

Pasi Valkokari, Toni Ahonen, Heljä Franssila, Antti Itäsalo,
Jere Jännes, Tero Välisalo & Asko Ellman

Käyttövarmuussuunnittelun kehittämistarpeet

| Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – hankkeen
työraportti 1

ISBN 978-951-38-7522-0 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2011

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374



Julkaisun sarja, numero ja raportti-
koodi

VTT Working Papers 180
VTT-WORK-180

Tekijä(t) Pasi Valkokari, Toni Ahonen, Heljä Franssila, Antti Itäsalo, Jere Jännes, Tero Välisalo, Asko Ellman		
Nimeke Käyttövarmuussuunnittelun kehittämistarpeet		
Tiivistelmä <p>Tässä työraportissa on koottuna Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps -hankkeen ensimmäisen työpaketin tulokset. Tulokset koostuvat web-kyselyn ja yrityshaastatteluiden perusteella tehdyistä havainnoista sekä käyttövarmuussuunnittelun työkalujen tutkimuksesta. Lisäksi raportissa esitellään lyhyesti hankkeen taustaa ja jatkosuunnitelmia.</p> <p>Web-kyselyiden ja yrityshaastatteluiden avulla on tutkittu työkonealan käyttövarmuuden hallinnan nykytilaa suunnitteluprosessissa sekä käyttövarmuuteen liittyvän tiedon hallintaa, ulkoista verkostoitumista tuotteen käyttövarmuuden kehittämiseksi ja yrityksen valmistaman laitteen vikojen jakautumista osajärjestelmä- ja komponenttitasolla niin takuuajana kuin sen jälkeenkin.</p> <p>Työkalututkimuksessa selvitettiin markkinoilla olevia käyttövarmuuden hallintaan soveltuvia ohjelmistoja. Tuloksissa esitellään eri markkinoilla olevien sovellusten ominaisuuksia sekä mahdollisuuksia integroida ohjelmistotyökaluja osaksi yrityksissä jo käytössä olevia suunnittelualustoja.</p>		
ISBN 978-951-38-7522-0 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinnumero 72262
Julkaisuaika Syyskuu 2011	Kieli Suomi, engl. abstr.	Sivuja 53 s. + liitt. 21 s.
Projektin nimi Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps	Toimeksiantaja(t)	
Avainsanat Dependability, Management of dependability knowledge, reliability software, design for dependability	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	



Series title, number and
report code of publication

VTT Working Papers 180
VTT-WORK-180

Author(s) Pasi Valkokari, Toni Ahonen, Heljä Franssila, Antti Itäsalo, Jere Jännes, Tero Välisalo, Asko Ellman		
Title Development needs for dependability management in the design process		
Abstract <p>This report gathers results from RelStep project's first work package. Results consist of findings based on the web enquiry and interviews and availability design software research. Background and further research to be conducted are also shortly presented in this report.</p> <p>State of the art of dependability management, information gathering related to reliability, external networking used for dependability management and occurrence of faults in subsystem and component level during both guarantee and after it in the Finnish working machine industry sector were studied via web enquiry and interviews.</p> <p>The software applications suitable for dependability management already on the market were also studied. In the results the features of software applications are presented as well as possibilities to integrate these software tools as a part of design platforms currently used in the companies.</p>		
ISBN 978-951-38-7522-0 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 72262
Date September 2011	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 53 p. + app. 21 p.
Name of project RelSteps	Commissioned by	
Keywords Dependability, Management of dependability knowledge, reliability software, design for dependability	Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4520 Fax +358 20 722 4374	

Alkusanat

Tämä työraportti on osa Tekes-rahoitteisen tutkimushankkeen ”Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps” tulosaineistoa. RelSteps-hankkeen tavoitteena on kehittää koneenrakennuksen ja erityisesti liikkuvien työkoneiden suunnitteluun käyttövarmuuden hallinnan työkalupakki, joka huomioi erilaisten tuotteiden ja tuoteprojektien käyttövarmuuden hallinnan tarpeet ja joka on integroitavissa osaksi yrityksen toimintajärjestelmää.

RelSteps-hanke toteutetaan VTT:n, Tampereen teknillisen yliopiston ja Tampereen yliopiston ryhmähankkeena. Projektin vastuorganisaatio on VTT:n Riskienhallinta- ja käyttövarmuusosaamiskeskus. Yksityisen sektorin rahoitus hankkeelle kanavoituu Forum for Intelligent Machines ry:n (FIMA) kautta.

Tässä raportissa käsitellään hankkeen ensimmäisen työpaketin (käyttövarmuuden analysointi- ja suunnittelutyökalut, käyttövarmuuden pullonkaulat) toteutusta ja tuloksia.

Sisällysluettelo

Alkusanat	5
Symboliluettelo	7
1. Johdanto	8
2. Hankkeen tausta	10
3. Tutkimuksen toteutus	13
3.2 Haastattelujen toteutuksesta	14
4. Tulokset.....	16
4.1 Käyttövarmuuden hallinnan nykytila.....	16
4.2 Käyttövarmuusvaatimukset ja –tavoitteet sekä kiinnostus käyttövarmuusasioihin	18
4.3 Tiedonkeruu käyttövarmuuden kehittämiseksi	20
4.3.1 Käyttövarmuustiedon hankinta	21
4.3.2 Tiedon hankkiminen käyttöympäristöstä	22
4.3.3 Tiedon luotettavuus, saatavuus ja hyödynnettävyys	23
4.3.4 Tiedonkeruun kohdistuminen elinjakson vaiheisiin.....	24
4.4 Kerätyn tiedon hyödyntäminen, seuranta ja vastuut	24
4.5 Visio tiedonkeruun ja hyödyntämisen osalta	26
4.6 Verkostoituminen, yhteistyö ja tiedonvaihto	27
4.7 Valmistettavan laitteen arviointi.....	28
4.7.1 Ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon tarve	28
4.7.2 Vikojen jakautuminen laitteessa	29
4.8 Käyttövarmuuden hallinnan prosessit ja toimintatavat	35
4.9 Käyttövarmuussuunnittelua tukevien ohjelmistotyökalujen käyttö	38
4.10 Markkinoilla olevien käyttövarmuusohjelmistojen hyödyntäminen	38
4.10.1 Vaatimusten asettaminen käyttövarmuusohjelmistoille	39
4.10.2 Ohjelmistotoimittajat	43
4.10.3 Ohjelmistotyökalujen integrointi kiinteäksi osaksi tuotekehitystä ja olemassa olevia suunnittelualustoja.....	46
4.11 Visio käyttövarmuustiedon hallinnan ja hyödyntämisen kehittämisestä	49
4.11.1 Visio käyttövarmuustiedon keräämiseen liittyen	50
4.11.2 Visio käyttövarmuustiedon jalostamiseen ja käsittelyyn liittyen	50
4.11.3 Visio käyttövarmuustiedon hyödyntämiseen liittyen	50
5. Yhteenvedo ja jatkotoimenpiteet	51

Liitteet

Symboliluettelo

ALT = Accelerated Life Testing
BTA = Bow-tie Analysis
CAD = Computer Aided Design
CAE = Computer Aided Engineering
CAM = Computer Aided Manufacturing
CRP = Component Reliability Prediction
DVP&R = Design Validation Plan and Report
ETA = Event Tree Analysis
FMECA = Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
FRACAS = Failure Reporting and Corrective Action System
FSA = Functional Safety Analysis
FTA = Fault Tree Construction and Analysis
HAZOP = Hazard and operability study
JSA = Job Safety Analysis
LCC = Life Cycle Cost
LDA = Life Data Analysis
Markov = Markov Analysis
MPO = Maintenance Planning and Optimization
NFA = Need and Functional Analysis
PDM = Product Data Management
PLM = Product Lifecycle Management
RA = Risk Analysis
RAMS = Reliability, Availability, Maintainability, Safety
RBD = Reliability Block Diagrams
RGA = Reliability Growth Analysis
SEA = System Effectiveness Analysis
SOA = Service Oriented Architecture
SRA = System Reliability (RAM) Assessment
SVA = Security Vulnerability Analysis

1. Johdanto

Tämä työraportti on osa Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps -hankkeen tuloksia. Hankkeen tavoitteena on kehittää koneenrakennuksen ja erityisesti liikkuvien työkoneiden toimialalle käyttövarmuuden hallinnan työkalupakki, joka sisältää seuraavat työkalut:

- käyttövarmuuden suunnittelumenetelmät suunnittelijan käyttöön ja niiden integrointiperiaatteet osaksi nykyaikaisia suunnittelutyökaluja (CAD, PDM)
- konseptit uusista tavoista jakaa ja etsiä käyttökokemustietoja yli yritysrajojen suunnittelijoiden käytäntöyhteisöissä
- digitaalisia tiedonsiirtokanavia ja medioita hyödyntävät työkalut käyttökokemustiedon keräämiseen ja tietojen analysointiin
- käyttövarmuuden hallinnan toimintamalli, joka huomioi erilaisten tuotteiden ja tuoteprojektien käyttövarmuuden hallinnan tarpeet ja joka on integroitavissa osaksi yrityksen toimintajärjestelmää.

Hanke toteutetaan Tekesin ryhmähankkeena. Tutkimusorganisaatioista mukana ovat VTT, Tampereen teknillinen yliopisto ja Tampereen yliopisto. Yksityisen sektorin rahoituksesta vastaa FIMA Ry (Forum for Intelligent Machines). Hanke alkoi 1.8.2010 ja se kestää vuoden 2012 loppuun saakka.

RelSteps-hanke on jaettu kolmeen tutkimukselliseen työpakettiin:

Työpaketti 1: Käyttövarmuuden analysointi- ja suunnittelutyökalut, käyttövarmuuden pullonkaulat.

Työpaketti 2: Käyttövarmuustiedon keruu-, hallinta ja hyödyntämismenetelmät.

Työpaketti 3: Käyttövarmuuden hallinta suunnitteluprosessissa.

1.1 Työpaketti 1: Tavoitteet

Tämä työraportti kokoaa hankkeen työpaketin 1 tulokset. Työpaketin tehtävien tavoitteena on ollut tunnistaa web-kyselyllä ja yrityshaastatteluilla työkonealan käyttövar-

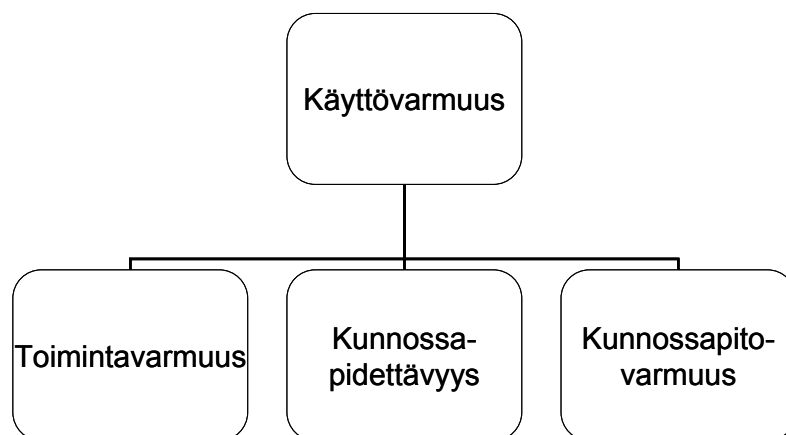
muuden yleisimmät pullonkaulat. Kyselyn ja haastatteluiden tavoitteena on ollut tutkia syyt, miksi tunnistetut komponentit ovat käyttövarmuuden hallinnan kannalta haasteellisia ja millä keinoin ongelmat olisi asiantuntijoiden mukaan voitu välttää suunnitteluratkaisuilla. Työpaketissa tutkittiin myös, millaisia tarpeita käyttövarmuuden suunnittelu-työkaluille asetetaan ja millainen valmius suunnittelutyökalujen käyttöön liikkuvien työkoneiden toimialalla tällä hetkellä on. Oleellista työpaketissa on ollut selvittää, onko käyttövarmuussuunnitteluun panostamalla mahdollisuus saavuttaa taloudellista hyötyä, esimerkiksi lisääntyneen kilpailukyvyn ja palveluliiketoiminnan kehittämisen kautta.

Käyttövarmuussuunnittelun työkalujen tutkimuksessa käytiin läpi markkinoilla olevia käyttövarmuuden analysointi- ja suunnittelutyökalujen tarjontaa ja ominaisuuksia. Myös niiden sovellettavuutta työkoneteollisuuden tarpeisiin arvioitiin. Työkalututkimuksessa keskityttiin tuotteen elinkaaren alkuvaiheen (konseptointi, esisuunnittelu) työkaluihin. Toimintavarmuuden lisäksi selvitettiin myös kunnossapidettävyyden (tuoteominaisuus) sekä kunnossapitovarmuuden (koneeseen liittyvät kunnossapitopalvelut) suunnittelu-työkalujen tilanne. Erityistä huomiota tutkimuksessa kiinnitettiin kaupallisten työkalujen integroitavuuteen muihin suunnittelijan käyttämiin työkaluihin, kuten PDM- ja CAD-järjestelmiin.

RelSteps-hankkeen ensimmäisen työpaketin tuloksia hyödynnetään myös kolmannen työpaketin suunnittelussa. Sen tuloksena on best practices -opas yrityksille, jossa kuvataan geneerinen käyttövarmuuden hallinnan toimintamalli. Oppaan painotus on suunnitteluun liittyvissä toiminnoissa, joissa sidotaan yhteen erilaiset lopputuotteen elinkaaren käyttövarmuutta varmistavat tehtävät työkonealan yrityksissä.

2. Hankkeen tausta

Käyttövarmuuden hallinta on tullut entistä tärkeämmäksi tekijäksi yritysten kilpailukyvyn varmistamisessa mm. kasvavien asiakasvaatimusten takia. Liikkuvien työkoneiden käyttövarmuuden hallinta on erityisen haastavaa, koska tuotantosarjat ovat pieniä, tuotevariaatiot suuria ja niiden käyttöolosuhteet erittäin vaihtelevia. Epäyhtenäisen asiakaskentän vuoksi käyttövarmuuden määrittelyyn tarvittavia lähtötietoja on yleensä vaikea saada. Tarve näille tiedoille on kuitenkin olemassa, koska koneiden elinjaksokustannuksilla on merkittävä rooli tuotantohyödykkeiden, kuten liikkuvien työkoneiden, ostajien näkökulmasta. Lisäksi työkonevalmistajat suuntautuvat nykyisin vahvasti palveluliiketoimintaan, jossa erityisesti kunnossapitopalvelujen taloudellinen kannattavuus on vahvasti seurausta koneen käyttövarmuuden suunnittelussa tehdyistä valinnoista.



Kuva 1. Käyttövarmuuden osatekijät.¹

¹ SFS-IEC 50(191) 1996. Sähköteknillinen sanasto. Luotettavuus ja palvelun laatu. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 143 s.

Tekesin Käyttövarmuus kilpailutekijänä -teknologiaohjelmassa (KäKi, 1995–2000) otettiin merkittäviä askelia käyttövarmuuden järjestelmällisen hallinnan suuntaan. KäKi-ohjelmassa kehitettiin mm. tilastollisia käyttövarmuuden laskentatyökaluja, käyttövarmuustiedon keruumenettelyjä ja käyttövarmuuden mallinnusta. KäKi-ohjelman jälkeen toimintaympäristössä on kuitenkin tapahtunut huomattavia muutoksia: suunnittelujärjestelmät ovat täysin digitalisoituneet, käytettävissä on erilaisia virtuaalisuunnittelun työkaluja, tiedonkeruu ja -siirtomenetelmät ovat kehittyneet, komponentit ovat älykkäitä, toiminta on verkottuneempaa kuin aiemmin jne. Muutokset ovat tuoneet uusia haasteita ja mahdollisuuksia käyttövarmuuden suunnitteluun, koneiden seurantaan ja myös palveluliiketoimintaan. Uudelle käyttövarmuuden kehittämishankkeelle on siten tilausta työkonevalmistajien toimintakentällä.

Käyttövarmuuteen liittyvän tutkimuksen tasoa ja yrityskentän tarpeita kartoitettiin FIMAn (Forum for Intelligent Machines ry²) esiselvityksessä. FIMA ry:n ja Virtuaalisuunnittelun foorumin (VSF)³ jäsenyritysten haastattelututkimuksessa todettiin, ettei käyttövarmuutta kehittävien ja varmistavien menetelmien käyttöönotto ole yleistynyt liikkuvien työkoneiden valmistajien piirissä. Myös kokemukset moniteknisten komponenttien luotettavuuden testaamisesta ovat olleet melko heikkoja. Tutkimus toi esille, että käytetyt menetelmät ovat keskittyneet enimmäkseen suunnitteluprosessin loppuvaiheeseen tai suunnittelukatselmuksiin, jolloin sovellettavat menetelmät ovat melko raskaita ja vaativat asiantuntijaa tekemään vaadittavat selvitykset. Erityisesti suunnittelutyön alkuvaiheeseen kaivattiin uudenlaisia menetelmiä ja tarkempaa tietoa vikaantumismekanismeista ja -todennäköisyyksistä.

Uusi mahdollisuus erityisesti komponentteja koskevan käyttövarmuuskokemustiedon jakamiseen, saavuttamiseen ja kumuloimiseen on yritysrajat ylittävä, verkkoperustainen käytäntöyhteisötoiminta. Globaalisti toimivien teknologiayritysten *sisällä* verkossa toimivat kokemustenetsintä- ja jakoyhteisöt ovat jo osa normaalia toimipaikka- ja maan-

Käyttövarmuuden ja sen osatekijöiden määritelmät standardista PSK 6201. 2003. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2. painos. PSK Standardisointi. 30 s.

Käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajanhetkellä tai tietyn ajanjakson aikana, olettaen että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla.

Toimintavarmuus on kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson.

Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona.

Kunnossapidettävyyys on kohteen kyky olla pidettävissä tilassa tai palautettavissa tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja.

² Esiselvityksen kuvaus: <http://www.hermia.fi/fima>

³ VSF – Virtuaalisuunnittelun foorumi:

<http://www.lut.fi/fi/technology/lutmechanical/research/intelligentmachines/vsf/Sivut/Default.aspx>

2. Hankkeen tausta

osarajat ylittävää ammatillista tietämyksenvaihtoa^{4,5}. Erityisesti IT-alalla informaali ammattilaisyhteisötoiminta verkossa on yleistä. Crowdsourcingin ja joukkoälyn hyödyntäminen yritysten suunnitteluammattilaisten välisessä tiedonvaihdossa voisi olla mahdollisuus myös muilla teknisen tuotekehityksen ja suunnittelun aloilla. Yritysrajat ylittävän, verkkofoorumille sijoittuvan kokemustenvaihdon sosiaalisesta, juridisesta ja teknologisesta hyväksyttävyydestä, toteutettavuudesta ja kannustinrakenteista on vielä liian vähän tietoa, kokemuksia ja konsepteja.

Edellä mainitussa esiselvityksessä muodostettiin visio käyttövarmuuden hallinnan tilasta, johon työkaluvalmistajat ja heidän kumppaninsa pyrkivät 5–7 vuoden aikajänteellä:

Yrityksessä on tehty käyttövarmuuden hallinnalle prosessikuvaukset ja toimintamallit ovat selkeitä. Yritys on määritellyt, mitä tietoa ja miten kerätään ja miten sitä eri organisaation osa-alueilla ja tasoilla käytetään. Erityisesti on huomioitu suunnittelun tarpeet. Suurin osa tiedosta saadaan numeerisena, jolloin asioiden vertailtavuus on hyvä. Kaikissa tiedoissa on mukana myös tiedot käyttäjistä, miten konetta on käytetty sekä millaisissa olosuhteissa niitä on milloinkin käytetty.

Vikaantumiset ja huollot osataan tarkoin määritellä ja huomioida jo suunnittelun aikana. Tietojen keruuta ja käyttöä varten on helppokäyttöiset työkalut, joita käytetään yleisesti. Suunnittelijoilla tämä on jokapäiväisenä työkaluna, josta he saavat työssään tarvitsemansa tiedot nopeasti ja tehokkaasti päätöksensä tueksi. Kaikki komponentti- ja järjestelmätoimittajat antavat valmistajan haluat lähtötiedot ja muita tarvittavia tietoja valmistaja kerää ja määrittelee itse esimerkiksi simuloinnin ja erilaisten testausten avulla. Käyttövarmuuden laskenta on myös helposti muutettavissa suoraan kustannuksiksi.

RelSteps-tutkimushankkeen tavoitteena on ottaa merkittäviä askelia kohti kuvattua visiota. Hanke kuuluu Tekesin Digitaalinen tuoteprosessi -teknologiaohjelmaan, ja RelSteps-hankkeen sisältö kohdistuu kaikkiin ohjelman pääteemoihin: ”Prosessit ja johtaminen”, ”Uudet työkalut ja standardointi” sekä ”Implementointi ja osaamiset”.

⁴ Dixon, N. 2000. Common Knowledge. How Companies Thrive by Sharing What They Know. Harvard Business School Press.

⁵ Wenger, E., McDermott, R. & Snyder, W. M. 2002. Cultivating Communities of Practice. Harvard Business School Press.

3. Tutkimuksen toteutus

3.1 Web-kyselyn toteutuksen ja kerätyn aineiston kuvaus

RelSteps-hankkeessa toteutettiin web-kysely, jolla selvitettiin yritysten käyttövarmuuteen liittyvien käytäntöjen nykytilaa. Kyselyn tulosten perusteella saatiin tietoa siitä, mihin asioihin yrityksissä tehtävissä haastatteluissa kannattaa keskittyä.

Web-kyselystä haluttiin mahdollisimman kattava, mutta sen haluttiin kuitenkin myös pysyvän yleisellä tasolla, jotta vastaaminen olisi yrityksen edustajille mielekästä ja nopeaa. Kyselyn piti myös sopeutua monelle erilaiselle yritykselle. Useimmat kysymykset olivat monivalintatyyppejä. Osassa kysymyksistä vastausta oli mahdollista täydentää vapaamuotoisesti tekstikenttään. Kysymykset jakautuivat seuraavien otsikoiden alle:

- yrityksen nykyinen tila käyttövarmuuden hallinnassa
- tiedon keruu käyttövarmuutta varten
- käyttövarmuuteen liittyvä ulkoinen verkostoituminen: tiedonvaihto, yhteistyö ja muu viestintä.

Näin saatiin selvitettyä yritysten tämän hetkiset valmiudet käyttövarmuustiedon käsitteilyyn ja keräämiseen karkealla tasolla. Lisäksi kyselyssä oli osio, jossa piti arvioida yrityksen valmistamien tuotteiden käyttövarmuutta. Osio jakautui kahteen osaan, ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon tarpeiden arviointiin ja vikojen jakautumiseen valmistettavassa laitteessa. Vikojen arviointikysymyksissä laite jaettiin osakokonaisuuksiin, joissa vika saattoi esiintyä. Osakokonaisuudet olivat runko, tehonsiirto ja ohjausjärjestelmä. Osakokonaisuudet jaettiin komponenteiksi, joita myös arvioitiin käyttövarmuuden kannalta. Vastaaja arvioi, montako prosenttia vioista esiintyy kussakin osakokonaisuudessa ja komponentissa. Vastausvaihtoehtoina olivat 10, 20, 30...100 %.

Kyselyyn haluttiin jokaisesta osallistuvasta yrityksestä neljä vastausta. Tällä tavoin yksittäisen yrityksen vastaukset eivät painota tuloksia. Saman yrityksen vastaajien toivottiin myös olevan eri vastuualueilta. Vastuualueet oli jaoteltu seuraavasti: suunnittelija, tuotevastaava, huoltovastaava ja käyttövarmuuden asiantuntija. Näin saatiin vastauksia yrityksen eri organisaatioista ja laajempaa näkökulmaa. Osa kysymyksistä oli myös suunnattu vain tietyille vastuualueen henkilöille.

3. Tutkimuksen toteutus

Kysely toteutettiin joulukuun 2010 ja tammikuun 2011 aikana. Aluksi järjestettiin kahden FIMA Ry:n yrityksen kanssa testikierros, jonka yhteydessä viimeisteltiin kyselyn käytännön toteutusta. Tämän jälkeen kysely lähetettiin yrityksiin. Kaikkiaan kyselyyn vastasi 11 yritystä, joista kaksi oli FIMA Ry:n ulkopuolisia.

