

Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa

Heljä Franssila | Susanna Kunttu | Harri Saarinen |
Pasi Valkokari

Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa

Susanna Kunttu & Pasi Valkokari

VTT

Heljä Franssila

Tampereen yliopisto

Harri Saarinen

Tampereen teknillinen yliopisto

ISBN 978-951-38-7872-6 (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 Marika Leppilahti

Kopijyvä Oy, Kuopio 2012

Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa

[Management and exploitation of dependability knowledge in product development].
Heljä Franssila, Susanna Kunttu, Harri Saarinen & Pasi Valkokari. Espoo 2012.
VTT Technology 48. 44 s. + liitt. 1 s.

Tiivistelmä

Tämä julkaisu kokoa ”Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps” -hankkeen toisen tutkimuskokonaisuuden (työpaketti 2: käyttövarmuustiedon keruu-, hallinta- ja hyödyntämismenetelmät) tulokset. Tämän työpaketin tavoitteena oli määrittellä työkoneteollisuuden tuote- ja palvelukehitystyössä tarvittavat käyttökokemustiedot, niiden lähteet, analysointimenetelmät ja hyödyntäminen asiakasvaatimukset täyttävän koneen suunnittelussa.

Julkaisun tulosaineisto on koottu havainnoista, jotka ovat kertyneet koko hankkeen aikana. Tietolähteinä ovat olleet aiemmin tehdyn kyselytutkimuksen tulokset, yrityksissä toteutetut haastattelut ja tutkimuksen caset. Raportissa yhdistetään näitä havaintoja kirjallisuudessa (mm. standardit ja luotettavuuden hallinnan käsikirjat) esitettäviin käyttövarmuuden hallintamalleihin ja esitetään käytännönläheinen käyttövarmuustiedonkeruun ja tiedon hyödyntämisen prosessi.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että käyttövarmuuden suunnittelun näkökulmasta etenkin numeerisesta elinkaaritiedosta jalostettavien, suunnittelulle käytökelpoisten analyysituotteiden määrittelyssä ei olla vielä kovinkaan pitkällä. Elinkaaritiedon jalostuksen osalta pääpaino on ollut loppuasiakkaalle suunnattujen tietotuotteiden ja palvelujen kehittämisessä. Tuotekehitys ja suunnittelu elinkaaritiedon ”sisäisenä asiakkaana” ei vielä korostu elinkaaritiedonhallinnan tehtävissä.

Asiasanat

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

Management and exploitation of dependability knowledge in product development

[Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa]. **Heljä Franssila, Susanna Kunttu, Harri Saarinen & Pasi Valkokari.** Espoo 2012. VTT Technology 48. 44 p. + app. 1 p.

Abstract

This publication gathers results from RelSteps project's second work package. The aim of the study was to determine necessary dependability information, its sources and analysis methods to benefit the development of the new products and services that meets the customer requirements in the mobile machine industry sector.

Foreground of the report contains findings that have accumulated during the entire project. Information sources have been the web enquiry conducted during the first work package, company interviews and Industrial cases. By combining these observations to the models presented in the literature (such as standards and the reliability management handbooks) practical reliability management process model is proposed for the dependability knowledge management.

Based on the results, it appears that currently there practically no dependability analysis products to be used during the product development. So far the emphasis has been on the end customer, while these knowledge products have been processed. Product development and design is not yet an active internal customer of the life-cycle data management.

Keywords dependability, 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 on kehittää koneenrakennuksen ja erityisesti liikkuvien työkonoiden suunnitteluun käyttövarmuuden hallinnan työkalupakki, joka huomioi erilaisten tuotteiden ja tuoteprojektien käyttövarmuuden hallinnan tarpeet ja joka on integroitavissa osaksi yrityksen toimintajärjestelmää.

RelSteps-hanke toteutetaan VTT:n, Tampereen teknillisen yliopiston ja Tampereen yliopiston ryhmähankkeena. Projektin vastuujärjestelmä on VTT:n Riskienhallinta- ja käyttövarmuusosaamiskeskus. Yksityisen sektorin rahoitus hankkeelle kanavoituu Forum for Intelligent Machines ry:n (FIMA) kautta. Hankkeen päärahoittajana toimii Tekes (Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus).

Julkaisu esittelee hankkeen toisen työpaketin toteutusta ja tuloksia. Tässä yhteydessä tutkittiin käyttövarmuuteen liittyvän kokemustiedon, toimittajilta saatavien komponenttien käyttövarmuusparametrien ja asiakasvaatimusten keruu-, hallinta- ja hyödyntämismenetelmien käyttökelpoisuutta suunnittelussa tehtävien päätöksien tukemisessa.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto	8
1.1 Työpaketti 2: Tavoitteet.....	8
1.2 Tutkimuksessa käytetyt tietolähteet	10
2. Käyttövarmuus suunnittelussa.....	11
2.1 Käyttövarmuuden määrittely.....	12
2.2 Käyttövarmuuden suunnittelu.....	13
3. Tiedonkeruun nykytila	15
3.1 Kerättävät tietosisällöt.....	15
3.1.1 Suunnittelu- ja testausvaihe	16
3.1.2 Käyttövaihe.....	16
3.2 Tietosisältöjen tuotanto- ja tallennusjärjestelmät sekä tietotuotteet	18
3.2.1 Huoltotietojärjestelmät.....	18
3.2.2 Kunnonvalvontajärjestelmät	19
3.2.3 Varaosamyntitiedot	19
3.2.4 Tietovarastot muulle käyttövarmuustietosisällölle	19
3.2.5 Asiakastytyväisyyskyselyt ja kenttävierailuraportit.....	19
3.2.6 Suunnittelukokemukset	20
3.3 Kerätyn käyttövarmuustiedon saatavuus ja hyödynnettävyys suunnittelussa	20
3.3.1 Komponenttien testaustulokset.....	20
3.3.2 Vikatapahtumatieto	20
3.3.3 Huoltotapahtumatieto	20
3.3.4 Kunnonvalvontatieto ja kentällä olevista laitteista kerätty mittaustieto.....	21
3.3.5 Vikaantuneet komponentit.....	21
3.3.6 Toimittajien tuottama komponenttien käyttövarmuustieto.....	21
3.3.7 Muu käyttövarmuustieto	22

4. Tiedonkeruun ja hyödyntämisen prosessi	23
4.1 Tiedonkeruun suunnittelu.....	23
4.1.1 Käyttövarmuuskysymykset.....	24
4.1.2 Tietotarpeiden määrittäminen	27
4.1.3 Konkreettiset uudet tietotarpeet ja tiedon laatuvaatimukset.....	28
4.1.4 Järjestelmähierarkia käyttövarmuustiedon keruussa.....	29
4.2 Tiedonkeruun toteuttaminen ja kehittäminen.....	30
4.3 Visio yhteisöllisen tiedonkeruun toteuttamisesta	32
4.4 Käyttövarmuustiedon analysointi ja toimenpiteiden määrittäminen.....	34
4.4.1 Analysoidumpaa kunnonvalvonta-, kuormitus- ja käyttödataa raakadatan sijasta.....	35
4.4.2 Käyttövarmuustietojen yhdistely ja yhteistarkastelu	36
4.4.3 Analysoinnin mahdollisuudet ja datan laatu.....	36
4.4.4 Tolkku-toolboxin hyödyntäminen	37
4.5 Käyttövarmuustiedon hallinnan organisointi	38
5. Johtopäätökset	40
Lähdeluettelo.....	42

Liitteet

Liite A: Haastattelurunko komponenttitoimittajan haastattelua varten

1. Johdanto

Tässä julkaisussa esitellään ”Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps”-hankkeen tuloksia. Hankkeen tavoitteena on kehittää koneenrakennuksen ja erityisesti liikkuvien työkoneiden toimialalle käyttövarmuuden hallinnan menetelmäkokonaisuus, joka käsittelee seuraavia asiakokonaisuuksia:

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

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

RelSteps-hanke on jaettu kolmeen tutkimukselliseen työpakettiin:

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

Työpaketti 2: Käyttövarmuustiedon keruu-, hallinta- ja hyödyntämismenetelmät.

Työpaketti 3: Käyttövarmuuden hallinta suunnitteluprosessissa.

1.1 Työpaketti 2: Tavoitteet

Tämä raportti kokoaa hankkeen työpaketin 2 tulokset, jossa on tutkittu käyttökokemustiedon hyödyntämismahdollisuuksia suunnittelutoiminnossa.

Tuotteen tai palvelun koko elinjakson taloudelliseen kannattavuuteen liittyvät tärkeimmät päätökset tehdään suunnittelun aikana. Siksi tutkimushankkeen tämän osion tavoitteena on ollut määrittellä työkoneteollisuuden tuote- ja palvelukehitys-

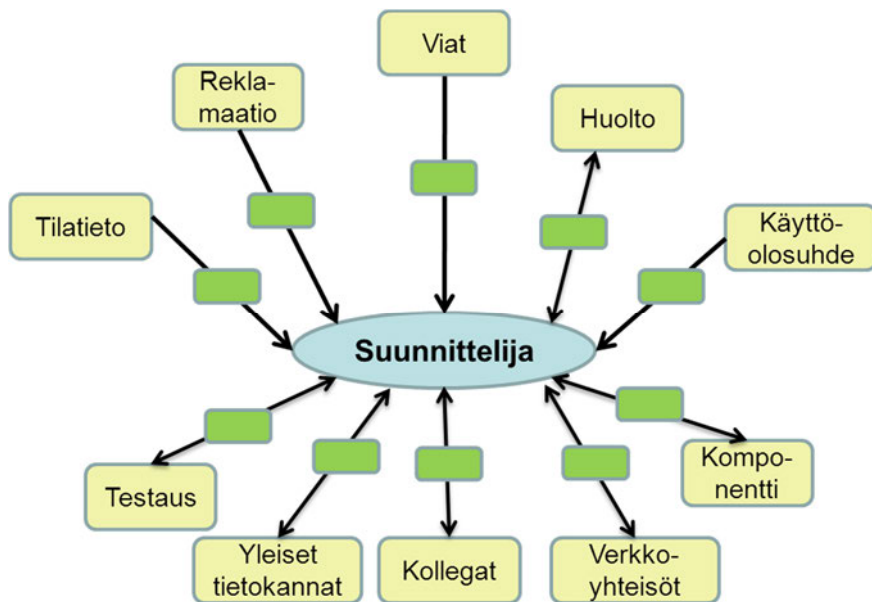
työssä tarvittavat käyttökokemustiedot, niiden lähteet, analysointimenetelmät ja hyödyntäminen asiakasvaatimukset täyttävän koneen suunnittelussa. Tiedonkeruun välineissä pyritään keskittymään niihin olemassa oleviin tietokanaviin, jotka jo ovat käytössä osana yritysten normaalia toimintaa, kuten esimerkiksi ERP, PDM/PLM, CMMS ja CAD-järjestelmät.

Yhtenä tavoitteena tutkimuksen tässä tehtävässä on ollut arvioida työkonem valmistajien komponenttitoimittajien nykyisiä valmiuksia käyttövarmuuteen liittyvän komponenttidatan toimittamiseen sekä selvittää keinoja lisätä koneita rakentavien yritysten ja komponenttitoimittajien käyttövarmuuteen liittyvien tietojen vaihtamiseen.

Tämän julkaisun tavoitteena on kuvata, mitä tietoja suunnittelija työssään käyttökokemuksista tarvitsee, millaisessa muodossa tietojen pitää olla, jotta ne olisivat suunnittelijalle käyttökelpoisia ja mitä kanavia pitkin tietoa saadaan tai mitä kautta tietoa pitäisi saada. Raportissa esitetään käyttövarmuutta kuvaavat perustunnusluvut, joita liikkuvien työkonoiden toimialan yritykset voivat hyödyntää esimerkiksi hankintayhteistyössä, esim. määritellessään komponenttitason käyttövarmuusvaatimuksia.

Raportissa esitetään myös visio tiedonkeruukäytäntöjen kehittämiseen ja työkalukehitykseen sekä yhteisöllisen median hyödyntämismahdollisuudet suunnittelutyön tukena.

Edellä mainittujen tietojen ja menettelyjen kuvaaminen on varsin haasteellinen tehtävä, sillä suunnittelun tueksi tarkoitettua käyttövarmuustietoa voidaan periaatteessa hankkia lukuisilla eri tavoilla ja menetelmillä tiedon eksaktiuden, kattavuuden ja objektiivisuuden vaihdellessa. Tutkimuksen ensimmäisessä työpaketissa toteutetussa kyselyssä suunnittelijoita ja käyttövarmuusasiantuntijoita pyydettiin ilmoittamaan kolme tärkeintä komponentteja koskevan käyttövarmuustiedon hankinnan tapaa [1]. Kyselyn perusteella keskeisimpiä komponenttien käyttövarmuustiedon lähteitä ovat reklamaatiot, asiakaspalaute, oman yrityksen kollegat, oman yrityksen laitteita koskevat huoltotieto- ja komponenttietokannat sekä komponenttivalmistajat. Komponenttien testaaminen sisältyi joka kolmannen kyselyyn vastanneen käyttövarmuusasiantuntijan tiedonhankintatapoihin. Suunnittelijoista puolet hankkii käyttövarmuustietoa suoraan komponenttivalmistajalta. Merkillepantavaa on, että vaikka vain kolmannes käyttövarmuusasiantuntijoista hankkii käyttövarmuustietoa suoraan komponenttivalmistajalta, jotkut käyttövarmuusasiantuntijat hankkivat käyttövarmuustietoja monipuolisesti muilla tavoin oman yrityksen ulkopuolelta, kollegoilta muista yrityksistä sekä yleisistä vikatietokannoista (kuva 1).



Kuva 1. Potentiaalisia käyttövarmuustiedon lähteitä.

Laadukkaasta käyttövarmuustiedosta osana laitteiden elinkaartietoja ovat kiinnostuneita lukuisat tuoteprosessin sidosryhmät. Tuotantotehokkuuteen liittyvien riskien hallitsemiseksi laitteiden omistajat ja käyttäjät ovat luonnollisesti kiinnostuneita laitteiden käyttövarmuudesta sekä ennen ostopäätöstä että varsinaisen käytön aikana. Laitteeseen liittyviä huolto- ja muita elinkaaripalveluita tarjoavat toimijat voivat parhaimmillaan suunnitella palvelutuotteitaan ja käytännön operatiivista toimintaansa luotettavan käyttövarmuustiedon pohjalta. Laitteita kehittävä tuotekehitysorganisaatio ja laitteen valmistajat tarvitsevat monipuolista käyttövarmuustietoa työnsä lähtökohdaksi ja laatutoiminnan kohdistamiseksi oikein. Samoin laitteen valmistajan alihankkijat tarvitsevat käyttövarmuustietoa toimittamiensa laitteiden ja järjestelmien elinkaarisuorituskyvystä ja tulevista sovellus- ja käyttöympäristöistä.

