

Jarkko Haapakangas

## **Kunnossapidon kehittäminen**

Ennakkohuollon tarpeen määrittäminen

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Koulutusohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Jarkko Haapakangas

Työn nimi: Kunnossapidon kehittäminen

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 48

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Atria Oyj -konserniin kuuluvan A-Pekoni Nurmo Oy:n uuteen ja modernisoituun sikaleikkaamoon. Sikaleikkaamon vuonna 2015 uudistuneen ja kasvaneen laitekannan myötä, myös kunnossapidon haasteet ovat lisääntyneet ja kasvaneet. Tavoitteena yrityksessä oli laitteille ja koneille suoritettavien kunnossapidon tehtävien tarpeen määrittäminen ja sitä kautta kunnossapidon kustannuksissa säästäminen sekä käytettävyyden varmistaminen.

Työssä tutustuttiin kunnossapidon teoriaan sekä erilaisiin ennakoivan huollon tarpeen määrittämisessä käytettäviin menetelmiin. Näistä keskeisimpinä ovat TPM, RCM ja kunnonvalvonta. TPM tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa, ja se tavoittelee tuotannon virheetöntä toimintaa pitäen laitteet ja koneet optimaalisessa kunnossa maksimoiden niiden suorituskyvyn. TPM:n soveltamaa kriittisyysanalyysiä käyttämällä koneet ja laitteet saataisiin jaoteltua eri ryhmiin niiden kriittisyyden perusteella. RCM auttaa ennakoivan kunnossapidon suunnittelussa. RCM:n tarkoitus tiivistettynä on pitää koneet ja prosessit käynnissä ja kunnossa ilman rikkoontumisia mahdollisimman pienin kustannuksin. Kunnonvalvonnassa käytetään erilaisia mittareita ja antureita koneiden ja laitteiden osien kunnan mittaamiseksi. Oikeanlaisen kunnonvalvonnan avulla ennakoiva huolto voitaisiin keskittää sinne, missä sitä eniten tarvitaan.

Yritystä ohjeistettiin näiden menetelmien käyttämisessä sovellusesimerkkien avulla. Myös menetelmien käyttämisessä apuna olevien kaavojen soveltamista ohjeistettiin. Yrityksen tulisi ottaa nämä menetelmät käyttöön aluksi pienelle alueelle, ja testausjakson päätteeksi voitaisiin tehdä päätökset mahdollisesta menetelmien laajemmasta soveltamisesta.

Avainsanat: ennakkohuolto, kunnossapito, käynnissäpito, huolto, huollon tarve, elintarviketeollisuus, teollisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Jarkko Haapakangas

Title of thesis: Development of Maintenance

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2018

Number of pages: 48

Number of appendices: 1

---

This thesis was made for the new and modernized pig cutting plant of A-Pekoni Nurmo Oy, a part of Atria Plc. Resulting from the renewal of the pig cutting plant in 2015, the grown equipment reservoir has also increased the challenges of maintenance. The company's objective was to determine the need for the maintenance of equipment and machines, and thus to save on maintenance costs.

This thesis was started by getting familiar with the theory of maintenance and the various methods used to determine the need for proactive maintenance. The most important of the methods are TPM, RCM and condition monitoring. TPM means total productive maintenance and concentrates on the perfect functioning of production, keeping the equipment and machines in optimum condition and so maximizing their performance. Based on the criticality analysis applied by TPM, machines and equipment can be divided into different groups based on their criticality. RCM helps in the planning of proactive maintenance. In short, the purpose of RCM is to keep the machines and processes running and in condition without breaks at the lowest possible cost. Different gauges and sensors are used for condition monitoring to measure the condition of components in machinery and equipment. With the help of right kind of condition monitoring, proactive maintenance can be targeted to the most essential matters.

The company was instructed to use these methods by giving application examples. Instructions on how to apply the given formulas to get a better understanding of the methods were also given. The company should initially apply these methods on a small area, and at the end of a testing period, decisions on a possibly wider application could be made.

**Keywords:** preventive maintenance, maintenance, keeping in operation, service, need of maintenance, food industry, industry

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO .....	5
KÄYTETYT TERMIT .....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Työn tavoitteet ja tarkoitus .....	7
1.3 Työn rajaukset.....	8
1.4 Työn rakenne .....	8
1.5 Yritysesittely .....	9
2 KUNNOSSAPITO .....	11
2.1 Kunnossapidon merkitys yrityksessä .....	11
2.2 Kunnossapidosta johtuvat hävikit.....	13
2.3 Kunnossapitolajit.....	15
2.4 Liika kunnossapito.....	19
2.5 Laitteiden vikaantuminen .....	20
2.6 TPM (Total Productive Maintenance).....	23
2.7 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito RCM .....	24
2.8 Kunnonvalvonta .....	25
3 TOIMINTA A-PEKONI NURMO OY:N KUNNOSSAPIDOSSA .....	26
3.1 Uudistunut laitekanta.....	26
3.2 Ennakkohuollot.....	27
3.3 Kunnossapitojärjestelmä .....	28
3.4 Vuosihuollot .....	28
4 KUNNOSSAPIDON TARPEEN MÄÄRITTÄMINEN.....	30
4.1 TPM:n käyttäminen kunnossapidossa.....	30
4.1.1 Kriittisyysanalyysi.....	32
4.1.2 TPM yrityksen apuna .....	33
4.2 Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon RCM käyttäminen .....	34

4.2.1 RCM kiteytettynä.....	40
4.2.2 Kunnonvalvonta .....	40
4.2.3 Kunnonvalvonta osana ennakoivaa huoltoa.....	42
5 YHTEENVETO.....	43
LÄHTEET .....	46
LIITTEET .....	48

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Nurmon Atria (Atria [Viitattu 27.3.2018]). .....	10
Kuvio 2. Investoinnin tuottavuuteen vaikuttavat tekijät (Järviö 2007, 14). .....	12
Kuvio 3. Kunnossapitolajit standardin PSK 7501 mukaan (Mikkonen 2009, 96)... ..	15
Kuvio 4. PF-käyrä vikaantumisen etenemisestä ja sen estämisestä (Colson [Viitattu 27.3.2018]).....	17
Kuvio 5. Kylpyammeikäyrä laitteen eliniästä (Wilkins [Viitattu 29.3.2018]). .....	22
Taulukko 1. Laakerivaurioiden yleisimmät syyt (SKF 2017, 5).....	21
Taulukko 2. Kriittisyyden arvioinnin kriteerit (Järviö 2007, 114). .....	31
Taulukko 3. Kriittisyysanalyysi (Järviö 2007, 76).....	33
Taulukko 4. Kriittisyysanalyysin pisteytys .....	33

## KÄYTETYT TERMIT

<b>Huoltoasentaja</b>	Ammattihenkilö, joka vastaa laitteiden ja koneiden mekaanisesta sekä sähköisestä turvallisuudesta ja toimivuudesta.
<b>Sikaleikkaamo</b>	Elintarviketeollisuuden yrityksen osasto, jossa jatkojalostetaan siat teurastuksen jälkeen eri elintarvikkeiksi.
<b>TPM</b>	Total Productive Maintenance on japanilainen kunnossapidon avuksi kehitetty menetelmä, joka tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa.
<b>RCM</b>	Reliability Centered Maintenance on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelun avuksi kehitetty menetelmä, joka tarkoittaa luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa.
<b>Kunnonvalvonta</b>	Prosessi, jossa toimivan laitteiston kunto määritellään erilaisten mittareiden ja antureiden avulla.
<b>Vikaantuminen</b>	Laitteen tai koneen normaalia toimintaa estävä häiriö.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Yrityksen ajankohtainen ja kehittämistä vaativa kohde on uudistuneen sikaleikkaamon kunnossapito. Nurmon Atrian sikaleikkaamoon aloitettiin vuonna 2015 tekemään 36 miljoonan euron investointia. Investoinnin tavoitteena oli uudistaa laitekantaa ja nostaa kapasiteettia. Uusien laitteiden ja robottien myötä oli tarkoitus saada myös kustannussäästöjä vähentämällä henkilötyövuosia. (Ahtela 2015.) Investointi alkaa olla valmis, ja käyttöönoton jälkeen koneiden ja laitteiden huolto sekä niiden toiminnan varmistaminen on Atrian kunnossapidon tehtävänä.

Jatkuvan viennin kasvamisen seurauksena laitteilta vaaditaan entistä enemmän toimintavarmuutta ja häiriötöntä ajoa. Kunnossapidolla on huollettavanaan suuri ja kallis laitekanta, jonka huoltoa hankaloittaa koneiden lähes jatkuva käyttö. Laitteille suoritettavat huoltotoimenpiteet, joihin kuuluu huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito ja vikojen ja vikaantumisten selvittäminen, pitäisi tehdä käyttämällä järkevä määrä aikaa sekä resursseja.

Haasteena laitteille tehtävien huoltojen suorittamisessa on rajallinen määrä aikaa sekä rajalliset resurssit. Laitteiden ennakoivalle huollolle ei ole yhtä tiettyä kaavaa, jonka mukaan pystyttäisiin määrittelemään laitteille ja koneille riittävä huollon määrä. Osaksi tämä johtuu joidenkin laitevalmistajien puutteellisesta tiedonannosta sekä huoltotoiminnasta, jonka johdosta yrityksessä on monesti itse määritelty huoltotaajuudet ja tietty varmuuskerroin on sisällytetty huoltotaajuuteen. Lähes kokonaan uuden sikaleikkaamon laitteet toimittanut laitetoimittaja on vasta hiljattain alkanut kehittää huoltotoimintaansa, joten tällä hetkellä heidän huoltotoimintansa ei ole riittävää laitteiden ylläpitämiseksi. (Laine 2018.)

## 1.2 Työn tavoitteet ja tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää A-Pekoni Nurmo Oy:n sikaleikkaamon kunnossapidon toimintaa. Kartoittamalla nykytilanne ja selvittämällä toimintaa



kehittäviä tapoja on tarkoitus saada kunnossapidolle selkeämpi käytäntö suorittaa laitteille huoltoja. Nykyisen laitekannan huoltamiseen käytetään pääasiassa kalenteripohjaista huolto-ohjelmaa, joten kaikille laitteille ei ole määritelty konekohtaisesti niille sopivaa huolto-ohjelmaa. Opinnäytetyössä on tarkoitus saada yrityksen avuksi erilaisia ohjeita ja tapoja tehtävien ennako- sekä vuosihuoltojen tarpeen määrittämisessä. Jos työ todetaan onnistuneeksi ja hyödylliseksi yrityksen kannalta, myös muut Atria Oyj:n sisällä toimivat osastot voivat hyödyntää tässä työssä saatuja tuloksia.

### **1.3 Työn rajaukset**

Tässä työssä tutkitaan Atria Oyj:n sisällä toimivan A-Pekoni Nurmo Oy:n sikaleikkaamon kunnossapidon nykytilannetta ja sen kehittämiseksi tarvittavia toimintamalleja. Opinnäytetyö keskittyy ennakoivien huoltojen sekä vuosihuoltojen tarpeen määrittämiseen. Näiden tarpeen määrittämiseen pyritään löytämään erilaisia tapoja sekä toimintamalleja. Työ rajataan ennakoivien huoltojen sekä vuosihuoltojen tarpeen määrittämiseen, koska näiden huoltojen oikeanlainen suunnittelu ja huoltoihin käytettävät resurssit ovat tällä hetkellä yrityksessä suuria ongelmakohteita. Muita kunnossapidon kehityskohtia ei ole sisällytetty tähän työhön.

### **1.4 Työn rakenne**

Alussa esitellään kunnossapidon teoriaa yleisesti. Erilaiset kunnossapitolajit ja vikaantumisprosessit käydään läpi ja niiden sisältöä avataan hieman. Myös TPM- (Total Productive Maintenance) sekä RCM- (Reliability Centered Maintenance) menetelmien teoriaa avataan. Seuraavaksi esitellään yrityksen kunnossapitojärjestelmää ja nykyistä kunnossapidon toimintaa A-Pekoni Nurmo Oy:ssä. Sikaleikkaamon uudistuneesta laitekannasta ja siihen liittyvistä ominaisuuksista kerrotaan myös. Sovellusosuus koostuu kunnossapidon tarpeen määrittämisestä. Teoriassa esiteltyjä menetelmiä sovelletaan käytettäväksi yrityksen kunnossapitoon. TPM, RCM ja kunnonvalvonta ovat keskeisiä asioita

siinä. Lopussa esitellään saadut tulokset ja tarkastellaan niitä. TPM, RCM ja kunnonvalvonnan ratkaisuista kerrotaan myös. Lisäksi yritystä ohjeistetaan menetelmien käyttöönotossa.

