



Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön

Toni Ahonen | Jere Jännes | Susanna Kunttu | Pasi Valkokari |
Outi Venho-Ahonen | Tero Välisalo | Asko Ellman |
Jukka-Pekka Hietala | Petteri Multanen | Ari Mäkiranta |
Harri Saarinen | Heljä Franssila

Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön

Toni Ahonen, Jere Jännes, Susanna Kunttu, Pasi Valkokari,
Outi Venho-Ahonen & Tero Välisalo
VTT

Asko Ellman, Jukka-Pekka Hietala, Petteri Multanen,
Ari Mäkiranta & Harri Saarinen
Tampereen teknillinen yliopisto

Heljä Franssila
Tampereen yliopisto



ISBN 978-951-38-7905-1 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 2242-122X (URL: <http://www.vt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2012

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT
PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)
02044 VTT
Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

VTT
PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)
FI-02044 VTT
Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland
P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)
FI-02044 VTT, Finland
Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

Toimitus Anni Repo

Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön

Dependability management – from standard to practice. **Toni Ahonen, Jere Jännes, Susanna Kunttu, Pasi Valkokari, Outi Venho-Ahonen, Tero Välisalo, Asko Ellman, Jukka-Pekka Hietala, Petteri Multanen, Ari Mäkiranta, Harri Saarinen & Heljä Franssila.** Espoo 2012. VTT Technology 69. 73 s. + liitt. 3 s.

Tiivistelmä

Käyttövarmuus ja turvallisuus ovat merkittäviä tuoteominaisuuksia. Siksi niiden hallinta jo tuotekehityksen alkuvaiheissa on erittäin tärkeää. Tuotteen elinkaaren aikaisten kustannusten ja sen aikana saatavien hyötyjen osalta merkittävimmät päätökset tehdään tuotekehityksen aikaisissa vaiheissa. Alkuvaiheessa tehtyjen virheiden korjaaminen myöhemmin on erittäin kallista ja useissa tapauksissa jopa mahdotonta. On arvioitu, että jos suunnitteluvirheen korjaaminen maksaa ennen ensimmäisen luonnoksen julkaisemista yhden dollarin, se maksaa luonnoksen julkaisemisen jälkeen 10 dollaria, prototyyppivaiheessa 100 dollaria, esituotantovaiheessa 1000 dollaria ja tuotantovaiheessa 10 000 dollaria (Dhillon 1999). Mitä tarkemmin suunniteltavan tuotteen spesifikaatiot pystytään määrittelemään ennen varsinaisen tuotekehityksen aloittamista, sitä varmemmin lopputuote täyttää sille asetetut vaatimukset.

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

Tässä julkaisussa esitämme kuinka hankkeemme tutkimus- ja kehitystoiminnan tulokset tukevat standardin ”SFS-EN 60300-2 Luotettavuuden hallinta. Osa 2: ohjeita luotettavuuden hallintaan” ehdottaman ohjelman mukaista toimintaa. Standardissa esitetyn luotettavuusohjelma päävaiheet ovat:

- Osa 1 Johtaminen
- Osa 2 Luotettavuustekniikat
- Osa 3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen
- Osa 4 Todentaminen ja kelpuuttaminen
- Osa 5 Tietämyskanta
- Osa 6 Parantaminen.

Tällä tavoittelemme standardin käytännöllistämistä ja hankkeen tavoitteiden saavuttamista esittämällä kuinka hankkeessa kehitetyt menetelmät ja työkaluja voidaan soveltaa tuotekehitysprojektien eri vaiheissa.

Keywords dependability management, management of dependability knowledge, design for dependability, life-cycle data management

Dependability management – from standard to practice

Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön. **Toni Ahonen, Jere Jännes, Susanna Kunttu, Pasi Valkokari, Outi Venho-Ahonen, Tero Välisalo, Asko Ellman, Jukka-Pekka Hietala, Petteri Multanen, Ari Mäkiranta, Harri Saarinen & Heljä Franssila.** Espoo 2012. VTT Technology 69. 73 p. + app. 3 p.

Extended abstract

The experiences of our publication were gained from research project which deals with dependability management in the design processes of the machine industry sector in Finland. The management of dependability issues within this industry sector is quite challenging due to, for instance, the special characteristics of the working machine operating environment. Machines need to be designed for varying loads and demanding operating conditions. At the same time manufactured series of machines are small which limits the sources and availability of reliability data.

One of the reasons for companies' interest for enhancement of the dependability management during early design phases is the result of an on-going change in their business environment. System providers are currently facing global competition. In order to maintain their competitiveness, system providers are transforming into life cycle service providers. Therefore, those who are willing to carry out the transformation need to expand their understanding on their products' life cycle. At the same time companies are more and more aware that the actors that are capable to analyse their product behaviour earlier during the product development process are most likely having the winning strategy. At least these two factors are also setting new requirements for the dependability management processes and for tools and methods used to support them.

Our publication focuses on the practical needs of companies for dependability management in the early phase of the product development processes. These needs were identified during the first work package of our project. The results of the project were also presented e.g. in ESREL 2011 and 2012 conferences.

The objective of the project was to develop a toolbox for mechanical engineering which is especially considering the challenges related to mobile work machine industry. Therefore the aim was to define the dependability management process model which is applicable for product development projects of different sizes and which is possible to integrate as a part of a company's operating and quality system.

To reach the objective, this publication presents the results of the project according to the structure of the standard "EN 60300-2. Dependability management. Part2: Guidelines for dependability management". This standard proposes a dependability programme which consists of 32 tasks divided into six main elements. These elements are:

1. Management
2. Dependability disciplines
3. Analysis, evaluation and assessment

4. Verification and validation
5. Knowledge base
6. Improvement.

The research and development work conducted in the project was done in close industrial co-operation. Following companies offered the research cases: Cargotec, John Deere forestry, Kone Corporation, Konecranes, and Sandvik Mining and Construction. This approach was chosen in order to reach as practically exploitable results as possible. The main research questions of the cases were:

1. What is a generic life cycle definition for mobile machine industry sector?
2. How the data related to claims and maintenance activities could be better utilised in the new product development project?
3. In what way the component provider and the system provider could improve their co-operation to benefit the dependability management activities?
4. What is an appropriate way to analyse maintainability during system-level design?
5. How to analyse the dependability and allocate the reliability requirements of a totally new system during conceptualisation?
6. How to allocate the dependability management activities in (incremental) a product development project?
7. How could the costs and benefits (profits) be modelled for an optional sub-system?

By finding answers to research questions, we are also supporting the answering for basic questions of another major dependability standard, EN-50126 which is dealing with the establishment of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) management programme for projects related to railway applications. These basic questions are:

- *What is an appropriate life cycle definition of the system in question?*
- *What are the necessary RAMS tasks in the life cycle?*
- *What are the responsibilities in the company?*
- *What are the necessary instructions, tools and reference documents?*
- *How are the RAMS activities implemented?*

Our research project has just ended, so the business impacts of our development work is currently hard, or even impossible, to evaluate. However, the results have supported companies in improvement of reliability data management and exploitation. Also the tools and methods developed in the project have been implemented to the product development process guidelines of companies. It was also preliminarily evaluated that the systematic approach for dependability management, addressed in this project, provides a real opportunity to shorten the lead time of product development projects and thus to decrease the costs related to these projects.

Avansanat dependability management, management of dependability knowledge, design for dependability, life-cycle data management

Alkusanat

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

RelSteps-hanke toteutettiin VTT:n, Tampereen teknillisen yliopiston ja Tampereen yliopiston ryhmähankkeena. Projektin vastuuorganisaatio on VTT. Yksityisen sektorin rahoitus hankkeelle kanavoituu Forum for Intelligent Machines ry:n (FIMA) kautta. Hankkeen päärahoittajana toimi Tekes – teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus.

Julkaisu kokoaa hankkeen päähavainnot yhteen, ja sen tavoitteena on kuvata, kuinka käyttövarmuuden hallintaa on mahdollista käytännössä tehdä tuotteen varhaisissa elinkaaren vaiheissa.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Extended abstract.....	4
Alkusanat.....	6
1. Johdanto	9
1.1 Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa -hanke.....	11
1.2 Julkaisun rakenne.....	12
2. Tuotteen elinkaarimallit.....	14
2.1 Yleinen ja laitehierarkiaan perustuva elinkaarimalli	14
3. Käyttövarmuuden hallinnan johtaminen.....	18
3.1 Käyttövarmuuden hallinnan prosessi	19
3.2 Käyttövarmuuden hallinnan organisointi ja toimintatavat.....	19
3.2.1 Organisaation rakenne ja yhteistyön hallinta	19
3.2.2 Asiakastarpeiden ja käyttövarmuusvaatimusten mukaisen suunnittelun organisointi.....	21
3.2.3 Käyttövarmuuden toteutuman mittaaminen ja seuranta	22
3.3 Käyttövarmuuden hallinnan kehittäminen.....	23
4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen.....	25
4.1 Osa 1 Johtaminen	26
4.1.1 Käyttövarmuustavoitteiden asettaminen ja allokointi suunnittelun alkuvaiheessa.....	26
4.2 Osa 2 Luotettavuustekniikat	36
4.3 Osa 3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen.....	36
4.3.1 Menetelmien lähtötiedon keruu ja järjestelmien kuvaaminen....	36
4.3.2 Menetelmien soveltaminen: nykyisiä käytäntöjä ja haasteita....	37
4.3.3 Toiminnallinen kuvaus.....	38
4.3.4 Toimenpiteiden valinta	40
4.3.5 Konseptivaiheen käyttövarmuusriskianalyysi.....	40
4.3.6 Käyttövarmuuden hallinta inkrementaalisisä tuotekehitysprojektissa.....	44

4.3.7	Kunnossapidettävyyden analysointi	45
4.3.8	Komponenttien testaus	49
4.3.9	Yhteistyön tiivistäminen komponenttitoimittajien kanssa	50
4.3.9.1	Datan siirto yritysten välillä	51
4.3.9.2	Komponenttitoimittajien tietotaidon hyödyntäminen.....	51
4.3.10	Elinjaksokustannukset ja tilastollinen analysointi	51
4.4	Osa 4 Todentaminen ja kelpuuttaminen.....	55
4.5	Osa 5 Tietämiskanta	55
4.5.1	Käyttövarmuustiedonkeruun nykytilaselvitys	56
4.5.2	Käyttövarmuustietokannan tietosisältöjen määrittäminen.....	58
4.5.2.1	Käyttövarmuustietotarpeiden tunnistaminen	59
4.5.3	Käyttövarmuustiedon analysointi	60
4.5.4	Tiedonkeruu ja jakelujärjestelmät	60
4.5.4.1	Huolto-, takuu- ja varaosatietojärjestelmät.....	61
4.5.4.2	Kunnonvalvontajärjestelmät.....	62
4.5.4.3	Tuotekehityksen mittaus- ja testaustietojärjestelmät.....	62
4.5.4.4	Asiakas- ja käyttäjätietojärjestelmät.....	63
4.5.4.5	Suunnitelmallinen käyttövarmuustiedonkeruu on keino toteuttaa yrityksen strategiaa	63
4.6	Osa 6 Parantaminen.....	63
5.	Yhteenveto	65
5.1	Käyttövarmuuden hallinta tuotekehitysprosessissa	66
5.1.1	Johtaminen.....	67
5.1.2	Luotettavuustekniikat	68
5.1.3	Analysointi, arviointi ja määrittäminen	68
5.1.4	Todentaminen ja kelpuuttaminen.....	69
5.1.5	Tietämiskanta	69
5.1.6	Parantaminen.....	70
	Lähdeluettelo.....	71

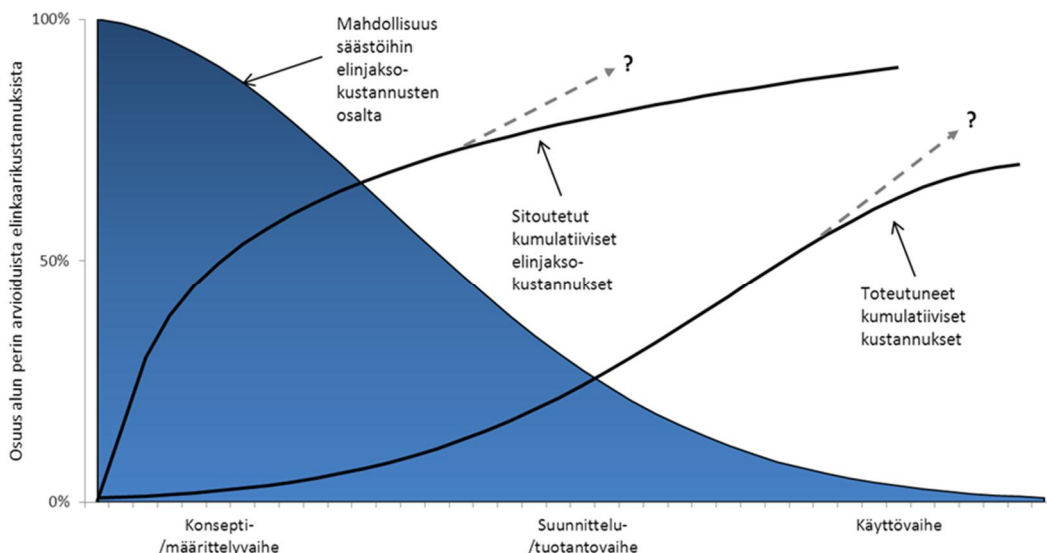
Liitteet

- Liite 1: Käyttövarmuuden hallinnan nykytilan arviointi -lomake
- Liite 2: Hankkeessa käytetty käyttövarmuusriskianalysilomake

1. Johdanto

Käyttövarmuus ja turvallisuus ovat merkittäviä tuoteominaisuuksia. Siksi niiden hallinta jo tuotekehityksen alkuvaiheista alkaen on erittäin tärkeää. Käyttövarmuus koostuu kolmesta osatekijästä: toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta (SFS-IEC 50(191) [1996]). Toimintavarmuus ja kunnossapidettävyydet ovat suunniteltavan kohteen ominaisuuksia, joihin suunnittelun aikana vaikutetaan. Kunnossapitovarmuus puolestaan kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä tuottaa tarvittava palvelu kohteelle. Tuotteen koko elinkaaren aikaisien kustannusten ja saatavien hyötyjen osalta merkittävimmät päätökset tehdään tuotekehityksen aikaisissa vaiheissa. Alkuvaiheessa tehtyjen virheiden korjaaminen myöhemmin on erittäin kallista ja useissa tapauksissa jopa mahdotonta. On arvioitu, että jos suunnitteluvirheen korjaaminen maksaa ennen ensimmäisen luonnoksen julkaisemista yhden dollarin, se maksaa luonnoksen julkaisemisen jälkeen 10 dollaria, prototyyppivaiheessa 100 dollaria, esituotantovaiheessa 1000 dollaria ja tuotantovaiheessa 10 000 dollaria (Dhillon 1999). Mitä tarkemmin suunniteltavan tuotteen spesifikaatiot pystytään määrittelemään ennen varsinaisen tuotekehityksen aloittamista, sitä varmemmin lopputuote täyttää sille asetetut vaatimukset.

Tuotteen käytön ja kunnossapidon aikaisia kustannuksia on mahdollisuus hallita elinkaaren aikaisessa vaiheessa tehdyillä päätöksillä (katso Kuva 1). Konsepti- ja määrittelyvaiheessa luodaan perusta suunniteltavalle tuotteelle, samanaikaisesti mahdollisuudet korkean käyttövarmuuden ja optimaalisten elinkaarikustannusten saavuttamiseksi vähenevät. Toimenpiteitä käyttövarmuuden hallintaan on jatkettava myös elinkaaren myöhemmissä vaiheissa, jotta käyttövaiheen kustannukset kyetään ennakoimaan ja kulut pystytään pitämään kurissa. (Sandberg & Stömberg 1999.)



Kuva 1. Elinkaarikustannusten sitoutuminen tuotteen elinkaaren aikana.

Tiukentuvien asiakasvaatimusten ja kiristyvän maailmanlaajuisen kilpailun myötä teknisiä järjestelmiä toimittavat yritykset laajentavat toimintaansa enenevästi myös palveluliiketoimintaan. Näin käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallinta nousevat aiempaa merkittävämmäksi kilpailutekijäksi liiketoiminnalle. Hallitsemalla käyttövarmuus- ja turvallisuusvaatimukset on mahdollista arvioida elinkaaren aikaiset tuotot ja kustannukset riittävällä luotettavuudella jo tuotteen elinkaaren alussa. Jatkovasti lisääntyvä huomio kestävään kehitykseen on osaltaan vaikuttamassa käyttövarmuuden ja turvallisuuden painoarvon korostumiseen. Voidaan olettaa, että luotettava järjestelmä antaa varmuutta elinkaari tuottojen ja kustannusten ennustamiseen, aiheuttaa vähemmän esim. vikaantumisten yhteydessä toteutuvia satunnaispäästöjä ja vähentää turvallisuutensa ansiosta työtaturmia. Näin käyttövarmuudella voidaan merkittävästi tukea kestävä kehityksen kolmeen keskeiseen pilariin, ekologisuuteen, talouteen ja sosiaalisiin tekijöihin, kohdistettujen tavoitteiden toteutumista.

Liikkuvia työkoneita valmistavissa yrityksissä on tunnistettu tarve kehittää omaa käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallinnan osaamista. Haasteena on kuitenkin ollut löytää sopivia toimintamalleja, jotka huomioivat alan erityispiirteet. Työkonealalle ominaisia piirteitä ovat esimerkiksi pienet sarjakoot, suuret tuotevariaatiot sekä koneiden hyvin erilaiset käyttöympäristöt. Erilaisia malleja on esitetty kirjallisuudessa, mutta niiden implementoiminen osaksi yritysten tuotekehitysprojekteja on osoittautunut hankalaksi. Uudelle ja selkeälle RAMS-hallintamallille (Reliability, Availability, Maintainability ja Safety) on olemassa tarve tällä teollisella sektorilla.

1.1 Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa -hanke

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

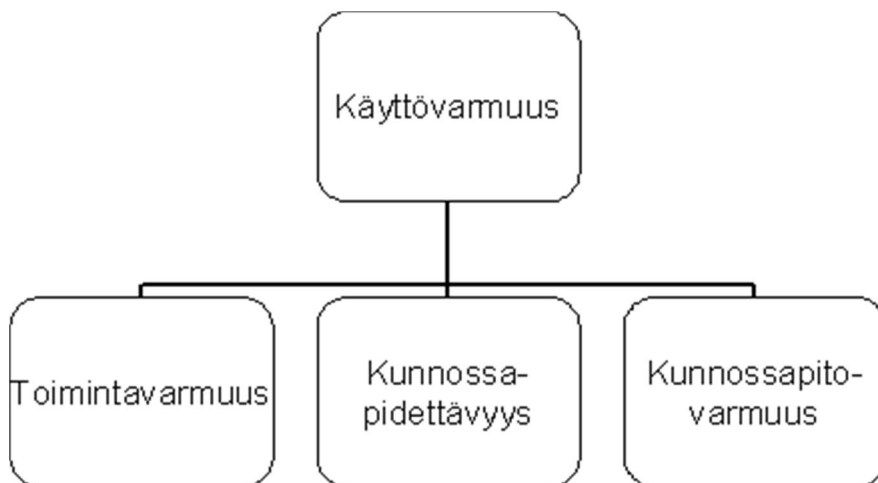
- käyttövarmuuden suunnittelumenetelmät suunnittelijan käyttöön ja niiden integrointiperiaatteet osaksi nykyaikaisia suunnittelutyökaluja (CAD, PDM)
- konseptit uusista tavoista jakaa ja etsiä käyttökokemustietoja yli yritysrajojen suunnittelijoiden käytäntöyhteisöissä
- digitaalisia tiedonsiirtokanavia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

Tämän julkaisun tulokset tavoittelevat RelSteps-hanketta edeltäneessä esitutkimuksessa asetettua visiota:

”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 määrittellä 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 haluamat lähtötiedot, ja muita tarvittavia tietoja valmistaja kerää ja määrittelee itse esimerkiksi simuloinnin ja erilaisten testausten avulla. Käyttövarmuuden laskenta on myös helposti muutettavissa suoraan kustannuksiksi.”

Määritelmällisesti 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 (SFS-IEC 50(191) [1996]). Käyttövarmuus koostuu kolmesta osatekijästä: toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta (ks. Kuva 2).



Kuva 2. Käyttövarmuuden osatekijät (SFS-IEC 50(191) [1996]).

Toimintavarmuus kuvaa kohteen kykyä suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Vastaavasti kunnossapidettävyyden 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. Nämä kaksi tekijää kuvaavat siis teknisen järjestelmän suunnittelussakin huomioitavia toiminnallisia ominaisuuksia. Käyttövarmuuden kolmas osatekijä, kunnossapitovarmuus, kuvaa puolestaan kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona.

RelSteps-hankkeessa tehty menetelmäkehitys toteutettiin läheisessä yhteistyössä viiden eri yrityksen kanssa. Nämä olivat Cargotec, John Deere Forestry, KONE, Konecranes ja Sandvik. Lisäksi hankkeessa tutkittiin ”Mittausdatasta jalostettua informaatiota (TOLKKU)” -hankkeen tulosten hyödyntämismahdollisuuksia yritysten suunnitteluprosessien tukena.

1.2 Julkaisun rakenne

Jotta käyttövarmuuden hallinnan elementtien integroiminen osaksi yritysten tuotekehitysprosesseja olisi helpompaa, olemme rakentaneet tämän julkaisun seuraavasti.

Julkaisun luvussa 2 ehdotetaan hankkeen aikana tehtyjen havaintojen perusteella yleistä elinkaarimallia liikkuvia työkoneita valmistavien yritysten tuotteille. Tämän jälkeiset luvut on järjestetty SFS-EN 60300-2-standardin (2004) esittämän luotettavuusohjelman pääosien, elementtien mukaisesti. Nämä osat ovat:

- Osa 1 Johtaminen

- Osa 2 Luotettavuustekniikat
- Osa 3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen
- Osa 4 Todentaminen ja kelpuuttaminen
- Osa 5 Tietämyskanta
- Osa 6 Parantaminen.

Standardissa nämä osat sisältävät yhteensä 32 eri tehtävää. Julkaisussa esitetään RelSteps-hankkeen tutkimus-caseissa tehdyt havainnot liitettynä standardin luotettavuusohjelman eri osiin ja tehtäviin. Tällä tavoittelemme SFS-EN 60300-2 -standardin (2004) käytännöllistämistä esittämällä näkemyksemme, kuinka standardia voidaan soveltaa oikeassa elämässä. Näin tavoittelemme merkittävien askeleiden ottamista kohti hankkeen visiota.

2. Tuotteen elinkaarimallit

Standardit ja tuotekehityksen hallintaa käsittelevä kirjallisuus esittelevät useita erilaisia elinkaarimalleja. Esimerkiksi standardi VDI 2221 (1987) käsittelee elinkaarta liittyen koneenrakennukseen, kun taas EN-50126 (1999) esittää oman elinkaarimallinsa rautatiesovellusten RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) -hallintaan. Ulrich ja Eppinger (2004) puolestaan käsittelevät tuotteen elinkaarta lähinnä kuluttajatuotteiden suunnittelun ja kehittämisen näkökulmasta.

Suoraavassa alaluvussa esitetään hankkeen aikana tehtyihin havaintoihin perustuva yleinen elinkaarimalli työkonesektorille ja kerrataan laitehierarkiaan perustuva näkyvä järjestelmän elinkaareen, joka alun perin esitettiin hankkeen julkaisussa ”Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa” (Franssila ym. 2012).

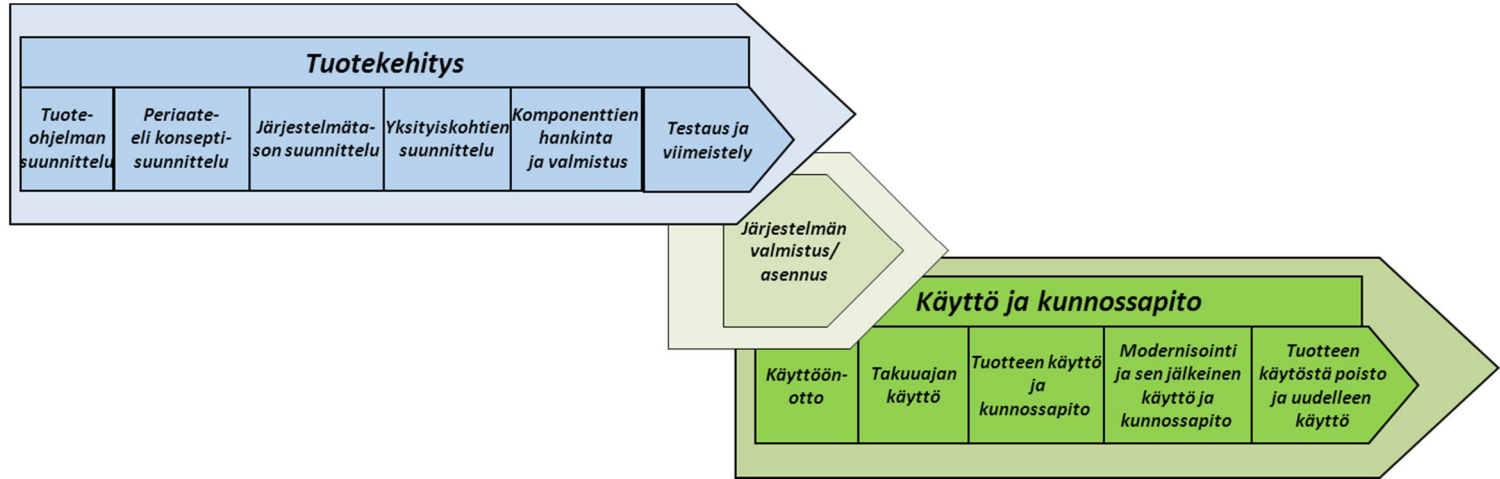
2.1 Yleinen ja laitehierarkiaan perustuva elinkaarimalli

Ehdotettava yleinen elinkaarimalli (Kuva 3) on jaettu kolmeen päävaiheeseen, jotka ovat

- tuotekehitys
- järjestelmän valmistus/asennus
- käyttö ja kunnossapito.

Hankkeen aikana kerääntyneiden kokemusten perusteella nämä elinkaarimallissa kuvatut vaiheet toimivat enemmän tai vähemmän omina kokonaisuuksinaan ja toimintoinaan esimerkiksi tiedon tai projektihallinnan näkökulmista. Menestyvän tuotteen kehittämiseksi ja sen markkinoille saattamisen onnistumiseksi on käyttövarmuuden hallinnan toimia hyvä miettiä myös näiden rajapintojen välille.

