

# **Konepajan laitteiden ennakkohuolto- suunnitelma**

Niko Rantanen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

Kunnossapito

Tekijä(t) Rantanen, Niko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2018
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Konepajan laitteiden ennakkohuoltosuunnitelma</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Tuukkanen, Harri & Kivistö, Hannu		
Toimeksiantaja(t) John Crane Safematic Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi John Crane Safematic Oy Muuramesta. Työn tavoitteena oli laatia konepajassa oleville laitteille käyttäjäkohtaiset ennakkohuoltosuunnitelmat. Ennakkohuoltosuunnitelmien tavoitteena oli olla mahdollisimman selkeät ja yksinkertaiset jokapäiväistä käyttöä varten. Tavoitteena oli myös luoda huoltojen seuranta varten ohjelma, johon työntekijät voivat kuitata tehdyn ennakkohuollon. Yrityksellä on menossa jatkuvan kehittämisen lean-projekti ja yksi seuraavista kehitysaskelista projektissa oli laatia konepajan laitteille ennakkohuoltosuunnitelmat.</p> <p>Laitelista päivitettiin vertaamalla konepajassa olevia laitteita sähköisessä muodossa olevaan laitelistaan. Ennakkohuoltosuunnitelma toteutettiin perehtymällä laitteiden manuaaleihin, haastattelemalla laitteiden käyttäjiä sekä havainnoimalla laitteiden toimintaa. Koneiden manuaaleissa ilmoitettuja huoltotoimenpiteitä sovellettiin käytäntöön ja koneiden käyttäjiltä kerättiin lisää tarkennuksia sekä huoltotarpeita laitteille. Laitteista otettiin valokuvia havainnollistamaan ja selkeyttämään laitteille tulevia ennakkohuoltotehtäviä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin konepajan laitteille tehtyä toimiva ja selkeä ennakkohuoltosuunnitelma osaksi jokapäiväistä työntekoa. Ennakkohuoltosuunnitelman avulla saatiin laitteille mahdollisimman kattavat huoltotoimenpiteet. Huoltokohteista otetut valokuvat tuovat huoltosuunnitelmalle visuaalisuutta sekä helpottavat laitteiden huoltojen tekemistä. Valokuvat tulivat selkeyttämään huoltokohteita varsinkin uusille työntekijöille. Huoltojen seuranta varten luotiin huolloille seurantaohjelma, johon laitteiden käyttäjät kuittaavat tehdyt ennakkohuollot.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Kunnossapito, ennakkoiva kunnossapito, huolto-ohje, ennakkohuoltosuunnitelma, konepaja		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Rantanen, Niko	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 62	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Preventive maintenance plan for the machines in a workshop</b>		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen, Harri & Kivistö, Hannu		
Assigned by John Crane Safematic Oy		
Abstract  <p>The thesis was assigned by John Crane Safematic in Muurame. The goal of the thesis was to create user-specific preventive maintenance plans for the equipment in the workshop. The Preventive maintenance plans were designed to be as clear and simple as possible for everyday use. The goal was also to create a program for preventive maintenance monitoring where the employees can mark the preventive maintenance finished. The company is undergoing a continuous development project called lean and one of the following development projects was to create preventive maintenance plans for machinery.</p> <p>The device list was updated by checking the equipment in the machine shop against the electronic machine list. The preventive maintenance plan was implemented by studying the equipment manuals, by interviewing the users of the devices and by observing the operation of the devices. The maintenance information indicated in the manuals for the equipment was applied in practice and more detailed information and maintenance needs for the equipment were collected from the machine users. Many photographs were taken to illustrate the devices and to clarify the anticipated maintenance tasks for the devices.</p> <p>As a result of the work, a functional and clear preventive maintenance plan for the machine shop equipment was incorporated into the day-to-day work. The preventive maintenance plan provided the equipment with comprehensive maintenance measures. Photographs of equipment to be maintained made the maintenance plan visual and made it easier to service the equipment. Photos made it clear for the new employees in particular what needed to be serviced. A follow-up program was created for maintenance monitoring, where the users of the devices register their preventive maintenance and log up to the tracking program to mark the performed maintenance.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Maintenance, preventive maintenance, maintenance manual, preventive maintenance plan, workshop		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Lähtökohdat opinnäytetyölle .....	4
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet.....	4
1.3	Työn rajaus .....	5
<b>2</b>	<b>Tutkimus- ja tiedonkeruumenetelmät.....</b>	<b>5</b>
2.1	Kvalitatiivinen vs. Kvantitatiivinen menetelmä.....	5
2.2	Havainnointi .....	6
2.3	Haastattelut.....	7
2.4	Dokumentit.....	8
<b>3</b>	<b>John Crane Safematic Oy .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Lean-tuotantofilosofia .....</b>	<b>10</b>
4.1	Leanin perusajatus .....	10
4.2	Leanin seitsemän hukkaa .....	10
4.3	Lean tuotantoperiaate .....	11
4.4	Lean tuntemusta Suomessa .....	11
4.5	Leanin hyödyllisyys yrityksille.....	12
<b>5</b>	<b>Lean-työkalut .....</b>	<b>13</b>
5.1	Kanban-tuotantojärjestelmä .....	13
5.2	TPM-kunnossapitostrategia .....	14
5.2.1	TPM:n perusteet.....	14
5.2.2	KNL-luku.....	15
5.2.3	5S-menetelmä.....	16
5.3	Kaizen-jatkuvan parantamisen työkalu .....	18
5.4	VSM-arvovirtakuvaus .....	18

	2
5.5 RCA-juurisyyanalyysi.....	19
<b>6 Kunnossapito.....</b>	<b>20</b>
6.1 Kunnossapidon kehittyminen.....	20
6.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito.....	22
6.3 Kunnossapitolajit.....	23
6.3.1 Ehkäisevän kunnossapidon tarpeellisuus.....	26
6.3.2 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelun periaatteet.....	27
6.3.3 Ehkäisevän huolto-ohjelman suunnittelu kriittisyysanalyysin avulla....	28
6.4 ODR – Käyttäjakeskeinen kunnossapito.....	28
6.5 Käyttäjäkunnossapidon johtaminen ja muutosvastarinta.....	29
<b>7 Ennakkohuoltosuunnitelman toteutus.....</b>	<b>30</b>
7.1 Käyttäjäkunnossapito John Crane Safematicilla.....	30
7.2 Konepaja.....	31
7.3 Konekanta.....	31
7.4 Kriittisten laitteiden kartoitus.....	32
7.5 Huolto-ohjelmien vertailu.....	33
7.6 Ennakkohuoltosuunnitelma.....	34
7.6.1 Huoltokortin luominen.....	34
7.6.2 Huoltotehtävien kartoitus laitteille.....	35
7.6.3 Manuaalisorvit.....	36
7.6.4 NC-sorvit.....	37
7.6.5 Lämpäkoneet.....	37
7.6.6 Ennakkohuoltosuunnitelman visuaalisuus.....	38
7.6.7 Huoltojen seuranta.....	40

<b>8</b>	<b>Jatkokehitysideat .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>41</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>44</b>
	<b>Liitteet.....</b>	<b>47</b>
	Liite 1. Manuaalisorvin ennakkohuoltosuunnitelma .....	47
	Liite 2. NC-sorvin ennakkohuoltosuunnitelma.....	51
	Liite 3. Lämpäyskoneen ennakkohuoltosuunnitelma .....	55
	Liite 4. Huoltojen seurantataulukko.....	58
	Liite 5. Kriittisyysanalyysi.....	59

### **Kuviot**

Kuvio 1. John Cranen tuoteportfolio.....	8
Kuvio 2. Näkyvät ja näkymättömät lean-työkalut.....	13
Kuvio 3. Kanban-materiaalikortti .....	14
Kuvio 4. Kaizen kehitysryhmätyö .....	18
Kuvio 5. Juurisyysanalyysin kalanruotokaavio.....	19
Kuvio 6. Vikaantumismekanismien selvittäminen .....	22
Kuvio 7. Kunnossapitolajit jaoteltuna korjaavaan sekä ehkäisevään kunnossapitoon.	24
Kuvio 8. Tasohiomakoneen huoltokortin yläosa.....	38
Kuvio 9. Kuulakaran rasvauspaikka tasohiomakoneessa.....	39

### **Taulukot**

Taulukko 1 . Laitteelle tulevan huoltokortin pohja .....	35
Taulukko 2. Manuaalisorvin päivittäiset toimenpiteet .....	36
Taulukko 3. NC-sorvin päivittäiset huoltotoimenpiteet.....	37
Taulukko 4. Lämpäyspöydän päivittäiset toimenpiteet.....	38
Taulukko 5. Kuulakaran rasvaus tasohiomakoneella .....	39
Taulukko 6. Koneistussolun laitteet ja huoltojen tarpeet.....	40
Taulukko 7. Koneistussolun huoltojen kuittaus .....	41

# 1 Johdanto

## 1.1 Lähtökohdat opinnäytetyölle

Opinnäytetyön toimeksiantaja on John Crane Safematic Oy, joka on toimiva maailman johtava sellu- ja paperiteollisuuden vaativien käyttökohteiden tiivistämisen palvelun superkeskus. Yritys haluaa kehittää omaa toimintaansa jatkuvan kehityksen lean-projektissa, ja tavoitteena on päästä aina seuraavalle kehityksen vaati- malle tasolle. Jatkuvan kehittämisen projektiin kuuluu monia eri kehittämisen osa- alueita. Leanissa käytetään monia kehittämiseen soveltuvia työkaluja ja yksi näistä työkaluista on TPM (Tuottava kunnossapito), johon opinnäytetyökin sijoittuu. TPM:n osa-alueen kehityksessä seuraavalle tasolle pääseminen vaatii ennakkohuoltosuunni- telmat konepajassa oleville laitteille.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä huoltosuunnitelmat John Crane Safematic Oy:n Muuramen Super Service Centerin laitteille. Laitteilla ei ollut entuudestaan kunnolli- sia ennakkohuoltosuunnitelmia. Huoltosuunnitelman tavoite on määrittellä laitteiden huolloille, puhdistuksille ja tarkastuksille oikeat ajankohdat laitteiden käytön ja tärkeyden mukaan. Huoltosuunnitelman on tarkoitus olla helppokäyttöinen ja työntekijöiden käyttöön sopivan yksinkertainen. Ennakkohuoltosuunnitelma tuli tehdä jokaiselle konepajan laitteelle erikseen ja se pyritään ottamaan käyttöön heti kun se on valmis.

Konepajalla on myös harvoin käytettyjä laitteita, joille soviteltiin harvempi huolto- ohjelma. Samoin pienille manuaalisille koneille tehtiin kevyempi huolto-ohjelma. Työn lopputuloksena syntyi konepajan laitteille yksinkertainen ja toimiva ennakkohuoltosuunnitelma. Ennakkohuoltosuunnitelman oli tarkoitus olla selkeä ja johdonmukainen.

### 1.3 Työn rajaus

Opinnäytetyön alussa aihe rajattiin toimeksiantajan kanssa. Ennakkohuolto-ohje rajattiin käsittelemään tuotannossa käytettäviä laitteita. Huoltosuunnitelman ulkopuolelle jätettiin käsityökalut ja käytöstä poistetut laitteet. Huolto-ohjeessa ei käsitellä laitteiden korjausohjeita vaan ohjeistetaan laitteille tulevia ennakoivia huoltotoimenpiteitä. Huolto-ohjeen on tarkoitus tulla käyttöön koneiden käyttäjille osaksi jokapäiväistä toimintaa.

## 2 Tutkimus- ja tiedonkeruumenetelmät

### 2.1 Kvalitatiivinen vs. Kvantitatiivinen menetelmä

Tutkimusmenetelmiä ovat kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus perustuu sanallisiin määreisiin, kun taas kvantitatiivinen tutkimus perustuu lukuihin. Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena on kuvata ilmiö, ymmärtää se ja antaa mielekäs tulkinta. Laadullinen tutkimus pyrkii ilmiön syvälliseen ymmärtämiseen. Laadullisen tutkimuksen analyysi on syklinen prosessi, mutta määrällisessä tutkimuksessa on määrätyt säännöt. Analyysi on koko laadullisen tutkimusprosessin vaiheissa mukana oleva toiminto, joka ohjaa tiedonkeruuta ja tutkimusprosessia. (Kananen 2008, 25.)

Kvantitatiivinen tutkimus eli määrällinen tutkimus käyttää hypoteeseja, jotka asetetaan tutkimuksen alussa ja joiden paikkansa pitävyyttä testataan. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa taas luodaan uusia hypoteeseja tutkimuksen edetessä. Yksittäisiä tapauksia tutkitaan laadullisella tutkimuksella ja tapausten joukkoa tutkitaan määrällisellä tutkimuksella. (Kananen 2008, 25.)

Laadullisessa tutkimuksessa yhdestä havaintoyksiköstä pyritään saamaan mahdollisimman paljon irti, eli tapausta käsitellään syvyysuunnassa perusteellisesti. Määrällisessä tutkimuksessa ei voida käyttää yhtä paljon aikaa yhteen kohtaan, koska tutkimusaika venähtäisi ja kustannukset karkaisivat. (Kananen 2008, 25.)



Konepajan ennakkohuoltosuunnitelmassa tutkimusote painottuu kvalitatiiviseen tutkimukseen eli laadulliseen tutkimukseen. Laadullinen tutkimus sopii parhaiten käytettäväksi tilanteisiin, joista etukäteen ei ole saatavilla tietoa, mutta tutkittavasta kohteesta halutaan luoda mahdollisimman hyvä kuvaus. Laadullisella tutkimuksella on mahdollisuus pureutua syvälle havaintoyksikön maailmaan. (Kananen 2008, 32.)

Ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen soveltui laadulliseksi tutkimukseksi, koska laitteille ei ollut entuudestaan olemassa virallista huolto-ohjetta. Huolto-ohjeiden laadintaan perehdyttiin tyypillisten laadullisten tiedonkeruumenetelmien avulla, joita ovat haastattelut, havainnointi, dokumentit, tapaustutkimus sekä toimintatutkimus. (Kananen 2008, 57.) Mainituista tiedonkeruumenetelmistä käytettiin havainnointia, dokumentointia sekä haastatteluja.

## 2.2 Havainnointi

Havainnointia käytetään tilanteissa, joissa ilmiöstä ei ole tietoa tai tieto on vähäistä. Havainnointi tapahtuu aistein ja menetelmä soveltuu tilanteisiin parhaiten, joista ei ole entuudestaan saatavilla tietoa. Ilmiö tapahtuu luonnollisessa ympäristössä ja siitä on mahdollista saada monipuolista tietoa havainnoinnilla. Havainnointiin kuuluu neljä alalajia, jotka ovat piilohavainnointi, suora havainnointi, osallistuva havainnointi ja osallistava havainnointi. (Kananen 2008, 69.)

Piilohavainnoinnissa tutkittavalla kohteella ei ole tietoa tutkijasta ja hänen toimistaan. Tutkimuskohteena olevat henkilöt eivät tiedosta olevansa tutkimuksen kohteena. Tämän takia menetelmään liittyy eettisiä ongelmia, mutta menetelmän etuna on saadun tiedon autenttisuus. (Kananen 2008, 70.)

