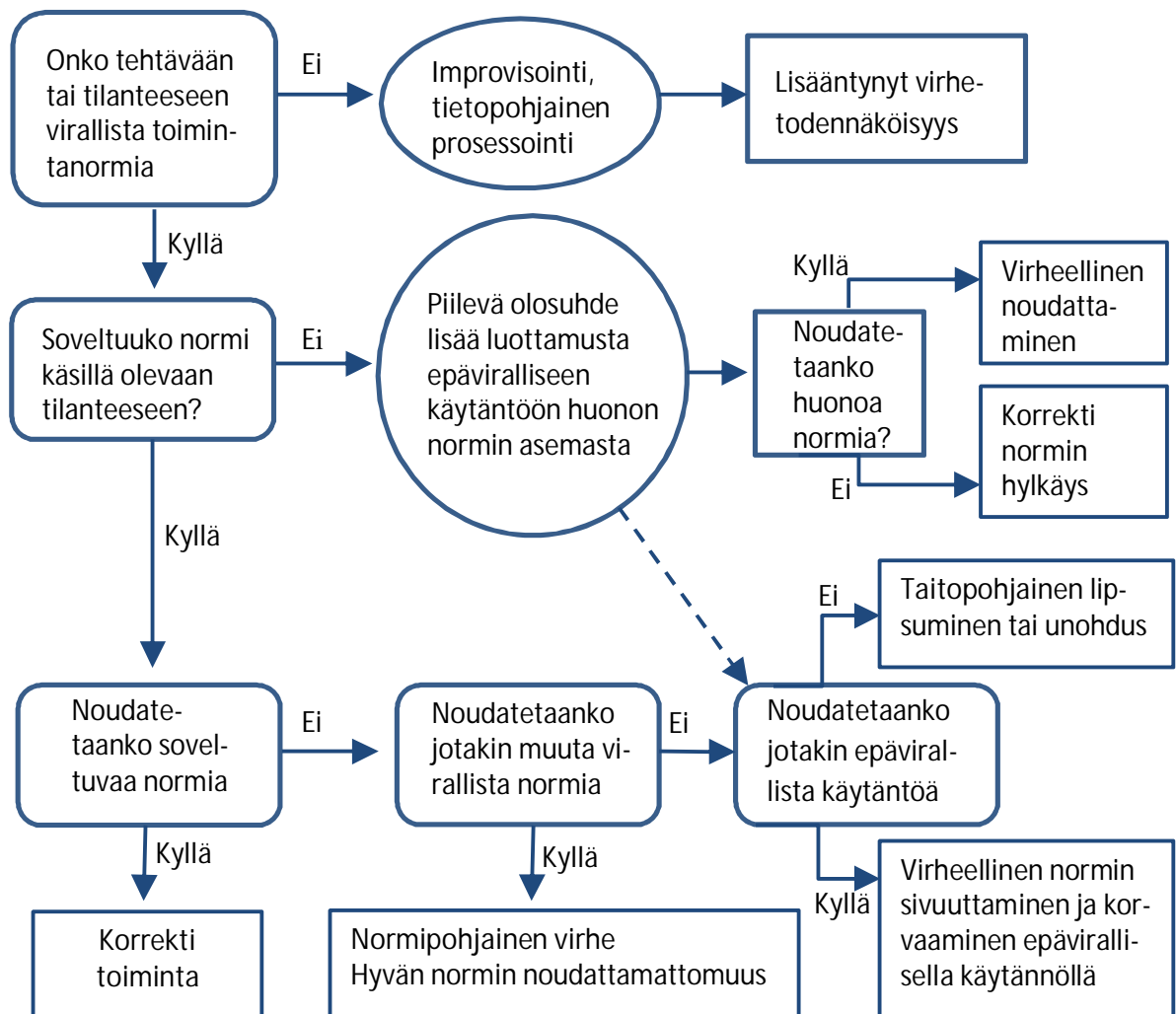


KUVA 5. Keskeiset virhetyypit (Reason 1997, 72)



Jos aikomus on tarkoituksenmukainen, mutta taitopohjainen toiminta johtaa epäonnistumiseen, on kysymys huomiokyvyn tai otteen lipsumisesta taikka muistin lapsuksesta. Lipsumiset liittyvät havaintotoimintaan, ja ne ovat yhteydessä huomio- tai havaitsemisvirheisiin. Lapsukset ovat mielen sisäisiä tapahtumia ja ne liittyvät virheisiin muistiin palauttamisessa. (Reason 1997, 71.)

Tavoite voi olla tarkoituksenmukainen, mutta toiminnan käynnistävä päätöksenteko ei vastaa tilanteen vaatimuksia. Tällaisessa tapauksessa inhimillinen toimintavirhe tapahtuu normi- tai tietopohjaisen kontrollin tasolla. Kuvassa 6 esitetään Reasonin (1997) näkemys yhteenvedona normipohjaisen toiminnan eri vaihtoehdoista.



KUVA 6. Yhteenvedo normipohjaisen toiminnan vaihtoehdoista (Reason 1997, 81)

Toiminta on virhealtista, kun valmiit menettelytavat tilanteessa puuttuvat ja ratkaisut tuotetaan tietopohjaisesti improvisoiden. Kun tehtävään tai tilanteeseen on olemassa virallinen, tilanteeseen soveltuva normi, toimintavirheen taustalla on kysymys hyvän normin noudattamatta jättämisestä, virheellisestä normin sivuuttamisesta ja korvaamisesta epävirallisella käytännöllä taikka taitopohjaisesta huomiokyvyn tai muistin pettämisestä. Jos tilannetta tai tehtävää ajatellen virallinen normi on soveltumaton, virheessä on kysymys huonon normin mukaan toimimisesta.

### *3.3 Toimintavirheet ja piilevät olosuhteet*

Ihmiset suunnittelevat, valmistavat, käyttävät, huoltavat ja johtavat monimutkaisia järjestelmiä. Inhimillinen päätöksenteko ja toiminta liittyvät jollakin tavalla kaikkiin organisaatorisiin vahinkoihin ja onnettomuuksiin. Ilmeisimmin niitä aiheuttavat työntekijöiden, laitteiden käyttäjien, asentajien, huoltajien ja päivystäjien toimintavirheet.

Turvallisuustieteessä puhutaan piilevistä olosuhteista. Piilevät olosuhteet merkitsevät organisaatiolle samaa kuin patogeenit ihmiskehölle. Niitä aiheuttavat esimerkiksi huono suunnittelu, heikko valvonta, havaitsematta jääneet valmistusviat, toimimattomat menettelytavat, kömpelö automatiikka, vajavainen koulutus ja puutteelliset työkalut. Ne saattavat olla organisaatiossa olosuhdetekijöinä vuosikaudet ennen kuin niistä aiheutuvien ongelmien kasautuminen johtaa onnettomuuteen jonkin ihmisen tai laitteen aiheuttaman toimintavirheen seurauksena.

Piilevät olosuhteet kumpuavat huonosta tai puutteellisesta suunnittelusta seuraavista päätöksistä. Aina ei ole kysymys alkujaan huonoista päätöksistä. Alkuperäisen päätöksen taustalla ovat voineet olla järkevät tuotannolliset perusteet. Päätöksen seurauksena myöhempi kehitys on kuitenkin voinut aiheuttaa luotettavuus- tai turvallisuusongelman organisaatiossa. Jonakin hetkenä asiaankuuluvan päätöksen tulevaisuusvaikutuksia saattaa muuttuvien olosuhteiden vuoksi olla vaikea tai mahdoton ennakoida. (Reason 1997, 11.)

Toimintavirheet ja piilevät olosuhteet eroavat toisistaan kahdessa suhteessa. Ensimmäinen erot liittyy haitallisen vaikutuksen aikaviiveeseen. Toimintavirheiden vaikutus on tavallisesti välitön ja lyhytkestoinen. Piilevät olosuhteet puolestaan voivat vallita organisaatiossa pitkään vahinkoa aiheuttamatta, kunnes ne vuorovaikutuksessa satunnaisten tilannetekijöiden kanssa murtavat systeemin suojaukset (Reason 1997, 11). Toinen toimintavirheitä ja piileviä olosuhteita erottava tekijä liittyy niiden inhimilliseen alullepannuihin organisaatiossa. Toimintavirheet sattuvat yleensä suoritusportaan henkilöstölle. Piilevien olosuhteiden aiheuttajina puolestaan ovat organisaation johtoon ja ylempiin toimihenkilöihin kuuluvat, suunnittelusta vastaavat henkilöt.

Yksittäisen toimintavirheen vaikutus rajautuu aiheuttamaan jonkin tietyn vahinkotapahtuman. Piilevät olosuhteet sitä vastoin voivat havaitsemattomina ja korjaamattomina myötävaikuttaa useiden erilaisten vahinkotapahtumien syntyyn lisäämällä paikallisesti useiden toimintavirheiden ja normirikkeiden mahdollisuutta. (Ks. Reason 1997, 11.)

### *3.4 Ajattelun prosessit ja ajatteluvirheet*

Suunnittelussa on kysymys tietoon pohjautuvasta toiminnasta enemmän tai vähemmän uusissa tilanteissa. Taitopohjainen toiminta on automaattista eikä siihen juuri liity suunnittelua. Normipohjaisessa toiminnassa suunnittelu rajoittuu menettelytavan valintaan. Suunnittelu on luovaa, ajatteluun perustuvaa toimintaa. Motiivit, tunteet ja persoonallisuus ovat vaikuttamassa, mutta ajatteluprosessit ovat suunnittelutyön ydin. Ajattelua tarvitaan, kun tiedossa on tavoite, mutta ei välitöntä keinoa siihen pääsemiseksi. Suunnittelussa tapahtuvien virheiden selvittämiseksi tarvitaan ajatteluvirheiden tutkimusta.

Havainnot ovat ajattelun peruslähtökohta. Ihminen on vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa havaintojen avulla. Ajattelu ei kuitenkaan jää havaintojen tasolle. Kuten Saariluoma, Maattola & Niemi 2000, 12–13) toteavat, ilman havaintoja meillä ei olisi mitään käsitystä esimerkiksi elektroneista. Kuitenkaan emme ole koskaan havainneet elektroneja aistinvaraisesti. Tietämyksen muodostumisessa aistinvarainen tieto on vain lähtökohta ja vasta ajattelu saattaa sen lopulliseen muotoonsa.

Ajatteluprosessi riippuu muistista. Virheellinen muistitieto merkitsee virheellistä tilanearviota ja väärää lähtöoletusta suunnittelulle. Muistivirheiden haittoja voidaan vähentää huolellisella asioiden opettelemisella. Mitä paremmin ihminen hallitsee tarvittavat asiakokonaisuudet, sitä todennäköisemmin hän kykenee välttämään muistiperäiset suunnitteluvirheet. (Ks. Saariluoma & al. 2000, 22.)