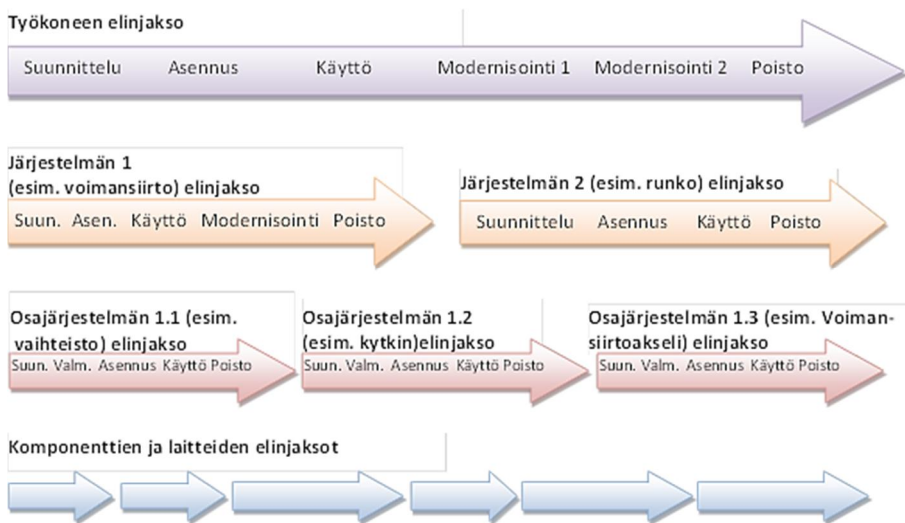
Tuotekehitykseen ehdotetuista vaiheista ensimmäinen on tuoteohjelman suunnittelu. Tuoteohjelman suunnittelu on prosessi, jossa päätetään kehitettävä tuoteportfolio ja sen markkinoille saattamisen ajoitus (Ulrich & Eppinger 2004). Vaiheen yhtenä tärkeänä tehtävänä on myös asettaa kehitettävän portfolion liiketoimintatavoitteet, jotka liittyvät esimerkiksi tuotteiden markkinoille saattamisen ajoitukseen, niiden kustannusrakenteeseen ja laatuavoitteisiin. Käyttövarmuus on yksi keskeinen tuotteen laatuominaisuus. Tämänkin perusteella käyttövarmuustavoitteet on asetettava siis ennen varsinaisen tuotekehityksen aloittamista, jotta niiden toteutuminen on mahdollista suunnitella.



Kuva 3. Yleinen elinkaarimalli työkoneille.

2. Tuotteen elinkaarimallit

Käyttö- ja kunnossapitovaiheen osalta erityishuomio tässä yhteydessä kohdistuu järjestelmän modernisointiin. Hankkeen aikana tehtyjen havaintojen perusteella suunnittelutoiminnon ja kunnossapito-organisaation yhteistyön syventäminen tuotekehitysvaiheessa voisi olla todellinen mahdollisuus esimerkiksi modernisointipalveluiden myymiselle ja yleisesti kunnossapitotoimenpiteiden ajoittamisen alustavalle suunnittelulle. Vaikka koko järjestelmän elinikä voi olla jopa 30 vuotta, sisältää se kuitenkin osajärjestelmiä tai komponentteja, joiden odotettavissa oleva elinikä on lyhyempi. Näiden uudistamiseen on hyvä varautua jo järjestelmän kehitysvaiheessa. Kuva 4 hahmottaa laitehierarkiaan liittyviä haasteita järjestelmään liittyvien osien elinkaarien kannalta. Laitehierarkian huomioiminen on erittäin tärkeää järjestelmän käyttövarmuuden hallinnassa.



Kuva 4. Elinjaksojen hierarkkisuus.

Käyttövarmuuden hallitsemiseksi niin järjestelmän suunnittelussa kuin myös myöhemmissä vaiheissa sen elinkaarta ymmärryksen muodostaminen tarkastelu-kohteena olevan järjestelmän elinkaaresta on erittäin tärkeitä. Esimerkiksi standardissa EN-50126 (1999), joka käsittelee toimitusprojektien käyttövarmuuden hallintaa rautatieympäristössä, käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallinnan muodostaminen perustuu vastausten ja toimenpiteiden löytämiseen seuraaviin viiteen peruskysymykseen:

1. Mikä on kohteelle soveltuva elinkaarimalli?
2. Mitkä ovat vaaditut käyttövarmuuden hallinnan tehtävät tuotteen elinkaaren eri vaiheissa?
3. Ketkä ovat vastuussa käyttövarmuuden hallinnan tehtävien toteuttamisesta?

4. Mitkä ovat tarvittavat ohjeet, työkalut ja referenssidokumentit näiden tehtävien toteuttamisessa?
5. Kuinka käyttövarmuuden hallinnan toimet implementoidaan osaksi yrityksen toimintaprosesseja?

3. Käyttövarmuuden hallinnan johtaminen

Luotettavuustekniikan standardissa (SFS-EN 60300-2 [2004]) on listattu useita luotettavuuden hallintaan liittyviä tehtäviä, joista vastuu on yrityksen ylimmällä johdolla. Standardin mukaan ylimmän johdon tehtävänä on

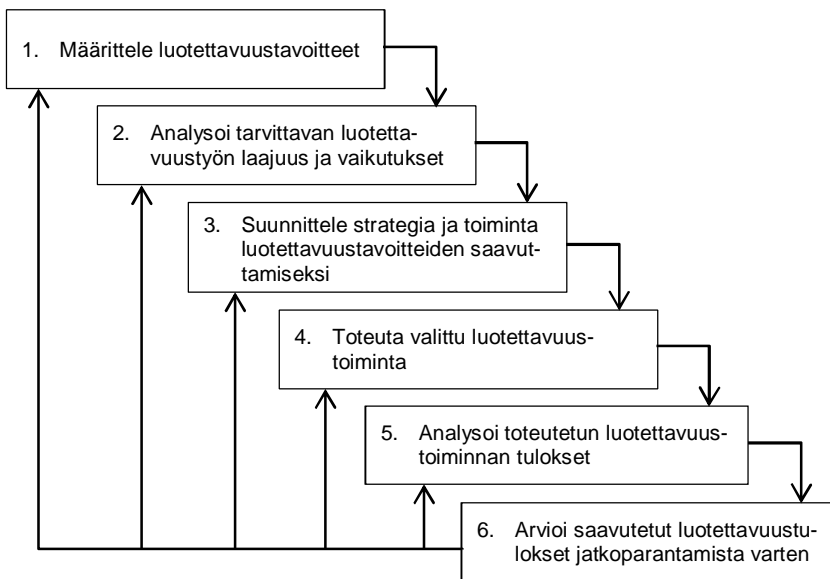
- määrittää luotettavuusvisio ja -strategia organisaation liiketoiminnan mukaisesti
- asettaa luotettavuuspolitiikka ja tiedottaa sen suunta, arvot ja velvoitteet organisaatiolle, toimittajille ja asiakkaille
- luoda ympäristö ja perusrakenne luotettavuuden hallintajärjestelmän ja prosessien tukemista, ymmärtämistä ja kustannustehokasta käyttöönottoa varten
- järjestää riittävät resurssit luotettavuusohjelmien kehittämiseen ja tietopohjan ylläpitämiseksi
- määrittää luotettavuussaavutusten mittauskriteerit
- keskittyä asiakastyytyväisyyteen ja kannustaa hankkimaan palautetta jatkuvaa parantamista varten.

Nämä tehtävät osoittavat selvästi sen, että luotettavuutta ja käyttövarmuutta on vaikea kehittää ilman yritysjohton sitoutumista. Käyttövarmuuden hallinta on nähtävä yhtenä keinona yrityksen strategian toteuttamisessa ja tavoitteiden täyttämiseksi. Käyttövarmuuden hallinta on kyettävä näkemään yrityksessä strategisena toimintana, jotta siihen vaadittavat panostukset ovat mielekkäitä yrityksen johdon näkökulmasta.

Käyttövarmuuden hallinnan prosessien on perustuttava yrityksen strategiaan, tuotekehitysprojektien tavoitteisiin ja viime kädessä asiakasvaatimuksiin. Tarkasteltaessa asiaa toisinpäin käyttövarmuuden hallinnan osaamisen kehittyminen ja resurssit ja käytännön mahdollisuudet käyttövarmuuden systemaattiseen tarkasteluun suunnittelussa perustuvat ennen kaikkea strategiaan päätöksiin – mille painoalueille resurssit ohjataan. Johdon asettamat tavoitteet ja niiden pohjalta kehitetyt prosessit, toiminnan mittarit ja käytännön tason työnohjaus suuntaavat käyttövarmuuden hallinnan menettelytapoja.

3.1 Käyttövarmuuden hallinnan prosessi

Luotettavuuden hallinnan päästandardissa SFS-EN 60300-1 (2004) on esitetty yleisesti prosessivaiheet luotettavuustavoitteiden saavuttamiseksi (kuva 5). Prosessivaiheet kattavat luotettavuuden suunnittelun, resurssien allokoinnin ja toimenpiteiden valvonnan ja sovitamisen. Esitetyt prosessivaiheet ovat hyvin yleisellä tasolla, joten samaa vaiheistusta voidaan soveltaa teknisen järjestelmän elinkaaren eri vaiheissa. Käytännön toimet on valittava sovelluskohteen ja elinkaaren vaiheen mukaisesti.



Kuva 5. Luotettavuuden hallinnan prosessivaiheet (SFS-EN 60300-1 [2004]).

3.2 Käyttövarmuuden hallinnan organisointi ja toimintatavat

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään käyttövarmuussuunnittelun asiakaslähtöistä ja tavoiteohjattua organisointia sekä käyttövarmuuden mittaamista ja seuranta käytännön tasolla. Esitetyt huomiot perustuvat RelSteps-projektin yhteydessä toteutettuihin haastatteluihin ja pohjautuvat täten tietoihin yritysten käytössä olevista nykyisistä toimintamalleista, niiden vahvuuksista ja haasteista.

3.2.1 Organisaation rakenne ja yhteistyön hallinta

Käyttövarmuussuunnittelu perustuu parhaimmillaan tiiviiseen yhteistyöhön sekä organisaation sisällä että ulkoisten sidosryhmien kanssa. Prosessien ja työkalujen on tuettava yhteistyön toteuttamista sekä mahdollistettava esimerkiksi se, että

3. Käyttövarmuuden hallinnan johtaminen

suunnittelun eri vaiheissa oikeat resurssit (oikea asiantuntemus ja osaaminen) tunnistetaan riittävän joustavasti ja nopeasti. Henkilötasolla tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että on riittävän helposti olemassa tieto siitä, kenen puoleen voidaan kääntyä kussakin tarvetilanteessa, esimerkiksi osaamisprofiilit ovat saatavilla helposti.

Suunnittelussa on usein mahdollisuus hyödyntää monipuolista tietoa useista eri lähteistä, mukaan lukien käyttövarmuuden ja kunnossapidon analyysit ja simulaatiot. Keskeiseksi kysymykseksi nousee, miten tämä tieto kootaan suunnittelun käyttöön. Tällä hetkellä käyttövarmuuden osalta useiden analyysien ja tietolähteiden integrointia ei nähdä tietojärjestelmäteknisenä asiana vaan koetaan, että kysymys on enemmänkin yhteistyöstä ja eri tietojen tuomisesta yhteiseen pöytään päätöksenteon pohjaksi.

Työkoneellisuudessa ja erityisesti niissä yrityksissä, joissa palveluliiketoiminta on saanut vahvaa jalansijaa, tyypillinen tilanne on se, että dataa kerätään varsin kattavasti erityisesti koneiden takuuajalta. Vastuualueiden väliseen tiedonvälitykseen ei kuitenkaan ole kiinnitetty riittävästi huomiota ja se on epämuodollista. Tuotekehityshankkeiden aikana tiettyjen merkkipaalujen kohdalla, esimerkiksi johtoryhmän kokousten yhteydessä, on kuitenkin mahdollista varmistaa suunnittelijoiden ja muiden sidosryhmien riittävä tiedonsaanti ja tuoda järjestelmällisyyttä tiedonvaihtoon. Tuotteen kehitys voi toisaalta jakautua useisiin projekteihin sekä normaalin tehokkuuden varmistamiseksi että riskienhallinnallisista syistä. Tällöin on erityisesti kiinnitettävä huomiota kokonaisuuden hallintaan. Toiminnan tehokkuuden kannalta on kuitenkin hyvä, jos "informaation jalkauttaminen" pystytään tekemään mahdollisimman järjestelmällisesti siten, että esimerkiksi suunnittelija saa tietoa, joka on juuri hänen tehtävänsä kannalta olennaista. Tämä riippuu taas esimerkiksi siitä, miten komponenttivalinnat on organisoitu: kuinka paljon valintoja tehdään pääsuunnittelussa, erillisissä prosesseissa ja päivittäisen suunnittelun yhteydessä. Järjestelmien elinjakson aikana syntyneen tiedon välittämisen osalta on tunnistettu kehityskohteita: prosessien tulee tukea suunnittelun ja palvelu- ja huolto-organisaation yhteistyötä aiempaa paremmin. Tiedonkulku huollosta tuotekehitykseen tulee varmistaa. Käyttövarmuuden seuranta ja tiedonkeruu on lisäksi hyvä suunnitella tiiviissä yhteistyössä.

Myös suunnittelun aikaisen tiedon kerääminen ja hyödyntäminen on tärkeää. "Lessons learned" -työvaihe, jossa systemaattisesti kartoitettaisiin vastaaviin järjestelmiin tai sen osiin liittyviä kokemuksia, onnistumisia ja virheitä, voikin olla olennainen osa käyttövarmuuden hallintaprosessia. Toimintatapa edellyttää myös ratkaisuja tiedonhallintaan ja ohjeistusta siitä, miten opittuja kokemuksia kirjataan. Keskeistä on, että olemassa olevan tiedon perusteella suunnittelija pystyy tekemään oikeita johtopäätöksiä ja toimenpiteitä. Kehitettävää on erityisesti epäonnistuneisiin suunnitteluratkaisuihin liittyvien tietojen keräämisessä. Usein epäonnistuminen jää kyseisen tuotekehitysprojektin erääksi vaiheeksi ja ainoastaan onnistunut projekti dokumentoidaan. Haaste korostuu suuressa organisaatiossa, jossa epäformaali tiedonvaihto on vähäistä.

Nykyään työkoneissa käytetään hyvin paljon ulkopuolisilta toimijoilta hankittuja komponentteja. Tällöin tiedon jakaminen ja tarvittavan tiedon saaminen kompo-

nettitoimittajalle muodostuu tärkeäksi prosessiksi, joka myös täytyy pystyä hallitsemaan. Samalle tuoteryhmälle on usein useita eri toimittajavaihtoehtoja. Toimittajat on saatettu valita jo etukäteen, ja suunnittelija tekee valinnan komponentista kyseisen komponenttitoimittajan kanssa. Joissain tapauksissa voi myös olla, että työkonetta suunnitellessa havaitaan, ettei olemassa olevilta toimittajilta löydy oikeanlaista tuotetta. Tällöin joudutaan käyttämään täysin uuden toimittajan tuotetta tai vanhan toimittajan on keksittävä ratkaisu ongelmaan. Kaikissa näissä tilanteissa pitäisi pystyä varmistamaan, että tarvittava tieto kulkee oikeille henkilöille ja komponenttitoimittajalla on riittävästi dataa, jotta se voi tarjota oikeanlaista komponenttia.

3.2.2 Asiakstarpeiden ja käyttövarmuusvaatimusten mukaisen suunnittelun organisointi

Tuotteiden elinkaaren aikaiselle käyttövarmuudelle sekä kustannuksille asetettavat tavoitteet ohjaavat projektikohtaisia käyttövarmuuden hallinnan toimenpiteitä. Käyttövarmuuden mittareilta odotetaan, että ne ohjaavat toimintaa siten, että suunnittelutyö ja resurssit (erityisesti laadun varmistamisen osalta) kohdennetaan oikeisiin asioihin. Näitä ovat kohteet, joissa on merkittävä kehittämispotentiaali tai joihin liittyy suuri riski. Yrityshaastatteluissa laadunsuunnittelun kannalta keskeisimmiksi mittaroinnin näkökulmiksi nousivat eri toimintojen vikaantumisen aiheuttamat tuotannolliset riskit ja turvallisuusriskit sekä yksittäisten komponenttien hajoamisen aiheuttama kustannusriski. Tavoitteiden täyttämiseksi tarjolla olevista ratkaisuista, erityisesti komponenteista, tulisi olla saatavilla tietoa suunnittelijalle suunnitteluprosessin varhaisessa vaiheessa.

Työkoneteollisuuden asiakaskunnassa elinjaksosymmärrys ja elinjaksokustannustietoisuus ovat kasvaneet merkittävästi ja kasvavat yhä. Suorituskykyyn perustuvat sopimukset eivät kuitenkaan ole vielä kovin yleisiä. Vaikka keskimäärin käyttövarmuustavoitteiden asetanta ei ole asiakkaiden keskuudessa vielä kovin systemaattista ja asiakaskunnissa on vaihtelua, käyttövarmuuden vaatiminen on edelleen yleistymässä ja erityisesti suurilla asiakkailla on jo hyviä valmiuksia ilmaista käyttövarmuustavoitteita toimittajille. Kyky vastata näihin vaatimuksiin ja sitoutua tiettyyn tasoon sopimuksin voi olla merkittävä kilpailuetu. Pelkän toiminta-
varmuuden sijaan yhä suurempi osa asiakkaista näkee käyttövarmuuden kokonaisuutena. Pääkomponenttien kestävyys ja käytettävyyden maksimointi ovatkin asiakaskunnalle tärkeitä ja yhdistäviä näkökohtia.

Edellä mainitut näkökohdat edellyttävätkin toimittajan käyttövarmuuden hallinnan prosesseilta keinoja vaatimustiedon hankintaan ja hallintaan. Käyttövarmuuden hallinnan prosesseilta edellytetään tehtäviä, jotka pystyvät huomioimaan suunnittelussa asiakkaan tarpeet ja käyttövarmuuteen liittyvät tavoitteet tuotteen elinkaaren aikana sekä toimittajaorganisaation omat suunnittelun aikaiset sekä tuotteen koko elinkaaren tavoitteet (ml. takuukustannukset). Asiakasvaatimusten keräämisen osalta on myös keskeistä varmistua siitä, että koko asiakaskunta tulee riittäväällä kattavuudella huomioiduksi. Toisaalta tilanne riippuu tuotteiden räätälöintitarpeista ja -mahdollisuuksista. Koneiden käyttöympäristö ja olosuhteet vaikuttavat käyttö-

3. Käyttövarmuuden hallinnan johtaminen

varmuuteen ja vaatimusten määrittämisessä pitääkin varmistua, että on riittävä ymmärrys näistä tekijöistä.

Tuotekehitysprojektin fokus saattaa vaihdella erittäin innovatiivisista ja kokonaisvaltaisista uusista ratkaisuista pienempiin, rajatumpia alueita koskeviin tuotemuutoksiin. Yritysten nykyisten tyypillisten käytäntöjen mukaan käyttövarmuussuunnittelun tehtäviä voidaan pienten muutosten yhteydessä tehokkuussyistä rajata ja kohdentaa, hyödyntäen olemassa olevaa käyttövarmuustietoa ja -analyyssejä. Täysin uudenlaiset ratkaisut sen sijaan vaativat kattavamman käyttövarmuussuunnittelun.

3.2.3 Käyttövarmuuden toteutuman mittaaminen ja seuranta

Työkoneteollisuudessa käyttövarmuuden kolmea eri osa-alueetta yhdessä mittaava käytettävyyden on erityisesti kattavuutensa takia tärkeä ja kiinnostava mittari ja sen käyttö asiakasyhteistyössä on lisääntymässä. Käyttövarmuuden ylläpitoon käytettävät panostukset muodostavat toisen merkittävän mittarin. Vaikka elinjakson aikainen käyttövarmuus on asiakkaiden keskeisten hankintapäätöksentekokriteerien joukossa, tuotteiden hankintahinta painottuu asiakaskunnan päätöksenteossa edelleen vahvasti. Lisääntynyt ymmärrys elinjaksokustannuksista toisaalta mahdollistaa tulevaisuudessa esimerkiksi suuntauksen, jossa elinjakson aikana seurataan kunnossapito-, investointi- ja epäkäytettävyyssuunnitelmia kokonaisuutena ja toimenpiteitä ohjataan kyseisten kustannustekijöiden yhteissumman perusteella.

Suunnittelun kannalta olisi tärkeää, että koneiden käyttövarmuutta mitataan siten, että toteutunaa voisi pitkällä aikavälillä verrata suunniteltuun käyttövarmuuteen. Seurannalta vaaditaan järjestelmähierarkian näkökulmasta riittävää syvyyttä, jotta on mahdollista nähdä, mistä käyttövarmuus koostuu. Suunnitteluorganisaation erityisenä kiinnostuksenkohteena on usein esimerkiksi tuotekehityksessä parannettujen komponenttien tai osajärjestelmien seuraaminen yhdistämällä tuotekehityksen ja käytön aikaista tietoa. Tavoitteena on arvioida valittujen toimenpiteiden vaikuttavuutta. Vastaavasti seuranta järjestelmän eri tasoilla tukee käyttövarmuustavoitteiden asettamista ja uuden tuotekehitysprojektin varsinaista suunnittelutyötä.

Vanhasta konekannasta saatavan datan ja epäformaalin palautteen organisointi suunnittelun käyttöön on todettu merkittäväksi haasteeksi, eikä esimerkiksi suunnittelijoiden ole nykyiselle tasolle mitoitetuilla resursseilla mahdollista käyttää aikaa suuren datamassan läpikäyntiin vaan tiedon jalostamisen tulisi toimia omana prosessinaan. Käyttövarmuuden seurantaan on kiinnitettävä huomiota myös siksi, että saadaan tietoa suunnitteluperusteiden toimivuudesta ja voidaan osaltaan myös tarkastella sitä, miten suunnitelma ja valmistettu tuote vastaavat käyttövarmuusominaisuuksien osalta toisiaan. Lisäksi laatuolosuhteiden ja käyttövarmuuden hallinnan prosessien pitää yhdessä tukea poikkeamien syiden selvittämistä sekä niiden arviointia ja ennakoitua.

3.3 Käyttövarmuuden hallinnan kehittäminen

Käyttövarmuuden hallinnan organisoinnin kehittäminen kannattaa aloittaa analysoimalla nykyisiä menettelyitä ja resursseja, joiden avulla käyttövarmuutta pyritään hallitsemaan. Käytännössä nykytila-analyysin tavoitteena on tunnistaa organisaation nykyiset keinot aikaansaada ja hallita tuotteiden käyttövarmuutta. Käyttövarmuuden hallintaan tähtäviä menettelyitä ja hallinnan mahdollistavia resursseja löytyy jossain määrin tyypillisesti jokaisesta suunnittelevasta organisaatiosta, enemmän tai vähemmän eksplisiittisesti sellaisiksi tunnistettuina ja nimettyinä.

Suunnittelutoimintaa ohjaavat tyypillisesti organisaation johtamis-, suorituskykymittaus- ja laatujärjestelmän prosessikuvaukset. Prosessikuvaukset ottavat eri määrin kantaa siihen, millaisilla tavoitteilla, mittareilla, työnjaolla, vastuurakenteilla ja resursseilla prosesseja ja prosessien eri osatehtäviä ohjataan ja toteutetaan. Käyttövarmuuden hallinnan organisoinnin nykytilan määritys kannattaa aloittaa tutustumalla johtamis- ja laatujärjestelmien ja muun suunnittelua ohjaavan dokumentaation sisältöihin. Kannattaa myös tutkia, missä määrin käyttövarmuuden hallintaan tähtävyä tai siihen liittyvää toimintaa on sisältyneenä prosesseihin. Varsin usein laadunvarmistamiseen liittyvät tavoitteet ja prosessit sisältävät käytänteitä, jotka tukevat myös käyttövarmuuden hallintaa tai varsinaisesti ovatkin sitä. Esimerkiksi teemoiltaan erilaiset ja eri toimintojen asiantuntijoita yhteen kokoavat suunnittelukatselmuksat tuoteprosessin eri vaiheissa voivat palvella käyttövarmuudenkin hallinnan tavoitteita.

Suunnittelussa hyödynnettävien työkalujen ominaisuudet, tosiasiallinen käyttö ja suunnittelussa tavanomaisesti tuotettu dokumentaatio antavat myös osviittaa siitä, miten käyttövarmuus suunnittelun kriteerinä hallitaan tuoteprosessissa.

Organisaation käytännön toiminta ei välttämättä toteudu prosessikuvausten mukaisesti, ja varsinkaan suunnittelumenettelyiden yksityiskohdat ja käytännön toteutus eivät aina vastaa täysin prosessikuvauksia. Siksi käyttövarmuuden hallinnan nykytilan havainnoinnissa on kiinnitettävä huomiota siihen, missä määrin käyttövarmuuden tavoitteenasetteluun, tunnistamiseen, varmistamiseen, seurantaan ja parantamiseen tähtäviä tosiasiallisia toimenpiteitä esiintyy suunnittelun käytännössä. Tietoa näistä käytännöistä voi kerätä organisaation sisäisin asiantuntijahaastatteluin ja -kyselyin. Etenkin haastattelut saattavat nostaa esiin varsin moni-ilmeisiä ja myös vaihtelevia suunnittelukäytäntöjä. Asiantuntijahaastatteluiden ja -kyselyiden avulla saadaan myös kuva siitä, missä määrin käyttövarmuuden tavoitteistus, priorisointi, tarvittavat työkalut ja suunnittelun käytettävissä olevat käyttövarmuustiedot vastaavat yhtäältä nykyisen tavoitetason mukaista toimintaa sekä kehittyneempää käyttövarmuuden hallintaa. Asiantuntijoita kuulemalla on saatavissa arvioita siitä, missä määrin esimerkiksi erityyppisen käyttövarmuustiedon saatavuus ja käytettävyys on tyydyttävää ja missä määrin kerättävän tiedon edustavuus ja tilastollis-tekninen laatu tyydyttävät.

Elinkaarinäkökulma on olennaista ottaa huomioon käyttövarmuuden hallinnan organisoinnin nykytilan arvioinnissa. Käyttövarmuuden hallintaan tarvittavia resursseja, esimerkiksi laitteen kenttäelinkaaren aikaista vika- ja huoltotietoa, tuotetaan

3. Käyttövarmuuden hallinnan johtaminen

tuotekehitys- ja suunnittelutoiminnon ulkopuolella ja myös oman organisaation ulkopuolella. Esimerkiksi toimittajilla ja jakelijoilla voi olla merkittävä rooli käyttövarmuustietojen tuottajana ja lähteenä. Tämän vuoksi suunnitteluyhteistyö muiden toimintojen ja partneriorganisaatioiden kanssa on huomioitava sekä käyttövarmuuden hallinnan nykytilaa arvioitaessa että sitä edelleen kehitettäessä. Yhteistyömuotojen tunnistamisessa haastattelut ja kyselyt ovat jälleen hyvä tiedonhankintakeino.

