

Pinnoituslaitteiston elinkaariraportti

Petri Huuska

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2018
Insinööri (YAMK), elinkaaripalveluiden johtaminen

| | | |
|---|--|-----------------------------------|
| Tekijä(t) Huuska, Petri | Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK | Päivämäärä Maaliskuu 2018 |
| | Sivumäärä 55 | Julkaisun kieli Suomi |
| | | Verkojulkaisulupa myönnetty: x |
| Työn nimi Pinnoituslaitteiston elinkaariraportti | | |
| Tutkinto-ohjelma Insinööri (YAMK), elinkaari palveluiden johtaminen | | |
| Työn ohjaaja(t) Pasi Lehtola ja Jaakko Oksanen | | |
| Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy | | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön taustana oli tarve löytää keino tuotannossa olevien koneiden elinkaaren seurantaan. Olisiko syytä lähteä miettimään modernisointia tai vaikkapa uuden laitteen hankintaa vai pärjätäänkö laitteella vielä useita vuosia sen nykyisellä kunnolla. Konepajateollisuuden koneet ja laitteet ovat pääomasidonnaisia. Niiden käyttöön ja huoltoon kuluu paljon rahaa. Tästä syystä olisi oltava koko ajan tietoisena niiden nykykunnosta, tehokkuudesta ja rahantekokyvystä.</p> <p>Tutkimusmenetelmäksi valikoitui kvantitatiivinen tapaustutkimus. Opinnäytetyö pohjautui pääasiallisesti eri Valmet Technologies Oy:n järjestelmistä saatuun numeeriseen tietoon, jota käsittelemällä teorian tietojen pohjalta pyrittiin löytämään ratkaisuja aikaisemmin määriteltyihin tutkimuskysymyksiin: Missä elinkaaren vaiheessa laitteisto kyseisenä ajanhetkenä on? Missä vaiheessa laitteiston uudistaminen tai uusinnan suunnittelu on syytä aloittaa? Näiden kysymysten pohjalta lähdettiin hakemaan raja-arvoja siihen, milloin laitteisto on optimialueella ja milloin sen vanheneminen on alkanut.</p> <p>Tuloksina saatiin laskentamalli sekä raja-arvot pinnoituslaitteistojen kokonaistehokkuudelle ja elinjaksokustannukselle kokonaisuuksina sekä sen laskennassa tarvittaviin suureisiin: Käytettävyys, suorituskyky, laatu, epäkäytettävyys, korjaustunnit ja kunnossapitokustannus.</p> <p>Johtopäätöksenä voitiin todeta, että teorioiden pohjalta haetut osa-alueet todellakin näyttävät, missä elinkaaren vaiheessa laitteistolla ollaan menossa. Tehokkuutta ja kustannuksia seuraamalla nähdään suoraan tehokas toiminta-alue. Tuloksista saadaan selville, ollaanko lähellä käytöstä poistamista tai modernisointia.</p> | | |
| <p>Avainsanat (asiasanat) Kokonaistehokkuus, elinjaksokustannus, vanhentuneisuus</p> | | |
| <p>Muut tiedot <i>Litteet 1-11 ovat salassa pidettäviä, jotka on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17 ja 20, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika viisi (25) vuotta, salassapito päättyy 1.5.2043.</i></p> | | |

| | | |
|--|--|---|
| Author(s) Huuska, Petri | Type of publication Master's thesis | Date March 2018 Language of publication: Finnish |
| | Number of pages 55 | Permission for web publication: x |
| Title of publication Title Lifecycle report on covering equipment | | |
| Degree programme Engineer (YAMK), Life Cycle Management | | |
| Supervisor(s) Lehtola, Pasi & Oksanen, Jaakko | | |
| Assigned by Valmet Technologies Oy | | |
| Abstract <p>The purpose of the thesis was to find a way to monitor the life cycle of machines in production to determine whether to start to consider modernizing or even acquiring a new device, or whether it is still up to the device for many years now. Machinery and equipment for the machinery industry are capital-tied. Their use and servicing cost a lot of money. For this reason, user should be constantly aware of their present value, efficiency and financial capability.</p> <p>A quantitative case study was selected for the research method. The thesis was based mainly on the numerical data obtained from the various Valmet Technologies Oy systems, which, based on theoretical knowledge, sought to find solutions to previously defined research questions: At what stage of the life cycle the hardware at that time? At what stage should the hardware upgrade or replication design be started? Based on these questions the thresholds were picked up for when the hardware is in the optimum area and when its aging has begun.</p> <p>The result was a calculation model as well as the limit values for the overall efficiency of the coating systems. Also, the lifespan cost, as well as the necessary quantities for its calculation: usability, performance, quality, unavailability, repair times and maintenance cost.</p> <p>As a conclusion, it was found that the theoretical subdivisions really look like where the stage of the life cycle for the machinery is going to be done. By monitoring efficiency and costs, you can see an effective area of activity directly. The results showed that machinery's lifespan was close to decommissioning or modernization.</p> | | |
| Keywords/tags (subjects) Overall effectiveness, life cycle cost, obsolescence | | |
| Miscellaneous <i>Appendixes 1 to 11 are confidential which have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17 and 20: business or professional secret. Period of secrecy is twenty five years and it ends 1.5.2043.</i> | | |

Sisältö

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Johdanto | 4 |
| 2 | Tutkimusasetelma | 5 |
| 2.1 | Tuotantoympäristö..... | 5 |
| 2.2 | Tutkimuskysymykset ja tavoitteet..... | 8 |
| 3 | Teoria – Elinkaaren hallinta..... | 10 |
| 3.1 | Käyttö- ja tuotanto-omaisuus | 10 |
| 3.1.1 | Käyttö- ja tuotanto-omaisuuden hallinta | 10 |
| 3.1.2 | Koneen tai laitteen kokonaistehokkuus | 13 |
| 3.1.3 | OEE tiedon kerääminen | 15 |
| 3.1.4 | Vanhentuneisuuden hallinta | 16 |
| 3.1.5 | Vanhentumisen vaiheet..... | 16 |
| 3.1.6 | Suunnittelu | 19 |
| 3.1.7 | Vaikutusten arviointi | 19 |
| 3.1.8 | Ennakoiva ja reagoiva strategia..... | 20 |
| 3.1.9 | Vanhentuneisuuden kontrollointi | 21 |
| 3.1.10 | Viimeisen ostohetken määrittäminen | 22 |
| 3.1.11 | Elinkaarijohtaminen..... | 22 |
| 4 | Työn toteutus | 25 |
| 4.1 | Kehittämis- ja tutkimusmenetelmien kuvaus | 26 |
| 4.2 | Kehittämis- ja tutkimusmenetelmien käyttäminen | 27 |
| 5 | Tutkimusaineisto | 28 |
| 5.1 | Tiedon keräys | 29 |
| 5.1.1 | Tiedon keräys - OEE osakomponentit | 29 |
| 5.1.2 | Tiedon keräys - LCC laskenta | 34 |
| 5.1.3 | Tiedon haku - vanheneminen..... | 35 |

| | |
|---|-----------|
| | 2 |
| 5.2 Tutkimusaineiston analysointi..... | 35 |
| 6 Tutkimustulokset..... | 37 |
| 6.1 OEE raportti..... | 37 |
| 6.2 LCC raportti..... | 37 |
| 6.3 Vanhentuneisuus raportti | 39 |
| 7 Johtopäätökset..... | 40 |
| 8 Pohdinta..... | 40 |
| 8.1 Ajatuksia tuloksista..... | 40 |
| 8.2 Tutkimuksen luotettavuus..... | 42 |
| 8.3 Jatkokehitystarpeet..... | 43 |
| Lähteet | 44 |
| Liitteet..... | 46 |
| | |
| Kuviot | |
| Kuvio 1. Eri tuotantomalleja | 6 |
| Kuvio 2. Elinkaarianalyysin tulos Rautpohjan tehtaalta, Pinnoitetuotannon osuus | 8 |
| Kuvio 3. Kunnossapito laitteiston elinkaareissa | 10 |
| Kuvio 4. Käyttöomaisuuden hallinta ja elinjakso | 11 |
| Kuvio 5 Kunnossapidon tasot..... | 12 |
| Kuvio 6. OEE laskentamalli | 15 |
| Kuvio 7. Saatavuuden vaiheet | 17 |
| Kuvio 8. Vanhenemisen hallinnan prosessi | 18 |
| Kuvio 9. LCC/LCP-analyysin päävaiheet. | 23 |
| Kuvio 10. LCC periaate | 24 |
| Kuvio 11 LCC osana uuden tuotteen tai koneen kehitystä | 25 |
| Kuvio 12. Arrow Maint tiedonhakutaulu..... | 29 |
| Kuvio 13. Pivot-taulukon asetukset seisonta-ajan saamiseksi vuositasolla..... | 30 |
| Kuvio 14 LCP vertailu PU laitteiston ja komposiittilaitteiston välillä | 39 |

Käsitteet

COTS - Commercial Off the Shelf, kaupallinen tuote

EOL - End Of Life, elinkaaren päättymisen

KNL - käytettävyys, nopeus, laatu.

LCC - Life Cycle Cost, elinkaarikustannus

LTB Last Time Buy – viimeinen varaosan ostohetki

Metadata – metatieto, kuvailutieto

MLU - Mid Life Upgrade, elinjaksopäivitys

MTBF - Mean time between failures, vikaantumisväli

Obsolescence - vanheneminen

Obsolescent - vanhentuva

Obsolete - vanhentunut

Obsolescence management - vanhentuneisuuden hallinta

OCM - Original Component Manufacturer, alkuperäiskomponenttivalmistaja

OEE - Overall Equipment Effectiveness, suomenkielinen vastine KNL

OEM - Original Equipment Manufacturer, alkuperäislaitevalmistaja

Proactive strategy - ennakoiva menetelmä

Reactive strategy - reagoiva menetelmä

TPM -Total Productive Maintenance, tuottava kunnossapito

1 Johdanto

Valmet Oyj toimittaa prosessi- ja automaatiotratkaisuja sekä palveluita energia-, sellu- ja paperiteollisuudelle. Laaja tarjonta koostuu sellu-, paperi-, pehmopaperi ja kartonkilerinjoista. Vahvassa nousussa ovat tällä hetkellä myös bioenergiaa tuottavat voimalaitokset, joihin on strategian mukaisesti panostettu voimakkaasti. Valmetin liikevaihto vuonna 2016 oli 2,9 miljardia euroa. Henkilöstöä on maailmanlaajuisesti 12000 ihmistä. (Valmet vuosikatsaus 2016, s.6.)

Jyväskylän pinnoitus- ja huoltotoiminnot kuuluvat Valmetin Palveluliiketoimintalinjaan. Toiminnon tarkoituksena on pitää huoli siitä, että asiakkaiden koneet ja laitteet tulevat toimimaan moitteettomasti koko niiden elinkaaren ajan. Palvelutarjoomaan kuuluvat kulutusosat, varaosat, kunnossapidon ja seisokkien hallinta, prosessien tuki ja optimointi sekä prosessipäivitykset. (Valmet vuosikatsaus 2016, s.8.)

Jyväskylän tuotannossa on tehty telojen huoltoja ja pinnoituksia vuodesta 1989 lähtien. Silloin perustettiin STC-halli, jonne vähitellen alettiin koota Valmetin sisältä sopivia koneita telahuollon tarpeisiin. Siirtojen yhteydessä koneet kunnostettiin ja mahdollisuuksien mukaan myös modernisoitiin sen ajan vaatimuksia vastaaviksi. Tuolloin modernisoituja koneita on vieläkin käytössä. Ne alkavat olla elinkaarensa päässä ja seuraava suunnitelmallinen vaihe on käyttöiän jatkaminen.

Vuonna 2009 tehtiin iso investointi komposiittipinnoitukseen, jolloin telahuolto siirrettiin omiin tiloihinsa pinnoituslaajennuksen tieltä. Näin saatiin kasattua selkeät kokonaisuudet omiksi verstaiksi. Pinnoitus jäi toiseen halliin ja telojen kunnostukset saivat oman hallinsa. Komposiittipinnoitus, lämpökäsittely ja pinnoiteporaus toivat kokonaan uuden laitekannan.

Laitteistojen elinkaaren hallintaan liittyen Valmetilla on mietitty, miten investointien ennustettavuutta olisi mahdollista paremmin mallintaa. Koneiden modernisointikustannukset liikkuvat sadantuhannen ja kahden miljoonan euron välillä. Investointeihin on vaikea saada rahoitusta, joten perustelut ovat entistä tärkeämmät. Investointitarpeiden ennustettavuus on tällä hetkellä iso asia, koska tavoitteissa mennään vuosien päähän. Näin olisi hyvä tietää mitä kallista konetta tai

laitetta lähdetään kunnostamaan ja milloin, vai olisiko syytä investoida kokonaan uuteen koneeseen. Näihin kysymyksiin tässä työssä haetaan vastauksia. Työssä tullaan käsittelemään laitteiston ikääntymisen vaikutusta kokonaistehokkuuteen ja käytettävyyteen. Tämän opinnäytetyön avulla yritetään päästä kiinni siihen, missä vaiheessa koneen kustannukset ja tehokkuuden huonontuminen alkavat näkyä. Silloin on mahdollista saada reagointiaikaa valmistella tulevaa investointia.

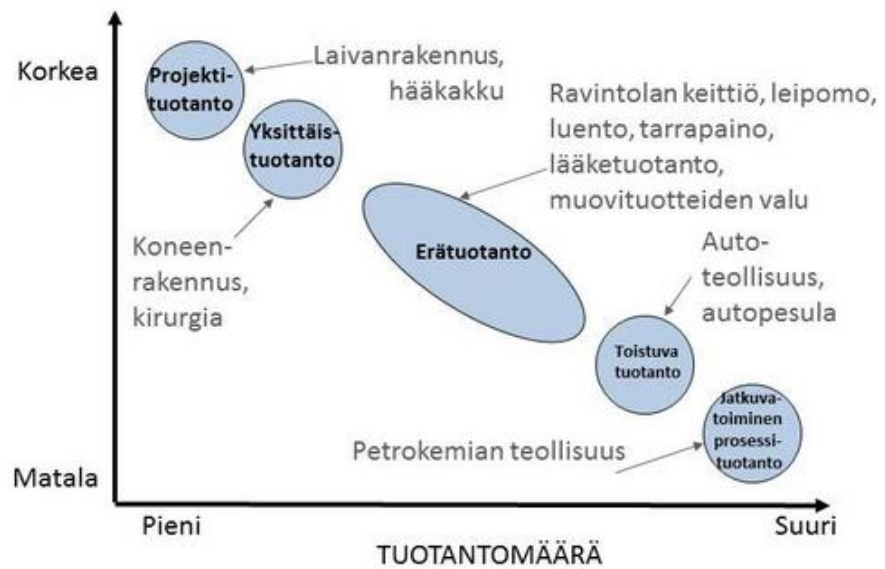
2 Tutkimusasetelma

2.1 Tuotantoympäristö

Nykyisen verstaat ovat jakautuneet kolmeen omaan osa-alueeseensa: telahuoltoon, telapinnoitukseen ja vedenpoistoelementtien pinnoitukseen. Pinnoituslaitteistot telojen osalta on keskitetty yhteen ja samaan verstaaseen, jossa tällä hetkellä on mahdollista tehdä kaikki Valmetin toimittamat pinnoitetuotteet. Huolto on asennusvaltaista työtä ja konekanta on pieni. Vedenpoistoelementtien pinnoitus ei teknologiamielessä eroa telojen pinnoituksesta. Kappaleet vain ovat levymäisiä, eivät pyörähdyskappaleita.