Suorassa havainnoinnissa tutkittavat henkilöt tiedostavat tutkijan olemassaolon. Tutkija ei kuitenkaan ole tutkittavan yhteisön jäsen, joten tutkijan olemassaolo saattaa vaikuttaa yhteisön käyttäytymiseen, jolloin tutkimustulokset saattavat vääristyä. (Kananen 2008, 70.)

Osallistuvassa havainnossa tutkija on mukana yhteisön toiminnassa ja pyrkii pääsemään osaksi yhteisöä. Tutkija ei saa vaikuttaa kuitenkaan omilla toimillaan tutkittavaan ilmiöön, etteivät tutkimustulokset vääristy. Havainnoinnissa tutkija pyrkii ym-

märtämään tutkittavan ilmiön ensin yleisellä tasolla, minkä jälkeen havainnointi keskittyy tutkimuskysymysten kannalta oleellisiin kohtiin. Havainnoijan kyvyistä ja taidoista riippuu, kuinka hyvin hän onnistuu kuvaamaan ja käsitteellistämään tutkimuskohteensa. Tutkimustulosten luotettavuus riippuu siitä, kuinka hyvin tutkija on päässyt osaksi yhteisöä. (Kananen 2008, 70.)

Osallistavan tutkimuksen etu osallistuvaan tutkimukseen verrattuna on se, että sen tavoitteena on saada tutkittavassa yhteisössä aikaan pysyvä muutos, jonka olisi tarkoitus jatkaa tutkimuksen jälkeenkin. Osallistavassa havainnoissa on kyse oppimisesta ja se mahdollistaa muutoksen, joka olisi mahdollisesti pysyvä. Toiminta viittaa ongelman ratkaisuun ja toimintatutkimukseen. (Kananen 2008, 70.)

Konepajan laitteiden ennakko-ohjeiden laadinnassa tiedonkeruumenetelmänä käytettiin osallistuvaa havainnointia. Koneiden käyttäjien haastattelut ja koneiden huolto-ohjetta varten otettavat valokuvat oli mahdollista suorittaa työnohessa. Työntekijöiden yhteisöön oli helppo päästä, kun koneita käyttävät työntekijät olivat avoimia ja kiinnostuneita toimivasta ja johdonmukaisesta huolto-suunnitelmasta. Heille hän huolto-ohje tulee osaksi käyttäjäkunnossapitoa.

## 2.3 Haastattelut

Haastattelut ovat yksi tiedonkeruumenetelmä, jossa tietoa kerätään ilmiöstä esittämällä kysymyksiä henkilöille, jotka liittyvät tutkittavaan asiaan ja joilla on siitä kokemusta. Esitetyt kysymykset liittyvät tutkimuskysymyksiin, joihin pyritään tutkimuksen myötä löytämään vastaukset. Pelkät tutkimuskysymykset eivät riitä kuitenkaan tuotamaan ratkaisua varsinaiseen tutkimusongelmaan. Haastatteluilla pyritään usein saamaan taustatietoa varsinaisten tutkimusongelmien ratkaisemiseksi. (Kananen 2008, 73.)

Haastattelut voidaan jakaa neljään luokkaan: strukturoidut haastattelut, puolistrukturoidut haastattelut, teemahaastattelut ja avoimet haastattelut. Strukturoitu haastattelu on kaikkein rajatuin vaihtoehto haastattelun muodoista, ja siinä on ennalta määritellyt kysymykset ja vastausvaihtoehdot. Puolistrukturoisessa haastattelussa on ennalta laaditut lomakekysymykset, mutta valmiiksi annetut vastausvaihtoehdot puuttuvat. Teemahaastattelussa on ennalta määritelty aihealue, joka käydään läpi

haastateltavan kanssa. Kaikkien osa-alueiden läpikäynti pyritään huolellisesti varmistamaan ennakoivallisuilla. Avoimet haastattelut ovat kaikkein vapaamuotoisin haastattelutapa. Avoin haastattelu on lähinnä vapaamuotoista keskustelua valitusta aiheesta. (Kananen 2008, 73-74.)

Laitteille huolto-ohjetta laadittaessa tietoa kerättiin teemahaastattelun pohjalta, koska aihe oli jokaiselle laitteelle samantyylinen. Haastateltavia varten suunniteltiin ja määriteltiin aiherunko, jota käytiin läpi. Kuinka paljon laitetta käytetään ja kuinka kriittinen laite on tuotannon kannalta.

## 2.4 Dokumentit

Tietoa kerättiin myös dokumenteista. Työstökoneiden valmistajien huolto- ja käyttöohjeita sekä laitteista löytyvää huoltohistoriaa käytettiin apuna huoltoja suunniteltaessa. Laitteille huolto-ohjetta valmistaessa otettiin paljon valokuvia visualisoimaan huollettavaa kohdetta. Esimerkiksi laitteesta otettiin kuva ja merkittiin kuvaan kohdat, joista tarkastetaan koneen öljyn määrä.

## 3 John Crane Safematic Oy

John Crane Safematic on Muuramessa toimiva Super Service Center. John Crane on toimialallaan maailmanlaajuisesti tarkasteltuna markkinajohtaja 31:n % markkinaosuudellaan. John Crane Safematic Oy siirtyi TI-Gruopin, nykyisen Smiths Groupin omistukseen alkuvuodesta 1998. (John Crane Intranet.) Kuviossa 1 on esiteltynä erilaisia John Cranen tuottamia tiivisteitä ja niihin liittyviä oheistuotteita.



Kuvio 1. John Cranen tuoteportfolio (John Crane Intranet).

John Crane Safematicilla liikeideana ja strategiana on valmistaa, myydä sekä huoltaa tuotteitaan ja kokonaisratkaisujaan asiakaslähtöisesti sekä pyrkiä pitkäjänteisellä yhteistyöllä parantamaan asiakkaidensa tuotantoprosessien ympäristöystävällisyyttä ja kestävyyttä. Alan rajussa kilpailussa John Crane Safematicin vahvuudet ovat teknisesti kehittyneet ja laadukkaat tuotteet. Vahvuutena on myös joustavalla pienerätuotannolla saavutettava korkea palvelutaso ja lyhyt toimitusaika. Yrityksellä on kattava asiakaspalvelu paikallisten huoltokeskusten avulla avoinna vuorokauden jokaisena päivänä. (John Crane Intranet.)

John Cranella alkoivat laajat organisaatiomuutokset vuonna 2013, ja niiden merkitys vaikutti myös John Crane Safematiciin. Organisaatiomuutoksen tavoitteena oli parantaa tiedonkulkua selkeyttämällä organisaatorakennetta. Organisaatiotasoa vähennettiin yhdeksästä kuuteen. Toinen merkittävä tavoite oli keskittää tuotantoa eri puolille maailmaa. Syksyllä 2013 konserni ilmoitti siirtävänsä tiivisteiden valmistuksen Kiinaan ja Tšekkeihin. Tuotannon siirron vuoksi jouduttiin irtisanomaan noin 30 työntekijää. Samalla tiivisteveden virtausmittareiden valmistus myytiin yhdelle John Crane Safematicin pääalihankkijalle. (John Crane Intranet.)

Muutoksien vaikutuksesta Muuramen yksikön liiketoiminta keskittyi valmistuksen sijasta tiivisteiden huoltoon ja kunnostukseen. Suunnittelua ja myyntiä eivät organisaatiomuutokset koskeneet.

Uudessa organisaatiomallissa John Cranella jokainen yksikkö on jaoteltu sen mukaan, mihin toimintaan yksikkö on keskittynyt. Muuramen yksikkö kuului aiemmin Operations liiketoimintaosastoon. Muutoksen jälkeen Muuramen yksiköstä tuli End User, jonka tarkoituksena Suomen yksikkö keskittyy palvelemaan loppukäyttäjiä huolto- ja kunnostustoiminnoilla. Yksiköt on jaoteltu myös maantieteellisesti ja Muuramen yksikkö kuuluu EMEA (Europe, Middle East, Africa) -alueeseen, joka on jaoteltu pienempiin osa-alueisiin. Pohjoismaissa sijaitsevat yksiköt muodostavat oman alueensa, jonka johto on Suomen yksikössä. (John Crane Intranet.)

John Cranen toimipisteitä pohjoismaissa on Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa. Tanskan yksikkö on pelkästään myyntikonttori. Norjassa ja Ruotsissa tehdään

myös tiivisteiden kunnostusta. Norjan yksikkö eroaa muista pohjoismaiden yksiköistä, sillä se keskittyy lähes pelkästään palvelemaan Norjan öljy- ja kaasuteollisuutta. (John Crane Intranet.)

## 4 Lean-tuotantofilosofia

Alun perin lean pohjautuu Toyotan tuotannossa käytettävään toimintomalliin eli Toyota Production Systemiin (TPS). Kyseessä on sadan vuoden aikana kehittynyt Toyotan sisäinen tuotantofilosofia. TPS tunnustettiin ylivoimaiseksi toimintamalliksi jo 1970-luvulla. (Liker 2004,23.)

### 4.1 Leanin perusajatus

Nykypäivänä leanista puhutaan joka puolella. Lean on laatujohtamisen soveltamista tuotannossa. Kokonaisuuden optimointi on tärkeä asia leanissa, eikä siinä keskitytä yksittäisiin asioihin. Tavoite on ottaa tuottajan tarpeet huomioon ja tuottaa parasta mahdollista arvoa heille eli toiminta on asiakastyytyväisyyden ja tuottajatytyväisyyden maksimointia. Tuotantosysteemin lakeja ja systeemien dynamiikkaa lean-osaajan on syytä tuntea hyvin. Perusasioiden tunteminen auttaa kohdistamaan parannukset oikeisiin kohteisiin ja ymmärtämään paremman virtauksen ja prosessitehokkuuden saavuttamisen vaatimukset. (Lean Six Sigma vuodesta 1999.)

### 4.2 Leanin seitsemän hukkaa

Leanin päätavoite on poistaa kaikki turhat hukat. Hukaksi määritellään lean-filosofiassa kaikki toiminnot, jotka eivät kasvata tuotteen arvoa asiakkaalle. Ensimmäinen askel hukan eliminoinnissa on tunnistaa hukka. (Närvänen 2015, 54.) Pääperiaatteiden mukaan leanissa kaikki turha tekeminen on jaettu seitsemään eri hukan muotoon:

1. Ylituotanto. Tuotetaan enemmän kuin asiakas tai prosessi tarvitsee.
2. Varastointi. Valmiiden hyödykkeiden, raakamateriaalien tai keskeneräisten tuotteiden liian suuresta varastoinnista aiheutuu läpimenoajan pidentymistä. Kuljetus- ja varastointikustannuksia sekä epäkurantin tavarain riski. Liian suuret varastot kätkevät ongelmia, kuten myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta, viat ja pitkät asennusajat.

3. Kuljetus. Turhaan keskeneräisten töiden kuljettelu ja materiaalien siirtely varastoihin tai prosessista toiseen on arvoa tuottamatonta työtä. Ylimääräisestä kuljetuksesta aiheutunutta hukkaa voidaan vähentää hyvällä layout-suunnittelulla, jolloin prosessit ovat lähempänä toisiaan.
4. Tarpeeton liikkuminen. Kaikki turha liike, joita työntekijän täytyy suorittaa työn aikana, on hukkaa. Työkalujen etsiminen, kurkottelu, pinoaminen ja tarpeeton käveleminen ovat hukkaa.
5. Odotus. Materiaalit odottavat pääsyä koneelle tai kone odottaa materiaaleja. Tilausohjautuvalla tuotannolla voidaan eliminoida kyseistä hukkaa.
6. Viat. Viallisten osien tuottaminen, uudelleentyöstäminen, pois heittäminen, korjaaminen ja tarkastus tarkoittavat hukattua tarpeetonta käsittelyä ja turhaa työtä.
7. Tarpeeton käsittely. Prosessi myös voi itsessään olla hukan syy. Tehoton käsittely kehnon työkalun tai tuotesuunnittelun vuoksi aiheuttaa tarpeetonta liikkumista ja virheitä tuotteessa. Hukkaa syntyy myös, jos tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin on tarpeellista. (Närvänen 2015, 55-60.)

### 4.3 Lean tuotantoperiaate

Lean on Toyotan tuotantoperiaatteeseen pohjautuva laaja tuotantokonsepti, joka koostuu useista erillisistä ja eritasoisista osioista eli lean työkaluista. Niitä ovat esimerkiksi (5S) siisteys ja järjestys, (TPM) tuottava kunnossapito, (Kaizen) kehitysryhmätyö, (7 Waste) 7 hukan eliminointi sekä (RCA) juurisyyanalyysi. Leanin tavoitteena on kaiken toiminnan ylimääräisen hukan poistaminen. Yleensä leanista puhutaan insinöörien menetelmänä, vaikka näin ei ole. Leanin takana on vankka filosofinen pohja. (Närvänen 2015, 4; Lean Six Sigma vuodesta 1999.)

### 4.4 Lean tuntemusta Suomessa

Lean-tuotanto ajatus opittiin Suomessa tuntemaan 1980-luvulla niukkoina ja kilpailukykyisenä JOT-tuotantona (Juuri oikeaan tarpeeseen) (Närvänen 2015, 4). Nykyään menestyvät yritykset aktiivisesti toteuttavat lean-konseptia joko laajalla skaalalla tai vain osittain. Leania sanotaan jatkuvan parantamisen kulttuuriksi, jossa parantamista tehdään turhia hukkia ja toimia poistamalla (Närvänen 2015, 4). Leanin viisi tärkeää tavoitetta ovat seuraavat:

1. Juuri oikeiden tuotteiden valmistus. Työkoneita ja työvoimaa käytetään tehokkaasti. Työt ovat hyvin suunniteltuja ilman poikkeuksia.
2. Juuri oikean määrän valmistus. Estetään ylituotanto ja käytetään imuohjausta edellisestä vaiheesta. Jokaiselle tuotteelle määritellään vaiheajat. Käytetään Kanbaneja kaksilaatikkajärjestelmän kanssa.
3. Juuri oikeaan aikaan valmistus. Lyhyt asetus aika ja läpäisy aika. Käytetään tuoteorientoitunutta layoutia sekä hyviä toimivia työkaluja.
4. Taloudellinen valmistus. Työvoimaa käytetään tehokkaasti ja työntekijät ovat monitaitoisia. Koneet eivät käy turhaan, vaan pysähtyvät automaattisesti.
5. Tuhlauksen eliminointi. Tehostetaan tuotannon koneita eikä tuoteta virheellisiä tuotteita. Estetään virheiden toistuminen ja ratkaistaan ongelmia systemaattisesti. Valvotaan visuaalisesti. Tuottavaa kunnossapitoa käytetään tehostamaan toimia. (Närvänen 2015, 6-7.)