## 1.5 Yritysesittely

Atria on yli 110-vuotias yksi johtavista liha- ja ruoka-alan yrityksistä Pohjoismaissa, Venäjällä ja Virossa. Vuonna 2016 liikevaihto oli noin 1,35 miljardia euroa ja yhtiön palveluksessa oli tuolloin noin 4315 työntekijää Suomessa, Venäjällä, Virossa, Ruotsissa ja Tanskassa. (Atria [Viitattu 21.3.2018].) Atria Oyj:n toimitusjohtajana on toiminut vuodesta 2011 alkaen Juha Gröhn (Atria [Viitattu 10.3.2018]).

Atrian konserniin kuuluu Atria Suomi, Atria Ruotsi, Atria Venäjä sekä Atria Tanska & Viro. Atria Suomeen sisältyy kaikki konsernin toiminta Suomessa. Atria Suomi onkin suurin konsernin yksittäisistä liiketoiminta-alueista. Tuoreiden lihatuotteiden kehitys, valmistus ja markkinointi kuuluvat muiden elintarvikkeiden, ja niihin liittyvien palvelujen tuottamisen lisäksi Atria Suomen toimenkuvaan. Vientitoiminta on yhtiössä suuressa roolissa, mutta tämän lisäksi se on markkinajohtaja Suomen teurastamoteollisuuden ja lihatuoteryhmiensä parissa. (Atria [Viitattu 14.3.2018].)

Nurmon Atrian tuotantoon kuuluu sikojen ja broilerien teurastus sekä leikkaus. Näiden lisäksi on ruokatehdas, jossa kehitetään ja valmistetaan yrityksen myymiä valmisruokia sekä ruoka-aineita. Tehtaaseen kuuluu sikateurastamo ja leikkaamo, broileriteurastamo ja leikkaamo, logistiikkakeskus, ruokatehdas ja näihin sisältyvät pienemmät osastot.

Vuonna 2016 Atria Suomi sai sianlihan vientiluvan Kiinaan, mikä mahdollistaa vientitoiminnan laajentamisen maailman suurimmalle markkina-alueelle. Kiinan vientilupa mahdollistaa myös tuotevalikoiman kasvattamisen, sillä sian ruhosta pystytään hyödyntämään entistä enemmän osia valmistettaviin tuotteisiin. Käytännössä vientilupa koskee nimenomaan Atrian Nurmon tuotantolaitoksen uudistunutta sikaleikkaamoja. (Atria [Viitattu 20.3.2018].) Atrian Nurmon tuotantolaitos oli ensimmäinen suomalainen tuotantolaitos, joka sai sianlihan

vientiluvan Kiinaan (Atria [Viitattu 22.3.2018]). Seinäjoen Nurmossa sijaitseva Atrian tuotantolaitos on esitetty kuviossa 1.



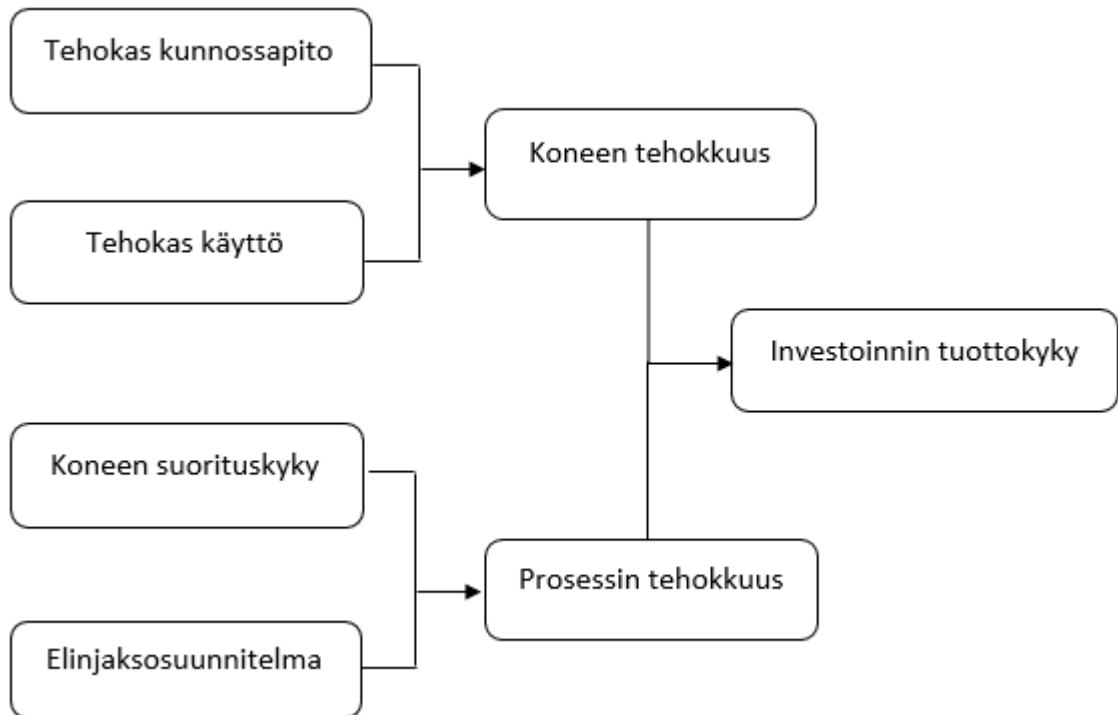
Kuvio 1. Nurmon Atria (Atria [Viitattu 27.3.2018]).

## 2 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidolla on suuri merkitys yhteiskunnassamme, ja sitä esiintyykin kaikkialla elämässämme. Lääketiede on myöskin kunnossapitoa, mutta kunnossapidon kohteena ovatkin ihmiset. Ihmisten lisäksi myös erilaiset valmistusprosessit teollisuudessa muuttuvat. Muuttuminen on myöskin kulumista ja lopulta rikkoontumista. Tämän ”huononemisen” vastustamiseksi, hidastamiseksi ja jopa kompensoimiseksi on kehitetty kunnossapito. Yhteiskunnassa panostetaan ihmisten sairauksien estämiseen ihmisten elämänlaadun ja kalliiden hoitojen vuoksi. Sairaudet ovat potilaille epämiellyttäviä ja niiden hoito on kalliimpaa kuin niiden estäminen. Tätä samaa periaatetta sovelletaan myös teollisuuden kunnossapitoon. (Järviö 2007,11.)

### 2.1 Kunnossapidon merkitys yrityksessä

Pääoma- ja raaka-ainekustannusten jälkeen suurin kustannus yrityksessä on kunnossapito. Se onkin suurin kontrolloimaton kustannuserä yrityksessä. Kunnossapidon hallintaan ja kustannusten kontrollointiin onkin panostettu hyvin johdetuissa yrityksissä. Yrityksen tuloksen muodostumiseen kunnossapidon vaikutus on välillinen eli epäsuora. On kuitenkin välttämätöntä tuntea tämä vaikutusmekanismi, jotta esimerkiksi kunnossapitopanostusten tuotot pystytään selvittämään. (Järviö 2007, 22.) Kuviossa 2 huomataan, mitkä tekijät vaikuttavat investoinnin tuottavuuteen.



Kuvio 2. Investoinnin tuottavuuteen vaikuttavat tekijät (Järviö 2007, 14).

Perinteisesti kunnossapidon ymmärrettiin olevan vikojen korjausta. Nykyaikaisessa yhteiskunnassa tämä ymmärtämys on aivan liian suppea. Nimensä mukaisesti kunnossapito onkin käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säilyttämistä ja säätämistä. Koneet on hankittu yritykseen jonkin halutun tehtävän tekemiseen. Tämän suunnitellun työn tekeminen on juuri se, minkä varmistamista kunnossapitajilta odotetaan. Myös seuraavat asiat kuuluvat tämän määritelmän mukaan kunnossapitoon:

- laitteen toimintakunnon ylläpito
- laitteen käytön turvallisuus
- laitteen laaduntuottokyky
- laitteen elinjakson hallinta
- oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen
- palauttaminen alkuperäiseen kuntoon
- koneen modernisointi
- suunnitteluheikkouksien korjaaminen
- käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen. (Järviö 2007, 12-13.)

Myös laki vaatii, että kunnossapitoa suoritetaan työpaikalla. Asiasta on säädetty työturvallisuuslaissa luvussa 5 (23.8.2002/738, § 32, § 41, § 43) seuraavasti:

§32, Työpaikan rakenteiden, materiaalien ja varusteiden sekä laitteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille. Niiden tulee olla käsiteltävissä, kunnostettavissa ja puhdistettavissa turvallisesti. Työpaikan ja työskentelypaikkojen kulkuteiden, käytävien, uloskäytävien ja pelastusteiden, työskentelytasojen ja muiden alueiden, joissa työntekijät työnsä vuoksi liikkuvat, on oltava turvallisia ja ne on pidettävä turvallisessa kunnossa

§41, Työssä saadaan käyttää vain sellaisia koneita, työvälineitä ja muita laitteita, jotka ovat niitä koskevien säännösten mukaisia sekä kyseiseen työhön ja työolosuhteisiin sopivia ja tarkoituksenmukaisia. Myös niiden oikeasta asennuksesta sekä tarpeellisista suojalaitteista ja merkinnöistä on huolehdittava. Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden käyttö ei muutenkaan saa aiheuttaa haittaa tai vaaraa niillä työskenteleville työpaikan työntekijöille tai muille työpaikalla oleville henkilöille. Koneita, työvälineitä ja muita laitteita on käytettävä, hoidettava, puhdistettava ja huollettava asianmukaisesti

§43, Kone, työväline tai muu laite, jonka asennus tai asennus- tai käyttöolosuhteet vaikuttavat turvallisuuteen, on tarkastettava oikean asennuksen ja turvallisen toimintakunnon varmistamiseksi ennen ensimmäistä käyttöönottoa samoin kuin uuteen paikkaan asentamisen tai turvallisuuden kannalta merkittävien muutostöiden jälkeen (käyttöönottotarkastus). Tarkastus on lisäksi suoritettava käyttöönoton jälkeen säännöllisin väliajoin ja tarvittaessa myös poikkeuksellisen tilanteen jälkeen koneen, työvälineen tai muun laitteen toimintakunnon varmistamiseksi (määräaikaistarkastus).

Ennakoiva huolto on suuressa roolissa lain vaatiman kunnossapidon suorittamisessa. Viranomaiset valvovat yrityksen toimintaa, ja mikäli prosesseissa ilmenevät turvallisuuteen ja ympäristöön vaikuttavat riskitekijät eivät ole yrityksen hallinnassa, he joutuvat vastaamaan näistä viranomaisille. (Järviö 2007, 73.)

## **2.2 Kunnossapidosta johtuvat hävikit**

Suurimpia kustannuseriä yritykselle ovat erilaiset hävikit. Yritykset yleensä seuraavat hävikkimääriä taulukoilla ja yrittävät vähentää hävikin määrää. Hävikkien

määrää pystytään vähentämään oikeaoppisella kunnossapidolla. (Laine 2010, 24.) Seuraavaksi on kerrottu kuusi suurinta hävikkiä yrityksen toiminnan kannalta.

**Laiterikot** ovat merkittävä kunnossapidon kustannuksia lisäävä asia. Laitteiden ja koneiden rikkoontumiset aiheuttavat odottamattomia pysähdyksiä tuotannossa. Yleisimpiä syitä laiterikkoon ovat komponenttien ja osien rikkoontumiset, väärinkäyttö ja huonosti suunniteltu ja toteutettu kunnossapito. (Vorne [Viitattu 30.3.2018].)

**Vajaalla teholla ajaminen** johtuu laitteen huonosta suorituskyvystä ja vaikuttaa suoraan tuotannon tehokkuuteen. Kappaleen valmistamiseen määriteltyyn asetusajaan ei päästä. Yleisimmin tämä johtuu likaisesta ja kuluneesta laitteistosta, huonosta voitelusta, huonoista materiaaleista, ympäristön olosuhteiden huonosta laadusta, laitteen käynnistämisestä ja sammuttamisesta sekä käyttäjän kokemattomuudesta. (Vorne [Viitattu 30.3.2018].)

**Laitteen tyhjäkäyttö ja pienet pysähdykset** merkitsevät silloin, kun laite pysähtyy pieneksi aikaa (yleensä muutama minuutti) ja koneenkäyttäjä selvittää ongelman. Tällaiset pysähdykset syövät tuotannon suorituskykyä. Yleisimpiä syitä pienille pysähdyksille ovat väärän tuotteen ajaminen laitteella, tuotteiden jumiutumiset, väärin suunnatut tai likaantuneet anturit ja koneen puhdistaminen kesken ajon. Yleensä ongelmat ovat usein toistuvia, joten käyttäjistä tulee ”sokeita” näille pysähdyksille, ja niitä ei huomioida merkittävinä tuotannon suorituskykyä laskevin tekijöinä. (Vorne [Viitattu 30.3.2018].)

**Asetusten ja säätöjen** muutokset kesken ajon vähentävät laitteen käytettävyyttä huomattavasti. Yleensä näihin muutoksiin kuuluvat reseptien muuttaminen, työkalujen vaihtaminen ja koneen toimintaan vaikuttavat säädöt. Jos asiaa katsotaan laajemmin, siihen kuuluvat myös laitteen puhdistaminen, lämmitysajo, huolto ja laatutarkastukset. (Vorne [Viitattu 30.3.2018].)