Tuotantomalli on pääasiallisesti yksittäistuotantoa. Projektityyppisesti valmistetaan lähes aina eri kokoisia kappaleita. Hyvin harvoin päästään tekemään suurempia eriä. Eräkoot ovat maksimissaan 2-4 kappaletta kerralla. Kuviossa 1 on kuvattu eri tuotantomalleja, joita teollisuudessa pääasiallisesti käytetään.

TUOTANNON VAIHTELEVUUS
(variaatioiden määrä tuotevalikoimassa)



Kuvio 1. Eri tuotantomalleja (Tuotantomuodot – Logistiikan Maailma 2016.)

Telapinnoituksessa on käytössä neljä eri menetelmää: terminen ruiskutus sekä komposiitti-, polyuretaani- ja kumipinnoitus. Termisessä ruiskutuksessa erilaiset jauheet sulatetaan telan pintaan kiinni. Pinnasta tulee erittäin kulutusta kestävä ja kova vaikka se on vain muutamia millimetrin kymmenesosia paksu. Näitä kovapinnoitteita on perinteisesti tehty paperikoneen keskitelapositioniin sekä muihin erikoisominaisuuksia vaativiin kohteisiin.

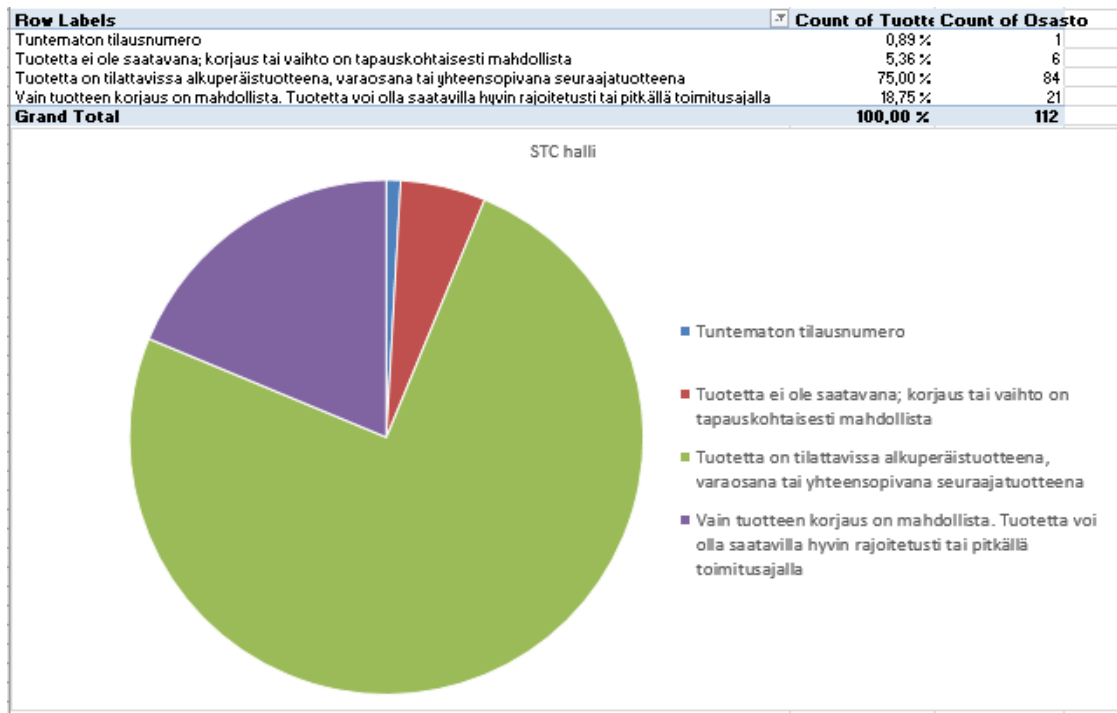
Komposiittipinnoituksessa hartsi ja kovettajakomponentit sekoitetaan keskenään oikeassa suhteessa. Samalla kun sekoite valutetaan telan päälle niin siihen kelataan vahvikekangas lujitteeksi. Kelauspaksuus riippuu telan positiosta paperikoneella. Tyypillisesti pinnoitteet ovat 6mm:stä aina 30mm:iin paksuja. Komposiittipintoja käytetään pääasiassa paperikoneen kalantereilla silottamassa paperia.

Polyuretaaneja Jyväskylässä on tehty vuoden 1990-luvun alusta lähtien. Näillä tuotteilla Jyväskylään luotiin pinnoitetuotanto. Polyuretaanipinnoituksessa polyoli ja isosyanaattikomponentteja sekoitetaan toisiinsa oikeassa suhteessa, jolloin saadaan haluttu kovuus pinnoitteelle. Pinnoitustapahtumassa materiaali ajetaan telan pinnalle ja näin luodaan siihen haluttu pinnoitekerros. Pinnoitteen ovat

rakenteeltaan samanlaisia kuin komposiititkin. Paksuimmat pinnoitteet ovat 30mm, mutta kovuus on merkittävin ero, kun verrataan koviin komposiittipintoihin. Polyuretaaneja voidaan valmistaa laajalla kovuusvarianssilla, jolloin ne soveltuvat lähes jokaiseen positioon paperikoneessa.

Kumipinnoitukset siirrettiin vuonna 2014 Järvenpäästä Jyväskylään. Siirto toi Jyväskylään yli 50 eri tuotetta asiakkaan kohteisiin. Kumipinnoitteet valmistetaan samaan tyyliin kuin kaikki muutkin pinnoitteet. Erona niissä on se, että kaikki materiaalit tulevat valmiina sekoitteina ja ne ainoastaan kuumennetaan muokattavaan muotoon. Näin saadaan haluttu pinnoitepaksuus tehtyä.

Modernisointeja koneille on vuosien varrella tehty useita. Pääosin muutokset ovat olleet sähköisiä. Normaalisti vanhoissa työstökoneissa rungot ja johteet ovat vankempia kuin uusissa vastaavissa, joten niille ei tarvitse tehdä isojakaan muutoksia. Mekaanisissa muutoksissa vaihdetaan yleensä ruuveja tai johde-elementtejä. Tarvittaessa hiotaan ja oikaistaan olemassaolevia mekaanisia rakenteita. Sähköiset komponentit vanhenevat eikä niihin saa enää varaosia. Tämä aiheuttaa ongelmia hankinnassa, koska varastoon osia ei perinteisesti ole ostettu korkean hinnan takia. Logiikat ja sähköistyksen on pääosin tehty yhden toimittajan osista. Tällä on pyritty siihen ettei sekaisin ole useiden toimittajien osakokonaisuuksia. Tällöin ei myöskään muiden valmistajien elinkaarianalyysijä tarvita. Ongelmaksi muodostuu sähköisten logiikkakomponenttien osalta se, että valmistaja takaa sen hetkisellemme sarjalle keskimäärin noin kymmenen vuoden varaosasaatavuuden tuotteen valmistuksen lopettamisesta. Modernisaatioiden yhteydessä onkin aina syytä varmistaa missä elinkaaren vaiheessa tarjotut komponentit ovat menossa. Kuviossa 2 on esitetty Jyväskylän pinnoitetuotannon laitekannan jakauma. Siitä näkyy heti se, että osa komponenteista on jo nyt siinä tilassa ettei niitä välttämättä saa alkuperäistoimituksena (OEM). Tämä tarkoittaa sitä, että osaa on etsittävä muista lähteistä. Internet on tähän etsintään tämän hetken paras työkalu. Näin pitkälle ei toivottavasti ole tarve mennä.



Kuvio 2. Elinkaarianalyysin tulos Rautpohjan tehtaalta, Pinnoitetuotannon osuus (Peltonen 2017)

Nykytilassa kaikki Siemens S5 sarjan logiikat on korvattu Simatic Siemens S7 300 -sarjan logiikoilla. Nykyisen sarjan valmistus kuitenkin loppuu 2020, jolloin alkaa valmistajan takaama 10 vuoden varaosa-aika. (Universal Controller SIMATIC S7-300 – PLC:n – Siemens.) Kuitenkin jo nykyisinkin tämän sarjan osissa on saatavuusongelmia. Seuraava sarja on jo valmistuksessa, joten valmistajan kehitysresurssit on jo suunnattu uuteen tuotteeseen. Seuraavan viidentoista vuoden aikana kaikki logiikat tullaan päivittämään uuteen S7-1500 sarjaan. On vaan kysymys siitä missä järjestyksessä.

2.2 Tutkimuskysymykset ja tavoitteet

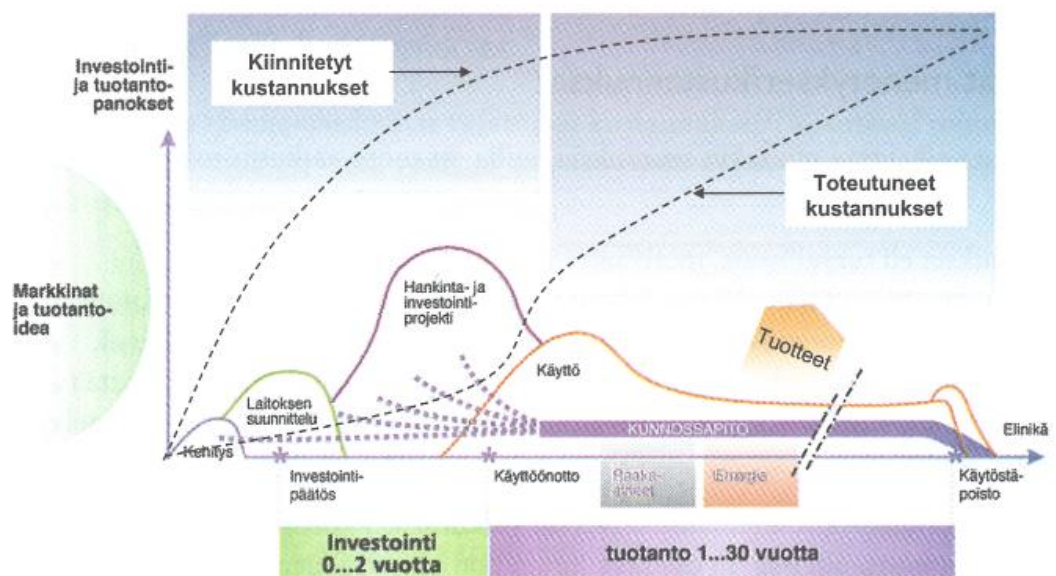
Opinnäytetyön aiheeksi tarkentui vähitellen pinnoitetuotannon koneiden ja laitteiden elinkaarimallin luominen. Elinkaarianalyysien tekemistä on vieroksuttu tekemisen raskauden takia. Tieto on kerättävä monesta eri järjestelmästä ja sen jälkeen yhdistettävä raportoitavaan muotoon. Tässä työssä luodaan raportointimalli,

jolla olisi mahdollista vuosittain tarkastella kunnossapidon tunnuslukuja selkeästi ja havainnollisesti ja ennen kaikkea niin, ettei työmäärä tiedon keräämiseen ja raportointiin nouse liian suureksi käytössä olevien resurssien kannalta.

Työn tavoitteena on siis luoda raportointimalli, jolla vastataan kysymyksiin;

- Missä elinkaaren vaiheessa laitteisto kyseisenä ajanhetkenä on?
- Missä vaiheessa laitteiston uusiminen tai uusiminen suunnittelu on syytä aloittaa?
- Millainen kiire laitteiston uusimisella on?

Raportointimallin tuli olla osittain matemaattinen ja sen rinnalla tarkastellaan tuotevalikoiman ja tuotteiden laadun vaikutusta kokonaiskäyttökustannuksiin sekä niitä verrataan koneen tehokkuuteen. Raportointimallin lopputuloksena pyritään saamaan vastaus kysymykseen, missä elinkaaren vaiheessa järjestelmä tällä hetkellä on. Aletaanko jo kääntyä siihen suuntaan, että laitteiston kokonaistehokkuus on alkanut laskea ja kunnossapitokustannukset nousta vai ollaanko vielä täyden tuotannon vaiheessa. Huomioidaan laatu, koneen käytettävyys ja kokonaisinvestoinnin suuruus. Kuviossa 3 on kuvattu kunnossapidon vaiheita laitteiston elinkaaren aikana. Suurimmat kertakustannukset syntyvät hankintavaiheessa. Laitteiston käynnistysvaiheessa kulut nousevat. Käytön aikana kulut pidetään tasaisena ja jos muutoksia alkaa tulla niin ne on havaittava riittävän ajoissa.



Kuvio 3. Kunnossapito laitteiston elinkaareissa (Järviö & Lehtiö, 2012, 182).

Näitä asioita ei aikaisemmin ole investointien yhteydessä mietitty. Eikä myöskään ole tehty suunnitelmaa, kuinka kauan koneella järkevästi pystytään ajamaan.

Kustannuksia eikä myöskään tehokkuutta ole seurattu riittävän tarkasti, jotta johtopäätöksiä olisi mahdollista tehdä.

Työssä keskityttiin esimerkkien kautta komposiittipinnoituksen laitteistoon. Laitteisto on viimeisin, mikä Jyväskylän pinnoitetuotantoon on investoitu. Siitä on paras seurantahistoria koko sen seitsemänvuotisen käyttöiän ajalta. Tavoitteena kuitenkin oli se, että raportointimalli olisi käyttökelpoinen myös muille verstaasympäristön koneille ja laitteille. Vertailukohdaksi otettiin vuonna 1989 valmistunut polyuretaanipinnoituslaitteisto, jota on viimeisen kymmenen vuoden aikana uudistettu kaksi kertaa. Tämä laitteisto tullaan uudistamaan vuoden 2017 aikana kokonaan, jolloin siitä saatiin hyvä seurantakohde.