Käyttövarmuuden hallinnan nykytilan itsearviointia tukeva lomake esitetään liitteessä 1.

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

Luotettavuusohjelma sisältää luotettavuuden hallintaan yrityksessä määritellyt tehtävät. Standardin SFS-EN 60300-2 (2004) liitteessä A on esitetty yhteensä 32 luotettavuusohjelman tehtävää, jotka on jaoteltu kuuteen osaan:

- Osa 1 Johtaminen
- Osa 2 Luotettavuustekniikat
- Osa 3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen
- Osa 4 Todentaminen ja kelpuuttaminen
- Osa 5 Tietämyskanta
- Osa 6 Parantaminen.

Luotettavuusohjelman tehtävät ja niiden merkitys poikkeavat toisistaan sen mukaan, minkälaisesta tuotteesta on kyse ja mistä tuotteen elinkaaren vaiheesta on kyse. Seuraavissa luvuissa esitellään RelSteps-hankkeessa kehitettyjä menetelmiä standardissa mainittujen tehtävien toteuttamiseksi. Koko luotettavuusohjelman toteuttaminen on laaja kokonaisuus, ja käytännön menetelmäkehitys on tehty case-yritysten tarpeista lähtien, joten RelSteps-hanke ei kata kaikkia luotettavuusohjelman osa-alueita vaan pääpaino on ollut osassa 3 analysointi, arviointi ja määrittäminen sekä osassa 5 tietämyskanta. Lisäksi projektin fokuksen mukaisesti kehitetyt menetelmät soveltuvat suunnitteluvaiheeseen.

Seuraavat alaluvut käsittelevät standardeissa esitettyjä suuntaviivoja ja ohjeita käyttövarmuuden hallintaan sekä liikkuvien työkonien valmistajien erityishaasteita tuotekehitysprojekteissa. Lisäksi kuvaillaan valmistajien nykyisiä toimintamalleja. Haasteiden käsittely ja nykyisten toimintamallien esittely perustuvat RelSteps-hankkeessa toteutettuihin haastatteluihin (Valkokari ym. 2011a). Luvussa tuodaan esille tiedonkeruun ja -hallinnan suuri merkitys käyttövarmuuden hallinnassa sekä kiinnitetään erityistä huomiota tunnistettuun tarpeeseen panostaa erityisesti suunnittelun varhaisen vaiheen käytännönläheiseen ja tehokkaaseen käyttövarmuussuunnitteluun. Seuraavat luvut siis täydentävät kehitettyjen menetelmien osalta hankkeen alussa suunnittelun varhaiseen vaiheeseen kuvattua käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallintamallia (Jännes 2011).

4.1 Osa 1 Johtaminen

Standardin SFS-EN 60300-2 (2004) mukaan johtamiseen liittyviä tehtäviä luotettavuusohjelmassa ovat

- luotettavuussuunnitelman teko
- luotettavuusspesifikaatioiden määrittäminen
- ohjausprosessien määrittämisen
- suunnittelun ohjaus
- valvonta ja katselmointi
- toimitusketjun hallinta
- uuden tuotteen käyttöönotto.

4.1.1 Käyttövarmuustavoitteiden asettaminen ja allokointi suunnittelun alkuvaiheessa

Tässä alaluvussa esitetyt asiat liittyvät pääasiallisesti standardin SFS-EN 60300-2 (2004) luotettavuusohjelman tehtävään 2 ”luotettavuusspesifikaatio”. Lisäksi laadullisten käyttövarmuusvaatimusten asettamisessa käsitellään tehtäviin 13 ”sovel-lusympäristön analysointi” ja 15 ”osien arviointi ja valvonta” liittyviä kysymyksiä.

Tavoiteasetannassa yritetään käyttää aiemmista tuotekehitysprojekteista ja tuotteiden käyttövaiheesta kerääntynyttä tietoa mahdollisimman tehokkaasti. Kehitettävän tuotteen uutuudesta riippuen käytössä olevan tiedon määrä vaihtelee suuresti.

Case: Käyttövarmuustavoitteiden asettaminen konseptivaiheessa

HAASTEET

Käyttövarmuusvaatimusten asettaminen on konseptivaiheen käyttövarmuuden hallinnan keskeinen tehtävä. Konseptivaiheessa on huomioitava tiedon vähäisyys kehitettävästä tuotteesta ja sen komponenteista sekä käytössä olevien resurssien niukkuus. Casen tavoitteena oli kehittää järjestelmällinen, tehokas ja erityisesti konseptivaiheeseen liittyvät reunaehdot huomioiva käytännönläheinen tapa vaatimusten hallintaan.

RATKAISUT

Case-tutkimuksessa kehitettiin keinoja hahmottaa laadullisia käyttövarmuusvaatimuksia järjestelmätasolla sekä allokoida kvantitatiivisia ylätasoon vaatimuksia järjestelmähierarkias- sa alaspäin. Laadullisen tarkastelun tarkoituksena on sekä asettaa vaikeasti numeerisesti mitattavissa olevia vaatimuksia järjestelmälle että nostaa tarkastuslistan omaisesti käyttövarmuuden eri osa-alueisiin liittyviä näkökohtia ja riskejä esille. Tältä osin analyysi täyden- tää kohteesta tehtyä riskianalyysia. Kvantitatiivisten vaatimusten allokointiin kehitettyä lähestymistapaa demonstroitiin Excel-ympäristöön kehitetyllä työkalulla.

HYÖDYT

Case-tutkimus toteutettiin yhteistyössä KONEen kanssa. Käyttövarmuusvaatimusten laadul- lisen tarkastelun avulla katsotaan laajasti käyttövarmuuteen liittyviä kysymyksiä, ja tarkas- tuslistan tapaisella käsittelyllä on mahdollista saada keskeiset asiat työryhmän keskustelta- vaksi nopeasti. Käyttövarmuustavoitteiden allokointiin kehitettyä työkalua voi käyttää yläta- soon vaatimuksiin pohjautuvien tavoitteiden hahmotteluun ja iterointiin toiminto- ja laitetasol- la. Lisäksi kyetään arvioimaan tavoitteiden realistisuutta ja tunnistamaan tarve vaihtoheitoi- sille toteutustavoille.

Käyttövarmuustavoitteiden asettaminen kuuluu keskeisesti tuotekehityksen alkuvaiheiden tehtäviin. Luotettavuustavoitteiden määrittely onkin luotettavuuden hallinnan prosessissa esitetty ensimmäisenä varsinaisena prosessiaskeleena (SFS-EN 60300-2 [2004]). Standardeista muun muassa IEC 60300-3-4 (2007) antaa suuntaviivoja tavoitteiden määrittelyyn. Käytännössä konseptivaiheessa saatavilla oleva tieto ei useinkaan salli käyttövarmuusvaatimusten yksityiskohtiin menevää käsittelyä. Sen sijaan on tärkeää antaa suuntaviivoja käyttövarmuussuunnittelulle ja vaikuttaa keskeisiin käyttövarmuuden tekijöihin riittävän varhaisessa vaiheessa suunnitteluprosessia. Yksityiskohtaisten tavoitteiden määrittäminen tai asetettujen tavoitteiden täsmentäminen on mahdollista tuotekehitysprosessin aikana suunnittelun edessä.

Käyttövarmuusvaatimusten hallinta on osoittautunut haastavaksi alueeksi sekä päätason tavoitteiden että järjestelmähierarkian alempien tasojen tavoiteasetannan osalta. RelSteps-hankkeen yrityshaastattelujen perusteella asiakkaiden valmiudet käyttövarmuusvaatimusten ilmaisemiseen vaihtelevat eikä käyttövarmuusvaatimusten allokointiin osajärjestelmä- ja komponenttitasolla ole tällä hetkellä yleisesti käytössä järjestelmällisiä käytäntöjä. Inkrementaalisen tuotekehityksen luonne ja tuotteista saatu pitkäaikainen kokemus ovat luoneet tilanteen, jossa tälle osa-alueelle ei ole ollut painetta hakea ratkaisuja. Nykyiset tavoiteasetantaan liittyvät ohjeistukset voivat yrityksissä vaihdella käytännönläheisistä tarkastuslistoista ja yleisistä suuntaviivoista yksityiskohtaisempiin ohjeisiin mm. vaatimusten kvantifiointiin liittyen.

Käyttövarmuustavoitteiden asettaminen edellyttää kaikkien käyttövarmuuden näkökulmien huomioimista: toimintavarmuus, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuus. Olemassa olevissa menetelmissä on useita eri vaihtoehtoisia näkökulmia vaatimusten hallintaan: mm. asiakaslähtöiset lähestymistavat, takuukustannuksiin perustuvat lähestymistavat ja kokonaiskustannuksiin kohdistuvat menetelmät (Yang 2007). Inkrementaalisen tuotekehityksen yhteydessä on tärkeää selvittää käyttövarmuuden nykytilanne markkinoilla jo olevan järjestelmän osalta ja tämän jälkeen pohtia uudelle järjestelmälle asetettavia tavoitteita em. näkökulmista. Uusiin innovaatioihin ja teknologioihin perustuvien tuotekonseptien osalta on myös tärkeää tunnistaa mahdolliset vertailukohdat, joita voidaan hyödyntää tavoitteita asetettaessa.

Perustuen kirjallisuuteen ja olemassa oleviin RAM-hallinnan käytäntöihin RAM-tavoitteiden perustana voidaan pitää seuraavia näkökulmia:

- asiakasvaatimukset käyttövarmuuden eri osatekijöille ja käytettävyydelle
- takuuajainen vikaantumisen ja takuukustannukset
- elinjakokustannukset
- käyttövarmuuden kehittämisen kustannukset.

Laadullisten käyttövarmuusvaatimusten määrittäminen

Käyttövarmuustavoitteiden asettamiseen kuuluu sekä laadullisesti että kvantitatiivisesti määriteltäviä näkökohtia. Erillisten laadullisten kysymysten perusteella

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

Luodaan aivan aluksi pohja yksityiskohtaisempien tavoitteiden asettamiseksi määrittelemällä mm. seuraavat asiat:

- kohdejärjestelmän käyttö ja sovelluskohteet: suunnitellut toiminnot ja käyttö-aika
- vian määritelmä tarkasteltavan kohteen osalta: määritellään, mitkä tapahtumat luokitellaan käyttövarmuusvaatimusten näkökulmasta vioiksi
- käyttöolosuhteet: määritellään keskeisimmät järjestelmän käyttöön liittyvät ominaispiirteet (operointitavat ja järjestelmään kohdistuvat kuormitukset)
- ympäristöolosuhteet: määritellään mm. kosteus, lämpötila ja muita sovelluskohtaisesti kohdejärjestelmän toiminnan kannalta merkittäviä ympäristöolosuhteiden mittareita.

Käyttövarmuusvaatimusten tarkastelua voidaan ja on hyödyksi konseptivaiheessa jatkaa laadullisella tasolla. Siinä missä kvantitatiivinen tarkastelu tarjoaa käyttövarmuussuunnittelun ohjaamiselle mitattavia suureita, laadulliset tarkastelut kiinnittävät huomiota vaikeammin kvantifioitaviin mutta käyttövarmuuden kannalta keskeisiin kysymyksiin ja päätöksentekotilanteisiin (esim. mikä on vaadittava luotettavuustekninen rakenne, mitä komponenttien ja toimittajien valinnassa tulisi huomioida ja miten vaihtoehdot suunnitteluratkaisut vaikuttavat mm. kunnossapidettävyyssnäkökohtiin). Laadulliset tarkastelut myös ohjaavat keskustelua ja oman organisaation toimintaa oikeisiin asioihin, ohjaavat toimittajayhteistyötä ja täydentävät konseptivaiheen riskianalyysia käyttövarmuuteen vaikuttavien haasteiden esille nostamisessa. Käyttövarmuusvaatimusten käsittelyyn voidaan käyttää käyttötarkoitukseen sopivaa listaa tarkasteltavista asioista tai varsinaista tarkastuslistaa. Oheisissa taulukoissa 1–3 on esimerkkejä tärkeäksi koetuista käyttövarmuuden näkökulmista ja käyttövarmuuden tasoon vaikuttavista tekijöistä, joihin on kiinnitettävä huomiota suunnittelun alkuvaiheessa ja erityisesti konseptoinnissa. Näkökohdat esitetään käyttövarmuuden kolmen osatekijän mukaisesti. Listan perusteella on keskeistä käydä läpi kysymyksiä, jotka ohjaavat komponentti- ja toimittajavalintoja sekä suunnitteluratkaisujen valintaa sekä ohjaavat jo valittujen alihankkijoiden tai osajärjestelmä- ja komponenttitoimittajien kanssa työskentelyä. Taulukoissa esitettyjen aihealueiden käsittely ja kysymysten esittäminen täydentävät konseptivaiheen riskianalyysia siten, että analyysissa esille tulleiden näkökohtien vaikutusta voidaan pohtia koko järjestelmän kannalta sekä erityisesti toimittajille ja yleisesti suunnittelulle asetettavien vaatimusten näkökulmasta. Näin varmistetaan keskeisten käyttövarmuusnäkökohtien huomiointi päätasolla. Tarkastelun taso ja tarkkuus tulee valita siten, että näkökohtia pohdittaisiin riittävän konkreettisesti ja mahdolliset haasteet tulisivat todennäköisimmin esille, esimerkiksi osajärjestelmätasolla. Standardi IEC 60300-3-4 (2007) määrittelee laadullisten käyttövarmuustavoitteiden asettamisen periaatteita. Standardin mukaan tavoitteita voi asettaa järjestelmän suunnittelun kriteerien suhteen ja käyttövarmuuden kehittämisen toimenpiteille järjestelmän elinkaaren aikana.

Taulukko 1. Toimintavarmuuteen vaikuttavia näkökohtia.

Tekijä	Kysymyksiä ja huomioita
Kriittisimmät toiminnot ja toimintojen monitorointi	Määritellään toiminnot asiakasvaikutusten ja järjestelmän elinkaarikustannusten kannalta. Toteutetaan konseptivaiheen riskianalyysin tulosten tulkintana ja koontina. Kriittisimpien toimintojen osalta voidaan asettaa vaatimukset turvajärjestelmien ja automaattisten tai manuaalisten tarkastusten valmiuden osalta.
Komponenttien valinta	Arvioidaan, mitä järjestelmän kehittäminen vaatii toimittajien osaamiselta ja komponenteilta. Arvioidaan potentiaalisen toimittajan kyky saavuttaa asetetut vaatimukset. Komponenttien saataavuuden varmistaminen.
Komponenttien sijoittelu	Tunnistetaan komponenttien sijoittamiseen liittyvät eri näkökohdat, ml. asennukseen ja kunnossapidettävyyteen vaikuttavat tekijät sekä esimerkiksi sisäiset ja ulkopuoliset rasitukset ja olosuhdetekijöiden vaikutukset eri sijoitteluvaihtoehdoissa.
Kunnossapito-ohjeistus	Monimutkaisten järjestelmän osien kohdalla kunnossapito-ohjeistukseen liittyviin vaatimuksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tieto vaadittavasta erityisosaamisesta, erikoistyökaluista tai tiedosta tulee vaatimuksesta riippuen saada toimittajalta.
Oletettavan väärinkäytön estäminen käytön ja kunnossapidon aikana	Vaatimukset komponenttien sijoittelusta ja suojaamisesta siten, että komponentit eivät vaurioidu käytön ja kunnossapidon aikana tapahtuvien mahdollisten inhimillisten virheiden seurauksena.
Suunnittelun luotettavuusteknisen rakenteen varmistaminen	Mm. redundanttisten järjestelmän osien riippumattoman toiminnan varmistaminen (engl. path separation).
Yksittäisvika- ja yhteisvikakriteerit (engl. single fault criterion, accumulating fault criterion)	Vaatimukset järjestelmän luotettavuustekniselle rakenteelle: a) yksittäinen vika ei saa aikaansaada kriittistä järjestelmän toiminnallista vikaantumista, b) piilevä vika ei saa yhdessä muiden vikaantumisten kanssa aikaansaada kriittistä järjestelmän toiminnallista vikaantumista.

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

Taulukko 2. Kunnossapidettävyyteen vaikuttavia näkökohtia.

Tekijä	Huomioita
Kunnossapidettävyyden huomioimiseksi toteutettavien toimenpiteiden määrittely	Osajärjestelmä- ja komponenttitoimittajilta vaadittavat toimenpiteet kunnossapidettävyyden huomioimiseksi.
Kulumisen ja vähittäisvikaantumisen tunnistaminen	Määritellään, miltä osin käyttäjät ja kunnossapito erityisesti tarvitsevat tietoa vikaantumisen kehittymisestä.
Vikojen havaitseminen ja etsintä	Määritellään, mitä järjestelmältä vaaditaan vikojen nopean löytämisen osalta. Mahdollisesti vaaditaan toimittajilta lisätietoa komponenttivoista, mikä tukee vianetsintää.
Järjestelmän osien huolto ja korjaus, huomioitavia näkökohtia: <ul style="list-style-type: none">• Ohjeistus• Luoksepäästävyys• Toimenpiteen suorittamisen vaatimustaso• Työkaluvaatimukset• Turvallisuustoimenpiteiden tarve	Määritellään kunkin osatekijän osalta esim., mitä vähintään odotetaan (esim. luoksepäästävyys osalta) tai mihin tasoon enintään on valmiuksia kunnossapito-organisaation tai -verkoston kannalta (työkaluvaatimukset ja osaamistaso).

Taulukko 3. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavia näkökohtia.

Tekijä	Huomioita
Tavoitteet kunnossapidolle, esim. <ul style="list-style-type: none">• Hallinnollinen viive• Keskimääräinen logistinen viive• Varaosien saatavuus• Henkilökunnan osaamistaso• Fasiliteeteille ja työkaluille asetettava vaatimustaso	Määritellään tavoitteet kunnossapidon toteuttamiselle (vaste, nopeus) sekä resurssien taso, johon on valmiuksia.

Laadulliset RAM-tavoitteet on hyödyllistä raportoida järjestelmällisesti edellä esitettyjen otsikoiden mukaisesti siten, että jälkikäteen on mahdollista saada selville paitsi keskeiset toimenpiteet ja vaatimukset myös päätelmät sekä johtopäätösten ja mahdollisen huomiotta jättämisen perusteet.

RAM-tavoitteiden allokointi osajärjestelmille

RAM-tavoitteiden allokointiin on esitetty useita menettelytapoja (Østeras ym. 2004): 1) satunnaiseen valintaan perustuvat menettelyt, 2) markkinoiden herkkyysoanalyysiin perustuvat lähestymistavat, 3) lopputuotteen ja yrityksen pitkän tähtäimen vaatimukset, 4) aiempaan suorituskäytännön perustuvat tavoitteet (uudelle tuotteelle samoin toiminnoin ja uudella teknologialla), 5) luotettavuuden kustannusten minimointiin perustuvat menettelyt (mm. luotettavuuden suunnittelun ja tuottamisen sekä takui-

den kustannukset). Kaupallisista työkaluista esimerkiksi Isographin sovellus (<http://www.isograph-software.com>) tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden valita soveltuvin ratkaisu allokointiongelmiaan kuuden menetelmän välillä.

Yhtenä keskeisimmistä olemassa olevien RAM-allokoinnin menettelytapojen ja työkalujen käytännön haasteista on, että joko vikamuotojen vaikutusten merkitystä ei huomioida riittäväällä tavalla tai menetelmien ja työkalujen koetaan palvelevan parhaalla tavalla vasta tuotekehityksen myöhemmissä vaiheissa, konseptivaiheen jälkeen. Kysymys ei niinkään ole markkinoilla olevien työkalujen huonoudesta tai puutteellisuudesta vaan esimerkiksi jälkimmäisessä tapauksessa erityisesti tarpeeseen nähden ”turhan järeäksi” koetun työkalun hyödyntämisen edellyttämistä resursseista. Vikatapauksen vaikutus asiakaskokemukseen, käytettävyyteen tai esimerkiksi kunnossapitokustannuksiin on vaatimusten kannalta merkittävä näkökohta. RAM-allokoinnin kaupallisissa sovelluksissa tämän näkökulman huomiointi on kuitenkin tehty mahdolliseksi. Esimerkiksi Ramentorin RAMAlloc-ohjelmistossa (Lehtinen & Konttila 2005) ohjelmiston käyttämät tärkeystekijät mahdollistavat järjestelmän vikojen vaikutusten, erityisesti asiakasvaikutusten, järjestelmällisen huomioimisen tavoitteiden asetannassa. Asiakasnäkökulman lisäksi käyttövarmuutta koskevassa päätöksenteossa on otettava huomioon muun muassa käyttövarmuuden saavuttamiseksi toteutettavien toimenpiteiden ja suunnitteluratkaisujen kustannukset. Toimenpiteiden vaikuttavuuden arvioinnissa ja seurannassa on kuitenkin omat haasteensa esimerkiksi sen takia, että vaikutukset saattavat näkyä laitekannassa merkittäväällä viipeellä. Asiantuntija-arviot, kokemukset muista tuotekehitysprojekteista sekä aiempien tuotesukupolvien kenttäkokemukset ovat yrityksen käytännöissä nykyisin arvioinnin lähtökohta.

RAM-tavoitteiden yksityiskohtaisempi määrittely ja tavoitteiden allokointi osajärjestelmä- ja komponenttitasoille edellyttävät mm. seuraavia asioita:

- kriittisyysarvojen määrittäminen järjestelmän osille
- takuukustannusten tavoitteiden määrittely
- asiakkaan tavoitteet käyttövarmuudelle, eriteltyinä kriittisyysluokittain asiakasnäkökulmasta
- benchmark-järjestelmän (mikäli olemassa ja valittuna) käyttövarmuustason analysointi ja vertailu.

RAM-vaatimukset pitää käytännössä ilmaista niillä mittareilla, jotka ovat käytössä toimittajan takuuajan ja elinjakson aikaisessa tuoteseurannassa, asiakkaalla toiminnan ohjauksessa sekä asiakassuhteessa yhteisinä (yhteisesti ymmärrettyinä) mittareina.

RAM-vaatimusten allokoinnin tärkein tehtävä suunnittelun alkuvaiheessa on ohjata sekä oman suunnittelun että valittujen ja tulevien toimittajien työtä selkeästi määritellyin tavoittein. Tehtävän merkitys korostuu täysin uusien tuotekonseptien kohdalla, erityisesti niissä tilanteissa, joissa käytetään komponentteja, osajärjestelmiä, toimittajia, teknologioita tai suunnittelun periaatteita, joista ei ole saatu aiempien tuotekehityshankkeiden perusteella joko lainkaan kokemusta tai on saatu liian vähän kokemusta. Toisaalta täysin uusien tuotekonseptien tapauksessa käytettävissä on vähemmän yksityiskohtaista tietoa osajärjestelmistä ja niihin liittyvistä komponenteista.

RAM-vaatimusten asettamisen haasteisiin vaikuttaa osaltaan se, mitä mittareita halutaan käyttää. Tavoite voidaan asettaa esimerkiksi järjestelmän käytettävyydelle tai kunnossapitoa vaativien tapahtumien määrälle (kunnossapitopalvelun toimittajan kannalta ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon toimenpiteiden määrä). Järjestelmän luotettavuusteknisen rakenteen mallintaminen mahdollistaa, tuotekehityksen ollessa riittävän pitkällä, käyttövarmuustavoitteen allokoinnin päätasolta osajärjestelmä- ja komponenttitasoille. Mallinnustavasta riippumatta tärkeää on ottaa huomioon keskeisiksi tavoitteen osatekijöiksi valitut näkökohdat, kuten asiakkaan prosessin käytettävyys tai asiakkaan toiminnan katkeamattomuus sekä kunnossapidon kustannukset. Konseptivaiheessa järjestelmän luotettavuusteknisen rakenteen komponenttipohjaiselle mallintamiselle ei välttämättä ole edellytyksiä suunnittelun keskeneräisyydestä ja puutteellisesta tiedosta johtuen. Sen sijaan järjestelmän toiminnallisuus ja tärkeät toiminnot on mahdollista kuvata riittävän yksityiskohtaisesti, toimintoja on mahdollista analysoida kuten tässä julkaisussa esitetyissä menetelmäkuvauksissa on kerrottu ja toiminnoille on näin ollen mahdollista asettaa vaatimuksia.

Vaatimuksia allokoitaessa voidaan siis ottaa huomioon asiakasvaikutuksen lisäksi syntyneet kunnossapidon kustannukset. Käyttövarmuussuunnittelun ja tuotteen valmistuskustannusten kannalta on kuitenkin tärkeää huomioida käyttövarmuuden kokonaiskustannusten muodostuminen (tällöin mukaan lukien kunnossapidon, investointien, suunnittelun ja erinäiset käyttövarmuuden kehittämisen, komponenttivalintojen ja lisätoimenpiteiden kustannukset). Mahdollisuuksien mukaan arviointiin on saatava mukaan teknologialle ominaiset käyttövarmuusominaisuudet, jotka jätetään usein huomiotta mahdollisesti vaikeasti toteutettavan määrittelynsä ja arviointinsa johdosta. Erityisesti käytettävän teknologian ”luontainen vikaherkkyyden” on suunnittelun kannalta keskeinen tekijä. Käytännön tasolla tekijän huomiointi ilmenee niin, että teknologian suhteellinen monimutkaisuus sallii tietyille järjestelmän osille suuremman sallitun epäkäytettävyys- tai vikaantumistason kuin koeteltua ja yksinkertaisempaa teknologiaa sisältäville järjestelmän osille.

Tavoitteiden allokointi voi perustua seuraavanlaisiin vaiheisiin:

- 1) tarkastelutason valinta
- 2) tarkastelutason laitteiden tai komponenttien tunnistaminen ja luettelointi
- 3) kriittisyysarviointin toteuttaminen
- 4) koko järjestelmää koskevan käyttövarmuustavoitteen määrittäminen (esimerkkitapauksessa järjestelmälle sallitut viat)
- 5) suhteellisen vikamäärän määrittäminen kullekin kriittisyysluokalle
- 6) laitteiden tai komponenttien asettaminen kustannuksia ja teknologiaa määrittäviin tavoiteluokkiin
- 7) suhteellisen vikamäärän määrittäminen kullekin tavoiteluokalle.

Esitettyssä menettelytavassa koko järjestelmää koskevat käyttövarmuustavoitteet annetaan kahdella tasolla ja eri näkökulmista: vikataajuustavoite sekä yksittäisenä

arvona että allokointina eri kriittisyysluokille ja vian vaikutukset erillisesti kutakin kriittisyysluokkaa (asiakasnäkökulma) ja tavoiteluokkaa (toimittaja- ja teknologinen näkökulma) koskien.