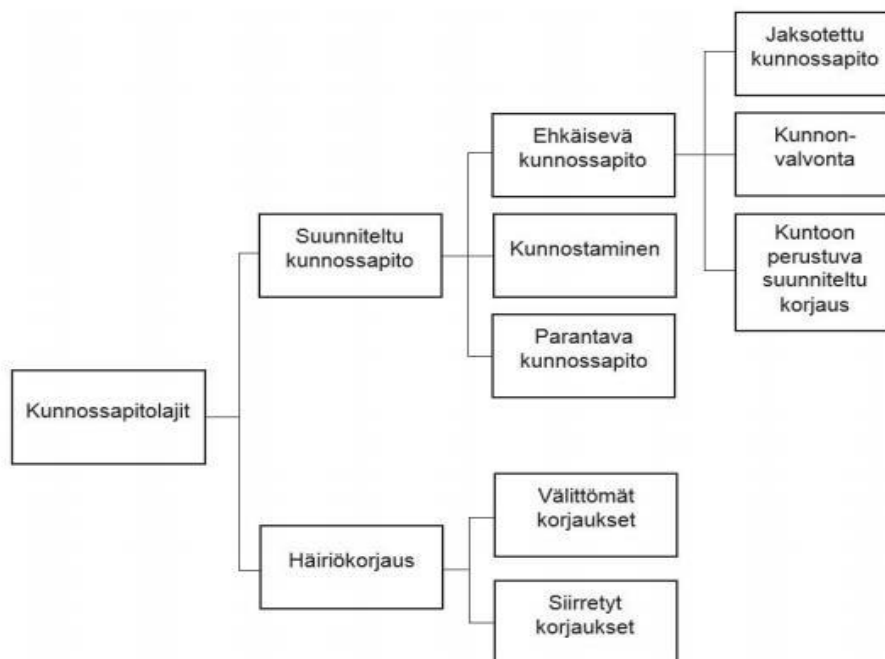
**Prosessivioista johtuvat laatutappiot** tarkoittavat kesken tuotannon syntyviä virheitä tuotteissa. Tuotteet, jotka ovat naarmuuntuneita tai eivät vastaa haluttuja mittoja tai muotoja, kuuluvat myös näihin tuotteisiin. Nämä tuotteet ovat laadullisia menetyksiä yrityksen tuotannolle. Nämä virheet johtuvat useimmiten vääristä

työkaluista, asetuksista, koneenkäyttäjistä ja tuotteen varastointiajan ylittymisestä (esimerkiksi elintarvikkeet). (Vorne [Viitattu 30.3.2018].)

**Prosessivioista johtuva materiaalihävikki** johtuu useimmiten laitteiden käynnistyksen ja säätämisen aikana syntyvistä virheellisistä tuotteista. Materiaalihävikki pienenee, kun laite on saatu säädettyä ja testattua, ja jatkuvaa tasaista tuotantoa päästään harjoittamaan. (Vorne [Viitattu 30.3.2018].)

### 2.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jaetaan erilaisiin kunnossapitolajeihin standardin mukaan. Yrityksessä suoritettava kunnossapito pystytään jaottelemaan näiden avulla ja kunnossapitosuunnitelma tehdään käyttämällä näitä lajeja. Kunnossapitolajit standardi PSK 7501:n mukaan on esitelty kuviossa 3.



Kuvio 3. Kunnossapitolajit standardin PSK 7501 mukaan (Mikkonen 2009, 96).

**Huollon** tarkoituksena on, että kohdetta huoltamalla pidetään yllä sen käyttöominaisuuksia. Myös heikentynyt toimintakyky palautetaan, ennen kuin vika



syntyy ja vaurioita tapahtuu. Huolto on jaksotettua ja se tehdään määräväleihin. Huoltovälit määräytyvät käyttöajan tai -määrän mukaan, ja huomioon otetaan myös käytön rasittavuus. Huolto menee ehkäisevän kunnossapidon toimintojen kanssa osittain myös päällekkäin, mutta nämä kaksi kunnossapidon tyyppiä mielletään kuitenkin erikseen suoritettaviksi. Jaksotettuun huoltoon kuuluvia toimenpiteitä ovat

- laitteen toimintaan vaikuttavien edellytysten vaaliminen
- puhdistaminen
- huoltaminen
- voitelemine
- kalibroiminen
- kuluvien osien vaihtaminen
- laitteen toimintakyvyn palauttaminen. (Järviö 2007, 49.)

**Ehkäisevää kunnossapitoa** tulee myöskin suorittaa laitteille, mikä tunnetaan myös ennakkohuoltona. Siihen kuuluu joukko tekniikoita, joiden avulla yritetään estää tai hallita mahdollinen vikaantuminen. Käytännössä vikaantuminen estetään vaihtamalla komponentti uuteen määrätyn väliajoin. Vikaantumisen hallinnassa taas etsitään vikoja, jotka saattavat pysäyttää koneen. Näiden toimenpiteiden taajuus määritellään ja ne voivat olla jaksotettuja, jatkuvasti suoritettavia tai tarvittaessa tehtäviä. (Järviö 2007, 49.)

Ehkäisevän kunnossapidon pohjana on kolme elementtiä:

- toimintaolosuhteiden vaaliminen
- tarkastukset
- kunnostaminen.

Järviön (2007, 72) mukaan ehkäisevä kunnossapito on enimmäkseen säännöllistä ja suunniteltua toimintaa. Sitä tehdään koneen käynnin aikana sekä erilaisten seisokkien, kuten häiriö- ja huoltoseisokkien, aikana. Kun seuraavat ehdot täyttyvät, on ehkäisevä kunnossapito kannattavaa:

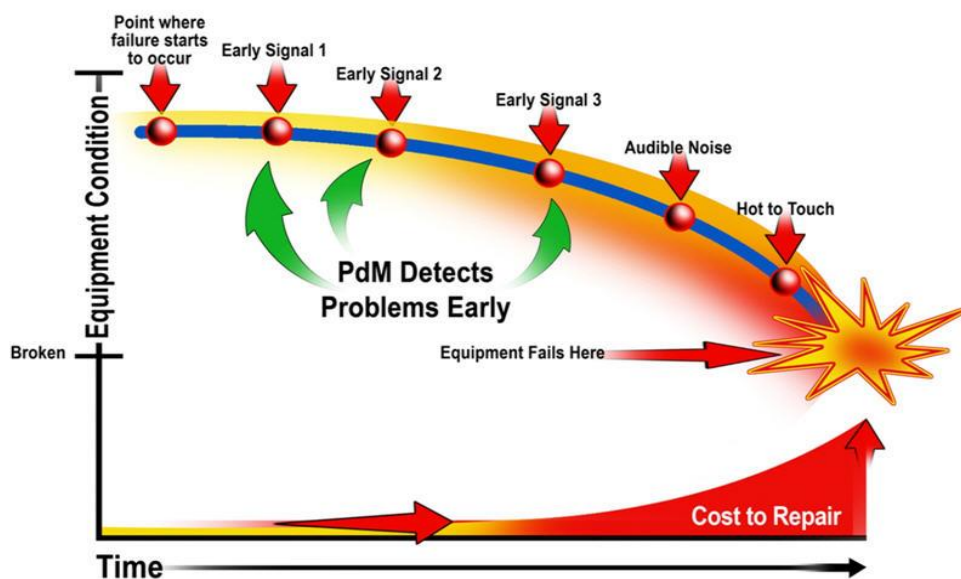
- Kustannukset ehkäisevässä kunnossapidossa ovat pienemmät kuin vahingot ja menetykset, jotka johtuvat sen puutteesta. Tässä on myös

vastaus kysymykseen, paljonko ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä

- Ehkäistävälle vikamuodolle sekä kohteelle löytyy tehokas menetelmä ennakkohuoltamiseen.

40-70 % ehkäisevästä kunnossapidosta on turhaa työtä. Ennakoivia kunnossapitotehtäviä tehdään liian usein, liian paljon ja tehottomilla menetelmillä. (Moubray 1997, 4.)

Kuviossa 4 on esitetty laitteen tai osan vikaantumisen eteneminen ja sen pysäyttäminen ennakoivan huollon avulla. Aluksi vika on latentti, eli se ei ole näkyvä. Myöhemmin vika alkaa oireilla, jolloin sillä on haittavaikutuksia koneen toimintaan, mutta ei estä sitä. Riippuen laitteesta ja mekaniismista vika voi oireilla sekunnin murto-osista jopa kymmeneen vuosiin. (Järviö 2007, 55.)



Kuvio 4. PF-käyrä vikaantumisen etenemisestä ja sen estämisestä (Colson [Viitattu 27.3.2018]).

**Korjaavassa kunnossapidossa** korjataan eli palautetaan käyttökuntoon laitteen vikaantunut osa tai komponentti. Seuraamalla korjaavan kunnossapidon suoritusaikoja osalle tai komponentille voidaan laskea elinikä. Korjaavaa kunnossapitoa on kahden tyyppistä, joko suunnittelematonta häiriökorjausta tai suunniteltua kunnostusta. Seuraavat toimet kuuluvat korjaavaan kunnossapitoon:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen. (Järviö 2007, 49.)

**Parantava kunnossapito** jakautuu kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä pääryhmässä kohteelle tehdään muutoksia eri osia ja komponentteja käyttämällä muuttamatta kuitenkaan kohteen kykyä suoriutua. Eli osia vaihdetaan uudempiin ja kestävämpiin. (Järviö 2007, 51.)

Toinen pääryhmä muodostuu erilaisista korjauksista ja muutoksista suunnittelussa parantaen koneen luotettavuutta. Koneen toimintaa siis muutetaan luotettavammaksi, mutta varsinaisesti suorituskykyä ei muuteta. (Järviö 2007, 51.)

Modernisaatiot muodostavat kolmannen pääryhmän ja näillä kohteen suorituskykyä muokataan. Monesti valmistusprosessi uudistetaan koneen ohella modernisaation avulla. Yleensä kyse on kustannuksista. Mikäli jotain osaa ei pystytä valmistamaan vanhalla koneella kilpailukykyisesti, useasti järkevämpi ratkaisu on uudistaa vanha kone kuin ostaa uusi. Tätä esiintyy yhä useammin koneen elinjakson ollessa pitempi kuin elinkaaret sen valmistamissa tuotteissa. (Järviö 2007, 51.)

**Vikojen ja vikaantumisten selvittämistä** ei toistaiseksi ole mielletty toiminnoiksi, jotka kuuluisivat kunnossapitoon. Harvoissa yrityksissä näitä asioita tehdään toistuvasti, vaikka niiden tärkeys ymmärretään. Näitä asioita ei ole myöskään käsitelty kunnossapidon standardeissa. Vikojen ja vikaantumisten selvittämistä kuitenkin on yrityksissä jatkuvasti, sillä asiantuntijoiden mukaan vikahistorioiden ja riskianalyyysien käyttö ovat erittäin tärkeitä kunnossapitoa ohjaavia voimia. (Järviö 2007, 51.)

Näiden selvittämisellä vian perussy ja vikaantumisprosessi saadaan selville. Käyttämällä tuloksia hyväksi näitä tapahtumia pystytään ehkäisemään entistä paremmin. Analyysit kuitenkin vaativat erikoisosaamista ja paljon aikaa, joten aivan

jokaista rikkoontumista ei kannata analysoida. Näiden asioiden selvittämisen menetelmiä ovat

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen, simulointi
- mallintaminen
- perussyyn selvittäminen (RCFA, root cause failure analysis)
- materiaalianalyysit
- suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset/riskinhallinta. (Järviö 2007, 51.)

## 2.4 Liika kunnossapito

Pari vuosikymmentä takaperin uskomuksena oli, että suorittamalla mahdollisimman paljon ja perusteellista kunnossapitoa laitteet kestävät paremmin ja ovat toimintavarmempia. Asiaa ovat sittemmin tutkineet amerikkalaiset Nolan ja Heap ja he osoittivat, että asia onkin oikeastaan toisinpäin. Vanha sanonta *älä kajoa toimivaan laitteeseen* pitääkin tässä tapauksessa paikkansa. Aina, kun laitteen tai koneen osia avataan, suljetaan tai korjataan, kone altistuu erilaisille vikaantumismekanismeille. (Järviö 2007, 60.)

Maailmankuulu kunnossapidon asiantuntija John Moubrey suositteli kunnossapitäjille, että koneita ja laitteita tulisi tarkastaa mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman paljon ilman koneen osien avaamista. Laitteiden ja koneiden tarkastaminen olisi suositeltavaa suorittaa laitteen ollessa toimintakuntoinen tai jopa toiminnassa. TDI (Time Directed Intrusive) tarkoittaa jaksotettua tarkastusta purettuna. Kun laitteille laaditaan RCM- (Reliability Centered Maintenance) ohjelma, tämä TDI tulisi korvata oikeanlaisella kunnonvalvonnalla. Tuloksien mukaan kunnonvalvonta on nostanut koneiden käytettävyyttä merkittävästi. (Järviö 2007, 60.)