3 Teoria – Elinkaaren hallinta

Tässä osiossa käydään läpi teoriapohja, johon opinnäytetyön tekeminen perustuu. Teoriapohjaa on haettu elinkaarikustannusten (LCC), käyttö- ja tuotanto-omaisuuden hallinnan (KNL) ja vanhentuneisuuden (Obsolescence) pohjalta. Nämä kolme pyritään yhdistämään tässä työssä esimerkkien kautta todelliseen elämään.

3.1 Käyttö- ja tuotanto-omaisuus

3.1.1 Käyttö- ja tuotanto-omaisuuden hallinta

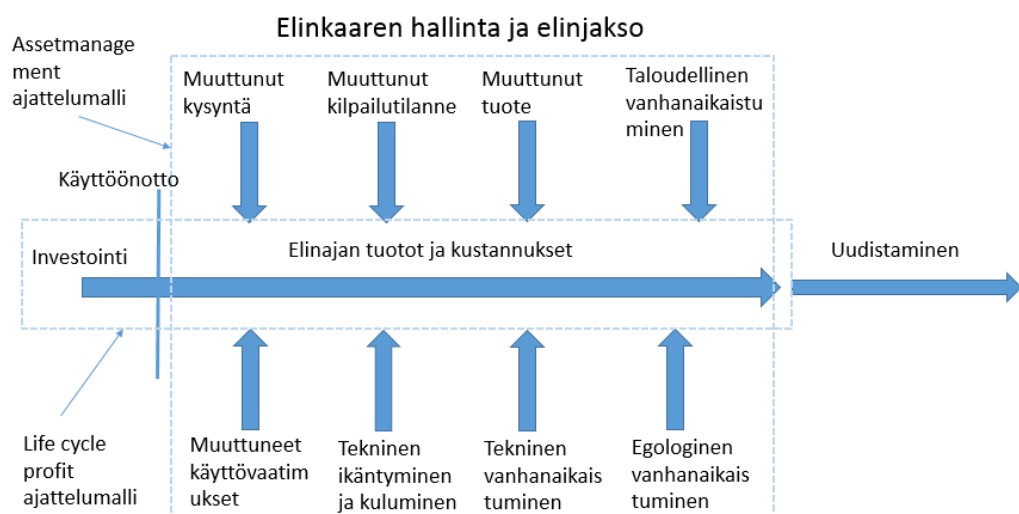
Tuotanto-omaisuus käsitteenä pitää sisällään yrityksen resurssit; koneet, laitteet, kiinteistöt ja maa-alueet. Resursseille on yhteistä se, että niitä vastaan on tehtävä investointeja. Tuotanto-omaisuudelle läheinen käsite on käyttöomaisuus. (Järviö & Lehtiö 2012, 14.) Tuotanto-omaisuuden käyttöjakson aikana sen luotettavuus kasvaa tiettyyn pisteeseen asti, minkä jälkeen se tasoittuu tietyllä tasolla. Käyttöomaisuus puolestaan on yhtä kuin yrityksen varat, joilla on tarkoitus tehdä tuottoa. Seuraavat asiat on syytä pitää kunnossa:

- riskien hallinta
- kapasiteetin hallinta
- resurssit
- menekki
- laitteiston rikkoutumisen hallinta.

Huolto on välttämätön paha, jota käytetään, jotta laitteet toimivat moitteettomasti. Vikamäärän kasvaessa iän myötä myös koneen tuottavuus laskee merkittävästi. Tässä vaiheessa on mahdollista, että myös luotettavuus alkaa laskea. (Ben-Daya, Kumar, Murthy & Prabhakar 2016, 142.)

Yrityksen johdon on pystyttävä tekemään pitkävaikutteisia päätöksiä siitä, mitä resursseja lähdetään uudistamaan tai milloin ostetaan kokonaan uutta.

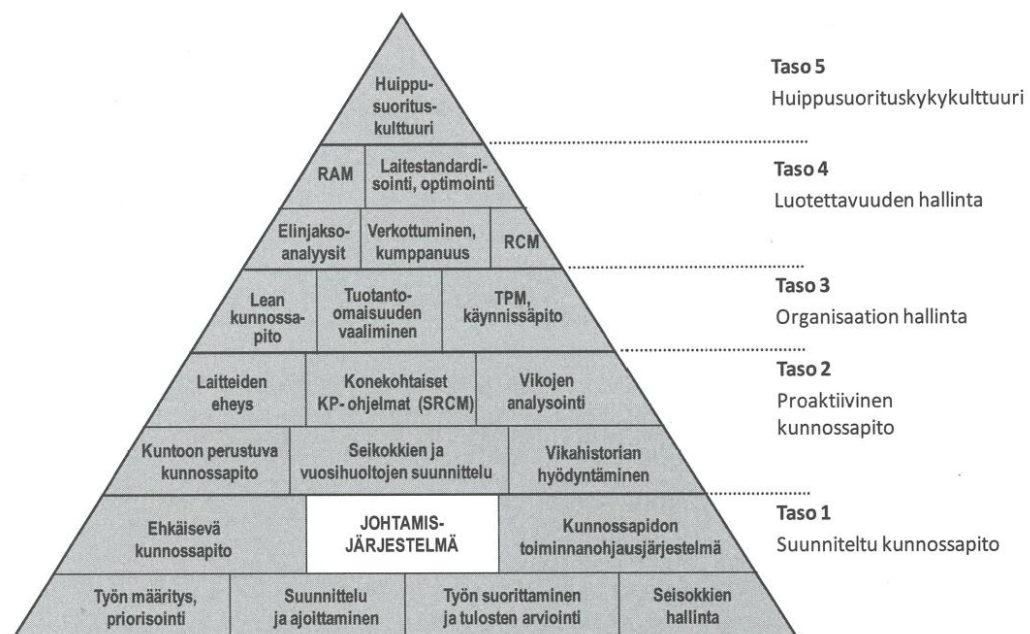
Teknologioiden kehitys tuo uutta haastetta omaisuuden hallintaan. Kun lähdetään suunnittelemaan kokonaan uutta laitteistoa tai tuotetta, niin on pyrittävä huomioimaan myös teknologian tuomat edut tai haitat. On oleellista, että käyttöomaisuus on mitoitettu oikein. Kapasiteetin mitoitus on mietittävä tarkasti, miten suurelle kapasiteetille laitteistot mitoitetaan ja mitä niillä tullaan tekemään? Tuotanto-omaisuuden on oltava optimaalista ja hallittua. (Järviö & Lehtiö 2012, 33.) Kuviossa 4 on esitetty elinjakson aikana huomioitavia asioita.



Kuvio 4. Käyttöomaisuuden hallinta ja elinjakso (Oksanen 2017, muokattu)

Kustannustehokkuus läpi laitteen elinkaaren on erityisen tärkeää. Pitää olla strateginen tausta kunnossa, jotta on palveluntuottokykyä eli kykyä palvella asiakasta. Pitää olla strategia mihin vuositasolla panostetaan ja jolla saadaan paras tuotto. Elinajan tuotot ja kustannukset on jokaista investointia suunniteltaessa käytävä läpi, jotta saadaan kokonaiskuva investoinnin elinkaaresta. (Oksanen 2016.)

Tuotantostrategiasta poikii kunnossapitostrategia. Pitkällä tähtäimellä on syytä miettiä, mihin kohteisiin panostetaan ja mitä vaan korjataan. Laitteisto on kokonaisuudessaan mitoitettava niin, että kokonaistuotto (LCP) pysyy korkeammalla kuin elinkaarikustannus. Jos havaitaan, että kustannukset nousevat merkittävästi, mutta koneelta saatava tuotto pysyy samana. Silloin on syytä herätä miettimään modernisaation mahdollisuutta.



Kuvio 5 Kunnossapidon tasot, (Järviö & Lehtiö, 2012, 122).

Kuviossa 5 esitetyt hierarkiat esittävät kunnossapidon viittä tasoa, joita parantamalla parannetaan tuotantomaisuuden hallintaa. Tämä prosessi koostuu viidestä vaiheesta

- Kokemusperäiset sekä mittauksiin perustuvat tutkimukset ovat osoittaneet että 20 % syistä aiheuttaa 80 % vioista. Kunnossapidon suunnitelmallisuudella

pyritään pääsemään eroon tästä 20 %:sta. Luodaan huoltosuunnitelmia, raportoidaan vikoja tarkemmin ja seurataan tuloksia. Näin saadaan koottua tuloksia, jotka paljastavat vikaantuvat kohteet.

- Seuraavalla tasolla siirrytään reagoivasta ehkäisevään kunnossapitoon, jolloin edellisellä tasolla havaitut ongelmakohteet muutetaan huoltovapaammiksi. Näin saadaan korjaavaa kunnossapitoa merkittävästi pienenemään.
- Kolmannessa vaiheessa on tavoitteena kunnossapidon ja käynnissä pidon yhdistäminen. Tässä vaiheessa käyttäjät osallistuvat merkittävästi laitteiden ennakkohuoltoihin ja kunnossapitoon.
- Neljännessä vaiheessa koneiden käyttöaste pyritään nostamaan 95 %:iin. Tässä vaiheessa paneudutaan koulutukseen ja koneiden ja laitteiden rakenteellisten vikojen kuntoon saattamiseen.
- Tuotantokapasiteetin optimointi vastaamaan kunnossapidon aikaansaamaa optimaalista toimintatehoa.

(Järviö & Lehtiö 2012, 125.)

Tuotanto-omaisuuden hoitamisessa keskitytään siis siihen vikaantuvaan 20 %:iin. Tämä eroaa luotettavuuskeskeisestä kunnossapidosta (RCM) siinä, ettei laitteistoja pengota perin pohjin RCM-tyyliin vaan keskitytään kustannuksia tuottavaan osaan ja laitetaan ne kuntoon (Järviö & Lehtiö 2012, 124.)

3.1.2 Koneen tai laitteen kokonaistehokkuus

OEE eli KNL on tuotannon tehokkuutta mittaava tunnusluku, jonka avulla voidaan seurata ja parantaa niin kokonaisten tuotantolaitosten kuin yksittäisten tuotantokoneiden tehokkuutta. Lyhenne OEE tulee sanoista Overall Equipment Effectiveness, jonka vastaava suomennos KNL muodostuu sanoista käytettävyys, nopeus, laatu. OEE on osa TPM (Total Productive Maintenance) -ajattelutapaa, jolla pyritään saavuttamaan mahdollisimman täydellinen tuotanto ilman pysähdyksiä, konerikkoja, hidastumisia tai vikoja. TPM kehitettiin Japanissa 1970-luvun alkupuolella ja OEE-laskennasta tuli yksi mittari TPM-konseptin seuranta varten.

(Mitä on OEE/ KNL 2017.)

Koneiden tulisi täydellisessä tuotannossa käydä ilman laatuhävikkiä koko käytettävissä olevan ajan. Silloin OEE luvuksi saadaan 100%. Maailman laajuisen tutkimuksen pohjalta on todettu, että keskimääräinen OEE on vain noin 60%. Jos yritys yltää OEE -lukuun yli 85% niin silloin tehokkuus on kunnossa. (Mitä on OEE/ KNL 2017.) Kunnossapidon vuosikirjan 2010 mukaan OEE arvo on keskimääräisesti suomessa ollut 69,7%. (Järviö & Lehtiö 2012, 34).

OEE on jaettu kolmeen osatekijään. Näillä osatekijöillä pystytään tunnistamaan kuusi TPM:n määrittelemää hävikkiä:

- laatuvirheet
 - tuotannon laatuvirheet
 - käyttöönottoon liittyvät laatuvirheet
- käytettävyys
 - suunnitellut seisokit
 - suunnittelemattomat seisokit
- toiminta-aste, käytön tehokkuus
 - lyhyet pysäytykset, joutokäynti
 - alentunut nopeus.

(Järviö & Lehtiö 2012, 134.)

OEE-mittaus tuo esiin ongelmia aiheuttavia pullonkauloja tuotannosta. Pullonkaulat liittyvät usein laitteen häiriöihin, asetusajojen venymiseen, lyhyisiin pysäytyksiin, korjaustöihin sekä muihin hukkaa aiheuttaviin tekijöihin, eli toisin sanoen käytettävyyteen, nopeuteen ja laatuun. Selvittämällä osatekijät, päästään laskemaan myös kokonaistehokkuuden tilanne. OEE-mittaus on avain tehokkuuden tilan analysointiin ja sitä kautta tuottavuuden parantamiseen. Eri osatekijöitä huomioimalla se tuo esille ongelmakohtia, joita ei voi enää jättää selittelyjen varaan. Numerotieto helpottaa ongelmien todentamista, vertailua sekä tavoitteiden asettamista. Tämä on havaittu myös yritysjohtossa. OEE-tunnusluvun ja tuotantoprosessien kannattavuuden välinen yhteys tuo mittarina näkyviin sen kuinka tehokkaasti koneella ajetaan. Toisin sanoen OEE mittarilla voidaan mitata myös sitä, kuinka tehokkaasti yrityksen tuotantokoneeseen kohdistunut investointi tuottaa.

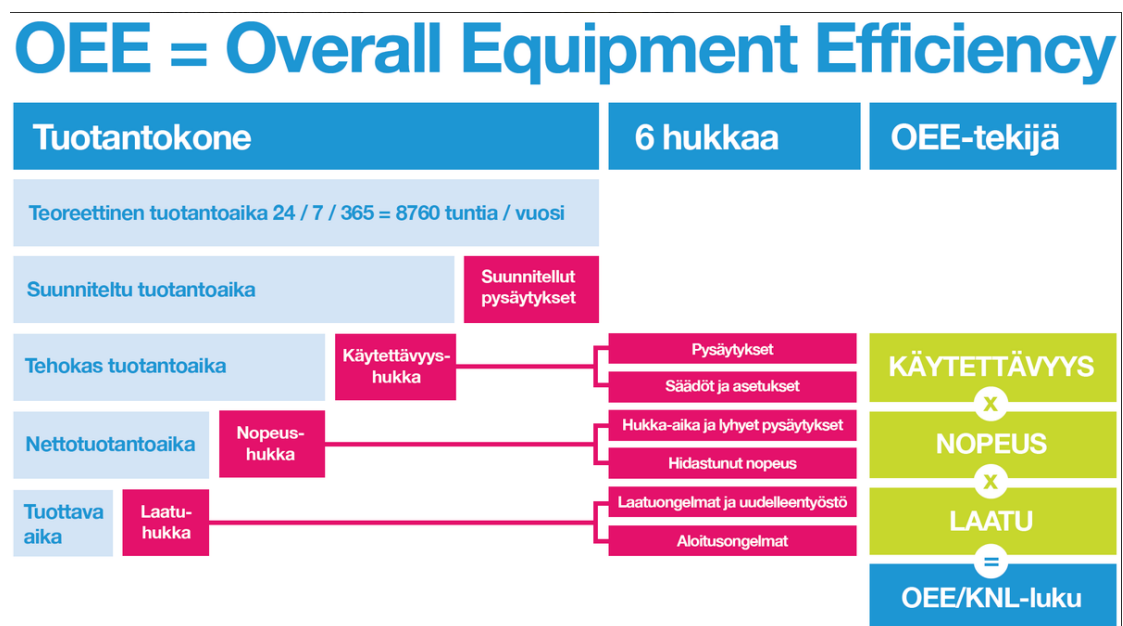
Kilpailutilanteessa optimaalisin OEE tehokkuus merkitsee parasta suhteellista kannattavuutta. (Mitä on OEE/KNL 2017.)

