



# Kunnossapidon kehittäminen PK yrityksessä

Peedro Seppälä

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähkövoimatekniikka

Seppälä, Peedro:  
Kunnossapidon kehittäminen PK-yrityksessä

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 11 sivua  
Kesäkuu 2020

---

Opinnäytetyö tehtiin pirkanmaalaisessa pk-yrityksessä, jossa opinnäytetyön tekijä toimii kokopäiväisenä kunnossapitoinsinöörinä. Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata niitä menetelmiä, joita opinnäytetyön tilaajayrityksen kunnossapidossa on alettu soveltamaan ja pohtia mahdollisia kehityskohteita kilpailukyvyyn parantamiseksi. Opinnäytetyössä otetaan kantaa yrityksen nykyiseen kunnossapidon suorituskyvyn mittaamiseen ja sen kehittämiseen. Työn tarkoituksena on toimia yrityksen kasvustrategian tukena kunnossapidon osalta.

Työn teoriaosuus on jaettu kahteen osaan, jotka kuitenkin tukevat toisiaan. Ensimmäinen osio käsittelee lean metodeja, ja toisessa osiossa eritellään kunnossapidon metodeja. Teoriaosuuden tiedot pohjautuvat alan julkaisuihin ja opinnäytetyön tekijän kokemuksiin. Käytännön osuus käsittelee yrityksen alkutilannetta, nykytilaa ja mahdollista tavoitetilaa. Osuus sisältää esimerkkejä kunnossapidon kehitystyöstä.

Tavoitetila ei ole vielä opinnäytetyön tekovaiheessa selvillä, mutta opinnäytetyön tarkoituksena on toimia tukena tavoitetilan luomisessa. Tutkinnon opetuksellisen sisällön vuoksi opinnäytetyö on rajattu koskemaan lähinnä sähkölaitteiston kunnossapitoa, ja siinäkin pitäydytään yleisellä tasolla.

Opinnäytetyön kunnossapidon kerättyä tietoa koskevat liitteet on poistettu julkaistavasta versiosta.

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Automation and electronics the Degree Programme  
Power electronics

Seppälä Pedro  
Development of maintenance procedures in SME

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 11 pages  
June 2020

---

The thesis was made in a small and medium size enterprise located in Pirkanmaa. The purpose of this thesis is to describe the methods that have been applied in the client enterprise, and discover possible targets to improve competitiveness performance measurements

The theory part of the thesis has been divided to two separate parts, which however support each other. First part of the theory is about lean methods, and the second part is about maintenance methods. The practical part of the thesis handles the issues of the starting point status and the possible future status. The practical part contains examples of the improvement steps taken

The future status of maintenance goals is not yet certain, but the thesis's purpose is to support its creation. Because of the degree programme's focus, the thesis has been limited to cover mostly maintenance of electrical apparatuses, and even there the thesis remains on a common level.

The collected maintenance data for this thesis has been removed from published version.

---

Key words: maintenance, development, lean

## SISÄLLYS:

1	JOHDANTO .....	6
2	Lean-filosofia .....	7
	2.1 Työpisteen organisointi .....	9
	2.2 Jatkuvan parantamisen ympyrä .....	10
	2.3 Kemba-kävely .....	11
	2.4 Tuottava kunnossapito .....	12
	2.5 Juurisyyanalyysi .....	12
3	Kunnossapito .....	14
	3.1 Vikaantumismekanismit .....	16
	3.2 Sähkölaitteistossa esiintyviä vikoja .....	16
	3.1 Kunnossapitolajit .....	19
	3.2 Kunnossapidon tunnusluvut .....	23
	3.2.1 Tuotantojärjestelmän tehokkuus .....	23
	3.2.2 Tuotantojärjestelmän luotettavuus .....	25
4	Käytännön toteutukset kohdeyrityksessä .....	28
	4.1 Alkutilanne .....	29
	4.2 Tavoitetila .....	36
5	POHDINTA .....	41
	LÄHTEET .....	42
	LIITTEET .....	43

**LYHENTEET JA TERMIT**

TQM	Total quality management Johtamisfilosofia laadun kehittämiseksi
LEAN	Johtamisfilosofia prosessin kehittämiseksi Lean tarkoittaa laihaa tai niukkaa, mikä kuvaa arvoa tuottamattoman toiminnan karsimista prosessista.
hukka	Arvoa tuottamaton toiminta prosessissa
5S	Järjestelmä työpisteen organisoimiseksi
Kemba	Paikan päällä tapahtuva katselmointi
Juurisyysanalyysi	Menetelmä, jolla pyritään selvittämään esimerkiksi vikojen syntyyn johtava juurisyy.
TPM	Total productive maintenance Kunnossapitomalli, jossa kunnossapito nähdään osana tuottavuutta.
RAM-analyysi	Analyysityökalu jolla yksittäisen tuotantokoneen luotettavuutta voidaan analysoida sen toimintavarmuuden, huollettavuuden ja huoltovarmuuden pohjalta

## 1 JOHDANTO

Yrityksessä, jossa työskentelen, on päätetty kehittää kunnossapitoa osana laadun kehittämistä. Toimin aikaisemmin kunnossapitoasentajana ja aloitin ammatikorkeakouluopintoni omien kehitystarpeitteni vuoksi. Aihepiiri valikoitui osaamiseni ansiosta myös opinnäytetyöni aiheeksi. Työnimikkeeni vaihtui opintojeni puolivälissä kunnossapitoinsinööriksi ja tehtäviini kuuluu kunnossapidon kehittäminen.

Yritys toimii osana alihankintaketjua usealle tunnetulle suomalaiselle koneenrakentajalle. Yrityksellä on ISO 9000 sertifikaatti ja ISO 9000 laatujärjestelmän perusfilosofiaksi on valittu TQM (total quality management), joka on japanissa standardoidun TQC:n (total quality control) länsimainen versio. TQM tähtää kokonaisvaltaiseen laadun parantamiseen sekä sisäisten että ulkoisten sidosryhmien integraatiotason kasvattamiseen.

Strategiaksi on valittu tuotteiden laadun ja yrityksen ydinosaamisen kehittäminen ja suunnittelupalveluiden tuottaminen tilaajille tämän pohjalta. Osana valittua strategiaa ovat LEAN-filosofian menetelmät, jotka pohjautuvat vankasti Japanin autoteollisuuden tarpeisiin kehitettyihin menetelmiin. Nämä menetelmät ovat valikoituneet asiakaslähtöisistä tarpeista ne ovat linjassa TQM periaatteiden kanssa. Suuret valmistajat haluavat harmonisoida laatumittariston myös alihankkijoille, jotta alihankintaketjun hallinnointi ja auditoinnit olisivat yhdenmukaisia ja ylipäättään mahdollista.

Opinnäytetyössä kunnossapidon osalta keskitytään sähkölaitteiston kunnossapitoon, mikä modernissa tehtaassa kattaa ison osan kunnossapidon työtehtävistä. Opinnäytetyössä paneudutaan niihin menetelmiin, joilla kunnossapitoa voidaan systemaattisesti kehittää. Alkutilanne kunnossapidon osalta tässä tarkasteltavassa tuotantolaitoksessa oli sellainen, että koneita korjattiin niiden rikkoutuessa ja työtilaukset tehtiin pääsääntöisesti suullisesti suoraan kunnossapidon asentajille. Tästä johtuen kunnossapidon työkuormaa ei pystytty luotettavasti hallinnoimaan tai ennakoimaan. Tällä hetkellä vaaditaan työtilausten tekemistä sähköisesti, jotta töistä jää tietoa talteen. Tämän tiedon pohjalta on voitu paikantaa toistuvia vikoja sekä suorittaa juurisyyanalyysjä vikojen taustalla.

## 2 Lean-filosofia

Lean tarkoittaa niukkaa tai laihaa tämä kuvaa hyvin tämän ajattelumallin periaatetta, jossa työprosessista pyritään karsimaan kaikki arvoa tuottamaton toiminta pois. Leanin juuret nojaavat vankasti Toyotan autotehtailla kehitettyihin menetelmiin, jotka ovat vuosien saatossa hioutuneet entistä toimivammiksi. Keskeisin ero perinteiseen prosessin parantamiseen verrattaessa on parannustoimien kohdentaminen. Perinteisessä mallissa keskitytään parantamaan arvoa tuottavien toimintojen tehokkuutta, eli tekemään jokin työvaihe paremmin. Lean-järjestelmässä kehittämisen painopiste on kuitenkin arvoa tuottamattoman työn poistamisessa ja vähentämisessä. (Liker. 2010, s. 31)

Kaikkea työtä ei välttämättä pystytä käsittelemään prosessina. Esimerkiksi sellaisia toimintoja, joihin sisältyy suurta epävarmuutta tai suuria poikkeamia ei välttämättä kannata mallintaa kovin tarkasti. Kehittämistyö tulee kohdentaa epävarmuuden ja poikkeamien vaikutusten pienentämiseen tai tapaan reagoida niihin. (Martinsuo ym. 2010, s. 3-4)

Lean-filosofian lähtökohtana on virtaustehokkuuden parantaminen. Siinä tarkastellaan arvovirtausta ja sen suhdetta läpimenoaikaan. Lean-filosofian mukaan prosessista on erotettavissa kahdeksan hukkaa (japaniksi muda). Hukkien nimeäminen ja tunnistaminen helpottavat prosessin kehittämistä virtaustehokkaammaksi. (Liker 2010 s 43)

1. Ensimmäinen hukka on ylituotanto, joka tarkoittaa työn tekemistä ilman, että työtä on tilattu. Tämä paitsi sitoo henkilöstöresursseja, mutta myös aiheuttaa tarpeettoman varaston kasvua ja sitoo näin ollen pääomaa.
2. Toinen hukka on odottelu ja viivästyksset, joita etenkin prosessin pullonkaulat ja mahdolliset materiaalien ja työkalujen puutteet aiheuttavat. Tällöin työaika kuluu turhaan.
3. Tarpeeton kuljettaminen on kolmas hukka ja se aiheutuu materiaalin kuljettamisesta varaston ja työpisteen välillä.

4. Neljäs hukka on ylikäsittely tai vääränlainen käsittely, joka tarkoittaa yli-laadun tuottamista tai työntekoa väärillä työkaluilla, jolloin lopputulokseen pääsy vaatii ylimääräisiä ponnisteluja.
5. Viides hukka syntyy tarpeettomista varastoista, jotka kunnossapidossa tarkoittavat liian suuria varaosavarastoja.
6. Kuudes hukka on tarpeeton liike työskentelyssä.
7. Seitsemäntenä hukkana ovat laatuvirheet, jotka usein johtavat tilanteseen, jossa koko työ kaikkine vaiheineen joudutaan tekemään uudelleen.
8. Kahdeksas hukka on työntekijän luovuuden ja osaamisen jättäminen hyödyntämättä.