#### 4.5 Leanin hyödyllisyys yrityksille

Leania käytetään yrityksissä vahvistamaan kilpailukykyä. Leanin avulla voidaan vähentää tuotantokustannuksia ja tätä kautta kasvattaa kilpailukykyä sekä tuottaa lisää voittoa. Pyrkimys on asiakastilauksien toimitusaikojen lyhentäminen. Lean-yritys käyttää minimimäärän materiaaleja, työvoimaa, koneita, rahaa, pinta-alaa ja niin edelleen työn oikea-aikaiseen tekemiseen (Lean Six Sigma vuodesta 1999). Tyypillisesti leania käyttävät yritykset saavuttavat toimillaan seuraavat edut:

- 50 prosentin tilan säästö
  - 50 kertainen varaston kiertonopeus per vuosi
  - Lyhytkestoinen paperityö
  - Hyvä kassavirta pienen varaston ja kanban-ohjauksen avulla
  - Todellinen kustannustieto toimintakohtaisen tai sisäisen laskennan perusteella
  - 50 prosenttia pienemmät pääomakustannukset verrattuna perinteiseen yritykseen
  - 99-100-prosenttisesti toimitus asiakkaan toivomana aikana.
- (Närvänen 2015, 16.)

## 5 Lean-työkalut

Leanin kokonaisuuteen kuuluu useita erilaisia työkaluja jokaiselle parantamisen kohteelle. Leanin päätavoite on kaiken toiminnan ylimääräisen hukan poistaminen. Lean-työkalut ovat tärkeitä (Lean Six Sigma vuodesta 1999). Kuviossa 2 on esiteltyinä Toyotan näkyvät ja näkymättömät työkalut. Yleiseen siisteyteen ja järjestykseen on käytössä 5S ja tuotannon imuohjausta ohjaa kanban-tuotantojärjestelmä. Seuraavissa luvuissa esiteltäviä muutamia yrityksellä käytettäviä tärkeimpiä lean-työkaluja.



Kuvio 2. Näkyvät ja näkymättömät lean-työkalut (Lean Six Sigma vuodesta 1999)

### 5.1 Kanban-tuotantojärjestelmä

Kanban on imuohjauksella toimiva tuotantojärjestelmä. Se on signaalijärjestelmä, jolla tuotannon tarvitseva prosessi pyytää materiaalitäydennystä, jotta tuotanto voi jatkua keskeytyksettä. Kanban-järjestelyillä ilmaistaan toimittavalle prosessille, että tarvitaan lisää osia ja materiaaleja tai muuta tuotannolle tärkeää. (Närvänen 2015, 66-69.) Kanban on yleensä tuotannossa vastaan tuleva kortti, esimerkkinä materiaalikortti. Materiaalikortti sisältää tiedon mikä tuote on, kuinka paljon sitä on ja muut tarvittavat tiedot sekä viivakoodit. Kuviossa 3 on Kanban-materiaalikortti.





Kuvio 3. Kanban-materiaalikortti (Närvänen 2015, 75)

Kanban tuotantojärjestelmä sisältää kolme eri asiaa:

- Ohjaus eli mitä tarvitaan, kuka tarvitsee, mihin toimitetaan ja kuinka paljon
- Merkinanto eli koska valmistus käynnistetään
- Selkeästi määritelty prosessi, joka tuottaa halutun määrän tuotteita haluttuun osoitteeseen haluttuna aikana.

Kanban-signaalijärjestelmä pitää myös sisällään informaatiota osien numeroista, lukumääristä, sijainnista, toimitustaajuudesta. (Närvänen 2015, 74.)

## 5.2 TPM-kunnossapitostrategia

TPM eli Total Productive Maintenance on kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito ja yksi monista kunnossapitostrategioista. Alun perin TPM ajatusmaailma on lähtöisin Japanista 1970-luvulta, mutta sitä on sittemmin alettu soveltamaan länsimaisissa yrityksissä, koska Japanin menetelmä ei ole täysin suoraan soveltuvainen länsimaiseen toimintaan johtuen mm. kulttuurieroista sekä johtamistavoista. (Laine 2010, 41.)

### 5.2.1 TPM:n perusteet

TPM filosofian lähtökohtana luodaan tuotantokoneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpidetään ne. Tiimitoimintaan perustuva järjestelmällinen TPM toiminta-

tapa tuotannon tehokkuuden parantamiseksi kunnossapidon ja tuotannon henkilöstön yhteistyöllä. TPM sanotaan suomalaisittain tuottavana kunnossapitona. Avainsanoma TPM-prosessissa on kaikkien koneiden ja laitteiden pitäminen optimaalisessa kunnossa ja suorituskykyisenä, joista tuotanto on riippuvainen. Yritysjohdon silmin TPM on työkalu, kuten esimerkiksi laatujohtaminen. TPM:n avulla voidaan kehittää tuotantokoneistoa vastaamaan tulevaisuuden vaatimuksia. TPM:n päämääränä on parantaa prosessien hallinnan kokonaistehokkuutta kaikilla tuotannon osa-alueilla. (Närvänen 2015, 119; Gulati 2013, 194.)

### 5.2.2 KNL-luku

Tuotannon kokonaistehokkuudesta käytetään useasti nimitystä KNL-luku. KNL-laskennan alkuperäinen Toyotalla kehitetty malli kulkee englanninkielisellä nimellä OEE, eli Overall Equipment Efficiency tai Overall Equipment Effectiveness. Kokonaistehokkuutta laskettaessa tarvitaan käytettävyyden, nopeuden sekä laadun lukuarvot. Lukuarvot lasketaan kertomalla ne yhteen kaavan 1 tavalla. (Järviö 2007, 40; Laine 2010, 20; Gulati 2013, 208-209.)

Kaava 1. Kokonaistehokkuuden laskentakaava

$$\textit{Käytettävyys} \times \textit{Nopeus} \times \textit{Laatu} = \textit{Kokonaistehokkuus}$$

Tunnusluvut ja mittaristo rakennetaan aina tapauskohtaisesti. Niillä saadaan tietoa tuotantojärjestelmien suorituskyvystä ja niiden toiminnalle asetetuista tavoitteista. Tiedot kerätään mahdollisista toiminnanohjausjärjestelmistä, käyttöliittymistä tai muista mittaavista järjestelmistä tai manuaalisista kirjauksista. (Laine 2010, 21; Järviö 2007, 40.)

KNL-seuranta tuo havainnollisesti esiin pullonkauloja ja korjattavia toimintatapoja sekä tuotannon suunnittelun puutteita. Myös tuotantolinjan eri osien vaikutus toisiinsa paljastuu, jolloin päästään käsiksi yhä merkittävimpiin kehitystoimenpiteisiin. Tuotantolinjan kokonaisuuden ymmärtäminen helpottuu, kun sen toimintojen vuoro-

vaikutukset näkyvät selvänä datana. KNL-seuranta johtaa yleensä kehitystöihin ja toimintakulttuurin muutokseen. Tuotantokoneiden KNL luku tuo esille kaikki niin kutsutut tuhlauksen lajit. (Järviö 2007, 41.)

### 5.2.3 5S-menetelmä

Hyvä järjestys ja siisteys ovat perusedellytys TPM:n soveltamisen onnistumiselle. 5S-laatujärjestelmä on perusedellytys toimivaan ja tulokselliseen TPM:n käyttöön. Kokeuksien mukaan erilliset siisteyskampanjat yrityksissä ovat pääsääntöisesti epäonnistuneet. Siisteyskampanjan alussa tehdas on laitettu hienoon kuntoon, mutta varsin nopeasti ollaan palattu vanhaan malliin. 5S käyttöönoton tärkeimmät edellytykset sen toimivuuteen ovat, että siisteys ja järjestys luodaan järjestelmällisellä kehitysprosessilla sekä luodaan mittari eli järjestysindeksi, jonka avulla järjestystä mitataan säännöllisesti. Tulosta julkaistaan seinätauluilla ja hyvä tulos voi olla myös osana tuolospalkkiojärjestelmää. (Gulati 2013, 203; Laine 2010, 81; Mikkonen 2009, 85.)

5S-menetelmä käsittää viisi vaihdetta. Vaiheet on nimetty japaninkielisesti seiro, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke, joista 5S-menetelmän nimi muodostuu. Menetelmän ideologian ymmärtäminen onnistuu parhaiten käsittelemällä vaiheet yksi kerrallaan. (Järviö 2012, 115).

#### **Seiri, lajitteluvaihe**

Menetelmän käyttöönotto aloitetaan lajitteluvaiheella. Lajitteluvaiheessa on tarkoitus tunnistaa mitä tarvitaan ja mitä ei tarvita työn tekemiseen ja poistaa tarpeettomat materiaalit, komponentit sekä työkalut työpisteeltä (Järviö 2012, 115). Työpisteellä työskentely ja tavaroiden käsittely helpottuvat ylimääräisten tavaroiden poistumisen jälkeen. Työnteko nopeutuu, tilankäyttö tehostuu sekä mahdollisten vikaantuneiden työkalujen ja komponenttien puutteiden havainnointi selkeytyy. (Gulati 2013, 203; Laine 2010, 83; Närvänen 2015, 11.)

### **Seiton, järjestelyvaihe**

Ylimääräisten tavaroiden poiston jälkeen tulee jäljelle jääneiden tavaroiden sijoituspaikkojen tekeminen. Järjestely voidaan suorittaa työn kulun kannalta tai tavaroiden luokkien kannalta. Tärkeää on kuitenkin käyttäjän kannalta löytää asioille paikat, joista ne mahdollisimman helposti olisi saatavilla. Esimerkiksi työkaluseinään maalataan työkalun ääriviivat ja kirjoitetaan siihen työkalun nimi (Mikkonen 2009, 85). Hyvin järjestetyllä työpisteellä on suora vaikutus työntekijän työhyvinvointiin ja keskittymiseen, sillä turhautumista aiheuttavat työkalujen etsiminen ja häiriöitä aiheuttavat roskat ja esineet on poistettu. (Gulati 2013, 204; Laine 2010, 83; Järviö 2012, 115.)

### **Seiso, siivousvaihe**

5S-menetelmän kannalta siivousvaihe ja tarkemmin esitettynä siistinäpitovaihe on tärkeä toiminto. Tarkoitus siivousvaihteella on ylläpitää työpisteen siisteyttä päivittäin. Jokainen työntekijä vastaa oman työpisteensä siisteydestä. Jokaiselle työntekijälle tulee merkitä omat alueet, joita vastuullaan pitää siistinä. Siisti työympäristö ehkäisee työtapaturmilta, parantaa työviihtyisyyttä ja edesauttaa järjestyksen ylläpitoa. (Gulati 2013, 207; Laine 2010, 83; Mikkonen 2009, 85.)

### **Seitsuke, standardisointivaihe**

Standardisointivaiheella tarkoitetaan 5S-menetelmän mukaan siisteyden määrittelyä. Kaikille työntekijöille on tarkoitus luoda yhteinen käsitys työpaikan siisteydestä ja miten sitä mitataan (Gulati 2013, 208; Järviö 2012, 116). Tehdään seinille listat, jossa on jokaisen työntekijän vastuualueet.

### **Shitsuke, sitoutumisvaihe**

Jokaisen työntekijän on sitouduttava noudattamaan ohjeistusta siisteystavoitteista, jotta menetelmä toimisi odotetusti. Tavoite on, että jokainen työntekijä omaksuu toimimaan omatoimisesti siisteyden ylläpitämiseksi. Sitoutumisvaihdetta voidaan pitää

kuvitteellisena maalina 5S menetelmän muutoksissa. Yleensä tämän vaiheen toimituksessa ei enää tarvita ohjeita, vaan ryhmä ohjaa itse itseään. Sitoutumisvaiheessa kehitys on paljon nopeampaan, kuin verrattain esimiesvetoiseen tiukkaa ohjeistukseen. (Gulati 2013, 208; Järviö 2012, 117; Mikkonen 2009, 85.) Onnistuneen 5S-menetelmän jälkeen työpaikka on viihtyisä ja mieluisa.

### 5.3 Kaizen-jatkuvan parantamisen työkalu

Kaizen tarkoittaa jatkuvaa kehitystä, johon perustuu sisäiset parannukset sekä ulkoiset parannukset. Sisäisillä parannuksilla vältetään turhaa työtä, parannetaan prosessien tehokkuutta ja hyödynnetään käytössä olevia resursseja paremmin. Tätä kautta prosesseissa on vähemmän virheitä ja alemmat kustannukset. Ulkoisilla parannuksilla asiakkaille näkyy esimerkiksi yrityksen tuotteiden laatu. Laadukkailla tuotteilla on tyytyväisemmät asiakkaat ja suurempi markkinaosuus. Kaizenin avulla yrityksen tulos paranee. Kaizeniin osallistuvat kaikki organisaation jäsenet, eivät pelkästään siihen erikoistuneet kehittäjät. Kaizen perustuu kehitysryhmätyöhön yrityksessä. (Närvänen 2015, 224.) Kuviossa 4 esitettyä Kaizen kehitysryhmätyön kulku.



Kuvio 4. Kaizen kehitysryhmätyö (Närvänen 2015, 222)

### 5.4 VSM-arvovirtakuvaus

Value Stream Mapping (VSM) eli arvovirtakuvaus on kehitetty Toyotalla 1950 luvulla prosessien kokonaisuuksien arviointia varten ja tutuksi työkalu tuli länsimaissa 1990-

luvulla. Tyypillisesti arvovirtakuvausta käytetään priorisoinnissa leanin yhteydessä. Arvovirtakuva on visuaalinen esitys materiaalien ja informaatioiden virtaamista tuoteryhmässä. (VSM 2015.)

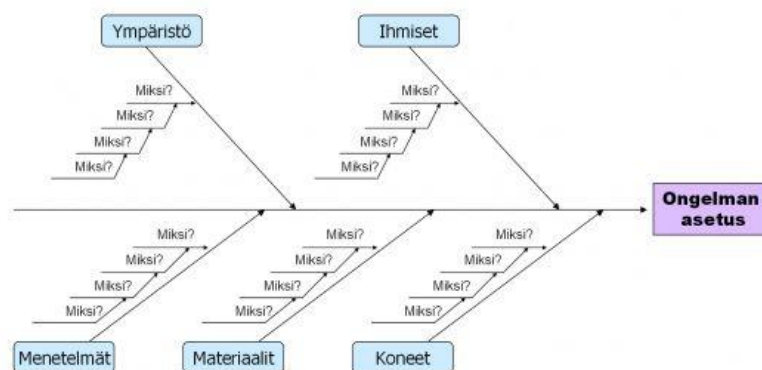
Prosesseissa käytetään arvovirtakuvausta esteen tunnistamiseen ja priorisointiin. Työkaluna arvovirtaus on kehitetty tunnistamaan parannuskohteet. Prosessien kehittämisessä keskeistä on pyrkiä selventämään toimintoja sekä halutaan ajatella uudella tavalla asioita niin sanotusti kyseenalaistaen. Lähtötason tunnistaminen on tärkeää, että tiedetään mihin pyritään prosessilla sekä kuinka tavoitteeseen aiotaan päästä. (VSM 2015.)

Kokonaisaikajakso, kun asiakas tekee tilauksen ja saa tuotteen käyttöönsä, käytetään termiä arvovirtaus. Kyseistä aikaa pyritään saamaan mahdollisimman lyhyeksi esimerkiksi ylimääräisiä hukkia poistamalla. (VSM 2013.)