Suunnittelussa keskeisessä asemassa ovat konstruktivisen ajattelun prosessit. Ihminen konstruoi ajattelun avulla suunnittelukohdetta koskevia tietorakenteita. Ajattelussa tapahtuva valikoivuus ja yhdistely voidaan tiivistää prosessiin, jota psykologiassa kutsutaan mieltämiseksi. Se yhdistää havainnoissa ja muistissa olevat tiedot kokonaisuuksiksi, jotka kuvaavat sitä, miten tilanteessa voitaisiin tai pitäisi toimia. (Ks. Saariluoma & al. 2000, 23–24.)

Ajattelu perustuu aiemmin opitulle. Ideat, joille lähtökohtaoletukset perustuvat, lähtevät muistirakenteista. Ilman ideoita ei ole mahdollista organisoida ratkaisun etsintää pulmatilanteissa. Suunnittelussa ihminen yrittää yleensä ensiksi käyttää aiemmin oppimiaan toimintatapoja. Mikäli ratkaisu löytyy siten, uusien ratkaisumallien rakentamista ei tapahdu. Eksperttejä tutkimalla on voitu osoittaa, että taitavien henkilöiden paremmuus muihin nähden perustuu suurelle määrälle muistissa olevia tehtäväkohtaisia malleja, joihin tehtävässä tarvittava informaatio voidaan yhdistää ratkaisun löytämiseksi (ks. Saariluoma 1995).

Suunnittelussa syntyy myös uutta (esim. Saariluoma, Hovi & Suvinen 2006, 1). Ajattelu etenee hypoteesien eli olettamusten ja niiden testausten syklissä. Ajatuksia korjataan, kun ne osoittautuvat epätarkoituksenmukaisiksi niitä ajatuksellisesti tai käytännössä testattaessa. Mieltäminen ja uudelleen organisointi muuttavat rutiinijattelun luovaksi pakottamalla luopumaan aiemmista ajattelutavoista ja etsimään uusia. (Ks. Saariluoma 2000, 26–27.)

Ajatteluvirhe voi syntyä siitä, että ihmisen tarkkaavaisuus on väärin suuntautunut tai siitä, että muistin kapasiteetti ylitetään. Suunnittelutyössä virheet aiheutuvat kuitenkin

ennen kaikkea ajattelun prosesseihin liittyvistä häiriöistä. Mieltäminen ja uudelleen organisointi voivat epäonnistua. Taustalla voi olla takertuminen osaratkaisuihin, harhaisiin mielikuviin, vanhentuneisiin toimintamalleihin tai toteutuskelvottomiin ratkaisuihin.

Saariluoma (2002) määrittelee suunnitteluvirheen suhteessa suunnittelun tuloksen onnistuneisuuteen. *Jos lopputulos on odotettua huonompi, suunnittelu on epäonnistunut – suunnittelijalle on tullut ajatteluvirhe.*

Lopputulos on suunnittelun onnistuneisuuden ratkaiseva kriteeri. Jos poikkeama tavoitteesta ei ole haitallinen, ei tämän tarkastelun yhteydessä puhuta suunnitteluvirheestä, vaan ajattelun epätarkkuudesta. Tässä suunnittelun tarkastellaan turvallisuuden näkökulmasta, joten suunnitteluvirhe rajataan lopputulokseltaan haitallisiin tapauksiin: on parempi olla varovainen kuin aiheuttaa onnettomuuksia.

Suunnitteluprosessissa ajatteluvirheet voivat syntyä tehtävän virheellisestä hahmottamisesta. Myös väärät tai puutteelliset alkutiedot taikka suunnitteluongelman virheellinen jäsentäminen voivat johtaa ajattelun väärille urille. Ajattelua vaativissa suunnittelu-tilanteissa voi olla niin sanottuja päätösilluusioita, jotka saavat ihmiset erehtymään. Tällaisia ovat esimerkiksi seuraavat (Saariluoma & al. 2000, 28):

- Usko "pienien lukujen lakeihin" eli pieniin havaintomääriin ratkaisujen pohjana
- Näennäiskausaalisuus, eli usko yhdessä esiintyvien ilmiöiden välisestä syy-yhteydestä
- Ankkuroituminen eli ajattelun kiinnittyminen johonkin ääriarvoon ja pyrkimys etsiä omille käsityksille vahvistusta niiden kumoamisen sijasta
- Näennäisrationaalisuus, eli nojautuminen perusteisiin, jotka eivät kestä kriittistä tarkastelua
- Virheelliset uskomusjärjestelmät (esim. taikausko), joihin eivät liity oikeat käsitykset suunnittelukohteen todellisesta luoneesta.

Virheelliset lähtökohtaoletukset ovat usein tiedostamattomia. Kysymys on vaikeasti hallittavasta asiasta. Esimerkiksi psykologiassa on jo 40-luvulta ollut tunnettua, että ekspertit eivät tiedä, miksi he ovat taitavia. Suunnittelussa joudutaan aina lähtökohtaisesti olettamaan jotakin. Ratkaisevaa on, kuinka oikeaan oletukset osuvat. (Saariluoma & al. 2000, 28–29.)

## 4 Inhimilliset virheet ja turvallisuusriskien hallinta

### 4.1 Yksilö- ja systeeminäkökulma turvallisuusriskien hallinnassa

Inhimillisiä virheitä voidaan turvallisuusriskien hallinnan kannalta tarkastella joko yksilö- tai systeeminäkökulmasta (ks. taulukko 1) Näkökulmissa virhetoimintojen kausaalisuus ymmärretään eri tavoilla, ja ne johtavat erilaisiin virheiden hallinnan ajattelutapoihin (Reason 2000, 768). Turvallisuustieteessä erojen ymmärtämisellä on tärkeä käytännön merkitys pyrittäessä minimoimaan virhetoimintojen aiheuttamaa riskiä organisaatioiden turvallisuussuunnittelussa ja -johtamisessa.

TAULUKKO 1. Kaksi näkökulmaa inhimillisiin virheisiin

Yksilönäkökulma	Systeeminäkökulma
Inhimillinen virhe on ongelman syy	Inhimillinen virhe on oire systeemin sisäisestä ongelmasta
Epäonnistumisen syiden selvittämiseksi on etsittävä epäonnistumisia (virheitä, rikkeitä, epäpätevyyksiä, erehdyksiä)	Epäonnistumisen syiden selvittämiseksi on havaittava, missä kohden alettiin mennä vikaan
On havaittava ihmisten epätarkat arviot, väärät päätökset ja huonot harkinnat	On havaittava, miten ihmisten arviot ja toimenpiteet ovat olleet järjeviä sen hetkisten olosuhteiden vallitessa
Kompleksit järjestelmät ovat peruslähtökohdiltaan turvallisia	Kompleksit järjestelmät eivät ole peruslähtökohdiltaan turvallisia
Epäluotettavat ja arvaamattomat ihmiset horjuttavat turvallisuutta	Kompleksit järjestelmät ovat kompromisseja ristiriitaisten päämäärien (esim. turvallisuus ja tehokkuus) kesken
Systeemien turvallisuuden parantamiseksi on rajoitettava inhimillistä vaikutusta ohjeita kiristämällä sekä automaatiota ja valvontaa lisäämällä	Ihmisten tulee luoda turvallisuutta käytännön toimenpitein organisaation kaikilla tasoilla

Yksilönäkökulmassa pitkäaikaisten ja laajalle levinneiden perinteiden mukaisesti turvallisuusjohtamisessa kiinnitetään huomiota turvallisuutta vaarantaviin toimenpiteisiin ja

menettelytaparikkomuksiin. Turvallisuutta vaarantavien toimenpiteiden katsotaan johdettavan inhimillisen toiminnan haitallisista prosesseista, kuten muistamattomuudesta, huomaamattomuudesta, motivaation puutteesta, välinpitämättömyydestä, huolimattomuudesta ja vastuuttomuudesta. Turvallisuutta edistävillä toimilla pyritään vastaavasti vähentämään tätä haitallista vaihtelua ihmisten käyttäytymisessä. Näitä ovat vaaroista varoittavat julistekampanjat, menettelytapaohjeet tai niiden parantelut, kurinpitotoimet, oikeustoimilla uhkaamiset ja moittimiset. Yksilönäkökulmasta inhimilliset virheet ovat moraaliongelmia. Turvallisuusvirheistä pitää rankaista, koska niitä tapahtuu pahalle ihmisille. Tällaista taustaolettamusta sanotaan psykologiassa "just-world" -hypoteesiksi. Ilmaisulla viitataan "oikeudenmukaiseen" maailmaan, jossa paha saa palkkansa. (Reason 2000, 768.)

Turvallisuustieteessä ymmärretään, että yksilönäkökulma soveltuu huonosti turvallisuusjohtamiseen. Vaikka joitakin turvallisuutta vaarantavia tekoja voidaan pitää moitittavina, kaikki eivät ole sellaisia. Esimerkiksi ilmailun piirissä 90 % kaikista turvallisuutta vaarantavista ihmisten toimintaan liittyvistä laatueroista on todettu sellaisiksi, joihin ei liity moitittavuutta (Reason 2000, 768). Tehokkaaseen turvallisuusjohtamiseen liittyy oleellisesti virheistä ja vaaratilanteista raportoinnin kulttuuri. Ilman seuranta- ja raportointia on mahdotonta havaita totuttujen rutiinien kätöksissä olevia turvallisuusriskejä ja tietää, milloin ollaan lähellä suurta onnettomuutta.

Puuttuva raportoinnin kulttuuri johti aikoinaan Neuvostoliitossa Tšernobylin onnettomuuteen. Toimivan raportointikulttuuri perustuu luottamukseen. Se edellyttää kaikkien jäsenten kesken yhteistä näkemystä moitteettomista ja moitittavista teoista. Turvallisuusjohtamisessa tunnetaan käsite "just culture". Sillä tarkoitetaan oikeudenmukaista kulttuuria, jossa toimijoita ei rankaista laiminlyönneistä, toimenpiteistä ja päätöksistä, jos toiminta on ollut heidän kokemuksensa ja koulutuksensa mukaista mutta jossa toisaalta ei siedetä törkeää huolimattomuutta eikä tahallisia rikkomuksia. (Reason 2000, 768–769; Dekker 2012, 78–79.)



Keskityttäessä yksilöön irrotetaan vaaraa aiheuttavan toiminta systeemisestä yhteydestään. Silloin ei huomata tärkeitä piirteitä inhimillisten virheiden taustalla. Ensiksikin, tietyissä tehtävissä toimivat ihmiset organisaatiossa tekevät vakavimmat virheet – erehtyminen on harvojen epäonnisten ”yksinoikeus”. Toiseksi, virheet ja kammellukset eivät ole satunnaisia, vaan kaavamaisesti toistuvia. Samoissa olosuhteissa syntyvät samanlaiset virheet riippumatta siitä, kuka tai ketkä ovat toimijoita.