Sama asia voidaan myös avata kolmella virtaustehokkuuteen vaikuttavan lainalaisuuden avulla. Nämä lainalaisuudet sisältävät seuraavia asioita:

Littlen lain mukaan läpimenoaika kasvaa keskeneräisten virtausyksiköiden jakson ajan suhteessa. Tähän pyritään Lean-työkaluilla puuttumaan vähentämällä keskeneräisten virtausyksiköiden määrää karsimalla materiaali-jonojen syitä. (Modig ym. 2013, 17-46)

Laki pullonkauloista tarkoittaa, että prosessin pullonkaulat kasvattavat läpimenoaika. Tähän Leanissä pyritään vaikuttamaan joko työskentelemällä nopeammin, tai lisäämällä resursseja ja sitä kautta kapasiteettia. (Modig ym. 2013, 17-46)

Laki vaihtelun vaikutuksesta tarkoittaa, että läpimenoaika kasvaa sen mukaan, mitä enemmän prosessissa on vaihtelua, kun ollaan lähellä prosessin suurinta mahdollista käyttöastetta. Tähän lainalaisuuteen pyritään vaikuttamaan karsimalla prosessin vaihteluun vaikuttavia tekijöitä. (Modig ym. 2013, 17-46)

Lean-filosofiassa prosessi ajatellaan imuohjautuvana, eli mitään ei tehdä ilman tarvetta. Tähän opinnäytetyöhön Lean-työkaluista ovat valikoituneet ne, jotka ovat kohdeyrityksessä käytössä tai niiden käyttöönotosta on keskusteltu. Seuraavaksi käyn läpi yrityksemme neljä tärkeintä työkalua. Lean-työkalut otetaan



työpaikoilla käyttöön vaiheittain. Jokainen välivaihe käydään alusta loppuun saakka läpi ennen siirtymistä seuraavaan. Tämä on tärkeää ja lisää menetelmän toimivuutta, sillä portaittainen eteneminen lisää kehittämisprosessin hallittavuutta.

## 2.1 Työpisteen organisointi

5S on alun perin Hiroyuki Hiranon kehittämä viisiportainen menetelmä työpisteen organisoimiseksi. Menetelmän etuja on sen suhteellisen yksinkertainen toteutus ja se, että muutos on nähtävissä välittömästi. Sen alkuperäiset työvaiheet eli portaat tulevat japaninkielisistä sanoista. Pyrkimyksenä on parantaa työpisteen toimivuutta ja visuaalisuutta, työn sujuvoittamiseksi. Näin vähennetään työkalujen ja varastoartikkeleiden keräämiseen kuluvaa aikaa. (Hirano, 1996)

Tarkoituksena on, että työntekijät itse hyödyntävät 5S-menetelmää. Näin esimerkiksi päällikön ei tarvitse sanella tarvikkeiden tai työkalujen paikkaa. Lähestymistapa tuo työpisteen järjestämiseen käytännön läheisyyttä ja sitouttaa metodin käyttäjiä noudattamaan uutta tarkoitusta. Esimerkiksi työkalut löytävät helpommin luonnollisen paikkansa, kun työntekijä itse sijoittelee haluamallaan tavalla. (Hirano, 1996)

Menetelmän nimi 5S tulee siitä, että se on viisiportainen ja alkuperäisessä menetelmässä jokainen porraskerros on nimetty alkamaan s-kirjaimella. Alla on kuvattu kunkin vaiheen määritelmät.

### Lajittelu (Sort, Seiri)

Lajitteluvaiheessa työpisteeltä poistetaan kaikki työkalut ja materiaali, jota kyseisellä pisteellä ei tarvita.

### Järjestäminen (Store, Seiton)

Kaikki materiaali ja tarvittavat työkalut järjestetään siististi ja niin, että eniten tarvittavat työkalut ovat helpoiten saatavilla. Osien ja materiaalin nouto järjestetään

mahdollisimman esteettömäksi ja nopeaksi niin, että tehokkuus, turvallisuus ja ergonomia säilyvät.

Puhdistaminen (Shine, Seiso)

Puhdistamisvaiheessa työalue puhdistetaan ja tavaroiden ja työkalujen paikat nimetään. Lisäksi työkalut voidaan sijoittaa esimerkiksi varjotauluille, jolloin vaikkapa työkalun puuttumisen voi huomata helpommin.

Standardointi (Standardize, Seiketsu)

Standardointi liittyy kuhunkin kolmeen ensimmäiseen vaiheeseen ja sen tarkoituksena on luoda visuaalinen ohje työpisteen vaaditun tason ylläpitämiseen. Kun työpiste kuvataan hyvässä järjestyksessä, pisteen kuntoa voi verrata kuvaan myöhemmissä vaiheissa.

Sitoutuminen (Sustain, Shitsuke)

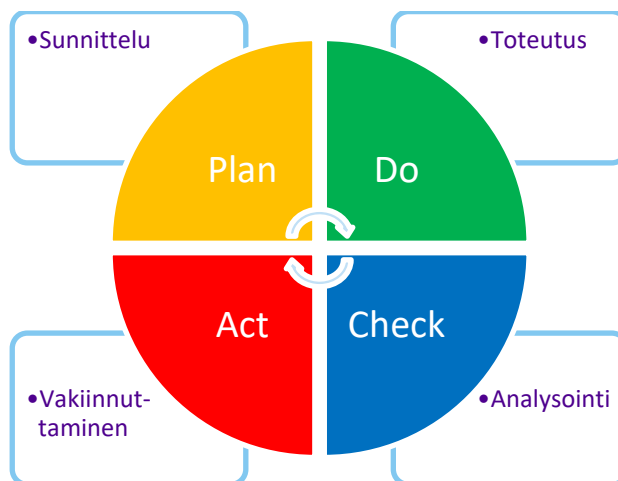
Sitoutuminen tarkoittaa rutiinin luomista. Sitoutumisessa voi auttaa esimerkiksi työpisteen viikoittainen auditointi, jolloin voidaan seurata, täyttääkö työpiste vaaditun siisteyden ja järjestelmällisyyden vaatimukset. Auditoinneissa voidaan muuttaa esimerkiksi työkalujen järjestystä ja paikkaa, jos huomataan, että se on tarpeen.

## **2.2 Jatkuvan parantamisen ympyrä**

Jatkuvan parantamisen ympyrä tunnetaan myös Demingin ympyränä, jonka kehitti William Edwards Deming toimiessaan Japanissa konsulttina 1950-luvulta alkaen. Kirjainyhdistelmä tulee sanoista Plan, Do, Check, Act.

Menetelmä tunnetaan myös nimellä jatkuvan parantamisen malli, koska tarkoituksena ei ole käydä prosessia vain kerran läpi, vaan sitä tulisi soveltaa jatkuvasti esimerkiksi prosessin kehittämiseksi. Esimerkiksi jos käytetään 5S-metodia ja huomataan, etteivät kaikki osiot toimi vieläkään täydellisesti, metodin käyttöä jatketaan edelleen.

Ympyrää voidaan soveltaa monella tavalla. *Kuvan 1* tapauksessa suunnitteluvaiheessa tunnistetaan ja analysoidaan ongelma ja kehitetään hypoteesi. Tämän jälkeen ongelma ratkaistaan ja tulokset analysoidaan. Jos haluttu lopputulos saavutetaan, toiminta vakiinnutetaan. Jos lopputulos ei ole halutun kaltainen, suunnittelu aloitetaan uudelleen.



Kuva 1. Mukaelma Demingin ympyrästä suomenkielisillä vastineilla.

Yksinkertaisena esimerkkinä Demingin ympyrän käytöstä voidaan käyttää valojen sammutusta.

Huomataan sähkölaskusta, että sähköenergiaa kuluu turhan paljon. Tehdään hypoteesi, että jatkuvasti kytkettynä olevat valaisimet kuluttavat turhaan sähköenergiaa. Tehdään hypoteesin pohjalta ohjeistus, että viimeinen sammuttaa aina valot. Jonkin ajan kuluttua analysoidaan, onko energian kulutus vähentynyt. Mikäli on, tehdään tästä vakiintunut tapa, jota voidaan myös kopioida muihin vastaaviin kohteisiin.

### 2.3 Kemba-kävely

Kemba on japania ja tarkoittaa "todellista paikkaa" eli paikkaa, jossa arvo tuotetaan. "Todellisen paikan kävely" tarkoittaa käytännössä esimerkiksi tuotantotilojen tarkastamista. Kemba-kävelyssä liikutaan tietyllä valitulla alueella ja etsitään huoltoa vaativia kohteita. Samalla voidaan tehdä esimerkiksi turvallisuushavainnot ja kertoa tietoja turvallisuudesta vastaavalle organisaatiolle. Kemba-kävelyn

aikana pyritään myös keräämään koneiden käyttäjiltä tietoa laite- tai laatuvi-oista. (Liker J.K. 2004, Luku 18)

Kemba-kävelyn aikana voidaan esimerkiksi kysellä kuulumisia ja siinä sivussa hankkia tietoa työn sujuvuudesta ja ongelmista. Lisäksi voidaan kysellä työta-voista ja siitä, miksi jokin asia tehdään tietyllä tavalla. Kemba-kävelyn ajatuk-sena on myös kehittää syvempää tietoa ja ymmärrystä eri tuotantoprosessien vaiheista. Lisäksi hukan ja arvoa tuottamattoman työn tunnistaminen ovat tär-keitä näkökantoja. (Liker J.K. 2004, Luku 18)

## **2.4 Tuottava kunnossapito**

Tuottavan kunnossapidon mallista käytetään puhekielessä myös nimitystä TPM (Total Productive maintenance). TPM on malli, jossa osaa kunnossapidollisesta vastuusta tuodaan koneiden ja laitteiden operaattoreille. Näin lisätään laitteiden käyttäjien tietämystä koneen todellisesta toiminnasta, joka osaltaan vähentää koneen vääränlaista käyttöä. Lisäksi se vapauttaa kunnossapito-osaston re-sursseja korkeamman tason tehtäviin.

([http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_5-4\\_tuottava\\_kun-nossapito.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kun-nossapito.html))

Tämä on käytännössä hieman pidemmälle vietyä ennaltaehkäisevää kunnossa-pittoa, jolla myös koneen luotettavuus paranee. TPM:n tavoite on toimitusvar-muuden nostaminen. Tämän mallin käyttöönotto vaatii suuren panostuksen yri-tykseltä, sillä sen on toteuduttava läpi koko organisaation. Tarvitaan koulutusta ja sitoutumisvalmiutta sekä rahaa.

([http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_5-4\\_tuottava\\_kun-nossapito.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kun-nossapito.html))

## **2.5 Juurisyysanalyysi**

Juurisyysanalyysin avulla pyritään nimensä mukaisesti pureutumaan prosessissa havaitun ongelman juurisyyn. Juurisyysanalyysi koostuu viidestä vaiheesta.