## 5.5 RCA-juurisyyanalyysi

RCA eli juurisyyanalyysi on tekniikka, jonka avulla haetaan vastauksia tapahtuneisiin ongelmiin, läheltäpiti-tilanteisiin tai onnettomuuksiin. Juurisyyanalyysillä selvitetään miksi näin tapahtui ja miten se voitaisiin estää tulevaisuudessa. Alkulähteen tunnistaminen on tärkeää ja sen tunnistamiseen käytetään erilaisia työkaluja ja tiettyjä etenemisvaiheita. Juurisyyanalyysillä pyritään määrittelemään: mitä tapahtui, miksi tapahtui ja lopuksi selvittää, miten tapahtuman todennäköisyyttä voidaan jatkossa pienentää. (Juurisyyanalyysi (Root Cause Analysis) 2016; Karjalainen 2007.)

Kuviossa 5 on esitettyä juurisyyanalyysissä käytettävä niin sanottu kalanruotokaavio, jossa käydään kaikki kohdat läpi selvittäen mahdollisen juurisyy.



Kuvio 5. Juurisyyanalyysin kalanruotokaavio (Karjalainen 2007)

Perusoletus juurisyyanalyysissä on, että tapahtumat ja käytännöt ovat kytköksissä toisiinsa. Tietynlainen toiminta käynnistää seuraavan toiminnan, tämän jälkeen seuraavan ja niin edelleen. Näitä toimintoja jäljittämällä taaksepäin, voidaan selvittää ongelma ja mistä se sai alkunsa sekä miten se voimistui havaittaviksi seurauksiksi. Juurisyyanalyysin seurauksena yleensä löytyy kolmentyyppisiä syitä, joita ovat fyysiset syyt, inhimilliset syyt sekä organisatoriset syyt.

Fyysiset syyt käsittää aineellisia rikkoontumisia, esimerkiksi ajoneuvojen, koneiden ja työkalujen rikkoontuminen.

Inhimilliset syyt johtuvat ihmisten tekemistä virheistä tai jotain oleellista jää tekemättä. Virheet ihmisten syistä yleensä johtavat aineellisiin syihin eli kone rikkoontuu huoltojen laiminlyönnin seurauksena.

Organisatoriset syyt johtuvat puutteellisista järjestelmistä, prosesseista tai käytännöstä. Esimerkkinä voi olla tuotantokone, jota ei ole merkitty kenellekkään vastuuksi pitää kunnossa. (Juurisyyanalyysi (Root Cause Analysis) 2016.)

## 6 Kunnossapito

Kunnossapidon päätarkoitus ei ole pelkästään rikkoutuneiden laitteiden tai komponenttien korjaukset. Nykynäkemyksen mukaan kunnossapito ei ole kustannus, vaan tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla pystytään varmistamaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. (Mikkonen 2009, 25.) PSK 6201 standardissa kunnossapito on määritelty seuraavasti:

*”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”* (PSK 6201, 2).

### 6.1 Kunnossapidon kehittyminen

Tarkkaa alkua, jolloin kunnossapito olisi alkanut on vaikea määrittää, koska kunnossapitoa on tehty todennäköisesti niin kauan kuin ihminen on rakentanut ja käyttänyt

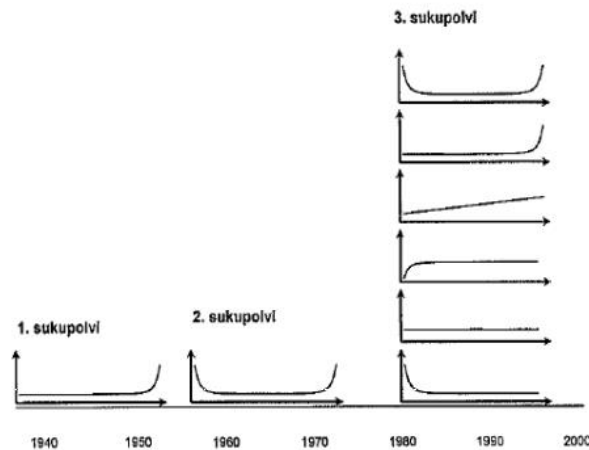
koneita. Kunnossapito alussa on ollut varmistamista redundanttisesti eli kaksinkertaistamista ja vikaantuessa korjattu tai huollettu. Kunnossapidon kehitys on jaoteltu neljään sukupolveen. (Järviö 2012, 21.)

Ensimmäiselle sukupolvelle tyypillistä oli pitää koneita seisokissa alhaisen integraatioasteen vuoksi. Viat olivat yksinkertaisia ja yleisin mekanismi vikaantumiselle oli ajasta riippuva vikaantuminen. Koneiden kestävyys parantamaksi koneet olivat yleensä ylimitoitettuja. Koneisiin tulevat viat olivat helppoja määrittää ja korjata. Ennakoivana kunnossapitona laitteille tehtiin puhdistamista, säätämistä sekä voiteluhoitoa. Osaamistaso oli kuitenkin suhteellisen alhainen. (Järviö 2012, 21.)

Toinen kunnossapidon sukupolvi katsotaan alkaneen toisen maailmansodan aikoihin. Sodanaikaan teollisuus joutui valmistamaan suuria määriä sotatarvikkeita. Tuotantomääriä saatiin nostettua riittäviksi lisäämällä automaatiota koneille ja yhdistelemällä koneita pidemmiksi ketjuiksi. Yritysten kannattavuus oli nyt enemmän riippuvainen koneiden käyttötehokkuudesta. Monimutkaisimmat koneet toisessa sukupolvessa toivat uuden vikaantumismekanismien. Vikaantumismekanismi oli aikariippuvainen ja siinä esiintyi myös alkuaan lastentauteja. Kunnossapidon määrää ja hallittavuutta lisäsi koneiden monimutkaisuus. Ehkäisevä kunnossapito alkoi kehittyä ja aluksi siinä oli jaksotettua huoltoa ennalta määrättyinä ajankohtina. (Järviö 2012, 21.)

Kolmas sukupolvi käynnistyi 1970-luvulla amerikkalaisten avaruusprojektien konseptien ja innovaatioiden käyttöönotosta teollisuudessa. Tehokkuuden ja luotettavuuden merkitys lisääntyi. Mekanismien ja automaation määrät kasvoivat tuotantokoneissa, jonka vuoksi koneet määräsivät liiketoimintaa. JIT-toimintamalli (Just In Time) yleistyi ja varastoiden kannattavuuteen alettiin kiinnittää huomiota. Toimintamalli vaati koneiden luotettavuuden saamista uudelle tasolle, jossa puskurivarastoja ei tarvita ja tavaraa pystyttiin valmistamaan tilausta vastaan. Kolmas sukupolvi synnytti uusia vikaantumismalleja aiempien sukupolvien lisäksi. Kolmannen sukupolven vikaantumismalleille ominaista on niiden riippumattomuus ajasta tai käytön määrästä. (Järviö 2012, 21.) Alla olevassa kuviossa 6 nähdään, kuinka vikaantuminen on kehittynyt ajansaatossa ja vaatinut uusia keinoja vikojen selvittämiseen.





Kuvio 6. Vikaantumismekanismien selvittäminen (Järviö 2007, 18)

Neljäs sukupolvi sai alkunsa 1990 luvulla alkaneella IT-teknologioiden ja mikroelektroniikan läpimurron seurauksena. Tuotantoprosessien integraatioiden ja automaation lisääntyminen ovat nostaneet tuotantokoneiden hintoja nopeasti. Seurauksena tästä puuttekustannukset ovat suuremmat kuin korjauskustannukset ja kunnossapito. Yhä enemmän taitoa vaaditaan kunnossapitohenkilökunnalta uusien teknologioiden tullessa koneisiin. Elinkaaret lyhenevät kuukausiin tai jopa viikkoihin uuden teknologian tuotteilla. Neljäs sukupolvi on tuonut mukanaan paljon automaattista valvontaa tuotantokoneille. Kunnonvalvonta kehittynyt isoin harppauksin tietoteknologian yleistymisen seurauksena. (Järviö 2012, 21.)

## 6.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli Reliability Centered Maintenance, josta yleensä käytetään termiä RCM. Menetelmä kehitettiin alun perin 1960 luvulla siviili-ilmailun tarpeisiin. Kunnossapidon perinteinen perusongelma on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Kunnossapito-ohjelmat on jouduttu suunnittelemaan koneiden valmistajien ohjeisiin perustaen sekä kokemuseräiseen tietotaitoon, koska tehokkaita työkaluja ja menetelmiä ei ole ollut saatavilla. Seurauksena tästä kunnossapitoa sekä ehkäisevää kunnossapitoa tehdään monesti tarpeisiin nähden liian paljon eli koneita on ylihuollettu. (Smith 2004, 63.)

Nykyäänä RCM on hyväksytty metodi monella teollisuusalalla. RCM perustuu päätöslogiikkaan, jonka avulla ehkäisevän kunnossapidon tehokkaat vaatimukset

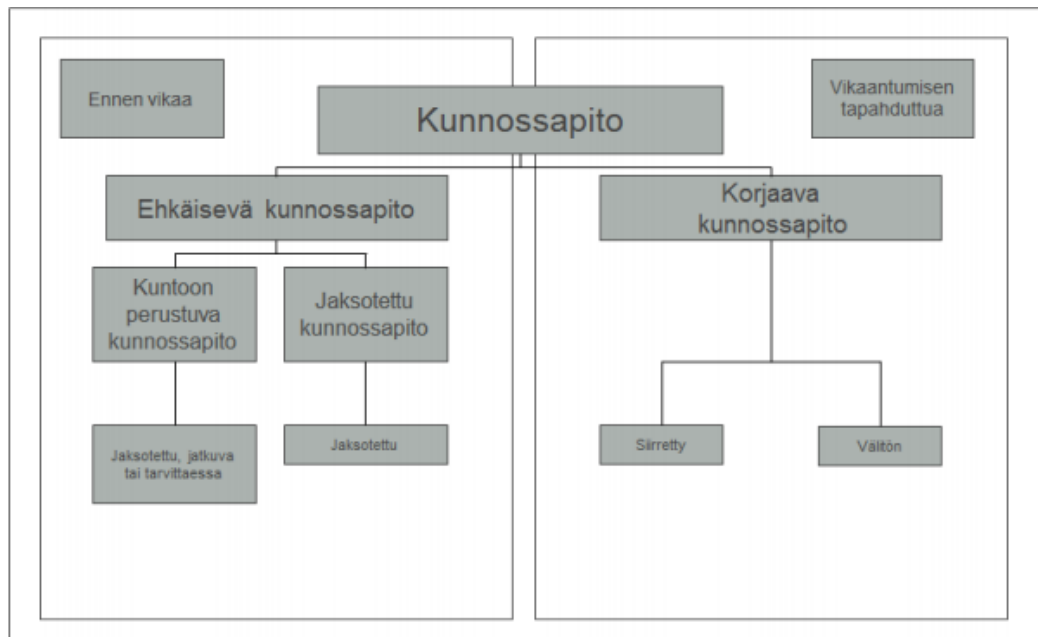
saavutetaan rakenteille ja laitteille. Tulokset päätöslogiikkapuusta perustuvat tunnistettuihin vikaantumismekanismeihin ja niiden aiheuttamiin vaikutuksiin talouteen, käyttöön ja turvallisuuteen. Päätöslogiikkapuun käyttämisen lopputuloksena saadaan perusteet sille, onko yksinäinen kunnossapitotehtävä välttämätöntä tehdä. (Smith 2004, 63; Järviö 2000, 21; Järviö 2007, 123.) RCM-mallin mukaan ehkäiseviä toimenpiteitä.

- Time Directed, TD (Ajoitettu)
- Re-Desing, RD, (Uudelleen suunniteltu)
- Condition directed, CD (Toimintakuntoon perustuva)
- Failure finding, FF (Vian etsintä)
- Run to failure, RTF (Ei ehkäisevää kunnossapitoa)

(Järviö 2012, 96; Smith 2004, 22-23)

### 6.3 Kunnossapitolajit

Eri lähteissä kunnossapitolajit määritellään hieman eri tavoin. Esimerkiksi SFS-EN 13306 standartissa toimenpiteet jaetaan vian havaitsemisen mukaan. Kuviossa 7 esitettyinä Standartin SFS-EN 13306 lajien jakautuminen. PSK 7501 standartissa tarkastellaan hieman eri näkökulmasta jakaen kunnossapitolajit sen mukaan, ovatko kunnossapitotyöt suunniteltuja vai aiheuttavatko ne häiriöitä tuotannossa. (SFS-EN 13306:2017, 34; PSK 7501:2010, 32.) Kunnossapito käsittää todellisuudessa viisi eri pääalajia, jotka ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisen selvittäminen (Järviö 2007, 49).



Kuvio 7. Kunnossapitolajit jaoteltuna korjaavaan sekä ehkäisevään kunnossapitoon (SFS-EN 13306:2010)

### Huolto

Kohteen käyttöominaisuuksia pidetään yllä, heikentynyt toimintakyky palautetaan ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Määrävälein tehdään jaksotettua huoltoa. Käyttöaika tai käytön määrä määräävät välit huolloille sekä käytön raskaus pitää ottaa myös huomioon. (Järviö 2012, 49; Mikkonen 2009, 97.) Huollosta kun puhutaan, niin se liittyy yleensä jonkun kohteen puhdistukseen, voiteluun, toimintakyvyn palauttamiseen, huoltamiseen ja niin edelleen (Järviö 2007, 50).

### Korjaava kunnossapito

Standartissa PSK 6201 määritellään korjaava kunnossapito: *”Korjaavaa kunnossapitoa on häiriökorjaus, kunnostaminen ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus”* (PSK 6201:2011, 23). Vikaantumisen toteamisen jälkeen korjataan kohde korjaavalla kunnossapidolla. Tämä on kunnossapidon yksinkertaisin ja traditionaalisin toiminta korjaavassa kunnossapidossa. Traditionaalisenä muotona sanotaan niin sanottu palo-kuntatoiminto. Osan tai komponentin elinaikoja voidaan laskea korjaavan kunnossa-

pidon suoritus aikojen avulla. (Aalto 1994, 28; Mikkonen 2009, 99.) Korjaavan kunnossapidon toimia ovat yleisesti vian määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus, väliaikainen korjaus ja toimintakunnon palauttaminen (Järviö 2007, 49).

### **Parantava kunnossapito**

PSK 6201 standardin mukaan parantava kunnossapito on: *”Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintaa”* (PSK 6201:2011, 23). Parantava kunnossapito määrittää kolme pääryhmää. Ensimmäisessä ryhmässä kohteelle laitetaan uudempia osia tai komponentteja kohteen suorituskykyä muuttamatta. Esimerkiksi tasavirtamoottoreiden korvaaminen oikosulkumoottoreilla. (Järviö 2012, 51.)

Toisessa pääryhmässä koneen epäluotettavuutta parannetaan erilaisilla uudelleen suunnitteluilla ja korjauksilla. Koneen suorituskykyä ei ole tarkoitus parantaa, vaan sen toimintaa on tarkoitus muuttaa luotettavammaksi. (Järviö 2012, 51.)

Kolmannessa pääryhmässä kohteen suorituskykyä muutetaan modernisaatioiden avulla. Näissä tilanteissa kohteen uudistamisen lisäksi uusitaan monesti myös valmistusprosessia kehityksen mukaan. Toimenpiteet liittyvät varsinaisesti sellaisiin koneisiin, joiden elinkaari on pidempi valmistettavaan tuotteeseen nähden. (Järviö 2012, 51; Mikkonen 2009, 97.)