Koko järjestelmää koskeva käyttövarmuustavoite asetetaan esimerkkitapauksessamme ”järjestelmälle sallittujen vikatapausten määränä”. Vikataajuus muodostaa asiakkaalle ja toimittajalle kohdistuvasta riskistä kuitenkin vain toisen ulottuvuuden. Vikojen vaikutukset esimerkiksi asiakkaalle aiheutuviin tuotantomennytyksiin tulevat huomioiduksi esitetystä menettelytavassa kriittisyysluokkien kautta siten, että kriittisyysluokille voidaan antaa muiden keskeisten kriteerien lisäksi lähtökohtaiset raja-arvot vikatapauksen aiheuttaman alhaallaoloajan osalta.

Laitteiden ja komponenttien luokittelun tulee perustua järjestelmälliseen arviointiin siten, että kukin laite tai komponentti arvioidaan samojen perusteiden mukaisesti. Taulukoissa 4 ja 5 on esimerkit kriittisyys- ja tavoiteluokista ja niiden perusteista. Kriittisyysluokkien perusteet tulee määrittää tapauskohtaisesti. Kriittisyysluokittelu perustuu asiakasnäkökulmaan siten, että luokkaan A kuuluvat laitteet tai komponentit aiheuttavat vikaantuessaan asiakkaan toimintaan merkittävimmän negatiivisen vaikutuksen (keskeisimpinä arvioitavina tekijöinä häiriön tai tuotantokatkoksen laajuus ja kesto).

Taulukko 4. Kriittisyysluokat.

Kriittisyysluokka	Kuvaus
A	Koko tuotannon keskeytyminen
B	Merkittävä tuotannollinen vaikutus
C	Vähäinen tuotannollinen vaikutus
D	Ei tuotannollisia vaikutuksia

Taulukko 5. Tavoiteluokat.

	Alhainen luontainen vikaherkkyys	Keskimääräinen luontainen vikaherkkyys	Korkea luontainen vikaherkkyys
Alhaiset kustannukset	2	3	4
Kohtalaiset kustannukset	1	3	3
Korkeat kustannukset	1	2	3

Edellä esitettyjä RAM-allokoinnin periaatteita on RelSteps-hankkeen yhteydessä demonstroitu Excel-perustaisella työkalulla. Työkalun ja edellä esitetyn toimintamallin päätavoitteena on tukea sellaisen tyyppillistä enemmän uutuusarvoa sisältävän tuotekehitysprojektin konseptivaihetta, jossa komponenttivalintoja ei pystytä suurelta osin vielä täsmentämään. Työkalu antaa mahdollisuuden aiempaa varhaisemmassa vaiheessa karkeasti arvioida ja iteroida käyttövarmuuden kehittämisen tarpeita rakenteellisesti ylemmältä järjestelmän hierarkiatasolta tulevien tavoitteiden ohjaamana. Keskeistä jo konseptivaiheessa tapahtuvassa iteroinnissa ja tavoitteiden yksityiskohtaisemmassa tarkastelussa myöhemmissä vaiheissa on se, että arvioinnin perusteet pysyvät päätasolla samoina. Demonstroinnissa käytetyn työkalun käyttöliittymä esitetään kuvassa 6. Työkalun käyttö noudattaa edellä esitettyjä allokoinnin vaiheita siten, että taulukossa 4 esitetyt kriittisyysluokat vastaavat työkalussa käytettäviä luokkia A–D ja taulukossa 5 esitetyt tavoiteluokat vastaavat työkalussa esimerkiksi kriittisyysluokkaan A kuuluvia alaluokkia A1–A4.

RAM-tavoitteiden allokoinnin ja konseptivaiheen riskianalyysin keskinäisestä suhteesta on huomioitava se seikka, että riskianalyysi ei suoraan anna syötteitä tavoitteiden määrittelyyn, esimerkiksi vikamäärien tai riskiluokkien suhteen. Riskianalyysin tehtävänä on tunnistaa riittävän ajoissa suunnittelun aikana vielä huomioitavia asioita, joiden huomiotta jättäminen voi aiheuttaa suunnittelemattomia tapahtumia tuotteen elinkaaren aikana ja viivyttää markkinoillesaattamisaikaa. Molemmissa tapauksissa aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia.

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

RAM-alkoointi.xlsx [Compatibility Mode] - N

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Developer Add-Ins PDF-XChange

Clipboard Fort Alignment Number

R29

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Laite/ komponentti	Luokka (A-D)	Ala- luokka (1-4)	Tavoite (vika- määrä/v)		Sallittu vikamäärä/v	5					
1	A	d	3	0,8370								
2	B	B	1	0,0536	luokka							
3	C	C	1	0,0641								
4	D	C	1	0,0641								
5	E	d	2	0,0502	vikamäärä/v							
6	F	d	4	1,1160	viat/laite/v							
7	G	a	4	0,0112	laitemäärä							
8	H	a	1	0,0003	suhteellinen populaatio							
9	I	B	4	0,7152								
10	J	a	1	0,0003	luokka							
11	K	a	2	0,0006								
12	L	b	1	0,0536								
13	M	D	1	0,0418	vikamäärä/v							
14	N	b	1	0,0536	viat/laite/v							
15	O	B	4	0,7152	laitemäärä							
16	P	b	2	0,0644	suhteellinen populaatio							
17	Q	b	1	0,0536								
18	R	D	1	0,0418	luokka							
19	S	b	3	0,0715								
20	T	a	3	0,0007								
21	U	D	2	0,0502	vikamäärä/v							
22	V	A	1	0,0003	viat/laite/v							
23	W	c	3	0,0855	laitemäärä							
24	X	c	4	0,8549	suhteellinen populaatio							
25					luokka							
26												
27												
28												
29												
30					vikamäärä/v							
31					viat/laite/v							
32					laitemäärä							
33					suhteellinen populaatio							
34					luokka							
35												
36												
37												
38					vikamäärä/v							
39					viat/laite/v							
40					laitemäärä							
41					suhteellinen populaatio							

Allokoinnina tuloksena saatu tavoitearvo

Laitteelle/komponentille määritetty alaluokka

Laitteelle/komponentille määritetty kriittisyysluokka

Tarkasteltavan kohteen laitteet/komponentit

Allokoitava vikamäärä

Suhteelliset vikamäärät kullekin luokalle

Suhteelliset vikamäärät kullekin alaluokalle

Kuva 6. Käyttövarmuustavoitteiden allokointi järjestelmän osille.

4.2 Osa 2 Luotettavuustekniikat

Soveltamalla luotettavuustekniikoita pyritään varmistamaan kehitettävien tuotteiden hyvä käyttövarmuus. Luotettavuustekniikat-osioon liittyviä tehtäviä ovat

- toimintavarmuustekniikoiden soveltaminen
- kunnossapidettävyystekniikoiden soveltaminen
- kunnossapitovarmuustekniikoiden soveltaminen
- standardisointi
- inhimillisten tekijöiden huomioiminen.

Toimintavarmuus-, kunnossapidettävyy- ja kunnossapitovarmuustekniikoiden soveltaminen ovat käytännössä omia osa-alueita luotettavuusohjelman osiossa 3 toteutettavassa analysoinnissa ja arvioinnissa. Tämän vuoksi projektissa kehitetyt menetelmät esitellään seuraavan luvun alaluvuissa.

4.3 Osa 3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen

Analysointi, arviointi ja määrittäminen -osiossa kehoitetaan käyttämään erilaisia tekniikoita ja menetelmiä luotettavuusongelmien ratkaisemiseen. Nämä menetelmät voivat olla kvantitatiivisia ja/tai kvalitatiivisia. Tämän osan luotettavuustehtäviä standardin mukaan ovat

- sovellusympäristön analysointi
- toimintavarmuusmallintaminen ja -simulointi
- osien arviointi ja valvonta
- suunnittelun analysointi ja tuotteen arviointi
- syy-seuraus vaikutus- ja riskianalyysi
- ennustaminen
- hyöty-/kustannusanalyysi
- elinjaksokustannuslaskenta.

4.3.1 Menetelmien lähtötiedon keruu ja järjestelmien kuvaaminen

Teknisten järjestelmien riskianalyysit edellyttävät lähtötietona esimerkiksi kuvauksia tarkasteltavan järjestelmän tai prosessin toiminnasta, rakenteesta ja laitteista, tietoa järjestelmän ulkopuolisista vaikuttavista tekijöistä sekä suunnitteludokumentteja ja järjestelmään liittyvää historiatietoa. Lähtötietotarpeista on saatavilla tietoa menetelmäkohtaisissa standardeissa tai esim. riskianalyyseja käsittelevässä standardissa IEC/ISO 31010 (2009). Mm. standardi ISO-31000 (2009) korostaa kommunikaation ja neuvottelun (yhteistyön) roolia riskienhallintaprosessissa eriyttämällä sen omaksi vaiheekseen. Edellä esitetyt riskianalyysien tietolähteet sekä erikseen analyysin lähtökohdaksi luodut järjestelmäkuvaukset palvelevat niin ikään kommunikaatiotarkoitusta, sillä yhteisen ymmärryksen luomista järjestelmän toiminnasta voidaan pitää keskeisenä osana riskianalyysia ja riskienhallintaa.

Uuden tiedon tuottaminen ja yhteisen ymmärryksen kerääminen on jatkuva prosessi riskianalyysin (käyttövarmuusanalyysin) toteuttamisessa. Riskianalyysin toteutus edellyttää sekä relevanttia ja ajantasaista tietoa että tarkoituksenmukaista tietoa omaavien asiantuntijoiden hyödyntämisestä analyysin aikana (ISO-31000 [2009]). Jälkimmäinen asettaa vaatimuksia ensiksi mainitulle, sillä olemassa olevan tiedon jäsenitys järjestelmän toimintaa ja erityispiirteitä esille nostavaan muotoon tukee keskeisesti eri osaamisalueita edustavien asiantuntijoiden yhteisen ymmärryksen muodostumista. SFS-IEC 60030-3-9 (2000) esittää analysoitavan järjestelmän määrittelyn osana analyysin rajojen määrittelyä. Järjestelmän määrittely sisältää 1) järjestelmän yleisen kuvauksen, 2) rajapintojen ja liittymien määrittelyn muihin järjestelmiin sekä fyysisesti että toiminnallisesti, 3) ympäristön määrittelyn, 4) rajojen yli kulkevan energian, materiaalin ja informaation määrittelyn ja 5) riskianalyysillä katettavien käyttöolosuhteiden ja kaikkien asianmukaisten rajoitusten määrittelyn.

4.3.2 Menetelmien soveltaminen: nykyisiä käytäntöjä ja haasteita

Käyttövarmuuden hallinnan menetelmiä on yritysten käytössä sekä yrityskohtaisesti yksilöllisiksi kehitettyinä sovelluksina että kaupallisten ohjelmistotoimittajien tarjoamina sovelluksina. Kaupallisten sovellusten painoalueet ovat tyypillisesti kvantitatiivisissa analyysissä ja käyttövarmuuden simuloinnissa.

Tuotekehityksen alkupäässä käyttövarmuuden simulointi on käytännössä edelleen varsin vähäistä. Käyttövarmuuden simulointiin on tyypillisesti alempi kynnyksen tuotekehityksen myöhemmissä vaiheissa, kun tavoitteena on esimerkiksi tuotekehityksen pilottivaiheessa todentaa järjestelmän käyttövarmuus pohjautuen kenttädataan. Näiden kokemusten odotetaan toisaalta auttavan simulointien hyödyntämisessä laajemmin. Käyttövarmuusohjelmistoille on yhteistä se, että niiden ominaisuuksia ei hyödynnetä kovinkaan laajasti. Haastattelujen perusteella on kuitenkin tulkittavissa näkemys, että kun käyttövarmuusprosessiajattelu ja -metodologia ovat paremmin hallussa, myös työkalut osataan valita valistuneemmin ja niistä osataan "ottaa enemmän irti".

Haastattelujen perusteella käyttövarmuusasiantuntijoille ja suunnittelijoille halutaan käyttöön menetelmävalikoima ja "työkalupakki", joista on mahdollista valita soveltuvimmat vaihtoehdot kuhunkin tarvetilanteeseen. Lisäksi pitää luonnollisesti panostaa osaamisen kehittämiseen. Monipuolisen menetelmävalikoiman ja työkalujen antamien tulosten esittämiseen on jatkossa kiinnitettävä yhä enemmän huomiota. Käytössä olevat menetelmät ja niiden tulokset eivät useinkaan ole sellaisenaan riittävän nopeasti ymmärrettäviä tuotekehitysprojektien osapuolille. Esimerkiksi päätöksentekijän ja data-analyytikon "kieli" on usein hyvin erilainen. Tulokset pitää pystyä konkretisoimaan ja toisaalta kääntämään "liiketoiminnan kielelle" eli käytännössä usein kiinnittämään arviot tiettyihin business caseihin. Taloudellisten tekijöiden arviointi saattaa olla haasteellista tilastollisesta epävarmuudesta sekä joidenkin tietojen puuttumisesta johtuen, mutta yhteistyötä lisäämällä arviointeja on todettu olevan mahdollista tehdä.

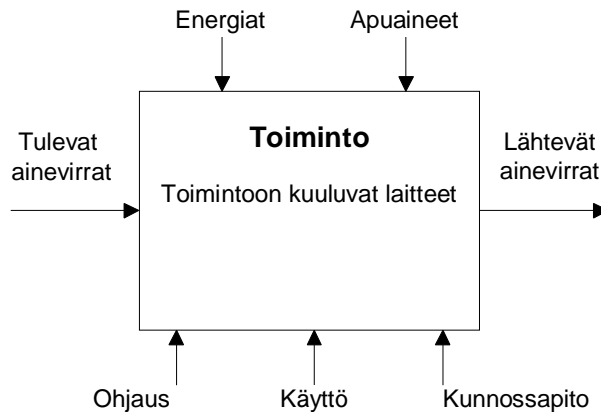
4.3.3 Toiminnallinen kuvaus

Konseptivaiheen riskianalyysin ja muiden konseptivaiheen RAM-tehtävien perustana toimii toiminnallinen kuvaus. Toiminnallinen kuvaus toteutetaan, jotta projektin jäsenille syntyy yhteinen ymmärrys tarkasteltavan järjestelmän toiminnoista. Toisaalta toimintojen dokumentoituja kuvauksia voidaan hyödyntää myöhemmin toteutettavan toiminnallisen riskianalyysin lähtökohtana.

Koska konseptivaiheen riskianalyysi pohjautuu rakenteeltaan komponenttilähtöisyyden sijaan järjestelmän toimintojen analysointiin, toiminnallinen kuvaus muodostaa suoraan analyysin selkärangan. Toiminnallisen kuvauksen laadinta tuottaakin konseptivaiheen riskianalyysin kannalta keskeisenä tuloksena listauksen niistä toiminnoista, jotka kohdejärjestelmää käytettäessä suoritetaan. Riippuen järjestelmän toiminnan ja käytön luonteesta käyttäjän (kuluttaja, operaattori, kuljettaja) ja järjestelmän toiminnan suhde on hyvä saada sisällytettyä kuvaukseen.

Toimintojen kuvaamiseen käytettäviä menetelmiä on olemassa useita eri tilanteisiin. Erilaisten järjestelmien kuvaamiseen soveltuva ja alun perin ohjelmistokehitykseen kehitetty menetelmä on SADT (Structured Analysis and Design Technique) ja siihen perustuva IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) -mallinnusmetodologia. IDEF0-periaatteet soveltuvat sekä suunnitteilla oleville uusille järjestelmille, joille keskeistä on määrittää vaatimuksia toiminnoille, että vanhoille järjestelmille, joiden toimintoja ja toimintojen välisiä riippuvuuksia halutaan mallintaa ja analysoida.

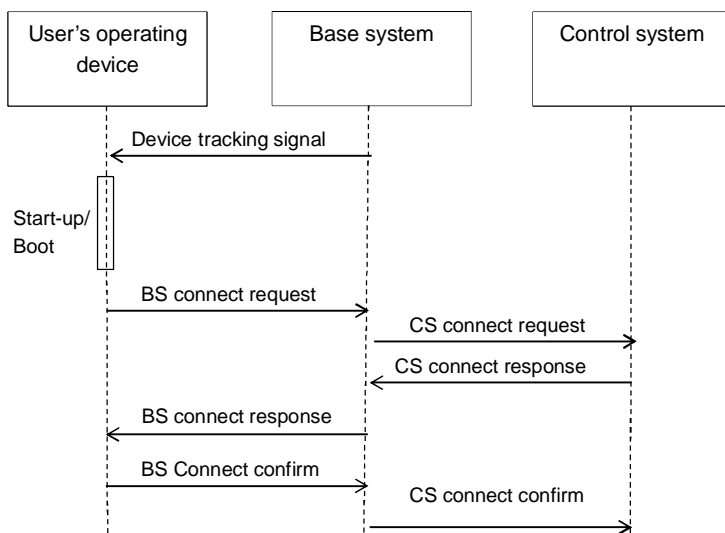
IDEF0-mallinnusmetodologian mukainen järjestelmän mallinnus on pääperiaatteiltaan yksinkertainen. Ensimmäinen tehtävä on laatia päätason kuvaus koko järjestelmän toiminnallisuudesta, jotta on mahdollisuus muodostaa käsitys järjestelmän toteuttamista toiminnoista. Kukin toiminto kuvataan tämän jälkeen laatikkona, jonka sisälle kuvataan yksityiskohtaisemmin toimintoon liittyvät alatoiminnot. Järjestelmän sisään- ja ulostulot merkitään nuolilla laatikon vasemmalle ja oikealle puolelle ja järjestelmän ohjaus ja mekanismit liitetään kuvaukseen laatikon ylä- ja alapuolelle. Valkokarin ja Rouhaisen (2000) esittämä menettelytapa tuotantojärjestelmän käytettävyyden parantamiseen kuvaa SADT:hen perustuvan järjestelmän toimintojen analysointimenetelmän (ks. Kuva 7). Kuten edellä on esitetty, menetelmässä toiminto on lohko, johon toimintoon liittyvät laitteet, materiaali- ja energjavirrat sekä henkilöstön toimenpiteet kuvataan. Näin tunnistetaan ja kuvataan toimintoihin vaikuttavat tekijät ja toimintojen välillä olevia riippuvuussuhteita.



Kuva 7. SADT-pohjainen menettelmä järjestelmän toimintojen kuvaukseen.

Edellä esitetty SADT-pohjainen mallinnustapa antaa parhaimman lopputuloksen, kun kohdejärjestelmän kokonaistoiminta muodostuu eri toimintojen sarjasta jatkuvana prosessina ja toimintojen keskinäiset riippuvuussuhteet pysyvät toiminnan kuluessa pääosin staattisina. SADT:n mallinnustapaa ja periaatetta hyödyntämällä ja kuvaustavan sisään- ja ulostuloja muokkaamalla voidaan kuvata luonteeltaan erilainen, toiminnoiltaan keskenään monimutkaisemmin kytköksissä oleva järjestelmä. Sen sijaan tarkasteltaessa järjestelmää, jonka toiminnan aikana eri osajärjestelmät ovat keskenään vuorovaikutussuhteessa eri tavoin ja eri ajoin sekä kuvattavana kohteena on esimerkiksi myös signaaliliikenteen mallintamista edellyttävä tietotekninen ratkaisu, vaaditaan mahdollisesti tavoitteesta riippuen rakenteeltaan erilainen mallinnustapa.

Käytettävä kuvaustapa siis riippuu tarkasteltavan järjestelmän toiminnan luonteesta ja RAM-tehtävien asettamista vaatimuksista toteutettavalle kuvaukselle. Esimerkiksi sekvenssikaavion avulla voidaan edellä esitettyä paremmin kuvata toimintojen ajallinen järjestys ja se, miten eri toiminnot ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa (ks. Kuva 8). Riippumatta menetelmästä kuvauksen tulee palvella tuotekehityksen tueksi valittuja RAM-tehtäviä sekä muodostaa tyypillisesti yrityksen eri toiminnoista koottu ja eri näkökulmia edustavalle projektiorganisaatiolle yhteinen käsitys järjestelmän toiminnasta.



Kuva 8. Sekvenssikaavioesitys.

Toiminnallisen kuvauksen menetelmän valintaan ei kannata uhrata merkittävästi aikaa. Tärkeintä on, että kuvaus tuottaa riittävän selkeän, yhteisen kuvan kohdejärjestelmän toiminnasta analyysin pohjaksi. Yksinkertaisimmillaan toiminnallinen kuvaus voi olla luetelmaviivoin tehty listaus järjestelmän toiminnoista. Tämä tapa saattaa joissakin tapauksissa tuottaa tarvittavan tarkkuuden riskianalyysin pohjaksi nopeasti resursseja säästään.

4.3.4 Toimenpiteiden valinta

Tuotekehitysprojektissa, joka tähtää yrityksen kannalta kokonaan uuden teknologian käyttämiseen, on perusteltua tehdä koko järjestelmää koskeva riskianalyysi. Inkrementaalisen tuotekehitysprosessin tapauksessa toiminnallisen kuvauksen perusteella voidaan sen sijaan tunnistaa ne kohteet, jotka ovat kriittisiä joko muutoksen tai jonkin jo tiedossa olevan seikan kannalta, ja kohdistaa näihin kohteisiin erilaisia menetelmiä, joista yksi on riskianalyysin tekeminen ko. kohteelle.

4.3.5 Konseptivaiheen käyttövarmuusriskianalyysi

Konseptivaiheen käyttövarmuusanalyysi on standardin SFS-EN 60300-2 (2004) tehtävään 17 "syy-seuraus vaikutus- ja riskianalyysi" liittyvä sovellus käytönaikaisen riskialttiuden minimoimiseksi.

Riskianalyysissa pyritään käyttämään aiemmista tuotekehitysprojekteista ja tuotteiden käyttövaiheesta kerääntynyttä tietoa mahdollisimman tehokkaasti. Kehitettävän tuotteen uutuudesta riippuen käytössä olevan tiedon määrä kuitenkin vaihtelee suuresti.

Case: Uuteen teknologiaan liittyvien käyttövarmuusriskien tunnistaminen tuotekehityksen alkuvaiheessa

HAASTEET

Tuotekehitysprojekti, joka tähtää yrityksen kannalta uudenlaisen tuotteen tai uuden teknologian kehittämiseen ja markkinoille saattamiseen, sisältää erilaisia riskejä. Käyttövarmuuteen liittyvien riskien tunnistaminen tuotekehityksen varhaisessa vaiheessa on kuitenkin haastavaa epävarmuudesta, tiedon vähäisyydestä ja resurssien niukkuudesta johtuen. Casen tavoite oli kehittää kevyt ja riittävän tehokas riskientunnistusprosessi, jossa hyödynnetään tuotekehityksessä mukana olevien toimintojen tietämystä kehitettävästä kohteesta.

RATKAISUT

Case-tutkimus aloitettiin nykytilan kuvaamisella, jonka perusteella määritettiin yksityiskohdaisemmin konseptivaiheen RAM-hallinnan tavoitteet. Case-kohteesta laadittiin toiminnallinen kuvaus, jonka tavoitteena oli muodostaa riskianalyysiin osallistuneille yhteinen käsitys kohteen toiminnasta sekä sen ominaisuuksista. Konseptivaiheen riskianalyysin perustaksi valittiin vika- ja vaikutusanalyysi, jota muokattiin ja kehitettiin konseptivaiheeseen sopivaksi. Riskianalyysi toteutettiin toiminnallisella tasolla huomioiden tuotteen elinkaaren eri vaiheet.

HYÖDYT

Case-tutkimus toteutettiin yhteistyössä KONEen kanssa. Toiminnallinen kuvaus vähentää tuotekehitysprojektiin osallistuvien tahojen välisiä kommunikaatio-ongelmia luomalla yhteisen käsityksen kohteen toiminnasta. Toiminnallisella tasolla tehtävä riskianalyysi on tehokas ja kevyt toteuttaa. Sen perusteella merkittävimmät ongelmakohdat ovat kuitenkin löydettävissä tuotekehityksen aikaisessa vaiheessa. Tämä puolestaan voi lyhentää merkittävästi markkinoillesaattamisaiakaa sekä vähentää huomattavasti myöhemmin aiheutuvia kustannuksia. Eri toimintoista koostuvan riskianalyysiryhmän jäsenet ovat "pakotettuja laajentamaan reviiriään", mikä edesauttaa eri toimintojen välisten raja-aitojen purkamista.

Riskianalyysi voidaan toteuttaa vaihtelevalla yksityiskohtaisuuden tasolla, joka vaikuttaa yksittäisten menetelmien sovelluksiin ja analyysin toteutustapaan sekä riskianalyysimenetelmien valintaan. Riskianalyysikokonaisuus voi koostua useamman toisiaan täydentävän menetelmän käytöstä. Riskianalyysimenetelmän valinta perustuu *tutkimukselle/analyysille asetettuihin tavoitteisiin ja tarpeisiin, tunnistettaviin riskityyppeihin, riskien vakavuuteen, tiedon saatavuuteen, muuttamis-/päivittämistarpeeseen sekä mahdollisiin lainsäädännöllisiin vaatimuksiin* (IEC/ISO 31010 [2009] / SFS-IEC 60300-3-9 [2000]). Riskianalyysimenetelmän valintaan vaikuttavat keskeisesti myös käytettävissä olevat resurssit: osaaminen, aika- ja muut rajoitteet sekä budjetointi. Standardin SFS-IEC 60300-3-9 (2000) mukaan järjestelmän varhaisessa kehitysvaiheessa voidaan käyttää vähemmän yksityiskohtaisia menetelmiä siten, että analyysit tarkennetaan, kun enemmän tietoa on käytettävissä.

Teknisten järjestelmien riskianalyyseja ja mm. riskianalyysimenetelmien valintaa käsitellään yksityiskohtaisemmin standardissa SFS-IEC 60300-3-9 (2000). Teknisten järjestelmien riskianalyyseista vika- ja vaikutusanalyysi (engl. failure modes and effects analysis) sovelluksineen on tyypillisin tuotekehityksen yhteydessä käytettävä menetelmä. Vika- ja vaikutusanalyysin toteuttamista käsittelevät mm. standardit IEC 60812 (suom. SFS 5438), BS 5760 ja MIL-STD-1629A.