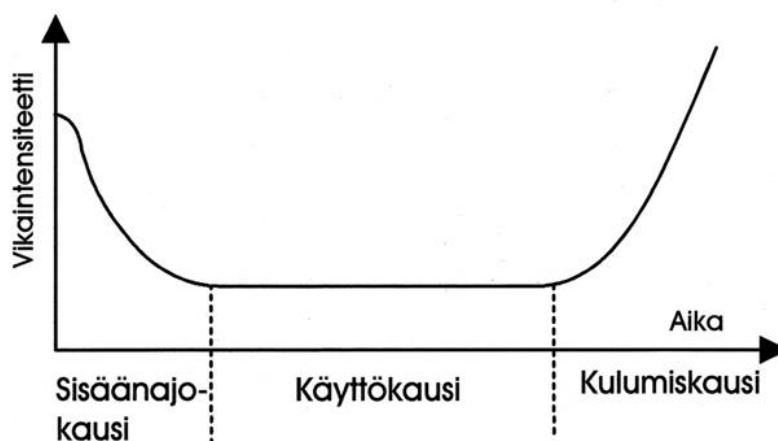
Ensimmäisessä vaiheessa määritellään ja rajataan ongelma. Toisessa vaiheessa kerätään tietoa ongelman aiheuttamista seurauksista ja sen syistä. Kolmannessa vaiheessa pyritään selvittämään ongelman syyseuraussuhdetta. Tämän jälkeen selvitetään ongelman juurisyy käyttämällä esimerkiksi viisi kertaa miksi -menetelmää. Juurisyyn selvittämiseen on olemassa myös muita menetelmiä, mutta viisi kertaa miksi -menetelmä on opinnäytetyön tilaajayrityksessä laajasti käytössä. Viimeisessä vaiheessa tehdään ratkaisuehdotus ja sen toteutus.

Kun juurisyitä selvitetään viisi kertaa miksi -menetelmällä, kysytään miksi-sanalla alkavia kysymyksiä, kunnes ongelman juurisyy saadaan selville. Kysymyksiä voi olla enemmän tai vähemmän kuin viisi, mutta viisi kysymyskierrosta on keskiarvo tarvittaville kysymyksille. Kysymyksiä kysytään niin monta, että saadaan selville perimmäinen syy ongelmalle. Päätelmänä voi olla jopa yllättäväkin syy.

### 3 Kunnossapito

Kunnossapito on käytännössä sijoitetun pääoman tuottavuuden optimointia. Kunnossapidon tehtävänä on olemassa olevan laitekannan parantaminen pienillä investoinneilla sen sijaan, että tehtäisiin suuria sijoituksia, joilla vanhaa laitekantaa korvataan vain uusilla laitteilla. Näin pääoman tuottavuutta voidaan parantaa.

Kunnossapidolla pyritään lyhentämään sisäänajokauden kestoa ja pidentämään koneen käyttökautta. Kunnossapidon tehtävänä on myös kulumiskauden nousevan trendin pitäminen mahdollisimman loivana. Näin koetetaan maksimoida koneen tuotantotehokkuus. Sisäänajokauden vikataajuuteen vaikuttavat erityisen paljon koneen toiminnallinen suunnittelu ja sen rakentamiseen käytettyjen osien laatu. Esimerkiksi erilaiset huollot pidentävät käyttökautta ja laitteen modernisoinnilla ja pieninvestoinneilla pyritään pitämään kulumiskauden trendiä ai-soissa. Tuotantolaitteiden elinkaarta voidaan kuvata niin sanotulla kylpyamme-käyrällä (kuva 2), jossa vikataajuus on esitetty ajan funktiona.



Kuva 2 vikataajuus esitettynä ajan funktiona.

([http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_6-2\\_johdanto\\_luottavuustekniikkaan.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-2_johdanto_luottavuustekniikkaan.html))

Tämä kuvaaja ei todellisuudessa ole aivan näin suoraviivainen, vaan käyttökauden vikataajuus saattaa vaihdella koneen käyttäjien ja laitteen toiminnallisten ominaisuuksien takia.

Modernissa kunnossapidossa kerätään tietoa, jonka pohjalta voidaan tehdä päätöksiä uusien laiteinvestointien tarpeesta. Esimerkiksi tilanteessa, jossa lyhyen aikavälin kunnossapitokustannukset lähenevät uuden laiteinvestoinnin kustannuksia, isompienkin investointien tekeminen voi olla perusteltua.

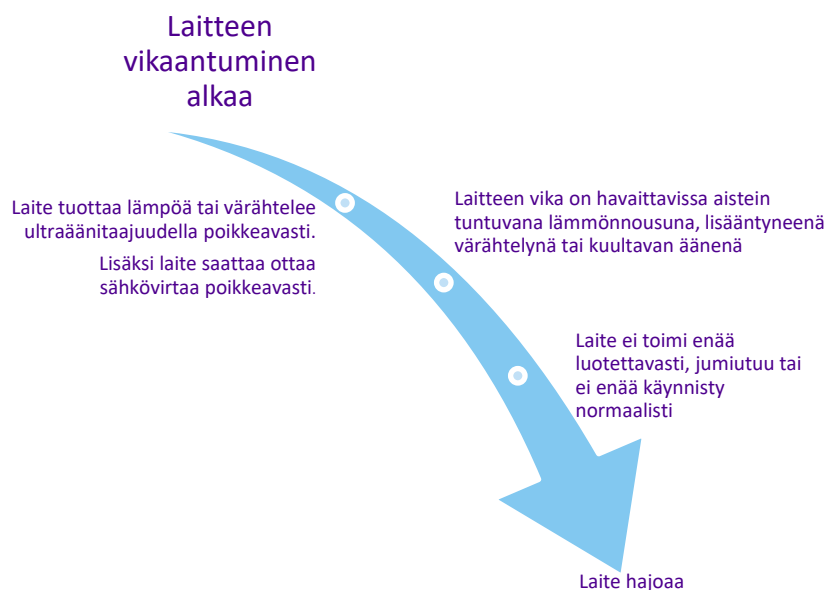
Kunnossapidolla pyritään vaikuttamaan tuotantolaitoksen kustannustehokkuuteen tuotannon käytettävyyttä, laatua ja nopeutta parantamalla. Tuotantolaitoksen kustannustehokkuudessa saatetaan harhautua laskemaan pelkästään tehtyjen työtuntien suhdetta tuotettuihin yksiköihin. Tämä on kuitenkin vain osa totuutta. Todellisuudessa työn osuus on noin viidesosa kokonaiskustannuksista. Tuotantotehokkuus kasvaa paitsi koneiden luotettavan toiminnan ja turvallisuuden ansiosta, mutta myös epäsuorasti koneiden käyttäjien työmotivaation kasvassa, kun työvälineet ovat kunnossa. (Lähde Tuottava kunnossapito)

LEAN-ajattelun pohjana on hukan pienentäminen. Kunnossapidolla voidaan vaikuttaa seisakkikustannuksiin ja hylkytuotteiden määrään parantamalla koneen tuottamaa laatua sekä automatisoimalla koneita myöskin koneiden asetusaikeisiin. Jotta hukkiin päästään käsiksi, on kerättävä tietoa päätöstentien pohjaksi. Pelkällä intuitiolla voidaan usein tehdä vääriä valintoja ja panostaa väärin toimenpiteisiin. Tätä varten laitekantaa on seurattava säännöllisesti toiminnallisten vikojen varalta. Vika alkaa usein tuottaa laatuongelmia jo ennen kuin jokin osa varsinaisesti hajoaa. Esimerkkinä tästä kuljetinhihna, joka ei enää kulje halutulla nopeudella, tai hydraulikkajärjestelmä, joka ei tuota enää luotettavasti haluttua painetta.

TPM-ajattelussa kunnossapito mielletään enemmänkin käynnissäpitona. Keskeinen ajatus ja ero perinteiseen toimintatapaan, jossa vain seurataan tiukasti kunnossapidon kustannuksia, on se, että kunnossapito mielletään tuloa tuottavana sijoituksena. Investoinnin tehokkuutta voidaan mitata KNL-laskennan, eli käytettävyys, nopeus ja laatu -laskennan avulla.

### 3.1 Vikaantumismekanismit

Vikaantumismekanismien tunteminen on lähtökohta kaikelle kunnossapidolle. Jos vikaantumismekanismeja ei tunnisteta, päädytään korjaamaan vain vikojen seurauksia, muttei niiden syitä. Alla olevassa kuvassa 3 on periaatteellinen esitys, missä laitteen luotettavuus on esitettyä ajan funktiona. Luotettavuutta voidaan parantaa, jos tunnetaan kyseisen laitetyypin vikaantumismekanismit.



Kuva 3 Periaatekuva laitteen rikkoutumisen prosessista.

### 3.2 Sähkölaiteistossa esiintyviä vikoja

#### Moottorin jumiutumistilanteet.

Kun esimerkiksi hydraulikkakäyttö tai hihnakuuljetin on jumissa, sähkömoottorin käynnistysmomentti saattaa ylittyä, eikä moottori lähde pyörimään. Syntyy tilanne, jossa moottorin käynnistysvirta kasvaa, ja käämitys alkaa lämmitä nopeasti. Normaalisti taajuusmuuttaja katkaisee virran, tai vanhemmissa laitteissa lämpösuoja, tai sulake laukeaa. Näin ei kuitenkaan välttämättä varsinkaan vanhoissa koneissa tapahdu. Tässä tilanteessa on ensiarvoisen tärkeää, että koneen



operaattorilla on ohjeistus katkaista moottorin syöttö, jos moottori kuulostaa ju-miutuneelta. (Mikkonen 2009, 14.1.1)

### **Staattorikäämityksen vikaantuminen**

Staattorikäämitys vanhenee varsinkin koneissa, joita käynnistellään tiheään ja tehdään paljon suunnanmuutoksia. Käytännössä vanheneminen tapahtuu eristeiden kulumisena. Kulumista edistävät myös tilanteet, joissa johdon mitoitus on tehty väärin ja ilmenee jännitteenalenemaa. Käytännössä usein käynnistettävä moottori ei pääse jäähtymään riittävästi, koska normaalisti moottorin jäähdytys vaatii moottorin käynnissä oloa. Tähän ongelmaan voidaan puuttua erillisen jäähdytysyksikön asentamisella.

Myös ilmankosteus tietyissä tilanteissa voi aiheuttaa käämityksen eristeiden en-enaikaista vanhenemista. Käämityksen eristekerroksen kostuttua riittävästi maavuotoja saattaa alkaa syntyä. Tästä syystä moottorin käämityksen tarkistaminen maavuotomittauksella voi olla tarpeen kohteissa, joissa tällaista voidaan epäillä tapahtuvan.