### **Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen**

Standardit eivät ole määritelleet kyseistä käsitettä millään tavalla. Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei ole yleistetty toistaiseksi kunnossapitoon kuuluvaksi toiminnoksi. Yrityksissä ymmärretään niiden tärkeys, mutta vain harvassa yrityksessä näihin asioihin kiinnitetään tarpeeksi paljon huomiota. Vian perussyyn ja vikaantumisprosessin selvittämiseen vikojen ja vikaantumisten avulla. Vikaantumisen juurisyihin päästään helpoiten käsiksi koneita ohjaavien prosessien keräävistä tiedoista. Vian tunnistamisen jälkeen voidaan tehdä korjaavia toimenpiteitä kohteelle. Menetelmiä, joita käytetään

vikojen ja vikaantumisien selvittämisessä ovat tyypillisesti vika-analyysi, juurisyyn selvitys, vikaantumisen selvitys, materiaalien- ja suunnittelun analyysit sekä mallintaminen. (Järviö 2012, 52.)

### **Ehkäisevä kunnossapito**

Ehkäisevästä kunnossapidosta on sanottu PSK 6201 standartissa: *”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen”* (PSK 6201:2011, 22).

Ehkäisevällä kunnossapidolla seurataan erilaisten kohteiden menetelmiä, suorituskykyä ja sen parametreja. Vikaantumisten todennäköisyyden vähentäminen ja koneen toimintakyvyn heikkenemisen ehkäisy ovat päämääriä ehkäisevässä kunnossapidossa. Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisesti aikataulutettuna, sitä tehdään vaadittaessa tai asetettujen kriteereiden täytyessä. Kunnossapidon tehtäviä voidaan suunnitella ja aikatauluttaa saatujen tulosten perusteella. (Mikkonen 2009, 99; Smith 2004, 19-21.) Ehkäisevässä kunnossapidossa tehtävinä toimenpiteinä suoritetaan kohteelle tarkastus, kuntoon perustuva kunnossapito, käynninvalvonta, vikaantumistietojen analysointi sekä määräystenmukaisuuden toteaminen (Järviö 2012, 50).

#### **6.3.1 Ehkäisevän kunnossapidon tarpeellisuus**

Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään koneille, joille vaaditaan luotettavaa toimintaa ilman häiriöitä. Suunnitellulla toimella koneen pitää pystyä toimimaan luotettavasti. Edellytys tehokkaaseen ja tuottavaan toimintaan on hallittu ja systemaattinen kunnossapito-organisaatio. (Smith 2004, 21-22; Järviö 2012, 97.)

Täysin varmoihin prosessien tasoihin voidaan päästä toimivan ehkäisevän kunnossapidon avulla. Täysin varma tavoitetaso on monelle teollisuuden yritykselle liian kallista, tämän johdosta asetetaan alemmaksi tavoiteltava luotettavuustaso. Jos turvallisuuden tai ympäristöön prosessin vikaantuminen voi aiheuttaa riskejä, on riskit arvioitava uudelleen. Riskien uudelleen arvioinnin avulla riskejä pystytään minimoimaan

ja mahdollisesti poistamaan kokonaan. Nykyinen lainsäädäntä vaatii tämän tyyppisten riskien asiallista käsittelyä ja hallintaa. Riskin toteutuessa yrityksen johto on vastuussa vastaamaan siitä viranomaisille. (Smith 2004, 21-22; Järviö 2012, 97.)

Ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus riippuu siitä, kuinka hyvin voidaan kunnossapitoa aikatauluttaa ja suunnitella etukäteen. Jos noin 80 prosenttia kunnossapidon työkuormasta tiedetään noin kolme viikkoa ennakkoon, voidaan sanoa kunnossapidon olevan hyvällä mallilla. Pitkälle ajalle ennakkoon suunnitellut kunnossapidon työt voidaan aikatauluttaa tuotannon kanssa minimoiden tuotanto katkoja ja töille voidaan tilata varaosia ennakkoon. Jos vikaantuminen tapahtuu ja sen jälkeen aloitetaan kunnossapitotyöt, suunnittelulle ja varustautumiselle ei jää tarpeeksi aikaa. (Smith 2004, 21-22; Järviö 2012, 97.) Moubrayn sanojen mukaan ehkäisevää kunnossapitoa tehdään 40-70 prosenttia turhaan, ensinnäkin ennakkohuolto tehtäviä suoritetaan liian usein, liian paljon ja usein menetelmien käyttö on tehotonta. Seuraavien ehtojen täytyttyä ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä.

- Puutteen aiheuttamat menetykset ja kustannukset ovat suurempia kuin ehkäisevän kunnossapidon kustannukset. Perustuu kysymykseen, kuinka paljon ehkäisevää kunnossapitoa on kannattavaa tehdä.
- Olemassa on tehokas ennakkohuoltomenetelmä kohteelle ja ehkäistävälle vikamuodolle.

(Järviö 2012, 97.)

### 6.3.2 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelun periaatteet

Jotta ehkäisevä kunnossapito olisi tehokasta on sen oltava suunnitelmallista sekä aikataulutettua toimintaa. Huolellisesti suunniteltu työ poistaa viiveitä työn tekemisen yhteydessä ja töiden aikatauluttaminen poistaa töiden väleihin jääneitä viiveitä. Hyvin suunniteltu ehkäisevä kunnossapito tuo lopputuloksena tehokkaan resurssien käytön sekä koneiden ja laitteiden vikaantuminen voidaan minimoida niin pieneksi kuin on mahdollista. (Järviö 2012, 100.)

Kunnossapidon vaikeimpia osa-alueita on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Perinteisesti ehkäisevän kunnossapidon työt on suunniteltu aikaisempien vikaantumi-

sien mukaan sekä laitteiden käytön määrän ja käyttötavan mukaan. Ehkäisevällä kunnossapidolla on haluttu estää aikeisemmin tapahtuneet rikkoontumistapaukset. Ehkäisevän kunnossapidon ohjelmat ovat useasti ylimitoitettuja tai sisältävät tehotomia menetelmiä. Korostunut varmuuden tavoittelu sekä koneiden valmistajien ohjeiden tahaton ylimitoittaminen ovat usein osasyitä ohjelmien ylimitoitukseen, jonka pohjalta valmistaja on pyrkinyt varmistamaan tuotteensa moitteettoman toiminnan. (Järviö 2012, 100.)

### 6.3.3 Ehkäisevän huolto-ohjelman suunnittelu kriittisyysanalyysin avulla

Ehkäisevä huolto-ohjelma voidaan tehdä myös kriittisyysanalyysiin pohjaten. Kriittisyysanalyysillä suunniteltu huolto-ohjelma menee seuraavasti. Kriittisyysanalyysissä ensimmäisenä rajataan kohde ja sen prosessit, jotta projekti pystytään toteuttamaan tehokkaasti ja hallitusti. Jaetaan prosessi toiminnallisiin toimintoihin tai yksiköihin, joita useimmiten kutsutaan kunnossapidollisiksi yksiköiksi. Tarkastettavalle yksikölle määritellään kohteen toiminnot tutkimalla mitä mahdollisesti halutaan estää. Kohteen vikaistoria, varaosien kulutus sekä valmistajan ohjeet on hyvä ottaa huomioon tässä kohdassa. Toiminnot priorisoidaan niiden kriittisyyden mukaan. Toiminnot jaetaan A, B ja C ryhmiin. A ryhmän kriittisempiä laitteita on yleensä noin 20 prosenttia kaikista laitteista. Pääpaino kunnossapidolla kohdistetaan laiteryhmiin A ja B. Tavallisesti C-laiteryhmän laitteet tarvitsevat vain pelkkää huoltoa, koska ryhmän laitteen vikaantuminen ei vaikuta tuotannon valmistusprosessiin. (Järviö 2012, 100-101.)

## 6.4 ODR – Käyttäjäkeskeinen kunnossapito

Englannin kielisistä sanoista Operator Driven Reliability rakentuu käyttäjäkeskeinen kunnossapito eli ODR. Se on olennainen osa yleistä ennakoivaa huoltostrategiaa. Tavoitteena ODR:llä on pitää tehdas pyörimässä paremmin, pidempään, kustannustehokkaasti ja kilpailukykyisesti vähentämällä suunnittelemattomia seisokkeja sekä lisäämällä käynnissä oloaika tuotanto prosesseilla. Ennakoivasti tunnistuen ongelmia, operaattori voi poistaa tai alentaa vikaantumisen mahdollisuutta nostamalla käytettävyyttä. ODR:n on tarkoituksena häivyttää kunnossapidon ja käyttäjien tehtävien välillä olevia rajoja. Monesti kohteella olevilla käyttäjillä on asenne, että he vain käyt-

tävät laitteita ja kunnossapito korjaa ja puhdistaa ne. Yhteistoiminnalla saadaan parannettua laitteiden käyttövarmuutta ja silloin ollaan yhdessä vastuussa koneen kunnon säilymisestä. (Gulati 2013, 193.)

Käyttäjät suorittavat perustasoista kunnossapito toimintaa heidän omiensa töiden ohella. He ottavat vastuulleen tarkkailla vuotoja ja ääniä, valvoa lämpötiloja, värähtelyitä ja muita normaalista koneen toiminnasta poikkeavaa. He suorittavat tehtävään puhdistusta, pientä säätämistä, voitelua ja yksinkertaisia ennakoivia ja korjaavia tehtäviä, jotka perinteisesti hoitaa kunnossapidon ammattilainen. Käyttäjäkeskeinen kunnossapito kannustaa olemaan vuorovaikutuksessa kunnossapitoon ja toiseen osastoon joka vähentää vikaantumisien määrää, mikä parantaa laitosten laajuista omaisuuden luotettavuutta. (Gulati 2013, 193.)

## 6.5 Käyttäjäkunnossapidon johtaminen ja muutosvastarinta

Käyttäjäkunnossapidon tarkoitus on, että koneiden käyttäjät osallistuvat kunnon seurantaan ja lisäämään toiminnan luotettavuutta. Käyttäjäkunnossapito on oleellisiä peruspilareita tuottavassa kunnossapidossa (TPM). Haasteena vaan on sen vaikea toteuttaminen. Yleinen vaikeus on siinä, että organisaatio useimmiten vastustaa sitä ja muutosvastarinnan voittaminen vaatii johdon osaamista ja aikaa. (Laine 2010, 221.)

Usein käyttöhenkilöhenkilökunnan näkökulmasta koetaan, että heidän työmääränsä lisätään ja todennäköisesti se johtaa palkkakeskusteluihin suomalaisessa kulttuurissa. Käyttöhenkilöstö kokee tilanteen hiostavana ja tämä termi esiintyy todennäköisesti keskusteluissa. (Laine 2010, 221.)

Kunnossapitajat taas kokevat, että heiltä viedään töitä käyttäjäkunnossapitoon ja tätä kautta tulee mahdollisesti johtamaan irtisanomisiin. Yhtenä motiivina käyttöhenkilöstöllä vastustukseen voi olla solidaarisuus työtovereita kohtaan. (Laine 2010, 221.)

Muutosvastarintaa käsitellessä yritysjohdolla pitää olla kykyjä ja positiivisten odotusten luontia, mitä muutos toisi tullessaan. Jos välttämätön tavoite ei ole henkilöstön vähentäminen, silloin johdon täytyy ottaa TPM:n pitkän aikavälin parannustehtävistä



uusia toimenkuvia, joiden avulla voidaan välttää käyttäjäkunnossapidon aloitusvaiheessa työntekijöiden vähentäminen ja tätä kautta loiventaa muutosvastarintaa. Rauhallinen aloitus käyttäjäkunnossapidossa tuo parempia tuloksia. Huonoa johtamista on kunnossapitotehtävien lisääminen käyttäjille, ennen kuin heidän osaamisensa on tarvittavalla tasolla. Ennen henkilöiden tarpeellista osaamista lisätyt kunnossapitotehtävät johtavat epäonnistumiseen ja antavat hyviä syitä estää koko uudistuksen. Etenemisnopeus on sovittava mahdollisuuksiin kouluttaa käyttäjille uusia asioita. (Laine 2010, 221.)

## **7 Ennakkohuoltosuunnitelman toteutus**

### **7.1 Käyttäjäkunnossapito John Crane Safematicilla**

Käyttäjäkunnossapito yrityksellä hoidetaan johdetusti ja jokaisella henkilöllä on omat alueensa siistinä pidettävänä. Ilmoitustaululla on listat jokaisen omasta alueestaan ja kohdat, johon kuitataan aina kun on tehty siivous tai siisteys tarkastus. Yrityksellä on 5S järjestelmä vahvasti käytössä, lattioihin on merkitty jokaisen alueen rajat. Alueita on pakkaus, koneistus, kokoonpano, läppäys, viimeistely ja niin edelleen. Kaikilla alueilla on omat vastuuhenkilöt ja he suorittavat auditointeja ja tekevät siisteysraportointia. Aina kun havaitaan jokin poikkeama tai parannuskohde, siitä tehdään Kaizen-tapahtuma, otetaan kuvat ennen sekä jälkeen toimenpiteen ja laitetaan paikat kuntoon.

Työstökoneille tehdään satunnaista käyttäjäkunnossapitoa ja tähän halutaan parannus. Parannuksena halutaan johdonmukainen ja toimiva ennakkohuoltosuunnitelma kaikille konepajan koneille. Suunnitelman on tarkoitus kattaa koneiden kaikki ennakkohuoltoihin liittyvät toimenpiteet aikataulutettuina. Konepajalla on koneita kovalla käytöllä ja myös koneita vähäisellä käyttöasteella. Ennakkohuoltosuunnitelman myötä käyttäjäkunnossapito olisi koneiden osalta johdettua ja koneet tulisivat olemaan hyvässä kunnossa ja puhtaina. Jos ennakkohuoltosuunnitelmaan ei tule mitään valvontaa, niin todennäköisesti joitakin huoltoja voi jäädä tekemättä. Suunnitelmaan tehdään toimenpiteille aikataulut, johon mennessä ne pitää tehdä, muuten järjestelmä ilmoittaa tekemättömästä huoltotoimenpiteestä.

## 7.2 Konepaja

Metallituotteiden valmistukseen tai korjaukseen erikoistunutta yritystä kutsutaan konepajaksi. Konepajassa metallia käsitellään eri tavoin ja yleisimmin käytettävät tavat ovat metallin työstö, hitsaus sekä metallien muovaus, kuten särmäys (Maaranen 2012, 11). Opinnäytetyön toimeksiantajayritys on painottanut toimintansa metallin työstämiseen eli koneistamiseen.

Konepajassa keskeinen osa on koneistustyöt. Viihtyisässä verstaassa ammattitaitoiset koneistaja tekevät työtään koneilla, jotka ovat nykypäivänä suurilta osiltaan automaattisia työstökoneita. Koneiden automaattisuuden ansiosta koneistaja saattaa hyvinkin ohjata ja valvoa useamman työstökoneen toimia. Manuaalisia työstökoneita on vielä käytössä monissa konepajoissa osana tekemistä. Tyypillisesti korjauksiin keskittyneillä konepajoilla on manuaalisia sorveja, jyrsinkoneita ja hiomakoneita. Korjauspajoissa työt ovat yleensä yksittäisten osien valmistusta. (Maaranen 2012, 11.)