Kyselyyn vastanneiden kokonaismäärä oli 36. Suunnittelijoita vastaajista oli 13, tuotevastaavia 5, huoltovastaavia 9 ja käyttövarmuuden asiantuntijoita 9. Vastaajat olivat työskennelleet yrityksessä keskimäärin 11,6 vuotta ja toimineet nykyisessä tehtävässään 5,3 vuotta. Vastaajien voidaan todeta tunnevan erittäin hyvin edustamiensa yritysten toimintatavat, joten heidän antamiensa tietojen oletettiin olevan varsin kattavia ja luotettavia.

3.2 Haastattelujen toteutuksesta

Web-kyselyn tulosten perusteella RelSteps-hankkeen tutkimusosapuolet tunnistivat aihealueita ja näkökohtia, joista päätettiin toteuttaa yrityshaastattelut viidessä FIMA Ry:n osallistujayrityksessä. Haastattelut toteutettiin ryhmähaastatteluna siten, että edustettuna olivat suunnittelu, käyttövarmuusasiantuntemus, palveluliiketoiminta sekä tuotehallinta.

Kustakin yrityksestä haastatteluihin osallistui 3–7 henkilöä. Yhteensä haastateltavia oli 29. Valinnan haastatteluun kutsuttavista asiantuntijoista teki kunkin yrityksen yhteyshenkilö. Kukin haastattelu kesti 2–3 tuntia siten, että noin neljäsosa ajasta käytettiin hankkeen aihepiiristä käytyyn yleiseen keskusteluun ja aiemmin toteutetun web-kyselyn tulosten analysointiin. Varsinaisessa haastatteluosuudessa käsiteltiin seuraavia osa-alueita:

- tiedonkeruu käyttövarmuutta varten
- käyttövarmuusvaatimukset ja -tavoitteet
- ohjelmistotyökalut ja niiden hyödyntäminen.

Tavoitteena oli, että haastattelutilaisuuksien luonne olisi mahdollisimman avoin ja keskusteleva. Eräissä haastattelussa tuli myös esiin, että normaalin työrytmin puitteissa ei yleensä ole riittävästi mahdollisuuksia haastattelutilanteen kaltaisiin tiedonvaihtopalaveri-ihin, joissa keskustelua jäsennetään ennalta määritetyn rungon mukaisesti. Edellä mainittu tavoite toteutui siten, että haastateltujen yritysten edustajat kokivat tilaisuuden varsin hedelmällisenä sekä hyvänä mahdollisuutena käyttövarmuuteen liittyvien tietojen vaihtamiseksi ja toiminnan kehittämiseksi.

3.3 Käyttövarmuustyökaluja koskevan selvityksen toteutus

Käyttövarmuuden kehittämiseen sovellettavia ohjelmistotyökaluja koskeva selvitys ja- kautuu kahteen päävaiheeseen. Raportissa tehdään katsaus markkinoilla oleviin kauppa-

lisiin sovelluksiin sekä niiden ominaisuuksiin yleisellä tasolla tarkastelematta erityisesti yritys- tai sovelluskohtaisia vaatimuksia. Selvityksessä kiinnitetään erityistä huomiota kahden markkina-asetmaltaan merkittävämmän toimijan tarjoamiin sovelluksiin sekä tehdään yhteenveto laajemmasta joukosta sovelluksia. Toinen päävaihe pyrkii kuvaamaan tarkasteltaviin ohjelmistotyökaluin liittyviä erityispiirteitä yrityshaastattelujen yhteydessä nostettujen erityiskysymysten näkökulmasta. Nämä erityiskysymykset liittyvät yritysکوhtaisiin tuotteiden RAMS-vaatimukseen, käytettävyyteen, lähtödataan ja erityisesti integroitavuuteen yrityksen suunnitteluprosesseihin ja olemassa oleviin suunnittelua tukeviin työkaluihin.

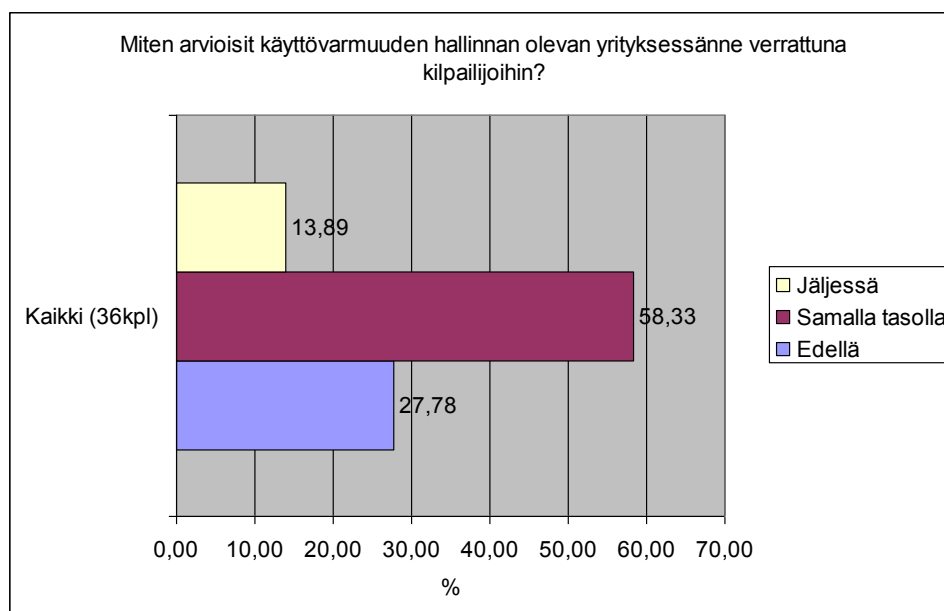
Edellä mainittujen näkökulmien lisäksi työkaluselvityksessä kiinnitetään huomiota ohjelmistotyökalujen integroitavuuteen tuotekehitysprosesseihin ja suunnitteluympäristöön. Tämä selvityksen osuus ja siinä esitettävät tiedot perustuvat pääosin yleisesti saatavilla olevaan ohjelmistojen esittelymateriaaliin. Tämän lisäksi selvityksen aikana on oltu yhteydessä ohjelmistojen Suomessa edustaviin yrityksiin.

4. Tulokset

4.1 Käyttövarmuuden hallinnan nykytila

Käyttövarmuuden hallinnan nykytilaa koskevat tulokset pohjautuvat web-kyselyyn. Tässä osiossa oli neljä kysymystä, joissa vastausvaihtoehdot oli annettu valmiiksi. Jokaisessa kysymyksessä oli lisäksi vapaatekstikenttä lisätietoja varten.

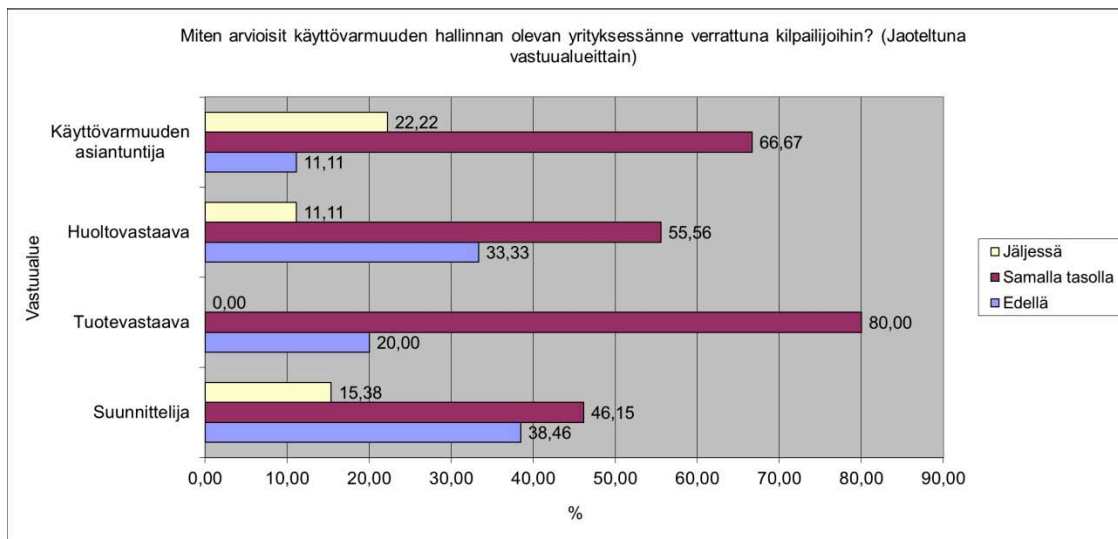
Kuvassa 2 nähdään yritysten edustajien arviot siitä, millä tasolla yritys on käyttövarmuuden hallinnassa muihin yrityksiin nähden. Suurin osa, 58 % vastaajista, kokee edustamansa yrityksen olevan samalla tasolla kilpailijansa kanssa. Toiseksi suurin joukko (28 %) on sitä mieltä, että heidän edustamansa yritys on kilpailijoitaan edellä. Vastaajista 14 % sen sijaan kokee, että yritys on kilpailijoitaan jäljessä.



Kuva 2. Arvio käyttövarmuuden hallinnan nykytilasta yrityksessä.

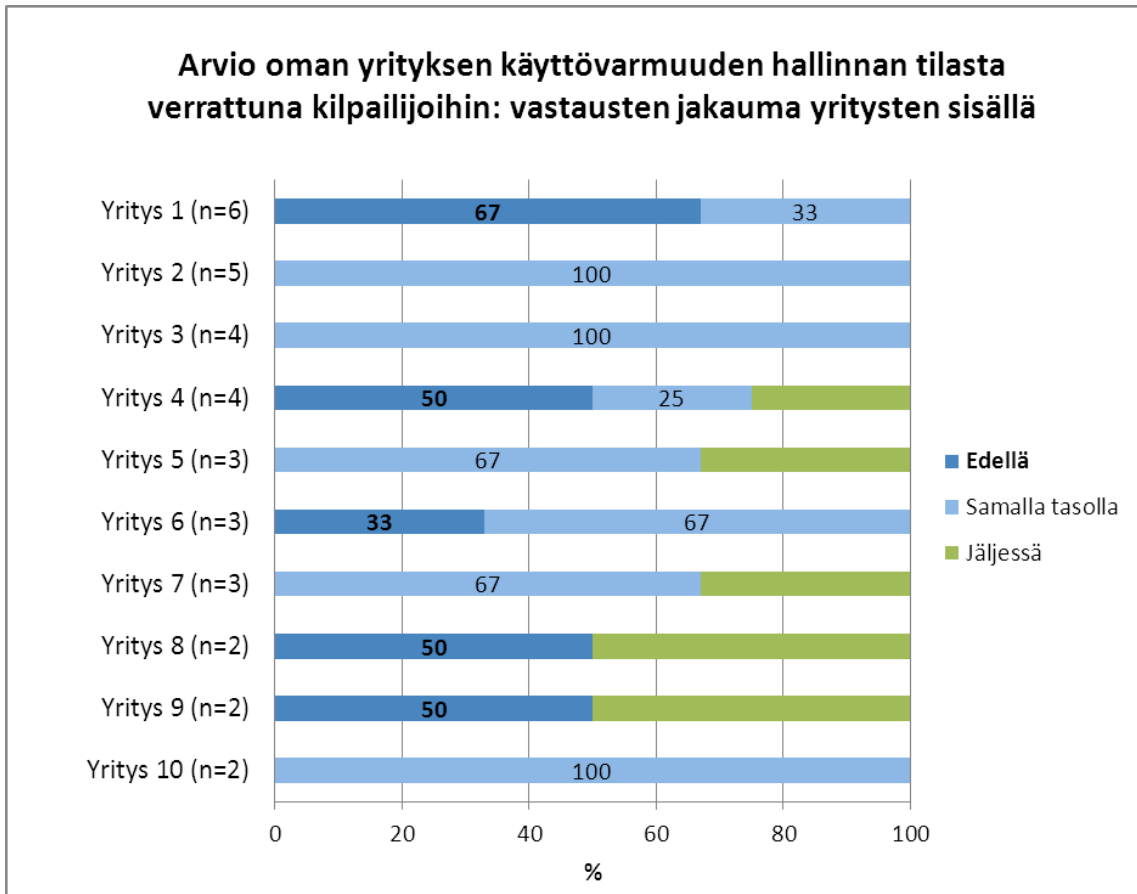
Kun vastaukset ryhmitellään vastuualueittain (kts. kuva 3), nähdään, että suurin osa mieltää yrityksensä olevan samalla tasolla kuin kilpailijansa. Suunnittelijoissa (38 %) ja

huoltovastaavissa (33 %) on myös suuri joukko, jotka uskovat yrityksensä etumatkaan. Tuotevastaavista joka viides ja käyttövarmuuden asiantuntijoista joka kymmenes on samalla kannalla. Käyttövarmuuden asiantuntijoista 22 % puolestaan on sitä mieltä, että yritys on kilpailijoitaan jäljessä. Vastaavasti suunnittelijoista 15 % ja huoltovastaavista 11 % ovat samalla kannalla. Huomionarvoista on muun muassa se, että tuotevastaavista kukaan ei usko edustamansa yrityksen olevan jäljessä kilpailijoitaan.



Kuva 3. Käyttövarmuuden hallinnan tila yrityksessä kilpailijoihin verrattuna vastuualueittain.

4. Tulokset



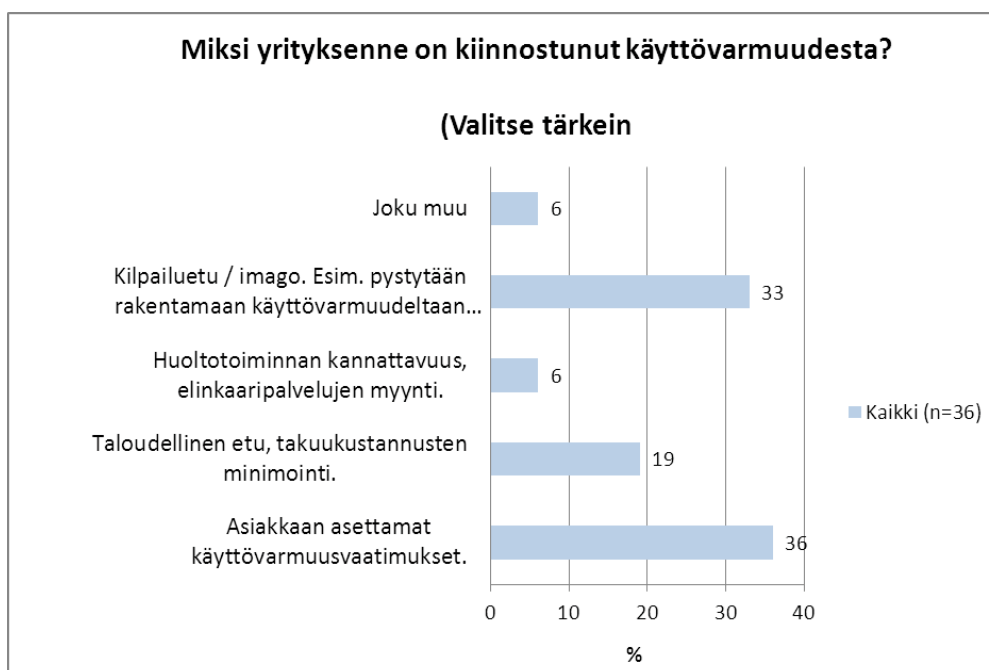
Kuva 4. Vastausten jakaumat yritysten sisällä koskien arviota oman yrityksen käyttövarmuuden hallinnan tilasta suhteessa kilpailijoihin.

Monet yritykset tuntevat olevansa samalla tasolla kuin kilpailijansa käyttövarmuuden hallinnassa. Kuitenkin vain osassa kyselyyn osallistuneita yrityksiä vastaajien arviot oman yrityksen käyttövarmuuden hallinnan nykytilasta olivat yksimielisiä (Kuva 4). Vastauksien hajonta johtuu todennäköisesti siitä, että saman yrityksen eri toiminnoissa käyttövarmuusasiat näyttävät hieman eri tavoin. Asiakasrajapinnassa toimiva huolto-toiminto kohtaa käyttövarmuusasiat arkipäiväisessä työssään eri tavoin kuin esimerkiksi suunnittelu.

4.2 Käyttövarmuusvaatimukset ja -tavoitteet sekä kiinnostus käyttövarmuusasioihin

Käyttövarmuusvaatimuksiin – asiakasvaatimuksiin sekä niiden allokoointiin suunnittelu-prosessissa – ei haettu vastauksia web-kyselyssä. Sen sijaan aihetta käsiteltiin kyselyn tulosten pohjalta toteutetuissa yrityshaastatteluissa.

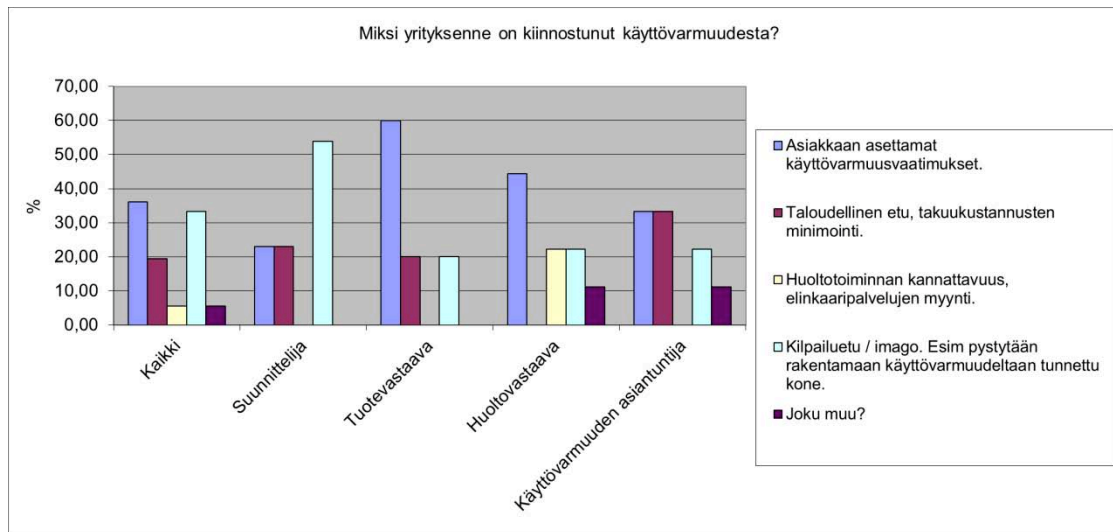
Kuvassa 5 on esitetty, mitkä käyttövarmuuden driverit nousevat tärkeimmiksi web-kyselyn vastausten perusteella. Tärkeimmäksi tekijäksi nousevat asiakkaiden asettamat käyttövarmuusvaatimukset. Vaikka palvelutuotteiden tarjoamisen sekä palveluliiketoiminnan ja kokonaistarjoaman kehittämisen merkitys ovat viime vuosina lisääntyneet yritysten keskuudessa merkittävästi, ainoastaan kaksi vastaajaa (6 %) koki sen merkittävimmäksi käyttövarmuuden kehittämistä ajavaksi voimaksi.



Kuva 5. Käyttövarmuuteen kohdistuvan kiinnostuksen perusteet.

Kiinnostuksen syitä käyttövarmuuteen selvitettiin, ja vastaukset on esitetty kuvassa 6. Annetuista vaihtoehdoista piti valita vain yksi. Asiakkaiden asettamat käyttövarmuusvaatimukset ovat suurin mielenkiinnon peruste (36 % vastaajista). Suurin osa tuotevastaavista (n. 60 %) ja lähes puolet (n. 45 %) huoltovastaavista pitää asiakkaiden asettamia vaatimuksia merkittävimpänä mielenkiinnon lähteenä. Käyttövarmuuden asiantuntijat nostavat asiakasvaatimukset ja taloudellisen edun merkittävimiksi tekijöiksi. Suunnittelijoista yli 50 % näkee kilpailuedun tai imagon tärkeimpänä. Ainoastaan huoltovastaavien joukossa on vastaajia, jotka kokevat huoltotoiminnan kannattavuuden ja elinkaaripalvelujen myynnin olevan kiinnostuksen merkittävin syy.

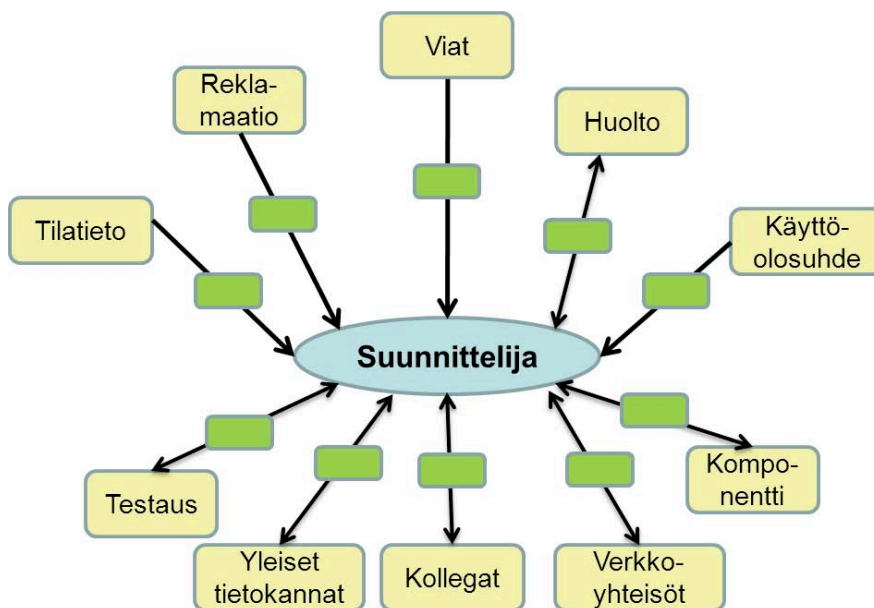
4. Tulokset



Kuva 6. Käyttövarmuuteen kohdistuvan kiinnostuksen syytekijät tehtävittäin.

4.3 Tiedonkeruu käyttövarmuuden kehittämiseksi

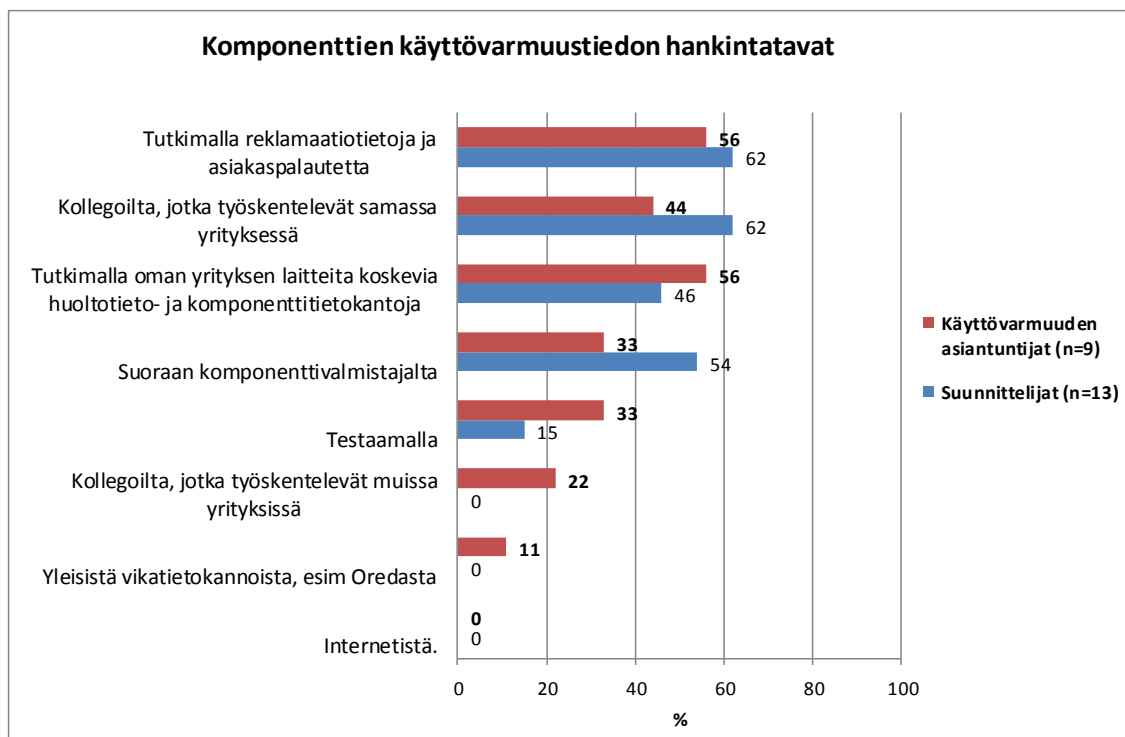
Potentiaalisia käyttövarmuustiedon lähteitä on lukuisia. Suurena haasteena onkin saada tieto suunnittelijalle saakka sellaisessa muodossa, että hän pystyy hyödyntämään niitä työssään suunnitellessaan entistä käyttövarmempia ja siten kilpailukykyisempiä tuotteita. Seuraavassa kuvassa (kuva 7) esitetään joitakin potentiaalisia tietolähteitä, joita olisi mahdollista hyödyntää käyttövarmuuden hallinnassa suunnittelussa.