### **Staattorikäämitystä syöttävän johtimen liitoksen löystyminen tai katkeaminen**

Moottorin syöttökaapelin liitokset saattavat löystyä esimerkiksi värinän vuoksi, tai kontaktorissa saattaa olla vikaantunut kosketin. Nämä aiheuttavat yhden tai useamman vaiheen virtaepäsymmetriaa eikä moottori toimi oikein. Muiden vaiheiden virta alkaa kasvaa. Tämä aiheuttaa myös moottorin nopeaa kuumentumista. Tällaisia tilanteita pystytään estämään koneen liitosten säännöllisillä tarkastuksilla ja lämpökuvaamisella, sekä mittaamalla ja seuraamalla moottoreiden virtasymmetriaa. (Mikkonen 14.1.2)

## **Taajuusmuuttaja aiheuttaa transienttijännitteitä**

Taajuusmuuttajakäytöissä jännitteen nousunopeudet ovat jo muutenkin korkeammat kuin suorakäytöissä johtuen jännitteen pulssimaisuudesta. Transienttijännitteet rikkovat käämityksen yleensä kohdasta, jossa käämijohto menee staattorin levypaketin sisään. Moottori saattaa myös lämmetä, jos eristekerros on kulunut ja aiheuttaa kierrossulkutilanteen. Tällaisiin ongelmiin voidaan puuttua käyttämällä säännöllisesti esimerkiksi jännite- ja moottorianalysaattoria. Vaihtoehtoinen tapa on purkaa moottorin päät ja silmämääräisesti tarkistaa moottorin käämityksen lakkapinnan kunto, sillä alkava vaurio on nähtävissä käämityksen eristeen värimuutoksena. (Mikkonen 2009, 14.1.3)

## **Laakeriviat**

Taajuusmuuttajakäyttö saattaa indusoida moottorin akselin jännitteiseksi ja pahimmillaan jännite voi kasvaa niin suureksi, että se läpäisee laakerin rasvakalvon. Ajan myötä tästä saattaa seurata laakerin ennenaikaista kulumista. Tällaisiin tilanteisiin voidaan joutua, jos esimerkiksi vanha moottori halutaan kytkeä taajuusmuuttajakäyttöiseksi. Tilannetta voidaan pyrkiä estämään käyttämällä moottorissa eristettyjä laakereita, tai vaihtamalla moottori taajuusmuuttajakäyttöön sopivaksi. (Mikkonen 2009, 14.1.6)

## **Kontaktorien ja puolijohdekomponenttien viat**

Kontaktori aiheuttaa värähtelyä toimiessaan, ja ajan saatossa sähköliitokset saattavat löystyä. Tämä saattaa aiheuttaa kontaktorin toimintahäiriöiden lisäksi sitä, että sen kosketuspinnat kuluvat ja ne saattavat hitsautua kiinni toisiinsa, jolloin virta ei enää katkeakaan. Näihin vikoihin voidaan puuttua tarkistamalla säännöllisesti liitinten kireys ja vaihtamalla komponentit ennen niiden rikkoutumista. Esimerkiksi lämpökuvauksella saadaan melko hyvä kuva kontaktorin kunnosta.

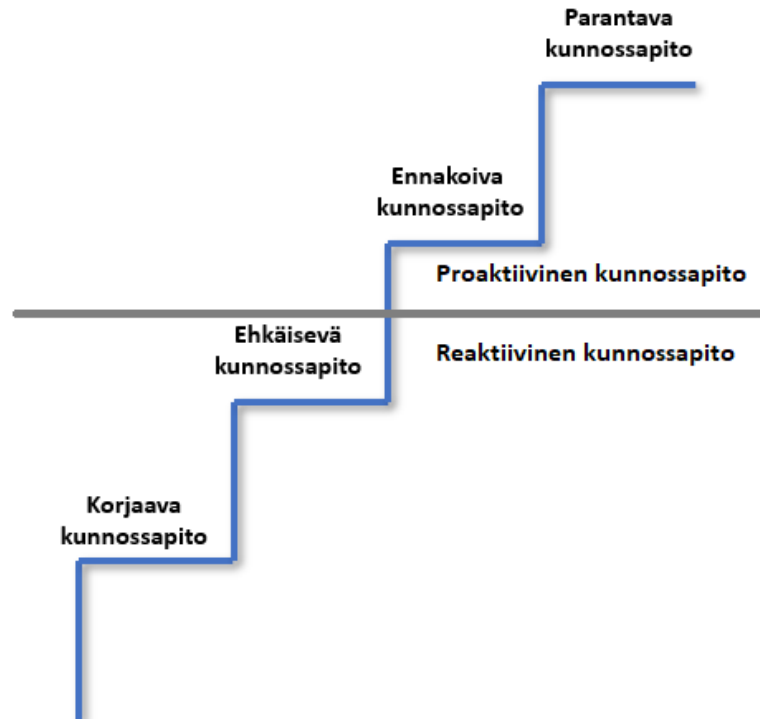
Puolijohdekontaktorit kestävät perinteistä kontaktoria useampia kytkentäkertoja, koska niissä ei ole lainkaan liikkuvia osia. Niiden muodostama lämpö voi aiheuttaa kuitenkin komponentteihin lämpökulumaa, joka lopulta rikkoo puolijohdekomponentin. Tällaisia kontakteja käytetään esimerkiksi isoissa uuneissa. Kontaktorien hyvällä jäädytyksellä niiden käyttöikä saadaan pidennettyä. Taajuusmuuttajat on myös hyvä asentaa niin, että niiden jäähdytys toteutuu riittävästi.

### 3.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajeilla voidaan helposti kuvata, millä tasolla jonkin tuotantolaitoksen kunnossapito on. Tässä esimerkissä käytetään porrastettua kuvausta (kuva 4). Alemmalla portaalla tietotaitoa ei vaadita paljoa. Mitä ylemmäksi portaikossa edetään, sitä monipuolisemmin koneen toimintamekanismien on oltava hallinnassa, ja sitä suunnitelmallisempaa laitoksen kunnossapidon on oltava. Kunnossapitolajien nimikkeistön määrittelee standardi SFS-EN 13306.

Kunnossapito voidaan jakaa myös reaktiiviseen kunnossapitoon, jossa ei aktiivisesti puututa vikojen syihin, vaan keskitytään lähinnä vikojen korjaamiseen. Kunnossapito voi kuitenkin olla myös proaktiivista eli konerikkojen taustalla vaikuttavat syy-seuraussuhteet pyritään aktiivisesti selvittämään.

Proaktiivisesta kunnossapidosta voidaan puhua, jos ehkäisevän kunnossapidon tapahtumia esimerkiksi kirjataan ylös ja niiden pohjalta vaikutetaan koneen huolto-ohjelmaan määräaikaisilla huoltotoimenpiteillä. Jos esimerkiksi koneelle tehdään määräajoin huoltotoimenpiteitä riippumatta todellisesta tarpeesta, ollaan vielä reaktiivisen kunnossapidon piirissä.



Kuva 4 Kunnossapitolajit portaittain esitettynä lisäksi proaktiivisen ja reaktiivisen kunnossapidon raja havainnollistettuna

Kunnossapitolajeja voidaan kuvata seuraavin esimerkein. Korjaavaa kunnossapitoa on esimerkiksi hehkulampunvaihto. Se suoritetaan vasta, kun laite ei enää toimi oikein. Tämän tyyppinen kunnossapitotoiminta vaatii melko vähäistä ymmärrystä laitteiston kokonaisvaltaisesta toiminnasta.

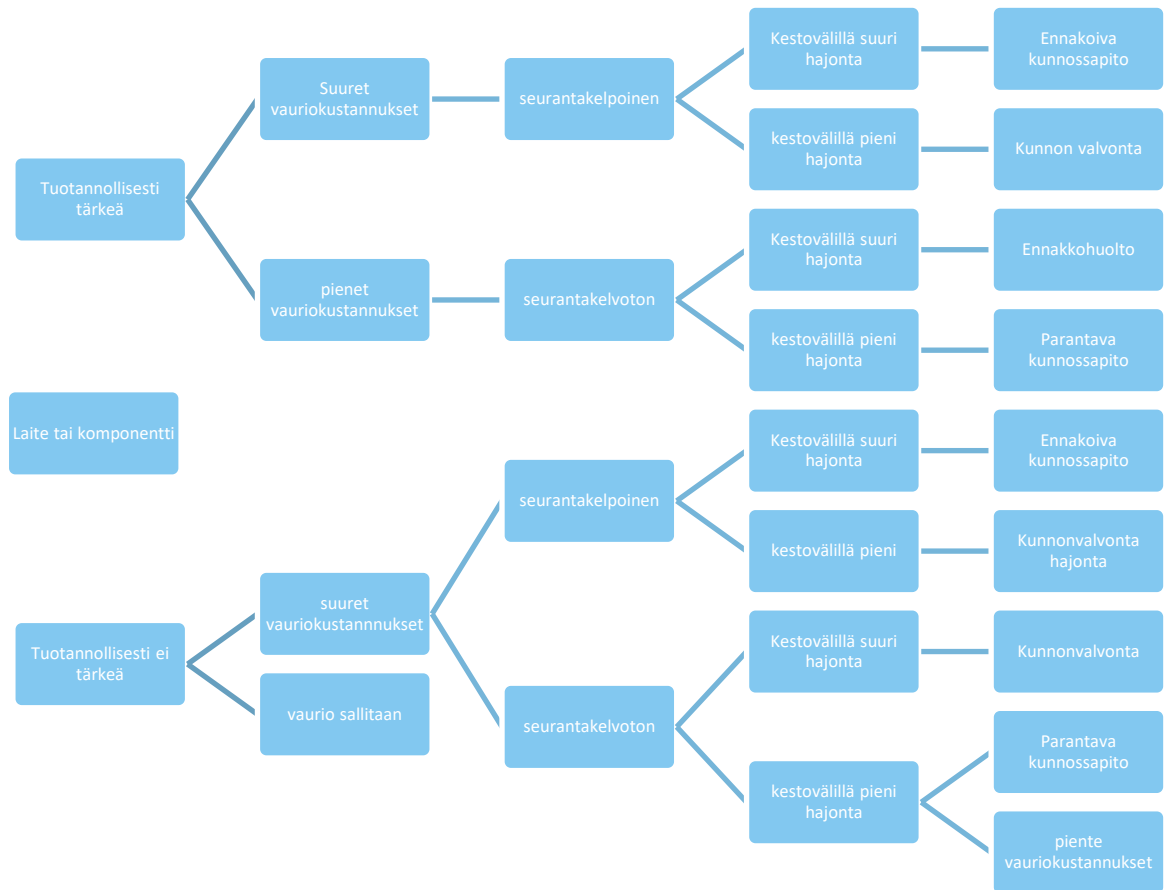
Ehkäisevää kunnossapitoa voi olla esimerkiksi moottorin laakerien voitelu. Tällainen kunnossapito vaatii jo jonkin verran osaamista. Esimerkiksi moottorin pyörimisnopeudesta täytyy osata päätellä, minkälainen voiteluaine kyseiseen tehtävään sopii.

Ennakoiva kunnossapito vaatii jo mittaamista ja tiedonkeruuta. Tällaista voi olla esimerkiksi laakerien kunnontarkkailu, tai lämpötilan tarkkailu säännöllisin väliajoin. Saatujen mittaustulosten pohjalta tehdään analyysi ja suunnitelma kunnossapidosta.

Parantavaa kunnossapitoa on esimerkiksi vanhan, mutta toimivan sähkömoottorin vaihtaminen paremman hyötysuhteen omaavaan sähkömoottoriin. Tässä tilanteessa on tunnettava oikeanlainen mitoitus koneen toiminnan erityispiirteet huomioiden.

Tuotantolaitoksessa jokaiselle koneelle laaditaan huolto-ohjelma ja riskiarvio, joiden pohjalta voidaan tehdä kunnossapitostrategian koneen vaatiman tason mukaisesti (kuva 4). Esimerkiksi korkean prioriteetin koneet kannattaa nostaa korkeammalle kunnossapitoportaalle, kun matalamman prioriteetin koneet voidaan haluttaessa pitää vain korjaavan kunnossapidon piirissä. Jos vaurion korjaamisen kustannukset ovat oleellisesti kalliimmat kuin koneen kunnossapitokustannukset, on syytä nostaa koneen kunnossapidon tasoa. Mikäli vikataajuus on määriteltävissä, eli vikaantuminen tapahtuu pienellä hajonnalla tietyin välein, on perusteltua tehdä ennakoivia toimenpiteitä.