3.1.3 OEE tiedon kerääminen

Käytettävyys, nopeus ja laatu saadaan selville keräämällä tietoa tuotannosta.

Luotettavin tapa käsitellä tietoa on kerätä se automaattisesti koneiden ohjauslogiikoilta. Tämä malli on useasti perustamiskustannuksiltaan kallis. Toinen vaihtoehto on, että tietoa kerätään kunnossapidon järjestelmästä ja se yhdistetään laatu järjestelmän sekä toiminnanohjausjärjestelmästä saatavaan dataan.

Kun tieto on saatu kerättyä ja OEE-tunnusluku on tiedossa, on luku pyrittävä pitämään jatkossakin hyvänä tai sen arvoa on parannettava. Usein tämä tarkoittaa tuotantokoneiden kunnossapitodatan, kuten vikojen, kunnossapitotuntien ja näiden kustannusten analysointia. Tämän jälkeen on syytä pureutua tarkemmin vikojen juurisyihin ja siihen, miten nämä olisi mahdollista estää tai varautua niihin paremmin tulevaisuudessa. Kuviossa kuusi on kuvattu tehokkuuden laskentaa:



Kuvio 6. OEE laskentamalli (Parempaa päätöksentekokykyä ja ennustettavuutta automaattisella tuotannon seurannalla 2016.)

3.1.4 Vanhentuneisuuden hallinta

Laitteiden vanheneminen (obsolescence) on ajan kuluessa vääjäämätöntä. Sitä ei voi välttää, mutta jos asialle on riittävän ajoissa luotu ajatuksia sekä tehty huolellista suunnittelua niin riski vanhenemisen aiheuttamille kustannuksille pienenee huomattavasti. Vanhentuneisuuden hallinnalla pyritään varmistamaan, etteivät laitteen tai yksittäisen tuotteen elinkaaren aikaiset kustannukset karkaa haitallisen korkeiksi.

Vanhentuneisuus on havaittavissa kahdella eri tavalla:

- Osa ei enää sovellu nykyiseen käyttöön.
- Osaa ei enää ole alkuperäiseltä valmistajalta saatavilla.

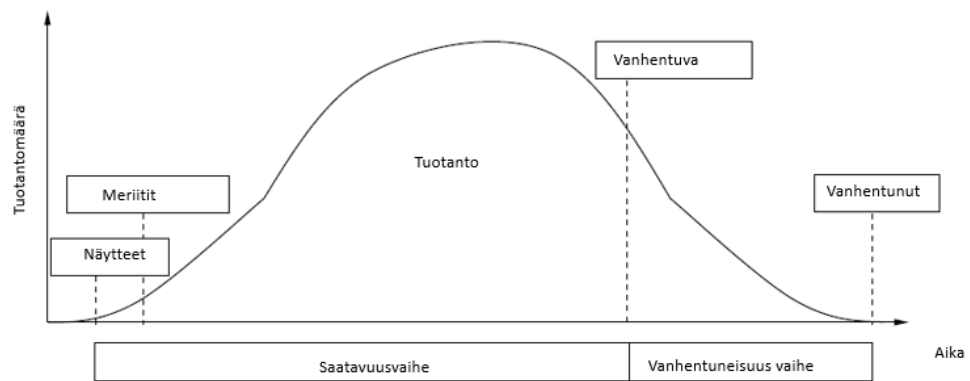
Vanhentuneisuuden hallinta on tärkeässä roolissa, jotta voitaisiin saavuttaa optimaalinen kustannustehokkuus läpi tuotteen elinkaaren. Asioiden tiedostaminen ja asian esille nostamisella on tärkeä rooli, jotta yleensäkin havaitaan, että tietty osa on elinkaarensa päässä. (Obsolescence management 2009, 6.)

3.1.5 Vanhentumisen vaiheet

Vanhenemisen hallinta pitää sisällään seuraavat vaiheet:

- Uuden tuotteen suunnittelu
- Uuden teknologian siirtämisen olemassa oleviin tuotteisiin (päivitys)
- Vanhojen tuotteiden tuen ja huollon

Nämä kuuluvat siihen vaiheeseen, kun tuote on saatavilla alkuperäiseltä valmistajalta (OEM / OCM). Tuotantovaiheen aikana tulisi pitää huoli siitä, että kriittisiä varaosia on varastossa. Sen jälkeen, kun alkuperäinen valmistaja ilmoittaa, että valmistus loppuu. Tuotteen elinkaari siirtyy vanhentuneisuus -vaiheeseen, kuten kuviossa 7 on asiaa havainnollistettu.



Kuvio 7. Saatavuuden vaiheet (Obsolescence management 2009, 12, muokattu.)

Ilmoitus vanhentuneisuuden alkamisesta voi tulla seuraavasti:

- End-of-life (EOL), tuotteen elinkaaren päättyminen
- Product Discontinuation Notice (PDN), tuotteen päättymisilmoitus
- Last time buy (LTB) eli riittävän varaosamäärän osto, joka riittää laitteen elinkaaren loppuun asti.

(Obsolescence management 2009, 12.)

Tuotteen tuotantovaiheen aikana olisi tehtävä suunnitelma, kuinka tulevaisuuden vanheneminen hallitaan. Kuviossa 8 on esitetty yksi malli, kuinka asia tulisi hoitaa.

1. Suunnitellaan riittävän aikaisessa vaiheessa, miten vanheneminen hallitaan.
2. Sen jälkeen luodaan toimenpiteet, miten vanhenemistä seurataan.
3. Seurataan vanhenemisen etenemistä sopivin väliajoin, jotta voidaan reagoida riittävän ajoissa tuotteen statuksen muutoksiin.
4. Toimitaan suunnitelman mukaisesti ja reagoidaan muutoksiin



Kuvio 8. Vanhenemisen hallinnan prosessi (Obsolescence management 2009, 13, muokattu.)

Se miten hallintaketju toimii, riippuu täysin toimitusketjun kyvystä reagoida saatavaan tietoon. Tieto pitää olla helposti saatavilla järjestelmän kautta. Varaosien saatavuusstatuksella on suuri merkitys. Samoin roolien pitää olla yksiselitteiset heidän kohdallaan, jotka vanhentuvien komponenttien ovat tekemisissä. Seuranta nousee tässäkin asiassa merkittävään asemaan. Jos mistään ei tule tietoa, osat jäävät ostamatta. Seuraavat asiat ovat syytä olla selvillä, jotta vanheneminen saadaan suunnitelmallisesti hallittua:

- Määritellään nimikkeet, joita seurataan.
- OEM toimittajan kanssa sovitaan nimikkeiden hallinnasta.
- Kommunikointi prosessin on oltava selkeä organisaatioiden välillä.
- Päivitetään suunnitelmaa, kun tulee muutoksia.
- Sovitaan miten usein suunnitelma päivitetään.

(Obsolescence management 2009, 17.)

Toimittajan täytyy riittävän aikaisessa vaiheessa toimittaa informaatio vanhentuvista tuotteistaan asiakkaille, jotta heillä on aikaa reagoida tulevaan muutokseen. Mitä aikaisemmin tämä tehdään sen paremmin asiakkaalla jää aikaa miettiä miten suunnitelmaansa vie eteenpäin. Tätä asiaa tulisi käsitellä myös osaltaan riskien hallintana. Jos asia tuodaan esille tuotteen elinkaaren alkuvaiheessa, sillä

pienennetään riskiä tuotteen elinkaaren ennenaikaiseen loppumiseen.

(Obsolescence management 2009, 18.)

3.1.6 Suunnittelu

Suunnitelman päälähtökohtana tulisi pitää sitä, miten kustannukset suhtautuvat elinkaaren aikaisiin kustannuksiin. Elinkaarenhallintasuunnitelmasta pitää löytyä kustannusvaikutukset, jotka syntyvät vanhentuneisuudesta. Ongelma tulee siinä, miten vanhentuneisuus määritellään projektin alkuvaiheessa. Kuinka syvälle komponenttien hallinnassa halutaan mennä? Komponenttitasolle on joka tapauksessa mentävä ja siellä on määriteltävä muutamia perusasioita:

- Arvioidaan vaikutus, kustannus ja todennäköisyys
- Strategia; ennakoiva (proactive) tai reagoiva (reactive)
- Vaihtoehdot millä vanhentuneisuudesta voidaan selvittää

(Obsolescence management 2009, 19.)

3.1.7 Vaikutusten arviointi

Sen jälkeen, kun OEM toimittaja lopettaa varaosavalmistuksen syntyy monia ongelmia varaosahankintaan. Varastossa ei välttämättä ole yhtään varaosaa. Pahimmassa tapauksessa korvaavaa osaa ei ole saatavissa ja uudelleensuunnittelu tulee välttämättömäksi. Näin pitkälle tilannetta ei ole syytä päästää, koska silloin käy niin että tuotanto saattaa pysähtyä pitkäksi aikaa. Tämä sama asia on arkipäivää varsinkin sotateollisuudessa. Siellä kohdataan samat ongelmat kuin konepajateollisuudessa nykyään koneiden elektroniikkaosien vanhentumisessa.

Ongelmaan on kolme ratkaisua:

- Osta koneen loppuelinkaaren ajaksi riittävät varaosat (LTB).
- Suunnitella uudelleen koneen osa saatavilla olevilla osilla (COTS).
- Uudistaa koko systeemi uudella teknologialla.

(Aging Avionics in Military Aircraft, 2001. 56.)

On vaan mietittävä mikä näistä on pidemmällä aikavälillä järkevää. Kriittisten varaosien hankkiminen varastoon sitoo pääomaa ja silti ne saattavat vanhentua varastoon ilman, että niitä ikinä käytetään. Laskennallisesti saadaan tietää, onko mahdollista jatkaa elinikää uusimalla vain osakokonaisuuksia. Koko systeemin uusiminen on selkeästi kallein ratkaisu, mutta se on selkein ratkaisu siinä vaiheessa, kun osavanheneminen on jo siinä pisteessä, ettei saatavuutta enää ole. (Aging Avionics in Military Aircraft, 2001. 58.)

3.1.8 Ennakoiva ja reagoiva strategia

Strategian valintaan tulisi myös käyttää hieman pohdintaa. Suunnitellaanko etukäteen vai ajetaanko niin kauan kuin laitteet kestävät. Sen jälkeen lähdetään etsimään osia, mikäli niitä enää mistään saadaan. Jälkimmäinen vaihtoehto ei ehkä kuulosta kovin järkevältä, mutta kuitenkin niin toimitaan laajalti. Kuten edellisessä kappaleessa jo hieman aihetta sivuttiin. On tarkkaan mietittävä suunnitelmallisuuden kustannusvaikutusta. Onko kyseessä matalan teknologian tuote? Onko suunnitelman teko sekä ylläpitokustannukset saavutettavan hyödyn arvoista. Suunnitelmalliseen strategiaan päädyttäessä on huolehdittava, että seuraavat asiat ovat hallinnassa:

- suunnittelussa huomioidaan vanheneminen
- teknologian läpinäkyvyys
- vanhenemisen kontrollointi
- suunnitelma laitteiston päivityksestä
- varaosaosto elinkaaren lopussa (LTB).

(Obsolescence management 2009, 21.)

Reagoivassa strategiassa vastaavasti tulee selvitetäväksi seuraavat asiat:

- osien etsiminen
- toisista koneista purkaminen
- korjaus
- osamuutos

- koko laitteiston uusinta.

(Obsolescence management 2009, 22.)

Tämä valinta toimii, jos on jäänyt vastaavia laitteita varaosiksi, jolloin voidaan hyödyntää niitä elinkaaren loppuun asti. Siihen ei voi luottaa, että vastaavaa osaa löytyy helposti muualta. Nykyisessä internet ajassa varaosien etsiminen tosin on helppoa. Internet on täynnä osien tarjoajia, mutta niistäkään ei voi olla varma käykö osa todellakin kohteeseen. Reagoivassa strategiassakin on kuitenkin jossain vaiheessa siirryttävä miettimään laitteiston uusintaa. Kysymys vaan on milloin? Uskalletaanko mennä niin pitkälle, että kaikki vanhat osat on purettu ja mistään ei enää vastaavia löydy?

3.1.9 Vanhentuneisuuden kontrollointi

Analyysit, kehitys ja varaosahallinta, joilla varmistetaan tuotannon tehokkuus ilman osapuutteita kuuluvat vanhentuneisuuden seurantaan. Järjestelmän pitää tukea hallintatyötä. Vanhentuvat osat on saatava näkyville välittömästi, kun tuotteen päättymisilmoitus (PDN) on annettu. Silloin on vielä aikaa hoitaa tarvittavat varaosat varastoon, mikäli tämä suunta on valittu. Vanhentuneisuuden seuranta olisi syytä harkita seuraavissa tapauksissa:

- kun vanhentuneisuuden kustannus on suuri verrattuna kunnossapitokustannuksiin
- jos on vain yksi toimittaja
- missä tuotteella on pitkä käyttöikä
- kun on käytössä useita saman valmistajan tuotteita

Markkinoilta löytyy useita tarjoajia, jotka tietokantojensa kautta ylläpitävät asiakkaidensa varaosalistoja. Heiltä saa analyyseja tuotteiden saatavuudesta. Ilmoittavat mikäli EOL lähestyy, jolloin on vielä aikaa tehdä hankintoja, mikäli se on strategian mukaista ja kriittisyysanalyysin pohjalta järkevää. (Obsolescence management 2009, 25.)

Järjestelmistä saatavilla olevia toiminnallisuuksia ovat:

- varaosalistojen hallinta
- automatisoidut varoitukset PDN ilmoituksista
- vaikutusanalyysit
- logistiset analyysit.

(Advanced Component Obsolescence Management, 2016.)