Kuva 7. Potentiaalisia käyttövarmuustiedon lähteitä.

4.3.1 Käyttövarmuustiedon hankinta

Suunnittelun tueksi tarkoitettua käyttövarmuustietoa voidaan periaatteessa hankkia lukuisilla eri tavoilla ja menetelmillä tiedon eksaktiuden, kattavuuden ja objektiivisuuden vaihdellessa. Kyselyssä suunnittelijoita ja käyttövarmuusasiantuntijoita pyydettiin ilmoittamaan kolme tärkeintä komponentteja koskevan käyttövarmuustiedon hankinnan tapaa. Kyselyn perusteella keskeisimpiä komponenttien käyttövarmuustiedon lähteitä ovat reklamaatiot, asiakaspalautte, oman yrityksen kollegat, oman yrityksen laitteita koskevat huoltotieto- ja komponenttitietokannat sekä komponenttivalmistajat. Komponenttien testaaminen sisältyi joka kolmannen kyselyyn vastanneen käyttövarmuusasiantuntijan tiedonhankintatapoihin. Suunnittelijoista puolet hankkii käyttövarmuustietoa suoraan komponenttivalmistajalta. Merkillepantavaa on, että vaikka vain kolmannes käyttövarmuusasiantuntijoista hankkii käyttövarmuustietoa suoraan komponenttivalmistajalta, jotkut käyttövarmuusasiantuntijat hankkivat käyttövarmuustietoja monipuolisesti muilla tavoin oman yrityksen ulkopuolelta, kollegoilta muista yrityksistä sekä yleisistä vikatietokannoista (kuva 8).



Kuva 8. Suunnittelijoiden ja käyttövarmuusasiantuntijoiden komponentteja koskevan käyttövarmuustiedon hankintatavat.

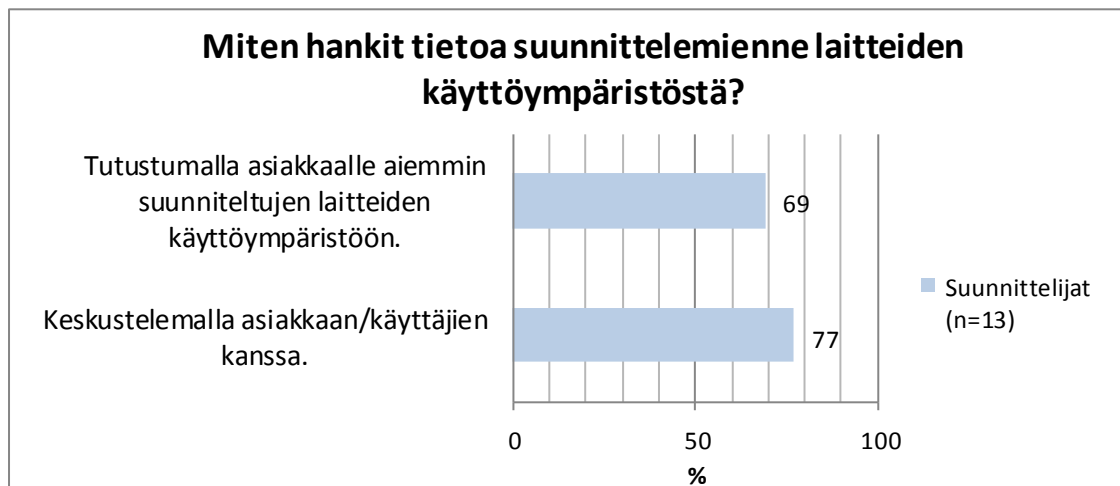
Käyttövarmuustiedon lähteinä hyödynnetään siis sekä epäformaaleja tiedonlähteitä että yrityksen asiakaspalvelun, tuotetuen ja huollon raportointijärjestelmiin tallennettua tie-

4. Tulokset

toa. Yrityshaastatteluihin kävi ilmi, että yrityksissä ei ole systemaattisia ja säännöllisiä menettelyjä etenkin näihin takuuajan jälkeisiin raportointijärjestelmiin kertyvän komponenttistiedon tarkasteluun. Joissain yrityksissä laatutoiminto voi osaltaan huolehtia suunnittelutoiminnon ulkopuolisiin raportointijärjestelmiin kertyvän käyttövarmuustiedon koostamisesta ja jakelusta myös suunnitteluun, mutta ”rivisuunnittelijan” työpöydälle säännölliset koosteet päätyvät harvoin. Yleisesti ottaen säännöllisiä, automaattisia komponentti- tai komponenttiryhmäkohtaisia koosteita ja tiedonantoja käyttövarmuuden kehittymisestä kentällä ei suunnittelijoille tehdä tai tarjota. Tietoja vakavista käyttövarmuuteen liittyvistä vikatapauksista kentältä toki välittyy myös suunnitteluun asti, mutta usean välikäden kautta. Säännöllistä seurantatiedon välittämistä ei varsinaisesti ole etenkin laitteiden takuuajan jälkeiseltä ajalta.

4.3.2 Tiedon hankkiminen käyttöympäristöstä

Suurin osa kyselyyn vastanneista suunnittelijoista pyrkii hankkimaan tietoa suunniteltavien laitteiden käyttöympäristöstä. Tietoa hankitaan keskustelemalla asiakkaan ja käyttäjien kanssa sekä perehtymällä asiakkaalle mahdollisesti aiemmin suunniteltujen laitteiden käyttöympäristöön. Kaikki vastanneet suunnittelijat eivät kuitenkaan menettele näin (kuva 9).

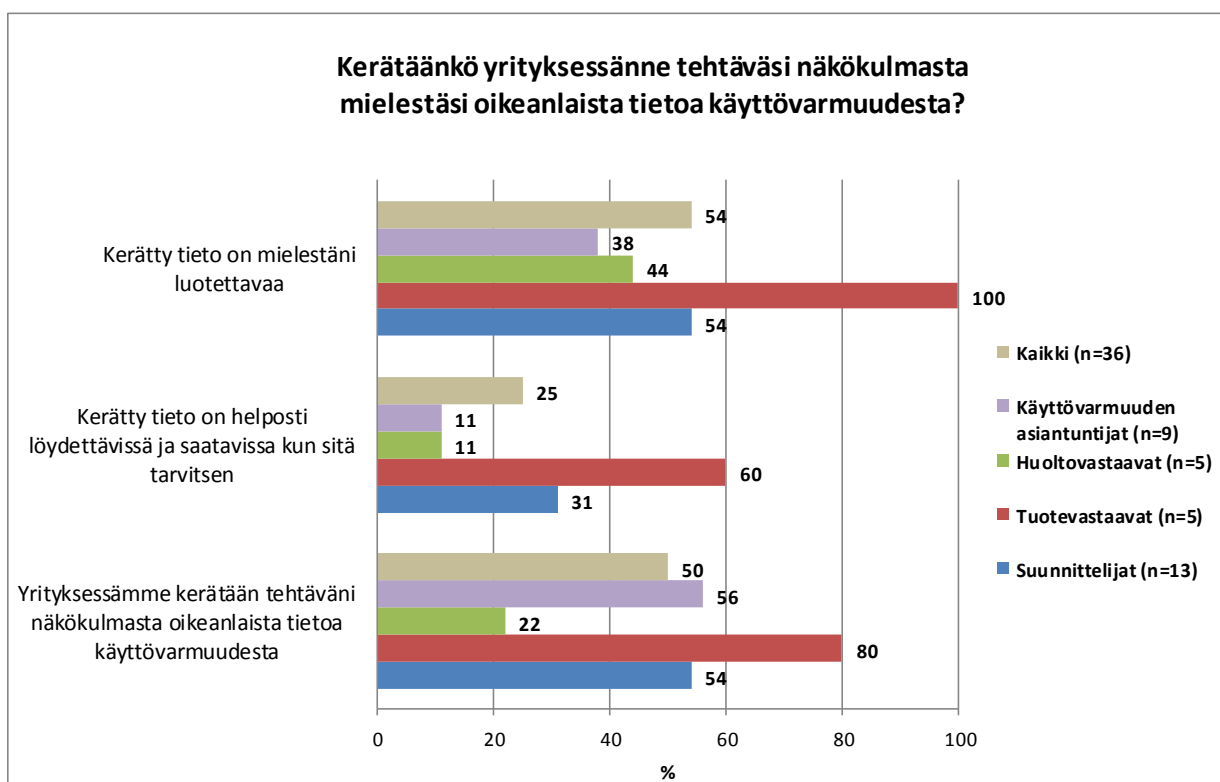


Kuva 9. Laitteen käyttöympäristötiedon hankinta.

RelSteps-hankkeen yrityshaastatteluihin useimpien yritysten suunnittelijat totesivat, että juuri käyttöympäristötietojen saatavuus on huono ja että käyttöympäristötiedon puute ja integroimattomuus muuhun kentällä olevia laitteita ja komponentteja koskevaan käyttövarmuustietoon heikentävät kerätyn käyttövarmuustiedon luotettavuutta ja yleistettävyyttä.

4.3.3 Tiedon luotettavuus, saatavuus ja hyödynnettävyys

Käyttövarmuustiedon laatuun ja hyödynnettävyyteen ollaan kyselyvastaajien keskuudessa melko tyytymättömiä. Vain noin puolet kyselyvastaajista pitää omassa yrityksessä kerättyä käyttövarmuustietoa luotettavana ja oikeanlaisena oman tehtävänsä näkökulmasta. Suurin osa (75 %) vastaajista on tyytymättömiä omassa yrityksessä kerätyn käyttövarmuustiedon löydettävyyteen ja saatavuuteen. Myönteisimmin käyttövarmuustiedon laatuun ja hyödynnettävyyteen suhtautuvat tuotevastaavat (kuva 10).



Kuva 10. Omassa yrityksessä kerätyn käyttövarmuustiedon luotettavuus ja hyödynnettävyys.

Kyselyn avovastauksien perusteella vastaajien mainitsemat käyttövarmuustiedon laatuongelmat liittyvät kentältä kerättävän tiedon epäyhtenäisyyteen ja epäedustavuuteen. Käyttövarmuustietoja kerätään vain pienestä osasta laitteita ja eri laitteilta tieto voidaan kerätä eri tavoin esimerkiksi eri maissa ja laitteen sukupolven mukaan. Kentältä kerätty tieto ei ole myöskään riittävän yksityiskohtaista, ja tyypillisesti tiedonkeruu rajoittuu vain takuuajkaan. Ongelmana voi olla myös laadukkaan käyttövarmuustiedon keruuta tukevien järjestelmien kertakaikkinen puute. Vaikka käyttövarmuustietoa kerättäisiinkin kohtalaisen tyydyttävästi, tiedon analysointia ei osata ja usein tiedon jalostaminen seurattavissa oleviksi mittareiksi ontuu. Käyttövarmuuden suunnittelua vaikeuttaa myös käyttövarmuuden kehittämiskohteiden vaikea tai kokonaan puuttuva priorisointi.

4. Tulokset

Kyselyvastaajien mukaan käyttövarmuustiedon löydettävyyttä ja saatavuutta haittaa se, että tietoa ei yksinkertaisesti ole olemassa tai ei tiedetä, mitä tietoa tarkasti ottaen kerätään. Jos tietoa kerätään, voi olla epäselvää, mihin järjestelmään tai järjestelmiin sitä on kerätty. Tieto voi myös olla liian hajallaan eri järjestelmissä, jotta sitä olisi mielekästä etsiä, koota ja analysoida. Tiedon hajautuminen moneen järjestelmään toistui useimmin avovastauksissa löydettävyyden ja saatavuuden ongelmana. Useat vastaajat mainitsivat myös käyttövarmuustiedon henkilökeskeisyyden ja epäformaaliuden sen saavutettavuutta vaikeuttavana tekijänä. Käyttövarmuustieto on usein vain harvojen toimijoiden saatavilla (esimerkiksi tiiminvetäjät) ja varsin usein hiljaisena tietona henkilöiden ”päässä”.

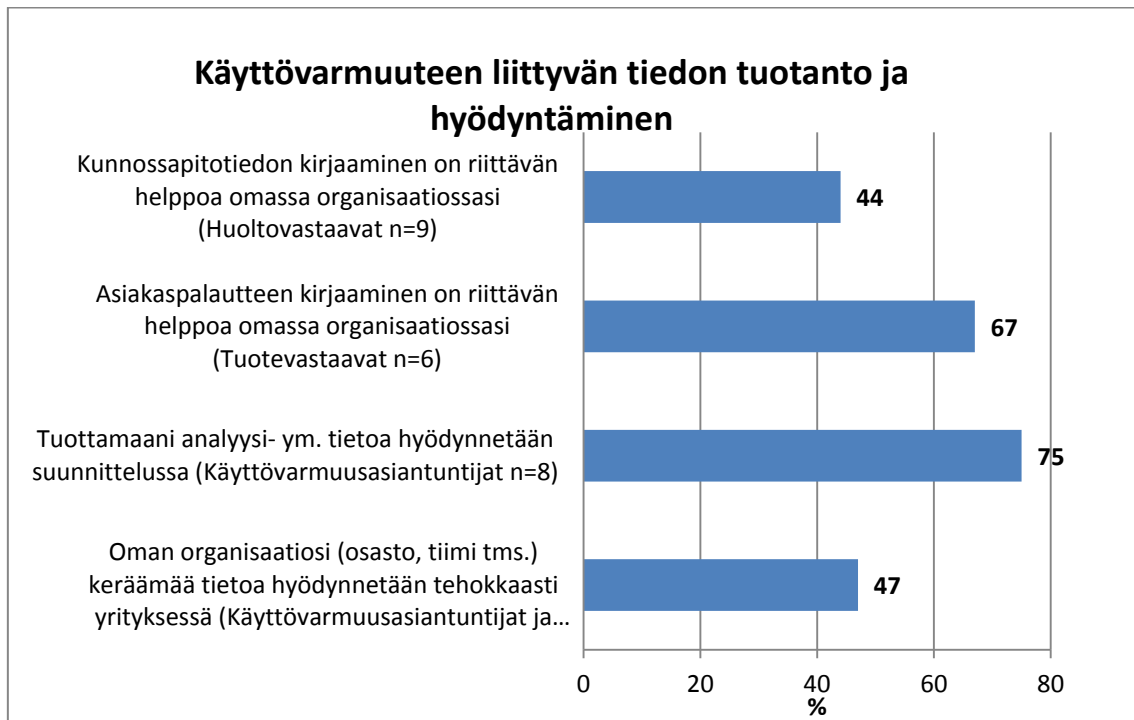
4.3.4 Tiedonkeruun kohdistuminen elinjakson vaiheisiin

Web-kyselyvastausten perusteella käyttövarmuustiedon keruu ei pääsääntöisesti ole yrityksissä kovinkaan systemaattista ja kattavaa. Komponentteja koskeva käyttövarmuustiedon keruu painottuu laitteiden takuuajalle ja yrityksen omaan testaukseen. Takuuajan jälkeistä reklamaatio-, huolto-, vika- ja varaosamenekkitietoa on saatavilla takuuajan jälkeen vaihtelevasti. Web-kyselyn avovastausten perusteella hyvin pieni osa yrityksistä kerää systemaattisesti käyttövarmuustietoa laitteen koko elinkaarelta, ja samoin vain pieni osa yrityksistä kerää käyttövarmuustietoa tuotekehitys- ja protovaiheessa.

4.4 Kerätyn tiedon hyödyntäminen, seuranta ja vastuut

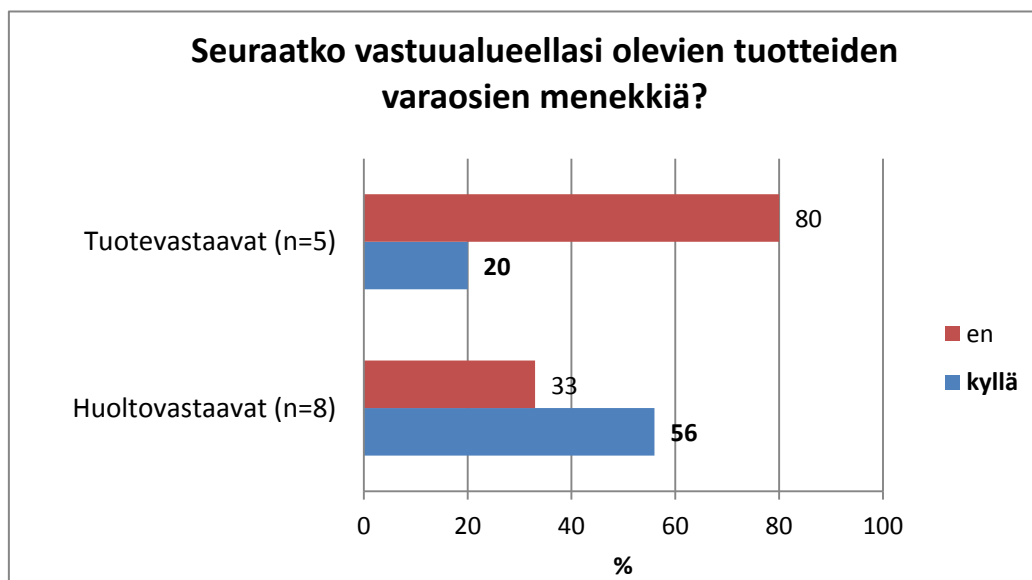
Käyttövarmuustietoa kerätään laitteiden ollessa jo kentällä asiakkaiden käytössä yrityksen huolto- ja asiakaspalvelutoimintojen työkaluilla. Kohtalaisen suuri osa (56 %) kyselyyn vastanneista huoltovastaavista arvioi, että kunnossapitotiedon kirjaaminen ei ole riittävän helppoa omassa organisaatiossa. Sen sijaan enemmistö tuotevastaavista (67 %) arvioi, että asiakaspalautteen kirjaaminen on riittävän helppoa omassa organisaatiossa. Huomiota voidaan kiinnittää tässä kohtaa käyttövarmuustiedon tuotannon ja hyödyntämisen kohtaamattomuuteen – vaikka tiedon tuottajat (asiakaspalvelusta vastaavat tuotepäälliköt) kokevat tämänkaltaisen käyttövarmuustiedon keruun suhteellisen vaivattomaksi, tieto ei välttämättä tavoita sen potentiaalisia hyödyntäjiä tuotekehityksessä ja suunnittelussa (kuva 11).

Yrityksissä käyttövarmuustietoa tuottava huolto- ja käyttövarmuusasiantuntijahenkilöstö kokee melko usein, että heidän tuottamaansa tietoa ei hyödynnetä omassa yrityksessä. Ilmeisesti aiemmin todettu tiedon hajautuneisuus liian moneen järjestelmään vaikeuttaa tiedon ohjautumista oikeille käyttäjille, mikä taas aiheuttaa turhautumista käyttövarmuustietoa tuottavalle henkilöstölle. Tietoa kyllä tuotetaan, mutta se ei aina löydy oikeita toimijoita. Kuitenkin käyttövarmuusasiantuntijoista suuri osa kokee, että heidän tuottamaansa analyysi- ja muuta käyttövarmuustietoa hyödynnetään suunnittelussa.



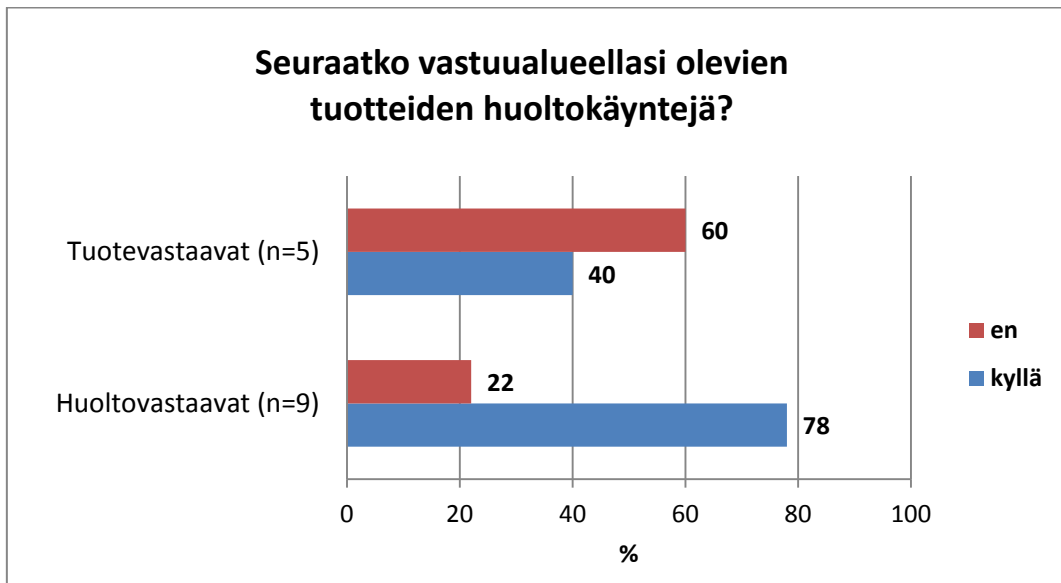
Kuva 11. Arviot käyttövarmuustiedon tuottamisen helppoudesta ja hyödyntämisen tasosta.

Osa tuotevastaavista seuraa aktiivisesti omalle vastuualueelle kuuluvien laitteiden huoltokäyntejä, ja hieman harvempi tuotepäällikkö seuraa laitteiden varaosien menekkiä (kuvat 12 ja 13).



Kuva 12. Varaosien menekin seuraaminen.

4. Tulokset



Kuva 13. Huoltokäyntien seuraaminen.

4.5 Visio tiedonkeruun ja hyödyntämisen osalta

Web-kyselyssä tiedusteltiin, millaisia visioita käyttövarmuustiedon keruun, analysoinnin ja hyödyntämisen suhteen vastaajilla oli oman työnsä näkökulmasta. Avovastauksissa esitettyjen lyhyiden visioiden sisällöt on seuraavassa ryhmitelty tiedonkeräämistä, jalostusta ja käsittelyä sekä hyödyntämistä koskeviin kokonaisuuksiin. Lisäksi myös yrityshaastatteluissa kommentoitiin tulevaisuuden tiedonkeruun, jalostuksen ja hyödyntämisen kehitystarpeita.

Jo nyt kerättävä käyttövarmuustieto pitäisi tunnistaa paremmin. Etenkin yrityshaastatteluissa useat yritysedustajat mainitsivat, että esimerkiksi tuotekehityksessä ja suunnittelussa työskentelevät eivät ole aina edes tietoisia siitä, mitä tietoa jo nyt kerätään ja mistä se on saatavana. Tiedonkeruuta tulisi kehittää siihen suuntaan, että se tukisi paremmin suunnittelua(kin), oli alkuperäinen tietoa keräävä toiminto sitten mikä hyvänsä. Käyttövarmuustiedon kattavuutta tulisi kehittää parantamalla kerätyn tiedon edustavuutta ja lisäämällä sen määrää. Usein mainittu visio oli, että tiedonkeruun piiriin tulisi saada enemmän kentällä olevia laitteita niin, että ne edustavat erityyppisiä ja -ikäisiä laitteita. Toisaalta tiedonkeruuta tulisi myös yksinkertaistaa, harmonisoida ja systematisoida niin, että kerättäisiin tietoa vain tärkeimmistä asioista, ei kaikesta mahdollisesta mikä on kerättävissä. Lisäksi online-tiedonkeruun tarkkuutta ja luotettavuutta pitäisi parantaa.