Jos hajonta laitteiden kestoiässä on suurta, mutta silti mitattavissa, on pohdittava, voiko laitteelle suorittaa kunnonvalvontaa. Jos taas laitteen hajoaminen on hyväksyttävissä, voidaan laitetta ajaa hajoamiseen saakka ja korjata se vasta sen vaurioituttua. Kuvan 5 hierarkian mukaan voidaan nopeasti päätellä laitteen vaatima kunnossapitotaso.



Kuva 5 Laitteiston kunnossapitostrategian valinta (Mikkonen 2009, 8.0)

Esimerkkinä kuvan 5 strategian valinnasta voidaan käyttää sähköistä materiaalin kelainta. Jonka eri komponenteilla on eri vauriokustannukset. Tällöin koneen huolto-ohjelmaa laadittaessa voidaan osat komponenteille määritellä joko silmämääräisiä tarkastuksia tai mitattavia tarkastuksia sekä jättää osa kohteista tarkistamatta. Esimerkin kelain koostuu rungosta, pyörivästä akselista, moottorista ja taajuusmuuttajasta, joka on turvalaiteluokiteltu ja sisältää integroidun turvapiirin. Kone on tuotannollisesti tärkeä. Koneen rungossa vaurio voidaan sallia sillä vaurion korjauskustannukset ovat pienet. Akseli sisältää laakerit ja laakerien kestolla iällä on pieni hajonta, jolloin näille kannattaa suorittaa määräajoin kunnonvalvontaa. Moottorin kuntoa ei mitata eikä moottorin hinta kyseisessä kokoonpanossa ole merkittävä. Voidaan moottorin vauriot sallia. Taajuusmuuttaja on erikoisvalmisteinen ja sisältää kelainohjelmiston sekä turvaominaisuudet. Tämä johtaa siihen, että ennakoiva huolto on perusteltua. Taajuusmuuttajan huolto-ohjelma sisältää säännöllisen puhdistuksen ja mittauksia määräajoin.

### 3.2 Kunnossapidon tunnusluvut

Kunnossapidon tunnuslukujen seuraaminen on tärkeää, jotta kunnossapidon prosesseja voidaan kehittää. Tunnusluvuilla saadaan esitettyä tehdyt työt numeerisessa muodossa, jolloin työn hallinnointi helpottuu. Tunnusluvuilla mitataan kunnossapidon merkitystä yrityksen liiketoiminnassa pääoman avulla. Mitä suurempi painoarvo tuotannon koneilla ja laitteilla on liiketoiminnassa, sitä suurempi on myös kunnossapidon merkitys. Liiketoiminnan pääomavaltaisuus prosentteina voidaan laskea tuotantokoneiden ja mahdollisen kiinteistön arvon ja liikevaihdon suhteesta (kaava 1). Laitepääoman kustannukset lasketaan ynnäämällä kunnossapidon kustannukset, poistot ja korot keskenään (kaava 2). (PSK 7501)

Mitä suurempi osa yrityksen pääomasta on sidottu käyttöomaisuuteen, sitä merkittävämpää on pitää laitteet asianmukaisessa kunnossa ja pidentää niiden elinkaarta sekä käytettävyyttä.

$$\text{Liiketoiminnan pääomavaltaisuus} = \frac{\text{Käyttöomaisuus}}{\text{Liikevaihto}} \quad 1$$

Laitepääoman kustannusten seuranta on tärkeää myös siksi, että kustannusten seurannan perusteella voidaan tehdä päätöksiä laitekannan huollon ja uusien investointien suhteen.

$$\begin{aligned} \text{Vuotuiset laitepääoman kustannukset} = & \quad 2 \\ \text{kunnossapitokustannukset} + \text{poistot} + \text{korot} \end{aligned}$$

Tunnusluvut jaetaan eri tasoihin, sillä käytännöntyötä tekevän operatiivisen tason työntekijällä budjetointi ja tuotantotehokkuus eivät ole merkittävässä roolissa. Tunnuslukujen jakamiseen on olemassa erilaisia malleja.

#### 3.2.1 Tuotantojärjestelmän tehokkuus

Suorituskyvyn mittaaminen on tärkeä tuotantolaitoksen sisäinen mittari, jolla pystytään osittamaan tehtyjen kunnossapito- ja investointitoimenpiteiden vaikutus tuotantolaitoksen toimivuuteen. Suorituskyvyn vaikutus on suoraan verrannollinen tuotantolaitoksen toimitusvarmuuteen. (Laine 2010, 2.1)

Tuottavan kunnossapidon mallissa tehokkuutta mitataan tuotannon kokonaistehokkuudella eli KNL-luvulla (englanniksi OEE, Overall Equipment Effectiveness). Luku saadaan kertomalla keskenään laitteen tai tuotantoyksikön käytettävyys, nopeus ja laatu. Nämä luvut on helppo jalkauttaa laitoksen toiminnanohjausjärjestelmän osaksi. Kun lukuja seurataan jatkuvasti huolella, on aiempaa yksinkertaisempaa löytää parannuskohteita tuottavuuden parantamiseksi. (Laine 2010, 2.1)



Koneen käytettävyys on se aika, jona kone on käytettävissä ilman vikoja. Tähän pysytään vaikuttamaan ennakkohuollolla ja koneen oikealla käytötavalla.

(Laine 2010, 2.1)

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{tehollinen tuotantoaika}}{\text{suuniteltu tuotantoaika}} \quad 3$$

Koneen nopeudella tarkoitetaan sitä tuotantonopeutta, jolla konetta pystytään ajamaan nykyisillä resursseilla. Nopeuteen vaikuttaa esimerkiksi koneen helppo parametointi nimikkeiden vaihdon yhteydessä, jolla vähennetään asetusaikaa. Tähän voidaan vaikuttaa parantavan kunnossapidon toimenpitein, esimerkiksi automatisoimalla tuotantokonetta. (Laine 2010, 2.1)

$$\text{Nopeus} = \frac{\text{tuotantomäärä}}{\text{optimaalinen tuotantomäärä} * \text{tehollinen tuotantoaika}} \quad 4$$

Tuotantokoneen tuottama laatu on olennaisen tärkeä osa-alue hukan pienentämisessä ja asiakastyytyväisyyden ylläpitämisessä. Koneen on toimittava oikein ja sitä on osattava käyttää, jotta tuotettavien nimikkeiden laatu saadaan pidettyä hyväksyttävällä tasolla. Laatua voidaan parantaa esimerkiksi automatisoimalla koneen säätöjä ja luomalla reseptejä eri tuotettaville nimikkeille, jolloin saadaan standardoitua koneen asetusarvot ja vähennetään virheiden mahdollisuutta.

(Laine 2010, 2.1)

$$\text{Laatu} = \frac{(\text{Tuotantomäärä} - \text{Virheelliset tuotteet})}{\text{tuotantomäärä}} \quad 5$$

### 3.2.2 Tuotantojärjestelmän luotettavuus

Tuotantojärjestelmän luotettavuuden tunnusluvuilla seurataan häiriökehitystä ja kunnossapidon vaikutusta luotettavuuden saavuttamisessa. Lisäksi niitä voidaan käyttää muiden tunnuslukujen kanssa, kun arvioidaan kunnossapidon vaikutusta tuotannon laatuun. Lisäämällä kunnossapidon panostusta voidaan laatu-  
tukustannuksia pienentää. Panoksen rajahyöty on pienenevä. (PSK 7501)

Tuotannon pysäyttävä keskimääräinen odotusaika (MWT) kuvaa sitä aikaa, jonka tuotanto on keskimäärin valittuna ajanjaksona ollut pysähdyksissä häiriön sattuessa.

$$\text{Keskimääräinen odotusaika} = \frac{\text{odotusaikojen summa}}{\text{häiriöiden lukumäärä}}$$

Keskimääräinen korjausaika (MTTR) kuvaa aikaa, joka keskimäärin menee häiriön korjaamiseen. Tähän voidaan puuttua tunnistamalla korjausprosessista hukkia ja pullonkauloja, jolloin korjaamiseen kuluva aika pienenee.

$$\text{Keskimääräinen korjausaika} = \frac{\text{korjausaikojen summa}}{\text{häiriöiden lukumäärä}}$$

Keskimääräinen vikaväli (MTBF) kuvaa vikataajuutta tuotantolaitoksessa.

$$\text{Keskimääräinen vikaväli} = \frac{\text{kokonai aika}}{\text{häiriöiden lukumäärä}}$$

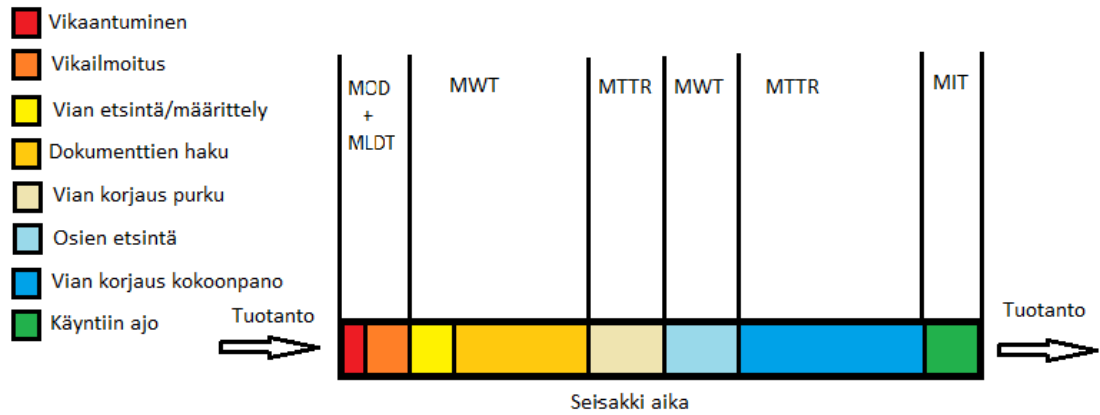
Häiriökorjaustyön osuudella voidaan seurata prosentuaalisesti häiriökorjaustyön osuuden suhdetta muuhun kunnossapitotyöhön. Luonnollisesti tätä osuutta olisi pyrittävä pienentämään ennakoivalla ja ennaltaehkäisevällä huollolla.

$$\text{häiriökorjaustyön osuus} = \frac{\text{häiriökorjautyo}}{\text{kunnossapito}}$$

Toiminnan hallittavuus kuvaa prosentuaalisesti ylityön ja odottamattomien töiden osuutta kokonaiskunnossapitotyöstä. Tätäkin lukua tulisi pyrkiä pienentämään.

$$\text{toiminnan hallittavuus} = \frac{\text{ylityö} + \text{odottamattoman työn osuus}}{\text{kunnossapitotyö}}$$

Vikaseisakki voidaan jakaa osiin (kuva 6), jolloin parannettavia kohteita voidaan tunnistaa. Esimerkiksi LEAN-menetelmillä voidaan parantaa dokumenttien, työkalujen ja varaosien hallittavuutta. Kun ne on järjestetty hyvin, etsimiseen ei kulu turhaa aikaa.