Riskianalyysivaiheen tavoitteena on tunnistaa merkittävät RAM-riskit mahdollisimman aikaisin ja kehittää keinot riskien hallintaan. Riskianalyysi perustuu tarkas-

teltavan järjestelmän toimintoihin sen sijaan, että analyysi ottaisi suoraksi lähtökohdakseen järjestelmän rakenteen ja komponentit. Tämä johtuu siitä, että konseptivaiheessa ei välttämättä ole vielä kovinkaan tarkkaa kuvaa järjestelmän yksityiskohdista ja komponenttivalinnoista. Itse asiassa analyysin yhtenä tarkoituksena on tuottaa parempaa tietoa komponenttivalintojen tueksi sekä eri teknologioiden valinnan tueksi. Lisäksi keskeistä on, että analyysi kiinnittää työryhmän huomion tulevan järjestelmän kriittisimpiin kohteisiin, joihin yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tulee erityisesti panostaa.

Konseptivaiheen riskianalyysi pitää sisällään piirteitä toiminnallisesta vika- ja vaikutusanalyysistä, jossa kiinnitetään huomiota tarkasteltavien toimintojen ja laitteiden vikoihin ja häiriöihin, vikojen ja häiriöiden seurauksiin sekä ehkäiseviin toimenpiteisiin ja varautumiskeinoin. Konseptivaiheen riskianalyysissä otetaan huomioon laajasti järjestelmän elinjaksoon kohdistuvat riskit, joihin suunnittelussa voidaan vaikuttaa. Riskejä tunnistetaan lähtien asiakaskohtaisen toimituksen suunnittelusta ja päätyen käyttöönottoon ja asennukseen, varsinaiseen käyttöön ja kunnossapitotoimintaan sekä korvausinvestointiin ja käytöstä poistoon. Erityyppiset suunnittelun virhemahdollisuudet, väärinymmärrykset ja virheelliset vaatimukset, teknologiset riskit sekä mm. luotettavuusteknisen rakenteen ongelmat voivat ilmetä järjestelmän eri vaiheissa, ja ne voivat saada aikaan vaikutuksia käyttäjäkokemukseen tai tuotantotehokkuuteen sekä asennus- ja kunnossapitokustannusten lisääntymistä tai jopa uudelleensuunnittelun tarpeita.

Analyysin tärkein tehtävä on tunnistaa merkittävimmät riskitekijät ja määrittää toimenpiteitä niiden poistamiseksi tai seurausten vähentämiseksi. Yksi keskeisimmistä riskianalyysin tuloksista on lisääntynyt ymmärrys järjestelmän kriittisistä toiminnoista, joiden suunnitteluun voidaan uuden tiedon perusteella panostaa suhteellisesti enemmän.

Konseptivaiheen riskianalyysi toteutetaan työryhmässä, jonka kokoonpanoa voidaan työkokouksittain tarkastaa valitun järjestelmänosan ja teeman mukaisesti. Keskeistä on eri näkökulmien hyödyntäminen analyysissä. Analyysin vetäjän tehtävä on varmistaa, että kaikkien analyysin tekoon osallistuvien henkilöiden osaaaminen hyödynnetään täyspainoisesti. Huomio kohdistetaan seuraaviin asioihin:

- Toiminto: kuvataan toiminto edellisessä vaiheessa laaditun järjestelmän toiminnallisen kuvauksen perusteella. Määritellään lisäksi, mikäli suunnittelun vaihe huomioiden mahdollista, mitkä osajärjestelmät tai komponentit ovat toteuttamassa tarkasteltavaa toimintoa.
- Toiminnallinen vika/häiriö/ongelma ja sen mahdolliset juurisyyt tunnistetaan ja kuvataan.
- Kuvaillaan, miten vika on mahdollista havaita, sekä määritellään, miten syntynyt ongelma on mahdollista poistaa, vika korjata tai ehkäisevän kunnossapidon keinoin vähentää syntymisen todennäköisyyttä.
- Arvioidaan seuraukset kahdesta näkökulmasta: asiakasvaikutus sekä käyttöönoton ja käytön aikaiset kustannukset.

- Määritellään toimenpiteitä seurausten tai todennäköisyyden pienentämiseksi, merkitään esille tulevia ideoita testisuunnitelman laadinnan tueksi sekä kirjaetaan mahdolliset muut huomiot.
- Määritellään vastuutaho, joka vastaa suunnitellun toimenpiteen toteutuksesta, huolehtii toimenpiteiden suunnittelusta tai muutoin huomioi tunnistetun ongelman toiminnassaan.

Analyyysilomake on liitteessä 2. Tunnistetut riskikenaariot arvioidaan vaikutuksiltaan kahdesta näkökulmasta: vaikutukset asiakkaan toimintaan sekä vaikutukset uudelleensuunnittelun, asennuksen, käyttöönoton ja kunnossapidon kustannuksiin. Taulukoissa 6 ja 7 esitetään riskikenaarioiden vaikutusten luokittelumalli em. kahdesta näkökulmasta. Konseptivaiheeseen liittyvästä epävarmuudesta johtuen ja arvioinnin selkeyttämiseksi vaikutusluokkien määrä on rajattu neljään. Kussakin erillisessä riskianalyyssissä luokille on annettava kohdejärjestelmän toimintaa vastaava kuvaus (esimerkiksi otettava kantaa siihen, mikä tulkitaan kohdejärjestelmän käytön estymiseksi ja mitkä rajat asetetaan suurelle ja pienelle palvelutason alenemalle).

Taulukko 6. Vaikutusten arviointi asiakasnäkökulmasta.

LUOKKA	LUOKAN KUVAUS
Erittäin merkittävät tai kriittiset vaikutukset	4 Tuotantotoiminta keskeytyy tai kohdejärjestelmän käyttö estyy.
Kohtuulliset vaikutukset	3 Merkittävä järjestelmän palvelutason alenema tai järjestelmän joidenkin ominaisuuksien käytön estyminen.
Pienet vaikutukset	2 Pieni järjestelmän palvelutason alenema tai järjestelmän joidenkin ominaisuuksien käytön estyminen.
Erittäin pienet vaikutukset	1 Järjestelmän hankaloitunut käyttö / käyttäjältä edellytettäviä normaalien rutiinien ulkopuolisia toimenpiteitä. Ei vaikutusta tuotantotoimintaan tai järjestelmän päätoimintojen käyttöön.

Taulukko 7. Vaikutusten arviointi elinkaarikustannusten näkökulmasta.

LUOKKA	LUOKAN KUVAUS
Erittäin merkittävät tai kriittiset vaikutukset	4 Merkittävät kunnossapitokustannukset, uudelleensuunnittelun aikaansaamat kustannukset tai käyttöönoton ja asennustyön lisäkustannukset.
Kohtuulliset vaikutukset	3 Kohtuulliset lisäkustannukset suunniteltuun nähden.
Pienet vaikutukset	2 Pienet lisäkustannukset suunniteltuun nähden.
Erittäin pienet vaikutukset	1 Havaittu ongelma voidaan ratkaista ilman asiantuntija-apua tai erikoiskunnossapito-osaamista ja ilman vaikutuksia asennukseen, käyttöönottoon tai suunnitteluun. Ei lisäkustannuksia.

Riski määritellään tapahtuman seurausten ja todennäköisyyden funktiona. Johtuen konseptivaiheeseen vielä liittyvästä epävarmuudesta ja tiedon vähäisyydestä

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

Luotettavaa todennäköisyyden arviointia ei ole realistista toteuttaa. Tästä johtuen konseptivaiheen riskianalyyseissä keskitytään ainoastaan riskiskenaarioiden vaikutusten arviointiin ja keskeisimmät kehityskohteet valitaan ja toimenpiteet suunnitellaan tämän tiedon perusteella. Edellä esitettyjen vaiheiden lisäksi riskienhallinnan kannalta on myös tärkeää suunnitella, miten tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksia seurataan.

Riskianalyysin dokumentointi tulee laatia siten, että analyysia jälkikäteen tarkasteltaessa kaikilla on mahdollisuus ymmärtää paitsi tunnistetut riskiskenaariot, myös vaikutusten arvioinnissa ja toimenpiteiden suunnittelussa käytetyt perusteet. Tästä johtuen dokumentoinnin laatuun ja myös yksityiskohtaisuuteen on kiinnitettävä huomiota. Esimerkiksi tarvittaessa analyysin päivittämisen tai tulosten tehokkaan hyödyntämisen onnistuminen riippuu dokumentaation tasosta. Analyysin keskeisimmät havainnot ja erityisesti toimenpiteet on hyödyllistä koota omaksi dokumentiksi, jotta sekä suunnitteluryhmällä että ulkopuolisella asiantuntijalla on mahdollisuus nopeasti saada kokonaisymmärrys analyysin tuloksista.

4.3.6 Käyttövarmuuden hallinta inkrementaalisessa tuotekehitysprojektissa

Seuraavassa tapauksessa käytettyä menetelmää voidaan pitää standardin SFS-EN 60300-2 (2004) tehtävän 17 ”syy-seuraus vaikutus- ja riskianalyysi” sovelluksena. Laajemmin käyttövarmuuden hallinta inkrementaalisessa tuotekehitysprojektissa liittyy standardin tehtävään 1 ”luotettavuussuunnitelma”.

Case: Käyttövarmuuden hallinta inkrementaalisessa tuotekehitysprojektissa

HAASTEET

Sandvik Mining and Constructionin kanssa tehdyssä case-tutkimuksessa testattiin kevyttä menettelyä tuotekehitysprojektin käyttövarmuuden hallintaan. Haasteena oli se, että aiemmin käytetyt menettelyt vaikuttivat liian raskailta Sandvikin tuotekehitysprojektien käyttöön.

RATKAISUT

Casen alussa laadittiin Sandvikin tuotekehitysprojektin kohteesta toiminnallinen kuvaus, johon kirjattiin ko. laitteen tekemät toiminnot ja niiden toimintajärjestys tavanomaisessa tuotantoprosessissa. Toimintokuvaus käytiin tarkasti läpi muutaman Sandvikin valitseman asiantuntijan kanssa. Läpikäynnin aikana tunnistettiin toimintoihin liittyen uusia tai muuten käyttövarmuuden kannalta epävarmoja kohteita ja niille mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja tai lisäselvitystarpeita. Asiantuntijoiden käytyä omilta teknisiltä osaamisalueiltaan läpi toiminnallisen kuvauksen, VTT:n tutkijat ehdottivat jatkotoimenpiteitä. Jatkotoimenpide-ehdotukset otettiin esiin projektin ohjausryhmässä ja suurimmalle osalle löydettiin toteutettavissa olevia parannustoimenpiteitä. Yhtenä jatkotoimenpiteenä VTT teki valitulle uudelle komponenttityypille vika-vaikutusanalyysin, jossa tunnistettiin uuden komponentin mahdolliset vikamuodot ja sen vaikutukset Sandvikin sovelluksessa.

HYÖDYT

Toiminnalliseen kuvaukseen perustuva käyttövarmuuden hallinnan menettely tuotekehitysprojektissa vaikutti toimivan tapauksesta saatujen kokemusten perusteella varsin hyvin. Kuvaus on uudelleen käytettävissä seuraavan tuotekehitysprojektin pohjana, eli työmäärä käyttövarmuuden hallinnan menettelyiden tekemiseen seuraavassa projektissa on vähäisempi. Kuvausta hyödyntämällä kohde voitiin käydä järjestelmällisesti läpi ja perustellusti kohdistaa tarkempia toimenpiteitä tietyille kohteille.

Usein tuotekehitysprojekteissa kehitettävän tuotteen taustalta löytyy edellisen sukupolven konemalli, johon uudessa projektissa lisätään uusia tuoteominaisuuksia tai tehdään muita parannuksia. Tällaisessakin projektissa voi tulla eteen haasteita, joiden tunnistaminen varhaisessa vaiheessa on tarpeen ongelmien välttämiseksi jatkossa. Tärkeintä tällaisessa tuotekehitysprojektissa kuitenkin on se, että kehitystyötä tehdään hallitusti ja mahdolliset panostukset esimerkiksi käyttövarmuuden kehittämiseksi ovat perusteltavissa.

Eräs vaihtoehto tuotekehitysprojektin käyttövarmuuden hallinnan rungoksi on jo aiemmin tässä julkaisussa esitelty toiminnallinen kuvaus. Toiminnallisuksien kautta saadaan tunnistettua myös inkrementaalisisessa kehitystyössä eteen tulevat uudet haasteet ja rajapinnat, jotka voivat aiheuttaa ongelmia, vaikka uusi kokoonpano rakennettaisiinkin jo toisissa applikaatioissa tutuksi tulleista komponenteista. Toiminnallisen kuvauksen avulla tunnistetuille epävarmuutta aiheuttaville kohteille voidaan määrittää toimenpiteitä, joilla epävarmuus voidaan joko kokonaan poistaa tai sitä voidaan oleellisesti pienentää.

Toimenpiteiden kirjo voi olla laaja. Usein käyttövarmuutta palveleviksi toimenpiteiksi luetaan ainoastaan tietyt riskianalyysimenetelmät, joita ne tietysti ovatkin, mutta monet muutkin tehtävät tuotekehitysprojektissa palvelevat lopputuotteen käyttövarmuuden kehittymistä. Tällaisia ovat esim. lujuuslaskennat, komponentti-toimittajayhteistyö tai testausohjelmien laadinta. Tärkeintä on, että jos tuotekehitysprojektiin valitaan jotain erityisiä toimenpiteitä, ne ovat selkeästi perusteltavissa ja niiden tuotoksia käytetään hyväksi suunnitteluratkaisuja tehtäessä.

4.3.7 Kunnossapidettävyyden analysointi

Kunnossapidettävyyden analysointi kohdistuu standardin SFS-EN 60300-2 (2004) tehtävään 9 ”kunnossapidettävyystekniikka”. Kunnossapidettävyyden analyysin tekeminen edellyttää jonkinasteisten 3d-kuvien olemassaoloa analysoitavasta kohteesta. Tästä syystä analyysia ei voida tehdä vielä konseptisuunnittelussa, vaan vasta järjestelmätason tai yksityiskohtien suunnittelun aikana.

Case: Kunnossapidettävyyden arviointi suunnittelussa

HAASTEET

Kunnossapidettävyyttä jää usein vähäiselle huomiolle suunnitteluvaiheessa. Kunnossapidettävyysominaisuuksiin kuitenkin vaikutetaan oleellisesti nimenomaan suunnitteluvaiheessa, kun päätetään mm. komponenttien sijoittelusta rakenteessa. Haastetta kunnossapidettävyyden kehittämiseen tuo se, että kunnossapidettävyyteen sijoitettujen panostusten tuotot tulevat esiin vasta koneen käyttövaiheessa, joskus useiden vuosien päästä, jolloin suunnittelijan on vaikea nähdä tekemiensä valintojen toimivuutta käytännössä.

RATKAISUT

Yhteistyössä Cargotecin kanssa testattiin aiempien kokemusten perusteella kehitettyä kunnossapidettävyyden analyysimenetelmää uuden tuotteen suunnittelussa. Analyysissa huomioitiin sekä ennakoivan kunnossapidon (huollot) että korjaavan kunnossapidon (vikakorjaukset) näkökulmat. Ennakoivan kunnossapidon tehtävien tarkastelussa käytettiin aiemman vastaavanlaisen tuotteen huolto-ohjelmaa, koska uutta huolto-ohjelmaa ei vielä

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

ollut käytettävissä. Korjaavan kunnossapidon tarkastelussa käytettiin apuna edellisestä tuotesukupolvesta tehtyä vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysia, josta tarkasteltiin todennäköisimmiksi arvioitua kohteita. Olemassa olevia dokumentteja käyttämällä saatiin analyysin valmistelutyön määrä minimoitua.

HYÖDYT

Kunnossapidettävyyteen on Cargotecilla kiinnitetty huomiota aiemmin mm. huollettavuuskatselmusten muodossa. Tällöin kone on kuitenkin jo vähintään prototyypivaiheessa, jolloin monet valinnat ovat niin pitkällä, ettei niiden muuttaminen ole enää mahdollista. Analysointi oli hyödyllistä etenkin huollon edustajien näkökulmasta, koska analyysin teon yhteydessä heidän mielipiteensä tuli otettua tavanomaista paremmin huomioon. Monet tunnistetut parannustoimenpiteet olivat lisäksi sellaisia, että niiden toteuttaminen oli mahdollista varsinkin pienin panostuksin.

Kunnossapidettavuus (engl. maintainability) määritellään standardissa IEC 60050(191) (1990) seuraavasti:

“The ability of a system under given conditions of use, to be retained in, or restored to, a state in which it can perform a required function, when maintenance is performed under given conditions and using stated procedures and resources.”

Samassa standardissa kunnossapidettavuus määritellään myös osaksi palvelun laatua. Kunnossapidettavuus on siis tuotteeseen rakennettu tuoteominaisuus, kyky olla palautettavissa käyttökuntoon kunnossapitotyön jälkeen. Kunnossapito terminä kattaa määritelmässä sekä vikakorjausten että ennakkohuoltojen toimenpiteet.

Kunnossapidettävyyden parantaminen ei välttämättä vähennä vikaantumisten määrää, koska vikaantumisaika ei kunnossapidettävyyden ansiosta suoraan muutu. Kunnossapidettävyyden parantaminen lyhentää kuitenkin kohteen alhaalloa (downtime), lisää tuotantoaikaa ja siten parantaa kohteen käytettävyyttä, koska kunnossapitotyöt voidaan tehdä entistä nopeammin. Kunnossapidettävyyden kehittäminen voi epäsuorasti vähentää myös vikaantumisten määrää, koska hankalasti tehtävien ja siksi helposti kokonaan tekemättä jäävien ennakoivan kunnossapidon tehtävien määrä vähenee.

RelSteps-hankkeen puitteissa tehtiin Cargotecin kanssa case-tutkimus (ks. case-kuvaus edellä), jossa kehitettyä kunnossapidettävyyden analysointimenetelmää testattiin ja kehitettiin kokemusten perusteella edelleen. Seuraavassa kuvataan lyhyesti kunnossapidettävyyden analyysin vaiheet.

1. Kohteen määrittäminen

Kunnossapidettävyyden analyysin kohde pitää määritellä etukäteen. Rajaus voi olla fyysinen, esim. koneen osa, tai kunnossapidettävyyttä voidaan arvioida esimerkiksi teknologioittain (esim. hydraulikka, mekaniikka). Kovin suurien kokonaisuuksien analysointia kerralla kannattaa välttää, jottei analyysin tekeminen vie tuotekehitysprojektissa kohtuuttomasti aikaa. Yleisesti kannattaa keskittyä kohteisiin, jotka ovat uusia ja joiden kunnossapidettävyydestä ei ole vielä käytettävissä huoltoorganisaation kautta saatua palautetietoa.

2. Arvioitavien kohteiden valinta

Analyysi voidaan tehdä rajautuen vain joko ennakoivan kunnossapidon tehtäviin (huollot) tai korjaavan kunnossapidon tehtäviin (vikakorjaukset). Ennakoivan kunnossapidon tehtävät saadaan listattua edellisen konemallin huolto-ohjelman perusteella tai laatimalla ne komponenttitoimittajien huolto-ohjelmia hyväksikäyttäen. Korjaavan kunnossapidon tehtävien määrittämiseksi tarvitaan kohteesta vika-analyysin tulokset. Myös aiemmasta konemallista tehty vika-analyysi voi olla hyödynnettävissä kunnossapidettävyyden analyysin runkona, mikäli konemallien väliset rakenteelliset erot eivät ole kovin merkittäviä.

3. Analysointi

Kun runko on olemassa, kunnossapidettävyyden kehityskohteet tunnistetaan ryhmätyönä riskianalyysin tapaan. Ennakoivan kunnossapidon tehtävät käsitellään järjestyksessä siten, että ensimmäisinä käsitellään kunnossapitotyöt, joita tehdään useimmin, ja viimeisinä harvoin tehtävät työt. Näin siksi, että tuotekehitysprojektissa mahdollisten aikataulumuutosten vuoksi ainakin useimmin tehtävien töiden kunnossapidettävyyden arviointi ehditään käymään läpi. Korjaavan kunnossapidon töiden suhteen toimitaan samalla tavalla: Aluksi käsittelyyn otetaan sellaisten vikaantumisten korjaustyöt, jotka vika-analyysissä on todettu useimmin ilmeneviksi, ja lopuksi sellaiset, joiden tapahtuminen on harvinaista. Aivan kaikkien, erittäin harvinaisiksi todettujen vikamahdollisuuksien arviointi kunnossapidettävyyden näkökulmasta ei ole välttämätöntä.

Analyysiryhmässä tulee olla edustajia ainakin huollosta ja suunnittelusta sekä erillinen puheenjohtaja tai sihteeri, joka johtaa analyysin tekemistä ja dokumentoi analyysiryhmän tekemät kirjaukset. Suunnittelun edustajalla tulee olla hyvä kokonaisnäkemys kehitettävästä tuotteesta, jotta tulevatkin muutokset voidaan ottaa jo suunnittelun varhaisessa vaiheessa huomioon. Huollon edustajalla tulee olla oma-kohtaista kokemusta kenttähuollon tekemisestä. Analyysin tekemisessä erityisen tärkeitä ovat kohteesta tehdyt 3D-kuvat, jotka ovat oleellisia kunnossapidettävyyden eri näkökulmien hahmottamisen kannalta. Myös komponenttitoimittajien dokumentaation pitää olla laajasti analyysitilanteessa käytettävissä uusien komponenttien huoltotavan määrittämiseksi jne.

Analysointi keskittyy kunnossapitotöiden kriittisyyden arviointiin eri näkökulmista. Nämä näkökulmat sekä ennakoivan että korjaavan kunnossapidon osalta ovat

- huoltotyön suorittamisen turvallisuus
- luoksepäästävyys
- työn vaativuus
- erikoistyökalujen tarve.

Korjaavan kunnossapidon analyysissä arvioidaan lisäksi vian syyn tunnistettavuutta eli sitä, miten yksiselitteisesti koneen toiminnassa näkyvät oireet johtavat ko. vian tunnistamiseen ja korjaamiseen. Case-analyysissä arvioitiin myös kunnossapitotyön työskentelyasentoa, mutta useimmissa tapauksissa kunnossapitotyö on

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

niin nopea tehdä tai se tehdään niin harvoin, ettei hankalasta työskentelyasennosta ole varsinaista haittaa. Työskentelyasennon mahdolliset ongelmat voidaan tuoda esiin turvallisuuden arvioinnissa. Kaikki näkökulmat arvioitiin kolmiportaisella asteikolla. Luokittelussa käytetyt asteikot esitetään taulukossa 8.

Taulukko 8. Kunnossapidettävyyksanalyysin luokitteluasteikot. Harmaalla merkitty sarake koskee vain korjaavan kunnossapidon toimenpiteiden eli vikakorjausten arviointia.

	Vian syy tunnistettavuus (vain korjaava kupi)	Turvallisuus	Luoksepäästävyys	Työn vaativuus	Erikoistyökalujen tarve
3	Vian syy voidaan tunnistaa ainoastaan kokeilemalla ja sen tunnistaminen vie tyypillisesti kauan aikaa.	Huoltotyön turvallinen suorittaminen on käytännössä hyvin vaikeata, työn tekemiseksi on otettava riskejä.	Huoltokohteen pääsemiseksi tarvitaan huomattavaa rakenteiden purkamista / näkyvyys on estynyt.	Huoltotyön tekeminen vaatii pitkää kokemusta ja erityistaitoja.	Huoltotyön tekemisessä vaaditaan erikoistyökaluja, jotka pitää varata/vuokrata erityisesti tätä toimenpidettä varten.
2	Vian syy voidaan todeta nopeasti vain erikoistyökalujen avulla tai kokeneen henkilökunnan toimesta.	Huoltotyön turvalliseen suorittamiseen vaaditaan erityisvarusteita / erityistä varovaisuutta.	Huoltokohteen pääsyyn tarvitaan tavanomaisia työkaluja / näkyvyys rajoitettu.	Huoltotyön tekeminen vaatii usean vuoden kokemusta vastaavista laitteista.	Huoltotyön tekemisessä vaaditaan erikoistyökaluja, jotka ovat tavanomaisesti huoltohenkilöiden saatavilla.
1	Vian syy on helposti ja nopeasti tunnistettavissa ohjausjärjestelmän avulla tai ihmisaistein.	Huoltotyö voidaan suorittaa turvallisesti ilman erityisvarusteita tavanomaista varovaisuutta noudattaen.	Huoltokohteen pääsemiseksi ei tarvita työkaluja tms. / näkyvydessä ei ongelmia.	Huoltotyö on suoritettavissa tavanomaiset taidot omaavan huoltohenkilön toimesta.	Huoltotyö on tehtävissä huoltohenkilöllä normaalisti mukana olevin työkaluin.

Edellä esitettyjen kvalitatiivisten arvioiden lisäksi tehdään arvio kunkin kunnossapitotoimenpiteen ajallisesta kestosta sekä henkilötyöajasta. Aikaan sisällytetään korjaavan kunnossapidon tehtävien kohdalla myös vianetsintäaika, mikäli vika ei ole suoraviivaisesti löydettävissä koneen toiminnassa havaitun oireen perusteella. Tähän arvioon perustuen voidaan laskea ko. toimenpiteen aiheuttamat työ kustannukset sekä kunnossapitäjälle että epäkäytettävyydestä johtuvan tuotannon menetyksen arvo. Esimerkki erään kunnossapitotyön osalta täytetystä ennakoivan kunnossapidon analysointilomakkeesta on taulukossa 9. Huoltotöihin kuluvan ajan arviointi koettiin case-analyysissä hieman hankalaksi, koska käytännössä useita huoltotöitä tehdään samalla kerralla. Tästä huolimatta ajallisen arvion avulla voi-

daan tunnistaa huoltotoimenpiteitä, jotka vievät erityisen paljon huoltotyöaikaa ja siten aiheuttavat eniten epäkäytettävyyskustannuksia.

Taulukko 9. Esimerkki erään kunnossapitotyön osalta täytetystä ennakoivan kunnossapidon analysointilomakkeesta.

Huoltotyö (viite alustavaan huolto-ohjelmaan)	Huoltotyön suorittaminen	Kriittisyys						Parannus- ehdotukset perusteluineen Lisätiedot
		Huolto- taajuus	SAF	A	D	ST	T (min)	
Kuvitteellinen case: Kuorma-auton renkaiden ilmanpaineiden tarkastus	Mittaus rengaspainemittarilla	Viikoittain	1	2	1	3	15	Paripyörien sisemmän rengasparin paineiden tarkastus on hankalaa, koska normaali mittari ei sovi kunnolla venttiiliin. Hankitaan venttiileihin rengaspaineen oikean tason värin avulla indikoivat venttiilihatut, jolloin paineet voidaan tarkastaa silmämääräisesti päivittäin.

Tehdyistä arvioista ei ole tarpeen laskea kaiken summaavaa indeksiä tms. vertailulukua. Periaatteessa kaikki kunnossapitotoimenpiteet, jotka on yksittäisestäkin näkökulmasta arvioitu pahimpaan luokkaan, eli esimerkkitapauksessa luokkaan 3 kuuluvat kunnossapitotoimenpiteet pitäisi käsitellä tarkemmin ja miettiä niille parannustoimenpide-ehdotuksia.