## 2.5 Laitteiden vikaantuminen

Kaikki laitteet ja koneet on alun perin suunniteltu toimimaan moitteettomasti. Rikkoontumisia ei tapahdu, mikäli laitteen suunnittelu, valmistus ja materiaalivalinnat ovat menneet oikein sekä laitetta käytetään ja huolletaan oikein oikeissa olosuhteissa. (Järviö 2007, 53.)

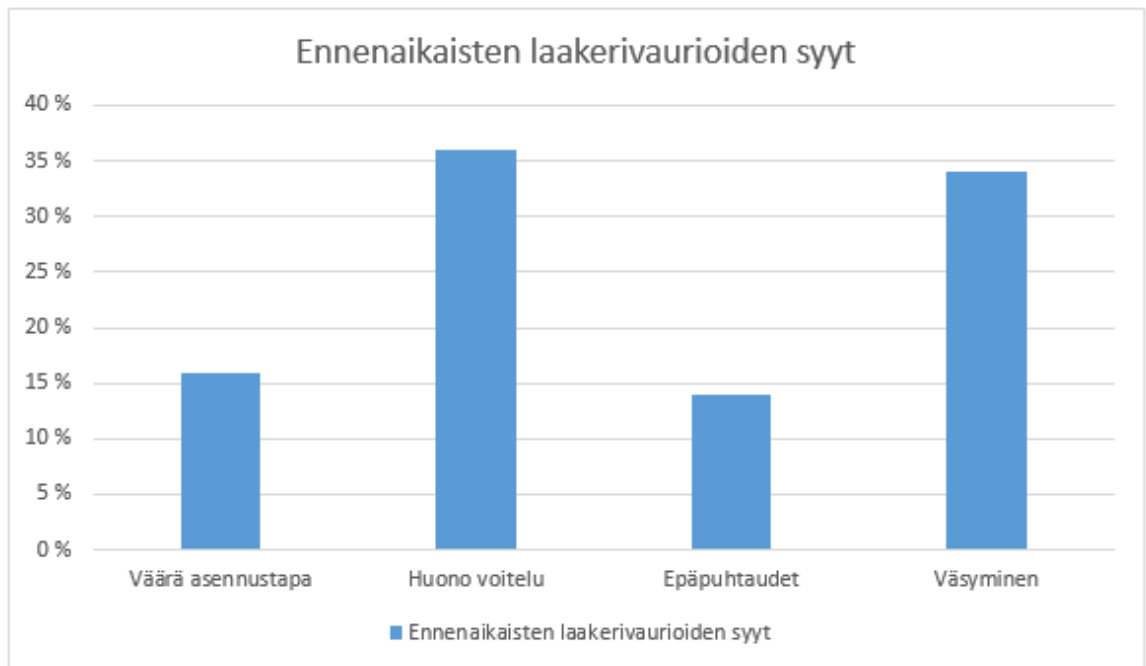
Järviön (2007, 53) mukaan jokaisen vian takana on vian syntyminen sekä sen kehittymismekanismi, sillä viat eivät ilmesty vain tyhjästä. Laitteilla on pitkä kehitysketju, jonka viimeisenä ja heikkona lenkkinä vikatila ilmenee. Ennakoivaa huoltoa suorittamalla vika pystytään havaitsemaan ja estämään jo aikaisessa vaiheessa, jolloin vaurioituminen vähenee. Resursseja säästyy myös, sillä tarvittavan kunnossapidon määrää pystytään vähentämään. Yleensä vikojen määriä seuraamalla ja tilastoimalla pystytään mittaamaan koneen käyttöhenkilöiden sekä kunnossapidon henkilöiden osaamista ja ammattitaitoa.

Viat, jotka vaikuttavat laitteen kokonaistehokkuuteen pienentävästi, pystytään jakamaan kahteen pääryhmään:

- vakava vika (estää laitetta suorittamasta sille tärkeäksi arvioitua toimintoa)
- lievä vika (vialla ei ole vaikutusta yhteenkään laitteelle tärkeäksi arvioituun toimintoon). (Järviö 2007, 62.)

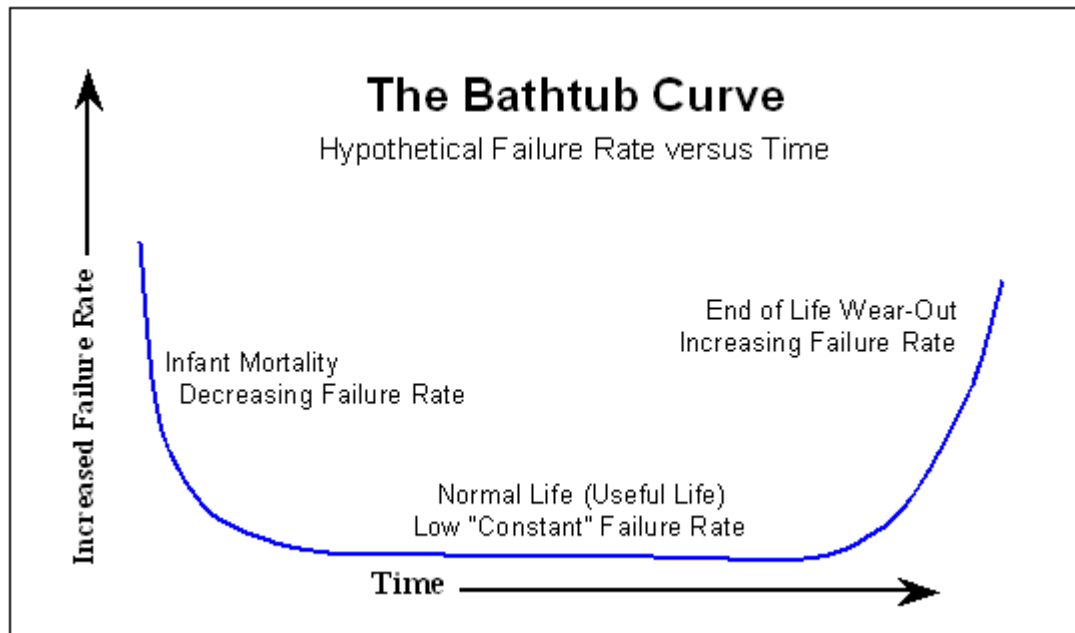
Taulukossa 1 on SKF:n ilmoittamat yleisimmät syyt ennenaikaisiin laakerivaurioihin.

Taulukko 1. Laakerivaurioiden yleisimmät syyt (SKF 2017, 5).



TPM (Total Productive Maintenance) jakaa viat toimintoa estäviin ja toimintoa rajoittaviin tekijöihin. RCM (Reliability Centered Maintenance) taas ei suorita jakoa vikojen välillä, vaan jokaisen vian takia syntyneet vahingot ja menetykset selvitetään. Menetyksille on asetettu kynnsarvot, ja vain sellaisiin vikoihin keskitytään, joiden takia nämä arvot ylittyvät. (Järviö 2007, 62.)

Yleinen käsitys vikaantumisesta ja laitteiden eliniästä voidaan esittää kylpyammeen muotoisena käyränä, joka on esitetty kuviossa 5. Kuvion mukaan vikaantuminen tapahtuu vain yhden tietyn mallin kautta. Eli aluksi laitteessa on vähän alkukankeutta ja uutuuden karheutta, mutta sisäänajon jälkeen vaikutus tasaantuu. Sitten laitteen varsinainen käyttökausi, eli laitteen elinikä, alkaa. Eliniän jälkeen alkaa laitteen loppuun kulumisen tai toisin sanottuna hajoaminen. Loppua kohden laitteen vikaantumiskäyrä kääntyy jyrkästi nousuun. (Järviö 2007, 57.)



Kuvio 5. Kylpyammekäyrä laitteen eliniästä (Wilkins [Viitattu 29.3.2018]).

Kylpyammekäyrää alettiin kyseenalaistaa 1960-luvulla lentokoneille suunniteltujen huolto- ja tarkastusohjelmien yhteydessä. Tämä perinteinen menetelmä kyseenalaistui, kun vikaantumista ei saatu hallintaan, vaikka lentokoneen osista jopa 85 % vaihdettiin huolto-ohjelman mukaan säännöllisin välein. (Järviö 2007, 57.)

Kun asiaa oli tutkittu tarkemmin, päätettiin menetelmän lähtökohtia pohtia uudestaan. Noin 20 vuotta myöhemmin lentokoneiden huoltoon liittyvä vikaantumistutkimus saatiin valmiiksi. Tutkimuksessa havaittiin kuusi vikaantumismallia, jotka poikkesivat toisistaan. Kolme vikaantumismallia syntyivät ajasta tai työjaksojen määrään perustuvista ilmiöistä. Loput kolme mallia osoittivat vikaantumisen olevan satunnaista. (Järviö 2007, 57.)

Teollisuudessa tapahtuvat vikaantumiset ovat linjassa lentokoneteollisuudessa mitattujen lukujen kanssa myös asiantuntijoiden mielestä. Vanha, aikaan ja allasmalliin perustuva toimintamalli ei siis käytännössä ole pätevä. Teollisuudessa esiintyvistä vioista noin 80 % on siis satunnaiseen vikaantumiseen perustuvaa, ei aikaan ja vanhenemiseen perustuvaa. Lopuista ennustettavissa olevista vikaantumisista noin puolet on sellaisia, että ei ole mielekästä käyttää vikaantumista estäviä ennakoivia menetelmiä. Vain noin 10 % vioista pystytään löytämään ennakoivan kunnossapidon avulla. Asiasta voidaan tehdä johtopäätös, että

tuotantolaitokselle suunnattua kunnossapito-ohjelmaa ei ole kannattavaa suunnitella käyttämällä ennakoivan kunnossapidon menetelmiä. (Järviö 2007, 59.)

Aikaan pohjautuvaa vikaantumista esiintyy myös, lähinnä sellaisilla laitteilla ja komponenteilla, jotka ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja ovat suorassa kosketuksessa tuotteiden tai materiaalien kanssa. Tällaisia ovat esimerkiksi kitkapinnat ja kuljetinhihnat, jolloin vikaantumista esiintyy mekaanisen kulumisen ja väsymisen takia. (Järviö 2007, 59.)

## 2.6 TPM (Total Productive Maintenance)

TPM lyhenteestä on ajan myötä tullut käsite, joka tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. Tämän filosofian lähestymistapa pohjautuu seuraaviin periaatteisiin, tavoitellen tuotannon virheetöntä toimintaa:

- ei rikkoontumisia
- ei pieniä pysähdyksiä tai hidasta tuotantoa
- ei vikoja. (Vorne [Viitattu 27.3.2018].)

Näiden avulla tavoitellaan turvallista ja riskitöntä työympäristöä (Vorne [Viitattu 27.3.2018]).

Kaikki laitteet ja koneet, joista tuotannon toimivuus on riippuvainen, pidetään optimaalisessa kunnossa ja täten suorituskyvyt maksimoituna. Avainsanomana TPM- prosessissa voidaankin pitää sitä, että tehtaiden ja laitteiden käyttöhenkilökunta on suoraan ja henkilökohtaisesti vastuussa näiden laitteiden ja koneiden kunnosta. (Kennedy [Viitattu 27.3.2018].)

Tarkoittaen kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa, TPM on melko laaja käsite. Siihen sisältykin monta eri päämäärää, ja tässä on niistä keskeisimmät:

- koneen kokonaistehokkuuden maksimointi
- koko koneen eliniän kattavan kunnossapitostrategian kehittäminen
- kaikkien koneen suunnitteluun, käyttöön ja kunnossapitoon liittyvien ihmisten ja osastojen mukaan sitominen



- koko yrityksen henkilökunnan osallistaminen kaikilta eri tasoilta
- kunnossapidon ja suunnittelun ja toteutuksen siirtäminen niille ryhmille, jotka työskentelevät koneen parissa jollain tapaa (käyttäjät ja huoltajat). (Nakajima 1989, 89.)

TPM juontaa juurensa Japanista ja järjestelmä onkin luotu alun perin japanilaiselle teollisuudelle, joten sitä on täytynyt ajan saatossa hieman muokata muihin kulttuureihin sopivammaksi (Järviö 2007, 111).

## 2.7 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito RCM

RCM tarkoittaa suomeksi luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Menetelmän periaatteet määriteltiin jo 1950-luvulla, mutta vasta noin kymmenisen vuotta myöhemmin varsinaista kehitystyötä lähdettiin viemään eteenpäin. Alun perin RCM kehitettiin lentokoneisiin sovellettavaa kunnossapitoa varten. (Hinchcliffe 2004, 57.)