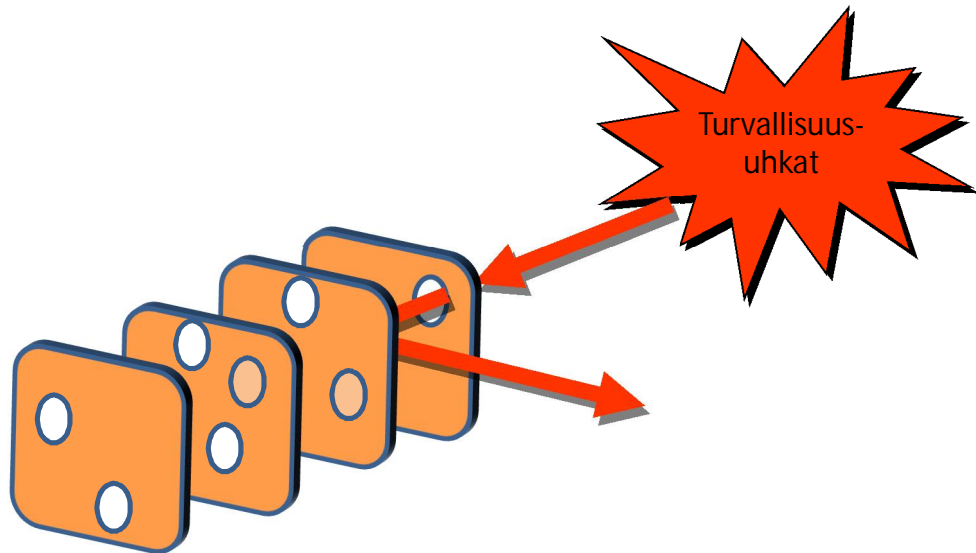
Kolmanneksi suunnitteluvirheet turvallisuuden vaarantavien olosuhteiden synnyttäjinä jäävät helposti kokonaan huomiotta. Näkökulma, jossa ei virheitä synnyttäviä tilanteita ja olosuhteita systeemissä sekä niiden aiheuttajia kokonaisuutena oteta huomioon, on vakava este pyrittäessä parempaan turvallisuustasoon.

Systeeminäkökulmassa oletuksena on, että ihminen on erehtyväinen ja että virheitä tapahtuu myös parhaiten toimivissa organisaatioissa. Virheet nähdään enemmän seurauksina kuin syinä. Niiden taustalla katsotaan olevan niin ihmisen erehtyvyyden kuin systeemisten tekijöiden. Systeemiin tekijöihin sisältyvät niin virheisiin altistavat fyysiset järjestelyt työpaikoilla sekä huonosti toimivat organisatoriset prosessit että kaiken taustalla oleva suunnittelu. Turvallisuusjohtamisessa lähdetään siitä, että vaikka ei ainaakaan välittömästi voida muuttaa ihmistä, voidaan muuttaa hänen olosuhteitaan (Reason 2000, 768). Kysymys on systeemisistä suojauksista, varmistuksista ja turvatoimista. Kun vaarallinen tapahtuma sattuu, ei kysytä, kuka mokasi, vaan miksi suojaukset pettivät.

Suojaukset ovat keskeisessä asemassa systeeminäkökulmassa. Hyvin teknisissä järjestelmissä on useita suojatasoja. Jotkut niistä ovat teknisiä, kuten palovaroittimet, automaattiset sammutusjärjestelmät ja automaattisesti sulkeutuvat palo-ovet. Toiset ovat inhimillisiä, kuten tehtäviin, ongelmatilanteisiin, pelastamiseen ja ensiapuun koulutettu henkilöstö, hätäkeskuspäivystäjät ja lopulta pelastajat. Lisäksi on menettelytapanormeja.

Suojatasojen tarkoituksena on varmistaa ihmisten, ympäristön ja tuotannontekijöiden turvallisuus. Ihanteena on, että kaikki suojatasot olisivat läpäisemättömiä. Yleensä ne toimivat tehokkaasti (Reason 1997, 9; Reason 2000, 768). Todellisuudessa suojatasoissa

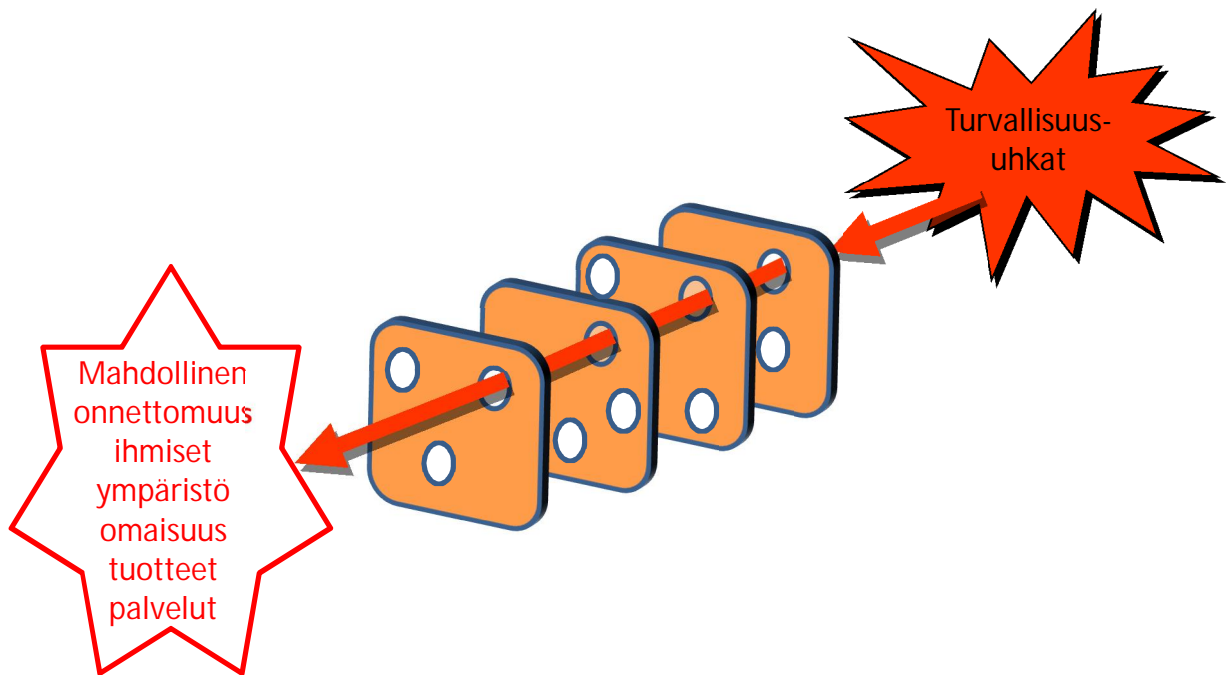
on kuitenkin käytännössä turvallisuusaukkoja. Tilannetta kuvaa Reasonin (1990) reikäjuustomalli kuvassa 7. Aukot ovat välillä auki, välillä kiinni ja niiden sijainti suojatasoissa saattaa vaihdella.



KUVA 7. Onnistunut suojaus Reasonin (1990) reikäjuustomallin avulla esitettynä

Aukkojen olemassaolo suojatasoissa ei johda onnettomuuteen muuten, kuin siinä tapauksessa, että kaikki suojatasot vuotavat samaan aikaan niin, että tapahtumaketju pääsee esteettä etenemään (ks. kuva 8).

Aukot suojatasoissa johtuvat tilannekohtaisista teknisistä tai inhimillisistä virhetoimintoista sekä systeemissä vallitsevista piilevistä olosuhteista. Lähes kaikkiin haitallisiin tapahtumiin liittyy toimintavirheiden ja piilevien olosuhteiden yhdistelmä. (Reason 2000, 769.)



KUVA 8. Epäonnistunut suojaus Reasonin (1990) reikäjuustomallin avulla esitetynä

Inhimilliset toimintavirheet ovat lipsumisia, muistivirheitä ja yksittäisiä normirikkomuksia. Ne vaikuttavat välittömästi ja usein vain lyhytaikaisesti systeemin suojaus- ja suojatasojen koskemattomuuteen. Esimerkiksi Tshernobyl-onnettomuudessa 1986 operaattorit toimivat ydinvoimalan perusmenettelytapojen vastaisesti kytkemällä turvajärjestelmiä pois päältä, jolloin tuhoisaan räjähdykseen reaktorisydämessä johtava tapahtumasarja käynnistyi välittömästi. Tarkasteltaessa inhimillistä virhettä yksilönäkökulmasta ei onnettomuuden syiden selvittämisessä edetä toimijan virheitä ja menettelytaparikkomuksia syvemmälle. Silloin jää ottamatta huomioon, että lähes kaikkien onnettomuuksien taustalla on tapahtumaa ajallisesti edeltävä ja läpi systeemitasojen ulottuva kausaalihistoria. (Reason 2000, 769.)

Piilevät olosuhteet ovat organisaatioissa ja muissa järjestelmissä esiintyviä ongelmien aiheuttajia. Ne ilmaantuvat järjestelmiin suunnittelijoiden, rakentajien, toimintaohjeiden laatijoiden ja ylimmän johdon tekemistä päätöksistä. Piilevät olosuhteet voivat muuntua työpaikalla virheitä provosoiviksi olosuhteiksi, kuten aikapaineeksi, alimiehytykseksi, työvälineiden puutteeksi, uupumukseksi ja osaamattomuudeksi. Ne voivat luoda suojaus- ja suojausjärjestelmiin pitkäaikaisia heikkouksia, kuten epäluotettavia varoittimia, toimimattomia hälytysjärjestelmiä, epätarkoituksenmukaisia menettelytapoja ja rakenteellisia

heikkouksia. Piilevät olosuhteet voivat vallita järjestelmässä vuosikaudet, kunnes ne teknisen tai inhimillisen toimintavirheen laukaisemana muuntuvat onnettomuusalttiiksi. Toisin kuin toimintavirheitä, joita saattaa olla hyvin vaikea ennakoida, piileviä olosuhteita on mahdollista tunnistaa ja korjata ennen onnettomuuksia (Reason 2000, 769).

Reason (2000, 769) vertaa toimintavirheitä kesäiseen hyttysongelmaan. Vaikka yrittäisi nitistää kaikki ympärillä hyörivät hyttynet yksitellen, pistoksilta ei voi välttyä. Parempi on puuttua asiaan vaikuttamalla hyttysten lisääntymispaikkoina toimiviin kosteikkoihin, jotka tässä analogiassa ovat piileviä olosuhteita.

## 4.2 Aktiivisten suunnitteluriskien hallinta

Ajatteluvirheiden tutkimuksessa puhutaan aktiivisista ja passiivisista ajatteluvirheistä (ks. Saariluoman & al. 2000, 3). Vastaavasti suunnitteluriskejä voidaan katsoa olevan kahta päätyyppiä. *Aktiiviset suunnitteluriskit* syntyvät erehdyksessä väärin valitun, suoraan vaaratilanteiden, vahinkojen ja onnettomuuksien syntymiseen johtavan toimintalinjan seurauksena. *Passiiviset suunnitteluriskit* taas johtuvat toimetttömyydestä jonkin (tässä turvallisuutta vaarantavan) asiantilan suhteen. Seuraavassa on esimerkkejä aktiivisista suunnitteluriskeistä.