Edellä kuvattu kunnossapidettävyysanalyysi tukeutuu paljolti olemassa oleviin dokumentteihin ja aiemmin tehtyihin analyyseihin, jolloin valmistelun tarve vähenee. Käytännön casessa saatujen kokemusten perusteella kolmiportaisella asteikolla tehty arviointi on nopeata. Rakenteen kunnossapidettävyuden arvioinnin lisäksi analyysissä tulee tarkastettua huolto-ohjelman sisältö yleisesti eli se, ovatko ohjelmassa mainitut kunnossapitotoimenpiteet ylipäättään relevantteja ko. tuotteelle.

4.3.8 Komponenttien testaus

Jokainen komponenttivalmistaja joutuu testaamaan omat komponenttinsa jollain tasolla. Komponenttien laadun ja eliniän varmistamiseksi erilaiset testaukset ovat usein välttämättömiä. Komponenttitoimittajien asiakkailta on kuitenkin usein erilaiset käyttöolosuhteet ja tarpeet kuin mitä komponenttitoimittaja on itse pystynyt määrit-

tämään. Testauksen toteuttaminen yhdessä komponenttitoimittajan kanssa mahdollistaa usein parhaat resurssit ja osaamisen komponentin testaukselle. Yhteistyön kehittäminen komponenttien testauksessa on myös keino tiivistää yhteistyötä laitevalmistajan ja komponenttitoimittajan välillä. Komponenttitoimittajalta löytyy osaaminen omiin tuotteisiinsa, ja sillä voi olla käytössään myös kokemusta komponenttien käytöstä vastaavallisissa ympäristöissä.

4.3.9 Yhteistyön tiivistäminen komponenttitoimittajien kanssa

Standardin SFS-EN 60300-2 (2004) mukaisesti *tuotteen määritellyn luotettavuuden saavuttamisessa organisaatio on riippuvainen toimittajista, jotka tuottavat tuotteen suunnittelussa ja valmistamisessa määritellyn tarpeen tai sovelluksen mukaisia osia ja palveluita*. Standardissa kannustetaan organisaation ja toimittajan väliseen kumppanuuteen, joka helpottaa muun muassa toimitusketjun hallintaa ja mahdollistaa laadunvarmistusyhteistyötoiminnan. Standardissa todetaan, että *organisaatiolla tulee myös olla kumppanuussuhde sellaisten asiakkaiden kanssa, jotka yhdistävät lopullisen tuotteen järjestelmäksi loppukäyttäjälle*. Seuraava case-esimerkki kuvaa RelSteps-hankkeen ponnistuksia liittyen yhteistyön kehittämiseen komponenttitoimittajien ja järjestelmätoimittajan välillä.

Case: Yhteistyömahdollisuuksien tunnistaminen järjestelmä- ja komponenttitoimittajien välillä

HAASTEET

RelSteps-hankkeen aikana heräsi keskustelua hankkeeseen osallistuvien yritysten kanssa halusta selvittää yhteistyön kehittämistä komponenttitoimittajien kanssa ja komponenttitoimittajien halukkuutta avoimempaan yhteistyöhön. Hankkeen aikana yhteistyön ja yhteisen komponenttien testauksen kehittäminen koettiin hankkeeseen osallistuvien yritysten osalta haasteelliseksi ja uskottiin, ettei komponenttitoimittajilta löytyisi halukkuutta avoimuuden lisäämiseen. Osana yhtä yritys-casea otimme yhteyttä pariin hydraulikkakomponentteja toimittavaan yritykseen ja saimme sovittua haastattelun.

RATKAISUT

Hankkeeseen osallistuvien yritysten ennako-odotuksista huolimatta saimme valitsemillamme komponenttitoimittajilta positiivisen vastaanoton ja useita kehitysideoita yhteistyön kehittämiseen. Keskustelujen pohjalta ideoitii mahdollista työkonevalmistajien yhteistä komponenttietopankkia, jonka avulla työkonevalmistajat voisivat jakaa tietoa komponenteista keskenään. Ratkaisu jäi kuitenkin tässä hankkeessa keskusteluasteelle, mutta toivotavasti tulevaisuudessa myös sitä voidaan viedä eteenpäin.

HYÖDYT

Casessa saatujen kokemusten pohjalta saimme avattua keskustelun yritysten välisestä komponenttiedonvaihdesta komponentin luotettavuuden osalta. Keskustelunavaus komponenttitoimittajien kanssa loi keskustelua projektiin osallistuneiden yritysten ja tutkimusosapuolien kesken ja antoi ideoita tuleviin yhteistyötä parantaviin menetelmiin, joita tulevaisuudessa on mahdollista viedä eteenpäin.

4.3.9.1 Datan siirto yritysten välillä

Tärkeässä roolissa yritysten ja niiden alihankkijoiden ja komponenttitoimittajien välillä on tiedonsiirto eri osapuolien kesken. Nykypäivänä tieto ja data liikkuvat pääsääntöisesti sähköisinä tiedostoina verkon yli. Jotta komponentit voidaan suunnitella ja valita oikein, täytyy myös valinnan kannalta tärkeiden tietojen ja tiedostojen olla kaikilla osapuolilla ajan tasalla. Ongelmia syntyy, kun projektin edetessä laitteeseen tehdään muutoksia, jotka eivät välitykään komponenttitoimittajille, tai käytössä on väärät versiot piirustuksista. Tämä päivän yleisin tiedonsiirto-kanava on sähköposti. Sähköpostin ongelmana on se, ettei lähettäjä voi varmistua, lukeeko vastaanottaja viestiä ja välittääkö hän tiedostot ajoissa eteenpäin. Monilla yrityksillä on käytössään myös omia tiedostonjakopalveluitaan, mutta ne eivät yleensä ole yhteensopivia keskenään, ja uuden järjestelmän käyttöönotto koetaan yrityksissä vaikeaksi etenkin, jos jokaisen alihankkijan ja komponenttitoimittajan kanssa olisi käytettävä eri järjestelmää.

Tiedostonjaon yhtenäistäminen helpottaisi yritysten välistä kanssakäymistä, ja monilta virheilteä pystyttäisiin välttämään. Sähköposti ei tarjoa nykyisellään riittävää varmuutta tiedostojen päivittämiseen, ja yritysten omat järjestelmät vain lisäävät järjestelmien kokonaismäärää. Yksittäisellä yrityksellä ei juuri ole mahdollisuutta saada yritysten tiedostonjakopalvelua yhtenäistettyä, vaan herätteen on tultava ylemmältä. Tässä asiassa esimerkiksi Fima ry:llä voisi olla potentiaalinen mahdollisuus avata keskustelua sen piirissä toimivien yritysten kesken asian eteenpäin viemiseksi.

4.3.9.2 Komponenttitoimittajien tietotaidon hyödyntäminen

Komponentteja käyttäville työkonevalmistajille käyttövarmuuden kannalta keskeisin tunnusluku on komponentin elinikä. Komponenttien määrittämisessä ja niiden eliniän mitoittamisessa käytetään yleensä erilaisia kuormitusyklejä. Kuormitusyklien ja komponentin olosuhteiden avulla määritetään komponentille myös haluttu elinikä. Kuormitusyklien ja käyttöolosuhteiden määrittäminen on yleensä komponentin tilaajan vastuulla. Nykyaikaisessa globaaleille markkinoille suunnitellussa liikuvassa työkoneessa kuormitusten määrittäminen on haastavaa. Eri markkina-alueilla erityyppiset käyttöolosuhteet ja käyttötyylit lisäksi monimutkaistavat kuormitusten määrittämistä, jonka avulla olisi löydettävä yksi lähes ympäristöön sopiva komponentti.

4.3.10 Elinjaksokustannukset ja tilastollinen analysointi

Case "LCP-mallin rakentaminen" liittyy standardin SFS-EN 60300-2 (2004) tehtävään 19 "hyöty-/kustannusanalyysi". Malli voidaan käyttötärpeestä riippuen laatia missä tahansa elinkaaren vaiheessa ja laskelmaa voidaan tarkentaa myöhemmin saatavilla olevan tiedon lisääntyessä.

Case: LCP-mallin rakentaminen

HAASTEET

Työkoneisiin myydään monenlaisia varusteita optioina, joiden hankinnan kannattavuuden osoittaminen asiakkaalle on haasteellista. Cargotecin kanssa RelSteps-hankkeen puiteissa tehdyssä kunnossapidettävyyssanalyysissä havaittiin, että monissa tapauksissa kunnossapitotyöt saataisiin turvallisemmin ja nopeammin tehtyä, mikäli asiakas hankkisi koneeseen lisävarusteena myytävän huoltonostimen. Huoltonostimen hankinta on kuitenkin asiakkaalle lisäkustannus, jonka kannattavuutta on vaikea suoraan arvioida.

RATKAISUT

Case-tutkimuksena tehtiin RelStepsin puiteissa yksinkertainen hahmotelma LCP-mallista, jonka avulla huoltonostimen elinjakso tuottoja voidaan arvioida. Pohjana kehitystyössä toimi VTT:ssä vuonna 1998 tehty tutkimus ”Osajärjestelmän vaikutus prosessijärjestelmän elinjakso tuottoon”, jossa tutkittiin keskusvoitelujärjestelmäinvestoinnin kannattavuutta LCP-laskennan avulla.

Kustannustekijöiksi määritettiin huoltonostimen suunnittelukustannukset (kohdistettiin koko konefleetin elinjakson ensimmäiselle vuodelle) sekä huoltonostimen omakustannushinta (sis. asennuksen). Huoltonostimesta johtuviksi tuotoiksi määritettiin huoltotyötuntien määrän väheneminen sekä koneen käytettävyyden paraneminen ts. asiakkaan saamien lisätöytäntien määrä. Laskentamallin laadinnassa tehtiin paljon yksinkertaistuksia, esimerkiksi huoltonostimen itsensä aiheuttamia kunnossapitotöitä ei huomioitu eikä myöskään nostimen energiankulutusta. On kuitenkin oletettavaa, että suurimmat kustannuksia ja tuottoja aiheuttavat tekijät ovat mallissa jo nyt olemassa, joten laskelmien suuruusluokka on oikeasuuntainen.

HYÖDYT

LCP-laskennan avulla voitiin osoittaa, että huoltonostin on erittäin kannattava investointi. Tärkein tekijä on nostimen ansiosta nopeutuneiden huoltotöiden aikaansaama lisätuotantoaika. Jos oletetaan, että kaikki koneen lisätunnit käytetään tuottavaan työhön, huoltonosturi-investointi maksaa itsensä erittäin nopeasti takaisin. Mallille tehtiin alustavaa herkkyystar-kastelua, ja testausten perusteella näyttäisi siltä, että vaikka koneen katetuntihinta olisi hyvinkin alhainen ja vaikka kaikki lisätuotantotunnit eivät olisi asiakkaan hyödynnettävissä, investointi huoltonostimeen olisi kannattava. Laskentamalliin olisi kuitenkin syytä vielä tehdä tarkennuksia, jotta siitä saataisiin väline myynnin tueksi.

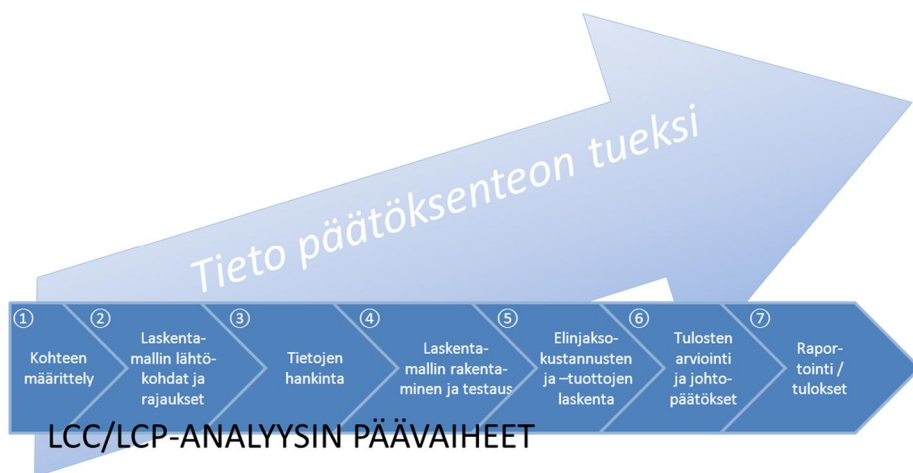
LCC-laskentaa (Life Cycle Cost) tarvitaan, jotta useimmat tuotteen elinjakson aikana syntyvät kustannukset saadaan näkyviksi jo tuotteen suunnittelu- ja hankintavaiheessa. LCC-laskenta keskittyy tuotteen elinkaaren aikaisten kustannusten laskemiseen ja niiden minimointiin. LCP-laskenta (Life Cycle Profit) taas keskittyy investoinnin tai muun muutoksen aikaansaamaan tuottoon elinkaaren tai muun ajanjakson aikana. Elinjakso tuottolaskelmissa (LCP) otetaan siis elinjakso kustannusten (LCC) lisäksi huomioon tuotteen elinjakson aikana saatavat tuotot. LCP-laskenta onkin kehitetty erityisesti investointivaihtoehtojen arvioinnin pohjaksi.

On huomioitava, että suurin osa tuotteen tai järjestelmän kustannusvaikutuksista määräytyy jo elinjakson alussa. Elinjakso kustannukset muodostuvat mm. seuraavista kustannuseristä ja toiminnoista:

- suunnittelu
- hankinta
- asennus
- kuljetus ja käsittely

- käyttö
- koulutus
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- tarkistukset ja testaukset
- epäkäytettävyys
- käytöstä poistaminen.

Epäkäytettävyysaika on se aika, jonka laite tai järjestelmä on poissa käytöstä. Kun otetaan lisäksi huomioon keskimääräinen menetetyt tuotannon nettoarvo, voidaan laskea järjestelmän epäkäytettävyyskustannukset. Ne voivat olla merkittäviä, jos vikaantuminen tai huolto aiheuttaa suuria tuotannon menetyksiä. Kuvassa 9 esitetään elinjaksokustannus- ja -tuottoanalyysin vaiheet.



Kuva 9. LCC/LCP-analyysin päävaiheet.

Epäkäytettävyyskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat mm. seuraavat:

- käyttäjän varautuminen epäkäytettävyystilanteisiin ja todellisten tilanteiden eroavaisuudet niihin tilanteisiin verrattuna, joihin käyttäjä on varautunut
- epäkäytettävyystilanteen aikana vallitsevat olosuhteet (varastot, tilaukset jne.)
- kyky muulla tavoin palauttaa tuotanto
- asiakkaan reaktio ja asiakkaalle toimituksen viivästyisestä koituvat kustannukset.

LCC/LCP- eli elinjaksokustannus- ja tuottoanalyysi on siis resurssien optimaaliseen käyttöön tähtäävä päätöksenteon apuväline. LCC/LCP-analyysin näkökulma on perinteistä investointilaskentaa laajempi, ja sen avulla voidaan arvioida investoinnin kustannusten ja tuottojen kehittymistä elinjaksen aikana ja määritellä investoinnin kannattavuus (kumulatiiviset elinjaksokustannukset ja -tuotot, takaisinmaksuaika jne.).

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

LCC/LCP-analyysin näkökulmana voi olla esimerkiksi kustannuskriittisten teki-
jöiden tunnistaminen määrittämällä laitteistojen investointi-, käyttö-, seisokki- ja
kunnossapitokustannukset. Myös välillisiä kustannuksia voidaan arvioida. Toinen
näkökulma liittyy analyysin hyödyntämiseen käyttövarmuusvaatimusten kohden-
tamisessa ja valinnassa. Myös erilaisia tuotteen käyttöön, toimintaan, testaukseen
tai kunnossapitoon liittyviä ratkaisu- ja suunnitteluvaihtoehtoja voidaan vertailla,
arvioida ja ohjata LCC/LCP-analyysien avulla. Analyysillä saadaan tarvittaessa
myös tietoa esimerkiksi pitkän aikavälin suunnitteluun ja budjetointiin.

Taipale (1998) on listannut syitä käyttää LCP-analyysia:

- Saadaan suurempi valmius varhaisessa vaiheessa havaita ja estää ongelmat.
- Saadaan tarkemmat tiedot vian mitoittamista ja korjausta varten.
- Laitteiston varsinaiset käyttäjät sitoutuvat enemmän projektityöhön, mikä
antaa paremmat lähtökohdat päätöksentekoon ja lisää motivaatiota.
- Tekninen suorituskyky vastaa paremmin käyttövarmuusominaisuuksia,
koska huomataan alimitoitettujen käyttövarmuusominaisuuksien maksavan
paljon tuotteen koko eliniän ajalta.
- Saadaan hyvä tietopohja tuotanto- ja kunnossapito-organisaatioiden mitoit-
tamiseen sekä pätevyystavoitteille.
- Vastaa hyvin laatupanostuksia.
- Huolellinen analyysi voi helpottaa laatusertifioimista.
- Saadaan kattavammat taustatiedot toimittajavalintoihin.
- Muodostetaan yhdenmukaistettu päätöksentekoprosessi, ts. on helppo ver-
rata ja asettaa paremmuusjärjestykseen eri investointivaihtoehtoja.
- Ostaja ja myyjä voivat nähdä kokonaisuuden, jolloin voidaan paremmin eh-
dottaa parannuksia tai vaihtoehtoisia ratkaisuja.
- Käyttäjä saa taloudellista perustietoa, jota voi käyttää pitkän aikavälin
suunnittelussa ja budjetoinnissa, koska kustannukset on arvioitu tuotteen
koko elinajalle.
- Kehitetään valmius ottaa huomioon kustannukset tulevia muutoksia varten
(riskin arviointi).

LCP-analyysia käytettäessä on hyvä muistaa, että sen käyttö on hyödyllistä sekä
korvausinvestoinneissa ja korjausrakentamisessa että pelkissä uusissa investoin-
neissa (Taipale 1998).

LCC:tä käsittelee mm. standardi IEC 60300-3-3 (Dependability management –
Part 3-3: Application guide – Life cycle costing). LCP-laskennasta voi lukea lisää
esimerkiksi VTT Tiedotteita -sarjassa 1998 julkaistusta raportista, joka löytyy
VTT:n www-sivuilta osoitteesta <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1920.pdf>.

4.4 Osa 4 Todentaminen ja kelpuuttaminen

Luotettavuusohjelman todentaminen ja kelpuuttaminen -osio liittyy ensisijaisesti käyttöönottoon tai käytön ja kunnossapidon alkuvaiheeseen, jolloin on varmistettava, että luotettavuusvaatimukset on saavutettu. Suunnitteluvaiheessa on tuotettava mittarit, joilla luotettavuusvaatimusten saavuttamista on mahdollista arvioida. RelSteps-hankkeessa ei toteutettu varsinaisesti tutkimusta liittyen luotettavuusohjelmassa tarkoitettuun todentamiseen ja kelpuuttamiseen. Kuitenkin voidaan todeta, että jos tuotekehityksen aikana toteutetaan ja dokumentoidaan tässä julkaisussa esitetyjä menetelmiä ja tehtyjen löydösten perusteella tehdään kehitystoimenpiteitä, ovat nämä dokumentit käyttökelpoisia myös luotettavuusohjelman todentamisessa. Nämä dokumentit ovat omalta osaltaan todentamassa, että tuotekehityksen aikana on tehty toimenpiteitä suunniteltavan järjestelmän käyttövarmuuden hallitsemiseksi.

4.5 Osa 5 Tietämyskanta

Luotettavuustiedon kerääminen ja analysointi on yksi perusedellytys käyttövarmuuden hallinnassa. Standardissa SFS-EN 60300-2 (2004) käytetään luotettavuustietokannasta termiä tietämyskanta, jota myös tässä julkaisussa käytetään huolimatta siitä, että kyseinen termi ei ole yleisesti käytössä.

Standardin mukaan tietämyskantaan liittyviä tehtäviä ovat:

- tietämyskannan perustaminen
- tietojen analysointi
- tiedon kerääminen ja jakaminen
- luotettavuustallenteet.

Case: Käyttövarmuustiedonkeruun kehittäminen

HAASTEET

RelSteps-hankkeen alussa toteutetuissa web-kyselyissä ja yritys haastatteluissa kävi ilmi, että suunnittelijoiden on suhteellisen vaikea hyödyntää takuuajan jälkeen kerättyä laitteiden ja komponenttien käyttövarmuuden toteutumista koskevaa tietoa uusien laitteiden suunnittelussa. Takuuajan jälkeinen käyttövarmuuteen liittyvä mittausdata ja muu informaatio on hajautuneena erilaisiin asiakaspalautte-, reklamaatio-, varaosa-, poikkeamailmoitus-, monitorointi- ja huoltotietokantoihin. (Valkokari ym. 2011a.) Casen tavoitteena oli selvittää, miten käyttövarmuustietoa nykyisin hyödynnetään, sekä tunnistaa tiedonkeruun ja hyödyntämisen kehitystarpeet.

RATKAISUT

Nykyisen käyttövarmuustiedon saatavuus ja hyödyntäminen kuvattiin graafilla, johon oli koottu tuotteen elinjakson eri vaiheista case-yritykselle saatavat tiedot, tietojen tallennuspaikka sekä suunnittelijan mahdollisuudet hyödyntää tietoa. Kehityskohtien löytämiseksi ensimmäisenä tarkasteltiin tuotteen suunnitteluprosessia ja tunnistettiin eri vaiheisiin liittyvät käyttövarmuustehtävät ja niiden tulokset. Tunnistettuja käyttövarmuustehtäviä konkretisoitiin muodostamalla kysymyksiä, joihin suunnittelijan on vastattava toteuttaessaan ko. käyttövarmuustehtävää. Näiden kysymysten pohjalta määritettiin yksityiskohtaisesti muuttujat, jotka tukevat kysymyksiin vastaamista. Tiedonkeruun kehityskohteet paljastuivat vertaamalla nykyistä tiedonkeruuta käyttövarmuuden suunnitteluprosessista johdettuihin tietotarpeisiin.

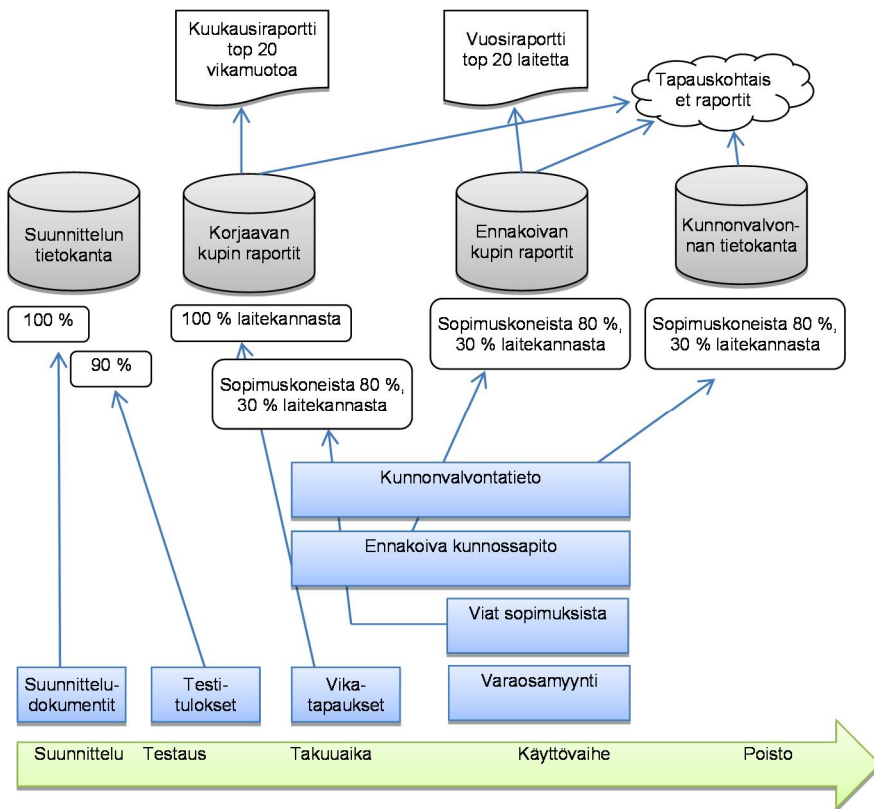
HYÖDYT

Tiedonkeruun kehittämistä toteutettiin Konecranesin ja John Deere Forestryin caseissa. Tiedonkeruun systemaattinen suunnittelu kohdistaa tiedonkeruun oikein tiedon hyödyntäjien näkökulmasta. Keskitetty tiedonkeruun suunnittelu ja toteuttaminen poistavat päällekkäisyyksiä tiedonkeruussa ja huomioivat eri käyttäjäryhmien tarpeet. Huomioitaessa tiedon hyödyntämisen keinot jo suunnitteluvaiheessa on tiedon hyödyntäminen päätöksenteon tukena tehokkaampaa ja tulee todennäköisemmin tehtyä. Kun tiedonkeruu on hyvin suunniteltu, on siihen käytetystä panostuksesta saatavissa vastaava hyöty.

4.5.1 Käyttövarmuustiedonkeruun nykytilaselvitys

Nykyisin käytännössä kaikilla kone- ja laitevalmistajilla on jo olemassa jonkintasonen käyttövarmuuden tietämuskanta. Toisin sanoen luotettavuusohjelmaan kuuluva tietämuskanta on perustettu, mutta tarpeita sen kehittämiseksi on useissa yrityksissä. Kehittämisen lähtökohdaksi on kartoitettava nykyisen tiedonkeruun taso ja olemassa olevien tietojen hyödynnettävyys halutuissa käyttövarmuustehtävissä.

Nykyistä tiedonkeruuta arvioitaessa on kiinnitettävä huomiota tietosisältöihin, tiedon kattavuuteen sekä tiedon hyödynnettävyyteen. Tietosisältöjä tarkasteltaessa käydään läpi nykyisin kerättävät käyttövarmuuteen liittyvät tiedot. Tiedon kattavuutta arvioitaessa tarkastellaan sitä, kuinka suuresta joukosta myytyjä tuotteita käyttövarmuustietoja saadaan. Kolmas näkökulma on nykyisen tiedonkeruun hyödynnettävyys. Hyödynnettävyyttä arvioitaessa tarkastellaan tiedon hyödyntäjien, esimerkiksi suunnittelijoiden, mahdollisuuksia saada tarvitsemiaan tietoja sekä tiedon jalostamiseen tarvittavaa työtä. Kuvassa 10 on graafi, jonka avulla voidaan havainnollistaa kerättäviä tietoja, niiden tallennusta sekä hyödyntämistä.



Kuva 10. Esimerkki graafista, joka kuvaa nykyistä käyttövarmuustiedonkeruuta.