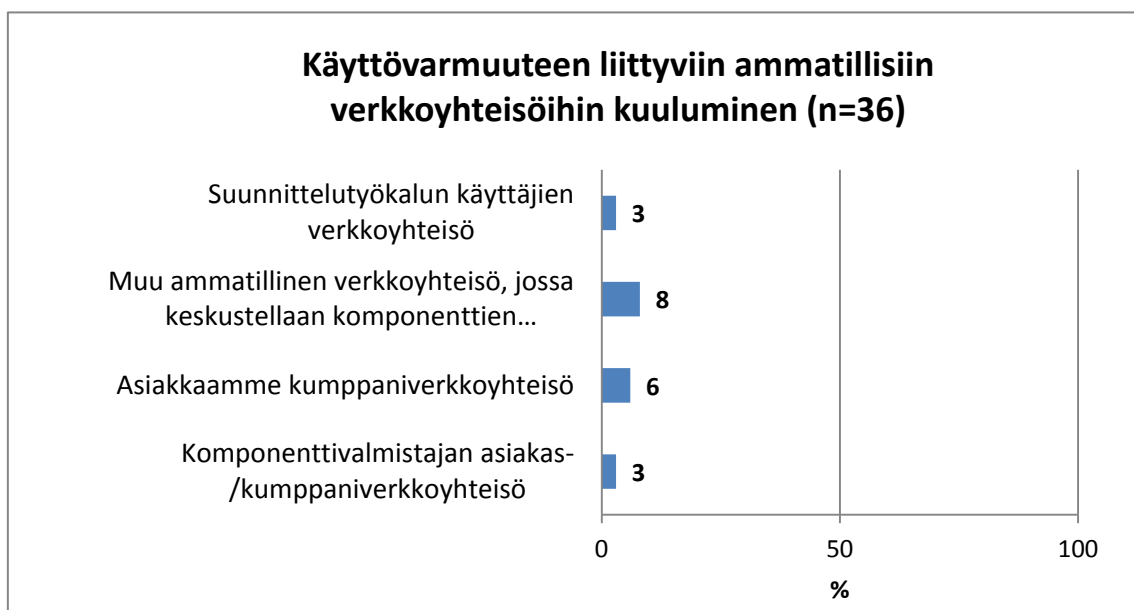
Kerätty käyttövarmuustieto pitäisi saada myös liikkumaan paremmin eri toimijoiden välillä ja se pitäisi kohdentaa paremmin eri käyttäjäryhmien tarpeiden mukaan. Kerätyn tiedon luokittelua ja analysointia tulisi järkevöittää ja panostaa tiedosta muodostettavien mittareiden – myös rahamääräisten – kehittämiseen. Käyttövarmuuden kehittämiskoh-

teita tulisi myös priorisoida, jotta ne ohjaisivat selkeämmin käytännön suunnittelutyötä ja sitä, mihin käyttövarmuuden parantamispanokset konkreettisesti kohdistetaan.

Käyttövarmuustiedon hyödyntämistä tukisi kauttaaltaan jäntevämpi tiedonkeruun, jalloituksen ja hyödyntämisen organisointi. Tulevaisuuden tavoitteena suunnittelijan näkökulmasta pitäisi olla eräänlainen käyttövarmuuden ”riskienhallintajärjestelmän” tai käyttövarmuuden suunnittelupalveluportfolio, joka tukisi sekä uustuote- että ylläpitosuunnittelua. Järjestelmän toiminnallisuuksina tulisi olla ainakin käyttövarmuuden ennakoinnista, vikaantumisanalyysiä, käyttövarmuustavoitteiden priorisointia ja käyttövarmuuden toteutumisen seurantaan tukevat ominaisuudet.

4.6 Verkostoituminen, yhteistyö ja tiedonvaihto

Käyttövarmuustiedon nykyisissä hankintatavoissa korostui eräänlainen epäformaali yhteisöllinen tiedontuotanto ja -vaihto, jossa sekä oman yrityksen että muiden yritysten kollegat toimivat komponentteja koskevan käyttövarmuustiedon lähteinä. Neuvonpito tapahtuu tyypillisesti kasvotusten tai perinteisiä kahdenvälisiä viestintäkanavia käyttäen. Web-kyselyssä selvitettiin vastaajien osallistumista verkossa toimiviin ammatillisiin yhteisöihin (kuva 14).



Kuva 14. Osallistuminen käyttövarmuuteen liittyviin ammatillisiin verkko-yhteisöihin.

Käyttövarmuuteen liittyvä ammatillinen verkko-yhteisötoiminta oli kuitenkin lähes kaikille kyselyyn vastanneille vierasta. Vain muutamalla vastaajista oli kokemuksia verkko-yhteisötoiminnasta, kuten suunnitteluun liittyvien keskustelupalstojen tai asiakas-verkko-yhteisöjen seuraamisesta tai niiden viestintään osallistumisesta.

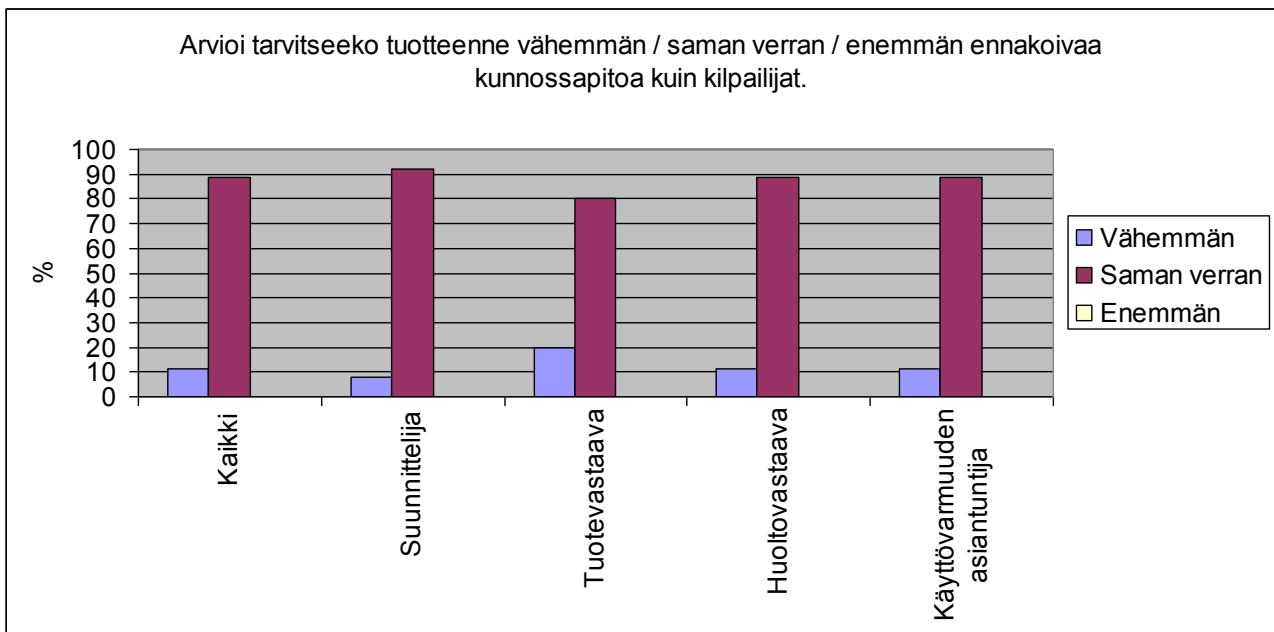
4. Tulokset

4.7 Valmistettavan laitteen arviointi

Tässä osiossa vastaajien piti arvioida yrityksen valmistamaa laitetta. Tiedot perustuvat web-kyselyyn. Kysymykset jaettiin kunnossapitoon ja vikojen esiintymiseen liittyviin kysymyksiin.

4.7.1 Ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon tarve

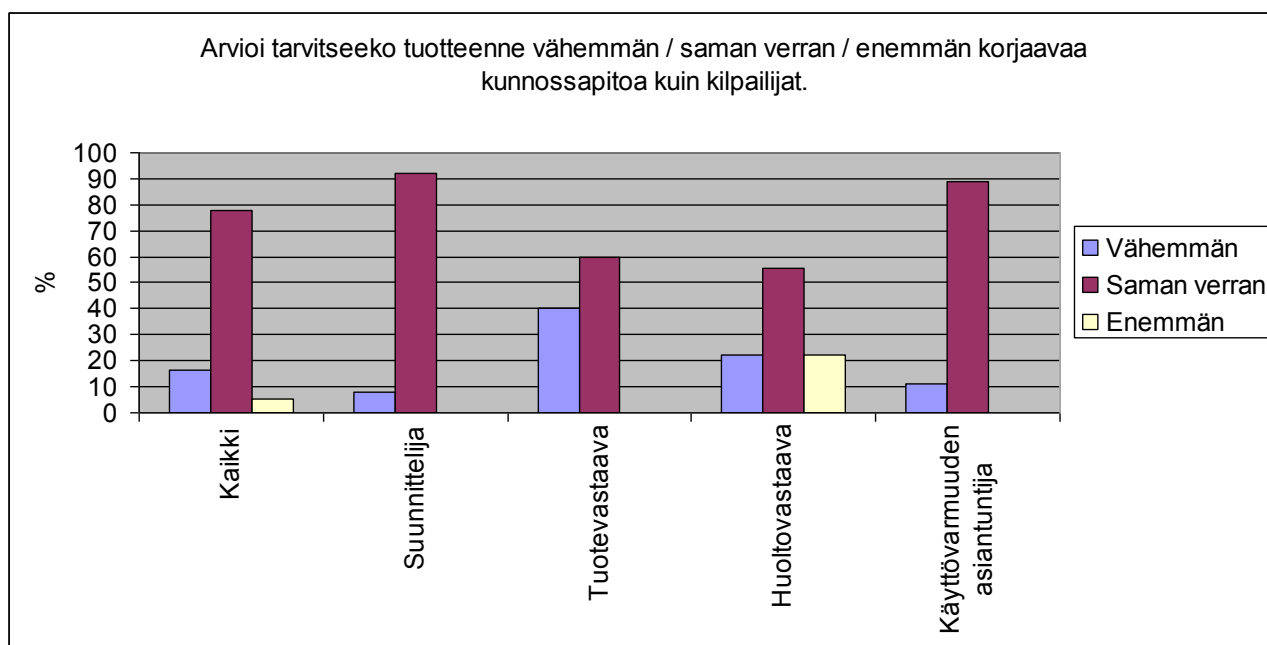
Vastaajat arvioivat ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon määrää kilpailijoihin verrattuna. Kuva 15 esittää vastaajien arviot laitteidensa ennakoivan kunnossapidon tarpeesta verrattuna kilpailijoihin. Noin 89 % vastaajista arvioi, että laite edellyttää saman verran ennakoivaa kunnossapitoa kilpailijoihinsa nähden. Noin 11 % arvioi, että ennakoivan kunnossapidon tarve on pienempi. Kun vastauksia tarkastellaan tehtäväryhmittäin, ei havaita merkittävää eroa keskiarvovastauksiin nähden. Yksikään vastaajista ei uskonut edustamansa yrityksen valmistaman laitteen tarvitsevan enemmän ennakoivaa huoltoa kuin kilpailijan laite.



Kuva 15. Tuotteen ennakoivan kunnossapidon arviointi kilpailijoihin nähden.

Kuva 16 esittää vastaajien arviot laitteidensa korjaavan kunnossapidon tarpeesta verrattuna kilpailijoihin. 78 % vastaajista uskoo, että laitteet edellyttävät saman verran korjaavaa kunnossapitoa kuin kilpailijoiden laitteet. 17 % uskoo, että korjaavaa kunnossapitoa tarvitaan vähemmän ja 5 %:n näkemyksen mukaan korjaavan kunnossapidon tarve on suurempi. Ainoastaan huoltovastaavien joukossa uskotaan suurempaan kunnossapi-

totarpeeseen (22 %). Suunnittelijoista 91 %, käyttövarmuuden asiantuntijoista 89 % ja tuotevastaavista 60 % toteaa tarpeen olevan sama.

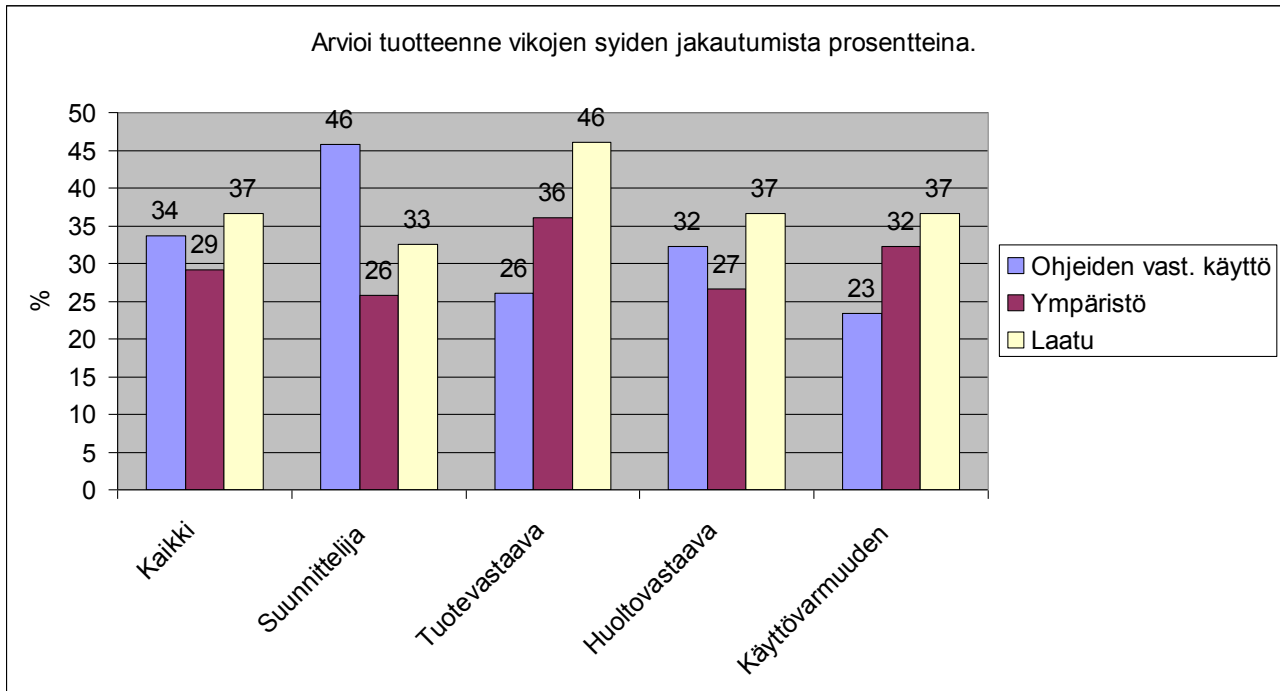


Kuva 16. Tuotteen korjaavan kunnossapidon arviointi kilpailijoihin nähden.

4.7.2 Vikojen jakautuminen laitteessa

Tässä osiossa vastaajat arvioivat vikojen aiheuttajaa ja vikojen esiintymistä laitteessa. Vikojen esiintymiset jaettiin kolmeen pääryhmään: runkoon, tehonsiirtoon ja ohjausjärjestelmiin. Tämän jälkeen kukin pääryhmä jaettiin yleisimpiin komponentteihin. Arviota vikojen esiintymistä kysyttiin takuuajalta ja takuuajan jälkeiseltä ajanjaksolta.

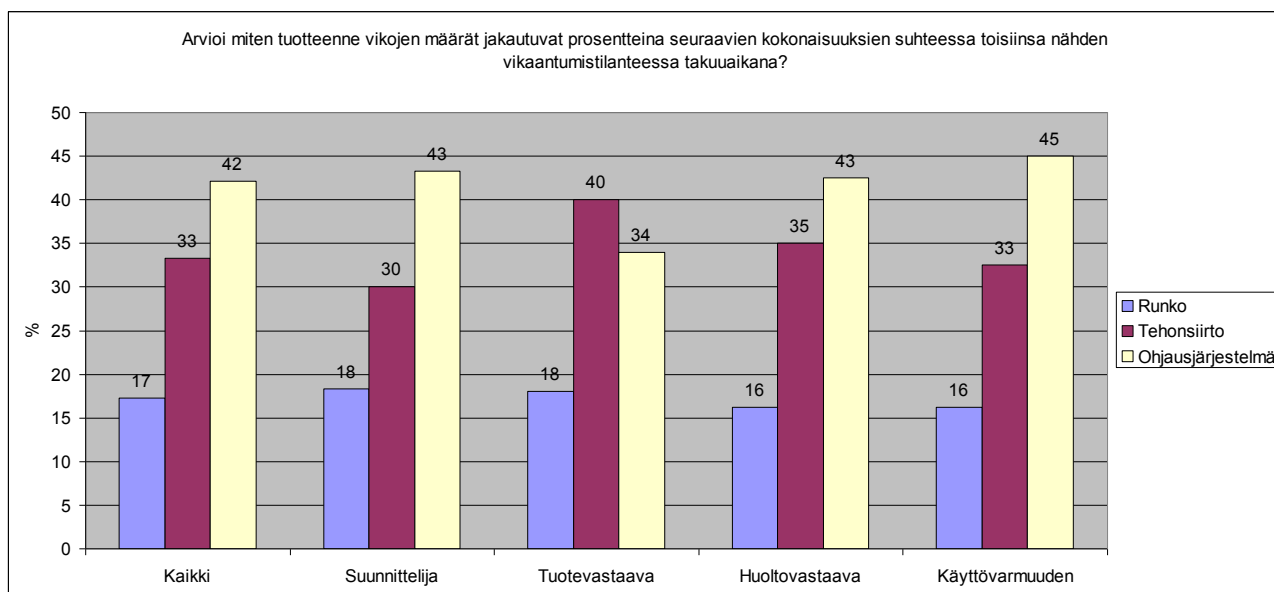
4. Tulokset



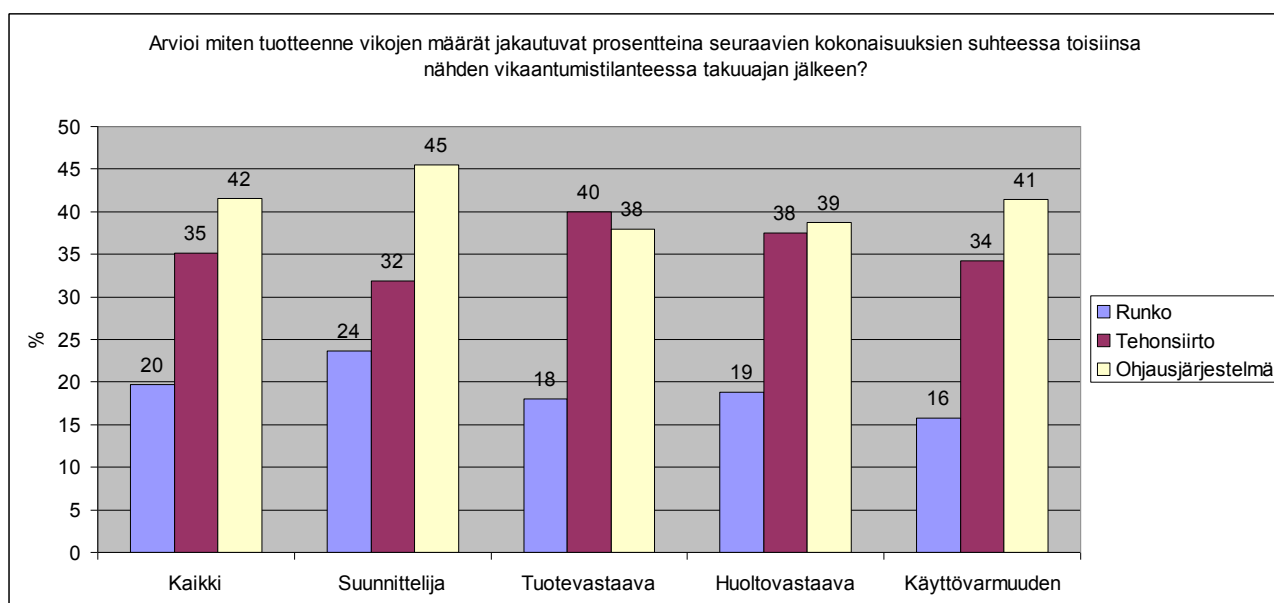
Kuva 17. Tuotteen vikojen syiden arviointi.

Kuvassa 17 on esitetty vastaajien arviot vikojen syytekijöistä. Vastausvaihtoehtoina oli annettu ohjeiden vastainen käyttö, ympäristö ja laatu. Vastaajien piti merkitä kunkin aiheuttajan prosentuaalinen määrä. Syiden keskiarvot ovat hyvin lähellä toisiaan kaikkien vastauksissa. Laatu nousee kuitenkin merkittävimmäksi tekijäksi (37 %) ja ohjeiden vastainen käyttö korostuu toiseksi merkittävimpänä tekijänä (34 %). Ympäristöön liittyvät erityispiirteet aiheuttavat vastausten perusteella 29 % vioista. Muista vastaajaryhmistä poiketen suunnittelijat arvioivat, että väärät käyttötavat ovat merkittävin vikaantumista aiheuttava tekijä.

4. Tulokset



Kuva 18. Tuotteen vikojen jakautuminen eri osakokonaisuuksien suhteen takuuajana.

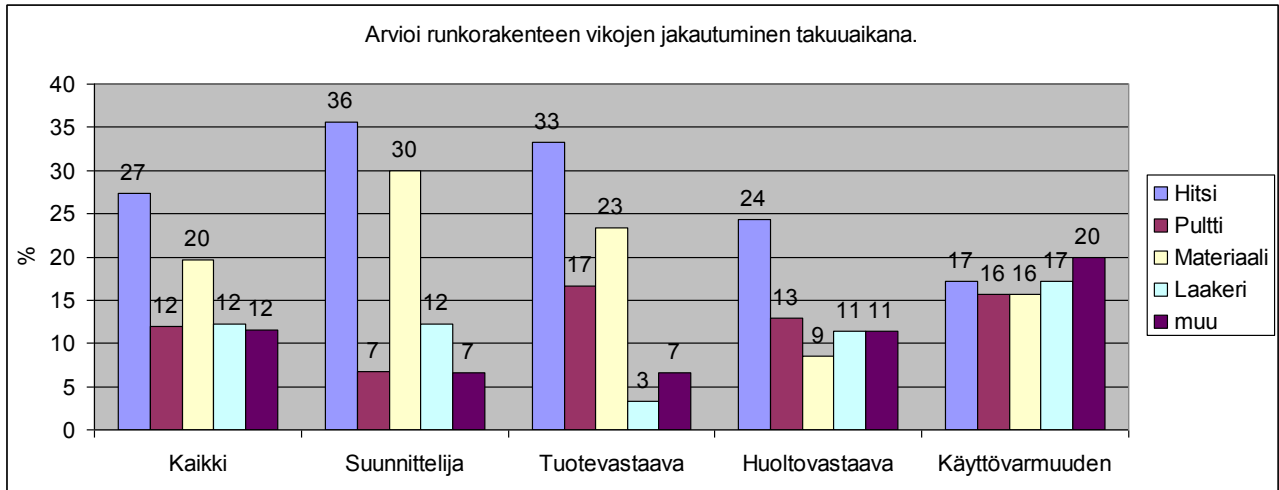


Kuva 19. Tuotteen vikojen jakautuminen eri osakokonaisuuksien suhteen takuuajan jälkeen.