3.1.10 Viimeisen ostohetken määrittäminen

Kun tiedetään, että osa alkaa olla valmistusmielessä tiensä päässä, pitää analysoida onko kustannusmielessä järkevää ostaa vanhentuvia osia varastoon. Ostetaanko kokonaisuus joka kattaa kaikki vanhenevat komponentit vai riskikartoituksen perusteella päätellään mitkä ovat välttämättömimmät. Iso ongelma tulee siitä, että varastonarvo kasvaa merkittävästi, kun ostetaan kalliita komponentteja varastoon vain varmuuden varalle. Toisaalta varasto-olosuhteet on oltava sopivat herkille sähkökomponenteille. (Obsolescence management 2009, 26.)

Tässäkin pitää taas muistaa se, että jossain vaiheessa kone on kuitenkin modernisoitava, jolloin osat jäävät tarpeettomana varastoon. On mietittävä osien kriittisyyden ja määrän kautta, mitä osia varastoon otetaan. Joillekin osille on syytä tehdä tarkastuksia aika ajoin, jotta varmistetaan toimivuus käyttöönoton yhteydessä. Seuraavissa tapauksissa osien ostoa varastoon on syytä harkita:

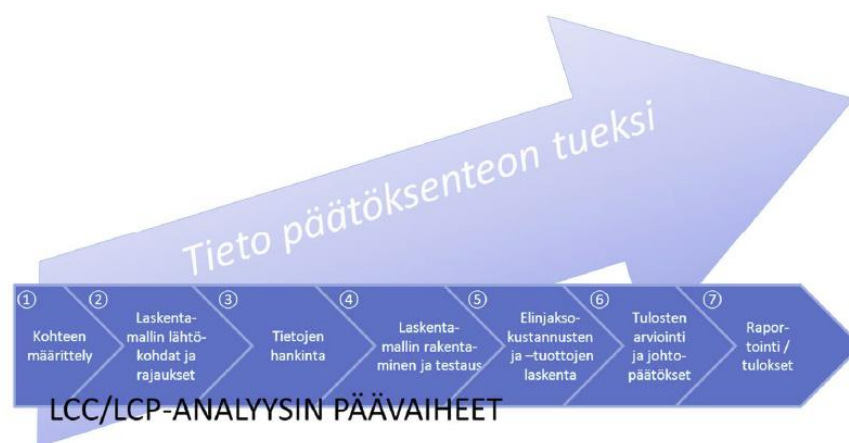
- Toimittaja on ilmoittanut vanhenemispäivän eli osaa ei enää valmisteta.
- Järjestelmän käyttöikä ei enää ole pitkä.
- Koneelle tai laitteelle ei ole toista vaihtoehtoa, jolla sama tuote voidaan valmistaa.
- Halutaan välttää modernisaation tuomat alkuhankaluudet tai joudutaan muuttamaan tuotetta.

(Obsolescence management 2009, 26.)

3.1.11 Elinkaarijohtaminen

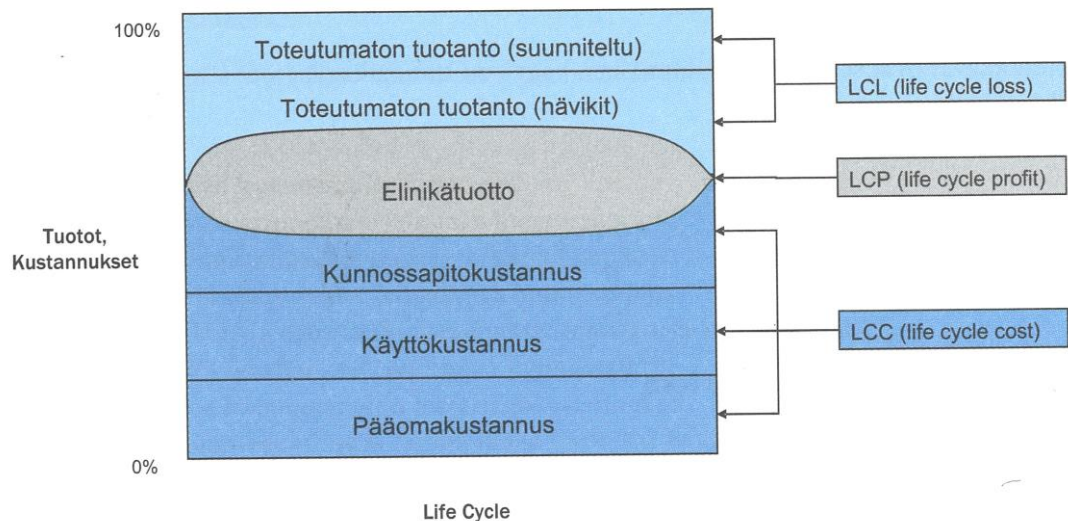
LCC (Life Cycle Cost) menetelmällä on perinteisesti pyritty jo suunnitteluvaiheessa arvioimaan tuotteen elinkaarikustannuksia. Samalla on laskettu elinikätuottoa, joka

kyseisestä tuotteesta tai laitteesta saadaan irti. Pääomakustannus ja käyttökustannukset saadaan suhteellisen helposti laskettua ja ne pysyvät melko vakioina koko elinkaaren ajan. Epäkäytettävyyssajalla tarkoitetaan sitä aikaa, kun kone on poissa käytöstä. Samalla keskimääräisesti huomioidaan menetetty tuotanto. Sen jälkeen voidaan laskea epäkäytettävyyuskustannukset. Niiden merkitys on suuri, jos vikaantuminen tai huolto aiheuttaa suuria tuotannon menetyksiä. (Ahonen, Jännes, Kunttu, Valkokari, Venho-Ahonen, Väლისalo 2012, 53.) Kuviossa 9 esitetään elinjaksokustannus- ja -tuottoanalyysin vaiheet.



Kuvio 9. LCC/LCP-analyysin päävaiheet (Ahonen, ym. 2012, 53).

Suurin muuttuva tekijä on kunnossapitokustannus. Se on normaalisti korkea elinkaaren alussa, kun laitteistoa ajetaan ylös. Tämä johtuu monesta tekijästä, mutta usein käynnistysvaiheessa tulee laiterikkoja. Varaosatarve nousee suureksi, eikä siihen ole välttämättä varauduttu. Käyttäjät eivät vielä ole oppineet käyttämään laitteita eikä kaikkia huoltokohteita ole osattu huomioida. Sen jälkeen tulee tasainen vaihe, kun kaikki toimii, varaosasaatavuus on hyvää ja ennakkohuolloilla saadaan pidettyä taso korkealla. Elinkaaren loppuvaiheessa kunnossapitokustannus alkaa nousta, koska laitteen osat alkavat vanhentua ja varaosasaatavuus heikkenee. Häiriökorjaukset lisääntyvä ja ennakkohuolloilla ei enää saada katettua korjausvelkaa, joka lisääntyy koko ajan.



Kuvio 10. LCC periaate (Järviö & Lehtiö, 2012, 183).

Kuviossa 10 on esitetty elinkaareen liittyvät elementit. LCL (life cycle losses) ja LCC kustannukset on mitoitettava siten että koneen toimiessa synnyttävä tuotto (LCP) on korkeampi. Yrityksen kannattavuus määräytyy tehokkuuden mukaisesti eli miten minimoidaan LCC -kustannukset (Järviö & Lehtiö, 2012, 183.) LCC/LCP- eli elinjaksokustannus- ja tuottoanalyysi on siis resurssien optimaaliseen käyttöön tähtäävä päätöksenteon apuväline (Ahonen, ym. 2012, s. 53).

LCC lasketaan summakaavalla:

$$LCC = C + N_y (C_o + C_m + C_s)$$

C = Investointikustannus

N_y = elinikä vuosina

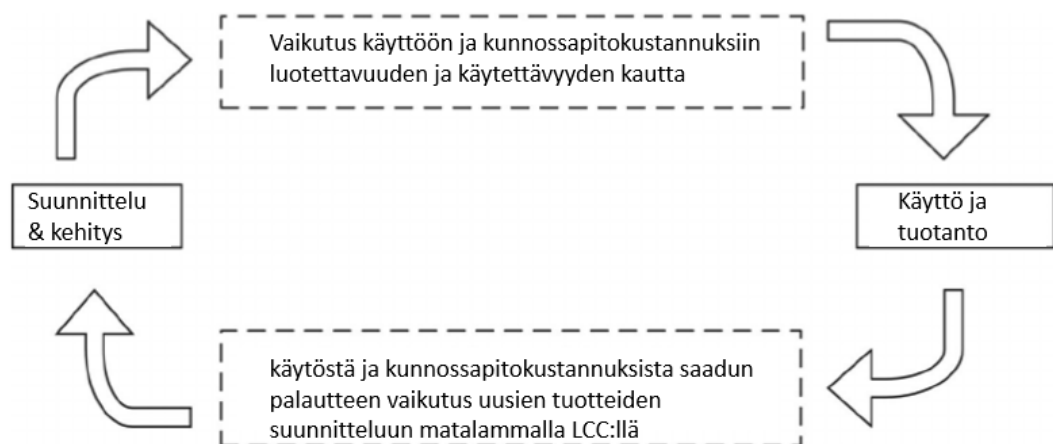
C_o = Vuosittainen käyttökustannus

C_m = vuosittainen kunnossapitokustannus

C_s = vuosittainen epäkäytettävyys

(Järviö & Lehtiö, 2012, 184).

LCC:n tärkeys syntyy siitä, että päätökset joita tehdään suunnittelu, kehitys ja valmistusvaiheessa luovat LCC kustannuksille. On pyrittävä varmistamaan, että aina tavoitellaan alinta mahdollista elinkaarikustannusta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laitteistoon liittyvät hävikit sekä kustannukset on minimoitava, jotta saadaan paras mahdollinen elinikäutuotto. Kuviossa 11 on kuvattu jatkuvaa evoluutioprosessia, jota pitää hyödyntää suunniteltaessa uusia koneita tai laitteita. Käyttäjiltä sekä huoltajilta pitää saada tietoa laitteen toiminnasta ja sitä tietoa pitää hyödyntää kehitystyössä (Ben-Daya, Kumar, Murthy ja Prabhakar, 2016, 182).



Kuvio 11 LCC osana uuden tuotteen tai koneen kehitystä (Ben-Daya, ym. 2016, 182, muokattu).

LCC management on tuotu tähän rinnalle ja sillä pyritään johtamaan elinkaarisurannan avulla koneiden ja laitteiden kunnossapitoa ja käyttöä oikeaan suuntaan. Laitteen omistajaa harvoin kiinnostaa laitteensa suunnitteluun tai valmistukseen liittyvät tiedot. Omistajalle on tärkeää laitteen korkea käyttöaste ja kustannustehokas käyttö (Järviö & Lehtiö, 2012, 183).

4 Työn toteutus

Luvussa tullaan käsittelemään työn toteutusvaihetta. Tutkimusmenetelmistä on lyhyt kuvaus samoin käydään läpi tiedonhakuprosessia ja sen haastavuutta. Tietolähteitä

on useita eikä niillä ole mitään kokoavaa tekijää. Eri järjestelmiä, joita tässä toteutusvaiheessa käydään läpi ovat:

- Arrow Maint, täysin irrallinen ohjelmisto, joka on käytössä kunnossapidon kirjauksissa
- ERP-järjestelmä eli toiminnanohjausjärjestelmä, josta saadaan kaikki kustannustieto sekä käytetyt tunnit
- Notes -tietokannat, johon kirjataan erilaista tietokantamuotoista tietoa; laatutieto, tuotetieto jne.
- Siemens-elinkaarianalyysi, jonka toimittaa alihankkija sovitun ajanjakson välein.
- KOM Aditro käyttöomaisuuslaskenta ja ylläpito

Tutkimusasetelma osiossa esitettiin joukko tarkentavia tutkimuskysymyksiä kysymyksiä joihin tässä toteutusvaiheessa etsitään vastauksia:

- Mitä konetta tai laitetta lähdetään kunnostamaan ja milloin?
- Nähdäänkö järjestelmästä saatavasta tiedosta milloin uusintatarpeen kartoitus pitää aloittaa?
- Saadaanko tarpeeksi tietoa, jotta voidaan päättää uusitaanko kokonaan vai korjataanko vain osa-järjestelmää?

4.1 Kehittämis- ja tutkimusmenetelmien kuvaus

Tutkimusstrategiat on jaettu perinteisesti kolmeen tyyppiin:

1. kokeellinen tutkimus
2. survey tutkimus
3. tapaustutkimus eli case -study.

(Hirsjärvi, Remes&Sajavaara 2009,134.)

Kokeellisessa mitataan muuttujien välisiä vaikutuksia toisiinsa. Näitä analysoidaan erilaisten koejärjestelyjen avulla systemaattisesti ja harkitusti. Survey tutkimus kerää tietoa standardimuodossa joukolta ihmisiä. Normaalisti käytetään kyselylomakkeita

tai haastatteluja. Tapaustutkimuksessa valitaan yksittäinen tapaus, useasti joku prosessi, jota tutkitaan yhteydessä ympäristöönsä. Tapoja tälle tutkimukselle on useita kuten esimerkiksi havainnointi, haastattelu, dokumenttien tutkiminen. (Hirsjärvi ym. 2009, 134.)

Teoreettisesti tutkimuksen tarkoitukset on jaettu neljään eri kategoriaan:

1. kartoittava
2. selittävä
3. kuvaileva
4. ennustava.

(Hirsjärvi ym. 2009, 138).

Kartoittavassa mallissa pyritään etsimään uusia näkökulmia ja katsomaan, mitä on tapahtumassa. Hypoteesien kehitys on olennainen osa tämän mallin periaatteita. Selittävässä mallissa etsitään selityksiä ongelmille ja tilanteille syy-seurausmallin avulla. Kuvailevassa mallissa etsitään tarkkoja kuvauksia tilanteista, henkilöistä tai tapahtumista. Ennustavassa taas nimensä mukaisesti yritetään ennustaa tapahtumia tai toimintoja jonkin ilmiön seurauksena (Hirsjärvi ym. 2009, 138.)

Tutkimus voi sisältää useampia näistä. Kuten myös tässä tapauksessa, jossa tarkoitusperät osuvat selittävään ja ennustavaan. Selittävään saadaan tietoa suoraan järjestelmistä. Tämän tiedon avulla voidaan yrittää ennustaa sitä mihin suuntaan ollaan menossa.

Tutkimukset on vielä jaettu kahteen eri osaan: kvalitatiiviseen (laadullinen) ja kvantitatiiviseen (määrällinen). Kvantitatiivisessa tutkimuksessa korostetaan yleispätevän syyn ja seurauksen lakia, joka rakentuu objektiivisesti todettavista asioista. Kvalitatiivinen taas pyrkii kuvaamaan todellista elämää ja tutkimaan sitä mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. (Hirsjärvi, ym. 2009, 14.)