- Välitön syy avaruussukkula Challengerin räjähdykseen 28.1.1986 oli sen tärkeän tiivistysrenkaan pettäminen. Sen takana olivat kuitenkin suunnitteluun liittyvät tekijät. Suunnitteluvirheiden taustalla on yleensä virheinformaatio. Challengerin tapauksessa virheellinen tai puuttuva tieto aiheutti onnettomuuden: ei tiedostettu, että vallitsevissa sääolosuhteissa tiivistysrenkas muodostaa vakavan riskin. (Ks. Saariluoma & al., 2000, 4.)
- Air France -yhtiön Airbus A320 syöksyi maahan 26.6.1988 ensimmäisellä julkisella lennollaan Air Charter 296. Koneessa oli kuuden lentohenkilökuntaan kuuluvan lisäksi 130 matkustajaa, joista kolme menehtyi onnettomuudessa. Suunnitelmana oli

osana ilmailunäytöstä tehdä ylilento matalalla Habsheimin lentokentän yllä 33 metrin korkeudessa. Ylilennossa lentokorkeus putosi lentäjien huomaamatta noin 10 metriin, jolloin kone viesti kiitotien päässä puiden latvoja ja syöksyi lopulta maahan. Lentosuunnitelma oli puutteellinen (esim. Ladkin 2000, 9). Se oli tehty 48 h ennen lentoa, ja lentokentän päädyssä oleva metsä ei näkynyt kartassa. Tiedot koostanut Air Francen työntekijä ei ollut ehtinyt keskustella lentäjien kanssa. Ylilento jouduttiin tekemään eri kiitotien yllä kuin suunnitelmassa. Onnettomuuden jälkeen matkustajien mukana olo lentonäytöksissä kiellettiin. (FOX-televisiokanava 27.7.2013.)

- Turkish Airlines -yhtiön lento 1951 syöksyi maahan 25.2.2009 puolentoista kilometrin päässä Schipholin lentoaseman kiitotiestä Amsterdamissa. Boeing 737 -tyypissä matkustajalentokoneessa oli seitsemän miehistön jäsentä ja 127 matkustajaa. Onnettomuudessa menehtyi yhdeksän henkilöä. Viallisen lentokorkeusmittarin lukemien mukaan kone oli laskeutumassa, jolloin automatiikka alkoi valmistaa konetta laskeutumiseen hidastamalla koneen nopeutta ja kallistamalla sitä laskeutumisasentoon. Miehistö ei havainnut nopeuden putoamista ajoissa, koska kävi läpi laskeutumiseen liittyvää tarkistuslistaa. Turvallisuustutkinnassa (The Dutch Safety Board 2010, 12) todettiin, että lentokoneen valmistajan olisi suunnittelussa pitänyt ottaa huomioon vialliseen korkeusmittariin liittyvät vaarat sekä ihmisen rajallinen kyky korjata virheet, jotka tapahtuvat yhteistyössä automatiikan kanssa. (FOX-televisiokanava 4.8.2013.)
- Teräsrakenteisen salibandyhallin katto romahti Järvenpäässä 23.2.2010 yllättäen lähes kokonaan aiheuttaen suuronnettomuuden vaaratilanteen. Hallissa oli onnettomuuden aikaan 15 ihmistä, joista kaksi loukkaantui lievästi. Onnettomuuden syyksi paljastuivat vuonna 2001 rakennetun hallin suunnittelu- ja mitoitusvirheet. (Onnettomuustutkintakeskus 2011a, 31.)
- Espoossa tapahtui 3.7.2012 rakennustyömaalla räjähdysonnettomuus, jossa louhintaan liittyvässä räjäytyksessä sinkoutui kiviä asuinhuoneistoihin, julkisiin tiloihin sekä lähiympäristöön aina 250 metrin päähän. Seitsemän henkilöä loukkaantui, heistä kaksi vakavasti. Kolmekymmentä ajoneuvoa sekä työkonetta vahingoittui, ja

kuuteen rakennukseen tuli vaurioita. Omaisuusvahinkoja kärsineitä asianomistajia oli lähes viisikymmentä. Kivien sinkoutumisen syynä oli todennäköisesti ylipanostus, kentän etureunan vajaa peittäminen tai aiemmasta räjähdyksestä korkeammalle jäänyt louhe. Louhintatyön suunnittelu oli puutteellinen. Taustalla oli mahdollisesti urakan valmistumiseen liittyvä aikapaine (Onnettomuustutkintakeskus 2013, 52–53).

- Öljynjalostamolla Porvoossa kaatui 23.10.2013 autonosturi telanosturia koottaessa. Nosturin puomi putosi lähelle öljynjalostamon prosessiputkistoja ja soihutukaasujärjestelmää, joiden vaurioituminen olisi voinut aiheuttaa mittavan kaasu- ja nestevuodon sekä tulipalon. Nosturinkuljettaja erehtyi kuljettamaan raskasta taakkaa liian korkealla putkistoja varoessaan. Taustalla oli puutteellisen riskinarvioinnin johdosta rutiininomaiseksi arvioidun noston pinnalliseksi jäänyt suunnittelu (ks. Onnettomuustutkintakeskus 2014, 31).
- Yhdysvaltalaisen Virgin Galactic -yhtiön SpaceShipTwo-avaruuslentokone hajosi testilennon aikana kappaleiksi 31.10.2014 aiheuttaen toisen pilotin kuoleman ja toisen loukkaantumisen. Onnettomuuden välitön syy oli se, että lennon perämies oli vapauttanut aluksen jarrutusjärjestelmän liian aikaisin. Yhdysvaltain turvallisuustutkintaviranomainen NTSB ei pitänyt onnettomuuden pääsyyinä perämiehen tekemää inhimillistä virhettä vaan sitä, että inhimillisiä tekijöitä ei ollut otettu riittävästi huomioon aluksen ja lennon suunnittelussa (Bergin 28.7.2015).

Äkillisesti syntyviin tilanteisiin, joissa vaaditaan nopeita päätöksiä, saattaa olla olemassa valmiita toimintaohjeita. Silloin suunnitteluun ei ole aikaa, vaan on kysymys lähinnä normipohjaisista valinnoista.

Tuninter Airlines -yhtiön lomalento 1153 päättyi äkisti, kun kone joutui tekemään pakkolaskun Välimeren moottoreiden sammuttua 6.8.2005. Onnettomuudessa menehtyi 16 lennolla mukana olleesta 39 henkilöstä. Koneessa oli virheellisen mit-

tarinäytön mukaan polttoainetta 1800 kg, vaikka tankit olivat lähes tyhjillään. Väärän tiedon pohjalta sekä kovassa aika- ja suorituspaineesa pilotit valitsivat väärän selviytymismenettelyn yrittäen saada moottorit käynnistymään uudelleen (ANSV 2007, 14–15). Oikeiden tietojen pohjalta he olisivat ehkä välittömästi keskittyneet menettelyyn, jolla parannetaan koneen liito-ominaisuuksia päästäkseen lähimmälle lentokentälle, jonne oli pakkolaskupaikalta vain 43 km. Simulaattorikokein osoitettiin, että liitolento olisi onnistunut. (FOX-televisiokanava 29.4.2015.)

Suunnittelussa puutteellinen kompetenssi on keskeinen virhetekijä. Kokematon suunnittelija saattaa juuttua osaratkaisuihin tai epärealistisiin mielikuviin. Ihmisillä on taipumus yliarvioida kykynsä ratkaista uuden tyyppisiä ongelmia (Saariluoma & al. 2006, 4–5). Aktiivisia suunnitteluriskejä voidaan vähentää suunnitteluresurssien saattamisella asianmukaiseen kuntoon. Kysymys on ennen kaikkea henkilöresursseista, oikeasta määrästä riittävän pätevää suunnitteluhenkilöstöä.

Toinen suunnittelun kannalta tärkeä resurssitekijä ovat tiedot (Saariluoma & al. 2000, 35). Suunnittelijoiden on päästävä käsiksi tehtävässä tarvittaviin tietoihin. Riippuu tilanteesta, millaisia keinoja tiedonhankintaan pitää investoida. Kehitettävien asioiden uutuuden vuoksi asiantuntijoillakaan ei välttämättä ole välittömästi käytettävissään kaikkea tarvittavaa tietoa tehtäväkohtaisista erityiskysymyksistä. Tällöin pitää joko etsiä puuttuva asiantuntemus tai hankkia se opiskelemalla tarvittavat asiat.

Ajattelututkimuksen kannalta ongelmana on tunnistaa tekijä, joka johtaa virheelliseen suunnitelmaan (ks. Saariluoma & al., 2000, 4–5). Tällöin myös suunnitteluolosuhteisiin on kiinnitettävä huomiota. Suunnitteluprosessi, kuten muukin inhimillinen toiminta, on alttiina piilevien olosuhteiden vaikutuksille (kuva 9).



KUVA 9. Piilevien olosuhteiden vaikutus suunnitteluprosessiin

Tutkimuksissa (Saariluoma & al. 2006 1–2.) on havaittu suunnitteluvirheiden taustalla riskitekijöitä, jotka liittyvät muun muassa organisaatorakenteeseen ja johtajuuteen, viestintään, motivaatioon ja sitoutuneisuuteen, työilmapiiriin, työkuormitukseen sekä käsitykseen suunnittelutyön etenemisestä ja tavoitteista.

Hajanaisessa, useissa paikoissa toteutetussa suunnittelussa, kokonaiskuva saattaa hämärtyä. Työtä häiritsevät epäselvyydet tehtävissä, vastuissa ja organisaation johtosuhteissa. Suunnitteluriskien hallinnan edellytykset luodaan tarkoituksenmukaisella organisaatorakenteella ja selkeillä johtosuhteilla. (Saariluoma & al. 2006, 3.)

Suunnittelutyötä häiritsevät organisaation viestinnän ongelmat. Suunnitteluun osallistuvilla saattaa olla lähtökohtaisesti liian vähän tietoa prosessista ja tavoitteista. Tavoitteisiin ja itse prosessiin voidaan kesken toteutuksen tehdä muutoksia, joista tieto ei saavuta kaikkia sitä tarvitsevia. Suunnittelutyössä tarvitaan työryhmien tai henkilöiden kesken esteetöntä viestintää, kunnollista tehtävien koordinoitua sekä avointa ja kattavaa tulosten arviointia. (Saariluoma & al. 2006, 3–4.)

Strategiselle suunnittelulle on tyypillistä, että lopputuloksia on alkuvaiheessa vaikea hahmottaa. Se saattaa heikentää osallistujien motivaatiota ja sitoutumista. Puutteet motivaatiossa ja sitoutuneisuudessa johtavat helposti virheisiin suunnittelussa. Organisaatiot, jotka panostavat motivoivaan työilmapiiriin ja sitouttamiseen, välttävät monet suunnitteluriskit. (Saariluoma & al. 2006, 4.)

Suunnittelutyössä tilannekohtaiseen osaamiseen ja suorituskyykyyn vaikuttaa työperäinen kuormittuminen. Työruuhka, kiireet ja keskeytykset vaikeuttavat keskittymistä, alentavat suoritustasoa ja pakottavat rutiinikäytäntöihin luovan ajattelun asemasta. Suunnittelutyö edellyttää luovaa ajattelua, joka vaatii riittävää aikaa ja työrauhaa. (Saariluoma & al. 2006, 4–5.)