Yleisesti tarkasteltuna tietokannan laatua kuvaavia tekijöitä on useita. Kahn ym. (2002) ovat esittäneet yhden tekijäluettelon, jota vasten voidaan arvioida myös käyttövarmuustietokannan laatua:

1. tiedon saatavuus ja sen helppous sekä nopeus
2. tiedon määrä, joka on saatavilla määritettyä tehtävää varten
3. tiedon totuudenmukaisuus ja uskottavuus
4. tiedon kattavuus, puuttuvan tiedon vähyys ja olemassa olevan tiedon riittävä syvyys ja laajuus
5. tiiviys, tiedon kompaktius
6. yhdenmukaisuus, tietoformaatin yhtenäisyys
7. käytettävyys, tiedon muokkaamisen helppous eri tehtäviin
8. oikeellisuus, tiedon virheettömyys ja luotettavuus

9. tulkittavuus, käytettyjen luokitusten, symbolien ja yksiköiden määrittelyjen selkeys
10. objektiivisuus, tiedon harhattomuus ja puolueettomuus
11. relevanttius, tietosisällön hyödyllisyys kyseisen ongelman ratkaisemiseksi
12. maine, tiedon lähteiden ja sisällön arvostus
13. turvallisuus, tietoon pääsyn rajoittaminen vain asianmukaisille henkilöille
14. tiedon ajantasaisuus määritetyn tehtävän suorittamiseksi
15. tiedon ymmärrettävyys
16. tiedon hyödyntämisen tuottama lisäarvo.

Edellisen luettelon pituus korostaa, kuinka laajasta kokonaisuudesta on kyse, kun puhutaan tiedon laadusta. Osa luettelon tekijöistä on kylläkin lähes päällekkäisiä tai suoraan riippuvaisia toisistaan, esim. tiedon hyödyntämisestä on hyvin vaikea saada lisäarvoa, jos tietosisältö ei ole relevanttia. Virheetöntä, asian kannalta relevanttia ja määrältään riittävää aineistoa ei voida pitää erityisen laadukkaana, jos sen saatavuus ja käytettävyys ovat huonoja.

4.5.2 Käyttövarmuustietokannan tietosisältöjen määrittäminen

Tietämyskantaa perustettaessa tärkein tehtävä on määrittää, mitä tietoa tietämuskannan tulee sisältää. Luotettavuuden tietämuskannan tavoitteena on varmistaa se, että organisaatiolla on käytettävissä riittävästi ja ajan tasalla olevaa luotettavuustietoa tukemaan liiketoiminnan ja uusien markkinoiden kehittämistä (SFS-EN 60300-2 [2004]). Tämän perusteella tietämuskannan tulee sisältää suunnittelutietoja, tuotteen suorituskykyä, laatua ja toimintavarmuutta koskevia tietoja.

Standardissa IEC 60300-3-2 (2004) on esitetty olennaisimmat suorituskykyyn ja toimintavarmuuteen liittyvät tietotyypit: kokoonpano-, käyttö-, ympäristö- ja tapahumatiedot.

1. Kokoonpanotiedot

Kokoonpanotietoja, jotka sisältävät laitteiden identifiointitiedot, tarvitaan tunnistettaessa järjestelmästä eniten käyttövarmuusongelmia aiheuttaneita kohteita kehitystoimia suunniteltaessa.

2. Käyttötiedot

Käyttötiedot kuvaavat kohteen toimintaa: mitä toimintoja siinä on ja kuinka paljon. Käyttövarmuussuunnittelussa käyttötietoja hyödynnetään vikaantumisten juurisyytä selvitettäessä sekä suunniteltaessa käyttövarmuustestejä, joiden tulee mahdollisimman hyvin vastata kentällä koettuja rasituksia.

3. Ympäristötiedot

Käyttövarmuussuunnittelun näkökulmasta kohteen toimintaympäristöä ja sen vaativuutta kuvaavia ympäristötietoja hyödynnetään juurisyyanalyyseissä sekä käyttövarmuustestien määrittelyssä. Näin ollen suunnittelun tarvitsemia ympäristötietoja ovat kohteen vikaantumiseen olennaisesti vaikuttavat tekijät.

4. Tapahtumatiedot

Käyttövarmuussuunnittelussa tapahtumatietoja hyödynnetään tunnistettaessa kriittisiä kohteita kehystoimenpiteitä varten. Kriittisiä kohteita ovat eniten vikoja tai vikakustannuksia aiheuttavat kohteet tai eniten ennakoivaa kunnossapittoa vaativat kohteet.

Edellä mainitut tietolajit ovat yleisellä tasolla eivätkä vielä sellaisenaan tarjoa valmista lähtökohtaa käyttövarmuustietojen määrittelyn ja hallinnan lähtökohdaksi. Tapahtumatiedoista kerättävät muuttujat, esim. ajankohta, tehty toimenpide, tarvittut resurssit ja vaikutukset järjestelmään, ovat yleispätevämpiä kuin käyttö- ja ympäristötiedoista kerättävät muuttujat. Käyttö- ja ympäristötietojen osalta käyttövarmuuteen vaikuttavien muuttujien määrittäminen on tehtävä jokaisessa tapauksessa erikseen. Esimerkiksi lämpötila voi tietylle komponentille olla merkittävä vikaantumiseen vaikuttava tekijä ja siten olla mielekäs muuttuja tietokantaan. Jossain toisessa sovelluksessa lämpötilalla ei ole merkitystä.

Tietosisältöjä päätettäessä lähtökohtana tulee aina olla tunnistetut tietotarpeet. Toisin sanoen ennen tiedonkeruun aloittamista tulee selvittää, miten kerättävää tietoa halutaan tulevaisuudessa hyödyntää. Etukäteissuunnittelulla pyritään välttämään sitä, että analysointivaiheessa todetaan joidenkin olennaisten tietojen olevan laadultaan liian huonoja tai jopa puuttuvan kokonaan.

4.5.2.1 Käyttövarmuustietotarpeiden tunnistaminen

Suunnittelun näkökulmasta olennaisten käyttövarmuustietojen määrittämistä on kuvattu RelSteps-hankkeen edellisessä julkaisussa (Franssila et al. 2012). Tässä yhteydessä esitetään tiivistetysti menetelmän vaiheet.

1. Tuotesuunnitteluun liittyvien käyttövarmuustehtävien tunnistaminen

Olemassa olevan käyttövarmuustiedon keruun ja hyödyntämisen kehittämisessä lähtökohdaksi otettiin yrityksen tuotesuunnittelun prosessi ja sen eri vaiheet. Kussakin suunnitteluvaiheessa on käyttövarmuuteen liittyviä tehtäviä, joiden suorittamisen tuloksena tulisi olla mm. asiakkaiden käyttövarmuusvaatimukset, tuotteessa tavoiteltavat käyttövarmuusvaatimukset, testausmääritykset, arvio tulevasta käyttövarmuudesta ja kuvaus hyväksytyistä käyttöolosuhteista.

2. Käyttövarmuuskysymysten tunnistaminen

Käyttövarmuuden suunnittelu konkreettisesti on usein vastaamista käyttövarmuuteen liittyviin kysymyksiin. Millaisissa ympäristöissä asiakkaat tuotetta

käyttävät? Mitkä olivat tyypillisiä vikamuotoja edellisessä tuotesukupolvessa? Mitä seurauksia vikaantumisista aiheutuu?

Tuotesuunnittelijan kannalta tärkeimmät ja tyypillisimmät kysymykset on tunnistettavissa sen perusteella, millaisia tuotoksia suunnittelun eri vaiheissa on tuotettava käyttövarmuuteen tai muihin suunniteltaviin asioihin liittyen. Suunnittelijalle olennaisia kysymyksiä tunnistettaessa voidaan hyödyntää esim. hiljaisen aivoriihen tekniikkaa, jolloin eri ihmiset voivat tuoda esille omasta näkökulmastaan olennaisia kysymyksiä.

Aivoriihi voi tuottaa hyvin suuren joukon kysymyksiä, joihin kaikkiin vastaaminen voi paisuttaa tiedonkeruun niin massiiviseksi, ettei se käytännössä ole mahdollista. Kysymysten kirjaamisen jälkeen jokainen osallistuja luokittelee kysymykset tärkeisiin ja vähemmän tärkeisiin. Eniten tärkeispisteitä saaneet kysymykset ovat niitä, joihin tiedonkeruussa tulisi ensisijaisesti pystyä vastaamaan.

3. Tietämyskantaan kerättävien muuttujien määrittäminen

Edellisissä kahdessa vaiheessa tunnistettujen tietotarpeiden perusteella voidaan löytää ne yksityiskohtaiset muuttujat, jotka tietämyskantaan tulee kerätä. Kun tiedetään, mihin kysymyksiin halutaan vastauksia, seuraava tehtävä on määrittää muuttujat, joiden avulla näihin kysymyksiin voidaan vastata.

4.5.3 Käyttövarmuustiedon analysointi

Yleisiä ohjeita käyttövarmuustiedon analysoimiseksi ei voi antaa, koska analysointimenetelmä riippuu saatavilla olevasta aineistosta sekä ratkaistavasta ongelmasta.

Käyttövarmuusaineistojen analysointiin on olemassa useita kirjoja (esim. Birolini [2010], Høyland & Rausand [1994], O'Connor [2002]), joissa esitellään kattavasti matemaattisia menetelmiä, jotka soveltuvat vaihtokomponenttien ja korjattavien järjestelmien käyttövarmuuden määrittämiseen.

Kerätystä käyttövarmuustiedosta on mahdollista määritellä perusraportit, joiden tuottaminen on mahdollista joko kokonaan tai ainakin osittain automatisoida, jotta ne olisivat mahdollisimman helposti kaikkien tarvitsijoiden käytettävissä.

Jotta käyttövarmuusaineistosta on saatavissa suurin mahdollinen hyöty, on analysoinnissa sovellettava myös vaativampia tilastollisia menetelmiä. Tällaisten analyysien tekoa ei voi ainakaan kokonaan automatisoida siten, että menetelmiä tuntematta voi saada hyödyllistä informaatiota. Tämän vuoksi tiedon analysointi kannattaa keskittää siihen erikoistuneille henkilöille, koska esimerkiksi kaikkien suunnittelijoiden ei ole mielekästä opetella tilastollisia menetelmiä.

4.5.4 Tiedonkeruu ja jakelujärjestelmät

Tiedon lisääntyessä sen tallentamisen merkitys on kasvanut. Yrityksissä tuotetaan erilaisia raportteja huomattavia määriä eri toimijoille. Tietoa varastoidaan erilaisiin dokumentteihin, pöytäkirjoihin, muistioihin, manuaaleihin ja toimintaohjeisiin. Jotta tiedon varastointi olisi tehokasta, se olisi saatava sähköiseen muotoon ja käytettävä

tietokantapohjaisia järjestelmiä. Useiden eri järjestelmien käyttäminen aiheuttaa helposti ongelman, kuinka informaatio on kaikkien löydettävissä. (Sydänmaanlakka 2003.)

Tietojärjestelmät voivat olla laajuudeltaan globaaleja, mutta usein järjestelmä koostuu muutamasta palvelimesta yrityksen omissa tiloissa. Esimerkiksi tuotetiedonhallintajärjestelmät (PDM) ja tuotteen elinkaarenhallintajärjestelmät (PLM) ovat yleisiä etenkin konepajayrityksissä. PDM-järjestelmään on usein suoraan integroitu esimerkiksi yrityksessä käytettävät CAD/CAM-suunnitteluohjelmistot, joilla tietoa tuotetaan paljon tuotteen suunnitteluvaiheessa. Informaatio voi olla yrityksen itse tuottamaa tuotekehitystietoa tai lähtöisin komponenttitoimittajilta tai asiakkailta. Vaikka tietojärjestelmät helpottavat suunnittelijoiden työtä, kaikkea järjestelmien sisältämää informaatiota ei osata hyödyntää täysin (Sääksvuori & Immonen 2002). Tämä sama ongelma on tullut esille muun muassa käyttövarmuustiedon osalta myös RelSteps-hankkeen aikana (TP1 ja TP2).

Järjestelmien tietosisältöjä ovat esimerkiksi:

- suunnittelu- ja kokoonpanotiedot
- ympäristötiedot
- vikatapahtumatiedot
- käyttötiedot
- asiakastyytyväisyyskyselyt
- varaosamenekki.

Osa informaatiosta voi olla myös asiakkaan hallussa tai omaisuutta, kuten huoltotieto huoltopalvelua tarjoavan jakelijan tietojärjestelmässä. Tietosisällöt voidaan tuottaa ja siirtää joko manuaalisesti järjestelmiin, esimerkiksi huoltokäyntiraportit, tai automaattisesti esimerkiksi kunnonvalvontatietojärjestelmien avulla.

4.5.4.1 Huolto-, takuu- ja varaosatietojärjestelmät

Takuuajan vikatapahtumat asiakkaan laitteilla raportoidaan takuu- tai reklamaattioraporteilla, ja raporttien tiedot ohjautuvat huollon tietojärjestelmään tai joissain tapauksissa erityisiin takuu- tai reklamaattiotietojärjestelmiin. Samoin takuuajan jälkeiset vikatapahtumat raportoidaan huoltotietojärjestelmään.

Huollon raportointijärjestelmiä käytetään muiden kuin takuun piiriin kuuluvien huolto- ja korjaustapahtumien raportointiin. Huollon raportointijärjestelmiä on käytössä yrityksissä, joilla on myös omaa tai jakelijan huolto- ja korjaustoimintaa. Järjestelmä on myös joissain tapauksissa voitu yhdistää takuuajan raportointiin kanssa. Nykyinen trendi huoltaa muidenkin valmistajien laitteita aiheuttaa hankaluuksia katkeamattomalle huoltotiedon ylläpidolle. Pelkästään laitteiden huoltoon keskittyneet yritykset käyttävät takuuajan jälkeen usein omia raportointijärjestelmiään, joista hyvin harvoin menee tietoa valmistajalle. Huollon raportointijärjestelmistä, yhtä lailla kuin asiakkailtakin, saatavaa dataa voidaan hyödyntää esimerkiksi uuden tuotteen suunnitteluvaiheessa. Tiedon keruun täytyy olla kattavaa ja järjestelmällistä. Tuotekehitys pystyy hyödyntämään kerättyä dataa monin eri tavoin: uusien

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

ominaisuuksien suunnitteluun, laitteen huollettavuuden parantamiseen sekä tuotepalautteen antamiseen alihankkijoille ja komponenttitoimittajille.

Tuotetta valmistavassa yrityksessä huollon raportointijärjestelmä on varaosamenekin kanssa ainoita järjestelmiä, joista saadaan tietoa takuuajan jälkeisistä vikaantumisista. Raportointi on kuitenkin yleensä suppeampaa. Varaosamenekkitietoja on tallentuneena valmistuksen, huollon ja jakelijoiden myyntitietojärjestelmissä. Niistä saadaan varaosien menekkitietoa, jota voidaan hyödyntää suunnittelussa, valmistuksessa ja myynnissä. Ulkopuolisten toimijoiden, kuten huollon ja jakelijoiden, järjestelmien on oltava yhteydessä päätietojärjestelmään. Yrityksillä voi olla keskitetty varaosajärjestelmä, johon liittyy tehtaan oma varaosajakelukeskus.

4.5.4.2 Kunnonvalvontajärjestelmät

Kunnonvalvontajärjestelmät valvovat, tuottavat ja tallentavat informaatiota laitteiden ja koneiden tilasta. Tietoa tallennetaan fyysisesti joko itse työkoneessa olevaan tallentimeen, josta se voidaan siirtää eri tavoilla eri järjestelmiin analysoitaviksi, tai reaaliajassa suoraan yrityksen palvelimelle. Langattomien tietojärjestelmien kehittyminen on mahdollistanut, että myös liikkuvissa työkoneissa on siirretty käyttämään yhä enemmän automaattisia kunnonvalvontajärjestelmiä. Tietoa voidaan siirtää nopeasti koneista keskitetyille huoltotiimeille ja spesialisteille vaikka toiselle puolelle maapalloa. Antureiden ja sopivien työkalujen avulla pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti työkoneiden tilaa ja kuntoa. Esimerkiksi etävalvonnassa olevat koneet voivat lähettää informaatiota energiankulutuksesta, kuormituksesta ja erilaisista häiriötiloista. Mittaustulosten ja -trendien avulla huoltotiimit pääsevät käsiksi esimerkiksi komponenttien ja osien kulumiseen, minkä avulla pystytään aikataulutamaan tulevia huoltoja. Vikojen tunnistamisessa voidaan käyttää apuna myös simulaattoreita ja simulointimalleja, jolloin koneista mitattua dataa verrataan reaaliajassa simulaattoreiden tuottamaan referenssidataan.

4.5.4.3 Tuotekehityksen mittaus- ja testaustietojärjestelmät

Tuotekehityksessä toimii myös testaustiimejä, jotka testaavat ja mittaavat tuotteiden laatuominaisuuksia. Testausprosessien tuloksina syntyy paljon informaatiota, sekä numeerisessa (ascii, Excel) että kirjallisessa muodossa. Mittauksissa saatu informaatio ja tulokset analysoidaan tarpeen mukaan ja niistä tehdään raportteja. Raporttien avulla tehdään tarvittavat päätökset tuotteen kehittämisestä ja sovitaan mahdollisista jatkotoimenpiteistä. Saatua dataa tallennetaan usein organisoidusti sovittuun järjestelmään, esimerkiksi olemassa olevan testausohjelman sisälle tai erilaisille tallennusmedioille (verkkolevyt, cd, DVD, muistikortti).

Lisäksi tuotekehityksen järjestelmissä voi olla tallennettuna komponenttitoimittajan toimittamaa testaus- ja referenssitietoa. Informaatio voi sisältää esimerkiksi komponentin nimellisarvoja, varoituksia ja tietoa sallituista käyttöolosuhteista.

4.5.4.4 Asiakas- ja käyttäjätietojärjestelmät

Asiakastietoja voidaan tallentaa erityyppisiin järjestelmiin (CRM), riippuen yritysten toimialasta. Järjestelmien ja ohjelmistojen tarjoajia on paljon ja niiden sisällöt vaihtelevat paljon. Yleisesti järjestelmissä on koottuna esimerkiksi asiakasrekisteri yhteystietoineen ja mahdollisuus asiakkaiden segmentointiin. Lisäksi niissä voi olla tietoa toimituksista, markkinointikampanjoiden hallinnasta ja asiakastyytyväisyyden tuloksista.

4.5.4.5 Suunnitelmallinen käyttövarmuustiedonkeruu on keino toteuttaa yrityksen strategiaa

Edellä kuvattu menettelytapa tiedonkeruun kehittämiseksi pohjautuu siihen, että tunnistetaan tietotarpeet, jotka ovat pohjana määritettäessä kerättäviä tietoja sekä tiedon analysointimenetelmiä. Suunnittelun tietotarpeiden tunnistaminen puolestaan pohjautuu siihen, että tunnetaan suunnittelun eri vaiheet riittävän hyvin ja tiedetään, millaisia päätöksiä eri vaiheissa on tehtävä. Suunnittelussa tehtävät päätökset niin käyttövarmuuden kuin muidenkin suunniteltavien asioiden suhteen tulee tehdä tukemaan yrityksen strategiaa. Toisin sanoen tiedonkeruun suunnittelu ja toteuttaminen on tärkeä osa strategian toteuttamista.

4.6 Osa 6 Parantaminen

Luotettavuuden hallintajärjestelmän päätavoitteena on parantaa tuotteiden käyttövarmuutta ja mahdollistaa esimerkiksi uusien teknologioiden vieminen entistä nopeammin markkinoille mahdollisimman pienin taloudellisin riskein. Parantavat toimenpiteet joko poistavat tuotteissa ilmenneet ongelmat tai estävät niiden syntymisen ennalta poistamalla niihin johtavat syytekijät. Tuotteeseen kohdistuvien parannustoimenpiteiden tarpeet tunnistetaan esimerkiksi vika-vaikutusanalyysin avulla, ja analyysitulosten pohjalta suunnittelija tekee uuden suunnitteluratkaisun eli synteessin. Tuoteparannuksien tekeminen on siis analyysin ja synteessin vuorottelun tulosta. Parannustoimenpiteiden on oltava jäljitettävissä, ja niiden tekemistä tulee valvoa, jotta pystytään tarvittaessa varmistamaan muutosten johdonmukaisuus ja virheettömyys. Ohjelmistojen käytönaikaista parantamista tehdään tyypillisesti ohjelmiston ylläpidon yhteydessä ohjelmistopäivitysten kautta.

Henkilöstön pätevyyttä pitää ylläpitää ja kehittää osana käyttövarmuuden hallintaa. Henkilöstölle pitää tarjota mahdollisuus koulutukseen ja harjoitteluun erillisten koulutusohjelmien avulla sekä yhteistyössä alan oppilaitosten kanssa. Myös alan seminaareihin ja foorumeihin osallistuminen ja niissä esiintyminen voidaan lukea osaksi pätevyyden ylläpitoa.

Luotettavuuden hallintajärjestelmää pitää itsessään jatkuvasti kehittää ja parantaa. Hallintajärjestelmän toimivuutta pitää arvioida säännöllisesti, esimerkiksi ulkopuolisten tekemien auditointien avulla. Benchmarkkaus saman alan toimijoiden käytäntöihin on myös suositeltavaa. Osana hallintajärjestelmää tulisi olla palkitsemiskäytäntöjä,

4. Luotettavuusohjelman toteuttaminen

jotka mahdollistavat luotettavuudeltaan hyvän laitteen suunnittelutiimin palkitsemisen. Palkitseminen voi tapahtua jopa vuosia tuotekehitysprojektin jälkeen. Tällaisen pitkän aikavälin palkitsemiskäytännön rakentamiseen tarvitaan tiivistä yhteistyötä kunnossapito-organisaation kanssa, joka pystyy määrittelemään koneen pitkäaikaisluotettavuuden tason oman seurantatoimintonsa kautta ja siten osoittamaan koneen tuottavuuden pitkällä aikavälillä.

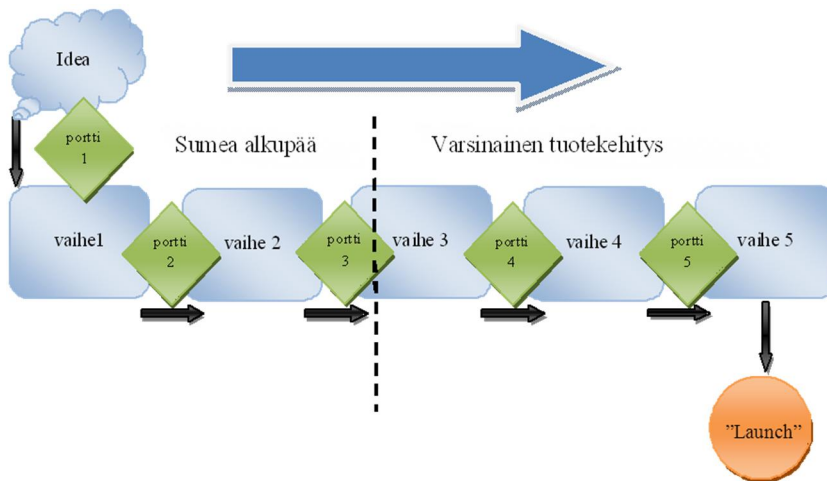
Vaikka RelSteps-hankkeen kehitystyön fokus ei käsitellyt suoraan luotettavuusjohtamisjärjestelmän parantamisosuutta, tarjosi hanke mukana olleille yrityksille loistavan benchmarking-mahdollisuuden käyttövarmuuden hallintaan liittyvistä haasteista. Mukana olleiden yritysten edustajat tarjosivat RelSteps-hankkeen johtoryhmäkokouksissa ja tulosseminaareissa toisilleen kokemuksia ja kehitysehdotuksia käyttövarmuuden hallinnan parantamiseksi.

5. Yhteenveto

Jos kehitettävän tuotteen käyttövarmuusominaisuuksia halutaan systemaattisesti hallita, on siihen panostettava ja panostukseen sitouduttava aivan yrityksen ylimmän johdon tasolta.

Tätä SFS-EN 60300-2 "Luotettavuuden hallinta. Osa 2: ohjeita luotettavuuden hallintaan" -standardin (2004) lähtökohtaa tukivat hankkeen aikana niin kirjallisuudesta kuin myös käytännön kehitystyöstä tehdyt havainnot. Osassa mukana olleista yrityksistä käyttövarmuuden hallintaan oli jo panostettu siten, että näissä yrityksissä oli muodostettu oma "resurssipooli", josta tuotekehitysprojektit saavat tilata käyttövarmuuspalveluja tarpeisiinsa. Tästä asiantuntijaryhmästä nimetään lisäksi käyttövarmuussidosryhmän vastuullinen henkilö arvioimaan suunniteltavan järjestelmän käyttövarmuuden kypsyyttä tuotekehitysprojektien eri porteille.

Kaikissa hankkeessa mukana olleissa yrityksissä oli tunnistettavissa toimenpiteitä, joilla käyttövarmuussuunnittelua tuetaan. Käyttövarmuuden hallinnan toimenpiteet eivät välttämättä ole vielä kovin järjestelmällisesti kuvattuja yritysten toimintaprosesseihin. Tämä on oleellinen syy siihen, miksi yritysten edustajat kokevat, ettei suunniteltavan järjestelmän käyttövarmuuden hallintaa vielä toteuteta. Kuitenkin kaikilla mukana olleilla yrityksillä oli olemassa vaiheistettu kuvaus tuotekehityksestä, eli voidaan todeta, että yritykset soveltavat nk. Stage gate -mallia omissa tuotekehitysprojekteissaan (katso Kuva 11).



Kuva 11. Stage gate -malli (Cooper 2001).

Jos tuotekehitysvaiheessa olevan järjestelmän käyttövarmuutta halutaan hallita entistä paremmin, on tuotteen käyttövarmuuteen vaikuttavia kriteerejä käytännöllistä arvioida Stage gate -mallin mukaisilla porteilla. Näissä vaiheissa, jotka ovat jo käytössä, arvioidaan muutenkin suunniteltavan järjestelmän vaatimusten toteutumista ja siten ohjataan toimenpiteiden ja kehitystoiminnassa vaadittavien resurssien suuntaamista. Tämän havainnon perusteella hankkeessa mukana olleet yritykset voivat varsin kevyesti implementoida käyttövarmuuden hallinnan elementit omiin tuotekehitysprosesseihinsa juuri projektien arviointipisteiden yhteyteen.