4.2 Kehittämis- ja tutkimusmenetelmien käyttäminen

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui automaattisesti kvantitatiivinen tapaustutkimus. Tutkimusaineistona on eri järjestelmistä saatu numeerinen tieto, jota käsittelemällä

teoriatietojen pohjalta pyrittiin löytämään ratkaisuja aikaisemmin määriteltyihin kysymyksiin. Pieni osa on palaverikeskusteluissa syntyneitä johtopäätöksiä aiheesta.

Pääongelmana oli selvittää laitteiston tämän hetkinen elinkaaren vaihe. Oletuksena oli, että laitteiden kehityskaari menee aikaisemmin esitettyjen väittämien mukaisesti:

1. Tehokkuus (OEE) on koneen käynnistämisvaiheessa heikko, mutta tasoittuu tuotantovaiheen edetessä.
2. Kustannukset (LCC) samoin ovat nousukäyrällä kunnes tasoittuvat tuotantovaiheen edetessä.
3. Varaosasaatavuus (Vanheneminen) logiikkakomponenteilla on tuotantovaiheen alussa hyvä. Tietystä vaiheesta alkaa tulla ongelmia saatavuudessa laitteiston vanhetessa.

Näiden kaikkien kohdalla alkaa vanheneminen näkyä tuloksissa. Tehokkuus kääntyy laskuun. Kustannukset alkavat nousta kasvaneiden kunnossapitokustannusten takia. Komponenttien vanheneminen alkaa näkyä saatavuuden heikkenemisenä, mutta ennen kaikkea kustannusten nousuna ja tehokkuuden laskuna.

Osaongelmina yritettiin selvittää elinkaariraportin pohjalta se hetki, milloin koneen uudistamista olisi syytä alkaa suunnittelemaan ja mille koneen osalle se pitää tehdä. Mitkä ovat niitä raja-arvoja, joita on luotava, että saadaan luotettavaa tietoa päätösten pohjalle.

Tutkimusongelmien kautta luotiin malli hypoteesien pohjalta, toteutettiin se ja sen jälkeen testattiin miten tulokset osuvat teoriaan. Mallin pohjalta rakennettiin menetelmä, jolla data kerätään, käsitellään, raportoidaan, mittaroidaan ja seurataan. (Hannula & Löngvist 2002, 16). Teoriaa pitää jatkuvasti pystyä testaamaan, jolla varmistetaan sen paikkansapitävyys. (Kananen 2008, 15).

5 Tutkimusaineisto

Tässä osioissa käydään läpi, miten tieto kerättiin eri järjestelmistä ja mitä vaikeuksia niissä esiintyi.

5.1 Tiedon keräys

5.1.1 Tiedon keräys - OEE osakomponentit

Tapaustutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa perehdyttiin datan keräämiseen ja sen saatavuuteen. Komposiittipinnoituksen linkaaresta on saatavilla hyvin tietoa, mutta se on hajallaan useassa eri järjestelmässä. Järjestelmät eivät olleet yhteydessä toisiinsa, joten tiedonhaku oli suoritettava erillisinä prosesseina. OEE ja LCC laskentojen vaatimat kustannus-, seisokki-, laatu-, epäkäytettävyys- ja tuntitiedot haetaan 3 eri järjestelmästä. Käytävissä ei ollut yhtenäistä tekijää, millä tietoa olisi voinut hakea. Koneilla on eri järjestelmissä eri tunnisteita, joilla ne oli identifioitu. Tunnisteina olivat kustannuspaikkatieto U60077 ja laitenumero SEK-313. Osa tiedosta jouduttiin hakemaan manuaalisesti tietokannasta, koska sitä ei ole jaoteltu koneiden mukaisesti. Näissä tapauksissa selvitystyötä tehtiin valmistettavan tuotteen pohjalta.

Arrow Maint - ohjelmistosta tiedon haku perustui koneen laitetunnukseen. Tässä tapaustutkimuksessa se on SEK-313. Metadatan takaa löytyi myös koneen kustannuspaikka, joka olisi yhteinen toiminnanohjausjärjestelmän kanssa. Kustannuspaikkanumerolla ei pysty tekemään hakua järjestelmästä, jolloin olisi mahdollista listata ja yhdistää tehdyt kunnossapitotyöt kustannustietoon. Kuviossa 12 on esitetty Arrow ohjelmiston hakutaulu.

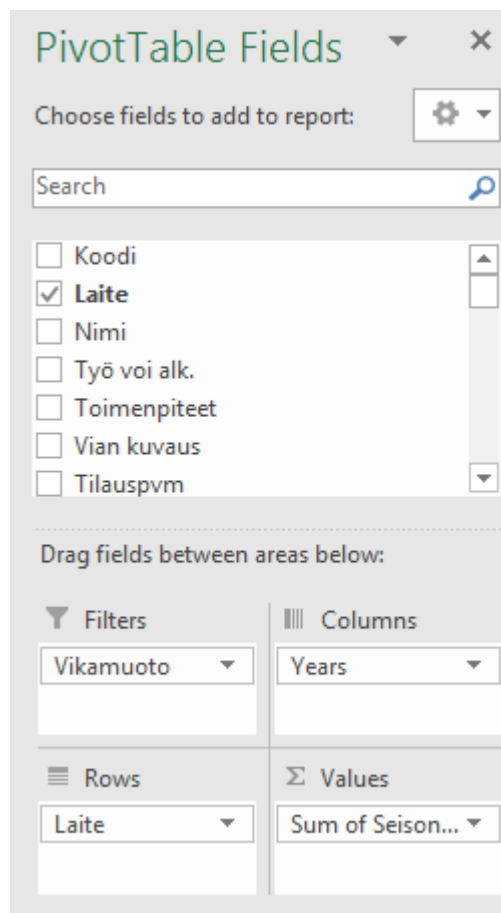
The screenshot shows the 'Hakuehdot' (Search Criteria) window in the Arrow Maint system. It features several filter sections:

- Alku pvm** (Start date): >=1.1.2017
- Päät. pvm** (End date): <=21.5.2017
- Laitetunnus** (Machine ID): SEK-313
- Työn tila** (Work status): Valmis (Completed)
- Kiireellisyys** (Urgency): Checked boxes for 1, 2, 3, and 4.
- Hakujärjestys** (Search order): Radio buttons for 'Laskeva' (Descending) and 'Nouseva' (Ascending).
- Osasto** (Department): RAU TELAPALVELU (Selected)
- Kustannuskohdiste** (Cost center): U31020 (Selected)
- Tekijä** (Person): (Empty)
- Työlaji** (Job type): (Empty)

Kuvio 12. Arrow Maint tiedonhakutaulu

Töiden haulla saatiin halutulta aikaväliltä riittävä kunnossapitotieto, jota hyödynnettiin OEE- ja LCC-laskennoissa. Tieto tulostui Excel -taulukkona, josta tietoa lähdettiin muokkaamaan haluttuun muotoon.

Kunnossapitodatasta selvitetiin koneen seisonta-aika vuositasolla. Tarkkuudessa voidaan mennä aina päivätasoon saakka. Työkaluna selvitystyössä käytettiin Microsoft Excelin pivot työkalua, joka tekee isojen taulukoiden tiedonhaun suhteellisen helpoksi. Alla olevassa kuviossa 13 on esitetty taulukon luontiin käytetyt asetukset. Asetukset säilyvät ja data päivittämällä voidaan aina uusin tieto saada raporttiin. Tarkasteluaikaväliksi valittiin vuosi. Näin saatiin selkeä seuranta vuosien välille. Tarvittaessa voidaan pureutua esimerkiksi kvartaalitasolle, mikäli tarvetta ilmenee.



Kuvio 13. Pivot-taulukon asetukset seisonta-ajan saamiseksi vuositasolla

Liitteessä 1 on esitetty seisonta-ajat aikavälillä 2010 – 2017. Nämä arvot otetaan käytettävyysslaskentaan K mukaan. Kaava on seuraava:

$$K = \frac{\text{Suunniteltu tuotanto - seisokkiaika}}{\text{Suunniteltu tuotanto}}$$

Suunniteltu tuotanto saadaan vuosittain tehtävästä tuntihintalaskennasta, jolla kaikille koneille ja operaattoreille määritellään kustannus. Liitteessä 2 on esitetty vuosittainen tuntikertymä. Komposiittilaitteistolla on kaksi operaattoria, jotka tekevät 3058 tuntia vuodessa. Normaalikapasiteetti lasketaan vuosituntimäärästä 1724 tuntia per henkilö, ja tähän lisätään arvioidut ylityötunnit. Tästä tuntimäärästä otetaan 80 %, jolloin siitä otetaan pois sairauslomat, koulutukset jne. eli käytössä on tehokas työaika.

Seuraavaksi perehdyttiin nopeus käsitteeseen, johon lisätietoa poimittiin IBM:n Lotus Notes -tietokantaohjelmistosta, joka on vuonna 1989 julkaistu asiakirjojen hallintaan kehitetty työkalu. Sitä on mahdollista käyttää myös sähköpostin sekä kalenterien hallintaan. Tietokantojen päälle voidaan rakentaa mallipohjia, joita hyväksikäyttäen kerrytetään dataa tietokantojen päälle. Tiedonhaku onnistuu kaikista kentistä sanahakujen avulla. (IBM Notes 2016.) Nykyisin sitä käytetään enää muutamissa sovelluksissa ja tullaan jatkossa korvaamaan Microsoftin Sharepoint -tietokannoilla ja Infor LN -toiminnanohjausjärjestelmällä. Lotus Notes -kantoja käytetään vielä muutamassa Jyväskylän tuotannon työkaluissa. Tässä työssä tietoa haettiin Projektiseuranta- sekä Valmet Services Quality -tietokannasta.

Projektiseuranta -kanta käytetään seurantatyökaluna pinnoiteprojekteissa. Kannasta löytyvät kaikki tilauskannassa olevat projektit. Sieltä on löydettävissä perustiedot kaikista tehdyistä ja teossa olevista teloista. Liitteestä 3 näkee tietokannan rakenteen. Tietojen oikeellisuus on projektien kannalta erityisen tärkeää. Tietovirheet ovat kriittisiä tuotteen valmistuksessa. Mikäli lähtötiedot ovat väärät tai vaillinaiset niin silloin tuotteen valmistusta ei voida jatkaa tai tehdään virheellinen tuote. Jälkiseurannan kannalta on myös oleellista, että kannan tieto on kunnossa. Tietojen puuttuessa ei välttämättä päästä pureutumaan jälkiseurannassa ongelmien juurisyihin.

Projektiseurannasta dataa lähdettiin hakemaan tietokannan puolelta ”valmistuneista teloista”. Siihen raporttiin kerätään lähes kaikista asiakirjan kentistä rivitieto. Tieto

kirjautuu projektien mukaisesti, mutta kaikkia kenttiä voi käyttää hakutietona. Liitteestä 4 näkyy muoto, josta tieto siirtyy Excelin käsittelemään muotoon. Siellä voidaan joko Pivot -toiminnolla tai perinteisellä Sort -toiminnolla katsoa vuositason pinnoitusmäärät. Pivot-mallilla määrätieto saadaan helposti, kunhan ensin on siivottu taulukosta kaikki ylimääräinen rivitieto pois. Notes siirtotiedosto luo tyhjiä sarakkeita ja ne kaikki on poistettava ennen kuin laskenta toimii. Se pitää tehdä kerran koko määrälle ja jatkossa vuosisiirto onnistuu nykyistä pohjaa hyväksi käyttäen. Telatieto löytyy liitteestä 4. Sen jälkeen voidaan N -arvo laskea kaavalla:

$$N = \frac{\text{Optimi tuotantoaika} \times \text{kokonaismäärä}}{\text{Tuotantoaika}}$$

Tuotantoaika saadaan, kun toiminnanohjausjärjestelmästä kerätään kaikki tässä työpisteessä kirjatut projektitunnit. Sillä saadaan kokonaismäärä tuotantoon käytetyistä tunneista. Optimi tuotantoaika käsitteenä ei ole aivan niin yksinkertainen. Kun tehdään liukuhihnalla aina samanlaisia kappaleita ja eräkoot ovat suuria niin silloin voidaan selkeästi sanoa kappaleen optimaalinen läpimenoaika. Projektityyppisessä tuotannossa kappaleen mitat ja tuotenimike muodostavat käsiteltävän aikajanan. Eri tuotantovaiheita eli eri koneita tarkasteltaessa myös työvaiheen mitta vaihtelee. Toiset vaiheet kestävät tunnin ja pisimmät jopa useita päiviä. Nämä arvot on konekohtaisesti päätettävä ennen kuin laskentaa voidaan aloittaa.

Tässä tapaustutkimuksessa sekä komposiitti- että polyuretaanipinnoituksessa optimiajaksi voitiin arvioida 16 tuntia. Tämä siksi, että molemmissa pinnoituskopeissa toimitaan kahdessa vuorossa ja kaikki tällä hetkellä tuotannossa olevat pinnoitukset on mahdollista tehdä tämän ajan puitteissa. Jäljelle jäävän laitteiston osalta joudutaan tekemään laskentaa enemmän vuositunteihin pohjautuen, koska työajat vaihtelevat kappaleen mukaisesti. Näiden kohdalla luotava raportti, jolla saamme teoreettiset- sekä toteutuneet työajat koneittain. Toteutuneet tunnit saadaan suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä koneittain tai työpisteittäin.

Tämä vaatii jo raportointijärjestelmän muokkaamista, mutta on täysin tehtävissä. Koneaika ja teoreettinen koneaika kirjautuvat jokaiselle projektille toiminnanohjausjärjestelmässä, joten tieto sieltä löytyy. On vaan kysymys siitä, miten se saadaan järjestelmästä ulos. Tämä tulee olemaan jatkokehitystä OEE/LCC raportointiin tulevaisuudessa.

Laatuosio on tässä laskennassa lähtötietojen kannalta kaikkein hankalin. Tieto on vuodesta 2010 alkaen aina vuoteen 2016 Valmet Services Quality -Notes tietokannassa. Kannassa ei ole konekohtaista seuranta, joten aikaväli 2010-2016 joudutaan läpikäymään manuaalisesti ja arvioimaan missä työpisteessä laatusattumus on tapahtunut. Sattumukset saadaan Exceliin, joten tässäkin on käytössä pivot -työkalu, jolla tieto saatiin helposti luettavaan muotoon. Liitteestä 5 löytyy esimerkkinä vuoden 2013 laatusattumukset. Siitä on tekstin perusteella pääteltävä mitkä sattumuksista ovat koneeseen liittyviä. Siitä saatiin konekohtainen hävikki.