Kuvissa 18 ja 19 on esitetty vikojen esiintyminen isommissa kokonaisuuksissa eli runkossa, tehonsiirrosta ja ohjausjärjestelmässä takuuajana ja takuuajan jälkeen. Vertailtaessa vastauksia takuuajana ja takuuajan jälkeen erot eivät ole merkittäviä. Ohjausjärjestelmää pidetään takuuajana merkittävimpänä vikaantumiskohteena (42 % vioista). Tehonsiirto (32 %) on seuraavaksi yleisin vikaantumiskohde ja runkorakenteessa (17 %) esiintyy vähiten vikoja. Vastaajaryhmien vastauksissa ei ole suuria eroja. Poiketen muista vastaajaryhmistä tuotevastaavat nostavat tehonsiirron suurimmaksi vikaantumis-

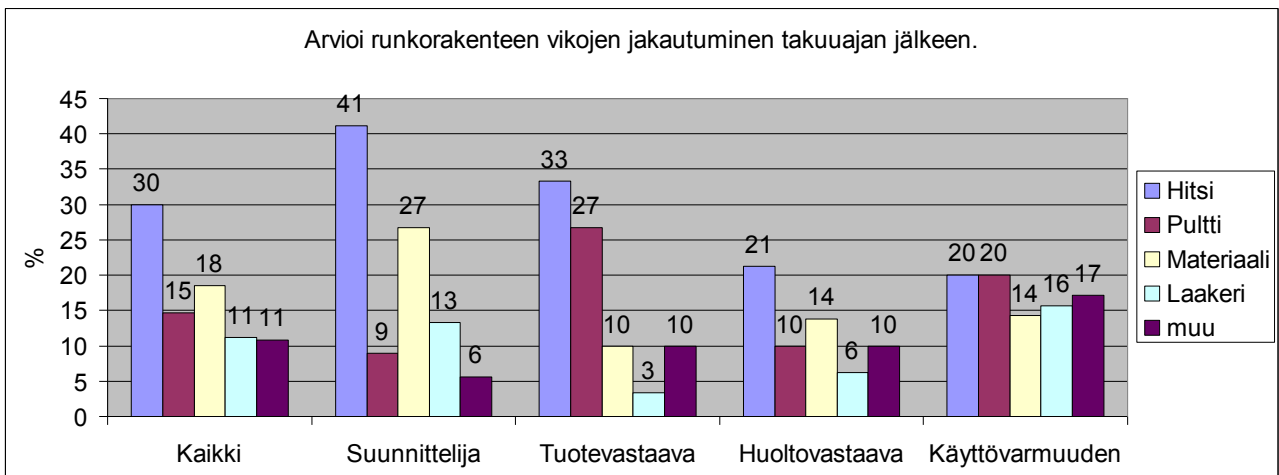
4. Tulokset

kohteeksi (40 %). Takuuaikaa ja takuuajan jälkeistä aikaa koskevat vastaukset ovat varsin samankaltaisia.



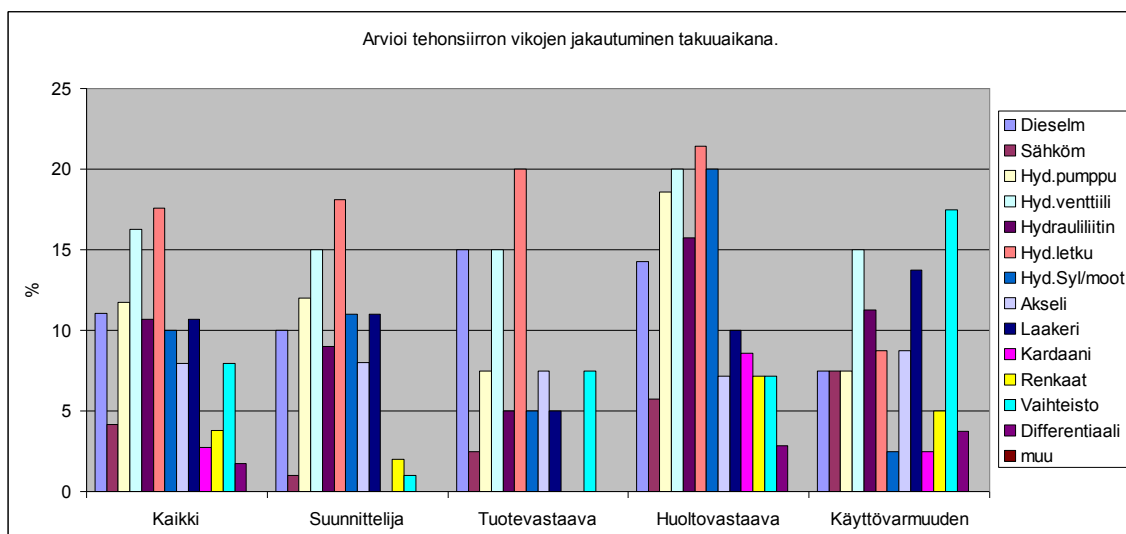
Kuva 20. Tuotteen runkorakenteen vikojen jakautuminen takuuaikana.

Runkorakenteen vikojen esiintymistä takuuaikana on esitetty kuvassa 20. Suurimpana ongelmana (27 %) on hitsiliitoksen pettäminen. Materiaalivika on toiseksi merkittävin vikaantumiskohde (20 %). Seuraavat viat, pultti, laakeri ja muu, ovat tasoissa 12 %:lla. Käyttövarmuuden asiantuntijoiden arvioiden mukaan runkorakenteen viat jakautuvat melko tasaisesti (20 % tai vähän alle) eri kohteiden välillä. Arviot vikojen jakautumisesta ovat tasaisemmat kuin muilla vastaajaryhmillä.

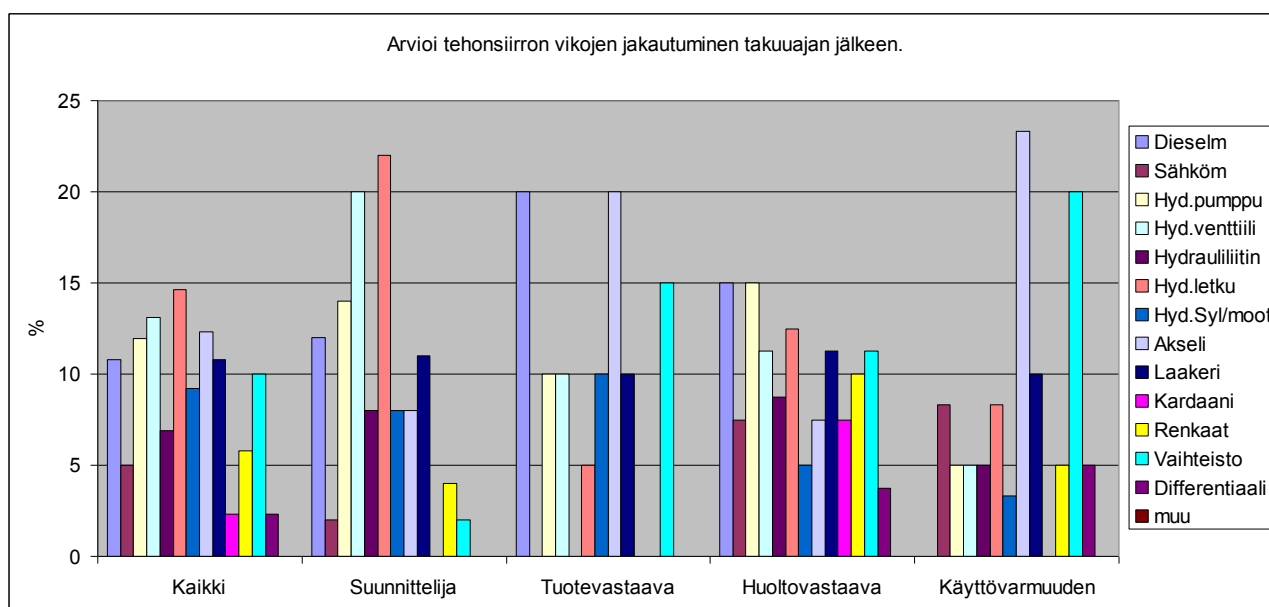


Kuva 21. Tuotteen runkorakenteen vikojen jakautuminen takuuajan jälkeen.

Kuvasta 21 nähdään runkorakenteen vikojen esiintymispaikka takuuajan jälkeen. Tällöinkin hitsiliitos on yleisin (30 %) ja materiaalivika toiseksi yleisin (18 %). Vastaukset ovat hyvin samanlaiset kuin takuuaikana sattuneiden vikojen kohdalla.



Kuva 22. Tuotteen tehonsiirron vikojen jakautuminen takuuajana.

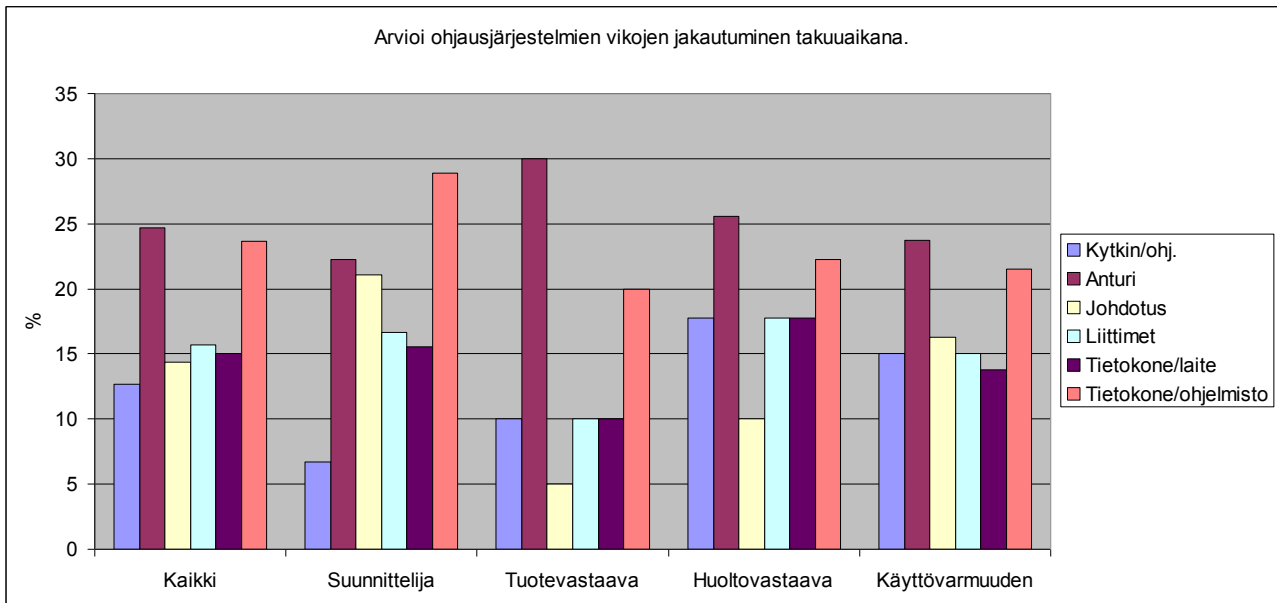


Kuva 23. Tuotteen tehonsiirron vikojen jakautuminen takuuajan jälkeen.

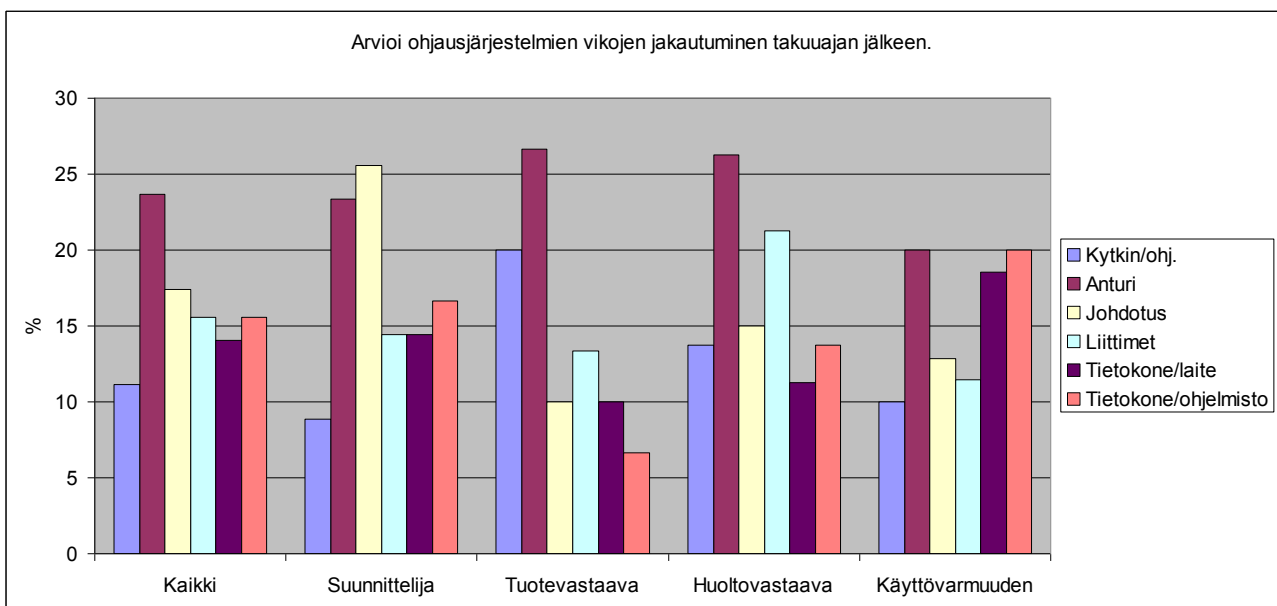
Tehonsiirron vikojen esiintymispaikat tai komponentit takuuajana ja takuuajan jälkeen nähdään kuvista 22 ja 23. Takuuajana yleisemmin vikaantuvia komponentteja ovat arvioiden mukaan hydrauliletku (18 %), hydrauliventtiili (16 %) ja hydraulipumppu (12 %). Suunnittelijat, tuotevastaavat ja huoltovastaavat ovat samalla linjalla kuin kaikkien vastausten keskiarvo. Huoltovastaavat vielä lisäävät hydrauliliittimen ja dieselmoottorin kriittisiksi komponenteiksi. Käyttövarmuuden asiantuntijoiden mielestä kriittisimpiä suuruusjärjestyksessä ovat vaihteisto, laakeri ja hydrauliventtiili. Takuuajan jälkeen kriittisimpinä komponentteja ovat hydrauliletkut, hydrauliventtiilit, hydraulili-

4. Tulokset

pumppu ja akseli. Suunnittelijat ovat samoilla linjoilla, mutta hydrauliletkut ja hydrauliventtiilit ovat molemmat noin 20 % esiintyvistä vioista. Huoltovastaavien arvion mukaan tehonsiirron viat jakautuvat melko tasaisesti kaikille annetuille komponenteille vikojen osuuden vaihdella 5 ja 15 %:n välillä. Tuotevastaavien mielestä dieselmoottori, akseli ja vaihteisto ovat vikaantumisherkimpiä. Käyttövarmuuden asiantuntijoiden mielestä akseli ja vaihteisto ovat kriittisimpiä komponentteja takuuajan jälkeen.



Kuva 24. Tuotteen ohjausjärjestelmien vikojen jakautuminen takuuaikana.



Kuva 25. Tuotteen ohjausjärjestelmien vikojen jakautuminen takuuajan jälkeen.

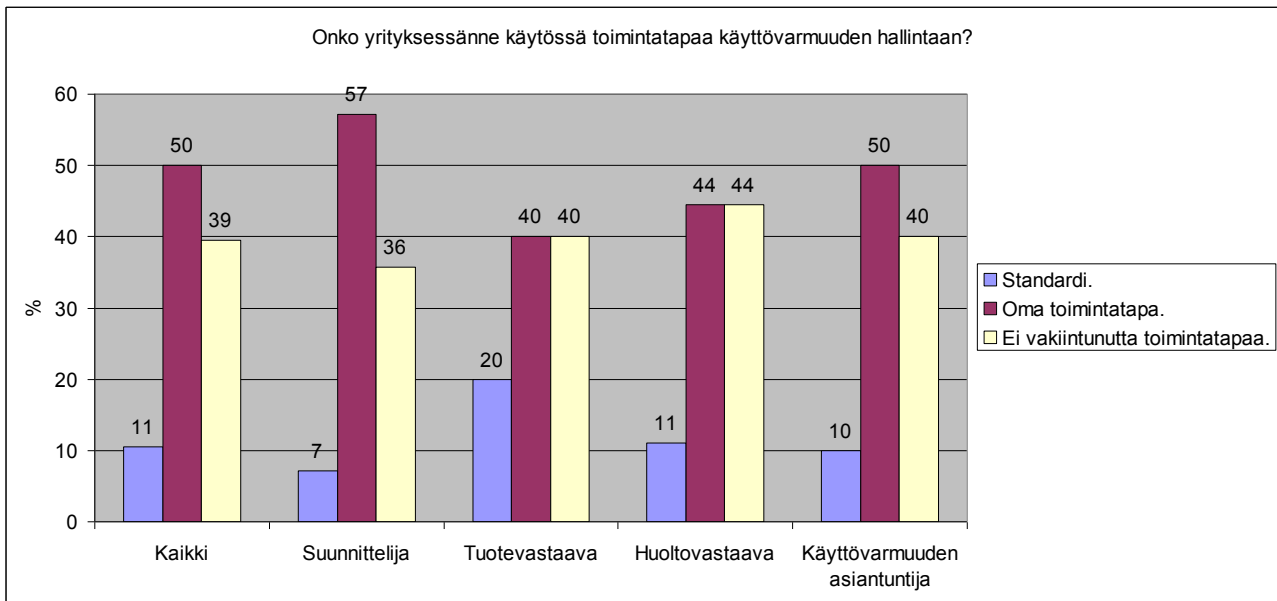
Kuvat 24 ja 25 kuvaavat ohjausjärjestelmien vikojen esiintymistä takuuajana ja takuuajan jälkeen. Takuuajana suurimmat viat löytyvät kyselyn perusteella antureista (24 %) ja ohjelmistoista (23 %). Muut viat ovat tasaisesti 15 %:n tienoilla. Kaikkien vastuualueiden edustajien mielestä kytkimet ja ohjelmistot ovat isoimpia vikojen aiheuttajia. Tuotevastaavien mielestä jopa 30 % vioista johtuu kytkimistä. Takuuajan jälkeen anturien viat jäävät suurimmaksi vikojen aiheuttajaksi 23 %:lla ja toiseksi nousevat johdotukset 17 %:lla. Ohjelmistojen virheet vähenevät noin 15 %:n tienoille. Suunnittelijoiden mielestä suurin vikalähde takuuajan jälkeen on johdotus noin 25 %:lla. Tuotevastaavien mielestä suurin aiheuttaja on anturit 27 %:lla, ja toiseksi suurin aiheuttaja on kytkin 20 %:lla. Myös huoltovastaavien mielestä suurin vikojen aiheuttaja on anturi, mutta toiseksi suurin aiheuttaja liittimet (21 %). Käyttövarmuuden asiantuntijoiden mielestä anturit, tietokone (laitteisto) ja ohjelmistot (n. 20 %) ovat merkittävimmät vikojen aiheuttajat ohjausjärjestelmissä takuuajan jälkeen.

Suurimmaksi vikojen aiheuttajaksi mielletään laatu ja toiseksi suurimmaksi käyttöohjeiden vastainen käyttö. Vähiten vikoja esiintyy runkorakenteessa. Tämä ilmeisesti selittyy sillä, että rakenteista on useiden vuosikymmenten kokemus ja laskentamenetelmät ovat kehittyneet. Tehonsiirrossa on toiseksi eniten vikoja. Varsinkin hydraulikomponentit mielletään varsin vikaherkiksi laitteiksi. Letkut ja liittimet ovatkin herkkiä vikaantumisille. Tällä hetkellä näyttäisi siltä, että käyttäjät jopa hyväksyvät vikaherkkyuden koneen ominaisuutena. Letkujen ja liittimien vikaantumisia yritetään estää käyttökohteilla säännöllisin letkujen ja liittimien tarkastuksin. Eniten vikoja esiintyy laitteiden ohjausjärjestelmissä, jotka ovat sähköistyneet viime vuosikymmenen aikana. Elektroniikkaa ja ohjelmistoja on tullut paljon lisää. Anturit ja ohjelmistot yhdessä aiheuttavat puolet ohjausjärjestelmien vioista. Ohjausjärjestelmän viat edustavat kyselyn mukaan 42 %:ia koko koneen vioista. Tämä tarkoittaa, että useampi kuin joka viides vika on anturista tai ohjelmistosta peräisin. Perinteisillä konevalmistajilla on tässä asiassa varmasti parantamisen varaa, eli ohjelmisto- ja elektronisten komponenttien toimittajilta tulisi vaatia entistä voimakkaammin panostusta käyttövarmuuteen.

4.8 Käyttövarmuuden hallinnan prosessit ja toimintatavat

Kuvassa 26 nähdään web-kyselyn pohjalta saatua tietoa yritysten toimintavoista käyttövarmuuden hallinnassa. Puolet kaikista vastaajista ilmoittaa, että yrityksellä on käytössä oma toimintatapa. Suoraan standardin mukainen toimintatapa on 11 %:lla vastaajista, 39 % taas ilmoittaa, ettei vakiintunutta toimintatapaa ole käytössä. Vastuualueittain vastaukset pysyvät samassa linjassa kuin kaikkien vastausten keskiarvot.

4. Tulokset



Kuva 26. Yritysten käytössä oleva käyttövarmuuden hallinnan toimintatapa. Vastausvaihtoehtoina standardi, oma toimintatapa ja ei vakiintunutta toimintatapaa.

Käyttövarmuuden hallinnan prosessien ja käytännön toimintamallien suhteen yrityksissä on selkeä suuntaus hakea aiempaa järjestelmällisempiä toimintamalleja ja käyttövarmuuden suunnittelua viedään eri yhteyksissä eteenpäin. Koska suunnittelijan rooli on merkittävä suunniteltavan laitteen käyttövarmuuden kannalta, suunnittelijan tukemisen tarve käyttövarmuustiedon avulla on korostunut. Organisaatioiden haaste on siinä, miten tieto tuotetaan ja suodatetaan suunnittelijalle, jolla ei itsellään ole mahdollisuutta käyttää merkittävästi aikaa tiedon ”kalasteluun”. Käyttövarmuussuunnittelua tukevien ohjelmistotyökalujen käyttöön ei yleisesti ottaen ole tehty toimintamalleja. Käytännössä käyttövarmuusanalyysien hyödyntäminen tuotekehityksessä on resursointikysymys. Tiedon saatavuus näyttää toisaalta erittäin suurta roolia. Suunnittelutiimien vetäjillä on tyypillisesti enemmän tietoa saatavilla kuin suunnittelijoilla, ja on paljon heidän toimintatavoistaan kiinni, kuinka tietoa välitetään eteenpäin. Suunnittelijalla on merkittäviä haasteita pystyä kääntämään käyttövarmuustavoitteet suunnitteluratkaisuiksi epätäydellisen tiedon varassa ilman riittävän selkeitä prosesseja. Kestotestien toteutus suunnittelun kannalta riittävän ajoissa ja luotettavuuslaskentaan tarvittavan tiedon saatavuus ovat haasteellisia. Suunnittelun ja käytännön kokemusten ja kentällä tehtyjen havaintojen välillä ei ole vielä riittävästi vuorovaikutusta, eikä tiedon jalostaminen laitteista ja komponenteista toimituksen jälkeen ole kovin suoraviivaista. Tarkasteltavan komponentin kriittisyys käyttövarmuuden kannalta vaikuttaa keskeisesti siihen, miten paljon käyttövarmuuteen kiinnitetään huomiota. Konevalmistajien asiakkaat kiinnittävät käyttövarmuuteen huomiota entistä järjestelmällisemmin ja kokonaisuutena siten, että kokonaiskäytettävyys (ml. toimintavarmuus, kunnossapidettävyys, kunnossapitovarmuus)

täytyy tulla huomioiduksi. Aiemmin yritysten asiakaskunnassa on ollut harvakseltaan selkeästi määriteltyjä käytettävyystavoitteita, joihin on pyritty vastaamaan suunnittelussa. Aiemmin ei ole kuitenkaan ollut mahdollisuuksia seurata suunnitteluratkaisujen onnistuneisuutta yksityiskohtaisemmin. Käyttövarmuuteen liittyviä riskejä pyritään rajamaan siten, että tuotekehityksen eri osa-alueita eriytetään erillisprojekteiksi. Komponenttihankinnan riskejä on erityisesti siinä, kun kustannusvetoisesti vaihdetaan halvempiin komponentteihin – vaikka lähtökohta olisikin se, että laatu ja käyttövarmuus ovat entisen kaltaiset, tästä ei ole kuitenkaan varmuutta.

Epäonnistuneista suunnitteluratkaisuista ei useinkaan jää riittävästi dokumentaatiota, jotta myöhemmin voitaisiin välttyä virheiltä. Globaalissa yrityksessä virheiden toistaminen voi olla mahdollista, vaikka pienessä organisaatiossa näiltä voidaan usein välttyä epäformaalilla tiedonvaihdolla. Yleisesti ottaen historiatietoa kertyy, mutta hiljaista tietoa ei kerätä kovinkaan systemaattisesti. Toisaalta tiedon hankkimista esimerkiksi suunnittelijan käyttöön helpottaisi, mikäli organisaation henkilöiden osaamisalueet olisivat systemaattisesti tietoa tarvitsevien nähtävillä. Nyt usein vain riittävä kokemus yrityksestä ja organisaatiosta mahdollistaa sen, että tuntee henkilöt, joilta saa tietoa, ja tietää kenen puoleen kääntyä.