1.2 Tutkimuksessa käytetyt tietolähteet

Tämän julkaisun tulosaineisto on koottu havainnoista, jotka ovat kertyneet koko hankkeen aikana. Tietolähteinä ovat olleet em. kyselytutkimuksen tulokset, yrityksissä tehdyt haastattelut ja tutkimuscasut. Yhdistämällä näitä havaintoja kirjallisuudessa (mm. standardit ja luotettavuuden hallinnan käsikirjat) esitettäviin käyttövarmuuden hallintamalleihin tämän raportin luvussa 4 ehdotetaan käytännönlähteistä käyttövarmuustiedonkeruun ja tiedon hyödyntämisen prosessia.

2. Käyttövarmuus suunnittelussa

Suunnittelijoiden tavoitteena on tehdä hyviä komponentteja ja järjestelmiä, jotka tekevät niiltä vaadittuja tehtäviä, kestävät hyvin käytössä ja ovat tarvittaessa helposti kunnossapidettäviä. Käytännön reunaehdot, erityisesti taloudelliset, johtavat kuitenkin siihen, että suunnittelija joutuu tekemään kompromisseja. Esimerkiksi materiaalivalintoja voidaan joutua arvioimaan uudelleen ostajan ja myyjän myyntiosastojen tekemien hintaneuvottelujen jälkeen. Erilaisten reunaehtojen vallitessa on suunnittelijan pystyttävä suunnittelemaan laite, joka on riittävän hyvä asiakkaan tarpeeseen. Laite ei saa olla huonolaatuinen, mutta liian hyvä laatuinen on yleensä liian kallis hankintahinnaltaan.

Oikean laatutason saavuttaminen vaatii tietoa sekä tavoiteltavasta laatutasosta että käytössä olleiden laitteiden aiemmin toteutuneesta laadusta. Tuotteiden ja laitteiden laatu koostuu useista tekijöistä kuten toimintaominaisuuksista, helppokäyttöisyydestä, käyttövarmuudesta jne. Suunnittelijan pitää työssään huomioida kaikkia laatuun liittyviä tekijöitä. Tässä raportissa keskitytään käyttövarmuuteen ja siihen, miten suunnittelija voisi nykyistä tietoisemmin tavoitella riittävää käyttövarmuutta.

IEC 60300-3-2 -standardissa [2] on esitetty yleisiä käyttövarmuustietojen hyödyntämiskohteita, joita ovat mm:

- kunnossapidon suunnittelu
- modifikaatiopäätösten teko
- varaosa- ja resurssitarpeiden arviointi
- sopimusehtojen täyttymisen arviointi
- asetettujen tavoitteiden saavuttamismahdollisuuksien arviointi
- valmistuksen ja suunnittelun palautetieto
- takuuajan kustannuksien arviointi
- käyttövarmuusvaatimusten määrittäminen
- vastuukysymysten käsittely
- laitteiden testausmäärityksien teko.

Näistä hyödyntämismahdollisuuksista lähes kaikilla on liityntä myös suunnitteluvaiheeseen.

2.1 Käyttövarmuuden määrittely

Suunnittelijan käyttövarmuuteen liittyvät tietotarpeet lähtevät siitä, millaisia käyttövarmuuteen liittyviä päätöksiä hän suunnittelun aikana tekee. Tämän vuoksi tässä yhteydessä on lyhyesti esitelty käyttövarmuuden käsite.

Käyttövarmuus koostuu kolmesta osa-alueesta [3]; toimintavarmuus, kunnossapidettävyyden sekä kunnossapitovarmuus (kuva 2). Nämä osa-alueet näkyvät myös käyttövarmuuden laskentakaavassa:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

jossa A on käytettävyys, MTBF on keskimääräinen vikaväli ja MTTR on keskimääräinen korjausaika. Vikavälin pituuteen vaikuttaa laitteen toimintavarmuus ja korjausaikaan kunnossapidettävyyden sekä kunnossapitovarmuus. Näistä kolmesta osa-alueesta toimintavarmuus sekä kunnossapidettävyyden liittyvät suunniteltavan kohteen rakenteeseen, joihin suunnittelijalla on mahdollisuus vaikuttaa suoraan. Toisin sanoen suunniteltaessa käyttövarmuutta on huomioitava sekä laitteen kyky toimia vikaantumatta riittävän pitkään että mahdollisuus palauttaa laite toimintakykyiseksi vikaantumisen jälkeen. Toki hyvin suunnitellulla kunnossapidettävyydellä voidaan vaikuttaa myös ennakoivan kunnossapidon joutuisuuteen, jolloin on mahdollista saavuttaa tätäkin kautta käytettävyysarvon nousua. Kunnossapitovarmuuden suunnittelulla on välillinen vaikutus. Esimerkiksi varaosavaraston hallinta on helpompaa, jos suunnittelussa pyritään mahdollisuuksien mukaan käyttämään standardiosia, joita voidaan hyödyntää useammassa järjestelmän osassa.



Kuva 2. Käyttövarmuuden osatekijät.

Standardissa IEC 60300-3-2 [2] käytön aikana kerättävät käyttövarmuustiedot on jaettu neljään luokkaan: kokoonpano-, käyttö-, ympäristö- ja tapahtumatiedot.

1. Kokoonpanotiedot

Kokoonpanotiedot ovat staattisia tietoja, jotka sisältävät laitteen ja järjestelmän identifiointitiedot, kuten esimerkiksi laitepaikat, komponenttien val-

mistajat ja valmistuserät. Kokoonpanotietoihin kuuluu myös ajankohta, jolloin kohde on otettu käyttöön.

2. Käyttötiedot

Käyttötietoja ovat kohteen toimintatiloihin liittyvät tiedot. Ne kuvaavat sitä, mitä toimintoja kohde suorittaa ja kuinka paljon. Käyttötietoja ovat esimerkiksi se, montako kertaa/tuntia vuorokaudessa kohde tekee työtä, kuormitustaso työtä tehtäessä jne. Ideaalitalanteessa käyttötiedot ovat aikasarjaa, josta voidaan nähdä kohteen tila kunakin aikahetkenä.

3. Ympäristötiedot

Ympäristötiedot kuvaavat kohteen toimintaympäristöä, esimerkiksi kuumuus, kosteus, raaka-aine jne.

4. Tapahtumatiedot

Tapahtumatietoja ovat kaikki kohteelle tehdyt toimenpiteet, vika- ja kunnossapitotapahtumat sekä päivitykset ja käytöstä poisto. Tyypillisimmät tapahtumatiedot ovat vika- ja kunnossapitotapahtumiin liittyvät tiedot, kuten tapahtuman ajankohta, kohde, tehdyt toimenpiteet, tarvittut resurssit, vikojen syyt ja vaikutukset koko järjestelmän toimintaan.

2.2 Käyttövarmuuden suunnittelu

Käyttövarmuuden suunnittelu kuuluu niin komponentti- ja järjestelmäsuunnittelijalle kuin loppukäyttäjällekin. Komponentti- ja järjestelmäsuunnittelijoiden vastuulla on ensisijaisesti toimintavarmuuden ja kunnossapidettävyyden suunnittelu. Kunnossapitovarmuudesta huolehtiminen liittyy laitteen käyttövaiheeseen, jolloin siitä vastaa loppukäyttäjä. Tässä raportissa keskitytään vain toimintavarmuuteen ja kunnossapidettävyyteen, joihin on mahdollista vaikuttaa laitesuunnittelussa. O'Connor [4] on listannut tärkeysjärjestyksessä toimintavarmuuden suunnittelun tavoitteet seuraavasti:

1. estää vikaantuminen tai pienentää vikaantumisen todennäköisyyttä
2. tunnistaa kaikesta huolimatta tapahtuvia vikoja ja selvittää niiden syyt
3. määritellä keinot käsitellä esiintyviä vikoja
4. arvioida suunnitteluvaiheessa uusien laitteiden toimintavarmuutta.

Konkreettisia keinoja toimintavarmuuden parantamiseen ovat mm. [6]

- lämpö-, sähkö- ja mekaanisten rasitusten vähentäminen
- materiaalien ja komponenttien oikeat liittynät ja rajapinnat
- kokoonpanon yksinkertaistaminen
- laadukkaampien komponenttien ja materiaalien valinta
- suojautuminen elektromagneettisilta häiriöiltä ja sähköstaattisilta purkauksilta

2. Käyttövarmuus suunnittelussa

- kriittisten komponenttien ja kokoonpanojen tunnistaminen
- redundanssin käyttö.

Toimintavarmuuden suunnittelussa on siis lyhyesti kyse siitä, että on tunnettava mahdollisten vikojen syyt ja pyrittävä eliminoimaan ne. Käytännössä tavanomaisen teollisuuden tarpeisiin ei ole realistista tavoitella täysin vikaantumattomia komponentteja tai järjestelmiä. Tämän vuoksi on suunnittelussakin otettava huomioon vikatilanteet ja niiden turvallinen käsittely ja toipuminen. Käyttövarmuuden näkökulmasta nopea vikatilanteista toipuminen onkin erittäin tärkeää.

Kunnossapidettävyyden suunnittelussa keskitytään siihen, että vikatilanteista on mahdollista toipua nopeasti, sekä siihen, että ennakoiva kunnossapito on mahdollista tehdä turvallisesti mahdollisimman vähän koko järjestelmän toimintaa häiriten.

3. Tiedonkeruun nykytila

RelSteps-hankkeen toisen työpaketin tavoitteena on ollut selvittää, millaista käyttövarmuustietoa suunnittelija tarvitsee ja missä muodossa sen täytyy olla. Tässä luvussa esitetään, millaisia tietoja ja tietokanavia suunnittelijalla on nykyisin käytävissä käyttövarmuussuunnittelun tukena. Lisäksi esitellään, millaisia tietojärjestelmiä ja tiedonkeruumenetelmiä käyttövarmuustietojen keräämisessä käytetään.

Tutkimustehtävän aikana havaittiin, että erilaista dataa vikaantumista, erityisesti takuuajalta, on usein runsaasti tarjolla. Uutta laitetta suunniteltaessa näiden tietojen hyödyntämisen haasteena on kuitenkin tiedon saaminen oikeassa muodossa oikeille henkilöille organisaatiossa. Suuressa organisaatiossa kerätty aineisto saattaa jäädä vain tiedon kerääjien käyttöön, eikä muualla organisaatiossa edes tiedetä datan olemassaolosta. Usein tietoja kerätään moniin erilaisiin tietojärjestelmiin, jolloin tiedon hyödyntäminen vaatii runsaasti käsityötä.

Kerätty data on pääasiassa takuuajan vikaantumistietoja. Takuuajan jälkeiseltä ajalta on käytettävissä lähinnä varaosamenekki tai käyttäjien antama palaute. Komponenttien todellisen kestoajan määrittäminen ja mitoituksen oikeellisuuden varmistaminen on tällöin vaikeaa. Laittevalmistajilla ei myöskään ole juuri ollut kiinnostusta takuuajan jälkeiseen vikaantumiseen, mutta herännyt kiinnostus erilaisiin huoltosopimuksiin on luonut paineita myös takuuajan jälkeisen datan tarpeellisuudelle.

3.1 Kerättävät tietosisällöt

Luvussa 2.1 esitetty komponentin tai järjestelmän käytön aikana kerättävien käyttövarmuustietojen luokittelu kokoonpano-, käyttö-, ympäristö- ja tapahtumatietoihin. Ennen käyttövaihetta suunnittelussa tuotetaan arvioita käyttövarmuudesta sekä testaus- ja pilotointivaiheessa testaustuloksia. Seuraavassa on esitetty nykyisin tuotteen elinjakson vaiheista kerättävät tietosisällöt.

3.1.1 Suunnittelu- ja testausvaihe

Komponenttitoimittajien käyttövarmuusreferenssit

Uutta komponenttia valittaessa komponenttitoimittajalta on mahdollista saada tietoa komponentin ominaisuuksista ja kestävydestä. Haasteena käyttövarmuusreferenssien käytössä on se, että erilaisissa sovelluskohteissa käytetyistä komponenteista pitäisi olla hyvin tarkkaan tiedossa niiden käyttövarmuuteen vaikuttavat käyttö- ja ympäristötiedot, jotta vertailua voitaisiin tehdä.

Komponenttitestit

Komponentteja testaavat sekä laitteita valmistavat yritykset että komponenttivalmistajat. Uusia komponentteja pyritään testaamaan aina ennen niiden käyttöönottoa. Yleensä testausmenetelmänä käytetään kiihdytettyä testausta. Kiihdytellyllä testauksella on mahdollista selvittää komponentin elinikä ja komponentin rikkoontumisen aiheuttavat heikoimmat kohdat. Vaikkakin testaus tehdään kiihdytetysti, ei suurten sarjojen testaukseen ole mahdollisuutta. Tästä syystä komponentin eliniän määrittäminen ei ole kovinkaan tarkkaa. Lisäksi erilaisia käyttöympäristöjä on vaikea ottaa huomioon, ja tästä syystä erityisesti komponenttivalmistajan testit eivät välttämättä anna todellista tietoa komponentin todellisesta eliniästä suunniteltavan laitteen käyttökohteessa. Testaustuloksiin vaikuttaa myös se, minkä tyyppisiä komponentteja ollaan testaamassa. Esimerkiksi elektroniikan testausmenetelmät ovat yleensä kehittyneempiä ja niillä erilaiset olosuhteet voidaan ottaa paremmin huomioon.

3.1.2 Käyttövaihe

Käyttövaiheessa syntyvästä käyttövarmuustiedosta laitevalmistajat keräävät pääasiassa takuuajan tietoja. Huoltosopimusten yhteydessä tietoa kerätään myös pidemmältä ajalta.

Kokoonpanotiedot

Tapahtumatietojen kohdistamista varten tarvittavat kokoonpanotiedot kerätään kattavasti. Kerättäviä kokoonpanotietoja esim. laitepaikat, komponenttien valmistajat ja valmistuserät. Kokoonpanotietoihin kuuluu myös ajankohta, jolloin kohde on otettu käyttöön.