RCM on kehitetty auttamaan ehkäisevän kunnossapidon suunnittelussa, mikä onkin yksi toimivan kunnossapidon perusongelmista. Kunnossapito-ohjelmat on useimmiten suunniteltu omista kokemuksista sekä laitteiden ohjeista saatujen tietojen perusteella. Kunnossapitoa ja erityisesti ehkäisevää kunnossapitoa tehdäänkin tästä syystä monesti huomattavasti liikaa. (Järviö 2007,127.) RCM:n tarkoitus tiivistettynä on pitää koneet ja prosessit käynnissä ja kunnossa ilman rikkoontumisia, mahdollisimman pienin kustannuksin (Olofsson [Viitattu 19.3.2018]).

RCM-menetelmää käytetään kunnossapidettävän kohteen kunnossapidon suunnittelussa. Menetelmä koostuu seuraavista päämääristä:

- Prosessiin sisältyvät laitteet priorisoidaan, ja tätä kautta kunnossapito kohdistetaan sellaisiin laitteisiin, joissa sitä tarvitaan eniten. Priorisointikriteereihin kuuluu yleisimmin turvallisuus, kustannukset, laatu sekä ympäristövaatimukset.
- Laitteiden vikaantumismekanismit selvitetään, ja tätä kautta luodaan pohja tehokkaille kunnossapitomenetelmille.

- Myös prosessin toimiessa olevat ”passiiviset” turvalaitteet sisällytetään kunnossapitoon.
- Jos on laitteita, joille ei pystytä luomaan toimivia ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä, tehdään toimintaohjeet laitteen korjaamiseksi vikojen ilmaantuessa.
- Koneiden käyttäjät oppivat seuraamaan toiminnan kannalta tärkeiden komponenttien toimintaa.
- Kunnossapito kohdistetaan oikeaan paikkaan, tätä kautta kunnossapidon kustannukset laskevat sekä prosessin tuottavuus ja laitteiden luotettavuus kasvavat. (Järviö 2007, 125-126.)

## 2.8 Kunnonvalvonta

Yleisimmin kunnonvalvontaa suoritetaan ihmisen aistien varassa. Ihminen pystyy havaitsemaan useita vikoja kerralla ja sitä tapahtuu samalla, kun tehdään töitä. Havainnoimiseen ei tarvita kalliita laitteistoja, ja yleensä havainnointikyky paranee, mitä enemmän ihmisellä on kokemusta ja tietoa laitteen toiminnasta. Haittapuolena yleensä on, että viat havaitaan vasta siinä vaiheessa, kun ne ovat edenneet jo melko pitkälle. Tarkastuksia on siis tehtävä usein ja reagointi havaittuun vikaan täytyy olla nopeaa. Oikein suoritettulla kunnonvalvonnalla laitteista ja koneista saadaan sellaista tietoa ja dataa, jota ei pysty ihmissilmällä tai -korvalla havaitsemaan. Kunnonvalvonnan perustana on se, että vikaantuminen on oireilevaa ja havaittavissa. (Järviö 2007, 130.)

Kunnonvalvonta on ennustavaa kunnossapitoa ja se kuuluu myös ehkäisevän kunnossapidon piiriin. Kunnonvalvonta perustuu erilaisiin mittauksiin, joilla pyritään saamaan tietoa koneen tai sen osien kunnosta. Mittauksia pystytään suorittamaan erilaisilla tekniikoilla, joihin kuuluu mm. värähtely- ja öljyanalyysi sekä IR- (infrapuna) kuvaus. (Järviö 2007, 73.)

### **3 TOIMINTA A-PEKONI NURMO OY:N KUNNOSSAPIDOSSA**

A-Pekoni Nurmo Oy:n sikaleikkaamossa on suuri ja kallis laitekanta, joka vaatii säännöllistä huoltoa jatkuvan toiminnan varmistamiseksi. Sikaleikkaamossa on säännöllisesti töissä tällä hetkellä useampi huoltoasentaja ja lisäksi tarvittaessa töihin kutsuttavia opiskelijoita on muutama. Suurimmalla osalla huoltoasentajista on sähköalan koulutus ja heidän joukossaan on sähkö- sekä automaatioasentajia. Osalla huoltoasentajista taas on koneasentajan koulutus tai kokemusta mekaanisista töistä, mutta myös sähköasentajilta löytyy osaamista ja kokemusta mekaanisten töiden parissa. Suurempien mekaanisten muutosten ja korjausten toteuttamiseen käytetään monesti ulkopuolista urakoitsijaa. Sikaleikkaamon kunnossapidolla on oma esimies ja tämän lisäksi työsuunnittelija, joka suunnittelee muun muassa viikonloppujen huoltoja.

Huoltoasentajien vastuualueeseen kuuluu muun muassa sikaleikkaamon kaikkien tuotannossa käytössä olevien koneiden mekaanisten sekä sähköisten osien toimintavarmuuden varmistaminen sekä laitteiden korjaus laiterikon sattuessa. Toimintavarmuuden takaamisessa ennakoivalla huollolla on erittäin suuri rooli.

#### **3.1 Uudistunut laitekanta**

Vuonna 2015 yritys investoi sikaleikkaamoon uuden laitteiston. Erilaisia laitteita ja koneita on useita kymmeniä. Näiden joukkoon kuuluu mm. teollisuusrobotteja, kuljettimia, leikkausapuvälineitä, vaakoja ja elevaattoreita. Laitteet ovat tehty pääasiassa ruostumattomasta teräksestä sen hyvän korroosion kestävyys takia. Useimmat laitteista sisältävät sähkö-osia, laakereita, rattaita ja ketjuja. Myös erilaisia muoveja on käytetty paljon laakereissa sekä lamelleina kuljettimissa. Nämä ovat kaikki kuluvia osia ja vaativat huoltoa joissain määrin, oli se sitten esimerkiksi korjaavaa tai ennakoivaa huoltoa.

Yrityksen nykyinen leikkaamo on vaiheleikkaamo, toisin sanottuna sarjatuotantolinja. Eli tuote liikkuu työpisteeltä toiselle ja jokaisessa työpisteessä työstetään tuotetta tarvittavalla tavalla, jonka jälkeen se jatkaa matkaansa seuraavaan pisteeseen jne. Tällainen kokoonpano vaatii todella hyvin toimivia

koneita ja laitteita, sillä yhdenkin tuotannolle kriittisen koneen tai laitteen rikkoutuessa koko muukin tuotanto saattaa keskeytyä. Lähes jokainen laitteen tai koneen rikkoutuminen aiheuttaa jonkin tuotantovaiheen tai -linjan pysähdysten. Pahimmassa tapauksessa koko leikkaamon tuotanto saattaa pysähtyä.

### **3.2 Ennakkohuollot**

Sikaleikkaamon kunnossapidossa on käytössä suunnitellut ennakkohuollot. Nämä huollot on jaettu huoltoasentajille ja jokaisella on oma vastuualueensa ja huollettavat laitteet. Huoltoja suoritetaan tietyin määrävälein kunnossapitojärjestelmän ilmoittamina ajankohtina. Myös huoltoihin sisältyvät toimenpiteet ilmoitetaan kunnossapitojärjestelmässä.

Työntekijää kohti ennakkohuoltojen suorittamiseen on suunniteltu yksi lauantaiapäivä kuukaudessa, joka on myös sovittu työpäiväksi työsopimuksessa. Työpäivä on varattu pelkästään sellaisten ennakkohuoltojen tekemiseen, joita ei ole mahdollista suorittaa viikolla. Monesti huollot voivat jäädä tekemättä muiden kiireellisemmiksi havaittujen huoltojen tai korjausten takia. Yksi päivä ei myöskään välttämättä riitä kaikkien ennakkohuoltojen suorittamiseen, sillä laitteita on todella paljon ja osa hankalammin huollettavia kuin toiset. Tästä syystä sikaleikkaamoon onkin otettu kokeiluun viikolla oleva henkilökohtainen ennakkohuoltopäivä. Päivä on varattu aina yhden asentajan osalta pelkästään ennakkohuoltojen suorittamiseen sekä mahdolliselle kehitystoiminnalle. (Laine 2018.) Ennakkohuollot kuuluvat ennakoivan kunnossapidon suorittamisen piiriin.

Yleisesti Atria Oyj:n kunnossapidossa tavoiteltu prosenttimäärä suoritetuille ennakkohuolloille on noin 40 %. Sikaleikkaamon tavoite vuodelle 2018 on vastaavasti 65 %, ja tuohon prosenttiin ollaankin päästy vuoden 2018 alkupuoliskolla. Loput 35 % kunnossapidon resursseista sikaleikkaamossa on varattu akuutille kunnossapidolle ja kunnossapidon kehitykselle. (Laine 2018.)

### 3.3 Kunnossapitojärjestelmä

Yrityksen käytössä on Powermaint-kunnossapitojärjestelmä. Järjestelmää käytetään tehtyjen työtuntien kirjaamiseen laskutusta varten, konekohtaisten varaosien etsimiseen ja varastosaldon päivittämiseen sekä ennakkohuoltojen seuraamiseen. Kaikki laitteet ovat tallennettuina järjestelmään ja näistä löytyy dokumentit, varaosat, laitteiden tiedot ja laitteille tehdyt huollot ja korjaukset.

Järjestelmästä löytyy huoltoasentajille suunnitellut ennakkohuollot, ja niissä on ilmoitettu kunkin huollon suorittamiseen arvioitu huoltoaika sekä tarvittavat materiaalit huollon suorittamiseen, esimerkiksi tietty voiteluaine. Järjestelmä ilmoittaa huollon ajankohdan sekä varoittaa, mikäli huoltoa ei ole kuitattu suoritetuksi ajallaan. Järjestelmän avulla pystytään selvittämään myös kunnossapidon toteutuneet prosentit ennakkohuoltojen suhteen.

Ohjelma on jo hieman vanhanaikainen ja tällä hetkellä uusia vaihtoehtoja kyseisen ohjelman tilalle pohditaan ja testataan. Tavoitteena olisi saada älypuhelimet osaksi kunnossapitoa, jolloin kaikki kirjaukset pystyisi tekemään reaaliaikaisesti järjestelmään puhelimen avulla. Älypuhelimet helpottaisivat myös varaosien ja tehtyjen huoltojen selvittämistä kenttäolosuhteissa. (Granholm 2018.)

### 3.4 Vuosihuollot

Koneiden valmistaja on yleensä määritellyt koneille tietyt huoltovälit ja huoltojen sisältämät toimenpiteet. Kyseisiä ohjeita noudatetaan yleensä vähintään takuun ajan, minkä jälkeen katsotaan, onko huolto ollut riittävää vai jopa liiallista. Vuosihuollot kuuluvat ennakoivaan kunnossapitoon.

Vuosi- ja puolivuosisuoritus suoritetaan pääasiassa viikonloppuisin, sillä arkipäivinä tuotantoa on kahdessa eri vuorossa, ja suurinta osaa laitteista ei pystytä huoltamaan viikolla koneen jatkuvan käyttämisen vuoksi. Laitteet täytyisi myös aina pestä ennen huoltoa, sillä suurinta osaa laitteista ja niiden osista ei pystytä huoltamaan likaisena. Myös hygieniariski on olemassa laitteen huoltamisessa tuotannon aikana. Vuosi- ja puolivuosisuorituksissa yleensä suoritetaan ennakoivaa

huoltoa, ja rasvaamisen sekä säätämisen lisäksi vaihdetaan kuluvia osia uusiin estäen niiden liiallinen kuluminen ja rikkoutuminen tuotannon aikana. Yleensä jokaiseen koneeseen vaihdetaan kerralla kaikki laakerit, ketjut, rattaat ja muut kuluvat osat. Uudistuneen sikaleikkaamon laitetoimittajan puolesta tulee kaikki huollon suorittamiseen tarvittavat varaosat, mutta varaosapaketeissa esiintyy kuitenkin myös puutteita.

Suuresta laitekannasta johtuen on vuoden sisään mahdutettu paljon huoltoviikonloppuja. Nykyään laitteet huolletaan lähinnä laitevalmistajan ilmoittamin määräajoin ja heidän ilmoittamillaan varaosilla, lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia. Joillekin laitteille valmistaja ei ole välttämättä ilmoittanut tarvittavia huoltoja tai niitä tietoja ei valmistajalta saa. Tästä syystä useimmat huollot suoritetaankin kunnossapidon parhaaksi näkemällään tavalla.

## **4 KUNNOSSAPIDON TARPEEN MÄÄRITTÄMINEN**

Ennakoivan huollon tarpeen määrittämiseen etsittiin erilaisia tapoja ja menetelmiä. Tähän osaan etsittiin yritystä hyödyttäviä menetelmiä sekä sellaisia asioita, joita yrityksessä mahdollisesti tehdään väärin toteutettaessa ennakoivaa huoltoa. Selvitettiin erilaisia menetelmiä, jotka olisivat hyödyksi nimenomaan A-Pekoni Nurmo Oy:n kunnossapidossa ja soveltuisivat yrityksen käyttämän laitteiston huoltotarpeen määrittämiseen.