Suunnittelutyöhön osallistuvilla saattaa olla keskenään erilaista tietoa, jonka yhdistämistä edellytetään tavoitteeseen pääsemiseksi. Henkilöillä voi olla enemmän tai vähemmän toisistaan poikkeava käsitys prosessista ja tavoitteista. Jos suunnittelija ei tiedä, mitä kollegat tekevät tai miten nämä hahmottavat jonkin käsillä olevan ongelman, syntyy vääriä oletuksia toisten käyttäytymisestä ja motiiveista. Organisaation päämäärien selkeys on yhteydessä korkeaan laatuun suunnittelussa ja organisaation suorituskyvyssä. Suunnittelussa tähdätään tulevaisuuteen, koska suunnittelun tulokset realisoituvat vasta työn päätyttyä. Siksi osallistujien käsityksillä tehtävän edellyttämistä prosesseista ja tavoitteista on erityisen suuri merkitys suunnittelutyössä. On tärkeää, että johtamisella ja organisoinnilla saadaan aikaan rationaalista toimintaa tukeva suunnittelukulttuuri. (Saariluoma & al. 2006, 5.)

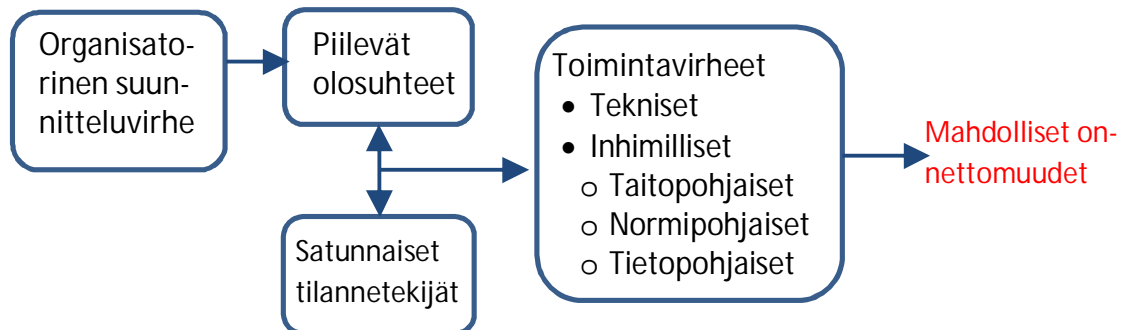
Suunnittelu on luovaa työtä, joka aina tuottaa enemmän tai vähemmän uutta ja ennakkoimatonta. Siksi sen organisointi on vaativa tehtävä. On tarpeen kehittää suunnittelukulttuuria psykologian näkökulmasta. Suunnitteluriskejä ei ainakaan vielä pystytä täysin eliminoimaan, mutta niihin vaikuttavat tekijät ovat jo melko hyvin tunnettuja. (Saariluoma & al. 2006, 5–6.)

### 4.3 *Passiivisten suunnitteluriskien hallinta*

Suunnittelu on taustalla kaikissa organisatorisissa päätöksissä, jotka koskevat laadunvalvontaa, menettelytapanormistoa, käyttöön otettavaa automatiikkaa, henkilöstön koulutustasoa tai käyttöön hankittavia työkaluja. Tällaisiin päätöksiin voi liittyä *passiivisia suunnitteluriskejä*: huomaamattomuutta, puutteellista suunnittelua ja toimeettomuutta joidenkin enemmän tai vähemmän pysyvästi organisaatiossa turvallisuutta vaarantavien asioiden suhteen. (ks. Saariluoma & al., 2000, 3.)

Passiivisten suunnitteluvirheiden yleisyydestä huolimatta niiden vaikutusta vaaratilanteisiin saattaa olla vaikea osoittaa, koska ne eivät ole koskaan välitön syy onnettomuuteen tai vahinkotapahtumaan. Välitön syy on tekninen tai inhimillinen toimintavirhe.

Passiivinen tai organisatorinen suunnitteluvirhe vaikuttaa vaaratilanteeseen, vahinkota-  
pahtumaan tai onnettomuuteen välillisesti kuvassa 10 esitetyn mukaisesti.



KUVA 10. Turvallisuutta vaarantavien organisatoristen suunnitteluvirheiden vaikutusmekanismi

Organisaatioon voidaan tahattomasti synnyttää piileviä olosuhteita, jotka vuorovaikutuksessa satunnaisten tilannetekijöiden kanssa johtavat turvallisuuden vaarantaviin tekniisiin tai inhimillisiin toimintavirheisiin. Yksittäinen toimintavirhe aiheuttaa tavallisesti yksittäisen onnettomuusriskin. Yksittäinen suunnitteluvirhe puolestaan voi piilevien olosuhteiden välityksellä tuottaa turvallisuusriskejä laaja-alaisesti lisäämällä alttiutta useisiin erityyppisiin toimintavirheisiin, mistä seuraavassa on esimerkkejä.

- Ilmassa tapahtunut räjähdys pudotti Continental Express -yhtiön lennon 2574 maahan eteläisessä Texasissa 110 km päässä Houstonista 11.9.1991. Embraer 120 -koneen vasemman korkeusvakaajan johtoreuna irtosi aloitettaessa laskeutuminen matkalentokorkeudesta 2700 metriin. Lentokone joutui äkisti syöksyyn ja kiertoliikkeeseen, ja sen vasen siipi katkesi sytyttäen polttoaineen palamaan. Vaurioitunut hylky syöksyi maahan räjähtäen, ja kaikki 14 koneessa ollutta menehtyivät. Lento-turman tutkinnassa (NTSB 2012, 50) selvisi, että johtoreunan irtoamisen syy oli inhimillinen virhe rutiinihuollossa. Piilevinä olosuhteina taustalla olivat lentoyhtiön puutteelliset huoltoprosessit, joissa sääntöjä rikottiin ja työt kirjattiin puutteellisesti. (FOX-televisiokanava 2.8.2015)

- Raideliikenneonnettomuuksia ja niiden vaaratilanteita vuosittain oli 1990-luvun loppupuolella enemmän kuin myöhempinä vuosina keskimäärin. Lisäksi oli kaksi suuronnettomuutta. Tuusulan Jokelassa sattui 21.4.1996 neljän henkilön kuolemaan ja 75 henkilön loukkaantumiseen johtanut pikajunan kiskoilta suistumisonnettomuus, jossa vakuutusyhtiöiden korvaamat kokonaisvahingot nousivat 26 miljoonaa markkaan (Onnettomuustutkintakeskus 1996, 9–15). Jyväskylän ratapihalla tapahtui 6.3.1998 matkustajajunan kiskoilta suistumisonnettomuus, jossa menehtyi 10 henkilöä, loukaantui 94 henkilöä ja aineelliset vahingot olivat 22 miljoonaa (Onnettomuustutkintakeskus 1999, I). Sekä Jokelan että Jyväskylän junaonnettomuudessa välitön syy oli kuljettajan virhe. Taustalla olivat piilevät olosuhteet VR-konsernin rakenteissa ja kulttuurissa. Valtionrautateiden muututtua osakeyhtiöksi vuonna 1995 jokainen syntyneeseen konserniin kuuluvista yhtiöistä oli vasta luomassa omaa yrityskulttuuriaan. Kulttuurien yhteen sovittaminen siten, että yhteisenä tavoitteena olisi junamatkustajien turvallisuus, oli vielä kesken (ks. Onnettomuustutkintakeskus 1996, 50–60.)
- Korean Air -yhtiön lennon 8509 rahtikoneen maahansyöksyssä 22.12.1999 Lontoon ulkopuolelle menehtyivät lentäjät ja mukana ollut lentomekaanikko. Boeing 747 -lentokone ja sen arvokas lasti tuhoutuivat. Lentokapteenin edessä oleva keinohorisontti näytti kallistuskulman virheellisesti. Pimeydessä virhettä oli vaikea nähdä muuten, mutta ohjaamossa oli kaksi muuta keinohorisonttilaitetta, jotka näyttivät oikein. Kapteeni yritti korjata koneen asentoa virheellisen näytön perusteella. Ohjaamotallenteista ilmenee, että lentomekaanikko varoitti vaarallisesta kallistuksesta ilmoittamalla "bank". Lisäksi ohjaamosta kuului selvä varoitusääni. Lentoperämiehen reagointia ei tallenteista kuulunut lainkaan. Kapteeni ei ottanut varoituksia huomioon, ja lopulta kone syöksyi maahan 450–550 km/h kallistuneena vasemmalle 90 asteen kulmassa. Onnettomuuden välittöminä syinä olivat tekninen vika ja lentäjän virhe. Piilevinä olosuhteina taustalla oli silloinen suuria valtaetäisyyksiä korostava koulutus ja kapteenin auktoriteettia korostava organisaatiokulttuuri, joka esti tehokkaan tiimityöskentelyn ja viestinnän ohjaamossa (AAIB 2003, 47). (FOX-televisiokanava 25.10.2015.)