Tapahtumatiedot

Tapahtumatiedoista laitevalmistajat keräävät tyypillisesti tietoa vikatapahtumista. Niistä kerättävät tärkeimmät tietotyypit ovat vikaantumisen ajankohta, vikakuvaus sekä vian syy. Vikatapahtumista kerättävän tiedon laatu on vaihtelevaa riippuen

suuresti siitä, kuka tiedot kirjaa. Vikakuvaukset ja vikojen syiden kirjaus tehdään tyypillisesti vapaamuotoisena tekstinä, jolloin tiedonhaku luokittelujen puuttuessa on aikaa vievää.

Nykyisin kerättävistä tapahtumatiedoista puuttuvat tyypillisesti vian seuraukset, joiden perusteella olisi mahdollista tunnistaa kriittisiä järjestelmän osia tai komponentteja parannustoimenpiteiden kohteiksi.

Ennakoivan kunnossapidon tapahtumiin liittyvää tietoa kerätään niistä kohteista, joille on kunnossapitosopimus.

Käyttötiedot

Käyttötietoina kerätään kohteesta riippuvia, sen käyttöä luonnehtivia muuttujia, kuten esimerkiksi käyttösykliä määrää tai kuormitusta. Käyttötieto kerätään kunnonvalvontajärjestelmien avulla. Kunnonvalvontajärjestelmät yleistyvät työkonneissa koko ajan, mutta tällä hetkellä niiden kautta kerättävää tietoa on saatavissa vain rajatutusta joukosta koneita. Kunnonvalvontajärjestelmien kautta kerättävä tieto on nimensä mukaisesti tarkoitettu ensisijaisesti koneen kunnon valvontaan, jolloin tärkeimmät sitä kautta kerättävät tiedot liittyvät ennakoivaan kunnossapitoon ja sen ajoittamiseen, johon toki käyttökin vaikuttaa.

Ympäristötiedot

Työkoneen tai komponentin käyttöympäristöä kuvaavia tietoja laitetoimittajat eivät tässä hankkeessa tehtyjen havaintojen perusteella juurikaan kerää. Ympäristötieto tulee lähinnä asiakkailta alueellisen sijainnin mukaan, jonka perusteella laitteeseen tehdään ympäristöolosuhteen vaatimat muutokset esimerkiksi korkean lämpötilan vuoksi.

Varaosamenekki

Varaosamenekki on yksi keino seurata erityisesti takuuajan jälkeistä komponenttien vikaantumista. Se on käytännössä kuitenkin hyvin vaikeaa, koska varaosista ei välttämättä ole tietoa, mihin laitteeseen tai edes mille asiakkaalle ne lopulta päätyvät. Varaosamenekistä ei myöskään voi päätellä vikaantuneen komponentin todellista käyttöikä.

Asiakastyytyväisyyskyselyt

Asiakastyytyväisyyskyselyjen avulla asiakkailta kerätään yleiskäsitystä ja kokemuksia käytössä olevista koneista. Tavat kerätä tietoa vaihtelevat suuresti yritysten välillä, ja myös kyselyitä toteuttavat tahot vaihtelevat myyntiorganisaatiosta suunnittelun henkilöstön suorittamiin vierailuihin.

Asiakastyytyväisyyskyselyt koetaan tärkeäksi tavaksi kerätä palautetietoa, ja parhaimmillaan näiden perusteella on löydettävissä kehityskohteita suunnitteluun. Ongelmallista kyselyjen käytettävyydessä on niiden tallentaminen. Tekstimuotoisia

raportteja ei arkistoida kovinkaan hyvin, joten niiden myöhempi hyödyntäminen on haastavaa ja oikean raportin löytäminen vaatii työtä.

3.2 Tietosisältöjen tuotanto- ja tallennusjärjestelmät sekä tietotuotteet

Edellä kuvatut tietosisällöt tuotetaan ja talletetaan tyypillisesti tietokantapohjaisiin, ensisijaisesti jotakin tiettyä yrityksen toimintoa palveleviin ja tietyn toiminnon ylläpitämiin ja omistamiin tietojärjestelmiin. Osa käyttövarmuustiedoista voi olla myös asiakkaan hallussa ja/tai omaisuutta, kuten esimerkiksi huoltoa tarjoavan jakelijan tietojärjestelmissä. Tietosisällöt tuotetaan ja siirretään järjestelmiin raporttien (esim. huoltokäyntiraportit) tai automaattisen tiedonsiirron (esim. kunnonvalvontatieto kentän laitteista) avulla.

Tietokantapohjaisiin järjestelmiin tuotettuihin käyttövarmuussuunnittelun kannalta potentiaalisiiin sisältöihin on tyypillisesti mahdollista tehdä hakuja. Tietoja voidaan katsella erilaisin suodatuksin ja tulostaa yksittäisiä raportteja (esim. tietyn huoltokäynnin raportti) sekä tuottaa yhteenvetoraportteja ja tilastoraportteja. Mittausperusteisia kunnonvalvontatietosisältöjä tallettavien järjestelmien osalta tietojen katselu-, haku- ja analyysimahdollisuudet vaihtelevat hieman yrityksestä toiseen.

3.2.1 Huoltotietojärjestelmät

Takuuajan vikatapahtumat asiakkaan laitteilla raportoidaan takuu- tai reklamaattioraportteilla, ja raporttien tiedot ohjautuvat huollon tietojärjestelmään tai joissain tapauksissa erityiseen takuu- tai reklamaattiotietojärjestelmään. 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 raportoinnin kanssa.

Huollon raportointijärjestelmä on varaosamenekin lisäksi ainoita järjestelmiä, joista saadaan tietoa takuuajan jälkeisistä vikaantumisista. Raportointi on kuitenkin yleensä suppeampaa. Tästä syystä järjestelmästä saadusta datasta ei juurikaan saada hyödynnettävää tietoa. Lisäksi data ei kata kaikkia vikaantumisia, joten se on hankala hyödyntää tilastollisesti. Laitteet, joita korjataan, ovat usein jo kokeneet uudistuksia, jolloin vikaantumistapauksien analysoinnille suunnittelun käyttöön ei juuri ole tarvettakaan.

Jos vikaantumisen yhteydessä komponenttia tai laitetta huolletaan tai korjataan joko kentällä tai korjaamolla, huolto- ja korjaustapahtumista ja -toimenpiteistä tuotetaan huolto- ja korjausraportteja. Etenkin takuuajan vikatapahtumista tehdään säännöllisesti yhteenvetotilastoja. Yhteenvetotilastot tuottaa tyypillisesti tietojärjestelmän omistaja. Suunnittelijat voivat periaatteessa tehdä itse hakuja vikatapahtumatietoihin, jos heillä on käyttöoikeudet kyseisiin tietojärjestelmiin.

3.2.2 Kunnonvalvontajärjestelmät

Tietojärjestelmien kehittyessä myös työkoneissa on siirrytty käyttämään kunnonvalvontajärjestelmiä, jotka keräävät tietoa koneen eri antureilta. Nykyaikaisella kunnonvalvontajärjestelmällä voidaan reaaliaikaisesti seurata koneen käyttöä ja erityyppisiä etukäteen määriteltyjä konetapahtumia sekä tallentaa tietoa koneeseen tehdyistä korjaus- ja huoltotoimenpiteistä. Tietoliikenneyhteydet mahdollistavat datan tarkastelemisen myös etänä. Kunnonvalvonnan pohjalta on myös mahdollista tuottaa asiakkaalle raportteja koneen käytöstä.

Kunnonvalvontajärjestelmien käyttöönotto on yrityksissä vasta alussa, joten niistä saatava hyöty on vielä pientä ja hyödyntämissovellukset vasta työn alla. Kunnonvalvontajärjestelmän dataa on mahdollista käyttää vikaantumisen juurisyyn selvittämiseen. Järjestelmän datan yhdistäminen yksittäiseen komponenttiin voi kuitenkin olla vaikeaa, mutta datasta on mahdollista päätellä esimerkiksi, mitä koneella vikaantumisen sattuessa on tehty.

3.2.3 Varaosamyyntitiedot

Varaosamenekkitietoja on tallentuneena valmistuksen, huollon ja jakelijoiden myyntitietojärjestelmissä. Varaosamyntitilastoja eri aikajaksoilta tuotetaan pyydetäessä varaosamyntiä hoitavilta toiminnoilta ja tilastoja saatavana verkkoalueelta, jos niihin on oikeudet.

3.2.4 Tietovarastot muulle käyttövarmuustietosisällölle

Testaustulokset, komponenttitoimittajan testausreferenssitiedot ja kenttävierailulla tuotettu havainto- ja asiakastyytyväisyystieto on tallentuneena tyyppillisesti jaetuissa verkkokansioissa, organisoituna osaksi muita suunnitteluaineistoja. Testaustuloksia ja komponenttitoimittajareferenssejä voi olla organisoitu tietyn projektin tietojen yhteyteen tai omalle verkkoalueelle. Samoin kenttävierailu- ja asiakastyytyväisyystieto voivat olla omassa verkkokansiossaan.

Testaustuloksia ja komponenttitoimittajien testausreferenssitietoja voi olla organisoituna tietyn projektin tietojen yhteyteen projektikansioihin tai omalle verkkoalueelle.

3.2.5 Asiakastyytyväisyyskyselyt ja kenttävierailuraportit

Erilaiset asiakastyytyväisyyskyselyt kuuluvat myös käytössä oleviin tietolähteisiin hankkeessa mukana olleissa yrityksissä. Tavat kerätä tietoa asiakkailta vaihtelevat suuresti yritysten välillä ja myös kyselyitä toteuttavat tahot vaihtelevat myyntiorganisaatiosta suunnittelun henkilöstön suorittamiin vierailuihin.

Asiakastyytyväisyyskyselyjen tulokset koetaan yleensä hyväiksi. Ongelmallista kyselyjen käytettävyydessä on niiden arkistointi. Tekstimuotoisia raportteja ei yleen-

säkään arkistoida kovinkaan hyvin, joten niiden käyttö myöhemmin on haastavaa ja oikean raportin löytäminen vaatii työtä.

3.2.6 Suunnittelukokemukset

Suunnittelijoilla on yleensä käytössä myös erilaisia suunnitteluohjeistuksia ja erilaista perimätietoa, jotka opastavat valintojen tekoa. Usein tieto on myös niin sanottua kokemuseräistä tietoa, jota ei ole edes dokumentoitu.

3.3 Kerätyn käyttövarmuustiedon saatavuus ja hyödynnettävyys suunnittelussa

3.3.1 Komponenttien testaustulokset

Testaustulokset ja komponenttitoimittajan testausreferenssitiedot on tallennettu tyypillisesti jaettuihin verkkokansioihin. Testaustuloksia ja komponenttitoimittajareferenssejä voi olla organisoitu tietyn projektin tietojen yhteyteen tai omalle verkkopalueelle, samoin kenttävierailu- ja asiakastyytyväisyystieto voivat olla omassa verkkokansiossaan.

3.3.2 Vikatapahtumatieto

Takuuajan vikatapahtumatieto on tällä hetkellä tutkimukseen osallistuneissa yrityksissä hyvin suunnittelun saavutettavissa. Suunnitteluryhmät saavat säännöllisesti yhteenvetoreportin takuuajan vikatapahtumista. Raporteissa on tyypillisesti tilastotietoja ja vertailuja aiempiin kausiin. Takuutapahtumatietoihin porautuminen ja erilaisten suodatusten ja hakujen tekeminen esimerkiksi vikatyypin ja laite- ja komponenttityypin mukaan on yleensä mahdollista, kunhan suunnittelijalla on käyttöoikeudet takuutapahtumatiedot sisältävään järjestelmään. Yksittäisiä takuuajan vikatapauksia tai -tyyppejä ja niihin liittyviä tietoja voidaan käsitellä yksityiskohtaisesti suunnittelualueen ryhmässä tai niiden käsittely on kyseisen takuutapahtumien käsittelyvastuussa olevalla suunnittelijalla.

3.3.3 Huoltotapahtumatieto

Raportoitua tietoa erityyppisistä huoltotapahtumista (ennakkohuoltokäynnit, tarkastukset, säätökäynnit, vikakorjauskäynnit) takuuajan jälkeen ei tyypillisesti ohjaudu suunnittelulle. Lähinnä vakavimmista vikaantumistapahtumista tulee tapauskohtaisesti tietoa suunnitteluun, koska huolto tai tekninen tuotetuki ei pysty oman asiantuntemuksensa varassa tunnistamaan vikaantumisen juurisyitä tai löytämään keinoa, jolla vika saadaan korjattua.

3.3.4 Kunnonvalvontatieto ja kentällä olevista laitteista kerätty mittaustieto

Asiakkaan laitteisiin asennetut kunnonvalvonta- ja käyttötietoa keräävät tiedonkeruujärjestelmät tuottavat äärimmäisen arvokasta elinkaaritietoa. Järjestelmät ja niiden tuottamasta datasta tuotettavat analyysit ja raportit on suunniteltu pitkälti palvelemaan asiakasta ja toimimaan palvelutuotteena asiakkaalle. Järjestelmien tuottaman datan omistajuus on asiakkaalla, ja käyttöoikeus dataan voi olla esimerkiksi huollolla tai jakelijalla, mutta mitenkään automaattisesti tätä käyttöoikeutta ei ole. Suunnittelu ei saa tutkimuksen yrityksissä tällä hetkellä järjestelmän avulla kerättyä dataa tai siitä tehtyjä analyysejä käyttöönsä, tai ei ole ainakaan tietoinen niiden luonteesta, hyödynnettävyydestä ja saatavuudesta.

3.3.5 Vikaantuneet komponentit

Kentällä vikaantuneet komponentit saadaan vaihtelevasti tutkittavaksi suunnitteluun. Takuuanomusten yhteydessä ei tällä hetkellä edellytetä vikaantuneen komponentin toimittamista suunnittelun tutkittavaksi. Komponenttien toimittaminen on jossain määrin haastavaa monien välikäsien vuoksi. Lisäksi komponentit ovat asiakkaan omaisuutta eikä asiakas ole välttämättä halukas luovuttamaan niitä tutkittavaksi. Joskus komponentin saaminen tutkittavaksi on myös liian kallista esimerkiksi maantieteellisen sijainnin takia.

3.3.6 Toimittajien tuottama komponenttien käyttövarmuustieto

Hankkeeseen osallistuvien yritysten valmistamat laitteet koostuvat eri alihankkijoiden valmistamista tai suunnittelemista komponenteista. Hankkeen edetessä yhteistyön kehittäminen komponenttitoimittajien kanssa on koettu tärkeäksi useaan otteeseen. Komponenttitoimittajilta toivottaisiin kattavampaa dataa toimittamiensa komponenttien käyttövarmuudesta eri mittareina. Tarkan käyttövarmuustiedon saanti koettiin laitevalmistajien keskuudessa vaikeaksi toteuttaa, koska tiedon koettiin olevan komponenttitoimittajille usein strategista tietoa.