Koneistettavat tuotteet ovat tarkkamittaisia. Useasti koneiden osia koneistaessa osien valmistustoleranssit ovat sadasosamillimetrin sisällä ja joskus jopa tuhannesosamillimetrin sisällä. Laatuun liittyvänä vaatimuksena on koneen osien sopivuus toisiinsa tarkkamittaisella sovitteella. (Maaranen 2012, 11-12.)

## 7.3 Konekanta

Yrityksen toiminta keskittyy huoltamaan sekä valmistamaan mekaanisia tiivisteitä erilaisiin käyttökohteisiin. Tiivisteiden valmistamiseen tarvitaan monia erilaisia työstökoneita sekä materiaaleja. Tiivisteiden valmistusprosessi alkaa sopivan materiaalin valitsemisella. Valittu materiaali sahataan vannesahalla sopivan kokoiseksi aihiksi ja vietään NC-sorville tai manuaaliselle sorville työstettäväksi. Työstövaiheen yhteydessä voidaan tarvita myös jyrsintää, porausta tai pistokoneistusta. Työstetty kappale pestään pesukoneella puhtaaksi. Liukupinnat läpätään tasomaiseksi läppäyspöydällä ja tarkastetaan pintojen suoruus mittalaitteilla. Läpätty kappale pestään pesukoneessa ja vietään kokoonpantavaksi. Mekaaninen tiiviste koostuu monista erilaisista osista. Liukupintaa ei tule kaikkiin tiivisteisiin, vaan tiiviste- ja vastarenkaaseen

Käytetyiden tiivisteiden huolloissa kappaleet käyvät raekuulapuhalluksessa ja liukupinnat vaihdetaan sekä tarvittaessa tiivistekokonaisuuteen valmistetaan uusia komponentteja huollon yhteydessä. Tiivisteiden huoltaminen tulee maksamaan keskimäärin noin 60 prosenttia uuden tiivisteiden hinnasta, joten tiivisteiden huoltaminen kannattaa. Tietenkään jos tiiviste on päässyt pahaan kuntoon, niin silloin ei kunnostus ole enää kannattavaa asiakkaan kannalta.

#### 7.4 Kriittisten laitteiden kartoitus

Yrityksen tuotannon toimivuuden kannalta on tärkeää, että kriittiset laitteet ovat toimintakunnossa. Jos yksikin kriittinen kone on poissa pelistä, johtaa sen tuotannon katkemiseen. Kriittisille koneille huoltoja täytyy tehdä suunnitellusti ja tarvittava määrä, jotta laitteelle saadaan paras mahdollinen käyttövarmuus.

Jokaisella koneella on oma tehtävänsä tiivistettä valmistettaessa ja huollettaessa. Uusia osia valmistamista varten pajassa on kolme nc-sorvia ja aihioita leikkaamassa kaksi vannesahaa. Manuaalisorveja on yhteensä viisi, mutta niistä yksi on tuotannon kannalta kriittinen eli viimeistelysorvi. Sorvilla viimeistellään kappaleiden tärkeät pinnat ennen liukupintoja sekä kokoonpanoa. Tasohiomakoneita on kaksi ja läppäyskoneita on kahdeksan, näistä molempia tarvitaan vähintään yksi kokoaikaiseen käyttöön eli ne luokitellaan kriittisiksi laitteiksi. Lämmitysuunit ovat myös tärkeä osa valmistus- sekä huoltoprosessia. Uuneilla lämmitetään kappaleet liukupintojen laittamista varten eli lämpölaajennetaan kappale liukupinnan rympäystä varten. Samalla tavalla myöskin vanhat liukupinnat poistetaan uunissa. Huoltoon tulleita tiivisteiden osia puhdistetaan raekuulapuhaltamalla ja pesemällä. Reakuulapuhalluskoneita on kaksi ja ne molemmat ovat kriittisiksi luokiteltuja koneita. Huoltoon tulevat tiivisteet puretaan ja pestään pesukoneella ennen jatkotoimenpiteitä. Pesukoneita on käytössä kolme ja yhden näistä on vähintään oltava kokoajan toiminnassa eli se on kriittinen kone tuotannon kannalta.

Ennakkohuoltosuunnitelmaa tehtäessä on otettava kaikki kriittiset laitteet huomioon huoltoja suunniteltaessa. Kriittisillä koneilla tavoite on käytettävyyden paras mahdollinen hyödyntäminen. Koneille suunniteltava huolto-ohje on oltava selkeä ja siinä täytyy olla kaikki tarvittavat toimepiteet koneen toimivuuden kannalta.

Kriittisillä laitteilla käyttöaste on suuri ja niiden ei haluta vikaantua suunnittelemattomasti. Kriittisille laitteille on tehtävä laajempi huoltojen kartoitus kuin vähän käytetyille laitteille. Laitteet kerättiin taulukkoon ja jaoteltiin kriittisyyden mukaan liitteessä 5.

## 7.5 Huolto-ohjelmien vertailu

Huolto-ohjelmaa suunnitellessa alettiin etsiä samantyyllisiä yrityksiä ja haastatella heidän koneiden ennakkohuoltosuunnittelusta. Yritysvierailulle päästiin tutustumaan SKF Ab Muuramen yksikköön, kuinka heillä toteutetaan konepajan laitteiden huoltoja. Yrityksellä on käytössään laitteiden huoltoja varten tilattu ohjelmisto. Ohjelmistossa on toimenpiteitä huolloille ja ohjelmisto ilmoittaa tulevan huollon toimenpiteen ajankohdan ja huolto pyritään tekemään ilmoitetun ajankohdan aikana. Ohjelmistoon kuitataan tehty huolto, muuten huoltokäskeytyy punaiseksi ja ponnistaa etusivulle tekemättömänä työnä. Pääasiassa ohjelmistossa olevat huollot ovat jaksotettuja huoltoja. Koneille ja laitteilla suoritetaan jaksottaisia vuosihuoltoja ja muita määräaikaista huoltoja Konecranesin puolesta. Konecranesin tekemien huoltojen ajankohtia määritellään Konecranesin omalla ohjelmistolla.

Uudemmissa työstökeskuksilla on omassa ohjainlaitteessaan huolto-ohjelma, ohjelma ilmoittaa tulevat huollot käyttötuntien mukaan. Esimerkiksi koneen tuntimittari ilmoittaa, että 500 ajotunnin välein on vaihdettava hydraulikkaöljyt. Kun ajomäärä tulee täyteen, kone ilmoittaa huollon tarpeesta ja tilataan Konecranesin huolto vaihtamaan öljyt.

Käyttäjäkunnossapitoa suoritetaan päivittäin, viikoittain ja kuukausittain. Uudemmissa työstökeskuksissa automatiikka ohjaa tarkistamaan tiettyjä kohtia aina ennen ajoa. Työntekijät ovat soveltaneet siivousvuoroja tekemällä jokaiselle koneita käyttävälle henkilölle vastuulleen yhden viikon kuukaudessa pitää huolta erilaisista toimenpiteistä ja yksi niistä oli, että lastukaukalot tyhjennetään kyseisellä viikolla vastuhenkilön toimesta. Käyttäjäkunnossapito tehtävistä ei ole yrityksellä virallista ohjetta, jossa olisi kaikki tehtävät ja toimenpiteet kuittauksineen. Yrityksellä olisi toive saada käyttäjäkunnossapidolle selkeä ohje tehtävistä toimenpiteistä.

SKF:llä oleva ohjelmisto laitteiden huoltoja varten vaikutti toimivalta ohjelmalta ja oli helppo käyttää, mutta siinä ei ollut yhtään visuaalisuutta, käytännössä kyseinen ohjelma toimii hyvin vuosihuoltoihin ja muihin saman tapaisiin huoltoihin. Safematicilla tuleva huolto-ohjelma tehtiin Excelillä ja Wordilla mahdollisimman helppokäyttöisenä ja johdonmukaisena. Ohjelmaan tuli kuvia laitteista ja huollettavista laitteiden kohdista, esimerkiksi kuvataan paikka, josta tarkistetaan öljyn määrä. Jokaisella solulla on oma tietokoneensa, jossa käytetään huolto-ohjetta ja kuitataan siihen tehdyt toimenpiteet. Soluilla on omat vastuuhenkilönsä, joiden vastuulleen huoltojen tekeminen ja kuittaaminen tulee. Hyvänä käytäntönä ohjelmistossa on aikaan perustuva huoltotoimenpide, joka pitää tehdä ja kuitata, muuten tulee ilmoitus tekemättömästä huoltotyöstä.

## 7.6 Ennakkohuoltosuunnitelma

Laitekohtaisia tarkastuskohteita ja muita huollettavia kohteita tarkastellessa käytiin läpi laitteista löytyviä manuaaleja, huoltohistoriaa sekä koneita käyttävien henkilöiden kokemukseräistä tietotaitoa hyödynnettiin tiedon keräyksessä. Huoltosuunnitelmaa tehdessä yhdistettiin tietoja laitteista kartoittaen tarvittavia huoltokohteita. Työssä otettiin esille esiteltäväksi yhdet esimerkki huolto-ohjeet manuaalisorville, NC-sorville ja läppäyskoneelle.

### 7.6.1 Huoltokortin luominen

Kaikille laitteille ei voi tehdä samaan ohjetta, joten huoltosuunnitelma on aloitettava yhdestä laitteesta kerrallaan. Laitteille tuleville huolloille määriteltiin päivittäiset, viikoittaiset sekä kuukausittaiset toimenpiteet. Huoltojen määrätyt ajankohdat riippuvat aina laitteesta ja sen käytöstä. Taulukossa 1 on luotu mallipohja laitteille tulevalle huoltokortille, jossa määritellään aika, tehtävä ja huoltokortin seuraaville sivuille kerätään huoltotoimenpiteisiin liittyvää lisätietoa sekä kuvia.

## Taulukko 1 . Laitteelle tulevan huoltokortin pohja

Kone

Päivittävät toimenpiteet konetta käyttäessä

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja

Viikoittaiset toimenpiteet

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja

Kuukausittaiset toimenpiteet

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja

Huoltokortti tulee jokaisella laitteella käytettäväksi. Konepaja on jaettu useisiin eri soluihin ja näissä kaikissa soluissa ei ole huoltosuunnitelmalle tulevia laitteita. Huoltosuunnitelmille otetaan mukaan kuusi solua, jotka ovat tiivisteiden purku, liukupintojen irrotus ja puhallus, koneistus, viimeistelysorvaus, liukupinta sekä kokoonpano. Koneistus solusta aloitettiin kartoittamaan laitteita ensimmäisenä huolto-ohjeelle ja siellä on useita manuaalisia työstökoneita, NC-sorveja sekä kaksi vanne-sahaa. Harvemmin käytetyille manuaalisille työstökoneille tuleviin huolto-ohjeisiin tuli vähemmän tarkastettavia kohteita verrattaessa NC-sorviin.

### 7.6.2 Huoltotehtävien kartoitus laitteille

Aluksi konepajalla olevat laitteet kartoitettiin. Yrityksen tietokannasta löytyi laitteiden tietoja ja niiden huoltohistoriaa, mutta tätä listaa ei ollut päivitetty pitkään aikaan. Listalta puuttui laitteita, toisaalta listalla oli vanhoja, jo poistettuja laitteita. Päivitetyn laitelistan laitteet jaoteltiin oikeisiin soluihin pajassa olevalla tavalla. Kaiken

kaikkiaan huolto-ohjeelle tulevia laitteita löytyi 36 kappaletta. Jokaisella solulla on omat vastuhenkilöt, jotka huolehtivat solun laitteiden toiminnasta. Laitteille tulevia huoltotoimenpiteitä alettiin kartoittaa keräämällä tietokannasta laitteista oleva tieto ja huoltohistoria sekä haastatteleamalla laitteita käyttäviä henkilöitä. Huoltosuunnitelman on tarkoitus olla osana koneiden käyttäjien jokapäiväistä tekemistä.

### 7.6.3 Manuaalisorvit

Sorveille kartoitettiin ensimmäisenä koneen käyttäjän tekemät päivittäiset huollot. Manuaalisorvien manuaaleista löytyi aika suppeasti tietoa itse koneen kunnossapidosta, mutta koneen käyttäjät osasivat täydentää huollettavia kohteita listaan. Kaikkia manuaalisia sorveja ei kuitenkaan käytetä joka päivä, joten huoltojen kohdentamista oli mietittävä. Ennen koneen käyttöä on tarkastettava turvakytkimien ja suo-  
jien kunto. Koneita käytettäessä on tarkistettava öljykierron toiminta koneen päällä olevasta öljysilmästä. Kun öljyä roiskii siihen, koneessa kiertää öljy. Töiden päätteeksi kone puhdistetaan siistiin kuntoon ja voidellaan johteet. Taulukossa 2 on päivittäiset työtehtävät ja toimenpiteet manuaalisorville.

Taulukko 2. Manuaalisorvin päivittäiset toimenpiteet

<b>Työtehtävä</b>	<b>Toimenpide</b>
Koneen siivous käytön jälkeen	Puhdista kone käytön jälkeen
Puhdista ja voitele johteet	Puhdista ja Voitele
Turvakytkimien tarkistus	Tarkista, että kytkimet ovat ehjät ja eivätkä ole jumissa
Lastusuojan kunnon tarkistus	Tarkista / Puhdista
Öljykierron tarkistus ajonaikana	Tarkista, että kara toimii ja öljy kiertää

Manuaalisorville suunniteltiin myös viikoittaisia sekä kuukausittaisia toimenpiteitä. Sorveissa tehtävät viikoittaiset toimenpiteet ovat pääasiassa siisteyden tarkastuksia ja kuukausittaiset toimenpiteet ovat enimmäkseen vaihteistoöljyjen ja lastuamisnes-  
teiden määrien tarkastuksia sekä muita yleistarkastuksia. Koneistussolussa oleville

muille manuaalisille koneille tehtiin jokaiselle omat huoltokorttinsa. Liitteessä 1 on manuaalisorville tuleva huoltokortti.

#### 7.6.4 NC-sorvit

NC-sorveille tulevia huoltoja oli hieman selkeämpi kartoittaa, sillä koneet ovat uudempia ja niistä löytyi kunnolliset manuaalit. Lisäksi koneiden valmistajalla oli ilmoitettuja huoltokohteita selvemmin. Päivittäiset toimenpiteet aloitetaan turvalaitteista, jotka tarkastetaan aina ennen koneen käyttöä. Huoltokortit sisältävät paljon tarkastettavia kohteita ja huoltoa vaativia paikkoja on useita, ne näkyvät taulukossa 3. NC-sorvit ovat jatkuvalla käytöllä ja ne ovatkin tuotannon kannalta kriittisiä koneita.