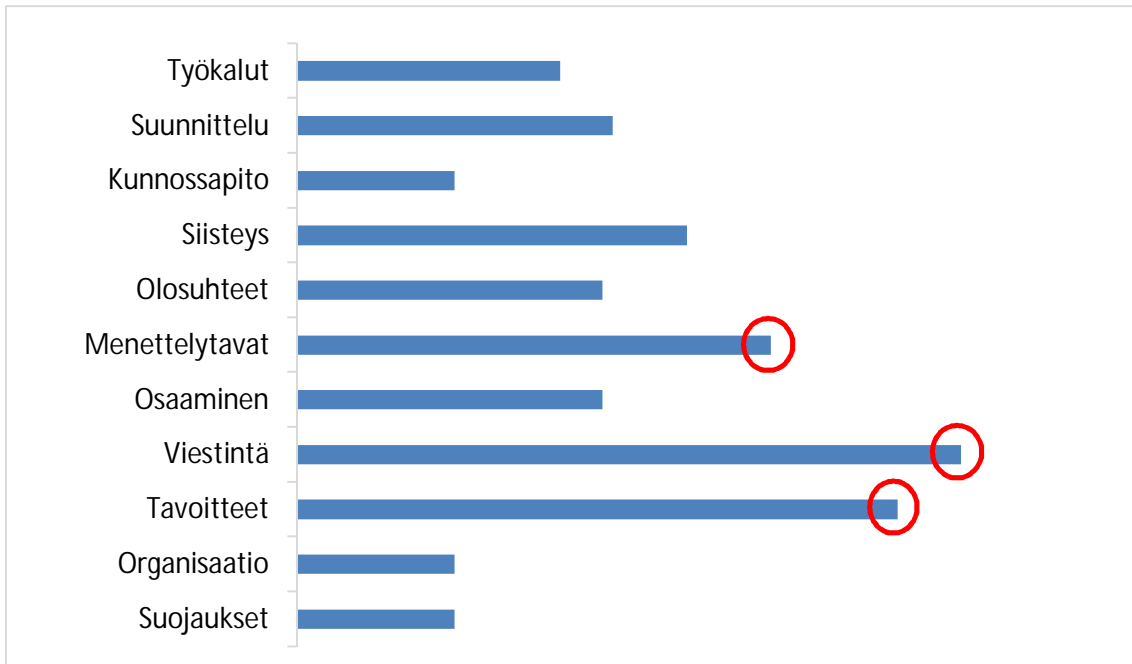
- Nokian kaupungissa jätevedenpuhdistamolta pääsi 28.11.2007 ja 30.11.2008 välisenä aikana puhdistettua yhdyskuntajätevettä (teknistä vettä) talousvesiverkoston yhteensä noin 400 m<sup>3</sup>. Puhdistettu jätevesi aiheutti Nokian kaupungin alueella yhteensä yli 8 000 ihmisen sairastumisen. Välitön syy onnettomuuteen oli inhimillinen toimintavirhe. Jätevedenpuhdistamon työntekijä avasi teknisen veden verkoston venttiilin siihen putkiliitoksella yhteydessä olleen talousvesilinjaston venttiilin ollessa auki. Taustalla olivat piilevät olosuhteet jätevedenpuhdistamon teknisissä toteutuksissa ja toimintaperiaatteissa. Teknisen veden pääsyn talousvesiverkoston mahdollisti verkostojen välille määräysten vastaisesti rakennettu liitos. Putkien asianmukaiset merkinnät ja teknisen veden kulutuksen seuranta puuttuivat. Käytäntöihin ei kuulunut riskin arviointeja ja katselmuksia, joissa ongelma- ja vaaratilanteet olisi voitu havaita ajoissa. (Ks. Onnettomuustutkintakeskus 2009, 82.)
- Oulussa sijaitsevassa teollisuuslaitoksessa sattui 15.9.2010 tärpättisäiliön räjähdys. Räjähdyksessä kuoli yksi työntekijä, yksi loukkaantui vakavasti ja kaksi lievästi. Räjähdyksen välitön syy oli tärpättikaasun syttyminen säiliön kansirakenteiden viimeistelytyöissä hitsauslaitetta tai kulmahiomakonetta käytettäessä. Piilevinä olosuhteina taustalla olivat suunnitelmien ja töiden yhteensovittamisen ongelmat sekä puutteellinen turvallisuustietoisuus alihankintaketjussa. (Ks. Onnettomuustutkintakeskus 2011b, 8.)
- Laukaalla syntyi keskiviikkona 10.7.2013 vaaratilanne, jossa räjähdetehtaan varaston pihalla pitkään ollut räjähdējätettä sisältänyt kontti kuumeni. Kontti oli varastoituna yli 200 räjähdējätetekontin joukkoon, ja viereisessä varastossa oli 40 tonnia räjähteitä. Uhkaavassa tilanteessa pelastustoimi päätti evakuoida Vihtavuoren taajaman sekä rajoittaa tie-, rautatie- ja ilmaliikennettä tehdasalueen lähistöllä. Luokittelematonta räjähdysainejätettä sisältävä kontti oli peräisin pohjoispohjanmaalaiselta kaivokselta. Sekä kaivoksella että räjähdetehtaalla puutteet turvallisuusjohtamisessa, laatu- ja varastointivirheitä provosoivat piilevät olosuhteet. (Ks. Onnettomuustutkintakeskus 2014, 76–77.)

Passiivinen suunnitteluriski liittyy tyypillisesti organisaation toimintaan vaikuttavien häiriötekijöiden huomiotta jättämiseen toiminnassa. Kiitos turvallisuustieteen, nämä häiriötekijät tunnetaan yleisellä tasolla hyvin. Reason, Wagenaar & Hudson (1988) esittävät ne yhdentoista perusriskitekijän luettelona (taulukko 2) (ks. myös Reason 1997, 134–135; Sklet 2004, 55):

TAULUKKO 2. Perusriskitekijät ja esimerkkejä niiden ilmenemisestä

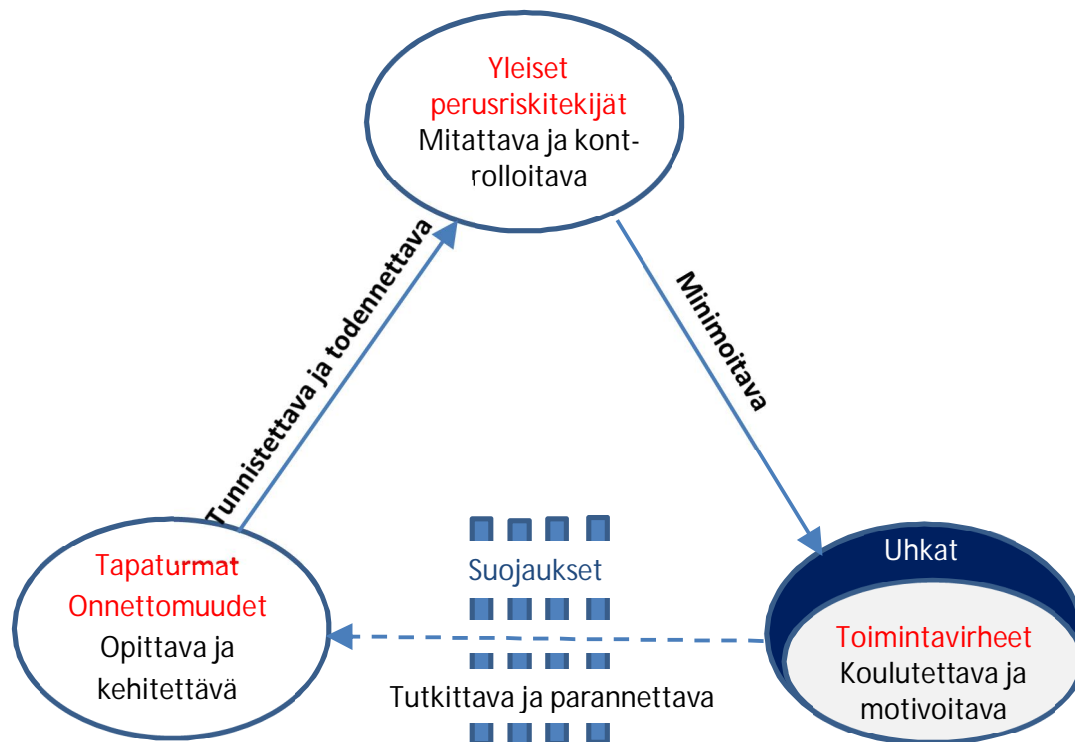
Perusriskitekijä	Esimerkkejä ilmenemisestä
Työkalut	Työkalujen tai laitteiden huono ergonomia ja käyttäjäepäystävällisyys
Suunnittelu	Huonosti toimiva logistiikka, materiaalien, työkalujen, laitteiden ja komponenttien huono laatu, kunto, sopivuus tai saatavuus
Kunnossapito	Kunnossapidon ja korjausten riittämättömyys tai huonolaatuisuus
Siisteys	Puuttuva tai riittämätön työpaikan järjestys ja siivous
Menettelytavat	Menettelytapojen, periaatteiden sekä toiminta- ja käyttöohjeiden riittämätön laatu tai saatavuus
Olosuhteet	Sopimattomat fyysiset työskentelyolosuhteet
Tavoitteet	Ristiriidat sääntöjen mukaisten työmenetelmien sekä tuotannollisten, tavoitteiden välillä
Viestintä	Puuttuva tai riittämätön yhteydenpito organisaation eri työpaikkojen, osastojen ja työntekijöiden välillä
Organisaatio	Epäasiallista tai tehotonta johtamista aiheuttavat puutteet organisaation rakenteessa, arvoissa, menetelmissä tai johtamistavoitteissa
Osaaminen	Henkilökunnan puuttuva tai riittämätön pätevyys (esim. tehtävään nähden liian vähäinen tai epätarkoituksenmukainen koulutus)
Suojaukset	Ihmisten, ympäristön, omaisuuden, tuotteiden ja palveluiden puuttuva tai riittämätön suojaaminen toimintahäiriöiden seurauksilta

Perusriskitekijät voivat vakiintua organisaatiossa piileviksi olosuhteiksi. Vuorovaikutuksessa satunnaisten tilannetekijöiden kanssa ne lisäävät alttiutta inhimillisiin toimintavirheisiin ja viime kädessä onnettomuuksiin. Tutkimuksin on myös selvitetty eri perusriskitekijöiden suhteellista merkitystä häiriön aiheuttajina organisaatioissa (ks. kuva 11).



KUVA 11. Eri perusriskitekijöiden suhteellinen merkitys häiriön aiheuttajina tutkimusten mukaan (Reason 1997, 137)

Kuvasta todetaan, että viestintä, tavoiteristiriidat ja menettelytavat ovat asioita, joiden kehittämiseen pitäisi eniten kiinnittää huomiota eri organisaatioissa keskimäärin. Aikaisemmin todettiin, että näistä kolmesta erityisesti viestinnän ongelmat ja tavoiteristiriidat ovat suunnitteluvirheiden taustalla. Organisaatiokohtaisesti eri perusriskitekijöiden merkitys häiriötekijöinä kuitenkin vaihtelee. Hyvä tapa passiivisten suunnitteluriskien hallintaan on asian lähestyminen kokonaisvaltaisen, ennakoivan turvallisuusjohtamisen näkökulmasta (ks. esim. Waitinen 2012, 49–50; Ranta & Huovila 2015). Eräs viitekeyhys tähän on Tripod-Delta -turvallisuusjohtamisjärjestelmä (ks. kuva 12).



KUVA 12. Tripod-Delta -turvallisuusjohtamisjärjestelmän pääelementit (Reason 1997, 133)

Leidenin ja Manchesterin yliopiston muodostaman tutkimusryhmän 1988–1993 kehittämän Tripod (kolmijalka) -järjestelmän tukijalkoina on kolme turvallisuusjohtamisen elementtiä (Reason 1997, 132–133). Keskeisenä mitattavina ja kontrolloitavina ovat perusriskitekijät. Niistä muodostuvat organisaation piilevät olosuhteet, joiden vaikutusta toimintavirheiden syntymisen on minimoitava. Inhimillisiä toimintavirheitä pyritään eliminoimaan uhka-analyysilla, koulutuksella ja motivoinnilla. Suojauksia tutkitaan ja parannellaan jatkuvasti, mutta jos ne jossakin vaiheessa pettävät, kehitetään sattuneista tapaturmista ja onnettomuuksista saatujen kokemusten pohjalta kokonaisuutta edelleen pyrkimällä tunnistamaan ja todentamaan tilanteessa vallinneet piilevät olosuhteet.