Tutkimuksessa on myös haastateltu komponenttitoimittajia. Haastattelujen tavoitteena oli saada käsitys komponenttitoimittajien ja laitevalmistajien välisestä yhteistyöstä ja kuinka sitä voisi kehittää, jotta komponenttivalmistajien komponenttien ja laitevalmistajien laitteiden käyttövarmuuden hallintaa saataisiin kehitettyä. Komponenttivalmistajat olivat jopa ennakoitua kiinnostuneempia haastatteluista, joten saimme valituilta valmistajilta hyvän ja avoimen vastaanoton. Haastatellut komponenttitoimittajat olivat valmiita ja myös halukkaita kehittämään yhteistyötä.

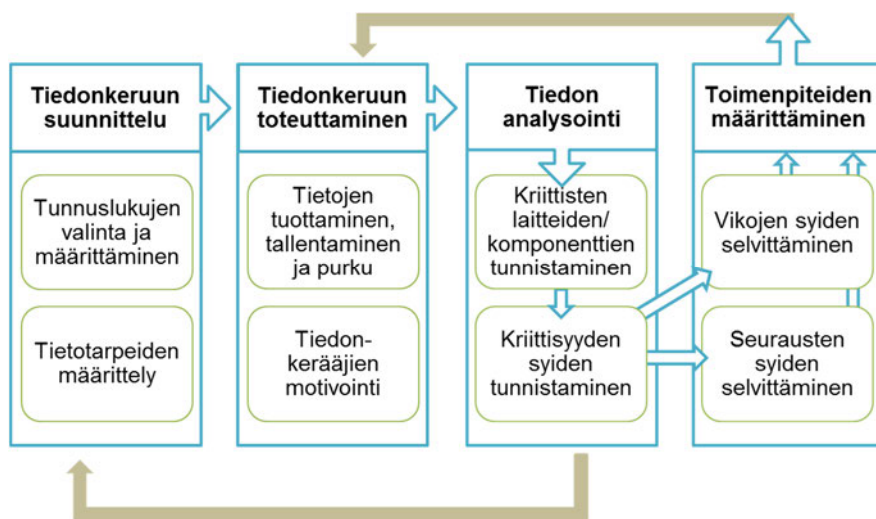
3.3.7 Muu käyttövarmuustieto

Yhteenvetoraportit muusta käyttövarmuustiedosta, joka on tuotettu suunnittelun ulkopuolella, ohjautuvat usein sähköpostitse tiiminvetäjille. Tiedon kulkeminen tästä eteenpäin suunnitteluryhmien jäsenille on kiinni tiiminvetäjien jakelupäätöksistä.

4. Tiedonkeruun ja hyödyntämisen prosessi

Käyttövarmuustiedon hyödyntämisen lähtökohtana on saatavilla oleva käyttövarmuustieto. Ilman suunniteltua ja systemaattista tiedonkeruuta tilanne on helposti sellainen, että analysointivaiheessa ei ole käytössä kaikkia kiinnostavien kysymysten vastaamiseen tarvittavia tietoja. Tässä kappaleessa esitellään RelSteps-projektin tuloksena muodostettu yleinen tiedonkeruun prosessi sekä ehdotuksia nykytilanteen parantamiseksi prosessin eri vaiheissa.

Yleisesti käyttövarmuustiedon keruu ja hyödyntäminen voidaan esittää neljässä vaiheessa; tiedonkeruun suunnittelu, tiedonkeruun toteuttaminen, tiedon analysointi ja toimenpiteiden määrittäminen (kuva 3).



Kuva 3. Käyttövarmuustiedon keruun ja hyödyntämisen prosessi.

4.1 Tiedonkeruun suunnittelu

Käyttövarmuuden laskemista ja ennustamista käsittelevissä kirjoissa lähtökohtana yleensä on se, että käytössä on sopiva aineisto, josta tarvittavat suuret on lasket-

tavissa. Käytännössä tilanne kuitenkin usein on se, että laskennan pohjaksi tarvittavaa tietoa ei ole saatavilla, jolloin ensimmäiseksi tehtäväksi tulee tiedonkeruun suunnittelu haluttaessa käyttää kvantitatiivisia käyttövarmuuden menetelmiä. Tiedonkeruun lähtökohtana pitää aina olla tunnistetut tietotarpeet, jotka selvitetään tiedon keruun suunnitteluvaiheessa. Määrittelemällä seurattavat käyttövarmuuden tunnusluvut sekä kysymykset, joihin kerättävästä aineistosta halutaan vastaukset, pyritään siihen, että tarvittavat tiedot ovat analyysivaiheessa käytössä. Ilman käsitystä analyyseissä tarvittavista muuttujista joudutaan helposti tilanteeseen, jossa kaikkiin haluttuihin kysymyksiin ei voida kerätyn aineiston perusteella vastata, koska osa muuttujista puuttuu.

4.1.1 Käyttövarmuuskysymykset

Edellä on todettu, että käyttövarmuussuunnittelun yksi tärkeimpiä tehtäviä on pyrkiä estämään vikojen esiintyminen tai pienentää niiden esiintymisen todennäköisyyttä eli tavoitella hyvää toimintavarmuutta. Toinen tärkeä tehtävä on tavoitella hyvää kunnossapidettävyyttä eli pyrkiä siihen, että vikaantuessaan laite on palautettavissa nopeasti takaisin toimintakuntoon ja että ennakoiva kunnossapito on mahdollista tehdä ilman tuotantokatkoja.

Käyttövarmuussuunnittelun tavoitteen perusteella on tunnistettavissa yleisiä kysymyksiä, joihin suunnittelija tarvitsee vastauksia käyttövarmuutta suunnitellessaan. Toimintavarmuuden osalta olennaisimmat kysymykset liittyvät siihen, mitä vikoja kentällä on esiintynyt ja mitkä ovat niiden juurisyyt. Ilman juurisyyden tuntemista on vaikea löytää keinoja vikojen estämiseksi. Kunnossapitovarmuuden osalta kysymykset liittyvät siihen, mitä ongelmia kunnossapidettävyydessä on ollut ja mistä ne johtuvat.

Käyttövarmuussuunnitteluun liittyvät kysymykset poikkeavat toisistaan jonkin verran suunniteltaessa komponenttia tai komponenteista koostuvaa järjestelmää (Taulukko 1). Suunniteltaessa uutta komponenttia tai järjestelmää on hyödynnettävä olemassa olevaa tietoa jo kentällä olevista relevanteista vertailukohteista. Parannettaessa vanhaa painopiste on kyseessä olevassa kohteessa havaittujen ongelmien tunnistamisessa ja poistamisessa. Käyttövarmuuden jatkuva seuranta ei suoranaisesti ole suunnittelun tehtävä, mutta se on tärkeä väline tunnistettaessa käyttövarmuuden kehityskohteita.

Taulukko 1. Komponentin ja järjestelmän suunnitteluun liittyvät käyttövarmuuskysymykset.

	Käyttövarmuuden suunnittelu-tehtävä	Käyttövarmuuskysymykset	Tietotarpeet
Periaate eli konsepti-suunnittelu	Käyttövarmuustavoitteen asettaminen Käyttövarmuuden mahdollistajien ja uhkien tunnistaminen	Mikä on asiakkaiden asettama käyttövarmuusvaatimus? Mikä on valmistavan yrityksen oma käyttövarmuusvaatimus? Mikä on komponentin tai järjestelmän tuleva käyttöympäristö? Mitkä komponentit/järjestelmät ovat vertailukelpoisia (toiminnallisuuden, käyttöympäristön, materiaalien jne. suhteen) suunniteltavan kohteen kanssa? Mitä käyttövarmuuteen liittyviä ongelmia olemassa olevissa vertailukelpoisissa koh-teissa on esiintynyt? – Mitkä ongelmat ovat olleet kriittisimpiä? – Mihin järjestelmän osiin liittyy eniten ongelmia? – Mitkä ovat olleet vikojen/ kunnossapidet-tävyysongelmiin syyt?	Asiakasvaatimukset, vaatimusmäärittely, lainsäädäntö Elinkaari- ja käyttöympäristötiedot vertailukel-poisista komponenteista/järjestelmistä: – takuudata – huoltodata – varaosadata – asiakaspalaute – testausdata – kuormitusdata – käyttöympäristödata
Järjestelmä-tason suunnit-telu	Järjestelmätason suunnittelurat-kaisun tuottaminen priorisoimalla käyttövarmuuden mahdollistajia ja uhkia	Millä keinoin havaitut käyttövarmuutta pienentävät ongelmat ratkaistaan? Millä keinoin käyttövarmuutta parantavat ratkaisut toteutetaan?	Elinkaari- ja käyttöympäristödatan pohjalta tehty priorisointi tärkeimmistä suunnittelussa toteutettavista asioista
Yksityiskohtien suunnittelu	Yksityiskohtaisen suunnittelurat-kaisun tuottaminen priorisoimalla käyttövarmuuden mahdollistajia ja uhkia	Millä keinoin havaitut käyttövarmuutta pienentävät ongelmat ratkaistaan? Millä keinoin käyttövarmuutta parantavat ratkaisut toteutetaan?	Elinkaari- ja käyttöympäristödatan pohjalta tehty priorisointi tärkeimmistä suunnittelussa toteutettavista asioista

Testaus ja viimeistely	Suunnitteluratkaisun testaus ja iterointi	Tuottavatko testit vaatimusten mukaiset tulokset?	Testauskonstruktion toteutuksen määrittely
Tuotannon käynnistäminen	Suunnitteluratkaisun toteutus		
Seuranta	Käyttövarmuustavoitteen toteuman seuranta	Mikä on komponentin/järjestelmän käyttövarmuus kentällä?	Kohteen käyttövarmuuteen liittyvät tapahtumatiedot ja niiden seuraukset
Ylläpito-suunnittelu	Käyttövarmuuden ylläpitäminen ja parantaminen	Mitä vikamuotoja kentällä ilmenee? Mitkä vikamuodot ja järjestelmän osat ovat kriittisiä aiheuttaen eniten vikoja tai pahimmat seuraukset? Mitkä ovat vikojen juurisyyt? Onko komponentin vaihto riittävän helppoa ja nopeaa? Onko järjestelmän kunnossapito riittävän helppoa ja nopeaa?	Kohteen käyttövarmuuteen liittyvät tiedot (kts. luvut 2.1 ja 4.1.2)

4.1.2 Tietotarpeiden määrittäminen

Haluttaessa tukea käyttövarmuussuunnitteluun liittyvien valintojen ja päätösten tekemistä kvantitatiivisilla menetelmillä sekä seurata asetettujen käyttövarmuustavoitteiden toteutumista on ensimmäinen askel selvittää, millä tiedoilla suunnittelun käyttövarmuuskysymyksiin voidaan vastata. Edellä on Taulukko 1 esitetty yleisiä käyttövarmuuskysymyksiä, joita on tapauskohtaisesti tarpeen arvioida ja tarvittaessa määrittää tarkemmiksi kysymyksiksi.

Luvussa 2.1 on esitetty standardin sisältämät käyttövarmuustiedot: kokoonpano-, käyttö-, ympäristö- ja tapahtumatiedot. Nämä tiedot ovat hyödynnettävissä myös suunniteltaessa käyttövarmuutta.

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 juurisyitä selvitettäessä sekä suunniteltaessa käyttövarmuustestejä, joiden tulee mahdollisimman hyvin vastata kentällä koettuja rasituksia.

3. Ympäristötiedot

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

4. Tapahtumatiedot

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

Yllä mainitut tietotyypit ovat yleisellä tasolla eivätkä vielä sellaisenaan tarjoa valmista lähtökohtaa käyttövarmuustietokannan perustamiseksi. 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 tietyille komponentille olla merkittävä vikaantumiseen vaikuttava tekijä ja siten olla mielekäs muuttuja tietokantaan. Jossain toisessa sovelluksessa lämpötilalla ei ole merkitystä.

4.1.3 Konkreettiset uudet tietotarpeet ja tiedon laatuvaatimukset

Vikaantuneet komponentit

Kentällä laitteen elinkaaren aikana vikaantuneiden komponenttien analyysi on keskeinen käyttövarmuustiedontuotannon menettely. Vikaantuneet komponentit tulisi saada vähintäänkin pilotointivaiheessa ja mielellään myös takuuajalta systemaattisemmin suunnittelun tutkittavaksi todellisten vikasyiden löytämiseksi.

Käyttöympäristötieto

Fysikaalista käyttöympäristöä koskevaa tietoa (esim. lämpötila, kosteus, pöly) ei tällä hetkellä kerätä suunnitelmallisesti. Tämä koskee sekä koko järjestelmän makrokäyttöympäristöä että yksittäisten komponenttien mikrokäyttöympäristöä. Kunnonvalvontajärjestelmien automaattisen tiedonkeruun (tai ainakaan suunnitteloille ohjautuvan tietosisällön) piirissä ei vielä tyypillisesti ole fysikaalisia käyttöympäristömuuttujia. Käyttöympäristön piirteet ovat kuitenkin merkittävä (ja standardinkin tunnistama) käyttövarmuuden vaikutin. Käyttöympäristö vaikuttaa usein varsinkin hitaasti eteneviin vikaantumisiin.

Vikaantumistilannetieto

Nykyisessä tiedonkeruussa on puutteita erityisesti kentän vikatilanteita koskevan tapahtumatiedon osalta. Vikojen juurisyyanalyysiin tarvittaisiin yksityiskohtaisempaa sekä koneellisesti kerättyä että vian raportoijan tuottamaa vikaantumistietoa. Erityisesti koneellisesti kerätty tapahtumatieto koskien koneen käyttäytymistä juuri ennen vikaantumista olisi oleellista saada juurisyyanalyysin lähtötiedoksi.