2017 vuoden alusta otettiin käyttöön uusi selainpohjainen työkalu, jossa voidaan konekohtaisesti katsoa laatusattumuksia. Se helpottaa prosessin seuranta, koska nyt voidaan virheet kohdistaa suoraan tietylle koneelle. Näin päästään jälkikäteen pureutumaan niihin työpisteisiin missä sattumuksia on eniten. Uudella työkalulla laatusattumusten määrä on helppo koota OEE laskennan vaatimaan muotoon.

Laatuosio saadaan laskettua kaavalla:

$$L = \frac{\text{Toteutunut tuotanto} - \text{hylky}}{\text{Toteutunut tuotanto}}$$

Toteutunut tuotanto saatiin, kuten jo aikaisemmin on kerrottu, projektiseurannan raportista.

Näistä edellä esitetyistä komponenteista saatiin nyt koostettua OEE arvo vuosilta 2010 – 2016. Yksinkertaisuudessaan kertomalla nämä osakomponentit keskenään.

$$\text{OEE / KNL} = \text{Käytettävyys} \times \text{Nopeus} \times \text{Laatu}$$

5.1.2 Tiedon keräys - LCC laskenta

LCC laskenta tuo koneiden käyttöön ja seurantaan kustannuspuolen mukaan. Kun OEE:ssa seurattiin tehokkuutta niin LCC seuraa koneeseen liittyviä kustannuksia. LCC laskennan komponentit ovat; kunnossapitokustannus, investointikustannus, vuosittainen käyttökustannus, epäkäytettävyys.

Kunnossapitokustannus saatiin ajettua konekohtaisesti Baan - toiminnanohjausjärjestelmästä. Jokaisella koneella on oma kustannuspaikkansa, jolle kerätään koneen hankintoja ja miesten kirjaamia yleiskustannustunteja.

Kustannuspaikoille on määritelty eri tilit, joille kirjataan eri kustannustyypit:

- 81210 työkalut ja laitteet
- 81220 materiaalit ja tarvikkeet
- 81225 yleiskustannusmateriaalit
- 81230 koneiden korjaukset ja huollot
- 81240 toimitilojen korjaukset

Näiden tilien takaa saatiin konekohtaisesti ajettua laitteiston kunnossapitoon liittyvät kustannukset. Komposiittilaitteiston vuosittaiset kunnossapitokustannukset on esitetty liitteessä 6.

Investointikustannus jouduttiin ajamaan erillisestä käyttöomaisuustietokannasta. Käyttöomaisuuden hallinnassa käytössä on KOM Aditro ohjelmisto, joka pitää sisällään koko käyttöomaisuustiedon. Ohjelmistosta saadaan jokaiselta kustannuspaikalta eli koneelta tieto investoinneista ja jäljellä olevasta poistosta sekä poistoajasta. Komposiittikoneen investointitieto sekä poistot löytyvät liitteestä 7.

Vuosittainen käyttökustannus saatiin tuntihintalaskennasta, joka tehdään vuosibudjetoinnin yhteydessä. Laskentaan huomioidaan kaikki koneelle tulevat kustannukset; palkat, vuokrat, huollot ja yleiskustannukset. Näistä tiedoista lasketaan tuntihinta jakamalla kaikki kustannukset normaalikapasiteetilla. Koneen epäkäytettävyys saatiin OEE laskentaa varten kerätystä koneen seisonta-ajasta

kertomalla se koneen tuntihinnalla. Koneen seisonta-aika löytyy liitteestä 1. ja tuntihinnalla kerrottu kustannus löytyy liitteestä 7.

5.1.3 Tiedon haku - vanheneminen

Vanhenemisessa keskityttiin sähköisten komponenttien elinkaaren hallintaan. Tällä hetkellä työkaluna on ainoastaan Siemensin toimittama elinkaarianalyysi.

Elinkaarianalyysiin on kerätty kaikki komponenttieto koneista ja laitteista. Lähes kaikki laitteet on toteutettu Siemens logiikalla, jolloin muita raportteja ei ole teetetty. Nykyisin päivitysväli on noin kolme vuotta. Mikäli alueelle tulee uusia laitteita. Niiden tiedot toimitetaan Siemensille, jolloin ne huomioidaan seuraavassa raportoinnissa.

Tieto tulee Excel raportin muodossa konekohtaisesti, jolloin sitä on helppo käsitellä. Microsoft Excelin Pivot toiminnolla saatiin tässäkin tapauksessa tieto helposti ymmärrettävään muotoon. Liitteestä 8 näkee, miten rivitieto saatettiin luettavaan muotoon. Kaaviosta on heti nähtävissä missä vanhenemisen vaiheessa kyseinen laite tällä hetkellä on ja mihin asioihin on syytä lähteä paneutumaan. Graafista pääsee aina siirtymään takaisin suoraan rivitietoon, jolloin voi pureutua tapauskohtaisesti havaittuihin ongelmiin.

Raportista löytyy myös tuotteen sen hetkinen varastotilanne sekä saatavuus. Saatavuus on ilmoitettu tuotteen siirtymisenä varaosavaiheeseen. Siitä noin kymmenen vuoden päästä tuotteen elinkaari loppuu. Tätä päivämäärä ennen on tehtävä päätöksiä LTB:stä eli ostetaanko varastoon vielä, kun osia on saatavilla vai ajetaanko niin kauan kuin kestää.

5.2 Tutkimusaineiston analysointi

Aineiston luotettavuus on yhtä kuin datan luotettavuus eri ohjelmistojen taustalla. Suurin osa tiedosta kertyy automaattisesti, jolloin voidaan olettaa, että tieto on kunnollista. Kaikkea käsin syötettyä tietoa on tutkittava kriittisesti, koska silloin inhimillinen virheen mahdollisuus astuu mukaan. Tässä työssä käytetyn aineiston vaikein osuus on ollut kunnossapito-ohjelmisto Arrow'n läpikäynti. Taustalla oleva data on suurimmaksi osaksi käsin syötettyä, jolloin virheiden mahdollisuus

kertaantuu. Ohjelmistosta ajettua tietoa on pakko käydä rivikohtaisesti läpi, jotta voidaan olla varmoja, ettei raporttia luotaessa tule vääristäviä virheitä.

Kunnossapidon rooli on keskeinen, kun luodaan OEE ja LCC raportointia. Virheet kertautuvat helposti ja vääristävät lopputulosta.

Toinen kriittinen komponentti OEE raporttia luotaessa on laatutapaukset. Tämän työn laatutieto pohjautuu täysin manuaalisesti syötettyyn dataan. Samoin sen läpikäynti ja siivous on jouduttu tekemään käsin, joten siellä saattaa syntyä virhettä. Samoin telamäärät pinnoituksissa kerättiin tätä työtä varten Notes kannasta, jossa ylläpito on manuaalista. Sieltäkin löytyi jonkin verran virheellistä tietoa ja sen läpikäynti vei ylimääräistä aikaa.

Manuaalisesti kerättävä aineisto tulee myös Siemens elinkaariraportista. Siinä on keskeistä, että paikan päällä tehty logiikkaosien kartoitus on tehty erittäin huolellisesti. Työ on täysin käsityötä ja täysin tekijästä riippuu miten hyvin hän malttaa kiertää koneella ja etsiä laitteiston ohjauksyksiköt. Nyt kun alueen kartoitus kertaalleen tehty niin jatkossa uusien laitteiden osaluettelot siirretään suoraan Siemens tietokantaan toimittajan osaluetteloiden pohjalta, jolloin manuaalista selvitystä ei tarvita. Tässä tapauksessa tulee tietysti mietittäväksi miten tarkalla tasolla toimittajat osaluettelonsa toimittavat. Mikäli siellä on puutteita. Myös elinkaariraportissa on tulevaisuudessa puutteita.

Onneksi nyt näyttää siltä, että jatkossa olemme siirtymässä järjestelmiin, joista suurin osa tiedosta saadaan automaattisesti. Tämä parantaa huomattavasti tiedon luotettavuutta ja helpottaa keräämistä. Laatutieto siirtyy ensimmäisenä toiminnanohjausjärjestelmän piiriin, jolloin laatumerkinnet on mahdollista ajaa raporteista suoraan laskennan hyödynnettäväksi. Kunnossapidon ohjelmistoissa on vielä valinta kesken, mutta sekin olisi mahdollista tuoda toiminnanohjausjärjestelmään. Tällöin tieto kirjautuisi automaattisesti oikeaan paikkaan eikä manuaalisyyttömahdollisuus pilaisi tiedon laatua.

Työssä käytetty aineisto on käyty läpi useaan kertaan eri ihmisten toimesta, jolloin oletuksena voidaan pitää, että tieto on luotettavaa. Satunnaisia virheitä saattaa olla, mutta niiden ei pitäisi vääristää lopputulosta.

6 Tutkimustulokset

Tutkimustulokset -osiossa avataan sanallisessa muodossa saatuja tuloksia. Kaikki liitetiedostot ovat salaisia, joten kovin syvälle tuloksiin ei voida mennä. Kuitenkin niin, että lukijalle tulisi kuva raportista, joka tässä työssä rakennettiin. Raportti on pyritty luomaan niin yksinkertaiseksi, että siitä saa yhdeltä sivulta tiedon missä elinkaaren vaiheessa laitteistolla ajetaan.

6.1 OEE raportti

OEE -osiossa lähdettiin hakemaan tulosta koneen tehokkuudesta. Kokonaistehokkuus kertoo sen, vieläkö ollaan hyvällä tehokkuusalueella. Muutostarve nähdään suoraan raportista. Mihin muutokset pitää kohdistaa niin silloin joudutaan pureutumaan OEE:n syvimpään olemukseen eli on jaoteltava se eri osa-alueisiin. Käytettävyyden (A) avulla voidaan kohdistaa kehitystä laitteiston käytettävyyteen ja kunnossapitoon. Suorituskyvyn (P) avulla päästään kiinni siihen, kuinka paljon tuotteita on mahdollista valmistaa. Laadun (Q) osa-alueella hukan määrä on minimoitava, jotta kerroin saadaan pysymään korkealla. Koneiden parhaista vuosista voidaan koostaa seuraavat tavoitearvot, jotka löytyvät liitteestä 9.

Liitteistä 10 ja 11 nähdään ero kahden eri elinkaaren vaiheen koneiden välillä. Komposiittilaitteisto on kymmenen vuotta vanha, kun taas polyuretaanipinnoitteita on tehty samalla laitteistolla jo lähes 25 vuotta. Vanhan laitteiston tehokkuus on 15% matalammalla tasolla. Tämän koneen kohdalla pelkän kokonaistehokkuuden kohdalla olisi voinut jo viisi vuotta sitten todeta modernisaatiotarpeen.

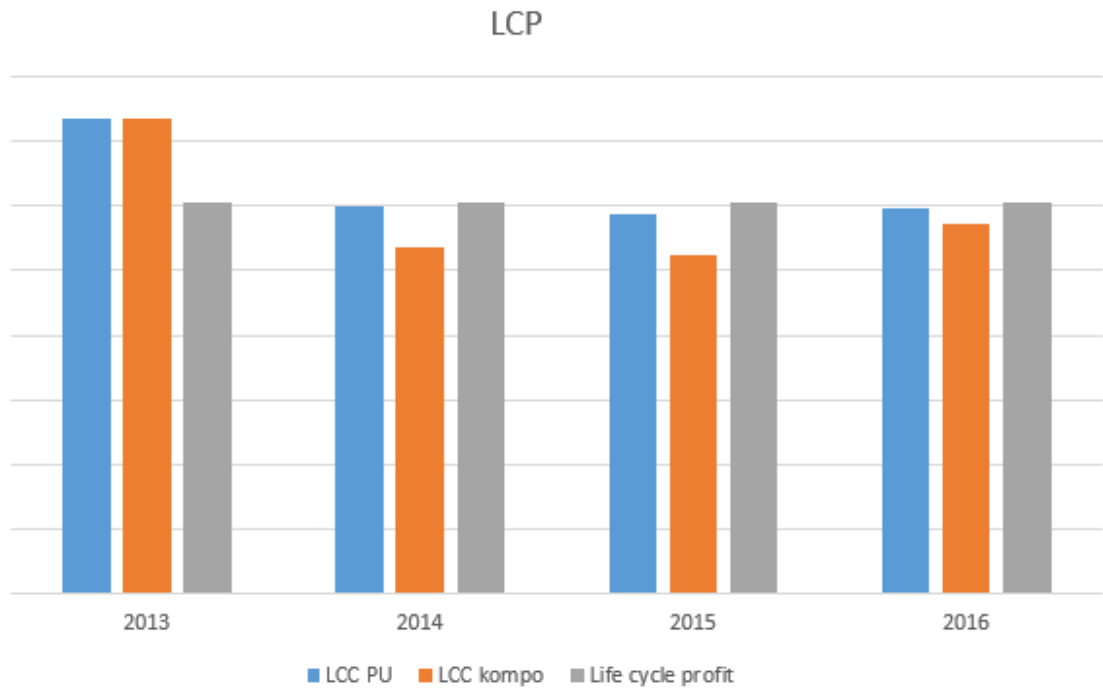
6.2 LCC raportti

LCC raportti tuo mukaan kustannukset. Niistä nähdään samaa asiaa rahallisessa muodossa, mutta ei välttämättä päästä pureutumaan niin syvälle kuin OEE laskennalla. Raportista erottuu selkeästi kaksi muuttujaa, joihin keskittymällä voidaan vaikuttaa koneen tekemään elinkaarituohtoon. Nämä ovat epäkäytettävyys ja kunnossapitokustannus. Kaikki muut pysyvät vuosittain melko lailla samalla tasolla

vuodesta toiseen. Yksittäiset isommat investoinnit nostavat LCC arvoa hetkellisesti, mutta seuraavana vuonna on jo päästävä lähelle tavoitearvoja. Tavoitearvot löytyvät liitteestä 9.

LCC raportista on näiden kahden koneen välillä nähtävissä sama suunta kuin OEE:ssa. Polyuretaanilaitteiston kustannukset ovat olleet kasvussa jo useamman vuoden ajan. Se selittyy pääasiallisesti kunnossapidon kustannusten nousuna. Samalla on noussut myös epäkäytettävyysaika.