### **4.1 TPM:n käyttäminen kunnossapidossa**

Kriittisyyden arviointi toimii suuressa roolissa toimivan kunnossapito-ohjelman suunnittelussa ja ennakkohuoltojen tarpeen määrittämisessä. Jokaisen koneen ja linjaston kriittisyys arvioidaan kunnossapidon suhteen. Koneen kunto arvioidaan komponentti kerrallaan, jolloin selviää, onko komponentin kunto hyvä vai onko se vikaantunut. Jos se on vikaantunut, arvioidaan, täytyykö se korjata heti vai korjataanko myöhemmin. (Järviö 2007, 114.) Kriittisyyden arviointi pystytään suorittamaan pisteyttämällä laite tai linjasto seuraavien kriteerien avulla, jotka on kerrottu taulukossa 2.

Taulukko 2. Kriittisyyden arvioinnin kriteerit (Järviö 2007, 114).

Kriteeri	- Määrittely
Korjauksen helppous	- Kuinka helppoa (tai vaikeaa) on päästä käsiksi ja työskennellä laitteella? Vaatiiko vikojen havaitseminen tai korjaaminen erikoisosaamista?
Luotettavuus	- Kuinka eri tekijät vaikuttavat kohteen luotettavuuteen? Onko havaittu jatkuvia ongelmia? Ovatko ongelmat satunnaisia vai toistuvia? Kuinka usein viat esiintyvät? Onko kyse rikkoontumisesta, hidastuneesta nopeudesta vai asetusten muuttamisesta?
Tuotteiden laatu	- Mikä vaikutus toimintahäiriöillä on tuotteiden laatuun? Kuinka helposti laatupoikkeamat ovat havaittavissa?
Läpimeno nopeus	- Mikä vaikutus laitteen kunnolla ja suorituskyvyllä on tuotteen läpimeno nopeuteen?
Tuotannon menetys	- Mikä on merkitys koko valmistusprosessin, tuotantolinjan tai osaston suorituskykyyn, jos laite ei toimi oikein, on rikki, epäluotettava tai vaikea
Turvallisuus	- Mitä vaaratilanteita syntyy, jos laite ei ole kunnossa tai ei toimi luotettavasti?
Ympäristö	- Mikä vaikutus laitteen kunnolla on ympäristöön?
Kustannukset	- Mitkä ovat vian, epäluotettavuuden tai huonon suorituskyvyn taloudelliset seuraukset (välittömät ja välilliset kustannukset)?

Arvioinnin tarkoituksena on saada pisteyttämällä koneet ja laitteet järjestykseen niiden kriittisyyden mukaan. Kriittisin laite käsitellään ensimmäisenä, seuraavaksi kriittisin toisena jne. Aina laitteen käsittelyn jälkeen selvitetään hyöty, joka tällä käsittelyllä ollaan saavutettu. Kun päästään vaiheeseen, jossa saavutettu hyöty alkaa olla todella pieni, uusia kohteita ei enää oteta järjestelmällisesti mukaan, sillä se ei enää tuota järjestelmällistä hyötyä. (Järviö 2007, 114.) Laitteet voidaan pisteyttää käyttämällä samantapaista pisteyttämistaulukkoa kuin taulukossa 4 on esitelty, mutta kysymykset vain ovat erilaiset.

Priorisoinnin suorittamiseen on myös toinen tapa, jossa koneiden vikahistorioita tutkimalla etsitään koneet, jotka ovat olleet ongelmallisimpia. Koneet laitetaan järjestykseen, jonka jälkeen muutama ongelmallinen kone otetaan kerralla kunnostettavaksi. Näiden kunnostamisen jälkeen taas muutama seuraava kone otetaan kunnostettavaksi. Saavutettu hyöty tutkitaan aina, kun kone on saatu kuntoon. (Järviö 2007, 114.)



Koneiden ja laitteiden käyttäjillä on yleensä eniten tietoa laitteen käyttäytymisestä ja siihen liittyvistä havainnoista. Pääsääntöisesti tietyt henkilöt käyttävät tiettyjä laitteita työssään ja heidät koulutetaan pelkästään niiden käyttöön. He seuraavat laitteen toimintaa päivittäin, joten heidät on hyvä ottaa huomioon laitteelle suoritettavien ennakkohuoltojen ja korjauksien suunnittelussa.

#### 4.1.1 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysia käytetään apuvälineenä monissa yrityksissä, ja yleensä sitä käyttämällä on koettu onnistumisia ennakoivan kunnossapidon suunnittelussa. Kriittisyysanalyysi pystytään laatimaan seuraavalla tavalla:

- Kohteet ja prosessit rajataan. Tämä tehdään projektin tehokkaan toteuttamisen ja hallinnan vuoksi.
- Prosessi jaetaan toiminnallisiin yksiköihin ja toimintoihin. Näistä käytetään myös nimitystä ”kunnossapidolliset yksiköt”.
- Tarkasteltavan kohteen toiminnot määritellään, toisin sanoen selvitetään, mitä epätoivottuja toimintoja halutaan estää. Selvityksessä otetaan huomioon kohteen vikahistoria, käytettyjen varaosien määrä ja valmistajan ohjeistus.
- Kohteet laitetaan tärkeysjärjestykseen niiden toimintojen kriittisyyden mukaan. Kohteet jaotellaan A, B, ja C ryhmiin. A ryhmä on kriittisin, ja yleensä näitä laitteita on 20-25% koko laitteistosta. Kunnossapito painotetaan A ja B ryhmien laitteisiin. C ryhmän laitteille pelkkä huolto on yleensä riittävä, sillä näiden laitteiden rikkoontumisella ei ole suoraa vaikutusta valmistusprosessiin. Niiden siis annetaan rikkoontua.
- Näiden ohjeiden ja kriteerien avulla laaditaan ennakoivan kunnossapidon ohjelma. (Järviö 2007, 75-76.)

Taulukossa 3 on kriittisyysluku  $R = T \times (M + K + HY + VL + VO)$ , jossa:

Taulukko 3. Kriittisyysanalyysi (Järviö 2007, 76).

T = tapahtuman todennäköisyys
M = materiaalivahinkojen suuruus
K = tuotantomennytykset
HY = henkilöstö- ja ympäristövaara
VL = varalaitteen saatavuus
VO = varaosan saatavuus

Kriittisyysanalyysia käyttäessä edellä mainittujen kohtien avulla laitteet pisteytetään. Pisteitä voidaan antaa vaikkapa nolasta neljään, jolloin jokaiselle laitteelle saadaan jokin yhteenlaskettu pistemäärä. Jos maksimipistemäärä on esimerkiksi 24, voidaan A-ryhmän rajapistearvoksi laittaa 18 pistettä. B-ryhmään kuuluville laitteille pistemäärä voisi olla 10-17 pistettä ja C-ryhmään kuuluvat kaikki alle 10 pistettä saaneet laitteet. Laitteet voitaisiin pisteyttää esimerkiksi seuraavalla tavalla:

Taulukko 4. Kriittisyysanalyysin pisteytys

Kerroin T	Kuvaus
4	Vikaantuminen $\geq 4$ kertaa vuodessa
3	Vikaantuminen 3 kertaa vuodessa
2	Vikaantuminen 2 kertaa vuodessa
1	Vikaantuminen kerran vuodessa
0	Vikaantuminen harvemmin kuin kerran vuodessa

Yllä olevasta taulukosta saadaan siis selville tapahtuman todennäköisyys T. Samanlaista pisteytystä käytetään kaikissa kriittisyysanalyysin kohdissa. Lopuksi pisteet lasketaan yhteen ja laitteet sijoitetaan oikeisiin ryhmiin.

#### 4.1.2 TPM yrityksen apuna

TPM käsittää lähestulkoon kaikki yrityksen toiminnot, joten jos yrityksen kunnossapidon toiminta perustuisi pelkästään TPM:n käyttämiseen, kaikki toiminnot täytyisi suunnitella alusta asti uudelleen. TPM sisältää kuitenkin monia hyviä keinoja, joita pystytään hyödyntämään myös A-Pekoni Nurmo Oy:n kunnossapidossa.

Suunnitellessa laitteille tehtäviä huoltoja yrityksen olisi hyvä ottaa huomioon kaikkien laitteen kanssa työskentelevien ihmisten havainnot. Tämä tarkoittaa yleensä koneenkäyttäjää sekä huoltoasentajia. Koska koneenkäyttäjällä on yleensä viimeisin tieto laitteen normaalitoiminnasta poikkeavista tapahtumista, heille täytyisi

myös siirtää vastuuta laitteen huoltamisen suhteen. Yleensä huoltoasentajilla on monta muutakin huollettavaa tai rikkoontunutta laitetta, joten keskittyminen yhteen tiettyyn laitteeseen saattaa jäädä melko vähäiseksi.

Yrityksen olisi hyvä ottaa huomioon huoltoja suunnitellessa laitteiden ja koneiden kriittisyys. Laitteet ja koneet priorisoimalla niiden kriittisyyden mukaan pystyttäisiin kohdentamaan ennakoivaa huoltoa juuri sinne, missä sitä eniten tarvitaan. Koneita tai komponenttia, joka ei ole ollut koskaan rikki, vaikka ennakkohuolto olisi ollut vähäistä, ei luultavasti ole järkeä ottaa ensimmäisenä huollettavaksi. Tällaista laitetta ei myöskään kannata huoltaa niin useasti.

Kriittisyysanalyysia käyttämällä laitteet pystytään luokittelemaan eri ryhmiin niiden kriittisyyden mukaan. Niiden laitteiden ja koneiden kohdalla, jotka luokitellaan C-ryhmään, täytyisi miettiä, suoritetaanko laitteille liikaa ennakoivaa huoltoa. Kyseisten laitteiden kohdalla ennakoiva huolto saattaa olla kokonaisuudessaan turhaa.

## 4.2 Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon RCM käyttäminen

RCM:n käyttämistä sikaleikkaamon kunnossapidon apuna tutkittiin myös. Sitä sovelletaan käyttämällä seitsemään kysymykseen saatuja vastauksia. Vastaukset dokumentoimalla ja niistä saatujen tietojen perusteella kunnossapitoa pystytään ohjaamaan oikeaan suuntaan. Seitsemän tärkeintä kysymystä:

- Mitä tämän laitteen/osan kuuluisi tehdä?
- Millä tavoin tämä voi mennä rikki?
- Mitkä tapahtumat aiheuttavat nämä vikaantumiset?
- Mitä tämän laitteen/osan vikaantumisen yhteydessä tapahtuu?
- Mitkä seuraamukset tämän laitteen/osan vikaantumisella on?
- Mitkä säännölliset ja järjestelmälliset toimenpiteet voivat estää nämä virheet tai minimoida niitä niin paljon, että ne eivät häiritse kohteen, koneen tai prosessin turvallista toimintaa?
- Mitkä ovat korjaustoimenpiteet, mikäli ehkäiseviä toimia ei pystytä toteuttamaan? (Moubray 1997, 97.)

Kun näihin kysymyksiin on osattu vastata, vastausten perusteella koneelle pystytään suunnittelemaan melko tarkasti toimiva kunnossapito-ohjelma. Seuraavaksi on eritelty kaikki aiheet, jotka määrittämällä pystytään luomaan toimiva RCM-prosessi.

**Toiminnot ja suorituskykystandardit** täytyy määritellä, jotta laitteille osataan suorittaa oikeanlaista kunnossapitoa. Tässä yhteydessä täytyy myös määritellä, mitä vika tarkoittaa. Kunkin laitteen toiminnot sekä suorituskykystandardit kussakin käyttöympäristössä täytyy määritellä ensimmäisessä vaiheessa. Koska laitteiden käyttäjillä on paras ja viimeisin tieto laitteen toimivuudesta ja tavoista, joilla laitetta pystytään käyttämään tehokkaimmin, myös heidät otetaan mukaan RCM-prosessiin. (Järviö 2007, 128.)

Esimerkkinä voidaan käyttää laitetta, joka tekee yhtä leikkaavaa liikettä tuotteelle, ja sille on määritelty laitevalmistajan puolesta jokin sen suorituskyvystä kertova luku. Mikäli laitteella ei päästä oikeissa olosuhteissa laitevalmistajan ilmoittamiin lukemiin, voidaan olettaa, että laitteessa on jotain vikaa tai sitä ei käytetä oikein. Tällöin selvitetään koneen käyttäjältä, onko laitetta käytetty oikein ja onko laitteen toiminnassa ilmennyt jotain tavallisuudesta poikkeavaa. Mikäli poikkeavuuksia ei ole esiintynyt ja käyttö on ollut sääntöjen mukaista, etsitään vikaa koneesta itsestään niin kauan, kunnes jotain konkreettista selviää.