5.1 Käyttövarmuuden hallinta tuotekehitysprosessissa

Tuotekehitysvaiheessa olevan tuotteen käyttövarmuusominaisuuksien hallintaan ei ole käytettävissä yksittäistä ja yksityiskohtaista mallia. Jokainen tuotekehitysprojekti on omanlaisensa: ei ole olemassa yksittäistä mallia ja siinä käytettäviä työkaluja, joita voisi soveltaa kattavasti jokaisessa tuotekehitysprojektissa. Jos suunniteltavan tuotteen käyttövarmuusominaisuuksia halutaan hallita, on hyvä ohjenuora hakea vastauksia rautatiealan toimitusprojekteihin liittyvän standardin peruskysymyksistä (EN-50126 [1999]):

1. Mikä on kohteelle soveltuva elinkaarimalli?
2. Mitkä ovat vaaditut käyttövarmuuden hallinnan tehtävät tuotteen elinkaaren eri vaiheissa?
3. Ketkä ovat vastuussa käyttövarmuuden hallinnan tehtävien toteuttamisesta?
4. Mitkä ovat tarvittavat ohjeet, työkalut ja referenssidokumentit näiden tehtävien toteuttamisessa?

5. Kuinka käyttövarmuuden hallinnan toimet implementoidaan osaksi yrityksen toimintaprosesseja?

Tämä ei todellakaan tarkoita sitä, että eri yritysten jokaiseen tuotekehitysprojektiin pitäisi lähteä tyhjältä pöydältä vaatimusten hallinnan osalta. Kaikissa yrityksissä, joissa toteutetaan tuotekehitysprojekteja, on käytössä myös käyttövarmuuden hallintaan liittyviä toimenpiteitä. Näiden toimenpiteiden kattavuuden arviointiin antaa tukea tämän julkaisun liitteessä 1 esitetty lomake käyttövarmuuden hallinnan toimenpiteiden kattavuuden itsearviointiin. Vastaamalla rehellisesti lomakkeen kysymyksiin on mahdollista tunnistaa tuotekehitysprojektin eri vaiheissa tarvittavat, käyttövarmuuden hallintaa tukevat toimenpiteet, joiden avulla voidaan tunnistaa aukot käyttövarmuuden hallinnan osalta.

Itse asiassa prosessi, joka tähtää kehitettävän tuotteen ominaisuuksien hallintaan, on huomattavasti tärkeämpi kuin prosessissa hallittavien ominaisuuksien osoittamiseen käytettävät työkalut. Tuotekehitysprosessin ja sen päätöksentekopisteissä käytettävien päätöskriteerien pitää olla läpinäkyviä ja prosessiin osallistuvien henkilöiden ymmärtämiä ja hyväksymiä. Näin ollen tuotekehitysprosessin päätöksentekopisteisiin tietoa tuottavien työkalujen pitää myös olla prosessia tukevia: prosessissa käytettävät työkalut eivät saa olla itseisarvo, vaan niiden pitää tukea prosessin aikana tehtäviä päätöksiä. Toisin sanoen tuotekehitysprojektin tavoiteasetannan perusteella on päätettävä, millaisia työkaluja ja resursseja pitää käyttää, jotta saavutetaan riittävä käyttövarmuuden hallinnan taso eri vaatimusten saavuttamiseksi ja todentamiseksi tuotekehitysprojektin päätöksentekopisteissä.

Tämän julkaisun tavoitteena on tukea yritysten tuotekehitysprojektien toimintaa käyttövarmuuden hallinnan osalta perustuen standardiin SFS-EN 60300-2 (2004). Kyseisessä standardissa on lueteltu 32 luotettavuuden hallinnan tehtävää, jotka on jaettu seuraaviin osa-alueisiin:

- Osa 1 Johtaminen
- Osa 2 Luotettavuustekniikat
- Osa 3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen
- Osa 4 Todentaminen ja kelpuuttaminen
- Osa 5 Tietämyskanta
- Osa 6 Parantaminen.

Seuraavissa luvuissa kootaan yhteen, kuinka RelSteps-hankkeessa on toimittu käytännössä näiden standardissa esitettyjen osa-alueiden tehtävien osalta.

5.1.1 Johtaminen

Standardin SFS-EN 60300-2 (2004) mukaan johtamiseen liittyviä tehtäviä luotettavuusohjelmassa ovat:

- luotettavuussuunnitelman teko
- luotettavuusspesifikaatioiden määrittäminen
- ohjausprosessien määrittäminen

5. Yhteenveto

- suunnittelun ohjaus
- valvonta ja katselmointi
- toimitusketjun hallinta
- uuden tuotteen käyttöönotto.

Tämän julkaisun kontribuutio johtamiselle esitetään luvussa 4.1.1, jossa käsitellään luotettavuustavoitteiden allokointia järjestelmän eri osille. Tämä liittyy pääasiallisesti standardin SFS-EN 60300-2 (2004) luotettavuusohjelman tehtävään 2 "luotettavuusspesifikaatio". Lisäksi laadullisten käyttövarmuusvaatimusten asettamisessa käsitellään tehtäviin 13 "sovellusympäristön analysointi" ja 15 "osien arviointi ja valvonta" liittyviä kysymyksiä.

Lisäksi julkaisun luku 3.3 ehdottaa lähtökohdat käyttövarmuuden hallinnan kehittämiseksi ja luvussa 5 ehdotetaan, että käyttövarmuusominaisuuksien valvontaa ja katselmointia olisi hyvä tehdä jo määritellyissä tuotekehitysprojektin päätöksentekopisteissä, porteilla, jotka ovat jo nyt käytössä useissa yrityksissä.

5.1.2 Luotettavuustekniikat

Luotettavuustekniikoiden soveltamisella tavoitellaan kehitettävien tuotteiden hyvän käyttövarmuustason varmistamista. Luotettavuustekniikat-osiossa esitettävät tehtäväkuvaukset liittyvät

- toimintavarmuustekniikoiden soveltamiseen
- kunnossapidettävyystekniikoiden soveltamiseen
- kunnossapitovarmuustekniikoiden soveltamiseen
- standardisointiin
- inhimillisten tekijöiden huomioimiseen.

Toimintavarmuus-, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuustekniikoiden soveltaminen ovat käytännössä omia osa-alueitaan luotettavuusohjelman osiossa 3 toteutettavassa analysoinnissa ja arvioinnissa. Tämän vuoksi projektissa kehitetyt menetelmät on koottu yhteen seuraavassa luvussa.

5.1.3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen

Analysointi, arviointi ja määrittäminen -osiossa kehoitetaan käyttämään erilaisia tekniikoita ja menetelmiä luotettavuusongelmien ratkaisemiseen. Nämä menetelmät voivat olla kvantitatiivisia tai kvalitatiivisia. Tämän osan luotettavuustehtäviä standardin mukaan ovat

- sovellusympäristön analysointi
- toimintavarmuusmallintaminen ja -simulointi
- osien arviointi ja valvonta
- suunnittelun analysointi ja tuotteen arviointi
- syy-seuraus vaikutus- ja riskianalyysi
- ennustaminen

- hyöty-/kustannusanalyysi
- elinjaksokustannuslaskenta.

RelSteps-hankkeessa toimintavarmuuden mallintamisen ja riskianalyysien lähtökohdina käytettiin suunniteltavan järjestelmän toiminnallista kuvausta (katso luku 4.3.3).

Riskianalyyseissä tehtiin kehitettävän järjestelmän arviointi sekä tunnistettiin sen vikatapausten syitä, niiden seurauksia ja vaikutuksia täysin uuden järjestelmän kehityksen konseptivaiheessa (katso luku 4.3.5) ja luonteeltaan inkrementaalinen kehittämisenäkökulman omaavassa tuotekehitysprojektissa (katso luku 4.3.6). Lisäksi hankkeessa analysoitiin kehitettävän järjestelmän kunnossapidettävyyttä. Tämän analyysin voidaan katsoa liittyvän erittäin läheisesti myös luotettavuuden hallinnan luotettavuustekniikka -kokonaisuuteen (katso luku 4.3.7).

Osien arviointiin ja valvontaan liittyvää osuutta käsiteltiin komponenttitoimittajien kanssa tehdyn yhteistyömahdollisuuksien tutkimisen kautta (katso luku 4.3.9).

Myös elinjaksokustannusten laskentaan, sisältäen erityisesti hyötylaskelman näkökulman, toteutettiin oma tutkimus-case (katso luku 4.3.10).

5.1.4 Todentaminen ja kelpuuttaminen

Luotettavuusohjelman todentaminen ja kelpuuttaminen -osio liittyy ensisijaisesti käyttöönottoon tai käytön ja kunnossapidon alkuvaiheeseen, jolloin on varmistettava, että luotettavuusvaatimukset on saavutettu. Suunnitteluvaiheessa on tuotettava mittarit, joilla luotettavuusvaatimusten saavuttamista on mahdollista arvioida. RelSteps-hankkeessa ei toteutettu casea liittyen todentamiseen ja kelpuuttamiseen. Kuitenkin voidaan todeta, että jos tuotekehityksen aikana toteutetaan ja dokumentoidaan tässä julkaisussa esitettyjä menetelmiä ja tehtyjen löydösten perusteella tehdään kehitystoimenpiteitä, ovat nämä dokumentit käyttökelpoisia myös luotettavuusohjelman todentamisessa. Nämä dokumentit ovat omalta osaltaan todentamassa, että tuotekehityksen aikana on tehty toimenpiteitä suunniteltavan järjestelmän käyttövarmuuden hallitsemiseksi.

5.1.5 Tietämyskanta

Luotettavuustiedon kerääminen ja analysointi on yksi perusedellytys käyttövarmuuden hallinnassa. Standardissa SFS-EN 60300-2 (2004) käytetään luotettavuustietokannasta termiä tietämyskanta, jota myös tässä julkaisussa käytetään huolimatta siitä, että kyseinen termi ei ole yleisesti käytössä.

Standardin mukaan tietämyskantaan kuuluvia tehtäviä ovat

- tietämyskannan perustaminen
- tietojen analysointi
- tiedon kerääminen ja jakaminen
- luotettavuustallenteet.

Tiedon hallinnan ja hyödyntämisen kehittämistä nimenomaan suunnittelutoiminnon näkökulmasta käsiteltiin kahdessa eri casessa. Niissä ei keskitytty uusien tietolähteiden muodostamiseen, vaan pohdittiin ennemminkin nykyisten jo käytössä olevien tietolähteiden hyödyntämistä (katso luku 4.5).

5.1.6 Parantaminen

Luotettavuuden hallintajärjestelmän päätavoitteena on parantaa tuotteiden käyttövarmuutta ja mahdollistaa esimerkiksi uusien teknologioiden vieminen entistä nopeammin markkinoille mahdollisimman pienin taloudellisin riskein.

Vaikka RelSteps-hankkeen kehitystyön fokus ei käsitellyt suoraan luotettavuusjohtamisjärjestelmän parantamisosuutta, tarjosi hanke mukana olleille yrityksille loistavan benchmarking-mahdollisuuden käyttövarmuuden hallintaan liittyvistä haasteista. Mukana olleiden yritysten edustajat tarjosivat RelSteps-hankkeen johtoryhmäkokouksissa ja tulosseminaareissa toisilleen kokemuksia ja kehitysehdotuksia käyttövarmuuden hallinnan parantamiseksi.

Lähdeluettelo

- Birolini, A. 2010. Reliability Engineering. Theory and Practice. 6th edition. Springer-Verlag, Berlin.
- Cooper, R. G. 2001. Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch. 3rd edition. Basic books, New York. 425 s.
- Dhillon, B. S. 1999. Design Reliability – Fundamentals and Applications. CRC Press LLC, Boca Raton. 396 s.
- EN-50126. 1999. Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). European Committee for Electrotechnical Standardization – CENELEC, Brussels. 76 s.
- Franssila, H., Kunttu, S., Saarinen, H. & Valkokari, P. 2012. Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa. VTT Technology 48. VTT, Espoo. 44 s. + liitt. 1 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T48.pdf>.
- Høyland, A. & Rausand, M. 1994. System Reliability Theory. Models and Statistical Methods. 1st edition. John Wiley & Sons, New York. 536 s.
- IEC 60050-191. 1990. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 191: Dependability and quality of service. International Electrotechnical Commission, Geneva.
- IEC 60300-3-2. 2004. Dependability management – Part 3-2: Application guide – Collection of dependability data from the field. International Electrotechnical Commission, Geneva.
- IEC 60300-3-4. 2007. Dependability management – Part 3-4: Application guide – Guide to the specification of dependability requirements. International Electrotechnical Commission, Geneva.
- IEC/ISO 31010. 2009. Risk Management – Risk assessment techniques. International Electrotechnical Commission, Geneva. 90 s.
- ISO-31000. 2009. Risk management – Principles and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva. 24 s.

- Jännes, J. 2011. Käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallinta suunnittelun alkuvaiheissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto TTY, teollisuustalous, Tampere. <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-2011062114737>.
- Kahn, B. K., Strong, D. M. & Wang, R. Y. 2002. Information Quality Benchmarks: Product and Service Performance. Communications of ACM, Vol. 45, No. 4ve, s. 184–192.
- Lehtinen, T. & Konttila S. 2005. RAMalloc-ohjelmalla määrittelet ja kohdennat laitteiden ja laitosten käyttövarmuusvaateet. Kunnossapito, 5/2005, s. 68–69.
- O'Connor, P. D. T. 2002. Practical Reliability Theory. 4th edition. John Wiley & Sons, New York. 513 s.
- SFS-IEC 50(191). 1996. Sähköteknillinen sanasto. Luotettavuus ja palvelun laatu. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki. 143 s.
- SFS-EN 60300-1. 2004. Luotettavuuden hallinta. Osa 1: Luotettavuuden hallintajärjestelmät. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki. 2. painos. 29 s.
- SFS-EN 60300-2. 2004. Luotettavuuden hallinta. Osa 2: Ohjeita luotettavuuden hallintaan. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki. 91 s.
- SFS-IEC 60300-3-9. 2000. Luotettavuusjohtaminen osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki. 47 s.
- Østeras, T. Murthy, D. N. P. & Rausand, M. 2004. Reliability Performance and Specifications in New Product Development. Research report, NTNU. <http://www.ntnu.no/ross/reports/ReliabilitySpecifications.pdf>. Luettu 04/2012.
- Sandberg, A. & Strömberg, U. 1999. Gripen: with focus on availability performance and life support cost over the product life cycle. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5, Iss. 4, s. 325–334.
- Sydänmaanlakka, P. 2003. Älykäs organisaatio – tiedon, osaamisen ja suorituksen johtaminen. Talentum, Helsinki. ISBN 952-14-0223-7.
- Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta – PDM. Talentum, Helsinki. ISBN 951-762-796-3.
- Taipale, V. 1998. Osajärjestelmän vaikutus prosessijärjestelmän elinjakso tuottoon. LCP-laskentamalli. VTT Tiedotteita 1920. VTT, Espoo. 52 s. + liitt. 1 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1920.pdf>.

- Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. 2004. Product Design and Development. 3rd edition. McGraw-Hill, New York. 366 s.
- Valkokari, P. & Rouhiainen, V. 2000. Improvement of the availability performance of a production system. Teoksessa: Foresight and Precaution. Cottam, M. P., Harvey, D. W., Pape, R. P. & Tait, J. (toim.). Balkema, Rotterdam. ISBN 90 5809 140 6.
- Valkokari, P., Ahonen, T., Franssila, H., Itäsalo, A., Jännes, J., Välisalo, T. & Ellman, A. 2011a. Käyttövarmuussuunnittelun kehittämistarpeet. Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – hankkeen työraportti 1. VTT Working Papers 180. VTT, Espoo. 53 s. + liitt. 21 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W180.pdf>.
- Valkokari, P., Ahonen, T., Venho-Ahonen, O., Franssila, H. & Ellman, A. 2011b. Requirements for dependability management and ICT tools in early stages of the system design. European Safety and Reliability Conference, ESREL 2011. Troyes, FR, 18–22 Sept. 2011. Teoksessa: Advances in Safety, Reliability and Risk Management. Bérenguer, C., Grall, A. & Guedes Soares, C. (toim.). Taylor & Francis Group, London. S. 2080–2087.
- VDI 2221. 1987. Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products. VDI Society for Product Development, Design and Marketing. Committee for Systematic Design. 34 s.
- Yang, G. 2007. Reliability Planning and Specification. Chapter 3. Teoksessa: Lifecycle Reliability Engineering. John Wiley & Sons, New York. 978-0-471-71529-0.

Liite 1: Käyttövarmuuden hallinnan nykytilan arviointi -lomake

Tämän lomakkeen tarkoituksena on tukea käyttövarmuuden hallinnan nykytilan tunnistamista organisaatiossa. Lomake koostuu väittämistä, joihin vastaamalla saadaan selville käyttövarmuuden hallinnan kannalta keskeisten resurssien ja menettelyiden tila organisaatiossa. Vastauksia lomakkeen kysymyksiin voi etsiä organisaation laatu- ja johtamisjärjestelmädokumentaatiosta sekä muusta suunnittelukäytäntöjä ohjaavasta dokumentaatiosta sekä haastatteleamalla organisaation suunnittelu- ja elinkaaripalvelutehtävissä olevia asiantuntijoita ja muita lähellä asiakasrajapintaa työskenteleviä asiantuntijoita.

Lomake toimii siten, että seuraavien väitteiden paikkansapitävyyttä omassa organisaatiossa arvioidaan asteikolla 1 = kuvaa erittäin huonosti nykytilaa...5 = kuvaa erinomaisesti nykytilaa.

Käyttövarmuuden tavoitteenasetanta ja seuranta

1. Asiakkaalle annetaan käyttövarmuuteen liittyviä lupauksia
2. Tuotekehityksessä asetetaan sisäisiä tuotteen käyttövarmuuteen liittyviä tavoitteita
3. Käyttövarmuuteen liittyvät suorituskykylupaukset on esitetty tunnussuurein
4. Käyttövarmuuteen liittyvät lupaukset perustuvat dokumentoituun evidenssiin
5. Käyttövarmuuden toteutumista seurataan systemaattisesti

Käyttövarmuuden suunnittelukäytännöt ja -prosessit

6. Käyttövarmuuden suunnittelutapa on luonnehdittu tuotekehitys- ja suunnitteluprosessien kuvauksessa
7. Käyttövarmuuteen liittyviä vaatimuksia sisältyy aina tuotteen vaatimusmäärittelyyn
8. Käyttövarmuuteen liittyviä vaatimuksia on asetettu komponentti-, osajärjestelmä- ja järjestelmätasolla
9. Käyttövarmuuden suunnittelu toteutuu käytännössä prosessikuvausten mukaisesti

Käyttövarmuuden hallinnan menetelmät

10. Käyttövarmuustavoitteiden asettamiseksi on käytettävissä systemaattisia menetelmiä

11. Käyttövarmuuden suunnittelemiseksi on käytettävissä systemaattisia menetelmiä
12. Käyttövarmuuden seuraamiseksi on käytettävissä systemaattisia menetelmiä

Käyttövarmuuden hallinnan tietoresurssit

13. Käyttövarmuuden hallinnassa tarvittavaa tietoa on käytettävissä runsaasti
14. Käyttövarmuuden hallintaan tarvittavan tiedon laatu on hyvä
15. Käyttövarmuuden hallintaan käytettävissä oleva tieto edustaa hyvin tuotevalikoimaa
16. Käyttövarmuuden hallintaan käytettävissä oleva tieto edustaa hyvin tuotteen käyttöympäristöjen variaatiota
17. Käyttövarmuuden hallintaan käytettävissä oleva tieto edustaa kattavasti tuotteen koko elinjaksoa
18. Käyttövarmuuden hallinnassa tarvittava tieto on helposti saatavissa

Käyttövarmuuden hallinnan työkalut ja tukijärjestelmät

19. Käyttövarmuuden hallintaan on käytettävissä mielekkäitä työkaluja
20. Käyttövarmuuden hallinnan työkalujen soveltamisen edellyttämää tietoa on saatavilla oikeanlaatuksena ja riittävästi

**Lite 2: Hankkeessa käytetty käyttövarmuus-
riskianalysilomake**

Toiminto	Toiminnon suorittamiseen osallistuva(t) osajärjestelmä(t)	Vika, viive, haitta/häiriö asiakkaalle	Vian syy(t)	Vian havaitseminen	Kunnossapidettävyys, yleinen kunnossapidon näkökulma, kunnossapito-vastuu	Vaikutukset		Tarvittavat toimenpiteet vian todennäköisyyden tai seurausten minimoimiseksi	Huomioita (esim. muita tarvittavia toimenpiteitä)	Vastuullinen organisaatio/ taho
						Vaikutukset asiakkaalle (laajuus ja vakavuus)	Kunnossapidon laajuus tai asennuksen/käyttöön-oton/kunnossapidon kustannukset			

Nimeke	Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön
Tekijä(t)	Toni Ahonen, Jere Jännes, Susanna Kunttu, Pasi Valkokari, Outi Venho-Ahonen, Tero Väälisalo, Asko Ellman, Jukka-Pekka Hietala, Petteri Multanen, Ari Mäkiranta, Harri Saarinen & Heljä Franssila
Tiivistelmä	<p>Käyttövarmuus ja turvallisuus ovat merkittäviä tuoteominaisuuksia. Siksi niiden hallinta jo tuotekehityksen alkuvaiheissa on erittäin tärkeää. Tuotteen elinkaaren aikaisten kustannusten ja sen aikana saatavien hyötyjen osalta merkittävimmät päätökset tehdään tuotekehityksen aikaisissa vaiheissa. Alkuvaiheessa tehtyjen virheiden korjaaminen myöhemmin on erittäin kallista ja useissa tapauksissa jopa mahdotonta. On arvioitu, että jos suunnitteluvirheen korjaaminen maksaa ennen ensimmäisen luonnoksen julkaisemista yhden dollarin, se maksaa luonnoksen julkaisemisen jälkeen 10 dollaria, prototyyppivaiheessa 100 dollaria, esituotantovaiheessa 1000 dollaria ja tuotantovaiheessa 10 000 dollaria (Dhillon 1999). Mitä tarkemmin suunniteltavan tuotteen spesifikaatiot pystytään määrittelemään ennen varsinaisen tuotekehityksen aloittamista, sitä varmemmin lopputuote täyttää sille asetetut vaatimukset.</p> <p>Tämä julkaisu 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 tuotekehitysprojektien käyttövarmuuden hallinnan tarpeet ja joka on integroitavissa osaksi yrityksen toimintajärjestelmää.</p> <p>Tässä julkaisussa esitämme kuinka hankkeemme tutkimus- ja kehitystoiminnan tulokset tukevat standardin ”SFS-EN 60300-2 Luotettavuuden hallinta. Osa 2: ohjeita luotettavuuden hallintaan” ehdottaman ohjelman mukaista toimintaa. Standardissa esitetyn luotettavuusohjelma päävaiheet ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Osa 1 Johtaminen - Osa 2 Luotettavuustekniikat - Osa 3 Analysointi, arviointi ja määrittäminen - Osa 4 Todentaminen ja kelpuuttaminen - Osa 5 Tietämyskanta - Osa 6 Parantaminen. <p>Tällä tavoittelemme standardin käytännöllistämistä ja hankkeen tavoitteiden saavuttamista esittämällä kuinka hankkeessa kehitettyjä menetelmiä ja työkaluja voidaan soveltaa tuotekehitysprojektien eri vaiheissa.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38- 7905-1 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Julkaisu-aika	Joulukuu 2012
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	73 s. + liitt. 3 s.
Projektin nimi	RelSteps
Toimeksiantajat	Tekes, FIMA
Avainsanat	dependability management, management of dependability knowledge, design for dependability, life-cycle data management
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111

Title	Dependability management – from standard to practice
Author(s)	Toni Ahonen, Jere Jännes, Susanna Kunttu, Pasi Valkokari, Outi Venho-Ahonen, Tero Väälisalo, Asko Ellman, Jukka-Pekka Hietala, Petteri Multanen, Ari Mäkiranta, Harri Saarinen & Heljä Franssila
Abstract	<p>The experiences of our publication were gained from research project which deals with dependability management in the design processes of the machine industry sector in Finland. The management of dependability issues within this industry sector is quite challenging due to, for instance, the special characteristics of the working machine operating environment. Machines need to be designed for varying loads and demanding operating conditions. At the same time manufactured series of machines are small which limits the sources and availability of reliability data.</p> <p>One of the reasons for companies' interest for enhancement of the dependability management during early design phases is the result of an on-going change in their business environment. System providers are currently facing global competition. In order to maintain their competitiveness, system providers are transforming into life cycle service providers. Therefore, those who are willing to carry out the transformation need to expand their understanding on their products' life cycle. At the same time companies are more and more aware that the actors that are capable to analyse their product behaviour earlier during the product development process are most likely having the winning strategy. At least these two factors are also setting new requirements for the dependability management processes and for tools and methods used to support them.</p> <p>Our publication focuses on the practical needs of companies for dependability management in the early phase of the product development processes. These needs were identified during the first work package of our project. The results of the project were also presented e.g. in ESREL 2011 and 2012 conferences.</p> <p>The objective of the project was to develop a toolbox for mechanical engineering which is especially considering the challenges related to mobile work machine industry. Therefore the aim was to define the dependability management process model which is applicable for product development projects of different sizes and which is possible to integrate as a part of a company's operating and quality system.</p> <p>To reach the objective, this publication presents the results of the project according to the structure of the standard "EN 60300-2. Dependability management. Part2: Guidelines for dependability management". This standard proposes a dependability programme which consists of 32 tasks divided into six main elements. These elements are:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Management 2. Dependability disciplines 3. Analysis, evaluation and assessment 4. Verification and validation 5. Knowledge base 6. Improvement.
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38- 7905-1 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Date	December 2012
Language	Finnish, English abstract
Pages	73 p. + app. 3 p.
Name of the project	RelSteps
Commissioned by	Tekes, FIMA
Keywords	dependability management, management of dependability knowledge, design for dependability, life-cycle data management
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111

Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön

Käyttövarmuus ja turvallisuus ovat merkittäviä tuoteominaisuuksia. Siksi niiden hallinta jo tuotekehityksen alkuvaiheissa on erittäin tärkeitä. Tuotteen elinkaaren aikaisten kustannusten ja sen aikana saatavien hyötyjen osalta merkittävimmät päätökset tehdään tuotekehityksen aikaisissa vaiheissa. Alkuvaiheessa tehtyjen virheiden korjaaminen myöhemmin on erittäin kallista ja useissa tapauksissa jopa mahdotonta.

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

Tässä julkaisussa esitämme, kuinka hankkeemme tutkimus- ja kehitys-toiminnan tulokset tukevat Luotettavuuden hallinta -standardin SFS-EN 60300-2 ehdottaman luotettavuusohjelman mukaista toimintaa. Tavoittelemme standardin käytännöllistämistä ja hankkeen tavoitteiden saavuttamista esittämällä, kuinka hankkeessa kehitettyjä menetelmiä ja työkaluja voidaan soveltaa tuotekehitysprojektien eri vaiheissa.