Luotettavuusasioiden suhteen tulokset näkyvät vasta pitkän ajan kuluessa. Sen sijaan komponenttien valinta vaikuttaa myös kustannuksiin, jotka ovat mitattavissa välittömästi. Tämä saattaa aiheuttaa ristiriitaisuutta ja raportoinnin ja seurannan suhteen on erityisiä haasteita. Kaikki organisaation tahot eivät välttämättä toisaalta puhu ”samaa kieltä”. Jotta esimerkiksi tilastollisten analyysien tulokset ja luotettavuusasiantuntijoiden tuottamat muut suunnittelua tukevat tiedot kääntyisivät ”liiketoiminnan kielelle”, eri tietoja tulee yhdistellä (analyysit ja mm. kustannustieto).

Haastattelut vahvistivat käsitystä siitä, että käyttövarmuuden suunnittelu ei ole yrityksissä kovinkaan järjestelmällistä ja organisoitua. Tiedon saannissa ja saadun tiedon analysoinnissa näyttäisi olevan varsin paljon puutteita.

Koko suunniteltavaa järjestelmää koskevien käyttövarmuusvaatimusten allokoinnissa osajärjestelmille on haastattelujen perusteella paljon kehitettävää. Inkrementaaliossa tuotekehityksessä jo olemassa olevien koneiden käyttökokemukset antavat usein pohjan arviolle siitä, miten vaatimuksia voisi allokoida. Pitkällä aikavälillä tällainen inkrementaalinen tuotekehitys voi kuitenkin muuttaa kehitettävien laitteiden luonnetta niin suuresti, etteivät pelkkään kokemukseen perustuvat osittamiset välttämättä ole lähelläkään optimiratkaisua.

Turvallisuusasiat ovat haastattelujen perusteella yrityksissä hallussa käyttövarmuuteen liittyviä näkökohtia paremmin. Tämä johtuu siitä, että turvallisuutta koskevat ohjeet ja määräykset on esitetty laeissa, asetuksissa ja standardeissa. Toisaalta positiivista on se, että osa yrityksistä näyttää omaksuneen näkökulman, jonka mukaan turvallisuuden ja käyttövarmuuden kehittäminen nähdään toisiaan tukevin kokonaisuuksina.

4. Tulokset

Tuotekehityksen alkuvaiheeseen liittyvää käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallintaa on käsitelty RelSteps-hankkeessa yksityiskohtaisemmin Jere Jänneksen diplomityössä (2011)⁶, jossa on esitetty malli työkonesektorin tuotekehityksen alkuvaiheiden RAMS-hallintaan. Mallissa on kuvattu tuotekehityksen alkupää ja siihen liittyvät RAMS-hallintakeinot. Diplomityössä esitettyä mallia (kts. liite C) testataan ja kehitetään edelleen RelSteps-hankkeen aikana. Tämän lisäksi hankkeen jälkeen on tarkoitus vielä ottaa askeleita kohti yrityskohtaisia RAMS-hallintamalleja.

4.9 Käyttövarmuussuunnittelua tukevien ohjelmistotyökalujen käyttö

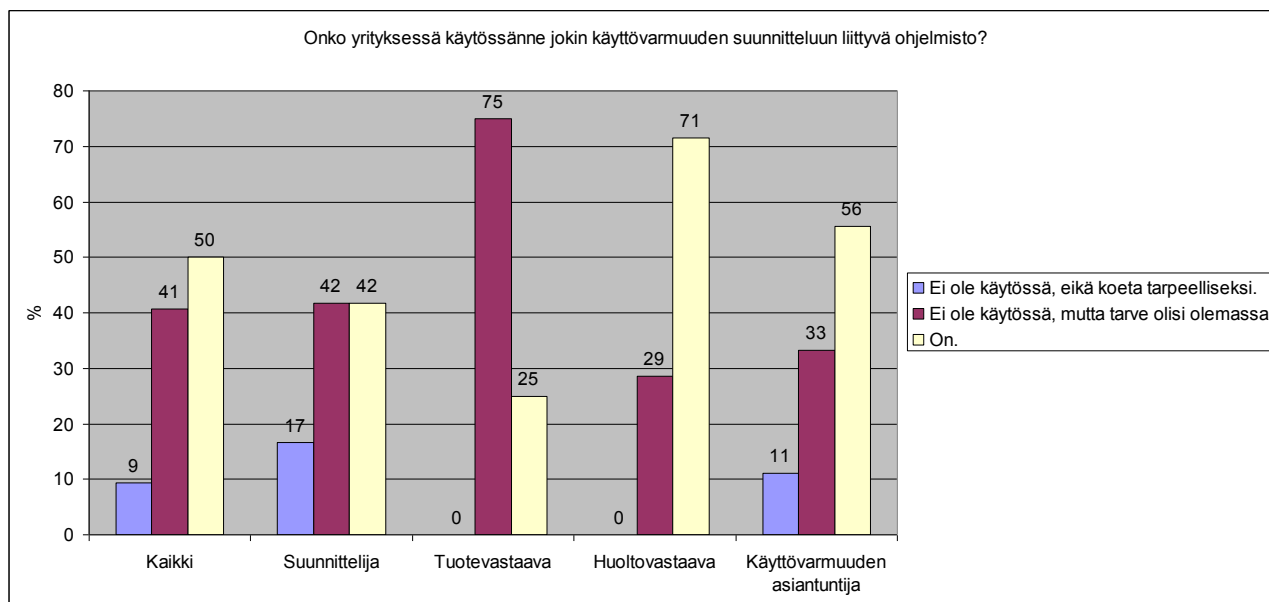
Käyttövarmuuden hallinnan ohjelmistotyökalujen hyödyntäminen on työkonvalmistajien toimialalla varsin rajallista. Joko yrityksissä ei käytetä järjestelmällisesti mitään ohjelmistotyökalua tai käytössä olevien työkalujen ominaisuuksia ei hyödynnetä riittävästi. Ohjelmistojen heikkoon hyödyntämiseen suunnittelun tukena on useita eri syitä; usein asia kuitenkin konkretisoidaan siten, että yrityksen edustajat toteavat työkalujen olevan vaikeakäyttöisiä, liian teoreettisia tai epäselviä. Näiden syiden vuoksi ohjelmistot koetaan irrallisiksi varsinaisesta käytännön toiminnasta. Mikäli yrityksissä ei ole kiinnitetty selkeästi huomiota käyttövarmuuden suunnitteluun eikä käyttövarmuuden hallinnan prosesseja käyttövarmuuteen liittyvien näkökohtien järjestelmälliseen huomiointiin ole kuvattu, heijastuu tämä suoraan ohjelmistotyökalujen vähäiseen hyödyntämiseen. Mikäli ongelmaksi on koettu ohjelmistojen huono käyttäjäystävällisyys, on syynä usein se, että ohjelmiston vaatimukset lähtödatalle eivät kohtaa yrityksen tiedonkeruukäytäntöjä tai ohjelmiston rakenne ei vastaa yrityksen omia käyttövarmuuden hallinnalle suunnittelemissa prosesseja. Tässä raportissa ohjelmiston valintaan liittyvää päätöksentekoa tuetaan tuomalla tietoa markkinoilla olevasta hyvin laajasta ohjelmistovalikoimasta.

4.10 Markkinoilla olevien käyttövarmuusohjelmistojen hyödyntäminen

Web-kyselyssä tutkittiin, miten laajasti käyttövarmuusohjelmistoja hyödynnetään yrityksissä ja mikä on käyttövarmuusohjelmistojen tarpeellisuus tuotekehitystyön tukena. Kuva 27 esittää nykytilanteen web-kyselyn perusteella. Puolet vastaajista ilmoitti, että yrityksellä on käytössään käyttövarmuussuunnittelua tukeva ohjelmisto. Sen sijaan 41 % ilmoittaa, että mitään ohjelmistoa ei ole otettu käyttöön mutta tarve on tunnistettu. Vain 9 % vastaajista kokee, ettei ohjelmistolle ole tarvetta. Verrattaessa vastaajaryhmiä

⁶ Jännes, J. 2011. Käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallinta suunnittelun alkuvaiheissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/20589> (viitattu 22.6.2011).

huomattiin, että 17 % vastanneista suunnittelijoista ja 11 % käyttövarmuusasiantuntijoista ei koe tarvitsevänsä käyttövarmuusohjelmistoa työssään. Vastaavasti kaikki tuote- ja huoltovastaavat kokivat ohjelmistot tarpeellisiksi.



Kuva 27. Työkalujen käytön yleisyys ja tarpeet.

Web-kyselyn ja haastattelujen perusteella yrityksissä on käytössä sekä ohjelmistotoimitajien tarjoamia valmiita ratkaisuja että yrityksen toimintamallien mukaisiksi rakennettuja, omia sovelluksia (pääosin Excel-sovelluksia). Myös tuotteiden käyttövaiheeseen liittyviä tiedonkeruu- ja analysointiohjelmistoja yhdistetään käyttövarmuussuunnitteluun ja ne mielletään käyttövarmuussuunnittelun ohjelmistoiksi.

Ohjelmistotyökalujen hyödyntämättömyyden taustalla ovat mm. resurssikysymykset, suuren pohjatyön tekeminen sekä datan ja tiedon hankkimisen haasteet. Erityisenä pulonkaulana nykyisin nähdään datan heikko saatavuus, jolloin käytössä tai tarjolla olevan työkalun ominaisuuksista ei ole mahdollisuutta saada merkittävää hyötyä. Datan saatavuus on nostettu keskeisimmäksi työkalujen käyttöön liittyväksi kehittämiskohteeksi. Suunnittelijoilla ja käyttövarmuusasiantuntijoilla ei ole valmiuksia ottaa työkaluja käyttöön ja tehdä tiedonhankintaan liittyvää pohjatyötä kunnolla, ja tämä johtaa siihen, että työkalut koetaan käytännön toiminnasta irrallisiksi.

4.10.1 Vaatimusten asettaminen käyttövarmuusohjelmistoille

Tässä alaluvussa käsitellään käyttövarmuusohjelmistojen käytön nykytilannetta ja tulevaisuutta sekä ohjelmistoille asetettavia vaatimuksia neljän eri näkökulman osalta: RAMS-hallinta, integraatio tuotekehitykseen, datan hankinta sekä data-analyysit ja tiedonjakaminen.

4. Tulokset

Taulukossa 1 on esitetty käyttövarmuusohjelmistojen käyttöön liittyviä haasteita ja tavoitteita RAMS-hallinnan näkökulmasta. Koska järjestelmällinen käyttövarmuusvaatimusten hallinta ja allokointi järjestelmien osakokonaisuuksille edellyttävät yrityksiltä usein luotettavuusohjelmistojen käyttöä, ovat yritykset tutkineet ohjelmistojen käyttöönottoa jonkin verran. Koska ohjelmistojen käyttöön ei ole onnistuttu tekemään kunnollisia toimintamalleja ja ohjelmistojen implementoinnissa on ollut merkittäviä haasteita, ohjelmistojen käytön taso on käytännössä melko heikko. Suurimpana ongelmana koetaan edelleen luotettavan lähtödatan puute; sen sijaan ohjelmistojen puutteellisten tai heikkojen menetelmien ei katsota olevan merkittävä syy ohjelmistojen vähäiselle käytölle, vaikkakin esimerkiksi helppokäyttöisyyden merkitystä korostetaan. Ohjelmistojen tarjonnan koetaan olevan riittävää RAMS-hallinnan vaatimukseen nähden. Nykyisellä tiedonsaannin tasolla itse räätälöidyt Excel-sovellukset tarjoavat riittävän tuen käytännön suunnitteluun – toisaalta etuna on myös se, että kyseisissä sovelluksissa on mahdollisuus paremmin seurata tai ymmärtää, mitä varsinaisesti lasketaan ja miten luotettava tulos on.

Taulukko 1. RAMS-hallinnan näkökulmia.

Haasteita	Luotettavuuden hallinnan menetelmiä on tutkittu paljon, mutta järjestelmälliset implementoinnit koetaan haasteeksi.
	Kiinnostus elinkaaren hallinnan keinoihin on lisääntynyt ja lisääntymässä. Käyttövarmuustavoitteiden asettaminen systematisoituu.
	Asiakkaiden korkeat käyttövarmuusvaatimukset on tunnistettu, mutta asiakkailla on ongelmia tavoitteiden ilmaisemisen suhteen (sekä toimittajilla tavoitteiden allokoimisessa).
	Tietoa ei useinkaan saada riittävästi takuuajan jälkeen. Asia riippuu myös toimittajan roolista tuotteen elinkaaren aikana.
Tavoitteita	Yhtenäisen käyttövarmuuden suunnitteluprosessin pitää tukea tuotekehitystä, palveluiden kehittämistä sekä kunnossapidon suunnittelua ja markkinointia. Aineiston hankinta ja sen käsittely asianmukaisilla työkaluilla tukee koneiden koko elinkaaren aikaista seuranta
	Prosessin ja prosessia tukevien työkalujen kehityksen pitää tukea suunnitteluresurssien suunnittelua ja allokoimista sekä merkittävien pullonkaulojen eliminointia.

Ohjelmistojen käytön kiinteä integrointi tuotekehityksen yhteyteen koettiin kaikissa haastatelluissa yrityksissä haasteeksi. Taulukko 2 kokoaa aihealueeseen liittyviä näkökohtia.

Yhä useammin yritysten tavoitteena on se, että luotettavuusohjelmistojen käyttö lisääntyy suunnittelun alkupuolella, jossa eri skenaarioita voidaan vertailla keskenään (käyttövarmuus ja elinkaarikustannukset) ja jolloin valittavaan ratkaisuun voidaan vielä vaikuttaa riittävästi. Analyysien integrointia varsinaiseen suunnittelutoimintaan pitäisi tämänkin tavoitteen saavuttamiseksi edesauttaa entistä enemmän. Eri lähteistä saatavan tiedon integrointi käytännössä luotettavuuslaskelmien lähtöarvoiksi edellyttää haastattelujen perusteella myös jatkossa kaksisuuntaista keskustelua, eikä muunnos esimerkiksi FEM-laskennan tuloksista luotettavuustiedoksi tapahdu automaattisesti.

4. Tulokset

Taulukko 2. Integraatio tuotekehitykseen.

Haasteita	Käyttövarmuusasioita ei nykyisellään huomioida tuotekehitysprojekteissa riittävästi. Ei ole olemassa organisatorista mallia ja riittävän selkeää vastuiden määrittelyä käyttövarmuusasioiden järjestelmälliseen huolehtimiseen.
	Käyttövarmuuteen liittyvät tehtävät riippuvat pitkälti suunnittelijasta johtuen mm. käyttövarmuustiedon hankinnan työläydestä ja muodollisten prosessien puuttumisesta asian hoitamiseksi.
	Kolmesta käyttövarmuuden osa-alueesta (toimintavarmuus, kunnossapidettävyys, kunnossapitovarmuus) toimintavarmuus painottuu suunnittelussa eniten. Elinkaarikustannusten ymmärrys on lisääntymässä edelleen – ohjelmistojen käyttö ennustamiseen koetaan tärkeäksi.
Tavoitteita	Käyttövarmuuteen liittyvät kysymykset ja ICT työkalut pitäisi integroida kiinteäksi osaksi yritysten tuotekehitysprojekteja.
	Työkaluissa pitäisi olla helppokäyttöiset käyttöliittymät ja pitäisi erityisesti määrittellä ja demonstroida työkalun eri ominaisuuksien linkki käytännön suunnittelutyöhön.

Datan hankinta ja tiedon saatavuus käyttövarmuuslaskennan lähtökohdaksi on arvioitu keskeisimmäksi tekijäksi, joka estää käyttövarmuusohjelmistojen tehokkaan hyödyntämisen. Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty datan hankintaan ja analysointiin sekä tiedon jakamiseen liittyviä haasteita ja tavoitteita. Datan saatavuuteen ja tiedon jakamiseen liittyviä näkökohtia on esitelty yksityiskohtaisemmin aiemmissa alaluvuissa.

Taulukko 3. Datan hankinta.

Haasteita	Käyttövarmuusdatan ja asiakkaan operatiiviseen toimintaan liittyvän (käyttövaiheen) datan saatavuus on kokonaisuutena arvioiden heikkoa, erityisesti takuuajan jälkeen.
	Datan luotettavuus, yksityiskohtaisuus ja sisältö vaihtelevat riippuen datan lähteestä. Tämä voi estää datan hyödyntämisen tai vaikeuttaa sitä.
	Yhteistyön muodot komponenttitoimittajien kanssa eivät tue sitä, että työkaluihin saataisiin laskennan näkökulmasta riittävästi luotettavaa dataa. Saadun datan käyttökelpoisuus on monissa yhteyksissä asetettu kyseenalaiseksi.
	Datan kerääminen ei perustu pääosin käyttövarmuuden hallinnan (ja samalla työkalupuolen laskennallisiin) tavoitteisiin, vaan se tehdään muiden tavoitteiden mukaisesti.
Tavoitteita	Dataa hankitaan järjestelmällisesti tuotteen koko elinjakson ajalta siten, että data on selkeästi määriteltä ja tavoitteet datan hyödyntämiselle asetettu.
	Olemassa oleva data pitäisi hyödyntää tehokkaammin.

Työkalujen mahdollisuudet ja heikkoudet on hyvä olla eri osapuolten tiedossa siten, että suunnittelun, käyttövarmuusasiantuntijoiden ja liiketoiminnoista vastuullisten välisissä keskusteluissa lähtökohta on riittävän selkeä. Analyysituloksienkin pitää olla myös

käännettävissä taloudelliseksi mittareiksi – ns. bisneskielelle – siten, että tuloksia voidaan paitsi kommunikoida paremmin päättävälle tahoille ja liittää suoraan päätöksiä tukevaksi informaatioksi.

Taulukko 4. Data-analyysit ja tiedon jakaminen.

Haasteita	<p>Dataa ei jatkojalosteta informaatioksi suunnittelijoille – myös menetelmiin liittyvää osaamattomuutta esiintyy. Data-analyysien menetelmät ovat osittain hyödyttömiä johtuen datan vähäisestä määrästä.</p> <p>Tietämystä ei jaeta aktiivisesti organisaatorajojen yli – esimerkiksi kunnossapidon tietämystä ei välity tuotesuunnitteluun eikä sitä tätä kautta voida käyttää käyttövarmuussuunnittelun tukena.</p> <p>Tiedonvaihto painottuu pitkälti epäformaaleihin käytäntöihin – systemaattisia prosesseja informaation vaihtamiseen ei ole olemassa.</p>
Tavoitteita	Tiedon vaihtamiseen kehitetään formaaleja prosesseja sekä rakennetaan näitä tukevia yhtenäisiä tietojärjestelmiä.
	ICT-työkaluja käytetään pullonkaulojen tunnistamiseen, kehitystoimenpiteiden priorisointiin, koko elinjakson ymmärryksen lisäämiseen, tavoitteet täyttävien suunnitteluratkaisujen tunnistamiseen sekä lopulta asiakaslupauksen täyttymisen varmistamiseen.

4.10.2 Ohjelmistotoimittajat

Käyttövarmuuden hallinnan sovelluksia tarjoavia toimittajia on lukuisia. Markkina-aseman perusteella arvioituna Isograph ja Reliasoft ovat merkittävimpiä toimijoita alueella. Kyseisten valmistajien ohjelmistotuotteiden tavoitteena on tukea asiakkaiden käyttövarmuussuunnitteluprosesseja hyvin laajasti eri tarkoituksiin tarkoitetuilla työkaluilla. Lisäksi markkinoilla on yksittäisiin menetelmiin tukeutuvia ohjelmistoja, jotka tarjoavat tukea spesifiseen suunnitteluprosessin haasteeseen.

Tässä tutkimuksen osan tavoitteena on luoda lukijalle mielikuva, miten eri valmistajien tarjoama, tyypillisesti moduleista koostuva ohjelmistopaketti, tukee suunnittelua analyysimenetelmillä. Tutkimuksen tämä vaihe ei mene yksityiskohtaisesti suunnitteluprosessien eri vaiheisiin eikä siis tarjoa vastauksia siihen, miten hyvin kukin ohjelmisto tukee yritysten suunnitteluprosessien erityispiirteitä.

Reliasoftin ja Isographin sovellukset

Isograph (<http://www.isograph-software.com>) on vuonna 1986 perustettu pääosin RAMS-näkökulmiin liittyvien ohjelmistojen toimittaja, jonka ohjelmistot eivät ole sidoksissa erityisesti tiettyyn toimialaan, vaan ovat valmistajan mukaan laajasti käytössä eri teollisuudenaloilla. Isographin toimittamat, useita menetelmiä ja näkökulmia integroivat päätuotteet ovat Availability Workbench ja Reliability Workbench.

4. Tulokset

- **Reliability Workbench** tarjoaa useita työkaluja turvallisuus- ja käyttövarmuus-analyysien toteuttamiseksi. Reliability Workbenchin työkalujen avulla vastataan erityisesti siihen haasteeseen, miten voidaan ennustaa järjestelmän luotettavuutta, tunnistaa erityisiä ongelmakohteita tai kriittisiä komponentteja ja määrittää suunnittelumuutosten vaikutukset sekä alemmalla järjestelmätasolla että järjestelmän ylimmällä tasolla. Reliability Workbench -kokonaisuuden eri moduulit ovat Reliability Prediction, Maintainability Prediction, Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA), Reliability Block Diagram (RBD) analysis, Reliability Allocation, Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis ja Markov Analysis. Moduulien välinen kytkentä on järjestetty siten, että yhden moduulin tulokset ovat hyödynnettävissä toisessa moduulissa tehtävässä analyysissa. Muihin ohjelmistoihin liittyvien rajapintojen osalta valmistaja ilmoittaa, että dataa on mahdollista siirtää molempiin suuntiin Reliability Workbenchin ja Microsoft Access -tietokantojen sekä taulukkolaskentaohjelmistojen (kuten MS Excel) välillä.
- **Availability Workbench** -kokonaisuus yhdistää käytettävyyden simulointiin tarkoitetun ohjelman (AvSim+), luotettavuuskeskeisen kunnossapidon suunnittelua tukevan ohjelman (RCMCost) sekä elinjaksokustannusten laskentaan soveltuvan moduulin (Life Cycle Cost module). AvSim+-simulointiohjelman yhteyteen on rakennettu Weibull-moduuli, jota voidaan käyttää historiadatan (erityisesti vikadatan) analysointiin ja vikamuodoille kohdistettavien todennäköisyysjakautumien määrittämiseen. Availability Workbench tukee keinoja, joilla käytettävyyttä ylläpidetään ja kehitetään tuotteen käyttövaiheessa – menetelmät kohdistuvat keinoihin, joilla voidaan arvioida esimerkiksi suunnitteluratkaisujen kustannustehokkuuden ja turvallisuustavoitteiden täyttymistä. Kunnossapidon onnistumista puolestaan voidaan arvioida kustannusten ja suorituskyvyn valossa. Availability Workbench voidaan integroida SAP-toiminnanohjausjärjestelmän yhteyteen, mikä mahdollistaa aineiston siirtämisen molempiin suuntiin. Lisäksi integrointimahdollisuudet koskevat myös kunnossapidon tietojärjestelmää, Maximoa. Kuten SAP-integraatiossa, Maximossa kerättyä aineistoa voidaan siirtää Availability Workbench -ohjelmaan ja vastaavasti tuloksia (esim. kehitetyt kunnossapitosuunnitelmat) voidaan viedä Maximoon.

Yhteenvetona edellä mainituista ohjelmistokokonaisuuksista voidaan todeta, että Reliability Workbench tukee erityisesti perinteistä suunnittelunäkökulmaa, mutta Availability Workbench -kokonaisuus täydentää ominaisuuksillaan käyttövaiheen näkökulmien huomiointia. Erityisesti palveluliiketoiminnan näkökulmasta näiden ominaisuuksien käyttöönotolla on laajaa merkitystä – edellytyksenä on, että tietoa saadaan luottoasiakkaiden tai palvelusuhteessa olevien asiakkaiden kautta.

Edellä mainittujen sovellusten lisäksi Isographin tuotevalikoimaan kuuluu seuraavia erillissovelluksia: FaultTree+, LCCWare, Hazop+, RiskVu, FRACAS+, NAP (Network Availability Program), AttackTree+ ja Project Management.