**Toimintahäiriöt** auttavat RCM-prosessin suunnittelussa. Kunnossapidolla on tiedossa laitteen toiminnot sekä suorituskykyvaatimukset, sillä näiden pohjalta asetetaan kunnossapidon tavoitteet. Mutta kuinka nämä tavoitteet voidaan saavuttaa? Ainut laitteen normaaliin toimintaan vaikuttava poikkeama on yleensä laitteen tai sen osan vikaantuminen. Tällaiset mahdolliset erilaiset vikaantumiset täytyy tunnistaa, jotta voidaan suunnitella ja tehdä tehokasta kunnossapitoa. RCM-prosessissa tämä tunnistaminen tapahtuu kahdessa vaiheessa:

- Mitkä ovat ne olosuhteet, joissa vikaantuminen on mahdollinen?
  - Mitkä tilanteet ja tapahtumat saattavat aiheuttaa tällaisen vikaantumisen?
- (Järviö 2007, 128.)

Jos laite vikaantuu eniten esimerkiksi tietyinä viikonpäivinä tai kellonaikana, täytyy selvittää, mitkä asiat poikkeavat tällöin normaalista tilanteesta. Kyseessä saattaa olla vaikkapa muutokset tuotteessa, ajonopeus tai konetta saattaa käyttää eri henkilö tietyinä päivinä. Suorittamalla päivittäistä tai viikoittaista listausta näistä asioista ja vikatilanteista saatetaan päästä käsiksi ongelman aiheuttajaan.

**Vikaantumistavat** täytyy selvittää, kun toimintahäiriöt on saatu määriteltyä. Tapaukset, jotka ovat jo tapahtuneet nimenomaisella tai vastaavalla laitteella samantapaisissa toimintaympäristöissä, määritellään ”jonkinasteisella todennäköisyydellä tapahtuviksi”. Myös kaikki mahdolliset vikaantumiset, joita yritetään estää jo käytössä olevilla ennakkohuolto-ohjelmilla, sisällytetään tähän. Ei ole merkitystä, vaikka vikaantuminen ei olisi päässyt vielä tapahtumaan.

Esimerkiksi laakereita sisältävän laitteen vikaantumistapoihin voidaan sisällyttää laakeririkot. Laakereita ei ole vielä tarvinnut rikkoontua kyseisestä laitteesta, mutta mikäli tietoa löytyy valmiiksi samantapaisen tai samanlaisen laitteen laakeririkoista, voidaan tämä asia ottaa huomioon ennakkohuolto-ohjelmaa suunnitellessa. Vaikka yrityksessä ei olisi ennestään samankaltaista laitetta, voidaan asiaa tarkastella myös pelkästään sellaisten laitteiden avulla, jotka ylipäätään sisältävät laakereita, ja ne ovat toiminnassa samankaltaisessa ympäristössä. Eli esimerkiksi paikassa, jossa on kylmä ja laitteita pestään paljon ja kovilla pesuaineilla.

Vikaantumistavoista kerätyt taulukot sisältävät useimmiten vikaantumisia, jotka johtuvat tuotantolaitteiden ”huonontumisesta” tai kulumisesta. Listoille otetaan myös mukaan käyttäjien erehdyksistä ja väärinkäytöistä johtuneet vikaantumiset. Mukana on myös mahdolliset suunnitteluvirheet, jotta kaikki vikaantumismahdollisuudet pystytään tunnistamaan ja käsittelemään. Myös vikaantumisten juurisytyt on tärkeää tunnistaa riittävän tarkasti, jotta ne voidaan poistaa muuttamalla toimintoja. (Järviö 2007, 128-129.)

**Vikojen vaikutukset** on selvitettävä jokaisen listatun vian kohdalla erikseen. Vikojen seurausvaikutuksia pyritään arvioimaan, ja vaikutusten määrittämisessä käsitellään seuraavia asioita:

- Millä voidaan nähdä, että vikaantuminen on tapahtunut?
- Millaisia terveyden ja ympäristön haitaksi olevia riskejä tämä aiheuttaa?

- Millaisia vaikutuksia vikaantumisella on tuotannon tai toiminnan osalta?
- Millaisia konkreettisia vahinkoja tällaisesta vikaantumisesta aiheutuu?
- Millä tavoin nämä vikaantumiset korjataan? (Järviö 2007, 129.)

Tähän voidaan ottaa esimerkkinä tuotteen paloitteluun käytettävä vannesaha, josta on mennyt sähkömoottori rikki. Vika havaitaan, kun saha ei lähde enää käyntiin, ja vika ei aiheuta haitallisia riskejä terveydelle tai ympäristölle. Laitteen vikaantumisesta johtuen yhden linjaston tuotanto saattaa pysähtyä, koska tuotetta ei saada paloitteltua halutun kokoiseksi. Tämä taas aiheuttaa suoria menetyksiä tuotannolle, sillä linjastossa ei pystytä työskentelemään ja tilaukset viivästyvät. Laite ei kuitenkaan ole kriittinen koko tuotannon toiminnan kannalta. Tuotannon toiminnan jatkamiseksi sahan tilalle laitetaan varakone, mikäli sellainen löytyy. Jos varakoneita ei ole, sähkömoottori vaihdetaan pikimmiten ja vika kirjataan ylös, jotta ennakkohoito-ohjelmaa suunnitellessa vika otetaan huomioon. Tällaisen sahan tilalle tulisi löytyä toimiva varakone. Mikäli varakoneita ei ole, varaosa sahaan täytyy olla varastossa tällaisten vikaantumisten varalta.

**Vikojen seuraukset** ovat kaikissa vikaantumistapauksissa erilaisia, ja vaikka vikaantumisia sattuu teollisuuslaitoksissa usein, vikojen seuraukset pystytään kuitenkin jakamaan neljään eri pääryhmään:

- Piilevien vikojen seuraukset: Nämä eivät vaikuta suoraan, mutta näiden takia käynnistyy ketjureaktioita, jotka kehittyvät useammiksi vikaantumisiksi vakavin seurauksin.
- Turvallisuus ja ympäristöseuraukset: Jos vikaantuminen aiheuttaa vammautumisen tai hengenlähdön, sillä on turvallisuusseurauksia. Ympäristöseurauksia syntyy päästöjen tai haittojen ylittymisestä johtuen.
- Toiminnalliset seuraukset: Vikaantumisella on vaikutus tuotantoon, määrällisesti, laadullisesti, palvelullisesti tai rahallisesti korjauskustannusten kautta.
- Ei-toiminnalliset seuraukset: Vikaantumisen takia ei aiheudu turvallisuuteen tai toimintaan liittyviä seurauksia. (Järviö 2007, 129.)

Piilevänä vikana saattaa olla vaikkapa jonkin kiinnityksen löystyminen, jota ei pysty havaitsemaan silmällä. Tämä on jo itsessään vikaantuminen, mutta se saattaa

aiheuttaa jonkin osan irtoamisen, josta aiheutuu laitteen hajoaminen. Tällaisia osia ovat esimerkiksi jonkin koneen rakenteissa olevat ruuvit, jotka irrotessaan saattavat mennä koneen sisään ja rikkoa koneessa olevat terät.

Turvallisuusseurauksia voi aiheutua muun muassa jonkin koneen turvalaitteiden pettäessä, jolloin käyttäjä pääsee liian lähelle käynnissä olevaa laitetta. Yleensä tällöin ei tiedosteta, että ollaan vaarallisella alueella. Tällaiset tapahtumat johtuvat myös monesti liian huonosta ohjeistuksesta laitteen käytössä.

Toiminnallisia seurauksia voi syntyä esimerkiksi kriittisen koneen tai laitteen hajotessa. Tällöin jokin linjasto tai koko tuotanto saattaa pysähtyä ja siitä aiheutuu tuotannon menetyksiä. Myös laitteen korjauksesta aiheutuu kustannuksia ja korjaukseen kuluva aika on pois tuottavasta ajasta.

Ei-toiminnallisia seurauksia voi syntyä, jos jossain koneessa oleva lisälaitte ei toimi. Esimerkiksi tuotteen rasvapitoisuuden mittalaitteen tiedonkeruussa voi olla vikaa. Itse kone kyllä toimii ja tuotteesta saadaan tehtyä oikeanlaista, mutta dataa mittauksista ei saada kerättyä talteen. Tämä ei vaikuta turvallisuuteen eikä laitteen toimintaan.

Näitä ryhmiä käytetään pohjana RCM-prosessissa, ja niiden avulla pystytään tekemään strategisia päätöksiä kunnossapidon osalta. Jäsentämällä vikaantumiset näihin ryhmiin, kunnossapito pystytään keskittämään organisaation toiminnalle suurimmat seuraukset aiheuttaviin tekijöihin. Tapauksia, joilla on vähäiset tai olemattomat seuraukset, huomioidaan vähemmän. Lisäksi henkilöstöä kannustetaan ajattelemaan laajemmin ehkäisevän kunnossapidon mahdollisuuksia pelkän vikaantumisten estämisen sijaan. (Järviö 2007, 129.)

**Vikaantumisen hallinnan tehtävät** pystytään jakamaan kahteen pääryhmään:

- proaktiiviset eli ennakoivat tehtävät
- korjaus- ja toimintaohjeet.

Proaktiivisia tehtäviä tehdään ennen kuin vikaantuminen on jo niin pitkällä, ettei laite enää toimi. Näihin tehtäviin sisältyy kolme eri ryhmää toimintoihin. Ryhmät ovat jaksotettu korjaus, jaksotettu uusiminen sekä kunnonvalvonta. Kunnonvalvonta

käsittää myös sellaiset toimenpiteet, joita tehdään kunnonvalvonnasta saatujen havaintojen perusteella. (Järviö 2007, 129-130.)

Jos esimerkiksi laitteessa havaitaan kunnonvalvonnan avulla rikki menevä laakeri, se korjataan mahdollisimman pian. Jos kyseessä on vaikkapa tuotteita kuljettavan kuljettimen taittopään laakeri, se vaihdetaan mahdollisimman pian uuteen, että tuotanto ei keskeytyisi. Laakeri voidaan vaihtaa vaikkapa tuotannon tauon aikana, mikäli toimenpide ei vie liikaa aikaa. Jos se rikkoutuisi kesken tuotannon, tehokasta työaikaa menisi hukkaan väistämättä.

Korjaus- ja toimintaohjeet laaditaan valmiiksi, mikäli laitteelle ei pystytä määrittelemään tehokasta, ehkäisevää toimintamallia. Laitteen tai koneen rikkoutuessa tai sen lopettaessa toimintansa näitä ohjeita käytetään toimintamallina. Esimerkiksi vianetsintä ja korjaava kunnossapito kuuluvat tähän ryhmään. Kun laite on rikki eikä sillä pystytä tekemään tuottavaa työtä, näitä ohjeita noudatetaan muun tuotannon toiminnan varmistamiseksi. Joko laite korjataan ohjeiden mukaan tai tehdään sellaisia järjestelyjä, jotta muu tuotanto ei keskeytyisi. (Järviö 2007, 129-130.)

Mikäli laitteelle ei pystytä suorittamaan ennakoivaa huoltoa, toimintaohjeena voisi olla varakoneen vaihtaminen hajonneen koneen tilalle. Tällainen laite on esimerkiksi kamarakone, jolla poistetaan lihasta ylimääräinen kamara eli lihan pintakerros. Mikäli varakonetta ei ole ja koneen korjaaminen on siinä tilanteessa mahdotonta, järjestellään tuotanto siten, että kyseiset tuotteet otetaan sivuun ja käsitellään myöhemmin. Täten materiaalivirta ei keskeydy ja tuotantoa pystytään jatkamaan suurilta osin.

Toimivan ennakkohuolto-ohjelman suunnittelussa käytetään apuna MTBF- (Mean Time Between Failures) kaavaa, jolla määritellään huollettavien laitteiden tarkastusvälit. Se tarkoittaa nimensä mukaisesti aikaa, joka kuluu vikaantumisten välissä. Mitä korkeampi MTBF on, sitä kauemmin laitteen oletetaan toimivan vikaantumisten välissä. (Järviö 2007, 77.) Kaava on liitteessä numero 1.



#### 4.2.1 RCM kiteytettynä

RCM:n toimiessa paljolti samoin menetelmin kuin TPM se keskittyy vielä yksityiskohtaisemmin laitteiden vikaantumiseen johtaviin syihin ja käsittelee ne yksi kerrallaan. Käyttämällä RCM-menetelmää pystyttäisiin tekemään taulukoita kaikista syistä, joiden takia koneet ja laitteet vikaantuvat ja rikkoontuvat. Tämä lähestymistapa auttaisi suuresti ennakkohuoltojen suunnittelemisessa laitekohtaisesti.

Asiaa voidaan tarkastella myös sillä tapaa, että jos laitteesta tai koneesta on rikkoontunut vain laakereita, miksi myös ketjut ja rattaat vaihdettaisiin jokaisen huollon yhteydessä? Osaksi osien kestävyys kertoo myös siitä, että ennakkohuolto on ollut onnistunutta, jos osat ovat kestäneet huoltojen välin vikaantumatta. Mikäli osat ovat hyvässä kunnossa ja ne kestävät helposti puoli vuotta, ne saattavat kestää hyvin myös vuoden ajan. Tutkimalla osien kuntoa huoltojen yhteydessä tulokset tulisi kirjata ylös ja tätä kautta laatia suunnitelma laitteen huoltamiseksi.