Todellinen kuormitusprofiili

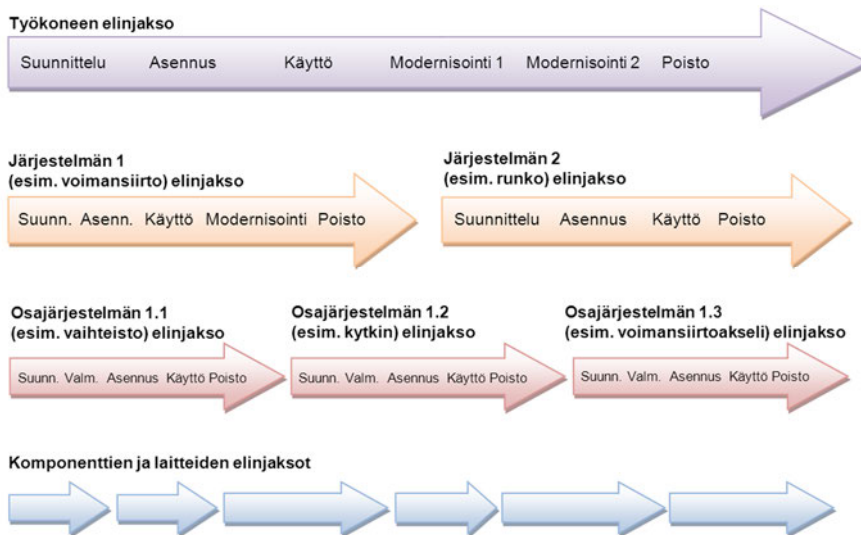
Käyttövarmuussuunnittelun lähtökohdaksi sekä vikojen juurisyyanalyysiin tarvitaan tietoa laitteiden kentällä kohtaamasta kuormituksesta. Kuormitusprofiilitieto on tällä hetkellä niukkaa tai sitä ei pidetä riittävän realistisena. Kuormitusprofiilin määrittämiseksi tarvitaan tietoa kuormitusprofiilin luonnehtimiseen tarvittavista keskeisistä suureista sekä näiden suureiden kenttäolosuhdearvoista.

Kerätyn tiedon tilastollinen laatu

Jo kertyneen tiedon osalta on tietosisällöltään arvioitava sen laadun ja edustavuuden riittävyttä haettaessa vastauksia oleellisiin käyttövarmuuskysymyksiin. Edustavuutta arvioitaessa on huomioitava laitteiden lukumäärä, laitevariaatioiden määrä ja käyttöympäristöjen vaihtelu. Tämän jälkeen voidaan arvioida, miten tiedonkeruuta pitää suunnata, jotta tiedonkeruu kattaisi tyydyttävästi laite- ja käyttöympäristövariaation.

4.1.4 Järjestelmähierarkia käyttövarmuustiedon keruussa

Isot kokonaisuudet kuten työkoneet koostuvat useista järjestelmistä, jotka koostuvat komponenteista valmistetuista osajärjestelmistä (Kuva 4). Kullakin näistä tasoista on oma elinjakonsa, joiden aloitusaika ja pituus vaihtelevat. Komponenttien elinjakso on kaikkein lyhyin ja koko työkoneen pisin, työkoneen elinjakson aikana siitä on voitu vaihtaa iso osa komponenteista ja osajärjestelmistä. Mitä lyhyempi kohteen elinjakso on, sitä enemmän niitä valmistetaan ja sitä useammasta yksilöstä on mahdollista saada käyttövarmuustietoa.



Kuva 4. Elinjaksojen hierarkisuus.

Puhuttaessa suunnittelijan tarvitsemista tiedoista on otettava huomioon millä tasolla järjestelmähierarkiaa ollaan.

Laitehierarkian alimmilta tasoilta on parhaiten saatavissa tilastolliseen käyttövarmuuden analysointiin soveltuvaa aineistoa. Vaikka laitteiden käyttöolosuhteet poikkeavatkin toisistaan, ympäristön vaikutusta on mahdollista hallita suuressa datamassassa (esim. tilastolliset proportional hazard -mallit, joissa mallinetaan eliniän pituutta huomioiden vaikuttavat taustamuuttujat). Elinjaksojen pituuksia tallennettaessa on tämän vuoksi tärkeää tallentaa myös käyttöolosuhteet, joilla on merkittävä vaikutus kohteen vikaantumiseen ja sitä kautta vian syiden selvittämiseen. Laite-/komponenttiedon keruun haasteena on suunnilleen määrämuotoisen datan saaminen suurelta asiakasjoukolta erityisesti tilanteessa, jossa loppukäyttäjä ei ole laitetoimittajan asiakas.

Laitehierarkian ylimmillä tasoilla käyttövarmuustiedon hyödyntäminen liittyy ensisijaisesti siihen, että kokonaisuutta tarkastelemalla tunnistetaan ne yksittäiset

kohteet, joihin tarvitaan kehitystoimenpiteitä ja joita on sen vuoksi tarkasteltava yksityiskohtaisemmin.

Laitehierarkian eri tasoilla on suunnittelu- ja valmistusvaiheessa tyypillisesti omat toimijansa: komponentteja suunnittelevat ja valmistavat eri yritykset kuin osajärjestelmiä tai kokonaisia työkoneita. Käyttövaiheessa loppukäyttäjä vastaa koko järjestelmän käytöstä, mutta kunnossapidon voi tehdä jokin muu taho. Näin ollen käyttövarmuustiedon tuottajia on monia, joilla ei välttämättä ole edes suoraa keskinäistä yhteyttä. Merkittävä osa käyttövarmuuden todentamisen ja kehittämisen kannalta olennaista tietoa syntyy käyttövaiheessa, jossa varsinkin takuuajan jälkeen on tyypillisesti kokonaan eri toimijat kuin ennen käyttövaihetta. Tämä laaja toimijaverkosto asettaa ison haasteen käyttövarmuuden kannalta relevantin tiedon siirtymiselle sitä tarvitsevien käyttöön.

4.2 Tiedonkeruun toteuttaminen ja kehittäminen

Tiedonkeruun toteuttaminen vaatii sopivat tietotekniset ratkaisut ja työvälineet tietojen siirtämiseen ja tallentamiseen. Käyttövarmuustiedon keräämisen tyypillisenä haasteena on se, että tietoa keräävät henkilöt eivät yleensä ole suoraan tiedon hyödyntäjiä, vaan he tekevät tiedonkeruun oman päätehtävänsä ohessa. Tämän vuoksi on erityisen tärkeää motivoida tiedonkerääjiä tuomalla heille nähtäväksi tietojen hyödynnettävyys. Yksi osa motivointia on huolehtia siitä, että tarvittavat tiedot ovat mahdollisimman helposti kirjattavissa eikä mitään jo muualta saatavissa olevaa tietoa pidä kirjata toistamiseen. Kokemustemme mukaan myös se, että kerättyä tietoa hyödynnetään aktiivisesti toiminnan jatkuvassa kehittämisessä, on myös hyvä tiedonkeruun motivointikeino.

Tärkein kehityskohde nykyisessä tiedonkeruussa suunnittelun näkökulmasta on käyttövarmuustiedon saatavuus. Saatavuuden osatekijöitä ovat jo yrityksessä kerätyn tiedon saatavuus suunnittelijoiden hyödynnettäväksi, tiedonsaannin nopeus sekä puutteet kerättävissä käyttövarmuustiedoissa.

Nopeus, viiveen eliminointi ja frekvenssi tiedon jakelussa

Etenkin pilotointi- tai pilottikäyttövaiheessa olevien laitteiden ja komponenttien vikaantumisenesta on hyvä saada tieto suunnitteluun ripeästi vikaantumisen tapahtuttua. Jos ensimmäinen indikaatio vikaantumisenesta tulee vasta takuuanomuksen yhteydessä, suunnittelulla ei ole mahdollisuuksia saada tuoretta tietoa vikatapahtuman yksityiskohdista. Pilotointivaiheen vikatietojen ripeä välittäminen suunnitteluun nopeuttaa suunnittelumuutosten tekemistä

Hajautuneen käyttövarmuustiedon saatavuuden parantaminen

Suunnittelijalle tarpeellinen käyttövarmuustieto on tällä hetkellä hajallaan useissa, eri toimintojen hallinnoimissa ja omistamissa tietojärjestelmissä ja osin jopa suunnittelijoiden saavuttamattomissa, kuten esimerkiksi joissain tapauksissa kunnonvalvontatiedon kohdalla.

Komponenttitoimittajayhteistyön kehittäminen

Haastattelujen ja keskustelujen yhteydessä komponenttitoimittajien ja hankkeeseen osallistuneiden yritysten kanssa ilmeni useita kehittämisen arvoisia kohteita komponenttitoimittajayhteistyössä. Tiedonvaihdon lisääminen oli perimmäinen syy yhteydenottoon komponenttitoimittajiin. Tiedonvaihdon lisääminen koettiin myös mahdolliseksi haastateltavien komponenttitoimittajien keskuudessa. Komponenttitoimittajilla löytyy myös mahdollisuuksia ja valmiuksia toteuttaa erilaisia komponenttitestauksia yhteistyössä laitevalmistajan kanssa.

FIMAan kuuluvat yritykset valmistavat liikkuvia työkoneita ja käyttävät keskenään useita samoja tai samantyyppisiä komponentteja. Yrityksillä on myös käytössä samoja alihankkijoita. Mahdollinen kehityssuunta FIMA-yritysten kesken voisi olla FIMA-yritysten yhteinen tietopankki. Tietopankkiin voitaisiin kerätä esimerkiksi komponenttien kuormitusdataa ja siihen kytkettyä käyttövarmuusdataa, jonka avulla yritykset voisivat etsiä tarvitsemansa komponentin kuormitusta ja käyttövarmuusdataa myös muiden FIMA-yritysten piiristä. Tietopankin avulla FIMA-yritykset voisivat kehittää yhteistyötään myös keskenään.

Komponentteja koskevan käyttövarmuustiedon yhteisöllistä tuotantoa on toteutettu menestyksellisesti ainakin Oreda-projektin [6] yhteydessä. Oreda on kansainvälinen, jo kolmenkymmentä vuotta toiminut kymmenen keskeisen öljyn- ja kaasunjalostajan muodostama projektiorganisaatiomuotoinen yhteistyöfoorumi. Se tuottaa ja ylläpitää laajaa käyttövarmuustietopankkia ja tarjoaa lähestymistavat ja välineet hajautettuun monen toimijan käyttövarmuustiedonkeruuseen aidoista käyttöympäristöistä. Oredan jäsenyritykset tuottavat ja vaihtavat koordinoitusti ympäri maailmaa sijaitsevilta tuotantokohteiltaan kerättyä määrämutoista, standardinmukaista [23] käyttövarmuusdataa osajärjestelmä- ja komponenttitasolta. Käyttövarmuusdata sisältää tuoterakennetiedot, vikatapahtumatiedot ja kunnossapitotapahtumatiedot. Datan keruuta, tallennusta, tiedonhakuja ja analyysia tukee oma erityinen ohjelmisto. Käyttövarmuustietoa on koottuna noin 16 000 laitteesta, 38 000 vikatilanteesta ja 68 000 kunnossapitotapahtumasta ympäri maailmaa erilaisista käyttöolosuhteista. Oreda-projektia operoi tällä hetkellä Det Norske Veritas (DNV).

Toiminnallisuuksiltaan ja palveluiltaan Oreda-foorumin kaltainen konsepti voisi toimia myös FIMA-yritysten yhteisen komponenttien käyttövarmuustietopankin suunnittelun ja toteutuksen lähtökohtana. Teknisiä toteutustapoja esimerkiksi verkkopohjaisesti toimivaan käyttövarmuustietopalveluun on tarjolla varmasti useampiakin. Verkossa toteutettavaan joukkoistettuun (crowdsourcing) taulukkomuotoisen datan lataamiseen, tallennukseen, käyttöoikeuksien hallintaan, yhdistämiseen sekä visualisointien tuottamiseen on tarjolla mm. pilvitekniikkaan perustuvia ratkaisuja. Esimerkiksi Google Fusion Tables -palvelu [7] mahdollistaa loppukäyttäjävälisen taulukkodatan tuottamisen tukien loppukäyttäjää tuotavan datan kuvailussa ja datan rakenteen yhteensopivuuden ja integroinnin varmistamisessa. Pilvipalvelu mahdollistaa suurien datamäärien tallennuksen sekä analyysin ja visualisoinnin suorituskykyisyyden.

Hajautetun, yhteisöllisesti tuotetun käyttövarmuusdatan tuotannon suurimmat haasteet liittyvät kuitenkin ennen kaikkea kaikkia osapuolia tyydyttävän tietomallin

tuottamiseen sekä tyydyttävän luottamuksellisuuspolitiikan ja yhteisten sääntöjen rakentamiseen. Tietomallissa on sovittava erityisesti komponenttien luotettavasta identifiointista, jotta tuotettujen tietojen vertailukelpoisuus voidaan varmistaa. Komponentin valmistajan antama tuote- tai sarjanumero komponentille voisi olla lähtökohta identifiointille. Komponentin asennusratkaisun ja käyttöympäristön ja -tavan kuvailuun tarvittaisiin myös oma tietomalli. Tämän lisäksi vikatapahtumien ja muiden elinkaaritapahtumien kuvailu edellyttää omaa tietomallia.

4.3 Visio yhteisöllisen tiedonkeruun toteuttamisesta

RelSteps-hankkeen ensimmäisessä työpaketissa [1] tunnistettiin keskeisiä ongelmia käyttövarmuustiedon keruussa. Käyttövarmuustietoa ja käyttöympäristötietoa etenkin takuuajan jälkeiseltä ajalta on saatavilla melko heikosti, eikä se ole kattavuudeltaan, luotettavuudeltaan ja laadultaan tyydyttävää. Huolto- ja asiakaspalveluraportoinnin kautta saatava laadullinen tieto laitteiden vikaantumisen ja komponenttien vaihdosta takuuajan jälkeen on arvokasta, mutta usein niukkaa, epätarkkaa ja epäluotettavaa. Vikakuvauksissa ei tyypillisesti yksilöidä laitteen käyttöympäristöä eikä käyttötilannetta, jossa vikaantuminen on tapahtunut. Kaikki laitteet eivät ole kunnonvalvonnan piirissä, eikä kaikkien kunnonvalvonnan piirissä olevien laitteiden data ole etäluettavissa. Jos laitteita on kunnonvalvontajärjestelmän piirissä, käyttötilanteesta (kuormitus ym.) on saatavissa paremmin tietoa (esim. CAN-väylän kautta kerätävissä oleva data). Tämä tieto ei kuitenkaan yleensä yksinään riitä vikatilanteen juurisyyn tunnistamiseen. Tyypillisesti tiettyä vikatilannetta koskeva kunnonvalvontatapahtumatieto ja huoltoraporttietieto ovat eri järjestelmissä, ja näiden järjestelmien tiedot täytyisi voida yhdistää, jotta vika-analysissä voitaisiin tyydyttävästi hyödyntää sekä tarkkaa kunnonvalvontadataa että huoltoraporttidataa. Kunnonvalvonnan piirissä ei myöskään ole välttämättä riittävän edustavaa määrää laitteita riittävän edustavissa käyttöympäristöissä. Lisäksi laitteen fysikaalista käyttöympäristöä¹ koskevaa tietoa ei tyypillisesti saada kerättyä kunnonvalvontajärjestelmän avulla talteen.