Kuva 6 Vikaseisakin kokonaisajan jakautuminen komponentteihin (Laine 2010, 3.1.3)

Kun vikaseisakki on jaettu komponentteihin, voidaan pyrkiä pienentämään kunkin komponentin kestoaikaa. Lean menetelmällä voidaan vaikuttaa esimerkiksi suoraan varaosien etsimiseen kuluvaan aikaan järjestelemällä osat hyvin. Lisäksi dokumentaation hakua voidaan nopeuttaa organisoimalla dokumentit esimerkiksi konenumeroittain ja tyypeittäin. Vian korjaamista voidaan nopeuttaa koulutuksella ja harjoittelemalla.

#### 4 Käytännön toteutukset kohdeyrityksessä

Kohdeyrityksen kaksi tehdasta on yhdistetty yhdeksi tuotantoyksiköksi. Aikaisemmin toisella tuotantoyksiköllä oli erillinen kunnossapito, ja toisessa kunnossapito oli lähinnä operaattorien ja erikseen tilattujen huoltajien vastuulla. Molemmissa tapauksissa kunnossapito oli lähinnä kokemusperäistä ja itseopittua. Koneiden huollosta ei ole juurikaan ollut keskitettyä tiedon keruuta. Joitain lähteitä on taltioitu, jotta varaosatoimittajat olisivat muistissa.

Koneissa oli myös jopa vaarallisia asennuksia. Näihin asennuksiin on puututtu tiedon lisääntyessä. Sähkölaitteiston osalta tiedon paraneminen on johtunut muun muassa siitä, että uuden tuotantotilan sähkölaitteisto vaatii Sähköturvallisuuslain (16.12.2016/1135) mukaan käytönjohtajan ja näin sähköalan vaatimukset ovat alkaneet täyttyä. Tuotantolaitoksessa sähkökeskukset kuvataan säännöllisesti vuosittain lain määräämän joka kolmannen vuoden sijaan. Jokaisella kuvauskerralla on löytynyt korjattavia tai parannettavia asioita.

Olen työssäni päässyt seikkaperäisesti tutustumaan käytännön sähkötöiden osalta myös käytönjohtajamme tekemään työhön ja valvonut käytönjohtajan määräämien töiden täytäntöönpanoa. Olen myös toiminut muuntamohuolloissa käytönjohtajan apuna tekemässä laitteiston jännitteettömäksi ja todennut tämän, kytkenyt työmaadoituksia ja esimerkiksi asentanut erotuslevyjä. Olen myös suorittanut katkaisijan, erottimen ja varoke-erottimen toimintakokeet sekä näiden kosketinpintojen ja nivelten voiteluja.

Yrityksessä päätettiin myös käynnistää yhdistymisen jälkeen LEAN-hanke, joka on edennyt pikkuhiljaa koskemaan kaikkia yrityksen toimintoja. Prosesseja on alettu mallintamaan ja kehittämään.

## 4.1 Alkutilanne

Kohdeyrityksen kunnossapito oli pääsääntöisesti reaktiivista ja tehtävää riitti, koska konekanta oli suurimmaksi osaksi vanhaa ja yksittäisiä koneita oli paljon. Koneiden lukumäärä toisaalta kompensoi konerikkojen vaikutusta, koska yhden koneen rikkoontuessa työtä voitiin jatkaa toisella koneella. Samalla ylimääräiset koneet aiheuttivat kuitenkin hukkaa viemällä arvokasta lattiapinta-alaa. Kun työntekijä siirtyi koneelta toiselle, asetukset tuli tehdä uudelleen, joka vei turhaan aikaa.

Kunnossapitoa työllisti myös se, että koneiden huollot tilattiin kunnossapidolta lähinnä puhelimitse ja suoraan selittämällä tilanne aina yksittäiselle asentajalle. Tämä kuormitti kunnossapitohenkilökuntaa ja usein myös joitain töitä unohtui tehdä tai jäi tekemättä. Myös huoltotöiden priorisointi oli vaikeaa, kun aina ei ollut selvää, mikä tehtävä oli kulloinkin tärkein. Kommunikaatio ei toiminut kunnolla tuotannon ja kunnossapidon välillä.

Aikahukkaan ja työn organisoimiseen on haluttu puuttua ja siksi yritykseen järjestettiin kunnossapitoinsinöörin toimi. Samalla kunnossapitoa alettiin kehittää reaktiivisesta mallista kohti proaktiivista mallia. Ensiaskeleena on ollut tiedonkeräys keskitetysti koneiden vioista. Myöhemmin on myös alettu analysoida toistuvia vikoja ja koneiden käytettävyydestä. Lisäksi on alettu tekemään hallittuja ja aikataulutettuja seisakkihuoltoja, joissa koneiden vikoja on käyty laajemmin ja johdonmukaisemmin läpi. Esimerkiksi sellaisia koneiden vikoja, jotka eivät ole keskeyttäneet tuotantoa, on kirjattu ja tilattu vikojen korjaamiseen tarvittavia varaosia jo etukäteen. Työskentely ennakoivasti on mahdollistanut töiden aikataulutuksen ja parantanut kunnossapidon hallittavuutta.

Kun yritys on pyrkinyt edelleen kohti proaktiivista mallia, koneisiin on alettu laatia ennaltaehkäiseviä huolto-ohjelmia, joiden pohjalta koneita voidaan siirtää asteittain käyttäjäkunnossapidon piiriin. Huolto-ohjelmat on laadittu niin, että niissä pyritään seikkaperäisesti opastamaan kunkin huoltotoimenpiteen kulku ja tarvittavat

työvälineet sekä materiaalit mahdollisimman selkeästi. Alkuun on sovittu, että koneiden käyttäjät huolehtivat koneiden siisteydestä ja mahdollisesti myöhemässä vaiheessa myös voitelusta ja sen kaltaisista töistä.

Myös sähkötyöturvallisuuteen panostettu. Esimerkiksi niin, että sulakkeen tai valaisimen saa nyt vaihtaa vain sähköalan ammattilainen tai opastettu henkilö. Lisäksi sähkötöitä ei saa tehdä tikkailla. Tehtaalla on käytössä saksilavanostin ja tilanteen niin vaatiessa voidaan myös vuokrata rakennustelineitä tai kuukulkija.

Toisaalta koneissa on jo jossain määrin ollut myös käyttäjän tekemiä tuottavan kunnossapidon elementtejä, kuten esimerkiksi kuljettimien pituusmitan tarkastuksia. Vikojen selvittämiseen kunnossapitohenkilökunta on osallistunut vasta, kun mittauksissa on havaittu poikkeamia. Henkilökunta on esimerkiksi tarkistanut an- turit, moottorien kytkennät ja laskurien toiminnan.

Kunnossapidon työpisteellä käynnistettiin myös 5S-projekti, joka alkoi alkuvuodesta 2019. Projektille annettiin toteutusaikaa koko loppuvuodeksi niin, että projekti etenee kahden tunnin viikoittaisella panostuksella eteenpäin. Koska nykyiset kunnossapidon resurssit ovat olleet melko niukat, yrityksessä päädyttiin tähän uudenlaiseen ratkaisuun.

Jo nyt on havaittavissa, että työkalut ja varaosat löytyvät nopeammin, kun niillä on oma nimetty paikkansa. Esimerkiksi varaosavarastosta poistettiin kaikki turha, joka osaltaan helpotti varaosavaraston hallinnointia (Kuva 7).

Lisäksi tuotantokoneiden relekantoja on vähitellen vaihdettu yhdenmukaiseksi, jotta eri tyyppisten releiden varastoitavaa määrää on voitu vähentää ja saatu näin aikaan säästöjä varastointikustannuksissa. Lean-metodeilla olemme siis jo käytännön työssä säästäneet niin aikaa kuin rahaakin.



Kuva 7: Pien sähkötarvikkeet poistettiin myyntipakkauksistaan ja lajiteltiin rasi-oihin koon ja tyypin mukaan.

Yrityksessä otettiin loppuvuodesta 2019 käyttöön myös kember-kävelyt. Jo ensimmäinen kember-kävely tuotti 12 vika- ja turvallisuushavaintoa, joista luotiin järjestelmään kunnossapitotehtävä. Kemberkävelyitä pyritään toteuttamaan viikottain.

Vikatietoja on alettu kerätä. Myöhemmin yrityksen intranettiin avattiin vikailmoitusta varten lomake, jolla työt tilataan. Tällä on ollut ratkaiseva merkitys luotettavien vikatiетоjen keräämisessä. Vikailmoitus vastaanotetaan ja käsitellään, jonka jälkeen vian korjaamiseksi luodaan tarvittaessa tehtävä. Tehtävään voidaan nimetä niin tekijä kuin alustava aikataulutuskkin. Lomakkeen tiedot ovat avoimesti kaikkien työntekijöiden nähtävissä, jolloin kaikilla on mahdollisuus nähdä kulloisenkin vian käsittely ja suunnitelma sen korjaamiseksi.

Yhtenä kunnossapidon mittarina on alettu seuraamaan järjestelmän kautta tehtyjen vikatoiden suhdetta järjestelmän ulkopuolelta tulleisiin työpöytätyöihin. Pyrkimys on siihen, että kaikki pyynnöt tulisivat järjestelmän kautta, jotta töiden suunnittelu olisi mahdollista. Järjestelmän kautta tilatuista töistä saadaan myös aikaleimat ja tehdyt toimenpiteet saadaan kirjattua.

Myös juurisyyanalyysijä on alettu toteuttaa, jolloin on päästy kiinni vikojen todellisiin syihin ja saatu vikataajuutta pienennettyä. Alla esittelen opinnäytetyön kohdeyrityksessä tapahtuneen esimerkkitalanteen, jossa koneen operaattori teki ilmoituksen tuotannon pysäyttäneestä laiteviasta. Tästä tehtiin nopea juurisyyanalyysi.

*Ei saada päivän tuotantoa tehtyä.*

*Miksi?*

*Pumput ei taaskaan toimi.*

*Miksi?*

*Ne oli taas väärin huollettu.*

*Miksi?*

*Yritys, jolta huollot tilataan, ei huolla niitä kunnolla.*

*Miksi?*

*Ne vain korjaavat yhden asian ja tulevat ensiviikolla korjaamaan toisen, tai asentajat tekohengittävät vanhoja osia.*

Ongelma ratkaistiin niin, että omat huollon työntekijät koulutettiin korjaamaan pumppuja, jolloin niille saatiin pidempi huoltoväli. Lisäksi säästettiin ulkopuolisen asentajan tuntiveloituksessa merkittävä summa. Lisäksi oma tietämys kyseisen laitteen huollosta on lisääntynyt. Lisääntyneen laitetuntemuksen pohjalta osataan tehdä paremmin päätöksiä kyseisen laitteen huollon suhteen. Esimerkiksi osaamme jo itse ennakoida laitteen vikataajuutta ja tilata varaosia tämän mukaan etukäteen.

Yrityksessä tehdään nyt säännöllisesti lämpökuvauksia, joiden tulosten perusteella huoltoja voidaan kohdentaa. Esimerkiksi eräessä lämpökuvauksessa havaittiin muuntamossa lievä lämmön nousu toisiopuolen liitoksessa (kuva 8).