Reliasoft (<http://www.reliasoft.com>) toimii RAMS-suunnittelun alueella tarjoamalla laitevalmistajien käyttöön käyttövarmuussuunnittelun, laadun ja kunnossapidon suunnittelun tarpeisiin soveltuvia ohjelmistoja. Reliasoftin tuoteperhe koostuu hyvin samankaltaisista menetelmäkokonaisuuksista kuin edellä käsitelty Isographin tarjoama. Reliasoftin tuotteilla ei kuitenkaan ole samankaltaista moduulirakennetta integroituna laajemmiksi kokonaisuuksiksi, vaan työkalut ovat tarjolla selkeästi yksittäisinä ohjelmina. Seuraavassa on esitelty lyhyesti esimerkkejä Reliasoftin tarjoamasta:

- **Weibull+**: Ohjelma tukee datan hyödyntämistä laajaan todennäköisyysjakaumavalikoimaan perustuvasta data-analyysistä aina tulosten graafiseen esittämiseen ja raportointiin. Ohjelma tukee tavoitteita, joissa eri toimittajien tuotteita tai suunnittelun tuloksia halutaan verrata keskenään. Lisäksi on mahdollista mm. demonstroida tarkasteltavan kohteen luotettavuutta suhteessa vaatimuksiin. Datat siirto esimerkiksi Excelistä tai vastaavista ohjelmista on mahdollista. Developer Edition mahdollistaa ohjelmiston integroinnin käytössä olevien muiden ohjelmistojen kanssa. Valmistajan mukaan ohjelmiston käytettävyydessä on kiinnitetty huomiota erityisesti siihen, että käyttöliittymä vastaa laajasti käytössä olevien muiden ohjelmistojen piirteitä.
- **BlockSim**: Ohjelma tukee järjestelmien luotettavuuden, käytettävyyden ja kunnossapidettävyyden analysointia luotettavuuslohkokaavioihin ja/tai vikapuihin perustuvilla simuloinneilla. Simulointien tuloksia on mahdollista tarkastella myös elinjaksokustannusten osalta.
- **Alta**: Ohjelma on tarkoitettu erityisesti kiihdytetyn testauksen (Accelerated Life Testing) suunnitteluun ja kerätyn datan käsittelyyn.
- **Lambda Predict** on tarkoitettu työkaluksi tilanteisiin, joissa luotettavuusdataa ei ole lainkaan tai riittävän paljon vikataajuuksien ja esimerkiksi MTBF:n määrittämiseen. Ohjelmiston ennustukset perustuvat seuraaviin standardeihin: MIL-HDBK-217, Bellcore, Telcordia, ja NSWC Mechanical predictions.
- **XFMEA** on työkalu tiedonhallintaan ja raportointiin vika- ja vaikutusanalyysien sekä kriittisyysanalyysien yhteyteen.

4. Tulokset

Muut kaupalliset sovellukset

Tietyn työkalun tai työkalujen muodostaman kokonaisuuden valinta yrityksessä perustuu tyypillisesti työkalu(je)n tarjoamiin menetelmiin, käyttäjäkokemukseen ja integroitavuuteen sekä muihin käytössä oleviin järjestelmiin että tuotekehitysprosessiin yleisesti. Liitteen B taulukoissa 1 ja 2 esitetään ohjelmistotyökalujen sisältämien menetelmien kattavuutta.

4.10.3 Ohjelmistotyökalujen integrointi kiinteäksi osaksi tuotekehitystä ja olemassa olevia suunnittelualustoja

Yrityksissä on usein erilaisia tietojärjestelmiä, jotka sisältävät tietoa tuotteen eri elinkaaren vaiheilta. Näissä eri tietojärjestelmissä oleva tieto on monesti päällekkäistä, ja jopa identtistä. Tällöin samaa tietoa käyttävät erilliset järjestelmät eivät välttämättä pääse käsiksi ajantasaiseen tietoon, ja hajautetun tiedon päivittäminen tuottaa ongelmia. Eri järjestelmien käytössä olevan tiedon ajantasaisuutta ja oikeellisuutta on yritetty parantaa järjestelmäintegraatioilla, jolloin tietojen syöttäminen ja päivittäminen helpottuu. Tällaisessa tilanteessa on kuitenkin syytä määrittää ns. master-järjestelmä, johon tiedot päivitetään ja joka sitten jakaa päivitetyn tiedon muiden järjestelmien käytettäväksi. Kaikelle tiedolle ei kuitenkaan pidä määrittää samaa master-järjestelmää, vaan isännöinti kannattaa hajauttaa järjestelmien toiminnallisuuksien mukaan.⁷

PLM-järjestelmä koostaa eri sovellusten tiedot yhdeksi kokonaisuudeksi, jossa niitä voidaan hallita. Irralliset sovellukset voidaan liittää PLM-järjestelmään ESB-arkkitehtuurin mukaisen integraatioväylän avulla sekä SOA-pohjaiseen integraatioon perustuen. Eri alijärjestelmien välinen tiedonvälitys tapahtuu integraatioväylän kautta. Alijärjestelmät ottavat tiedon integraatioväylältä, suorittavat prosessit ja palauttavat syntyneen tiedon integraatioväylään välitettäväksi muille ko. informaatiota tarvitseville sovelluksille.⁷

Uuden tuotteen tai tuoteversion kehitys on iteratiivinen prosessi, jolloin täysin erillisten käyttövarmuustyökalujen käyttö saattaa aiheuttaa ongelmia. Eräs ongelma on suunnitelumuutoksiin liittyvän tiedon siirtäminen eri prosessien välillä, ja sen välttämiseksi työkalut pitäisi pystyä integroimaan osaksi tietojärjestelmää. Tällöin olisi mahdollista välttyä esimerkiksi prosessirajapinnoissa tapahtuvilta tiedonvälitysongelmilta. Ongelma on varsin analoginen esimerkiksi lujuuslaskennan kanssa, joka ei aiemmin ollut integroitu osa tieto- ja suunnittelujärjestelmää, vaan suoritettiin erillisenä prosessina. Nykyi-

⁷ Kareinen, J. & Pötry, J. 2010. Tuotteen elinkaaren hallinnan palvelukonsepti. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulujen julkaisuja C:40. 47 s.

sin lujuuslaskenta on kuitenkin integroitu suunnittelu ympäristöihin ainakin käyttövarmuutta paremmin.

Tehdyn tutkimuksen perusteella käyttövarmuuteen liittyvien osien suora integraatio esimerkiksi PDM- ja PLM-ympäristöihin ei ole kovinkaan yleistä. Nykyiset tietotekniset integraatioarkkitehtuurit kuitenkin mahdollistavat ulkopuolisten sovellusten liittämisen ja tiedonvaihdon. Niistä ohjelmistoista ja suunnittelualustoista, joissa integraatioon on kiinnitetty erityistä huomiota, käsittelemme tässä raportissa PTC:n Windchill-tuoteperhettä ja Siemensin Teamcenter-järjestelmää.

Windchill

PTC on vuonna 2009 ostanut Relex-tuoteperhettä tuottaneen ohjelmistotalon, jonka jälkeen Relex-ohjelmistoa on alettu integroimaan osaksi Windchill tuotekokonaisuutta. Windchill Quality Solutions (aiemmin Relex 2011) on luotettavuuden ja riskien analysointiin tarkoitettu ohjelmisto. PTC tarjoaa myös Windchill-ohjelmistoihin kuuluvaa PLM-järjestelmää nimeltään Windchill PDMLink. Julkisesti saatavan tiedon perusteella Windchill-tuoteperheeseen kuuluvat luotettavuus- ja riskianalyysityökalut sekä PLM-järjestelmä olisivat integroitavissa keskenään. Tämän integroitavuuden avulla suoritus-, luotettavuus- ja riskianalyysit saisivat suoraan tiedot esimerkiksi PLM-järjestelmään (Product Lifecycle Management) syötetystä ajantasaisesta osaluettelosta (BOM). Tätä integraatiota on esitetty PTC:n esittelyvideossa⁸.

Windchill Quality Solutions yhdistää vaatimussuunnittelun tuotekehitykseen mahdollistaen kattavan tuotteen verifiointisuunnitelman laatimisen, jossa testauksen suunnittelu, seuranta ja tulokset voidaan yhdistää yhdellä ohjelmistolla. Tällöin tulokset voidaan automaattisesti kommunikoida takaisin tuotekehitykseen ja tuotantoon tarvittavien muutosten tekemiseksi. Esittelyvideon⁹ mukaan ohjelmisto myös kerää, tai siihen voidaan syöttää, tietoa tuotannon jälkeisistä vioista kentältä. Näiden vikojen juurisyöt voidaan analysoida ja asettaa vaadittavat korjaavat sekä ennaltaehkäisevät toimenpiteet. Tarkoituksena on varmistaa, että käytännön tulokset, opit ja parhaat käytännöt tulisivat kommunikoiduiksi suunnittelijoille, ja näin tuotteen luotettavuutta ja turvallisuutta voitaisiin parantaa jatkuvasti.

Esittelymateriaalin perusteella ”ohjelmiston avulla voidaan ennustaa ja analysoida tuotteen koko elinkaaren aikainen elektronisten ja mekaanisten komponenttien ja järjestelmien luotettavuus, käyttövarmuus, huollettavuus ja turvallisuus”. Lisäksi luvataan, että Windchill Quality Solutions tarjoaa tietokantapohjaisen ratkaisun hallita tuotteen

⁸ What's new in Relex 2011? The Product Development Company (PTC). <http://www.ptc.com/WCMS/files/118922/en/flash/index.htm> (viitattu 8.9.2011).

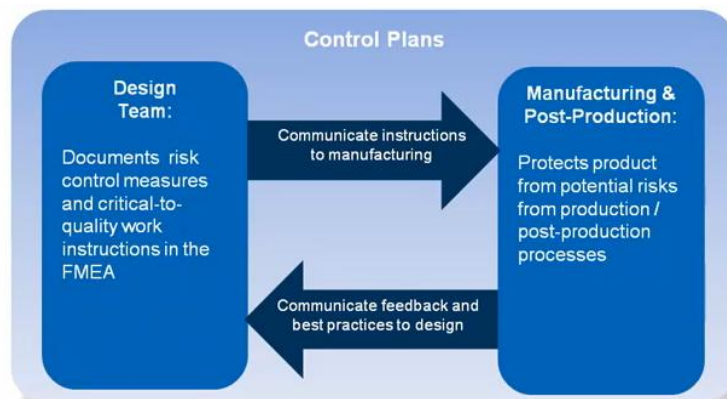
⁹ Introducing Windchill Quality Solutions – PTC. YouTube. <http://www.youtube.com/watch?v=i4sHtAFC90w&feature=related> (viitattu 8.9.2011).

4. Tulokset

elinkaaren aikaiset riskit. Ohjelmisto tarjoaa työkalut osastojen väliseen yhteistyöhön sekä mahdollisuuden arvioida ja toteuttaa hallitusti tuotekehityksen päätöksiä sekä nähdä päätösten vaikutuksia.

Windchill Quality Solutions sisältää ominaisuuksia, jotka edistävät suunnittelun aikaista kommunikointia eri osastojen välillä. Näitä ovat esimerkiksi DVP&R (Design verification plan and reporting) ja Control plan -ominaisuudet. DVP&R tarjoaa tiedonkulun lähinnä suunnittelun ja testauksen välille, Control plan -ominaisuus suunnittelun ja tuotannon välille.

DVP&R-moduulin avulla on tarkoitus parantaa suunnittelun ja testauksen välistä testikommunikointia sekä varmistaa, että testitulokset raportoidaan takaisin tuotekehitykseen, jotta näitä tuloksia voidaan käyttää tuotteen laadun parantamiseen. DVP&R on joukko testi- ja evaluointitekniikoita, joiden avulla verifioidaan se, täyttääkö tuote sille asetetut vaatimukset. Tuotekehityksen verifiointisuunnitelmat (DVP) luodaan luonnostelu- ja suunnitteluvaiheissa. Niiden avulla kommunikoidaan testauksesta testaushenkilöstölle ja toisaalta välitetään testituloksia takaisin suunnitteluun. Control planit toimivat kommunikointivälineinä suunnittelun ja tuotannon välillä molempiin suuntiin. Tämä esitetään kuvassa 28.



Kuva 28. Kommunikointi suunnittelun ja tuotannon välillä perustuen Windchill-ohjelmiston control plan -toiminnallisuuteen (<http://www.ptc.com>).

Teamcenter

Siemensin Teamcenter PLM -ohjelmisto tarjoaa integrointimahdollisuuden käyttövarmuustyökalujen ja PLM-ympäristön välillä. PLM-ympäristössä käyttövarmuusosaaletta ei tällä hetkellä ole suoraan olemassa, mutta integrointi tällaisille toiminnoille on helpohkosti toteutettavissa. Teamcenterissä esimerkiksi FMEA-laskentaa voidaan integroida kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on luoda FMEA-laskentatyökalu kiinteäksi osaksi ohjelmistoa. Toinen tapa on käyttää laskentaa erillistä luotettavuustyökalua, jolloin data siirretään ohjelmistojen välillä Excelin tai XML:n kautta. Kaiken kaikkiaan

Teamcenter antaa melko pienillä muutoksilla mahdollisuuden toteuttaa käyttövarmuusasioiden integroinnin osaksi yrityksen PLM-järjestelmää. Esimerkiksi Reliasoftin ohjelmistojen osalta integroitavuus on mahdollista toteuttaa siten, että tuoterakenne siirretään Excelin kautta esimerkiksi RCM-ohjelmistoon, jossa tehdyn työn jälkeen tietoja voidaan palauttaa PLM-järjestelmään.

Teamcenterissä on olemassa SOA-rajapinta, joka mahdollistaa useiden ohjelmistojen integroinnin osaksi järjestelmää. Käytännön ratkaisuvaihtoehtoina ulkopuolisten sovellusten integroimiselle Teamcenter-ympäristöön ovat Excel- tai XML-tiedonvaihto sekä SOA-rajapintaan perustuva tiedonvaihto. Kyseisiin integrointeihin liittyen työmäärän arvioidaan pysyvän kohtuullisena; SOA-rajapintaan perustuva integraatio vaatii resursseja eniten.

Teamcenter requirements management on ominaisuus, jonka avulla voidaan tukea käyttövarmuusvaatimusten hallintaa suunnittelussa. Jos asiakkaalta saadaan käyttövarmuusdataa esimerkiksi Excel-muodossa, se voidaan syöttää suoraan Teamcenteriin, jolloin tämän datan pohjalta voidaan luoda suoraan esimerkiksi vaatimusrakenne. Lisäksi Teamcenterissä voidaan luoda sekä kokoonpano- että toimintorakenne, joihin kumpaankin voidaan suoraan kytkeä vaatimuksia. Lisäksi NX (CAD/CAM/CAE) -ohjelmistolla voidaan vahtia, että tietyt vaatimukset tulee suunnittelun aikana täytettyä.

Teamcenterin ”maintenance, repair and overhaul” -osakokonaisuudessa pystytään määrittämään kunnossapitoon liittyvät käytännön toimenpiteet; lisäksi seuraaviin versioihin on suunnitteilla mahdollisuus laatia tuotevarianttikohdaisia kunnossapitosuunnitelmia. Näissä suunnitelmissa voidaan määritellä muun muassa tarvittavat kunnossapidon toimenpiteet, työkalut, tarvittava osaaminen sekä kunnossapitotehtävien yhteydessä kerättävä data.

Ohjelmistot kehittyvät kohti integroidumpaa käyttövarmuushallintaa, koska ohjelmistojen suuret asiakkaat esimerkiksi puolustusväline- ja autoteollisuudessa sekä ilmailualalla joutuvat joka tapauksessa tekemään käyttövarmuusanalyysyjä. Täten käyttövarmuus on jollakin tavoin liitettävä osaksi suunnittelussa käytettäviä tietorakenteita.

4.11 Visio käyttövarmuustiedon hallinnan ja hyödyntämisen kehittämisestä

Web-kyselyssä tiedusteltiin, millaisia käyttövarmuustiedon hallintaan liittyviä kehittämissisioita vastaajilla on erityisesti oman tehtävänsä näkökulmasta. Ammattilaisten esittämien visioiden keskeisin sisältö on seuraavassa tiivistetty käyttövarmuustiedon keräämistä, jalostamista ja käsittelyä sekä hyödyntämistä koskeviin ulottuvuuksiin.

4. Tulokset

4.11.1 Visio käyttövarmuustiedon keräämiseen liittyen

Lähtökohtaisesti suoraviivaisin tapa kehittää käyttövarmuustietoon perustuvaa käyttövarmuussuunnittelua on tunnistaa paremmin jo nyt kerättävä käyttövarmuustieto, sen luonne ja lähteet, sekä pyrkiä muotoilemaan myös muiden toimintojen toteuttama tiedonkeruu niin, että se palvelisi paremmin suunnittelua. Jotta käyttövarmuussuunnittelu olisi mielekästä, systemaattisen käyttövarmuustiedonkeruun piiriin tulisi saada enemmän laitteita niin, että laitteet, joilta tietoa kerätään, edustaisivat mahdollisimman hyvin laitekantaa. Lisäksi tiedonkeruuta pitää yksinkertaistaa siten, että kerätään vain tärkeimpiä mittauksia ja havaintoja. Erityisesti huoltotietojen kohdalla on tavoiteltava harmonisempaa ja systemaattisempaa tiedonkeruuta, mitä keruukonseptin yksinkertaistaminenkin tukee. Tavoitteena on myös luotettava ja tarkka online-tiedonkeruu.

4.11.2 Visio käyttövarmuustiedon jalostamiseen ja käsittelyyn liittyen

Kun käyttövarmuustietoa kerätään, on varmistettava, että kerätty tieto liikkuu ja kohdentuu sitä tehtävässään tarvitseville paremmin. Tietoa pitää jalostaa paremmin käytettävään muotoon, sitä pitää luokitella ja sen analysointia on kehitettävä ja parannettava aina niin, että voidaan muodostaa selkeitä kerättyyn tietoon perustuvia mittareita. Parhaimmillaan mittarit ovat rahamääräisiä. Myöskään pelkkä käyttövarmuuden kehittämiskohteiden tunnistus kerätyn tiedon ja tehtyjen analyysien pohjalta ei riitä, vaan on kiinnitettävä huomiota käyttövarmuuden kehittämiskohteiden perusteltuun priorisointiin sekä huolellisten vika-analyysien tekemiseen.

4.11.3 Visio käyttövarmuustiedon hyödyntämiseen liittyen

Visiona on käyttövarmuustiedon keruun, jalostuksen ja hyödyntämisen tarkempi organisointi. Ihanteellinen tilanne tulevaisuudessa on se, jossa suunnittelijalla – sekä uustuote- että ylläpitosuunnittelussa – on käytössään käyttövarmuuden ”riskienhallintajärjestelmä”, joka tukee toiminnallisuksineen sekä käyttövarmuuden ennakoivaa suunnittelua että käyttövarmuuden toteutumisen seuranta. Mittareiden tuottamaa toteutumien seurantatietoa on parhaimmillaan käytettävissä myös referenssinä nykyisille ja uusille asiakkaille.

5. Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Käyttövarmuuden suunnitteluun on vuosien varrella kehitetty paljon välineitä: analyysimenetelmiä, laskentaa, simulointia, tiedonkeruumenetelmiä jne., joita ei vielä käytetä täysimääräisesti työkoneita valmistavissa yrityksissä. Muutos liiketoimintaympäristössä on aiheuttanut toimialalle yhtenäisen tarpeen käyttää tietoteknisiä välineitä luotettavuuden hallinnassa. Uudet asiakasvaatimukset elinkaaren hallinnasta lisäävät myös tarvetta hyödyntää luotettavuuden hallinnan menetelmiä. Toisin sanoen luotettavuuden hallinnan kehittämistä pidetään keinona parantaa yritysten kilpailukykyä.

Jotta järjestelmän elinkaaren aikaisen luotettavuuden hallintaprosessin kehittäminen on mahdollista, on oltava syvä ymmärrys järjestelmän elinkaaren vaiheista. Siksi on tärkeää luoda toimialalle yleinen hierarkkinen elinkaarimalli, joka kattaa esim. koko järjestelmän, osajärjestelmien sekä laitteiden ja komponenttien tasot. RelSteps-hankkeessa toteutettavan tutkimuksen painopiste on järjestelmän suunnittelu- ja kehitysvaiheessa. Web-kyselyn ja haastatteluiden tulosten perusteella tarvittavien luotettavuuden hallinnan menetelmien ja välineiden tunnistaminen edellyttää, että myös suunnitteluprosessin yksityiskohtaiset vaiheet ja sen tärkeät päätöksentekopisteet on määritetty.

Koko hankkeen päätuloksena tavoitellaan käyttövarmuuden hallinnan best practices -opasta yrityksille. Tässä kuvataan yleinen käyttövarmuuden hallinnan toimintamalli, joka sitoo yhteen erilaiset lopputuotteen elinkaareen liittyvät, käyttövarmuutta varmistavat tehtävät työkalualan yrityksissä. Erityisen tärkeässä roolissa oppaan kehittämisessä, kuin myös käyttövarmuustiedon keruun-, hallinnan ja hyödyntämisen näkökulman syventämisessä (työpaketti 2), ovat yritysten kanssa toteutettavat caset. Otsikkotasolla yritysedustajien kanssa on toistaiseksi keskusteltu seuraavien casien käynnistämisestä:

1. kunnossapidettävyyden suunnittelu (liityntä tp 3)
2. reklamaatio- ja huoltotiedon hyödyntäminen suunnittelussa (liityntä tp 2)
3. komponenttien käyttövarmuuden hallinta (liityntä tp 2)
4. uuden teknologian riskien hallinta suunnittelun alkuvaiheessa (liityntä tp 3).

5. Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Lisäksi hankkeet TIKOSU (tietokantakeskeinen koneenohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus) ja TOLKKU (Mittausdatasta jalostettua informaatiota) tarjoavat oivan case maailman RelStepsille. TOLKKU-hankkeen tuloksista on mahdollista arvioida järjestelmän käyttövaiheessa useasta tietolähteestä kerättävän datan hyödyntämismahdollisuuksia uusien järjestelmien suunnittelussa. TIKOSUn tulokset puolestaan antavat prototyypitoteutusesimerkin, kuinka käyttövarmuustietoartefakti voitaisiin määritellä tietokantamalliin, jotta tämä tieto olisi hyödynnettävissä suunnitteluprosessin eri vaiheissa. RelSteps-hankkeen tehtävillä otamme edistysaskelia ainakin seuraavien hankkeessa tunnistettujen kehitystarpeiden saavuttamisessa:

- käyttövarmuustiedon hyödyntämismahdollisuudet eri tasoilla organisaatiossa
- menetelmät, joilla on mahdollisuus arvioida uuden teknologian vaikutuksia järjestelmätason toimintavarmuuteen
- menetelmät, joilla tuetaan kunnossapidettävyyden osalta tehtäviä valintoja suunnittelun alkuvaiheessa
- komponenttitoimittajien yhteistyökyky ja -halukkuus komponenttien käyttövarmuustiedon hallinnan osalta
- käytännön LCC-/LCP-laskentamallit, joilla voidaan arvioida käyttövarmuuden taloudellisia vaikutuksia.

Liite : Web-kyselyn rakenne

RelSteps – Kysely

Tervetuloa täyttämään käyttövarmuuden hallinta -kyselyä.

Tarkoituksena on kerätä tietoa käyttövarmuudesta ja sen käyttämisestä yrityksessä, jossa työskentelet. Vaustauksiasi ei kerrota eteenpäin esimiehillesi/ulkopuolisille. Vaustaukset tulevat ainoastaan tutkijoiden käyttöön. Kyselyn tutkimustulokset tullaan julkaisemaan, mutta ilman kenenkään nimiä/yritystietoja. Kyselyyn vastaaminen on täysin turvallista ja luottamuksellista. (Kysymyksiä saattaa puuttua välistä, riippuen vastaajan vastuualasta)

Henkilön taustatietoa

1) Nimi.

2) Yrityksen nimi, jossa työskentelet.

3) Osaamisesi/vastuualasi yrityksessä.

Valitse alla olevista vaihtoehdoista parhaiten alaasi vastaava vaihtoehto.

- Suunnittelija
- Tuotevastaava
- Huoltovastaava
- Käyttövarmuuden asiantuntija

4) Kauanko olet työskennellyt nykyisessä tehtävässäsi? (vuosina)

5) Kauanko olet työskennellyt nykyisessä yrityksessä? (vuosina)

Yrityksenne nykyinen tila käyttövarmuuden hallinnassa.

6) Miten arvioisit käyttövarmuuden hallinnan olevan yrityksessänne verrattuna kilpailijoihin?