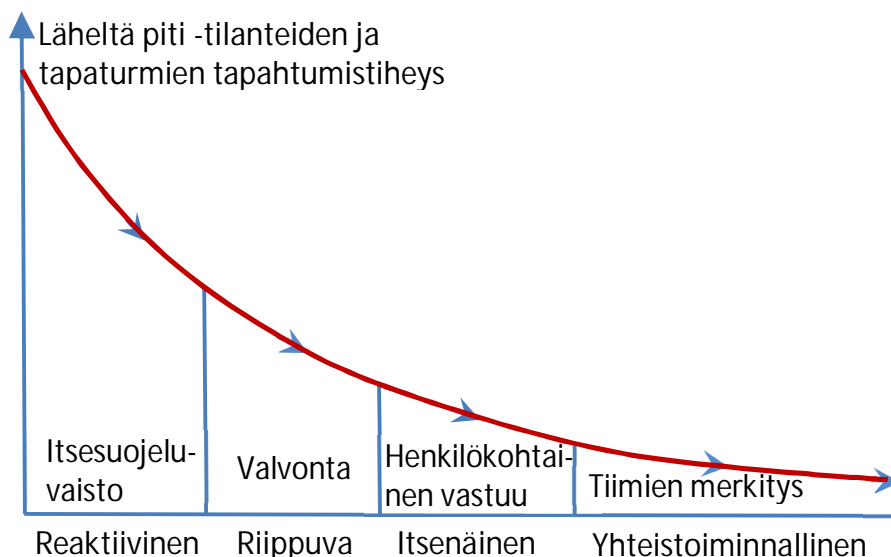
Tripod-turvallisuusjohtamisjärjestelmä on kehitetty alkujaan öljyteollisuuden tarpeisiin. Sitä on sovellettu myöhemmin laajasti eri organisaatioissa ja myös kansainvälisesti. Se ei kuitenkaan ole ainoa laatuaan, olemassa on myös muita soveltuvia turvallisuusjohta-

misjärjestelmiä. Oleellista on, että käytössä on järjestelmä, joka on ennakoiva ja riittävän kokonaisvaltainen kattamaan myös organisaation piileviin olosuhteisiin liittyvät suunnitteluriskit.

#### 4.4 Korkean luotettavuustason paradoksi

Turvallisuussuunnittelussa voidaan pyrkiä vaikuttamaan kahdella tavalla: toisaalta virheitä vähentämällä ja toisaalta kehittämällä koko systeemiä virheitä sietäväksi. Jos ongelmaa lähestytään yksilönäkökulmasta, pyritään hallinnon ja johtamisen keinoin vähentämään ihmisten erehtyvyydestä aiheutuvia ongelmia. Nykyisin turvallisuustieteessä vallitsevana lähestymistapana on systeeminäkökulma. Siinä pyritään vaikuttamaan kokonaisvaltaisesti ihmisiin, tiimeihin, työtehtäviin, työpaikkaan, rakenteisiin ja koko instituutioon. (Reason 2000, 769.)

Inhimillisessä käyttäytymisessä on vaihtelua, josta osa on ei-toivottua. Systeeminäkökulmasta ihmisten toimintaan voidaan kuitenkin myös vaikuttaa turvallisuuden parantamiseksi. Tämä ei tapahdu ihmisten toimintaa valvomalla ja rajoittamalla, vaan kouluttamalla ja kannustamalla ottamaan yhteistä vastuuta turvallisuuskysymyksistä, kuten Bradley'n käyrä -mallissa esitetään (ks. kuva 13).





KUVA 13. Bradleyn käyrä (DuPont 2013; Tanska 2014, 30)

Organisaation ollessa reaktiivisessa vaiheessa ihmiset eivät ota vastuuta ja turvallisuuden uskotaan olevan tuurista kiinni. Työyhteisössä vallitsee myös ”onnettomuuksia sattuu” -ajattelu. Tavoitteena on noudattaa lakia ja turvallisuus on turvallisuuspäällikön vastuulla. (DuPont 2013; Tanska 2014, 30.)

Riippuvassa vaiheessa turvallisuus nähdään jonkun muun tekemien sääntöjen ja ohjeiden noudattamisena. Onnettomuudet vähenevät ja johto uskoo, että turvallisuutta voidaan johtaa, kun ihmiset vain seuraavat sääntöjä. Johto on sitoutunut, organisaatiossa vallitsee kuri, vastuut on jaettu, menettelytavat on tiedostettu ja työnjohto valvoo niiden noudattamista. Ihmisiä arvostetaan ja koulutetaan. (DuPont 2013; Tanska 2014, 30.)

Päästessään itsenäiseen vaiheeseen yksilöt ottavat vastuun itsestään. Ihmiset uskovat, että turvallisuus on henkilökohtainen asia ja että he voivat omilla toimillaan saada aikaan muutosta. Onnettomuudet vähenevät entisestään, yksilöt ovat sitoutuneita ja omaa turvallisuusasiantuntemusta arvostetaan. Organisaation yksilöt omaavat tiedon ja ovat sitoutuneita. (DuPont 2013; Tanska 2014, 30)

Parhaana asiantilana pidetään yhteistoiminnan vaihetta. Tällöin tiimit tuntevat turvallisuuden omaksi asiakseen ja tiimien jäsenet ottavat vastuuta niin itsestään kuin muista. Ihmiset eivät hyväksy riskin ottoa tai matalia vaatimuksia, vaan uskovat, että todellinen parannus voidaan saavuttaa ryhmänä ja että yhä parempi turvallisuustaso voidaan saavuttaa. Organisaatiossa tunnetaan yhteisöllistä vastuuta turvallisuuskysymyksissä ja toisista pidetään huolta. (DuPont 2013; Tanska 2014, 30.)

Turvallisuustieteessä tutkittaessa korkean luotettavuustason organisaatioita esimerkiksi ilmailussa, ydinvoimatuotannossa ja sota-aluksissa on saatu tärkeää tietoa siitä, mihin sietokykyiset järjestelmät perustuvat. Sietokykyinen järjestelmä on sisäisesti terve kestämään vaaratilanteet ja saavuttamaan myös epäsuotuisissa oloissa toiminnalliset tavoitteensa. (Reason 2000, 769–770.) Monissa perinteisissä organisaatioissa pyritään

kontrolloimaan ihmistä epäluotettavana turvallisuustekijänä. Korkean luotettavuustason organisaatioissa ihmisen toimintaa pidetään jossain määrin paradoksaalisesti yhtenä muuttuvia tilanteita kompensoivana ja niihin mukautuvana suojatasona.

Noustuaan ilmaan New Yorkin LaGuardian lentokentältä 15.1.2009 US Airwaysin lento 1549 joutui kanadanhanhiparven keskelle. Neljä lintua meni moottorien läpi rikkoen niiden ytimet. Airbus A320, jossa oli 150 matkustajaa ja 5 miehistön jäsentä, alkoi menettää korkeuttaan keskellä suurkaupunkia. Vain lentokapteeni Chesley Sullenbergin nopea päätös laskeutua Hudson-jokeen sekä koneen miehistön tehokas yhteistoiminta estivät suuronnettomuuden (NTSB 2010, 87–91). (FOX-televisio-kanava 3.8.2013.)

Korkean luotettavuustason organisaatiot pystyvät organisoitumaan tilanteen ja olosuhteiden mukaisesti. Rutiinimoodissaan ne voivat olla hierarkkisesti johdettuja, mutta onnettomuudessa tai muussa kriittisessä tilanteessa tapahtuman keskiössä toimivat operaattorit tekevät päätökset itsenäisesti. Paluu rutiinimoodiin tapahtuu saumattomasti kriittisen tilanteen päätyttyä. Näissä organisaatioissa edellytetään ja rohkaistaan itsenäiseen toimintaan. Samalla käytetään jäsenten kesken paljon aikaa ja vaivaa ydinarvoja, päämääriä ja toimintaperiaatteita koskevien ajattelutapojen yhtenäistämiseksi.

Korkean luotettavuustason organisaatioissa ajatellaan, että virhetoimintojen mahdollisuutta ei voida kokonaan poistaa. Näissä organisaatioissa koulutetaan henkilöstöä havaitsemaan virheet, ja jos virheitä kuitenkin sattuu, selviytymään niistä. Korkean luotettavuustason organisaatioissa harjoitellaan jatkuvasti tunnettujen vahinkoskenaarioiden varalta ja pyritään hahmottamaan mahdollisia uusia skenaarioita harjoittelukohteiksi. Tilannekohtaisten korjausten sijaan päämääränä on kehittää organisaation vahinkojen sietoa kokonaisuutena.

## 5 Pohdinta

Turvallisuustieteessä (Safety Science) ymmärretään ihmisen erehtyvyyteen liittyvät turvallisuusriskit. Inhimillisen virheen mahdollisuus pitää ennakoida ja sen varalle on rakennettava suojaus. Ihmistä ei ehkä voida "korjata", mutta on mahdollista parantaa olosuhteita, joissa ihminen toimii. Turvallisuustieteessä puhutaan piilevistä olosuhteista. Niiden vallitessa organisaatiossa inhimillisten toimintavirheiden todennäköisyys kasvaa. Kyse ei ole yksittäisen ihmisen virheestä, vaan laajemmasta ongelmasta.

Ihmistä tarkastellaan osana organisaatiosysteemiä, johon saattaa kuulua esimerkiksi huonoa suunnittelua, puutteellista koulutusta, heikkoja suojauskeinoja ja keuhkojen viranomaisvalvontaa. Turvallisuustieteessä tunnetaan nämä ja muut piileviin olosuhteisiin liittyvät riskitekijät. Niiden merkittävyys häiriötekijöinä vaihtelee organisaatiokohtaisesti, mutta kun perusriskitekijät tunnetaan, niitä on mahdollista mitata ja niiden aiheuttamia haittavaikutuksia voidaan kokonaisvaltaisella, ennakoivalla turvallisuusjohtamisella vähentää.

Vakavien tulipalojen ja suuronnettomuuksien välittömänä syynä saattaa olla esimerkiksi rakenteen pettäminen tai tekninen taikka inhimillinen toimintavirhe. Ne eivät kuitenkaan läheskään aina ole pääsyyssä suuriin onnettomuuksiin. Ensisijaisena syynä on hyvin usein suunnitteluvirhe. Korjaamaton suunnitteluvirhe saattaa synnyttää monille toimintavirheille altistavat olosuhteet. Parasta ennakoivaa turvallisuustyötä on ehkäistä onnettomuudet jo suunnittelupöydällä.

Suunnitteluriski on sisällöllisenä ilmiönä jäänyt vähälle huomiolle turvallisuustieteessä, vaikka se yhtenä perusriskitekijänä tunnetaan. Puhutaan päätöksistä piilevien olosuhteiden synnyttäjinä, mutta päätösten taustalla on suunnittelu. Myös turvallisuustutkinnaissa suunnitteluvirheiden syiden selvittäminen on ongelmallista, koska suunnittelun taustalla ovat ajattelun prosessit, jotka ovat osaksi tiedostamattomia. Tässä avuksi tulee

ajatteluvirheiden tutkimus. Sen menetelmin on mahdollista tarkastella suunnittelun virhelähteitä ja organisoida suunnitteluympäristöt entistä paremmin riskit huomioon ottaen. Suunnitteluvirheet johtuvat riittämättömästä osaamisesta sekä käytettävissä olevien tietojen puutteellisuudesta tai harhaisuudesta. Myös suunnitteluolosuhteilla on merkitystä. Eniten ongelmia aiheuttavat organisaatorakenteeseen ja johtajuuteen, viestintään, motivaatioon ja sitoutuneisuuteen, työilmapiiriin sekä työkuormitukseen liittyvät organisatoriset tekijät ja tavoiteristiriidat.