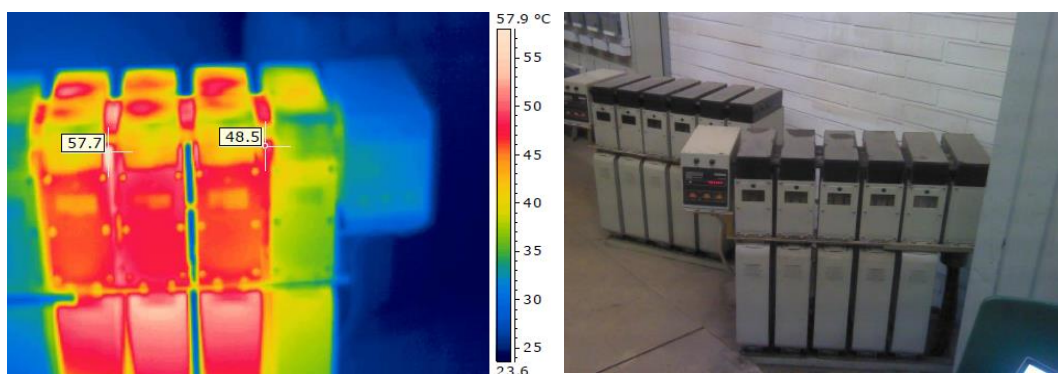
Virran jakautuminen vaiheiden välillä oli symmetrinen, joten lämpöeron pääteltiin johtuvan liitoksesta. Liitos avattiin, puhdistettiin ja kiristettiin uudelleen.



Kuva 8 muuntajan toisiopuolen lämpökuva

Lämpökuvauksissa havaittiin myös vanhan kompensointilaitteiston lämpenemä ja ohjauksen toimimattomuus (kuva 9), jonka perusteella tehtiin sähkön laatumittaukset. Mittaukset suoritti Avitor Sähkö Oy. Mittaustuloksista selvisi, että kun kompensointilaitteisto on pois päältä ja tuotanto on käynnissä, pätötehon määrä on, noin 300 kW ja loistehon huippu 145 kVar. Tähän kun vielä huomioitiin muuntajan loisteho 50 kVar, saatiin kompensoinnin tarpeeksi noin 225 kVar.

Sähköyhtiön toimittamasta taulukosta selvisi, että kiinteistö on yöaikaan 170 kVar ylikompensoinnilla. Vanhan kompensointilaitteiston teho oli alle 70 prosenttia nimellisestä tehostaan. Sähkölaitos ilmoitti myös alkavansa jossain vaiheessa periä ylikompensoinnista maksua, jonka suuruus tässä tapauksessa olisi noin 1000 euroa kuukaudessa. Näiden tietojen pohjalta kiinteistön tilattiin uusi estokelapari.



Kuva 9 kompensointilaitteiston lämpökuvauus

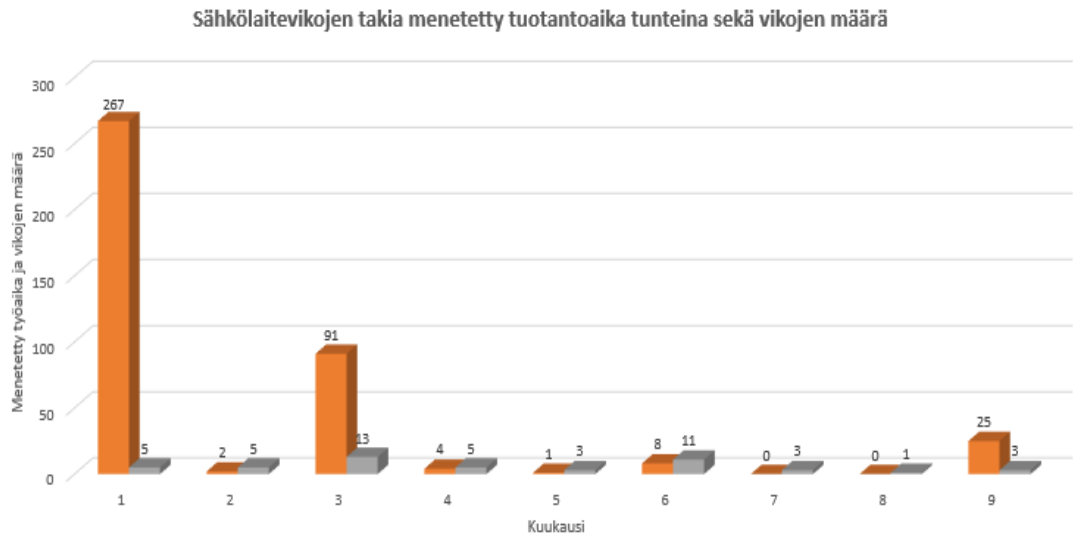
### Vikatietojen kerääminen käytännössä

Kohdeyrityksen uudessa proaktiivisessa huoltomallissa kaikki vikatieto kerätään Microsoft Excel -ohjelmalla luotuun taulukkoon (Liite1). Taulukkoon on kerätty viikailmoituspäivä, koneen numero, osasto, ilmoitettu ongelma sekä vian vaikutus tuotantoon. Lisäksi taulukossa on kirjattuna ongelman syy ja kuvaus toimenpiteistä ongelman korjaamiseksi sekä korjauksen aloitus- ja lopetusajankohdat.

Taulukon (Liite 1) avulla on mahdollista laskea karkeasti koneiden käytettävyyttä (kuva 10). Karkea arviointi johtuu siitä, ettei käytettävyyden laskussa oteta huomioon koneen todellista käyttöastetta, vaan ainoastaan vian ilmenemisen ja sen korjaamiseen kuluneen ajan erotus. Tiedonkeruun avulla on päästy myös toistuvien vikojen jäljille entistä paremmin. Näitä tietoja hyödynnetään laitteiden toimintaa parantavien kunnossapitotoimenpiteiden suunnittelun ja pieninvestointipäätösten pohjana. Esimerkiksi erään koneen vikataajuus oli huomattavan suuri, joten se päätettiin modernisoida täysin. Modernisoinnin hinta oli kuitenkin vain murto-osa uuden koneen hinnasta.

Lisäksi säännöllisesti toistuvat viat voidaan korjata jo ennen niiden ilmenemistä. Tällaisten vikojen löytäminen vaatii kuitenkin pitkäjänteistä tiedonkeruuta, eikä niitä näin lyhyellä aikavälillä ole monia kertoja vielä kertynytkään. Taulukon avulla voidaan myös päästä koneen vääränlaisen käytön jäljille, jolloin oikeanlainen käyttötapa kirjataan kyseisen laitteen perehdytysohjeeseen, mikäli se ei vielä

siellä ole. Näin opimme ohjeistamaan työntekijöitä paremmin ja voimme estää vääränlaiset käyttötavat seuraavilla kerroilla.



Kuva 10 kuvaa sähkölaitevioista johtuneita käytettävyystappioita vuodelta 2019.

Töiden tiedon keräämisellä ja analysoinnilla päästään myös kiinni vikojen todellisiin syihin. Esimerkiksi sähkölaitteen rikkoutuminen on usein seurausta laitteen mekaanisesta viasta.

Eräänkin elinkaareltaan vanhan ja erittäin suuren käyttöasteen koneen seisakkitunnit huoltojen osalta putosivat, kun teimme analyysin koneessa yleisimmin esiintyvistä vioista koneen käyttäjien konsultoiden. Vikatietoja olimme keränneet kolme kuukautta, jonka jälkeen korjasimme konetta keskitetysti vikojen juurisyihin pureutumalla. Toimenpiteiden jälkeen koneen seisakkitunnit olivat seuraavan kahdeksan kuukauden aikana vain 50% siitä mitä ne olivat alkuun kolmen kuukauden aikana. Tehtyjen korjausten jälkeen kone seisoi vikojen takia kuukaudessa keskimäärin noin 81% vähemmän aikaa kuin aikaisemmin.

Tehtaassa on tehty konekohtaiset sarakkeet myös kirjanpito-ohjelmaan, jolloin koneiden kuluja voidaan seurata hyvin tarkasti. Tämä auttaa budjetin seuraami-

sessä ja. Aikaisemmin kirjanpidossa kuluja seurattiin lähinnä konetyypeittäin, laa-  
timisessa jolloin tarkan budjetin laatiminen oli vaikeaa ja usein myös pelkkään  
arvioon perustuvaa. Konekohtainen kuluseuranta auttaa myös selvittämään kan-  
nattaako jotain konetta jatkuvasti korjata vai olisiko kannattavampaa vaihtaa stra-  
tegiaa.

## 4.2 Tavoitetila

Kunnossapidon nykytila ja tulevaisuuden tavoite mahdollistavat laadukkaiden  
tuotteiden valmistamisen mahdollisimman hyvällä virtausnopeudella mahdolli-  
simman kustannustehokkaasti. Yrityksellä on selkeä kasvustrategia. Koska ky-  
seessä on tuotantolaitos, kasvu vaatii tuekseen myös hyvän kunnossapitostra-  
tegian.

Oma ehdotukseni kunnossapidon kehittämiseksi perustuu Jorma Järviön kun-  
nossapito kirjassa esitettyyn malliin. Jotta kunnossapidon eri osa-alueisiin voi-  
daan keskittyä, ne täytyy ensin voida tunnistaa. Vasta sitten voidaan kehittää  
toimiva kunnossapitostrategia. Yksi hyvistä työkaluista on kuvassa 11 esitetty  
pyramidikaavio. Kaavio on jaettu tasoihin yhdestä viiteen. Tasoja voidaan kehit-  
tää yhtä aikaa, mutta ylemmälle tasolle siirryttäessä alempi taso tulisi olla kui-  
tenkin hallinnassa, jotta se tukisi seuraavalle tasolle siirtymistä.

Tasolla 1 olemme tehneet töitä ehkäisevän kunnossapidon käyttöönoton eteen  
sekä kehittäneet töiden hallinnointia ja opetelleet töiden priorisointia. Lisäksi  
olemme alkaneet aikatauluttaa töitä, mikä on edesauttanut toiminnan suunnitel-  
mallisuuden kehitystä. Tuotantolaitoksessa on myös otettu käyttöön laatujohta-  
misjärjestelmä, johon on rakennettu alkeellinen toiminnanohjaus kunnossapi-  
dolle. Suunnitteluun olemme panostaneet päivittäisellä kunnossapidon aamupa-  
laverilla. Lisäksi kommunikaatiota tuotannon suunnittelun kanssa on pyritty pa-  
rantamaan aikatauluttamisen mahdollistamiseksi.



Kuva 11 Pääoman hallinnoinnin eri tasot mukaelma (Järviö et al 2007,97)

Olemme edistyneet toiselle tasolle sen jälkeen, kun olemme alkaneet kerätä vikatietoja keskitetysti ja olemme voineet analysoida vikahistoriaa. Tämä on myös parantanut vikojen syiden tarkempaa analyysiä. Myös ammatillista kehitystä on tuettu mahdollistamalla opiskelu työn ohessa. Kehitettäviä puolia on edelleen kunnonvalvonnassa ja mahdollisesti myöhemmin käyttöönotettavassa ennustavassa kunnossapidossa.