- Edellä
- Samalla tasolla
- Jäljessä

7) Miksi?

8) Miksi yrityksenne on kiinnostunut käyttövarmuudesta? (Valitse tärkein)

- Asiakkaan asettamat käyttövarmuusvaatimukset.
- Taloudellinen etu, takuukustannusten minimointi.
- Huoltotoiminnan kannattavuus, elinkaaripalvelujen myynti.
- Kilpailuetu / imago. Esim. pystytään rakentamaan käyttövarmuudeltaan tunnettu kone.
- Joku muu?

9) Onko yrityksessänne käytössä toimintatapaa käyttövarmuuden hallintaan?

- Standardi, mikä?
- Oma toimintatapa.
- Ei vakiintunutta toimintatapaa.

10) Onko yrityksessä käytössänne jokin käyttövarmuuden suunnitteluun liittyvä ohjelmisto?

- Ei ole käytössä, eikä koeta tarpeelliseksi. Miksi?
- Ei ole käytössä, mutta tarve olisi olemassa. Miksi?
- On, mikä/mitkä?

11) Miten ohjelmasta/ohjelmistosta saatua tietoa käytetään/käytettäisiin hyväksi?

Tiedon keruu käyttövarmuutta varten

12) Miten hankit tietoa komponenttien käyttövarmuudesta? (Valitse max. 3 tärkeintä)

- Tutkimalla oman yrityksen laitteita koskevia huoltotieto- ja komponenttitietokantoja.
- Tutkimalla reklamaatiotietoja ja asiakaspalautetta.
- Internetistä.
- Suoraan komponenttivalmistajalta.
- Kollegoilta, jotka työskentelevät muissa yrityksissä.
- Kollegoilta, jotka työskentelevät samassa yrityksessä.
- Yleisistä vikatietokannoista, esim Oredasta
- Jotenkin muuten, miten?

13) Miten hankit tietoa suunnitteleminenne laitteiden käyttöympäristöstä?

- Keskustelemalla asiakkaan/käyttäjien kanssa.
- Tutustumalla asiakkaalle aiemmin suunniteltujen laitteiden käyttöympäristöön.
- Tuotteita ei räätälöidä asiakkaille.
- Käyttöympäristöä ei huomioida.

14) Kerätäänkö yrityksessänne tehtäväsi näkökulmasta mielestäsi oikeanlaista tietoa käyttövarmuudesta?

- Kyllä
- Ei, miksi?

15) Onko kerätty tieto tehtäväsi näkökulmasta keskimäärin helposti löydettävissä/saatavissa/haettavissa silloin kun sitä tarvitset?

- Kyllä
- Ei, miksi?

16) Mitkä tiedot ovat saatavilla

helposti?

vaikeasti?

17) Onko kerätty tieto mielestänne luotettavaa? Perustelee. (esim. kirjataanko kaikki?)

- Kyllä
- Ei

18) Koetko, että oman organisaatiosi (osasto, tiimi tms.) keräämää tietoa hyödynnetään tehokkaasti yrityksessä?

- Kyllä
- En. Miksi?

19) Koetko, että tuottamaasi analyysi- ym. tietoa hyödynnetään suunnittelussa?

- Kyllä
- En. Miksi?

20) Koetko, että kunnossapitotiedon kirjaaminen on riittävän helppoa omassa organisaatiossasi?

- Kyllä
- En. Miksi?

21) Koetko, että asiakaspalutteen kirjaaminen on riittävän helppoa omassa organisaatiossasi?

- Kyllä
- En. Miksi?

22) Seuraatko vastuualueellasi olevien tuotteiden varaosien menekkiä?

- Kyllä
- En

23) Seuraatko vastuualueellasi olevien tuotteiden huoltokäyntejä?

- Kyllä
- En

24) Kuinka kauan yrityksenne on kerännyt tietoa?

25) Miltä elinkaarijaksoilta yrityksenne kerää systemaattisesti käyttövarmuustietoa?

26) Mitä visioita tiedonkeruun, analysoinnin ja hyödyntämisen suhteen sinulla on oman työsi näkökulmasta - sana on vapaa!

Käyttövarmuuteen liittyvä ulkoinen verkostoituminen: tiedonvaihto, yhteistyö ja muu viestintä

27) Kuulutko johonkin komponenttivalmistajan asiakas-/kumppaniverkkoyhteisöön?

- Kyllä, mihin?
- En

28) Kuulutko johonkin asiakkaanne/asiakkaidenne kumppaniverkkoyhteisöön?

- Kyllä, mihin?
- En

29) Kuulutko johonkin muuhun ammatilliseen verkkoyhteisöön, jossa keskustellaan komponenttien käyttövarmuudesta?

- Kyllä, mihin?
- En

30) Kuulutko johonkin suunnittelutyökalun käyttäjien verkkoyhteisöön?

- Kyllä, mihin?
- En

31) Käytätkö käyttövarmuutta suunnitellessasi joitain muita oman yrityksen ulkopuolisia verkkopalveluita?

- Kyllä, mitä?
- En

32) Käytätkö käyttövarmuutta suunnitellessasi joitain muita oman yrityksen ulkopuolisia verkkopalveluita? Jos käytät, niin mitä?

Yrityksesi valmistaman laitteen arviointi

Seuraavat kohdat (sivut 5-9) koskevat edustamasi yrityksen tuotevalikoimaa/-perhettä. Esitä kokemukseesi perustuva arvio vikajakaumasta ja vikojen syistä, tarkoitus ei ole suoraan kirjata vikatilastojen osoittamia arvoja. Mikäli koet, etteivät seuraavat kohdat millään tavalla sivua toimenkuvaasi, voit jättää ne vastaamatta. Lähetähän kuitenkin kyselylomakkeen sivulta 10 löytyvän painikkeen kautta.

33) Laitteen pääenergian lähde?

- Sähkö
- Diesel
- Joku muu, mikä?

34) Arvioi tarvitseeko tuotteenne vähemmän /saman verran /enemmän ennakoivaa kunnossapitoa kuin kilpailijoiden? Miksi?

- Vähemmän
- Saman verran
- Enemmän

35) Arvioi tarvitseeko tuotteenne vähemmän /saman verran /enemmän korjaavaa kunnossapitoa kuin kilpailijoiden? Miksi?

- Vähemmän
- Saman verran
- Enemmän

36) Arvioi tuotteenne vikojen syiden jakautumista prosentteina.

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Käyttöohjeiden vastainen käyttö, käyttäjän virheet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ympäristö (lämpötila, kosteus, korroosio, pöly)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laatu (komponentit, asennustyö, suunnitteluvirhe, huollon virheet)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vikojen jakautumisen arviointi takuuajana ja takuuajan jälkeen

37) **Arvioi** miten tuotteenne vikojen määrät jakautuvat prosentteina seuraavien kokonaisuuksien suhteessa toisiinsa nähden vikaantumistilanteessa **takuuajana?**

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Runko/rakenne (Viat runkorakenteessa esim. hitsiliitoksien murtumat, materiaaliviat, nivelien laakerointi)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehonsiirto (Diesel/sähkömoottori, hydraulikka, vaihde, muut toimilaitteet ja renkaat)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ohjausjärjestelmä (Ohjelmistot, sähköt, anturit, kytkimet, johtosarjat)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

38) **Arvioi** miten tuotteenne vikojen määrät jakautuvat prosentteina seuraavien kokonaisuuksien suhteessa toisiinsa nähden vikaantumistilanteessa **takuuajan jälkeen?**

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Runko/rakenne (Viat runkorakenteessa esim. hitsiliitoksien murtumat, materiaaliviat, nivelien laakerointi)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tehonsiirto (Diesel/sähkömoottori, hydraulikka, vaihde, muut toimilaitteet ja renkaat)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ohjausjärjestelmä (Ohjelmistot, sähköt, anturit, kytkimet, johtosarjat)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vikojen jakautumisen arviointi runkorakenteessa takuuajana ja takuuajan jälkeen

39) **Arvioi runkorakenteen** vikojen jakautuminen takuuajana:

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Hitsiliitoksen murtuma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulttiliitoksen murtuma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiaalivika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laakerivaurio puomiston nivelissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

40) Jos valitsin muun, niin kerro mikä?

41) **Arvioi runkorakenteen** vikojen jakautuminen takuuajan jälkeen:

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Hitsiliitoksen murtuma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulttiliitoksen murtuma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiaalivika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laakerivaurio puomiston nivelissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

42) Jos valitsin muun, niin kerro mikä?

Vikojen jakautumisen arviointi tehonsiirrossa takuuajana ja takuuajan jälkeen

43) Arvioi tehonsiirron vikojen jakautuminen takuuajana:

Liite A: Web-kyselyn rakenne

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Dieselmoottori	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sähkömoottori	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydraulpumppu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrauliventtiili	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrauliliitin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrauliletku	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydraulisyylinteri/moottori	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Akseli	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laakeri	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kardaaninivelet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Renkaat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaihteisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Differentiaali	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

44) Jos valitsin muun, niin kerro mikä?

45) Arvioi tehonsiirron vikojen jakautuminen takuuajan jälkeen:

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Dieselmoottori	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sähkömoottori	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydraulipumppu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrauliventtiili	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrauliliitin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrauliletkurikko	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydraulisylinteri/moottori	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Akseli	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laakeri	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kardaaninivelet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Renkaat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaihteisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Differentiaali	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

46) Jos valitsin muun, niin kerro mikä?

Vikojen jakautumisen arviointi ohjausjärjestelmissä takuuajana ja takuuajan jälkeen

47) Arvioi ohjausjärjestelmien vikojen jakautuminen takuuajana:

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Kytkimissä/ohjaimissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Antureissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Johdotuksissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liittimissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tietokoneet, laitevika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tietokoneet, ohjelmisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

48) Jos valitsin muun, niin kerro mikä?

49) Arvioi ohjausjärjestelmien vikojen jakautuminen takuuajan jälkeen:

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Kytkimissä/ohjaimissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Antureissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Johdotuksissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liittimissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tietokoneet, laitevika	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tietokoneet, ohjelmisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

50) Jos valitsin muun, niin kerro mikä?

51) Jos mieleesi tulee jotain kyselyyn liittyvää, jota haluat tarkentaa tai kommentoida, niin sana on vapaa.

Kiitoksia kyselyyn osallistumisesta! Muista painaa-lähetä nappia tallentaaksesi vastaukset!

Alla on selvitys kyselyn tietyille vastaajaryhmille osoitetuista kysymyksistä vastuualueittain:

Huoltovastaavan kysymykset:

18. Koetko, että oman organisaatiosi (osasto, tiimi, tms.) keräämää tietoa hyödynnetään tehokkaasti yrityksessänne.

Liite A: Web-kyselyn rakenne

20. Koetko, että kunnossapitotiedon kirjaaminen on riittävän helppoa omassa organisaatiossasi?
21. Koetko, että asiakaspalautteen kirjaaminen on riittävän helppoa omassa organisaatiossa.
22. Seuraatko vastuualueellasi olevien tuotteiden varaosamenekkiä?
23. Seuraatko vastuualueellasi olevien tuotteiden huoltokäyntejä?

Käyttövarmuuden asiantuntija

12. Miten hankit tietoa komponenttien käyttövarmuudesta?
18. Koetko, että oman organisaatiosi (osasto, tiimi tms.) keräämää tietoa hyödynnetään tehokkaasti yrityksessänne.
19. Koetko, että tuottamaasi analyysie ym. tietoa hyödynnetään suunnittelussa?

Suunnittelija

12. Miten hankit tietoa komponenttien käyttövarmuudesta?
13. Miten hankit tietoa suunnitteleminenne laitteiden käyttöympäristöstä?

Tuotevastaava

21. Koetko, että asiakaspalautteen kirjaaminen on riittävän helppoa omassa organisaatiossasi?
22. Seuraatko vastuualueellasi olevien tuotteiden varaosa menekkiä?
23. Seuraatko vastuualueellasi olevien tuotteiden huoltokäyntejä?

Liite B: Yhteenveto markkinoilla olevien ohjelmistojen ominaisuuksista

Alla olevissa taulukoissa on katsaus markkinoilla olevista käyttövarmuusohjelmistoista ja niiden sisältämistä analyysimenetelmistä. Taulukoissa esitetyt tiedot perustuvat Norjan teknis-luonnontieteellisen yliopiston ylläpitämään koontiin RAMS-hallintaa tukevista ohjelmistoista (<http://www.ntnu.edu/ross/info/software>, viitattu 23.8.2011). Tarkempia tietoja tuotteista saa toimittajien sivuilta (ohjelmistotoimittajan nimeen on liitetty linkki ko. toimittajan/tuotteen kotisivuille).

Kyseisessä luettelossa ei mainita maailman kaikkia luotettavuusohjelmistoja. Esimerkiksi suomalaista Ramentor Oy:n (<http://www.ramentor.com>) tarjoamaa RAM-hallinnan ohjelmistoperhettä ei esitellä, koska kyseisestä ohjelmistokokonaisuudesta ei ollut saatavilla oheisissa taulukoissa noudatettua erittelyä riskianalyysimenetelmätasolla.

Liite B: Yhteenveto markkinoilla olevien ohjelmistojen ominaisuuksista

Taulukko 1.

	<u>A.L.D.</u>	<u>ABS Consul- ting</u>	<u>ACM auto- mation</u>	<u>ARINC</u>	<u>BOR</u>	<u>CAB Innov</u>	<u>Dyadem</u>	<u>exida</u>	<u>ExproSoft</u>	<u>HIMA</u>	<u>Isograph</u>	<u>Item Toolkit</u>
FMECA	x				x	x	x				x	x
FTA	x				x	x			x		x	x
RBD	x			x	x	x					x	x
NFA												
Markov					x	x					x	x
SEA				x	x				x		x	
SRA	x				x						x	x
CRP	x				x						x	x
FSA			x					x		x		
FRACAS											x	
LDA					x						x	
ALT												
RGA					x							
MPO	x				x						x	x
LCC	x				x						x	
RA						x	x				x	x
ETA											x	
BTA		x										
HAZOP							x				x	
JSA							x					
SVA							x					

Liite B: Yhteenveto markkinoilla olevien ohjelmistojen ominaisuuksista

Taulukko 2.

	<u>Lihou</u>	<u>Lihou</u>	<u>Lilleaner Consulting</u>	<u>Prima Tech</u>	<u>Raytheon</u>	<u>Relcon Scandpower</u>	<u>Relex</u>	<u>ReliaSoft</u>	<u>RM Consultants</u>	<u>SIS TECH</u>	<u>SoHaR</u>	<u>TDC</u>
FMECA				x	x	x	x	x			x	x
FTA						x	x		x		x	x
RBD					x		x	x				
NFA												x
Markov							x				x	
SEA							x		x			
SRA					x			x			x	
CRP					x		x					
FSA										x		
FRACAS					x		x	x				
LDA							x	x				
ALT								x				
RGA								x				
MPO					x		x	x				
LCC							x					
RA			x			x			x			
ETA						x	x		x			
BTA												
HAZOP	x	x		x								x
JSA												x
SVA												

Liite C: Suunnittelun alkupään RAMS-tehtävät

Liite C: Suunnittelun alkupään RAMS-tehtävät

Vaihe	Vaiheen RAMS -tavoite	Syötteen	Tehtäviä	Esimerkkiprosessit	Tuotokset
Villi ideointi		Asiakkaiden ideat Markkinatutkimukset Tunnistetut muutokset lainsäädännössä Yrityksen sisältä tulleet ideat yms.	Kaikkien, myös hylättyjen, ideoiden dokumentointi ja arkistointi		Kehitettävät ideat Periaatepäätös esisuunnittelun aloittamisesta
Asiakastarpeiden ja vaatimusten tunnistaminen sekä idean soveltuvuus yrityksen strategiaan	Ideoihin liittyvien onnettomuusvaarojen tunnistaminen RAMS-näkökohtien tunnistaminen	Kehitettävät ideat Asiakasvaatimukset Yrityksen strategia Aiempien vastaavien laitteiden kokemukset (kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset)	RAMS-kriteeristön ja vaatimuslistan tekeminen järjestelmätasolla Tavoitetilan ja nykytilan erojen hahmottaminen	POA RAMS-aivoriihi	Alustava vaaraluettelo valituille tuoteideoille Alustava luettelo koko järjestelmän RAMS-vaatimuksista Koko järjestelmän vaatimuslista
Tavoitespesifikaatioiden luominen ja vaatimusten asettaminen	Yleisten käyttövarmuus- ja turvallisuusvaatimusten laatiminen RAMS-näkökohtien käsittelyn todentaminen	Alustava luettelo järjestelmätason RAMS-vaatimuksista Alustava vaaraluettelo kelpuutetuille tuoteideoille Käyttöympäristön asettamat erityisvaatimukset Standardit ja viranomaismääräykset	Vaatimusten lähteiden selvittäminen RAMS-vaatimusten asettaminen järjestelmätasolla Käyttövarmuusvaatimusten toteutumisen mahdollisuuksien pohdinta	Tarkistuslista	Järjestelmätason RAMS-spesifikaatiot ja -vaatimukset Täydennetty koko järjestelmän vaatimuslista Dokumentoidut päätökset hylätyistä ja haltuun pistetyistä ideoista
Vaihtoehtoisten tuotekonseptien luominen järjestelmätasolla	Eri konseptivaihtoehtoihin liittyvien vaarojen tunnistaminen	Järjestelmätason RAMS-spesifikaatiot ja vaatimukset Tuotteeseen liittyvä liiketoimintamalli (laite toimitus vs. elinkaari- ja palveluiden myynti) Vaatimuslista	Järjestelmätason konseptien luominen Konseptien vaaraluetteloiden tekeminen	PHA	Järjestelmätason konseptivaihtoehdot Järjestelmätason konseptien vaaraluettelo Dokumentti hylättyjen ja sivuun laitettujen ideoiden osalta

Liite C: Suunnittelun alkupään RAMS-tehtävät

Vaihe	Vaiheen RAMS -tavoite	Syötteet	Tehtäviä	Esimerkkipenetelmät	Tuotokset
Järjestelmätason konseptin valinta ja vaatimusten allokointi osajärjestelmille	Osajärjestelmien tunnistaminen ja RAMS-vaatimusten allokointi Konseptivaihtoehtoihin liittyvien riskien arviointi	Vaaraluettelot Järjestelmätasoiset konseptivaihtoehdot	Osajärjestelmien tunnistaminen Osajärjestelmien kriittisyyden arviointi Osajärjestelmien luontaisen luotettavuuden arviointi Osajärjestelmien RAMS-vaatimusten asettaminen Käyttövarmuuden osatekijöiden pohtiminen tuotteen kannalta Ratkaisujen vertaaminen kustannus-hyötyanalyysillä	VVKA (toiminnallisella tasolla) Kustannus-hyötyanalyysi	Osajärjestelmäkohtaiset RAMS-vaatimukset Osajärjestelmien kriittisyysarviot Allokoidut osajärjestelmävaatimukset Järjestelmätason konseptii Dokumentti valitsematta jääneistä konsepteista
Osajärjestelmätason konseptien luominen ja valinta	Konseptivaihtoehtojen tapaturmavaarojen ja käyttövarmuuteen liittyvien vaarojen tunnistaminen RAMS-tekijöiden kannalta optimaalisimpien osajärjestelmien valinta	Osajärjestelmäkohtaiset RAMS-vaatimukset Osajärjestelmien kriittisyysarviot Allokoidut osajärjestelmävaatimukset Järjestelmätason konsepti	Toteutustapojen valinta tunnistetuille osajärjestelmille Osajärjestelmien yhteensopivuuden varmistaminen Mahdollisten uusien teknologioiden hyödyntämiseen liittyvien riskien tunnistaminen	TTA VVKA (osajärjestelmien toiminnoille)	Dokumentti tunnistetuista tapaturmavaaroista ja käyttövarmuuteen liittyvistä vaaroista Uuden teknologian käyttöön liittyvät riskit -dokumentti Dokumentti valitsematta jääneistä konsepteista Osajärjestelmätasoinen konsepti

Liite C: Suunnittelun alkupään RAMS-tehtävät

<p>Lopulliset spesifikaatiot ja projektin suunnittelu</p>	<p>Asetettujen RAMS-vaatimusten toteutumisen todentaminen</p>	<p>Osajärjestelmätasoinen konsepti</p>	<p>Tehtävien ja niihin liittyvien virhemahdollisuuksien tunnistaminen Kunnossapidon näkökulmien pohdinta</p>	<p>Vikapuut (kvalitatiivinen) HRA (2 ensimmäistä vaihetta) Kunnossapidon tarkistuslista</p>	<p>Lopulliset RAMS -spesifikaatiot tuotekehityksen tueksi Vaaraluettelo Raportit tehdyistä analyyseistä Koneen käyttö- ja huoltokonsepti Koneen vaatimuksiin liittyvien muutosten listaus RAMS-toimintasuunnitelma Suunnitelma tuotekehitysprojektin jatkosta Päätös tuotekehitysprojektin aloittamisesta</p>
--	---	--	--	---	---

VTT Working Papers

- 168 Pekka Leviäkangas, Anu Tuominen, Riitta Molarius & Heta Kajo (Eds.). Extreme weather impacts on transport systems. 2011. 119 p. + app. 14 p.
- 169 Luigi Macchi, Elina Pietikäinen, Teemu Reiman, Jouko Heikkilä & Kaarin Ruuhilehto. Patient safety management. Available models and systems. 2011. 44 p. + app. 3 p.
- 170 Raine Hautala, Pekka Leviäkangas, Risto Öörni & Virpi Britschgi. Perusopetuksen tietotekniikkapalveluiden arviointi. Kauniaisten suomenkielinen koulutoimi. 2011. 67 s. + liitt. 16.
- 171 Anne Arvola, Aimo Tiilikainen, Maiju Aikala, Mikko Jauho, Katja Järvelä & Oskari Salmi. Tulevaisuuden elintarvikepakkaus. Kuluttajalähtöinen kehitys- ja tutkimushanke. 152 s. + liitt. 27 s.
- 172 Sauli Kivikunnas & Juhani Heilala. Tuotantosimuloinnin tietointegraatio. Standardikatsaus. 2011. 29 s.
- 173 Eetu Pilli-Sihvola, Mikko Tarkiainen, Armi Vilkmán & Raine Hautala. Paikkasidonnaiset liikenteen palvelut. Teknologia ja arkkitehtuurit. 2011. 92 s.
- 174 Eetu Pilli-Sihvola, Heidi Auvinen, Mikko Tarkiainen & Raine Hautala. Paikkasidonnaiset liikenteen palvelut. Palveluiden nykytila. 2011. 59 s.
- 175 Armi Vilkmán, Raine Hautala & Eetu Pilli-Sihvola. Paikkasidonnaisten liikenteen palveluiden liiketoimintamallit. Edellytykset, vaihtoehdot, haasteet ja mahdollisuudet. 2011. 49 s. + liitt. 2 s.
- 176 Henna Punkkinen, Nea Teerioja, Elina Merta, Katja Moliis, Ulla-Maija Mroueh & Markku Ollikainen. Pyrolyysin potentiaali jätemuovin käsittelymenetelmänä. Ympäristökuormitukset ja kustannusvaikutukset. 79 s. + liitt. 15 s.
- 177 Kim Björkman, Janne Valkonen & Jukka Ranta. Model-based analysis of an automated changeover switching unit for a busbar. MODSAFE 2009 work report. 2011. 23 p.
- 178 Anders Stenberg & Hannele Holttinen. Tuulivoiman tuotantotilastot. Vuosiraportti 2010. 2011. 46 s. + liitt. 5 s.
- 179 Alpo Ranta-Maunus, Julia K. Denzler & Peter Stapel. Strength of European Timber. Part 2: Properties of spruce and pine tested in Gradewood project. 2011. 67 p. + app. 46 p.
- 180 Pasi Valkokari, Toni Ahonen, Heljä Franssila, Antti Itäsalo, Jere Jännes, Tero Välisalo, Asko Ellman. Käyttövarmuussuunnittelun kehittämistarpeet. Käyttövarmuuden hallinta suunnitelmassa – hankkeen työraportti 1. 2011. 53 s. + liitt. 21 s.
- 181 Hannu Viitanen, Tommi Toratti, Lasse Makkonen, Ruut Pehkuri, Tuomo Ojanen, Sven Thelandersson, Tord Isaksson & Ewa Früwald. Climate data. Exposure conditions in Europe. 2011. 45 p.