Suunnittelun ja suunnitteluriskien merkitys korostuu tulevaisuudessa yhä enemmän digitalisaation myötä keskinäisriippuvuuksien lisääntyessä. Asiantuntijajärjestelmät tulevat yhä laajemmin tukemaan suunnittelua ja päätöksentekoa. Ne vähentävät inhimillisiä suunnitteluriskejä, mutta jäljelle jääneiden suunnitteluvirheiden paikantaminen vaikeutuu. Myös virheiden seuraukset ovat entistä vakavampia. Ihmistä tarvitaan puuttumaan asioihin tarvittaessa. Ajatteluprosessien tutkimus voisi tuoda hyödyllistä lisätietoa myös inhimillisen toiminnan paradoksiin: Miksi ihminen, jolla erehtyvyys on synnynnäinen ominaisuus, toimii joskus täysin oikein teknisten suojausten petettyä ja kaiken muun mentyä pieleen?

## Lähteet

(AAIB) Air Accidents Investigation Branch (2003). Report on the accident to Boeing 747-2B5F, HL-7451 near London Stansted Airport on 22 December 1999. ISBN 0-11-552468-1

ANSV (Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo) (2007). Accident involving ATR 72 aircraft, registration marks TS-LBB, ditching off the coast of Capo Gallo (Palermo – Sicily), August 6<sup>th</sup>, 2005. Final report

Bergin, C. (28.7.2015). NTSB SpaceShipTwo findings will serve to strengthen our resolve – Branson. <http://www.nasaspaceflight.com/2015/07/ntsb-findings-spaceshiptwo-failure/>

Conklin, T. (2012). Pre-accident investigations. An introduction to organizational safety. Dorchester: Dorset Press. ISBN: 978-1-4094-4783-5

Dekker, S. (2012). Just culture. Balancing safety and accountability. Second Edition. Dorchester: Dorset Press. ISBN: 978-1-4094-4060-4

DuPond (2013). Bradley'n käyrä. Malliin viitattu julkaisussa Tanska, E.-L. (2014). Voimailaitosyhteisön turvallisuuskulttuurin kehittäminen uuden teknologian käyttöönoton yhteydessä. Tampere: Tampereen Teknillinen yliopisto. Diplomityö.

FOX-televisiokanava (21.7.2013 kello 13:50). Lentoturmatutkinta: Miamin mysteeri

FOX-televisiokanava (27.7.2013 kello 13:45). Lentoturmatutkinta: Lentäjä vastaan lentokone

FOX-televisiokanava (3.8.2013 kello 14:50–15:40). Lentoturmatutkinta: Hudson-joen kii-  
torata

FOX-televisiokanava (4.8.2013 kello 13:35). Lentoturmatutkinta: Schipholin onnetto-  
muus 2009

FOX-televisiokanava 29.4.2015 kello 14:35). Lentoturmatutkinta: Pakkolasku

FOX-televisiokanava 2.8.2015 kello 14:25). Lentoturmatutkinta: Räjähdyks Texasin tai-  
vaalla

FOX-televisiokanava (25.10.2015 kello 11:15). Lentoturmatutkinta: Huono asenne

Kankkio, H. (2007). Kadeteille annettavan lentoturvallisuuskoulutuksen kehittäminen  
johtamisen näkökulmasta. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Pro gradu -tutkielma

Ladkin, P. B. (2000). Causal reasoning about aircraft accidents. Faculty of Technology,  
University of Bielefeld, Germany

Lindfors, E. (Toim.) (2012). Kohti turvallisempaa oppilaitosta. Oppilaitosten turvallisuus-  
den ja turvallisuuskasvatuksen Tutkimus- ja kehittämishaasteita. OPTUKE-verkoston I  
tutkimus- ja kehittämissymposium Hämeenlinnassa 8.–9.2.2011. Proceedings. Tampe-  
reen yliopisto. Kasvatustieteiden yksikkö. ISBN 978-951-44-8788-0

Minzberg, H. (1993). Structure in fives. Designing effective organizations. Upper Saddle  
River, N. J. 07458: Prentice Hall Inc. ISBN 0-13-855479-X

NTSB (National Transportation Safety Board) (2007). In-flight Separation of Right Wing  
Flying Boat, Inc. (doing business as Chalk's Ocean Airways) Flight 101 Grumman Turbo  
Mallard (G-73T), N2969 Port of Miami, Florida December 19, 2005. Accident report.  
NTSB/AAR-07/04, PB2007-910405. Washington, D. C.: NTSB

NTSB (National Transportation Safety Board) (2010). Loss of thrust in both engines after encountering a flock of birds and subsequent ditching on the Hudson River US Airways Flight 1549 Airbus A320-214, N106US Weehawken, New Jersey January 15, 2009. Accident report NTSB/AAR-10/03, PB2010-910403, Notation 8082A

NTSB (National Transportation Safety Board) (2012). Aircraft accident report. Britt Airways, Inc., d/b/a. Continental Express flight 2574 structural breakup EMB120RT, N33701, Eagle Lake, Texas, September 11 1991. PB92-910405. NTSB/AAR-92/04.

Onnettomuustutkintakeskus (1996). Junaonnettomuus Jokelassa 21.4.1996. Tutkintaselostus A1/1996 R.

Onnettomuustutkintakeskus (1999). Junaonnettomuus Jyväskylässä 6.3.1998. Tutkintaselostus A1/1998 R. Helsinki: Oy Edita Ab. ISBN 951-836-009-X

Onnettomuustutkintakeskus (2009). Puhdistetun jäteveden joutuminen talousvesiverkoon Nokialla 28.–30.11.2007. Tutkintaselostus B2/2007Y. Helsinki: Multiprint Oy. ISBN 978-951-836-248-0

Onnettomuustutkintakeskus (2011a). Urheiluhallin katon romahtaminen Järvenpäässä 23.2.2010 ja muita rakenneaurioita kevättalvella 2010. Tutkintaselostus B1/2010Y. Vantaa: Multiprint Oy. ISBN 978-951-836-304-3

Onnettomuustutkintakeskus (2011b). Kuolemaan johtanut säiliöräjähdyksessä 15.8.2010. Tutkintaselostus D6/2010Y. Helsinki: Onnettomuustutkintakeskus. ISBN

Onnettomuustutkintakeskus (2013). Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 3.7.2012. Tutkintaselostus Y2012-01. Helsinki: Onnettomuustutkintakeskus. ISBN 978-951-836-385-2

Onnettomuustutkintakeskus (2014a). Räjähdejättekontin kuumentuminen räjähdeteh-  
taalla Laukaan Vihtavuorella 10.7.2013. Tutkintaselostus Y2013-02. Helsinki: Onnetto-  
muustutkintakeskus. ISBN 978-951-836-431-6 (pdf)

Onnettomuustutkintakeskus (2014b). Autonosturin kaatuminen jalostamoalueella Por-  
voon Kilpilahdessa 23.10.2013. Tutkintaselostus Y2013-03. Helsinki: Onnettomuustut-  
kintakeskus. ISBN 978-951-836-433-0 (pdf)

Ranta, T. & Huovila, E. (2015). Myönteinen ilmapiiri ja yhteinen tahtotila Laurea-ammattikorkeakoulun ja -kirjaston turvallisuuden kehittämisen lähtökohtina. AMK-lehti // Journal of Finnish Universities of Applied Sciences, No 1 (2015). [Http://www.uasjournal.fi/index.php/uasj/article/view/1657/1581](http://www.uasjournal.fi/index.php/uasj/article/view/1657/1581)

Rasmussen, J. & Vicente, K. J. (1989). Coping with human errors through system design: implications for ecological interface design. *International Journal of Man-Machine Studies* (1989) 31, 517–534

Reason, J. T., Wagenaar, W. A. & Hudson, P. T. W. (1988). A new approach to safety: TRIPOD. Report for Shell International SIPM. The Hague. Department of experimental psychology, Leiden University, The Netherlands

Reason, J. (1990). Human Error. New York: Cambridge University Press

Reason, J. (1997). Managing the risks of organizational accidents. Dorchester: Dorset Press. ISBN 13: 978-1-84014-105-4

Reason, J. (2000). Human error: models and management. *BMJ* 320 (7237), 768–770

Saariluoma, P. (1995). Chess players thinking. London: Routledge. Teokseen viitattu raportissa Saariluoma, P.; Maarttola, I. ja Niemi, P. (2000). Ajatteluriskit ja kognitiiviset prosessit taloudellisessa toiminnassa. Korjattu 2. painos. Sipoo: Paino-Center Oy, 24



Saariluoma, P.; Maarttola, I. ja Niemi, P. (2000). Ajatteluriskit ja kognitiiviset prosessit taloudellisessa toiminnassa. Korjattu 2. painos. Sipoo: Paino-Center Oy. ISBN 952-9621-87-6

Saariluoma, P. (2002). Ajattelu työelämässä: erehdyksistä mahdollisuuksiin. Helsinki: WSOY. Teokseen viitattu kirjoituksessa Saariluoma, P.; Hovi, J. ja Suvinen, R. (2006). Why do engineers err when they design? AEDS Workshop. 27–28 October 2006. Pilsen – Czech Republic, 1

Saariluoma, P.; Hovi, J. ja Suvinen, R. (2006). Why do engineers err when they design? AEDS Workshop. 27–28 October 2006. Pilsen – Czech Republic.

Sklet, S. (2004). Onnettomuustutinnan menetelmiä. (Suom. Veikko Kirkkola). TUKES-julkaisu 6/2004. Helsinki: Turvatekniikan keskus

Tanska, E.-L. (2014). Voimalaitosyhteisön turvallisuuskulttuurin kehittäminen uuden teknologian käyttöönoton yhteydessä. Tampere: Tampereen Teknillinen yliopisto. Diplomityö.

The Dutch Safety Board (2010). Crashed during approach, Boeing 737–800, Near Amsterdam Schiphol Airport, 25 February 2009. The Hague, May 2010 (project number M2009LV0225\_01)

Waitinen, M. (2012). Koulujen turvallisuuden edistäminen - arvoja, asenteita ja lakisääteistä turvallisuustyötä. Teoksessa Lindfors, E. (Toim.) (2012). Kohti turvallisempaa oppilaitosta. Oppilaitosten turvallisuuden ja turvallisuuskasvatuksen tutkimus- ja kehittämishaasteita. OPTUKE-verkoston I tutkimus- ja kehittämissymposium Hämeenlinnassa 8.–9.2.2011. Proceedings. Tampereen yliopisto. Kasvatustieteiden yksikkö, 42–62

Valtioneuvoston periaatepäätös (16.12.2010). Yhteiskunnan turvallisuusstrategia