Kolmannen tason toimenpiteinä ovat olleet kunnossapidon ja käytön integraatio. Olemme muun muassa harjoitelleet kunnossapidon ja koneenkäyttäjien välistä kommunikaatiota. Esimerkiksi koneeseen, jossa on todettu useita eri käyttöä haittaavia vikoja, on voitu suunnitella seisakki. Sitten koneenkäyttäjien kanssa on käyty kootusti läpi kaikki viat, joita he koneessa ovat havainneet. Tämän jälkeen on tehty suunnitelma ja ilmoitus toteutuskelpoisten korjausten ja paran-

nusten viemästä ajasta. Kun kone on saatu kuntoon, on kunnossapito osallistunut koneen ylös ajoon. Työ on siis merkitty valmiiksi vasta, kun koneenkäyttäjä on hyväksynyt kunnossapidon toimet koneella. Yrityksessä on myös käyty keskusteluja mahdollisen tuottavan kunnossapidon (TPM) käyttöönotosta.

Tuottavan kunnossapidon malli on kustannustehokkain laitoksen kunnossapitoa pitkällä tähtäimellä ajatellen, mutta se vaatii melko suuren alkuponnistuksen. Lisäksi malliin siirtyminen vie paljon aikaa. Olemme nyt aloittaneet tämän ja saaneet johdon tuen. Olen päässyt pohtimaan kunnossapidon avainluku mittariston sisältöä, jonka olemme sitten esimieheni kanssa arvioineet ja aikatauluttaneet jalkautussuunnitelman. Tuottavan kunnossapidon ajatuksena on, että koneiden käyttäjät tekevät itse usein toistuvat huollot, kuten esimerkiksi laakereiden voitelun ja koneen puhdistuksen.

Luotettavuuden hallinnan osalta arvonmuodostuksen analysointia on kehitetty LEAN-menetelmillä. Esimerkiksi kunnossapitohenkilöstö analysoi viikoittain edellisen viikon kolme isointa hukkaa ja raportoi ne kuukausitasolla eteenpäin. Lisäksi koneista kerättyjen vikatietojen ja tuotannossa esiintyvien materiaaivirtauksen pullonkaulojen pohjalta on tehty päätöksiä joidenkin koneiden nostamisesta korkeammalle prioriteetille. Näin niihin voidaan vaihtaa kulutusosia perustuen osien laskennalliseen ikään ja voimme vähentää yllättävien konerikkojen syntymistä.

Luotettavuus, eli RAM-analyysejä, ei ole toistaiseksi tehty, mutta tämäkin olisi jo kerätyn vikahistoriatiedon pohjalta mahdollista. Koneille ei ole myöskään tehty eikä vaadittu laitetoimittajilta elinkaarianalyysiä. Näissä olisi siis vielä nähtävissä parannettavaa.

Kunnossapidosta on myös olemassa standardi SFS-EN 15628. Standardi määrittelee maailmanluokan kunnossapidon (WCM) neljä eri pätevyystasoa, jotka ovat asentaja, työnjohto, suunnittelija ja päällikkö. Tämän standardin mukaista koulutusta tarjoavat lähinnä kaupalliset yritykset, sillä perinteisesti kunnossapidon koulutusta on ollut Suomessa hyvin niukasti tarjolla (Taitotalo.fi,2020).

Henkilöstön päteväytymisestä hyötyvät erityisesti yritykset, jotka myyvät kunnossapitopalveluita. Toisaalta myös alihankintaa tekevät yritykset voivat käyttää henkilöstön päteväytymistä yhdessä selkeän kunnossapitostrategian kanssa myyntiargumenttina toimitusvarmuuden osatekijänä.

Kunnossapidon hallinnointia tulisi kehittää ja tähän tarkoitukseen tulisi mahdollisesti investoida laadukkaaseen kunnossapitojärjestelmään sekä organisaation koulutukseen. Järjestelmän etuja olisi paitsi koneiden osaluettelokohtaiset vikakirjaukset, myös varastokirjanpito ja ajanhallintaominaisuudet. Moderni järjestelmä mahdollistaisi mobiilin käyttöliittymän, jolloin tuotantohenkilökunnan olisi helppo tehdä vikailmoituksia myös kuvin. Järjestelmän etuja olisi myös se, että se liittäisi yhteen päällekkäisiä toimintoja, kuten töiden kirjaamisia useaan eri paikkaan, joka osaltaan vapauttaisi kunnossapidon resursseja.

Yrityksen tämänhetkiseen strategiaan kuuluu kunnossapitopalvelujen tuottaminen pääsääntöisesti alihankkijoiden kautta. Tietotaitoa organisaation sisällä halutaan silti myös ylläpitää ja kehittää. Näin ollen kunnossapito-organisaation tiedollisiin ja taidollisiin seikkoihin tulisi panostaa esimerkiksi koulutuksien ja päteväytymisien avulla.

Yrityksessä mallinnetaan parhaillaan eri toimintojen prosesseja. Kunnossapidolisten prosessien kehittämiseksi on alettu seurata kunnossapidon tunnuslukuja systemaattisesti. Näin saadaan heti alkuun selkeä kuva nykytilasta ja voidaan analysoida tehtyjen toimenpiteiden vaikutusta kunnossapidon kyvykkyyteen.

Ensivaiheessa on päätetty alkaa seurata kunnossapidon tunnuslukuja, joita ovat menetetyt työtunnit, kolme isointa hukkaa, aikataulutetun työn osuus kaikista tehtävistä, työjonon kasauman vikataajuus, vian korjaamiseen kuluva keskimääräinen aika ja tietokonejärjestelmän kautta tehtyjen tilausten osuus tehdyistä töistä. Menetetyillä työtunneilla tarkoitetaan sitä aikaa, jona koneen vikaantumisen estää tuotannon tekemisen kyseisellä työkonella. Viikkotasolla seurataan kolmea isointa hukkaa, jotka raportoidaan kuukausitasolla. Näiden hukkien tunnistamisella pyritään kehittämään kunnossapitotoimintaa tehokkaammaksi.

Suunnitellun työn osuus kaikesta kunnossapitotöistä on mittari, jolla pyritään osoittamaan kunnossapidon suunnitelmallisuuden astetta. Optimaalisessa tilanteessa kaikki työ on suunniteltua ja aikataulutettua.

Työjonon kasauman seurannalla, josta käytetään puhekielessä yleisesti termiä *backlog*, kuvataan kunnossapidon kuormitusta. Kun kuormitus kasvaa suureksi, kunnossapidon resursointia voidaan hetkellisesti kasvattaa.

Vian korjaamiseen kuluvan keskimääräisen ajan seuranta on tärkeä työkalu työn suunnittelussa. Kun tiedetään vikojen korjaamiseen kuluva keskimääräinen työaika, on helpompi suunnitella työsuoritteet etukäteen.

Järjestelmän kautta tehdyn työn osuuden seurannalla pyritään seuraamaan kunnossapitotöiden osuutta, joka tulee tietoon vikailmoitusjärjestelmään syötettyjen tietojen kautta. Tietoa verrataan edelleen järjestelmän ohi tulleiden vikailmoitusten määrään.

Toimivaa kunnossapitoa voitaisiin hyödyntää myös markkinoinnissa. Kunnossapidon tunnuslukujen avulla asiakkaille voitaisiin myös tuoda ilmi, miten ja miksi tuotanto on laadukasta, aikataulussa pysyvää ja luotettavaa.



## 5 POHDINTA

Kunnossapidon kehittäminen on pitkäjänteistä toimintaa. Kunnossapidon kehitys kannattaa silti jakaa pienempiin osa-alueisiin, joiden valmistumiselle tulisi antaa selkeä aikataulu. Alkuun olisi kannattavaa luoda projekti, josta luodaan suunnitelma seuraaville kolmelle tai neljälle vuodelle, joille tavoitteet on aikataulutettu. Tämä vaatisi kuitenkin selkeiden tavoitteiden valintaa ja laajempaa tietämystä aiheesta. Nykyiseen strategiaan on päädytty kustannussyistä ja resurssien pienuuden vuoksi.

Tämän kaltaiseen tehtävään näkisin jatkokoulutuksena parhaiten soveltuvan tuotantotalouden koulutuksen ja siinä nimenomaan suorituskyvyn johtamisen koulutusohjelman. Koulutus antaisi valmiuksia käyttää analyysityökaluja suorituskyvyn parantamiseen.

Kun työ on aikataulutettua, hyvin organisoitua ja tieto kulkee sekä sähköisiin järjestelmiin että operatiivisille työntekijöille suoraan ja helposti, säästetään aikaa ja rahaa. LEAN-menetelmien kokonaisvaltainen ja pitkäjänteinen käyttöönotto olisi omiaan säästämään kustannuksia tehokkaasti useissa yrityksissä opinnäytetyön tilaajan lisäksi. Jos kunnossapitotyö tehdään perustuen tarkkoihin vikaselvityksiin ja ennakoimiseen, koneisto toimii keskeytyksittä tuotannosta riippumatta. Esimerkiksi omien koneidenkäyttäjien opettaminen usein toistuvien vikojen kevyeen korjaukseen takaa työhön sujuvuutta.

Parhaimmillaan LEAN-menetelmistä hyötyy koko yritys operatiivisesta työstä johtotasolle ja markkinointiin saakka. On eri asia markkinoida tuotantovarmuutta pelkillä sanoilla verrattuna siihen, että yritys voi esittää laatutakuun lukuihin perustuen.

Seuraava selvitettävä ja tutkittava aihe opinnäytetyön jälkeen voisi olla LEAN-menetelmien kehittäminen käytännön työssä sen jälkeen, kun ne on kaikessa laajuudessaan jo otettu yrityksessä käyttöön. Lisäksi Lean-menetelmien rinnalla voidaan ottaa käyttöön tilastoanalyttisiä työkaluja kuten General electricillä kehitettyjä six sigma työkaluja, joiden avulla pyritään vähentämään laatuvariaatiota.

## LÄHTEET

Hirano, H. (1996). 5s for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace.

Järviö Jorma ym. 2007, Kunnosapito, KP-media Oy

Liker, J. K. 2004. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, McGraw-Hill

Hannu S. Laine 2010, Tehokas Kunnossapito tuottavuutta käynnissäpidolla, KP-Media Oy

Henry Mikkonen 2009, Kuntoon perustuva kunnossapito käsikirja, KP-Media Oy

Modig & Ahlström 2013, Tätä on LEAN ratkaisu tehokkuusparadoksiin, Rheologica publishing

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_6-2\\_johdanto\\_luottavuustekniikkaan.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-2_johdanto_luottavuustekniikkaan.html) luettu 25.9.2019

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_5-4\\_tuottava\\_kunnossapito.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kunnossapito.html) luettu 22.3.2020

PSK Standardi 7501 2. Painos 16.9.2010

Standardi SFS-EN 13306

Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135

(<https://www.taitotalo.fi/koulutus/kunnossapito/world-class-maintenance-kunnossapidon-koulutusohjelma> sivulla käyty 22.3.2020)

## LIITTEET

Liite 1. Kerätty kunnossapitotieto sähkölaitteista. Poistetaan julkaistavasta versiosta.