Eräs keskeisin vikatilanteita koskeva data liittyy laitteen tapahtumiin juuri ennen vikaantumistilannetta. Mahdollisuus tallentaa ja analysoida laitteen CAN-väylän tietoliikenne ennen vikaantumistilannetta tarjoaisi suhteellisen aukottoman tavan päätellä laitteen näkökulmasta tapahtumaketjun, joka on johtanut laitteen tai komponentin vikaantumiseen. CAN-väylän tietoliikenteen tallentamiseen on olemassa kehittyneitä tallentimia, joissa on suuri muistikapasiteetti, jotka mahdollistavat pitkäaikaisen tallennuksen ja jotka ovat purettavissa esimerkiksi matkapuhelinyhteyden avulla.

Digitaalisen, fyysisen maailman fysikaalisia tiloja koskevan informaation tuottamisen, keruun, tallennuksen, siirron ja analyysin uudet tekniikat ja organisointitavat tulevat kehittymään lähitulevaisuudessa suorituskyvyltään nopeasti, ja odotettavissa on myös niiden kustannusten nopea laskeminen. Tästä kehityksestä käytetään yleisnimitystä esineiden internet, "Internet of Things". Esineiden internetissä

¹ Laitteen ympäristön lämpötila, ilmankosteus, ilman epäpuhtaudet, tärinä.

fyysisen maailman objekteista itsessään tulee informaatiojärjestelmien elementtejä, joilla on kyky havaita tilansa, kommunikoida, tallentaa, välittää ja vastaanottaa informaatiota automaattisesti [8]. Fysikaalisia perussuureita monitoroivien, langattomin kommunikaatioyhteyksin varustettujen, suorituskykyisten mutta vähän energiaa kuluttavien antureiden tarjonta tulee monipuolistumaan, ja niiden hinta tulee oletettavasti laskemaan valmistustekniikan kehittyessä [9, 10, 11]. Erityisesti antureiden integrointi tallennuskapasiteetilla varustettuihin RFID-tarroihiin helpottanee vaativissakin olosuhteissa toimivien laitteiden mittausdatan suoraviivaista siirtämistä yrityksen tietojärjestelmiin [12]. Anturit ovat kehitymässä myös yhä älykkäämmiksi, mahdollistaen kerätyn datan esianalyysin mittauksen yhteydessä [13].

Esineiden internet voisi tarjota uudenlaisia, kevyitä ratkaisuja erityisesti systemaattisempaan ja kattavampaan laitteiden fysikaalista käyttöympäristöä koskevan anturitiedon keruuseen. Markkinoilla on jo nyt saatavilla omalla muistikortilla ja GPS-paikantimella varustettuja, tallentavia anturipaketteja, joiden mittaukset on luettavissa ja välitettävissä anturimittausdatan hallinta- ja visualisointijärjestelmään matkapuhelinsovelluksen avulla [14]. Samoin kehitteillä ovat RFID-yhteyden ja fysikaalisia suureita mittaavia antureita integroivat printatut älytarrat. [15]. Anturimittaus ja datan suunnitelmallinen lukutehtävä voitaisiin tulevaisuudessa joukkoistaa (crowdsourcing) esimerkiksi asiakkaan, asiakkaan käyttäjien tai huoltohenkilöstön toteuttamaksi.

Ihmisloppukäyttäjien mukana kulkevat mobiililaitteet (älypuhelimet ja muut pienikokoiset tietokoneet) voivat myös toimia fysikaalista makrokäyttöympäristöä havainnoivien antureiden alustana ja lukulaitteena muodostaen mobiiliin sensoriverkon, jossa tiedontuotanto on joukkoistettu (mobile crowdsensing) [16, 17]. Pilvipalveluiden ansioista datan tallennuskapasiteettia voidaan joustavasti lisätä. Tieteellisen, fysikaalisia suureita koskevan tiedonkeruun piirissä on viime aikoina kehittynyt uudenlainen, hajautettu havaintojen keruun ote. Matkapuhelinten kehittyminen anturidatan keruuseen soveltuviksi, jopa itse antureita sisältäviksi laitteiksi on mahdollistanut täysin uudentyypisen havaintojen osallistavan keruun, jota kutsutaan termeillä human-centric sensing, citizen sensing, participatory sensing tai citizen science [18]. Tavalliset ihmiset tuottavat matkapuhelintensa avulla havaintoja tekstikuvauksin, valokuvin, videoin tai lähettämällä matkapuhelimella luettavaa erityyppistä, geolokaatitiedolla varustettua dataa tutkittavaksi ja analysoitavaksi verkon kautta. Datankeruutapaa on hyödynnetty paljon mm. ilmastomuutoksen tutkimuksessa, kaupunkien ilmanlaaduntutkimuksessa, melututkimuksessa ja kriisiviestinnässä.²

Edellä mainitut tiedonkeruun, -siirron, -tallennuksen ja analyysin tekniset mahdollisuudet on jo pitkälti toteutettu edistyneisimmässä elinkaaripalveluiden etätiedonkeruujärjestelmissä [19]. Tiedonkeruujärjestelmien dataa hyödynnetään tällä hetkellä pääasiassa loppuasiakkaalle suunnatuissa elinkaaripalveluissa, mutta data voitaisiin ottaa täysipainoisesti käyttöön myös käyttövarmuuden todentamisessa,

² Esimerkiksi Carnegie Mellon ja Berkeleyn yliopistojen ja teknologiayritysten (Intel Labs Berkely, Nokia Research Center) kansallisia osallistava ilmanlaadun tutkimusprojekti Common Sense, <http://www.communitysensing.org>.

käytön ja käyttöympäristön mallintamisessa ja käyttövarmuuden ennustamisessa. Varsinaisen käytön ajalta kerätty elinkaaridata edustaa todellisia käyttöympäristöjä ja -kuormituksia, toisin kuin testausdata, joka on tyypillisesti tuotettu standardoiduissa laboratoriotestiolosuhteissa ja -kuormituksissa [20]. Takuuajan jälkeistä käyttö- ja käyttöympäristödataa voitaisiin hyödyntää uustuotteiden käyttövarmuusmittareiden, esimerkiksi keskimääräisen vikavälin, mallintamisessa [21, 22].

4.4 Käyttövarmuustiedon analysointi ja toimenpiteiden määrittäminen

Suunnittelussa käyttövarmuustiedon analysoinnin tavoitteena on tunnistaa laitteen tai järjestelmän kriittiset kohteet sekä selvittää kriittisyyden syitä, jotta havaittujen ongelmien poistamiseksi tai pienentämiseksi löydetään oikeat keinot. Olemassa olevan kohteen osalta on olemassa todellista kentältä kerättyä tietoa, mutta uuden tuotteen suunnittelussa on mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävä kentällä olevien vertailukelpoisten komponenttien ja järjestelmien käyttövarmuustietoa.

Kriittisten kohteiden tunnistamisessa lähtökohtana käytetään määriteltyjä käyttövarmuuden tunnuslukuja. Jos tunnuslukujen arvot ylittävät tai alittavat niille määritellyt raja-arvot, on käynnistettävä tilanteen vaatimat korjaus- ja kehitystoimenpiteet. Tyypillisiä käyttövarmuuden tunnuslukuja ovat käytettävyyden lisäksi keskimääräinen vikaväli (MTBF) sekä vikaantuneiden laitteiden osuus, jotka kuvaavat vain laitteiden toimintavarmuutta. Käytettävyys huomioi kaikki käyttövarmuuden osa-alueet.

Käyttövarmuustiedon analysointimenetelmät jaetaan kahteen pääryhmään sen mukaan, tarkastellaanko vaihtokomponentteja vai korjattavia järjestelmiä. Vaihtokomponenteista tavoitteena on selvittää odotettavissa olevan eliniän pituus, vikaantumisen todennäköisyys eri-ikäisillä komponenteilla sekä eliniän pituuteen vaikuttavat tekijät. Korjattavien järjestelmän osien kohdalla tavoitteena on selvittää vikojen määrä tai järjestelmän käytettävyys tietynä ajanjaksona, keskimääräisen vikavälin pituus sekä vikaantuvuuteen vaikuttavat tekijät.

Tiedettäessä vaihtokomponenttien todelliset eliniät voidaan tilastollisten elinikämallien avulla, esim. sovittamalla weibull-jakauma, muodostaa todennäköisyysmalli vikaantumisen todennäköisyydestä iän mukaan. Mikäli eliniän lisäksi on tiedossa mahdollisia eliniän pituuteen vaikuttavia tekijöitä, voidaan niiden vaikutuksen merkitystä arvioida proportional hazard -mallien avulla. Tämä tukee vikojen syiden selvittämistä ja sitä kautta parantavien toimenpiteiden määrittämistä.

Tiedettäessä korjattavien järjestelmien vikojen ajankohdat voidaan stokastisilla prosessimalleilla, esim. epähomogeenisella Poisson-prosessilla, arvioida odotettavissa olevien vikojen määrää valitun ajanjakson aikana.

Edellä kuvatut elinikämallit ja prosessimallit soveltuvat käytössä olevien laitteiden käyttövarmuuden tarkasteluun sekä asetettujen tavoitteiden täyttymisen arviointiin ja siten kriittisten kohteiden tunnistamiseen. Ennustettaessa uuden järjestelmän käyttövarmuutta lähtökohtana ovat järjestelmän rakenne ja luotettavuustekninen malli, esimerkiksi yksinkertaisemmille järjestelmille soveltuva luotettavuuslohko-kaavio tai monimutkaisten järjestelmien kuvaamiseen soveltuvat Petri-verkot.

Luotettavuusteknisissä malleissa hyödynnetään järjestelmän osille joko asiantuntija-arviona määritettyjä käyttövarmuuden tunnuslukuja tai vastaavassa käytössä kentällä jo olevista komponenteista ja osajärjestelmistä laskettuja tunnuslukuja käyttövarmuuden osalta.

Toimenpiteiden kohdistamista varten on tunnettava sekä eri vikatapahtumien että kunnossapitotapahtumien frekvenssi ja vaikutus koko järjestelmän kannalta. Näiden tietojen perusteella on määritettävissä kriittisimmät komponentit ja järjestelmän osat tarkempaa analysointia varten. Kriittisten kohteiden tunnistamisen lisäksi frekvenssi- ja vaikutustietojen perusteella saadaan selville kriittisyyden syyt. Johtuuko kriittisyys siitä, että vikatapahtumia on paljon, jolloin toimenpiteet on kohdistettava vikojen määrän vähentämiseen, vai johtuuko kriittisyys seurausten suuruuteen, jolloin on pyrittävä parantamaan kunnossapidettävyyttä.

Käyttövarmuusaineistojen analysointiin on olemassa useita kirjoja (katso esimerkkejä lähdeluettelon lopussa olevasta luettelosta), joissa esitellään kattavasti vaihtokomponenttien ja korjattavien järjestelmien käyttövarmuuden määrittämiseen soveltuvia matemaattisia menetelmiä.

Käyttövarmuustiedon analysoinnin on oltava jatkuvaa toimintaa siten, että laitteille määriteltyjä käyttövarmuuden tunnuslukuja seurataan säännöllisesti. Toimenpiteiden löytämiseksi on selvitettävä syyt siihen, miksi asetettua tavoitetta ei saavuteta. Syytekijöiden tunnistaminen auttaa kohdentamaan suunnittelun toimenpiteitä oikein. Suunnittelun toimenpiteet pitää ohjata muutoksiin, joiden tavoitteena on vikaantumistodennäköisyyden pienentäminen ja/tai vikaantumisen seurausvaikutusten rajoittaminen.

4.4.1 Analysoidumpaa kunnonvalvonta-, kuormitus- ja käyttödataa raakadatan sijasta

Varsinkin mittauksin tuotettua laitteiden elinkaaridataa on organisaatioissa kerättyä jo melko paljon, mutta sen analysointi ja muotoilu käyttövarmuussuunnittelun kannalta mielekkäiksi tietotuotteiksi ontuu tällä hetkellä pitkälti resurssipulan vuoksi. Suunnittelijalla (kuten myöskään toimittajan suunnittelijalla) ei ole mahdollisuuksia hyödyntää esimerkiksi raakamuodossa olevaa kunnonvalvontadataa omassa työssään. Elinkaaridataan pohjautuvia tietotuotteita täytyisi suunnitella systemaattisesti käyttövarmuussuunnittelun tarpeita palvelemaan. Toimiva ratkaisu voivat olla hyvin suunnitellut, valmiit raportit tai suunnittelijan raportointipalvelu, joka mahdollistaa raporttien räätälöinnin ja muotoilun tarpeiden mukaiseksi.

Keskeinen tiedonkeruun ja -analyysin kehittämistarve on realistisesti todellista käyttökuormitusta ja käyttöympäristöä kuvaavan kuormitusreferenssidatajoukon muodostaminen. Tätä voidaan hyödyntää suunnittelun sekä itse tehdyn ja komponenttitoimittajan toteuttaman testauksen lähtökohtana..

4.4.2 Käyttövarmuustietojen yhdistely ja yhteistarkastelu

Ihanteellinen suunnittelijan käyttövarmuustietopalvelu perustuisi laiteyksilökohtaiseen laitteen teknisen kokoonpanon, elinkaaritapahtumahistoria-, käyttö- ja käyttöympäristötiedon integroituun esittämiseen. Kaikki käyttövarmuuden suunnittelussa ja seurannassa tarvittavat tietolähteet tulisi saattaa käyttöliittymäteknisesti yhteen helpottamaan elinkaari- ja testautiedon hyödynnettävyyttä. Eri datalähteistä tuotettavien raporttien saatavuutta tulisi parantaa – esimerkiksi komponentin käyttöhistoriaan liittyvä sekä numeerinen että ei-numeerinen data tulisi olla saatavissa jäsenneytsti, ilman tietojen haeskelua ja keräilyä eri järjestelmistä. Kaikki ei-numeerinen data pitäisi olla saatavilla sähköisesti sekä haettavissa ja suodatettavissa paremmin kuin tällä hetkellä.

Integroituja käyttövarmuustietoja pitäisi pystyä tarkastelemaan myös komponentti-, vikatyypin- ja käyttöympäristötyyppikohtaisesti. Erilaisista tilastoista voisi tarvittaessa porautua laite- ja tapahtumatasolle tutkimaan eri laitteiden ja tapahtumien yksityiskohtia. Suunnittelijalle ihanteellinen käyttövarmuustietopalvelu tarjoaisi jäsenneytsti eri tietojärjestelmistä saatavaa ja yhdisteltyä tietoa ja mahdollistaisi siten oman komponenttiryhmän elinkaaren ja suorituskyvyn toteutuman seurannan sekä tarvittaessa porautumisen kiinnostavien elinkaaritapahtumien yksityiskohtaisempiin tietoihin.