Taulukko 3. NC-sorvin päivittäiset huoltotoimenpiteet

Päivittäiset toimenpiteet	
Työtehtävä	Toimenpide
Testaa pääkytkin	Tarkista pääkytkin, ettei se ole rikki tai jumissa
Tarkista hätä-seis toiminnot	Tarkista, että hätä-seis toiminnot ovat ehjät ja eivätkä ole jumissa
Puhdista työkalukara ja työkalunvaihtaja	Tarkista ja Puhdista
Puhdista lastusuojat	Tarkista ja Puhdista
Puhdista työkalun mittauspää	Tarkista ja Puhdista
Puhdista kone käytönjälkeen	Puhdista kone käytön jälkeen
Tarkista öljyvuodot	Tarkista kone ja sen ympäristö öljyvuotojen varalta
Tarkista ilmanpaine	Tarkista, minimi paine 5 bar
Tarkista turvallisuus	Ympäristö siisti ja tarkista oven turvalukituksen toiminta

NC-sorveille kartoitettiin päivittäisten toimenpiteiden lisäksi viikoittaisia toimenpiteitä. Viikoittaisiksi toimenpiteiksi tuli monenlaisia tarkistuksia ja huoltokohteita sorville. NC-sorville toteutettu huoltokortti liitteessä 2.

#### 7.6.5 Lämpäyskoneet

Liukupintasolussa tiivisteiden liukupintojen ajamista varten on lämpäyskoneet sekä tasohiomakoneet. Lämpäyskoneita on yhteensä kuusi ja tasohiomakoneita kaksi kap-



paletta. Lämpäyskoneet eivät ennestään olleet tuttuja, joten koneisiin oli aluksi tutustuttava ja niiden toimintaperiaatteeseen oli syvennyttävä. Lämpäyskoneille tulevista huolloista ei ollut ennestään kokemusta, joten koneisiin tutustuttiin konepajan puolella haastatteleamalla koneiden käyttäjiä sekä perehtymällä koneiden manuaaleihin. Niin kuin aikaisemmissakin laitteissa, päivittäiset toimenpiteet alkavat turvalaitteiden tarkastuksella päättyen laitteen puhdistukseen. Taulukossa 4 on lämpäyskoneelle päivittäiset toimenpiteet. Lämpäyskoneet ovat yksinkertaisia ja eivätkä vaadi paljoa huoltoa. Liitteessä 3 on huoltokortti lämpäyskoneelle.

Taulukko 4. Lämpäyspöydän päivittäiset toimenpiteet

**Päivittäiset toimenpiteet konetta käytäessä**

Työtehtävä	Toimenpide
Turvakytkimien toiminta	Tarkista, että kytkimet ovat ehjät ja eivätkä ole jumissa
Koneen puhdistus käytön jälkeen	Puhdista kone käytön jälkeen
Lämpäysnesteen määrän tarkistus	Tarkista, että nestettä on riittävästi ennen läppäystä

### 7.6.6 Ennakkohuoltosuunnitelman visuaalisuus

Ennakkohuoltosuunnitelmasta haluttiin saada sopivan yksinkertainen sekä visuaalinen. Huoltotoimenpiteistä sekä huollettavista kohteista otettiin paljon kuvia. Jokaisen koneen huoltokortin yläosaan otettiin kuva koneesta sekä yrityksen logo. Esimerkkinä kuviossa 8 on tasohiomakoneen huoltokortin yläosa.



**Tasohiomakone G&N MPS2 R400**



Kuvio 8. Tasohiomakoneen huoltokortin yläosa

Huoltokortille järjesteltiin päivittäiset, viikoittaiset sekä kuukausittaiset toimenpiteet omiin taulukoihinsa. Taulukot otsikoitiin kolmeen osaan eli työtehtävä, toimenpide ja lisätietoja. Taulukossa 5 on tasohiomakoneella oleva yksi toimenpide kuukausittaisista toimenpiteistä.

Taulukko 5. Kuulakaran rasvaus tasohiomakoneella

**Kuukausittaiset toimenpiteet**

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Kuulakaran rasvaus	Kuulakaran rasvanippa koneen suoja Pellin takana (kuulalaakerirasva)	3.1

Lisätiedot-kohta kertoo numeroinnillaan, mikä sivu ja kuva toimenpiteeseen liittyy. Taulukon 5 toimenpiteen lisätiedot kertovat, että lisätietoja kohteesta löytyy sivulta 3. Lisätiedoissa selvennetään huoltotoimenpidettä, esimerkiksi kyseisen huoltotoimenpiteen hoitamiseksi tarvitsee tietää rasvattavan kohteen sijainti. Rasvattava kohde löytyy kuvion 9 ohjeistamalla tavalla koneen etupuolelta suoja Pellin takaa.

**3.1 Kuulakaran rasvaus**

Koneen edestä suoja Pellin auki ja pysty akselilta löytyy rasvanippa



Kuvio 9. Kuulakaran rasvauspaikka tasohiomakoneessa

Jokaisesta huoltotoimenpiteestä tehtiin lyhyt kirjallinen toimenpideohje ja kuvia lisättiin tapauskohtaisesti huoltotoimenpiteiden tekemisen helpottamiseksi. Esimerkiksi työstökoneeseen tuli ohjeena tarkastaa vaihteistoöljyn määrä ja tarvittaessa lisätä öljyä, joten ohjeeseen merkittiin, mistä öljyn tason voi tarkistaa ja mitä öljynlaatua koneeseen täytyy laittaa.

### 7.6.7 Huoltojen seuranta

Laitteille tehdyt huoltokortit haluttiin myöskin saada toimintaan ja työntekijöiden päivittäiseen käyttöön. Huoltojen seuranta varten luotiin sähköinen seurantajärjestelmä, johon työntekijät kuittaavat tehdyt laitteiden huollot. Yritys ei katsonut tarpeelliseksi investoida huoltojen seuranta varten mitään varsinaista seurantaohjelmaa. Kyseessä oli kuitenkin suhteellisen yksinkertainen huoltojen seuranta, joten se voitiin toteuttaa Excelillä. Taulukkoon listattiin laitteiden tiedot, vastuuhenkilöt sekä huollontarpeet. Huollontarpeisiin merkittiin, mihin huoltoihin tulee kuitattavat toimenpiteet. Jokapäiväisesti käytetyt laitteet vaativat kuittauksen päivittäin ja vähemmän käytetyt kuitataan viikoittain tai kuukausittain. Taulukossa 6 on koneistussolun laitteet ja kuittausvaatimukset.

Taulukko 6. Koneistussolun laitteet ja huoltojen tarpeet

Nimi	Malli	Kone	Vastuu	HUOLTO TARPEET		
				P	V	K
Mori Seiki	MT2000	CNC-monitoimisorvi	SSO	x	x	
Mazak	Integrex 300 Y	CNC-monitoimisorvi	AKo	x	x	
Parpas	FV-A	Yleisjyrsinkone	AKo, SSO			x
Bridgeport	Series II Special	Yleisjyrsinkone	AKo, SSO			x
R&E		Pystypistokone	AKo, SSO			x
Arboga	U1 COMBI	Pylväsporakone	AKo, SSO			x
Famup	RAG	Pylväsporakone	AKo, SSO			x
Jungner		Työkaluhiomakone	AKo, SSO			x
Kasto	HBA 360 AV	Vannesaha	AKo, SSO	x	x	x
Behringer	HBP 413A	Vannesaha	AKo, SSO	x	x	x
Colchester	Triumph 2000	Kärkisorvi	AKo, SSO			x
Ernault Somua	Cholet 435	Kärkisorvi	AKo, SSO			x
Ernault Somua	Cholet 550	Kärkisorvi	AKo, SSO			x

Huoltotaulukon yhteyteen lisättiin huoltojen kuittauskentät. Huoltojen kuittaus suoritetaan yhdellä kuittauksella päivittäin, viikoittain tai kuukausittain laitekohtaisesti. Taulukossa 7 on koneistussolun laitteiden huoltojen kuittausta varten tehty taulukko. Huoltojen seuranta veisi työntekijöiltä paljon aikaa muusta työnteosta, jos jokainen päivittäinen, viikoittainen ja kuukausittainen huoltotoimenpide täytyisi kuitata erikseen järjestelmään.

Taulukko 7. Koneistussolun huoltojen kuittaus

HUOLTO TARPEET			MAALISKUU																													VIKKO huollot				KK huolto			
P	V	K	PÄIVITÄISET huollot																													1	2	3	4				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
x	x		x	x	x	x	x	x	x																														
x	x		x	x	x	x	x	x	x																														
		x																																					
		x																																					
		x																																					
		x																																					
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																														
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																														
		x																																					
		x																																					
		x																																					

Huoltoja seurataan viikoittain aamupalaverissa avaamalla huoltojen seurantataulukko ja käymällä se työntekijöiden kanssa läpi. Liitteessä 4 esiteltynä Exceliin luotu huoltojen seuranta taulukko kokonaisuudessaan.

## 8 Jatkokehitysideat

Huoltosuunnitelman käyttöä konepajan puolella olisi hyvä kehittää esimerkiksi lisäämällä kriittisille laitteille tabletit huoltojen kuittaukseen sekä mahdollistaisi huoltojen seurannan reaaliajassa. Huoltokortin ollessa sähköinen, olisi sitä helppo muokata ja huolto-ohjeet olisivat saatavilla helposti. Tabletille voisi lisätä laitteiden huoltohistoriaa ja muita laitteita koskevia tietoja. Huoltojen seurantaa varten olisi myös hyvä investoida tablettien yhteyteen, siihen sopiva ohjelmisto. Sopiva ohjelmisto helpottaisi huoltojen seurantaa sekä laite historia olisi helposti käsillä.

## 9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia konepajassa oleville laitteille käyttäjäkohtaiset ennakkohuoltosuunnitelmat. Ennakkohuoltosuunnitelmien tavoitteena oli olla mahdollisimman selkeät ja yksinkertaiset jokapäiväistä käyttöä varten. Tavoitteena oli myös luoda huoltojen seurantaa varten ohjelma, johon työntekijät voivat kuitata tehdyn ennakkohuollon.

Opinnäytetyön tuomaa ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan perehtymällä konepajassa oleviin laitteisiin ja niiden toimintaan. Laitteista löytyi tietokannasta lista sekä huoltohistoriat. Laitelistaa ei ollut päivitetty pitkään aikaan, ja laitteita on sinä aikana tullut

ja mennyt, joten lista oli päivitettävä ajan tasalle ennen työn aloitusta. Konepajassa oli useita minulle entuudestaan tuttuja laitteita, joten niistä ja niiden huoltotarpeista oli helpoin aloittaa. Manuaalisorvi oli laitteista kaikista tutuin. Manuaalisorville tulevia huoltokohteita oli suhteellisen vähän ja niitä saatiin kerättyä koneiden manuaaleista sekä koneiden käyttäjiltä. Sorveille kerättyjä huoltotoimia käytiin läpi koneiden käyttäjien kesken ja saatiin selvitettyä tarpeelliset huoltotoimet sekä ajankohdat niille. Laitteelle kerätyt huoltotoimet siirrettiin huoltokortille ja useasta huoltokohteesta otettiin valokuvat selkeyttämään huoltotoimia. Huoltotoimia varten luotiin huoltokorttipohja, johon oli helppo kerätä huoltokohteita ja liittää kuvia. Jokainen laite sai oman huoltokorttinsa omanlaisenaan ja laitteiden käyttöasteen mukaan tehtiin huolloille ajankohdat.

Huoltojen seurantaan varten luotiin Exceliin taulukko, joka sisältää kaikki huollon piiriin tulevat laitteet ja huollon tarpeet. Taulukkoon määriteltiin laitteille vaadittavat huoltojen kuittaukset sopivina ajankohtina. Huoltojen seuraamiseen tehdystä taulukosta saatiin selkeä ja helppokäyttöinen. Päivittäiset toimenpiteet sisältävät useiden laitteiden kohdalla monia erilaisia tarkastettavia toimenpiteitä ja näitä jokaista ei tarvitse merkitä erikseen, vaan taulukkoon merkitään kaikki päivittäiset toimenpiteet yhdellä kuittauksella. Jokaisella solulla on omat laitteensa ja vastuuhenkilöt, jotka vastaavat laitteiden kunnosta ja suorittavat vaadittavat huoltotoimenpiteet. Huoltosuunnitelmia kertyi kokonaisuudessaan 36 kappaletta ja mukaan mahtui monenlaisia huoltotoimenpiteitä sekä monia erilaisia laitteita.

Työssä onnistuttiin ja tuloksena saatiin tuotannon laitteille kokonaisvaltaiset ennakkohuoltosuunnitelmat. Ennakkohuoltosuunnitelmista saatiin tehtyä selkeitä ja johdonmukaisia ja niitä myös uusien työntekijöiden helppo käyttää. Huoltojen seurantaan varten luotiin selkeä Excel-taulukko, johon tehdyt huollot voidaan kuitata, ja siitä on helppo seurata tehtyjä tai tekemättömiä huoltoja. Taulukosta tehtiin yksinkertainen, laitetaan vain rasti ruutuun tehdyn työn kuittaukseksi.

Haasteina työssä oli löytää kaikille laitteille tarpeen vaatimat huoltotoimet ja ajoitus huolloille. Manuaaliselle sorville tehtyjä huoltoja pystyi hyvin määrittelemään aikaisemman kokemuksen perusteella, mutta konepajassa olevia minulle tuntemattomia laitteita oli haastavampi lähteä tutkimaan. Konepajassa tehdään tiivistepintojen liu-

kupintojen ajoa eli läppäystä. Läppäysprosessi oli minulle manuaalisesti tuttu ennestään, mutta koneellinen läppäys oli uusi asia sekä siihen käytettävät laitteet toivat haastetta. Läppäyskoneille löytyi hyvin manuaaleja ja koneiden käyttäjät osasivat kertoa huoltotoimia tarkemmin. Näin saatiin kasattua jokaiselle laitteelle tarvittavat huoltotoimet. Jokainen laite on oma yksilönsä ja vaatii erilaisia huoltotoimia toimiakseen osana tuottavaa konepajalaitteistoa. Valmiit huoltosuunnitelmat tulostettiin ja laminoitiin sekä sijoitettiin laitteiden läheisyyteen nopeasti saataville ja näin ne tulevat myös käyttöön. Työstä voi olla tyytyväinen onnistuneeseen lopputulokseen ja työstä sai hyötyä yritys sekä opiskelija.

## Lähteet

Aalto, H. 1994. Kunnossapitotekniikan perusteet. Loviisa: Painoyhtymä Oy.

Gulati, R. 2013. Maintenance and Reliability Best Practices. 2.p. New York: Industrial Press, Inc.

John Crane intranet. Viitattu 18.1.2018.

<https://online.smiths.com/johncrane/portal>

Juurisyyanalyysi (Root Cause Analysis). 2016. Lis Group Oy. Viitattu 27.1.2018.

<https://www.lis.fi/turvallisuuskehitys/jyrisyyanalyysi-rca/#toggle-id-3>

Järviö, J. 2012. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5.p. Helsinki: KP-Media.

Järviö, J. 2000. RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Kotka: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4.p. Helsinki: KP-Media Oy.

Kananen, J. 2008. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

Karjalainen, T. 2007. Yhdistä ideointityökaluilla luovan ajattelun eri ulottuvuudet - Aivoriihi, ryhmittelykaavio sekä kalanruokaavio. Viitattu 27.1.2018.

<http://www.gk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/yhdistae-ideointityoekaluilla-luovan-ajattelun-eri-ulottuvuudet/>

Key Performance Indicators (KPIs) and Why They're Important. 2017. The balance. Viitattu 25.1.2018.