Elinkaarituotto on vanhalla laitteistolla vuodesta 2013 eteenpäin mennyt rinnakkain kustannusten kanssa. Tuottoa ei ole saatu. Oheisessa kuviossa 14 on kuvattu eroa laitteistojen välillä. Molemmille tehtiin 2013 parantavaa kunnossapitoa, jolla saatiin uudempi komposiittilaitteisto tuottomielessä hyvälle tasolle. Polyuretaanilaitteistolle pienparannuksesta ei varsinaista hyötyä saatu. Siihen jäi niin paljon vanhaa tekniikkaa, mitkä aiheuttivat kunnossapitokustannuksen ja tuotantoseisokkien korkean määrän. Pinnoituslaitteisto on modernisoitu vuoden 2017 aikana, joten nyt pääsemme seuraamaan, miten tuotto lähtee kehittymään. Kuten komposiittilaitteistossakin, on tässäkin tulossa vaikea vuosi, koska pieniä vikoja varmasti tulee. Niihin on vaan pureuduttava nopeasti ja saatava asiat kuntoon heti, jotta saadaan elinkaarituotto menemään oikeaan suuntaan heti alusta asti. Nyt on kuitenkin tavoitearvot olemassa mihin pyritetään käytettävyydessä sekä suorituskyvyssä.



Kuvio 14 LCP vertailu PU laitteiston ja komposiittilaitteiston välillä

6.3 Vanhentuneisuus raportti

Vanhentuneisuus tuo ongelman sähköisille komponenteille. Suurin ongelmallisuus on siinä, ettei voida tietää kuinka kauan komponentti tulee nykyisessä ympäristössään kestävään. Se voi hajota huomenna tai kestää 10 vuotta. Varaosasaatavuus on tässä keskeisessä roolissa. Kun yhdistetään LCC ja OEE laskennat osien vanhentumiseen. Silloin saadaan erittäin hyvä kuva laitteiston sen hetkisestä tilasta. Raportti antaa jo nopealla vilkaisulla kuvan siitä kuinka hyvä tai huono logiikkaosien tilanne on.

Molemmilla seurattavilla koneilla olisi paneuduttava raportissa näkyvään puutelistaukseen. Komposiittilaitteistossa on kaksi komponenttia, jotka ovat tilassa, ettei niitä enää alkuperäisosina valmisteta. Näistä on selvitettävä kriittisyysaste ja yritettävä vielä hankkia varaosat varastoon. Polyuretaanilaitteiston vanhentuviin komponentteihin ei tässä työssä juurikaan laiteta painoa, koska se päivitettiin kesän 2017 aikana täysin uusilla komponenteilla ja logiikalla. Ainoastaan otetaan talteen logiikkakortteja, jotka sopivat vielä käytössä oleviin laitteisiin. Samalla nähdään se, että löytyykö komposiittilaitteiston tarvitsemia kortteja omasta takaa.

7 Johtopäätökset

Komposiittilaitteistolla kehitys menee aikaisemmin esitetyn teorian mukaisesti. Alussa lähdetään matalalta tasolta eli tehokkuus (OEE) on koneen käynnistämisvaiheessa heikko, mutta tasoittuu tuotantovaiheen edetessä. Vuosittainen kehitys on selkeästi havaittavissa jokaisella osa-alueella. Tätä voidaan verrata polyuretaanilaitteistoon. Siinä tulosten heikentyminen on jo selkeästi nähtävissä. Jokainen osa-alue on tasaisen heikko ja vaihtelee välillä melko rajusti. Tämä on jo merkki siitä, että jotain on vialla.

OEE laskennasta voidaan irrottaa laatu, tehokkuus ja käytettävyys seurattaviksi suureiksi. Näitä seuraamalla voidaan keskittyä suoraan siihen osa-alueeseen missä muutoksia on tullut. Tämän kautta saadaan rajattua ongelma-aluetta ja päästään kiinni siihen mistä tehokkuuden lasku johtuu. On vaan päästävä pureutumaan juurisyyhyn eli mistä ongelmat johtuvat.

Sama suunta näkyy myös LCC laskennan kautta, joten nämä kaksi laskentaa antavat yhdessä hyvän kuvan siitä missä elinkaaren vaiheessa laitteistolla ajetaan. LCC:n kautta saadaan hyvät ohjeavot seurattaville osa-alueille; kunnossapitokustannus ja epäkäytettävyys. Näitä seuraamalla saadaan tietoa siitä mihin elinkaaren suuntaan ollaan menossa.

8 Pohdinta

8.1 Ajatuksia tuloksista

OEE ja LCC tutkimukset tulisi liittää osaksi jokaisen koneen tai laitteen hankintaketjua ja vuosittaista seurantaa. Tehokkuuslaskelma helpottaa koneen seurantaa heti käynnistymisestä lähtien. Saadaan tuotannolle ja kunnossapidolle tavoitteet mihin pitää pyrkiä heti alusta lähtien. Tavoitteet saadaan määriteltyä laskennallisesti. Sen jälkeen seurataan kehitystä esimerkiksi kvartaaleittain, jolloin saadaan heti puututtua, jos havaitaan suunnan olevan väärän. Uusilla laitteilla suunta saattaa olla aluksi väärä, kunnes saadaan pienet viat korjailtua ja päästään tuotannollisesti sille

tasolle mille on suunniteltu. Tämä on aivan normaalia kehitystä eikä siitä pidä vetää liian pikaisia johtopäätöksiä.

LCC laskenta tukee tätä kustannusmielessä. Sillä saadaan asia rahalliseen muotoon, jolloin taloudessakin päästään näkemään mihin suuntaan laitteiston talous on menossa. Osa-alueista voidaan myös lukea samoja asioita, mutta yhtä syvälle sinä ei päästä kuin OEE laskennassa. Tästä syystä molempia on tarkasteltava rinnakkain, ettei tuijoteta pelkästään kustannusta vaan saadaan tieto mistä kasvu johtuu. OEE:sta siis päästään pureutumaan myös LCC laskennan sisältöön.

Vanhoilla jo käytössä olevilla laitteilla OEE ja LCC laskennoista nähdään suunta pidemmällä esimerkiksi 5 vuoden jaksolla. Tällöin voidaan tehdä päätöksiä laitteistojen modernisoinnista tai uusimisista. OEE osakomponenteista nähdään millä osa-alueella alamäki on alkanut. Laskentaväliä voi tiivistää ja laskettaa arvot, vaikka kuukausittain. Käytössä on syytä olla selkeät tavoitearvot, joihin laitteiston suorituskyky verrataan. Silloin saadaan kokonaiskuva tehokkuudesta ja siitä mihin suuntaan ollaan menossa. Muutoksiin on puututtava heti kun ne huomataan. Helposti käy niin että ajetaan pitkiä aikoja tehottomalla laitteistolla, joka taas syö tuotteiden kannattavuutta.

Vanhentuneisuus (obsolescence) on hyvä lisä vanhoja laitteistoja tutkittaessa. Sillä päästään suoraan kiinni siihen missä elinkaaren vaiheessa komponentit ovat. Jos laitteistolla on useita "ei saatavilla" olevalla luokituksella olevia komponentteja niin hälytyskellojen tulisi välittömästi soida. Logiikkakomponenteilla on annettu vanhenemisajat, joita on syytä seurata.

Jatkossa kaikkien modernisointiprojektien yhteydessä vähintään sähköisistä komponenteista tulisi pyytää nimikekohtainen lista mihin on kirjattu vanhentuneisuuden määrittelemät asiat. Viimeiseen ostohetkeen olisi päästävä huomattavasti paremmin kiinni kuin mitä tällä hetkellä. Nykyinen kolmen vuoden välein tehtävä tarkastus ei ole riittävä vaan olisi syytä miettiä seurantajärjestelmän hankkimista, joka pitää automaattisesti huolta siitä mitkä komponentit ovat siirtymässä varaosavaiheeseen ja mitkä ovat jo LTB vaiheessa. Nykyinen raportointi ei tue LTB toimintoa. Mistään ei saada impulssia ostohetkestä, ellei tätä raporttia seurata. Seurannan on syytä olla automaattinen, jolloin muistinvara ei jää mitään.

Yhteenvetona voidaan todeta se, että yhdistämällä tehokkuuslaskenta (OEE), kustannuslaskenta (LCC) ja vanhentuneisuus (obsolescence) saadaan hyvä kokonaiskuva laitteiston sen hetkisestä tilasta. Järjestelmistä saatavasta tiedosta on mahdollista luoda raporttipohja, jolla asiat saadaan koottua ja yhdistettyä selkeästi raportoitavaan muotoon. Elinjaksokustannuksilla, kokonaistehokkuudella ja vanhentuneisuudella saadut tulokset saadaan suhteellisen helposti, mutta kuitenkin huomioidaan tuotannon tehokkuudelle ja käytettävyydelle olennaiset asiat. Saadaan aikaan seuranta, jolla voidaan koneen elinkaarta seurata ja puuttua kipupisteisiin tarvittaessa.

8.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuus pohjautuu järjestelmistä saatuun dataan. Osa on suoraan järjestelmistä saatavaa tietoa ja osalle on jouduttu tekemään käsin muutoksia. Varsinkin Arrow's -tieto sekä laatukannan tieto ei ole täysin luotettavaa, koska siellä on rivikohtaisesti jouduttu tietoa muokkaamaan. Sinne on saattanut jäädä virhelyöntejä. Tämä ei kuitenkaan vääristä laskentaa, koska sitä seurataan pidemmällä aikavälillä. Vuosien välinen ero tasoittuu.

Tunti- ja kustannustiedot ovat suoraan järjestelmään kirjautuvaa tietoa, jota voidaan pitää luotettavana. Sitä ei edes pääse muokkaamaan. Tämä antaa hyvän pohjan luotettavuudelle, koska kustannukset ja tunnit ovat laskennan pohja. Seisokkiajat ja laadun aiheuttamat seisokkiajat tai uudelleenvalmistukset ovat osana laskentaa, mutta eivät määrävänä. Vuositasolla määrä on kuitenkin niin pieni, että virheet laskennoissa havaitaan suhteellisen helposti.

Kaavat ja niiden soveltaminen ovat tämän tutkimuksen kohdalla selkeitä. Niissä ei virheitä pääse syntymään, ellei käytetä täysin väärä kaavoja. Kokonaisuutena tutkimustuloksia voidaan pitää luotettavina.

8.3 Jatkokehitystarpeet

Jatkokehitys on kohdistettava uusista työkaluista saatavaan tietoon. Se on heti alusta lähtien saatettava siihen muotoon, ettei käsin tehtyjä virheitä pääse syntymään.

Valmetille on tullut tai tulossa kolme uutta järjestelmää:

- Infor LN -toiminnanohjausjärjestelmä
- CI-tool -laadunhallintajärjestelmä
- Arrow Novi -kunnossapitojärjestelmä

Näihin järjestelmiin on taustat luotava niin hyvään kuntoon, että syntyvistä raporteista ei tarvitse käsin käydä muuttamassa tietoja. Tiedot on oltava kerralla oikein.

Siemens:ltä saatava logiikkakomponenttien raporttipäivitys pitää saada vuosittaiseksi ja sen läpikäyntiin on sitoutettava, sekä oston, että tuotannon henkilöstö. Kaupallisia ohjelmistoja vanhentuneisuuden seurantaan on tarjolla ja niihin olisi syytä paneutua. Voidaanko tieto poimia järjestelmään suoraan toimittajan tietokannasta. Silloin tieto on ajantasaista ja koko ajan seurannassa.

Lähteet

Advanced Component Obsolescence Management (AVCOM). 2016. BAE Systems International. Viitattu 20.1.2017. <http://www.baesystems.com/en/our-company/our-businesses/intelligence-and-security/capabilities-and-services/advanced-component-obsolescence-management--avcom>

Aging Avionics in Military Aircraft. 2001. ProQuest Ebook Central. Viitattu 23.1.2017 <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy>

Ahonen, T. Jännes, J. Kunttu, S. Valkokari, P. Venho-Ahonen, O. Välisalo, T. 2012. Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön. Espoo: VTT, viitattu 25.2.2017. www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T69.pdf

Arrow Maint. Kunnossapitojärjestelmä. 2017. Viitattu 20.11.2017

Ben-Daya, M. Kumar, U. Murthy, D. N. Prabhakar. 2016. Introduction to Maintenance Engineering. Wiley-Blackwell.

Emblemsvåg, J. 2003. Life Cycle costing. Hoboken (N.J.): Wiley cop. 2003.

Hannula, M. Lönnqvist, A. 2002. Suorituskyvyn mittauksen käsitteet. Helsinki: MET Metalliteollisuuden keskus- liitto

Heisjärvi, S. Remes, P. Sajavaara, P. 2015. Tutki ja kirjoita. 20. painos. Helsinki: Tammi.

IBM Notes projektiseuranta -tietokanta. 2017. Viitattu 13.11.2017

IBM Notes laatujärjestelmä -tietokanta. 2017. Viitattu 13.11.2017

IBM Notes. 2016, Wikipedia, viitattu 9.4.2017.

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=IBM_Notes&oldid=774635436

Järviö, J. Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito - Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. painos. Helsinki: KP-Media Oy

Kananen, J. 2008. Kvali – Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.

Mitä on OEE / KNL. 2017, blogikirjoitus Arrow Engineering -sivustolla. Viitattu 24.3.2017. <http://blogi.arroweng.fi/mita-on-oee-/-knl>

Oksanen. 2016. Käyttöomaisuuden hallinnan luentomateriaali. Viitattu 20.3.2017.

Parempaa päätöksentekokykyä ja ennustettavuutta automaattisella tuotannonseurannalla 2016. Blogikirjoitus Teollisuusautomaatio / Vossi Group Oy -sivustolla. Viitattu 3.4.2017.

http://www.vossi.fi/palvelut/koneseuranta_oe_teollinen_internet_iot_mes_lean.html

Peltonen. 2017. Siemens Asset Optimization Services elinkaarianalyysi.Helsinki: Siemens. Viitattu 13.3.2017

SFS-EN62402. 2009. Obsolescence management - application guide. Julk. 20.4.2009, Viitattu 10.5.2017.

http://jkls0326vm71a.vstage.co/standards/files/sfs/pdf/upd201605/SFS-EN_62402_en.pdf. SFS online

Six Big Losses (part of OEE). 2013, Blogikirjoitus PerfectProduction -sivustolla, Viitattu 4.3.2017. <http://www.perfectproduction.com/six-big-losses.htm>

Toiminnanohjausjärjestelmän Baan. Tunti- ja kustannusdata. 2017. Viitattu 20.11.2017

Tuotantomuodot – Logistiikan Maailma. 2016. Viitattu 19.5.2017.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantomuodot/>

Universal Controller SIMATIC S7-300 PLC's Siemens. 2016. Viitattu 2.12.2016.

<http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/Pages/Default.aspx>.

Valmet vuosikatsaus, 2016. Viitattu 25.12.2017

<http://hugin.info/149898/R/2083315/785289.pdf>

Liitteet