4.4.3 Analysoinnin mahdollisuudet ja datan laatu

Kentältä kerätyn elinkaaridatan hyödyntämiseen perustuvia, hyvin dokumentoituja käyttövarmuuden suunnittelun laadullisia ja numeerisia menetelmiä on tarjolla suuri määrä. Menetelmien avulla on mahdollista esimerkiksi arvioida vikaantumisen kriittisyyttä ja tehdä eri kriteereihin perustuvia käyttövarmuustoimenpiteiden priorisointeja sekä ennusteita. Erityisesti numeeristen menetelmien valinnassa tulee kiinnittää huomiota siihen, missä määrin saatavissa olevan käyttövarmuusdatan tilastollinen laatu (edustavuus, populaation, otoksen ja näytteen koko, jakaumat) mahdollistavat luotettavien analyysien tekemisen. Epäedustavan, vinoutuneen tai niukan datan pohjalta saatetaan tehdä virheellisiä johtopäätöksiä [25].

Testaukseen ja laskentaan perustuvien käyttövarmuuden ennustamisen menetelmien suorituskykyä on hyvä arvioida niiden tulosten luotettavuuden lisäämiseksi. Muun muassa kiihdytetyn laboratoriotestauksen, komponenttitoimittajien testausolosuhteiden, lyhyempien kenttätestausten olosuhteiden ja kentällä elinkaaren aikana toteutuvien todellisten olosuhteiden piirteitä tulisi vertailla, muun muassa testausolosuhteissa saatujen tulosten korjauskertoimien määrittelyn perustaksi.

Erityisesti takuutapausten käsittelyn yhteydessä nousee usein esiin kysymys siitä, onko kentällä asiakkaan käytössä oleva laite asennettu ja säädetty oikein ja onko sitä käytetty laitteen valmistajan ja komponenttitoimittajan ohjeiden mukaan. Erityisesti kunnonvalvontadatan analyysin perusteella mahdolliset väärinkäytöstilanteet pystyttäisiin tunnistamaan luotettavammin.

4.4.4 Tolkku-toolboxin hyödyntäminen

Tolkku-toolbox on kehitetty käytännön työvälineeksi kerätyn mittaustiedon, esim. kunnonvalvontatiedon, analysoimiseksi ja hyödyntämiseksi yrityksen eri toiminnoissa. Työkalu on kehitetty vuoden 2012 keväällä päättyneessä kansainvälisessä tutkimushankkeessa, johon Suomesta on osallistunut useita tutkimuslaitoksia sekä työkoneyrityksiä FIMA-yhteisön kautta.

Tolkku-toolbox mahdollistaa useista lähteistä kerättyjen tietojen yhdistämisen ja analysoinnin. Käytännössä tiedot ovat mittausten aikasarjoja, jotka on muokattu työkalun vaatimaan muotoon. Työkalussa on välineitä aineiston kuvailuun perustunnuslukujen ja piirteiden tunnistamisen avulla sekä mittaustulosten analysointiin ja päätöksenteon tueksi.

Tolkku-työkalupakissa on välineitä sekä äkillisten että vähitellen kehittyvien vikaantumisten syiden tunnistamiseen. Työkalu pohjautuu pääosin aikasarjojen analysointiin, jolloin se parhaiten soveltuu ajan myötä kehittyvien vikatyypin syiden selvittämiseen, koska äkillisistä vioista ei tyypillisesti ehdi tulla jälkiä aikasarjoihin. Joissakin tapauksissa aikasarjoihin perustuvia menetelmiä voidaan hyödyntää myös äkkivikaantumisten kohdalla, jos mittausfrekvenssi on riittävän tiheä. Äkkivikaantumisten tarkasteluun työkalussa on vikapuuosio, jota voidaan hyödyntää tapahtuneiden vikaantumisten syiden selvittämisen lisäksi muiden tunnistettujen vikatahtumien todennäköisyyksien arvioinnissa.

Työkalupakkia voidaan hyödyntää niin suunnittelussa kuin käytössä ja kunnossapidossa. Tässä yhteydessä työkalupakin käyttöä ja hyödynnettävyyttä arvioidaan vain suunnittelun näkökulmasta.

Suunnitteluvaiheessa todellisten käyttö- ja kuormitusolosuhteiden tunteminen on olennaista, jotta komponentit voidaan mitoittaa oikein sekä suunnitella testaukset todellisen käytön mukaan. Tolkku-toolbox sisältää työkaluja käyttö- ja kuormitusprofiilien tarkasteluun ja sitä kautta mahdollisuuden selvittää laitteiden kokemia todellisia kuormituksia.

Tapahtuneiden vikojen syiden selvittämiseksi Tolkku-toolboxissa on useitakin erilaisia työvälineitä. Vikojen syiden selvittäminen on tärkeää määrittäessä toimenpiteitä estämään vikojen esiintymistä. Syiden selvittämiseen tarvitaan tyypillisesti monenlaisia lähestymistapoja ja työvälineitä, joista yksi voi olla Tolkku-toolbox.

Suunnittelun näkökulmasta haasteena Tolkku-työkalupakin käytössä on se, että työkalussa analysoidaan yhden koneen tietoja tai verrataan yhdestä koneesta kerättyjä tietoja aiemmin kerättyihin tietoihin. Näin ollen suunnittelun tarvitseman tiedon tuottaminen on työlästä, koska jokainen tarkasteltava kone on analysoitava erikseen, jonka jälkeen voidaan esimerkiksi koostaa koko laitekannan kuormitusprofiilit.

Työvälineenä Tolkku-toolboxissa on hyviä ominaisuuksia, joiden avulla on mahdollista tuottaa tietoa hyödynnettäväksi myös suunnittelussa. Aiemmin on kuvassa 3 (luku 4) esitetty käyttövarmuustiedon keruun ja hyödyntämisen prosessi, jossa vikojen syiden selvittäminen on yhtenä vaiheena määrittäessä suunnittelutoimenpiteitä. Tähän vaiheeseen Tolkku-toolbox on yksi käytännön työväline.

Toolboxin käyttö vaatii syvällistä osaamista kunnonvalvontadatan analysoinnista, jolloin työkalu itsessään ei voi olla suunnittelijoiden työväline, vaan suunnittelijoiden tarvitseman tiedon tuottaminen tulee olla sen alan asiantuntijoiden tehtävä.

Tiedon analysoinnissa on aina lähtökohtana se, että kerätyn tiedon on oltava riittävän hyvää ja erityisesti siinä on oltava oikeat muuttujat mukana. Tiedonkeruuta aloitettaessa ei välttämättä ole aivan selvää, mitkä tekijät vikaantumista selittävät, jolloin on mahdollista, ettei kaikkia olennaisia tekijöitä ole sisällytetty tiedonkeruuseen. Hyväkään työväline ei pysty korjaamaan tiedonpuutteesta johtuvia ongelmia. Tämä ei kuitenkaan ole erityisesti Tolkku-toolboxin ongelma vaan yleinen haaste kaikessa tiedon analysoinnissa.

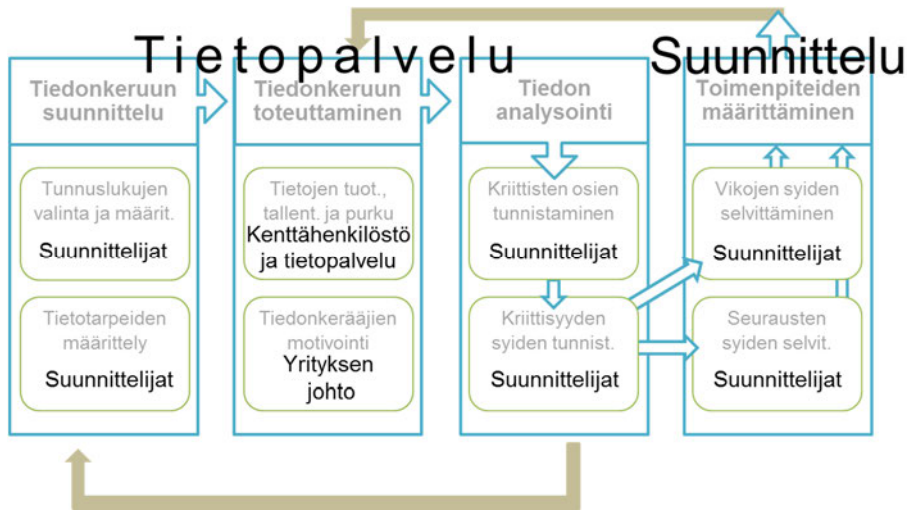
4.5 Käyttövarmuustiedon hallinnan organisointi

Edellä on kuvattu käyttövarmuustiedon keruun ja hyödyntämisen prosessia pääasiassa siitä näkökulmasta, mitä pitäisi tehdä, ottamatta erityisesti kantaa siihen, kuka tai ketkä tarvittavia tehtäviä suorittaisivat. Käyttövarmuustiedon, kuten minkä tahansa tiedon, keruun suunnittelu ja toteuttaminen sekä tiedon hyödyntäminen vaativat tekijöitä ja heidän työaikaansa siinä määrin, ettei hyvien tiedon hallinnan prosessien ja käytäntöjen ylläpito onnistu pelkästään muiden tehtävien ohella ilman siihen osoitettuja resursseja.

Yksi mahdollisuus vastuuttaa ja resursoida tiedonkeruun ja kerätyn tiedon hallinnointi sekä hyödyntäminen on perustaa yrityksen sisäinen tietopalveluyksikkö. Tällainen yksikkö pystyisi koordinoimaan koko yrityksen tiedonkeruuta siten, ettei jokaisen yksikön erikseen tarvitsisi suunnitella omaa tiedonkeruutaan. Yksittäisten osastojen omiin tarpeisiin tekemä tiedonkeruun johtaa pahimmillaan tiedon hajanaisuuteen ja päällekkäisten tietojen keruuseen.

Kuvassa 5 on ehdotettu käyttövarmuustiedon keruun ja hyödyntämisen prosessin toimijat suunnittelun näkökulmasta. Vastaava ajatus toimii toki minkä tahansa toiminnon näkökulmasta. Kuvassa esitetyn organisoinnin perusajatus on, että tietopalvelu on vastuullinen tiedonkeruun suunnittelusta, toteuttamisesta sekä analysoinnista ja suunnittelijat vastaavat siitä, että olemassa olevaa tietoa hyödynnetään suunnitteluun liittyviä päätöksiä tehtäessä.

Tietopalvelun toiminnan onnistumisen edellytys on tiivis yhteistyö kaikkien tiedon hyödyntämiseen ja keruuseen liittyvien tahojen kanssa. Tiedonkeruuta suunniteltaessa on kartoitettava eri osastojen tietotarpeet yhteistyössä tiedon hyödyntäjien kanssa. Tiedonkeruun toteuttaminen on puolestaan suunniteltava yhteistyössä käytännön keruutyötä tekevien kanssa, jotta tiedonkeruun olisi heille mahdollisimman helppoa ja nopeaa. Tiedonkeruun motivoinnin, kuten ylipäätään koko tiedon hallinnan ja hyödyntämisen motivoinnin, on lähdeittävä yrityksen johtotasolta asti. Mikäli yritysjohtossa nähdään tiedon hyödyntämisen mahdollisuudet ja tiedon hallintaan panostetaan, se nousee tasavertaiseksi toiminnoksi muiden toimintojen rinnalle. Tällöin hyvän käyttövarmuustiedonkeruunkin merkitys tulee näkyvämmäksi, joka itsessään on tärkeä motivointikeino. Ihmiset ovat valmiita tekemään työtä, jonka hyödyt he pystyvät näkemään.



Kuva 5. Käyttövarmuustiedon hallinnan organisointi.

Kerätyn tiedon analysointi voi olla osittain automaattista siten, että yleisimmät raportit voidaan tuottaa etukäteen tehtyjen määrittelyjen pohjalta. Tilastollisten analyysien teko ei kuitenkaan voi olla automatisoitua siten, että kuka hyvänsä voi napin painalluksella saada haluamansa analyysin tulokset. Tämän vuoksi tietopalvelussa tulisi olla myös tilastomenetelmien osaamista siten, että suunnittelijalla olisi mahdollisuus hyödyntää käyttövarmuustietoja muutenkin kuin standardiraportteina, vaikka omaa tilastomenetelmien osaamista ei olisikaan.

Tietopalvelun toteuttaminen ja koko riippuvat täysin yrityksestä. Pienessä yrityksessä saattaa riittää, että tietopalvelusta vastaa yksi henkilö, isommassa yrityksessä tarvitaan oma tiimi tai osasto. Olennaista on, että tiedon hallinta on selkeästi vastuutettu ja sille on varattu riittävästi resursseja, jotta tiedon keruu voi olla riittävästi kattavaa ja kerätty tieto on mahdollista hyödyntää täysipainoisesti niin suunnittelun tukena kuin muissakin yrityksen toiminnoissa.

5. Johtopäätökset

Tuotteen aidosta käytöstä ja aidosta käyttöympäristöistä kerätty käyttövarmuustieto ja sen analyysin pohjalta tehtävät päätelmät ovat korkeatasoisinta käyttövarmuussuunnittelun lähtötietoa. Kiihdytetyssä testauksessa ei välttämättä kyetä toistamaan riittävässä määrin tuotteen kenttäolosuhteissa kohtaamia kuormitusprofiileja, ja siten kiihdytetyn testauksen tuottamat ennusteet käyttöiästä ja vikaantumismekanismista eivät välttämättä ole osuvia [24]. Yritysten kyky laitteen elinkaaritiedon tuotantoon, hallintaan ja jalostamiseen on tällä hetkellä keskeisin kehittyneemmän käyttövarmuuden suunnittelun mahdollistaja ja rajoittaja. Työpakettin 2 empiiristen tulosten pohjalta näyttää siltä, että käyttövarmuuden suunnittelun näkökulmasta etenkin numeerisesta elinkaaritiedosta jalostettavien, suunnittelulle käyttökelpoisten analyysituotteiden määrittelyssä ei olla vielä kovinkaan pitkällä. Elinkaaritiedon jalostuksessa pääpaino on ollut loppuasiakkaalle suunnattujen tietotuotteiden ja palvelujen kehittämisessä. Tuotekehitys ja suunnittelu elinkaaritiedon ”sisäisenä asiakkaana” ei vielä näy elinkaaritiedonhallinnan agendalla.