<https://www.thebalance.com/what-are-key-performance-indicators-2296142>

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito. Kerava: Savion Kirjapaino Oy.

Lean Six Sigma vuodesta 1999. N.d. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Viitattu 17.1.2018

<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/etusivu/>

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

Maaranen, K. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro.

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media.

Närvänen, T. 2015. Lean – Revontuli koulutusmateriaali. Viitattu 16.1.2018.

PSK 7501. 2000. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK standardisoimisyhdistys ry. Viitattu 12.1.2018.

PSK 6201. 2003. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 12.1.2018.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Suomen standardisoimisliitto. Viitattu 12.1.2018.

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Suomen standardisoimisliitto. Viitattu 12.1.2018.

VSM – Mihin tätä käytetään?. 2015. Viitattu 23.1.2018.

<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/artikkelit/vsm/>

VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. 2013. Viitattu 23.1.2018.

<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>



Smith, A. 2004. RCM Getaway to world class maintenance. United States: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Smiths, 2017. Yrityksen kotisivut. Viitattu 13.1.2018

<https://www.smiths.com/home.aspx>

## Liitteet

### Liite 1. Manuaalisorvin ennakkohuoltosuunnitelma



**Manuaalisorvi Tos SN 500**



#### Päivittäiset toimenpiteet konetta käyttäessä

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Koneen siivous käytön jälkeen	Tarkista / siivoa	
Puhdistetaan ja voidellaan johteet	Voitele ja puhdista johteet (Castrol Hyspin 68)	2.2
Turvakytkimien tarkistus	Tarkista, että kytkimet ovat ehjät ja eivätkä ole jumissa	2.1
Tarkista lastusuojan kunto ja puhtaus	Tarkista ja puhdista lastusuoja	3.2
Karan toiminnan ja öljykierron tarkastus ajonaikana	Tarkista, että kara toimii ja öljy kiertää	3.1

#### Viikoittaiset toimenpiteet

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Puhdista pakka	Tarkista ja puhdista pakka	3.3
Tarkista koneen yleissiisteys	Tarkista ja puhdista kone tarvittaessa	

#### Kuukausittaiset toimenpiteet

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Tarkista vaihteistoöljyn määrä	Tarkista öljyn määrä ja lisää tarvittaessa (Castrol Hyspin 46)	3.4
Tarkista karalaatikon öljymäärä	Tarkista öljyn määrä ja lisää tarvittaessa (Castrol Hyspin 46)	4.1
Tarkista kelkkavaihteiston ja johde öljyn määrä	Tarkista öljyn määrä ja lisää tarvittaessa (Castrol Hyspin 68)	4.2
Tyhjennä lastukaukalo tarvittaessa	Tarkista / Tyhjennä lastukaukalo tarvittaessa	4.3

## 2.1 Turvakytkimien tarkistus

Pääkytkin



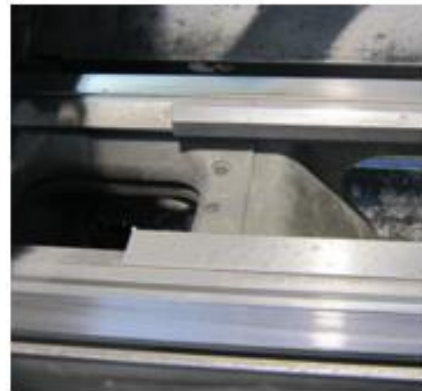
Hätä-seis 1



Hätä-seis 2



2.2 Puhdistetaan ja voidellaan johteet



### 3.1 Karan toiminnan ja öljykierron tarkastus

Tarkista öljysilmästä, että öljyä virtaa



### 3.2 Tarkista suojan kunto ja puhtaus

Pidä suoja puhtaana



### 3.3 Puhdista pakka

Pidä pakka siistinä



### 3.4 Tarkista vaihteistoöljyn määrä

Koneen takapuolelta löytyvästä silmästä



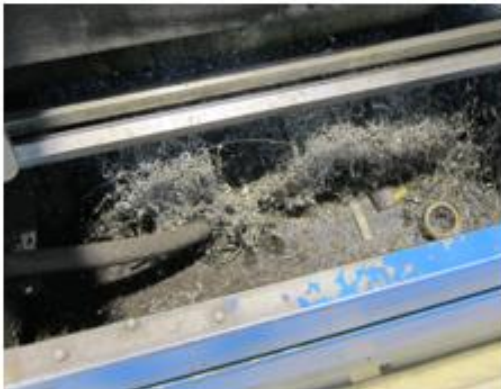
4.1 Tarkista karalaatikon öljynmäärä  
koneen etupuolella olevasta silmästä



4.2 Tarkista kelkkavaihteiston ja johde öljyn määrä  
kelkassa olevasta silmästä ja lisää tarvittaessa



4.3 Tyhjennä lastukaukalo tarvittaessa



## Liite 2. NC-sorvin ennakkohuoltosuunnitelma

**NC-Sorvi Mori Seiki MT2000****Päivittäiset toimenpiteet**

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Testaa pääkytkin	Tarkista pääkytkin, ettei se ole rikki tai jumissa	2.1
Tarkista hätä-seis toiminnot	Tarkista, että hätä-seis toiminnot ovat ehjät ja eivätkä ole jumissa	2.2
Puhdista työkalukara ja työkalunvaihtaja	Tarkista ja Puhdista	2.3
Puhdista lastusuojat	Tarkista ja Puhdista	2.4
Puhdista työkalun mittauspää	Tarkista ja Puhdista	3.1
Puhdista kone käytönjälkeen	Tarkista ja Puhdista	
Tarkista öljyvuodot	Tarkista kone ja sen ympäristö öljyvuotojen varalta	
Tarkista ilmanpaine	Tarkista, minimi paine 5 bar	3.2
Tarkista turvallisuus	Ympäristö siisti ja oven turvalukitus toimii	

**Viikoittaiset toimenpiteet**

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Tyhjennä lastuastia	Tyhjennä lastuastia aina sen täytyttyä	3.3
Tarkista keskusvoitelujärjestelmä	Tarkista öljyn määrä ja lisää tarvittaessa (Castrol Hyspin 68)	3.4
Puhdista emulsiosäiliön suodatinverkot	Puhdista	3.5
Puhdista lastuamismesteen suodatin	Puhdista	3.6
Tarkista hydraulikkajärjestelmä	Tarkista öljyn määrä. Vaadittu öljyntaso on H-L (Castrol Hyspin 32)	4.1
Tarkista ATC:n öljymäärä	Tarkista, että öljyn taso on merkkien välissä	4.2
Tarkista jäähdytysnesteiden pinnankorkeus	Tarkista, että taso on merkkien välissä	4.3
Tarkista ja rasvaa pakka	Tarkista / Voitele (NLGI 2)	4.4
Mittaa lastuamismesteen väkevyys ja pH	Tarkista / Mittaa	

### 2.1 Testaa pääkytkin



Hätä-seis 2



### 2.3 Puhdista työkalukara ja työkalunvaihtaja



### 2.2 Tarkista hätä-seis toiminnot

Hätä-seis 1



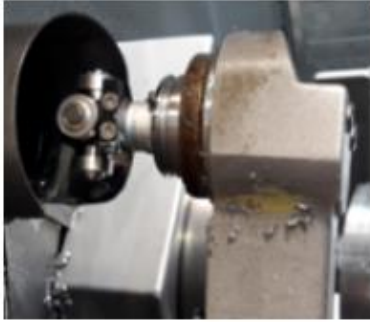
Hätä-seis 3



### 2.4 Puhdista lastusuojat



3.1 Puhdista työkalun mittauspää



3.2 Tarkista ilmapaine



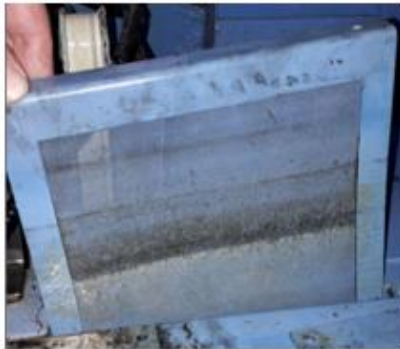
3.3 Tyhjennä lastuastia



3.4 Tarkista keskusvoitelujärjestelmä



3.5 Puhdista emulsiosäiliön suodatinverkot



3.6 Puhdista lastuamismesteen suodatin





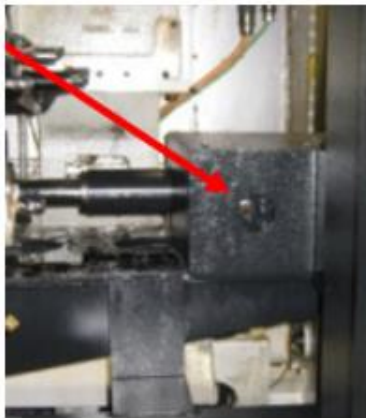
4.1 Tarkista hydraulikkajärjestelmä



4.2 Tarkista ATC:n öljymäärä



4.3 Tarkista jäähdytysnesteen pinnankorkeus



4.4 Tarkista ja rasvaa pakka



## Liite 3. Lämpäyskoneen ennakkohuoltosuunnitelma



Lämpäyspöytä Wentzky 4R70



## Päivittäiset toimenpiteet konetta käyttäessä

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Turvakytkimien toiminta	Tarkista, että kytkimet ovat ehjät ja eivätkä ole jumissa	2.1
Koneen puhdistus	Puhdista kone käytönjälkeen	
Lämpäysnesteen määrän tarkistus	Tarkista, että nestettä on riittävästi ennen läppäystä	2.2

## Viikoittaiset toimenpiteet

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Lämpäyslevyn ja oikaisurenkaiden urien puhdistus	Tarkista lämpäyslevyn ja oikaisurenkaiden urien puhtaus ja puhdista tarvittaessa urat	2.3
Koneen siisteyden tarkastus	Tarkista koneen siisteys	

## Kuukausittaiset toimenpiteet

Työtehtävä	Toimenpide	Lisätietoja sivulla
Lämpäyspöydän suoruuden tarkastus	Tarkista pöydän suoruus	3.1
Ohjausrullien tarkistus	Tarkista ohjausrullien kunto ja vaihda rikkiäiset rullat	3.2
Tarkista vaihteisto öljynvuodoilta	Tarkista	3.3

## 2.1 Turvalaitteiden toiminta

### 2.1.1 Pääkytkin



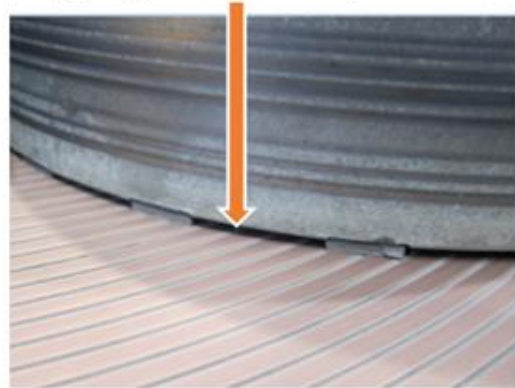
### 2.1.2 Häätä-seis



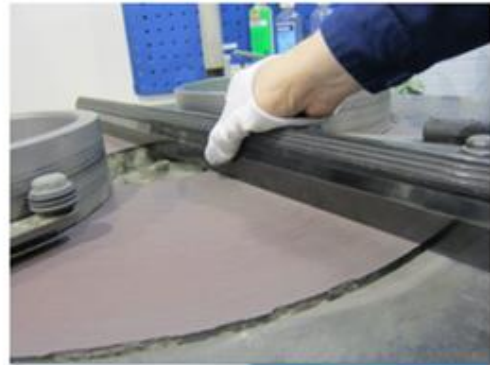
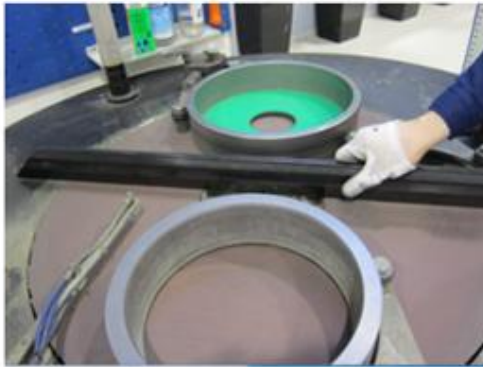
## 2.2 Lämpösnesteen määrän tarkistus



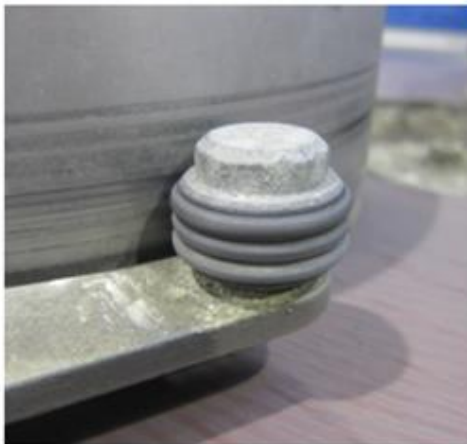
## 2.3 Lämpöslevyn ja oikaisurenkaiden urien puhdistus



### 3.1 Lämpäspöydän suoruuden tarkistaminen suoritetaan lineaarilla tarkastamalla



### 3.2 Ohjausrullien tarkastus



### 3.3 Tarkista vaihteisto öljynvuodoilta





## Liite 5. Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysi					
Kriittiset laitteet			Ei kriittiset laitteet		
Mori Seiki	MT2000	CNC-monitoimisovi	Parpas	FV-A	Yleisjyrsinkone
Mazak	Integrex 300 Y	CNC-monitoimisovi	Bridgeport	Series II Special	Yleisjyrsinkone
Kasto	HBA 360 AV	Vannesaha	R&E		Pystypistokone
Behringer	HBP 413A	Vannesaha	Arboga	U1 COMBI	Pylväsporakone
Wentzky	4R70	Wentzky	Famup	RAG	Pylväsporakone
TOS	SN 500	Kärkisovi	Jungner		Työkaluhiomakone
G&N	MPS 2 - R400	Tasohiomakone	Colchester	Triumph 2000	Kärkisovi
Wolters	K3R-1500-GR	Läppäyskone	Ernault Somua	Cholet 435	Kärkisovi
Idea Machine	IM 100E-44/SS	Pesukone	Ernault Somua	Cholet 550	Kärkisovi
Idea Machine	IM100AE-22PD2 "	Pesukone	GMN	MPS2-R300	Tasohiomakone
Ernault Somua	Cholet 435	Kärkisovi	JoKe	EL 600	Läppäyskone
Sarlin	750H 438	Lämpökäsittelyuuni	Wentzky	4R70 PL	Läppäyskone
Sarlin	650H-548-20	Lämpökäsittelyuuni	Lapmaster	15	Läppäyskone
Okuma	LB 25	CNC-sovi	Lapmaster	24	Läppäyskone
FinnSonic	VM80 101 2013	Ultraääni pesukone			
FinnSonic	M801 103/2012	Ultraääni pesukone			
Blastjet	BJ - 105A4P	Kuulapuhalluskone			
KAPU	KAPU	Kuulapuhalluskone			