Tuotekehitystä ja suunnittelua palvelevan elinkaaritiedon jalostamisen ja hyödyntämisen nykytila vastaa melko pitkälle tiedonhallinnan ja analytiikan yleistilannetta tällä hetkellä muuallakin yritysmaailmassa. Lähinnä edelläkävijäyrityksissä tiedonhallintaan ja analytiikkaan on panostettu kasvattamalla sekä toimintokohtaisia että keskitettyjä analytiikkaresursseja. Vaikka useimmissa yrityksissä on havaittu että yrityksen hallussa on enemmän dataa kuin mitä se osaa tehokkaasti hyödyntää, datan ja siitä jalostetun informaation tunnistaminen ja käsittely strategisena omaisuuseränä ja kilpailuvalttina on vasta orastamassa. Yrityksistä puuttuu sekä käytännön taitoja (tavoitteenasettelu, menetelmät ja työkalut) datan ja informaation liiketoimintahyötyjen realisointiin eri toiminnoissa, kuin myös informaatioon liittyviä lyhyemmän ja pitemmän tähtäimen yritys- ja toimintotasoisia suunnitelmia ja ohjelmia [26, 27].

Jotta, tässä tapauksessa käyttövarmuustieto olisi entistä paremmin hyödynnettävissä kilpailutekijänä tuotekehitysprojektien alkuvaiheessa, kuvaa tämä raportti työkoneteollisuuden tuote- ja palvelukehitystyössä tarvittavat käyttökokemustiedot, niiden lähteet ja analysointimenetelmät asiakasvaatimukset täyttävän koneen suunnittelussa. Tietolähteiden osalta on keskitytty nykyisin käytössä oleviin lähteisiin, joiden tietosisältöjä on mahdollista jo tällä hetkellä hyödyntää aiempaa tehokkaammin.

Raportissa kuvataan, mitä tietoja suunnittelija työssään käyttökokemuksista tarvitsee, millaisessa muodossa tietojen pitää olla, jotta ne olisivat suunnittelijalle käyttökelpoisia ja mitä kanavia pitkin tietoa saadaan tai mitä kautta tietoa pitäisi saada. Raportissa esitetään käyttövarmuutta kuvaavat perustunnusluvut, joita liikkuvien työkoneiden toimialan yritykset voivat hyödyntää esimerkiksi hankintayhteistyössä, esim. määritellesään komponenttitason käyttövarmuusvaatimuksia.

Olemme myös ehdottaneet käyttövarmuustiedon keruun ja hyödyntämisen prosessin toimijat suunnittelutoiminnon näkökulmasta. Esitetyn organisoinnin perusajatus on, että tietopalvelu on vastuullinen tiedonkeruun suunnittelusta, toteuttamisesta sekä analysoinnista ja suunnittelijat vastaavat siitä, että hyödyntävät olemassa olevaa tietoa tehdessään suunnitteluun liittyviä päätöksiä.

Tutkimuksessa haastateltiin myös muutamia komponenttitoimittajia. Haastattelujen tavoitteena oli saada käsitys komponenttitoimittajien ja laitevalmistajien välisestä yhteistyöstä ja kuinka sitä voisi kehittää, jotta käyttövarmuuden hallintaa saataisiin kehitettyä. Haastattelujen perusteella komponenttitoimittajat ovat halukkaita yhteistyöhön, jonka suuntaamiseksi esitämme tässä raportissa omaa lähestymistapaa.

Lähdeluettelo

1. Valkokari, P., Ahonen, T., Franssila, H., Itäsalo, A., Jännes, J., Välisalo, T. & Ellman, A. 2011. Käyttövarmuussuunnittelun kehittämistarpeet. Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa -hankkeen työraportti 1. VTT, Espoo. VTT Working Papers 180. 53 s. + liitt. 21 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W180.pdf>.
2. IEC 60300-3-2. 2004 Dependability management – Part 3–2: Application guide – Collection of dependability data from the field. International Electro-technical Commission.
3. SFS-IEC 50(191). 1996. Sähköteknillinen sanasto. Luotettavuus ja palvelun laatu. Suomen Standardisoimisliitto. 143 s.
4. O'Connor, P.D.T. 2002. Practical Reliability Theory. 4. painos. John-Wiley & Sons Ltd. Chichester, Iso-Britannia.
5. Birolini, A. 2010. Reliability Engineering. Theory and Practice. 6. painos. Springer-Verlag. Berliini, Heidelberg.
6. Oreda – Offshore Reliability Data. <http://www.oreda.com>.
7. Google Fusion Tables. 2012. <http://www.google.com/fusiontables/Home>.
8. Bughin, J., Chui, M. & Manyika, J. 2010. Clouds, big data, and smart assets: Ten tech-enabled business trends to watch. McKinsey Quarterly, elokuu 2010.
9. Arnaiz, A., lung, B., Adgar, A., Naks, T., Tohver, A., Tommingas, T. & Levrat, E. 2010. Information and communication technologies within E-maintenance. Teoksessa: Holmberg, K., Agdar, A., Arnaiz, A., Jantunen, E., Mascolo, J. & Mekid, S. (toim.). E-maintenance. Springer, Lontoo. S. 39–60.
10. Starr, A., Al-Najjar, B., Holmberg, K., Jantunen, E., Bellew, J. & Albarbar, A. 2010. Maintenance today and future trends. Teoksessa: Holmberg, K., Agdar, A., Arnaiz, A., Jantunen, E., Mascolo, J. & Mekid, S. (toim.). E-maintenance. Springer, Lontoo. S. 5–37.
11. Hernesniemi, H. (toim.) Digitaalinen Suomi. Älykäs tie menestykseen. Teknologiateollisuus ry, Helsinki. http://www.teknologiainfo.net/content/kirjat/pdf-tiedostot/Sahko_elektroniikka_ja_tietoteollisuus/digitaalinen_suomi-ekirja.pdf.

12. Jantunen, E., Emmanouilidis, C., Arnaiz, A. & Gilabert, E. 2010. Economical and technological prospects for e-maintenance. *International Journal of System Assurance Engineering and Management* 1(3), s. 201–209.
13. Mekid, S. & Zhu, Z. 2010. MEMS Sensors. Teoksessa: Holmberg, K., Agdar, A., Arnaiz, A., Jantunen, E., Mascolo, J. & Mekid, S. (eds.). *E-maintenance*. Springer, Lontoo. S. 125–171.
14. Sensoris. 2012. *Wireless Sensors – Internet of Things Solutions*. <http://www.sensoris.com>.
15. École polytechnique fédérale de Lausanne. 2011. *Environmental sensors on RFID*. <http://samlab.epfl.ch/page-15520-en.html>.
16. Park, U. & Heidermann, J. 2011. Data muling with mobile phones for sensornets. *Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*. S. 162–175.
17. Ganti, R.K., Ye, F. & Lei, H. 2011. Mobile crowdsensing: Current state and future challenges. *IEEE Communications Magazine*, 49(11), s. 32–39.
18. Kamel, B., Maged, N., Resch, B., Crowley, D.N., Breslin, J.G., Sohn, G., Burtner, R., Pike, W.A., Jezierski, E. & Slayer Chuang, K.-Y. 2011. Crowdsourcing, citizen sensing and sensot web technologies for public and environmental health surveillance and crisis management: trends, OGC standards and application examples. *International Journal of Health Geographics*, 10:67.
19. Axeda. 2012. *Axeda M2M Cloud Service*. <http://www.axeda.com>.
20. Wu, S. (tulossa 2012) *Warranty data analysis: A review*. *Quality and Reliability Engineering International*.
21. Ala-Risku, T. 2009. *Installed base information: Ensuring customer value and profitability after the sale*. Väitöskirja. Teknillinen korkeakoulu, Espoo.
22. Hong, Y. & Meeker, W. 2010. A model for field failure prediction using dynamic environmental data. Teoksessa: Rykov, V.V., Balakrishnan, R. & Nikulin, M.S. (eds.). *Mathematical and Statistical Models and Methods in Reliability*. Birkhäuser: Boston. S. 223–233.
23. ISO 14224:2006. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. International Organization for Standardization.

24. Pan, R. 2009. A Bayes approach to reliability prediction utilizing data from accelerated life tests and field failure observations. *Quality and Reliability Engineering International*, 25, s. 229–240.
25. Borgman, J., Tiihonen, J., Pirrtioja, T. & Töhönen, H. 2011. Towards installed base information management in industrial maintenance services. Valpas-projektin julkaisematon loppuraportti. Aalto-yliopisto.
26. Shah, S., Horne, A. & Capellá, J. Good Data Won't Guarantee Good Decisions. *Harvard Business Review*, 4/2012. <http://hbr.org/2012/04/good-data-wont-guarantee-good-decisions/ar/1>.
27. LaValle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M.S. & Kruschwitz, N. Big Data, Analytics and the Path From Insights to Value. *The New Intelligent Enterprise*, MIT Sloan Management Review, 21.12.2010 <http://sloanreview.mit.edu/the-magazine/2011-winter/52205/big-data-analytics-and-the-path-from-insights-to-value>.

Esimerkkejä käyttövarmuuden hallintaa käsittelevästä kirjallisuudesta:

- A. Birolini, A. 2010. *Reliability engineering. Theory and Practice*. 6. painos. Springer-Verlag. Berliini, Heidelberg.
- B. Høyland, A. & Rausand, M. 1994. *System reliability theory. Models and Statistical Methods*. John Wiley & Sons, INC. New York, USA.

Liite A: Haastattelurunko komponenttitoimittajan haastattelua varten

Haastattelun aihealueita

Komponenttien käyttövarmuuden määrittäminen

- Miten komponenttitoimittaja määrittelee käyttövarmuuden ja mitä tunnuslukuja sen esittämisessä käytetään?
- Komponenttitoimittajan oma käsitys siitä, miten hyvin he tuntevat komponenttiansa käyttövarmuuden yleisesti. Miten käyttövarmuus vaihtelee erilaisissa ympäristöissä?
- Komponenttitoimittajalla käytössä olevat menetelmät komponenttien käyttövarmuuden todentamiseen.

Komponenttitoimittajalle esitettävät käyttövarmuuteen liittyvät vaatimukset

- Komponenttitoimittajan oma käsitys siitä, miten hyvin he pystyvät vastaamaan esitettyihin käyttövarmuusvaatimuksiin.
- Ovatko esittämät käyttövarmuusvaatimukset riittävän hyvin määriteltyjä. Jos eivät, millaisia parannustoiveita niihin liittyy?

Komponenttitoimittajan ja asiakkaan välinen yhteistyö

- Mikä merkitys on komponenttitoimittajan ja asiakkaan yhteistyöllä suunnitteluvaiheessa?
- Mikä kokemus komponenttitoimittajalla on halukkuudesta yhteistyöhön suunnitteluvaiheessa ja komponentin käyttövaiheessa, esim. selvittäessä komponentin luotettavuutta?

Komponenttien käyttövarmuuteen liittyvä palautetieto

- Saako komponenttitoimittaja omasta mielestään riittävästi palautetietoa komponentin käyttövarmuudesta sen käyttövaiheessa?

Millainen palautetieto käyttövaiheesta olisi hyödyllistä komponenttien käyttövarmuutta parannettaessa?

Nimeke	Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa
Tekijä(t)	Heljä Franssila, Susanna Kunttu, Harri Saarinen & Pasi Valkokari
Tiivistelmä	<p>Tämä raportti kokoaa Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps-hankkeen toisen tutkimuskokonaisuuden tulokset. Tutkimuksen tämän osion tavoitteena oli määritellä työkoneteollisuuden tuote- ja palvelukehitystyössä tarvittavat käyttökokemustiedot, niiden lähteet, analysointimenetelmät ja hyödyntäminen asiakasvaatimukset täyttävän koneen suunnittelussa.</p> <p>Raportin tulosaineisto on koottu havainnoista, jotka ovat kertyneet koko hankkeen aikana. Tietolähteinä ovat olleet aiemmin tehdyn kyselytutkimuksen tulokset, yrityksissä toteutetut haastattelut ja tutkimuscaset. Yhdistämällä näitä havaintoja kirjallisuudessa (mm. standardit ja luotettavuuden hallinnan käsikirjat) esitettäviin käyttövarmuuden hallintamalleihin raportissa ehdotetaan käytännönläheistä käyttövarmuustiedonkeruun ja tiedon hyödyntämisen prosessia.</p> <p>Tulosten perusteella näyttää siltä, että käyttövarmuuden suunnittelun näkökulmasta etenkin numeerisesta elinkaaritiedosta jalostettavien, suunnittelulle käyttökelpoisten analyysituotteiden määrittelyssä ei olla vielä kovinkaan pitkällä. Elinkaaritiedon jalostuksen osalta pääpaino on ollut loppuasiakkaalle suunnattujen tietotuotteiden ja palvelujen kehittämisessä. Tuotekehitys ja suunnittelu elinkaaritiedon ”sisäisenä asiakkaana” ei vielä korostu elinkaaritiedonhallinnan tehtävissä.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-7872-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Julkaisuaika	Elokuu 2012
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	44 s. + liitt. 1 s.
Projektin nimi	Käyttövarmuuden hallinta suunnittelussa – RelSteps
Avainsanat	Dependability, management of dependability knowledge, design for dependability, life-cycle data management
Julkaisija	VTT PL 1000, 02044 VTT, Puh. 020 722 111

Title	Management and exploitation of dependability knowledge in product development
Author(s)	Heljä Franssila, Susanna Kunttu, Harri Saarinen & Pasi Valkokari
Abstract	<p>This report gathers results from RelStep project's second work package. The aim of the study was to determine necessary dependability information, its sources and analysis methods to benefit the development of the new products and services that meets the customer requirements in the mobile machine industry sector.</p> <p>Foreground of the report contains findings that have accumulated during the entire project. Information sources have been the web enquiry conducted during the first work package, company interviews and Industrial cases. By combining these observations to the models presented in the literature (such as standards and the reliability management handbooks) practical reliability management process model is proposed for the dependability knowledge management.</p> <p>Based on the results, it appears that currently there practically no dependability analysis products to be used during the product development. So far the emphasis has been on the end customer, while these knowledge products have been processed. Product development and design is not yet an active internal customer of the life-cycle data management.</p>
ISBN, ISSN	ISBN 978-951-38-7872-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp) ISSN 2242-122X (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)
Date	August 2012
Language	Finnish, English abstract
Pages	44 p. + app. 1 p.
Name of the project	RelSteps
Keywords	Dependability, 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

Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa

ISBN 978-951-38-7872-6 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 2242-122X (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