#### 4.2.2 Kunnonvalvonta

Työssä otettiin kunnonvalvonta yhdeksi menetelmäksi huollon tarpeen määrittämisessä. Kunnonvalvonta nousee keskeiseksi asiaksi, kun puhutaan ennakoivasta huoltamisesta. Menetelmän soveltamista yrityksen käyttöön tutkittiin muutaman esimerkin avulla.

Ilman kunnonvalvontaa laitteiden ja niiden osien kestävydestä pitäisi olla valmiiksi tietoa, että ne osattaisiin huoltaa ajallaan. Kunnonvalvonta mahdollistaa sen, että erilaiset mittarit ilmoittavat meille huollon ajankohdan. Tällöin tuotantoa pystytään suorittamaan samalla, kun osien kunnosta kerätään tietoa. (Opetushallitus [Viitattu 19.4.2018].)

Kunnonvalvontaa pystytään suorittamaan erilaisilla mittareilla, joita ovat esimerkiksi rakenteiden värinämittarit tai infrapunakamerat. Näillä mittareilla ja niihin kuuluvilla diagnostiikkalaitteilla pystytään seuraamaan laitteiden ja koneiden rakenteissa olevaa värinää sekä osien kuumenemistä. Menetelmää pystytään hyödyntämään

todella hyvin laakereiden kunnonvalvonnassa. Laakereiden kuluessa ne aiheuttavat entistä enemmän tärinää, mutta yleensä sellaista, jota ihminen ei kykene havaitsemaan ilman apuvälineitä. Ne myös lämpenevät kuluessaan, kun kitkaa syntyy enemmän.

Laakereiden tärinämittaukseen soveltuu hyvin kohde, jossa laakerit sijaitsevat koneen sisällä. Tällöin niiden kuntoa on hankala arvioida ja koneen suojaletkien aukaiseminen tuotannon aikana voi olla mahdotonta. Tällaisessa kohteessa myös laakereiden vaihtaminen uusiin saattaa olla hankalaa niiden hajotessa kesken tuotannon. Kunnonvalvonnalla on siis tässä tapauksessa suora vaikutus tuotannon tehokkuuteen.

Toinen hyvä tapa kunnonvalvonnan toteuttamiseen on laitteiden käyttöketjujen venymisen mittaaminen. Yrityksessä on monia koneita, jotka toimivat ketjujen välittämällä voimalla. Yleensä ketjut ovat koneiden sisällä hankalasti huollettavissa paikoissa, mutta niillä on todella tärkeä tehtävä koneen toimivuuden kannalta. Ketjujen venyessä tarpeeksi ne saattavat hypätä rattailta pois tai jumiutua johonkin väliin ja katketa. Ketjujen venymistä pystyttäisiin seuraamaan induktiivisella anturilla, joka antaa ilmoituksen tietojärjestelmään, kun ketju on venynyt liikaa ja ketjunkiristimestä on loppunut kiristysvara. Ilmoituksen perusteella ketju vaihdettaisiin uuteen heti, kun siihen löytyy mahdollisuus. Yleensä tällainen väli löytyy tuotannon jälkeen tai viikonloppuna.

Kunnonvalvontaan voidaan sisällyttää myös tavat, joiden mukaan koneita ja laitteita huolletaan. Kyseisessä yrityksessä koneiden ja laitteiden ennakoiva huolto tapahtuu kalenteripohjaisesti, eli laitteille on suunnitellut vuosi- ja puolivuosi- huollot. Myös voitelu ja säätäminen tapahtuvat tietyn aikavälein. Kalenterista katsomalla huollot on helppo määrittää pitkäksi ajaksi tulevaisuuteen, sillä tietty huoltotoimenpide toistuu aina jaksoissa. Käyntiasteen mukaan huollettaessa laitetta huollettaisiin sen käyttötuntien mukaan. Eli kun laite on ollut käynnissä tietyn aikaa, se olisi aika huoltaa. Toinen tapa olisi myös mitata laitteen tekemää työtä, eli paljonko se on esimerkiksi pinonnut laatikoita päällekkäin. Tietyn kappalemäärän jälkeen olisi aika suorittaa ennakoiva huolto. Kunnonvalvonnassa pystytään hyödyntämään erilaisia laskureita, jotka voidaan ohjelmoida useille laitteille pelkästään tekemällä muutoksia koneen ohjelmaan. Erilaisia antureita pystytään hyödyntämään myös mittaamalla

laitteen tekemiä liikkeitä, kuten vaikkapa laatikoiden tyhjentämiseen käytettävän automaattisen kippauslaitteen kippausliikkeitä.

Jokin laite saattaa olla käyttämättömänä hetken aikaa tai sille tulee vähemmän tehtyä työtä päivässä kuin aikaisemmin. Jos laitetta huolletaan kalenterin perusteella, saattaa ennakoiva huolto tällöin olla resurssien ja ajan haaskausta. Huoltojen suorittamiseen kuluu kuitenkin aina myös käytettävän materiaalin lisäksi työtunteja.

#### **4.2.3 Kunnonvalvonta osana ennakoivaa huoltoa**

Älykästä automatisoitua kunnonvalvontaa ei juurikaan suoriteta yrityksessä nykyisellään. Oikeaoppisella kunnonvalvonnalla voidaan kuitenkin säästää huomattavia summia, kun turhaa työtä ei tehdä vaihdettaessa täysin toimivaa komponenttia uuteen. Kunnonvalvontaa pystytään suorittamaan monilla eri tarpeisiin soveltuvilla laitteistoilla. Mikäli esimerkiksi jonkin kuljettimen sähkömoottori luokitellaan kriittisyysanalyysin mukaan A- tai B-ryhmään kuuluvaksi, kunnonvalvonnalla pystyttäisiin suunnittelemaan sähkömoottorin vaihdolle oikea ajankohta.

Kunnonvalvonnasta on suuri apu yrityksille, sillä siihen kuuluvat mittarit ja laitteet ovat toiminnassa jatkuvasti. Ne eivät pidä taukoja, ja ne ovat tarkempia kuin ihmisen tekemät tarkastukset. Niiden avulla myös kerätty data saataisiin suoraan yrityksen tietokantaan ilman välikäsiä, jolloin kunnossapidon kehittämisen kannalta tärkeät tiedot eivät katoaisi.

Kunnonvalvontaan kuuluvat laitteistot ovat monesti melko kalliita, mutta tietyissä kriittisissä kohteissa ne maksavat itsensä varmasti takaisin. Laitteisiin vaihdettavien komponenttien lisäksi täytyy ottaa huomioon työtunnit, joita osan vaihtaminen vaatii. Kunnonvalvonta tulisi ottaa aluksi käyttöön joko tietyn alueen tai tiettyjen komponenttien kunnonvalvonnassa. Kun näistä laitteista tai komponenteista ollaan saatu luotettavia tuloksia ja menetelmän on todettu tuovan säästöä kunnossapitokustannuksiin, voidaan kunnonvalvontaa laajentaa suuremmalle alueelle.

## 5 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Atria Oyj konserniin kuuluvan A-Pekoni Nurmo Oy:n uuteen ja modernisoituun sikaleikkaamoon. Sikaleikkaamon vuonna 2015 uudistuneen ja kasvaneen laitekannan myötä myös kunnossapidon haasteet ovat lisääntyneet ja kasvaneet. Ongelmana yrityksessä oli laitteille ja koneille suoritettavien kunnossapidon tehtävien tarpeen määrittäminen. Työ keskittyi ennakoivien huoltojen tarpeen määrittämiseen, sillä yrityksessä käytetään ehkä jopa liikaa resursseja ennakoivien huoltojen suorittamiseen.

Kunnossapito A-Pekoni Nurmo Oy:ssä toimii pitkälti yhden tietyn kaavan mukaan, jossa kaikille laitteille suoritetaan huoltoja tietyin määräajoin. Uuden sikaleikkaamon laitetoimittajan puutteellisten tietojen sekä huonosti toimivan kunnossapitopalvelun johdosta huoltoja suoritetaan pitkälti A-Pekoni Nurmo Oy:n kunnossapidon itse määrittämien tapojen mukaan. Tästä syystä tavat eivät ole resurssien kannalta optimaaliset huoltojen suorittamiseen. Vasta hiljattain laitetoimittaja on alkanut panostamaan heidän huoltotoimintaansa. Kehitystyö vie kuitenkin aikaa ja laitteet ovat sikaleikkaamossa lähes jatkuvassa käytössä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saattaa yrityksen tietoon menetelmiä ja tapoja, joilla laitteille ja koneille suoritettavien ennakoivien huoltojen tarve pystyttäisiin määrittämään. Tarpeen määrittämisen kautta pystyttäisiin luomaan toimivampi pohja ennakoivan huollon suunnittelulle. Kun kunnossapitoa suoritetaan oikeilla menetelmillä, säästetään kunnossapidon kustannuksissa ja tuotannon toimintavarmuus kasvaa. Jotta ennakoiva huolto saataisiin mahdollisimman kustannustehokkaaksi, täytyy sitä tarkastella kokonaisvaltaisesti aloittaen sen tarpeen määrittämisestä. Vasta tämän jälkeen pystyttäisiin miettimään laitteiden huoltamiseen parhaiten sopivia tapoja.

Ennakoivan kunnossapidon tarpeen määrittämiseen löydettiin menetelmiä, joita voidaan ottaa yrityksen käyttöön niiden toimivuuden testaamiseksi. TPM tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa, ja se tavoittelee tuotannon virheetöntä toimintaa pitäen laitteet ja koneet optimaalisessa kunnossa maksimoiden niiden suorituskyvyn. RCM auttaa ennakoivan kunnossapidon suunnittelussa. RCM:n tarkoitus tiivistettynä on pitää koneet ja prosessit käynnissä ja kunnossa ilman

rikkoontumisia, mahdollisimman pienin kustannuksin. Näiden menetelmien lisäksi oikeanlaisella kunnonvalvonnalla pystyttäisiin seuraamaan laitteiden ja komponenttien kuntoa ja sitä kautta määrittämään niille oikeat huoltovälit.

Opinnäytetyön tuloksina ennakoivan huollon määrittämiseen tarkoitettujen menetelmien käyttöä yrityksen tarpeisiin mietittiin. Käsitteiden TPM, RCM ja kunnonvalvonta periaatteet ja käyttötavat saatiin selvitettyä. Yritykselle annettiin ohjeita, miten näitä eri menetelmiä pystytään hyödyntämään ennakkohuoltojen tarpeen määrittämisessä.

TPM:n soveltamaa kriittisyysanalyysiä käyttämällä koneet ja laitteet saataisiin jaoteltua eri ryhmiin niiden kriittisyyden perusteella. Tämän ryhmiin jakamisen avulla ennakoivaa huoltoa pystyttäisiin keskittämään sinne, missä sitä eniten tarvitaan ja sen merkitys on suurinta tuotannon toimivuuden kannalta. TPM painottaa myös sitä, että koneiden toimivuudesta ovat vastuussa huoltoasentajien lisäksi myös koneiden käyttäjät, sillä heillä on yleensä viimeisin tieto koneessa mahdollisesti ilmenneistä vioista ja poikkeavuuksista.

RCM:ää tulisi käyttää apuvälineenä toimivan ennakkohuolto-ohjelman suunnittelussa. Menetelmässä tutkitaan vikojen aiheuttajat perinpohjaisesti ja sitä kautta ennakoivassa huollossa keskitytään vaihtamaan laitteisiin juuri ne osat, jotka ovat toimivuuden kannalta kriittisimpiä. Ennakkohuolto-ohjelman suunnittelussa käytetään apuna MTBF- (Mean Time Between Failures) kaavaa, jolla pystytään määrittelemään laitteiden tarkastusvälit.

Kunnonvalvonta tulisi ottaa osaksi yrityksen kunnossapito-ohjelmaa. Erilaisista mittareista on suuri apu yrityksille, sillä niillä voidaan mitata laitteen kuntoa sen käynnin aikana ja kesken tuotannon. Värinämittareita voitaisiin hyödyntää laakereiden kunnonvalvonnassa jossain koneessa, jossa laakerit ovat hankalasti havaittavissa ja huollettavassa paikassa. Tämän lisäksi esimerkiksi ketjujen venymistä pystyttäisiin seuraamaan erilaisilla antureilla. Tieto koneen kunnosta saataisiin kirjattua automaattisesti ylös, ja huoltaminen voitaisiin kohdistaa oikeisiin paikkoihin. Kunnonvalvontaa voitaisiin laajentaa suuremmalle alueelle ja useampiin koneisiin, mikäli se havaitaan kunnossapidolle hyödylliseksi.

Tämän opinnäytetyön avulla saatuja tuloksia pystytään hyödyntämään erityisesti A-Pekoni Nurmo Oy:n kunnossapidon työsuunnittelussa. Työn avulla selvitettyjä menetelmiä voidaan ottaa testaukseen yrityksessä ja jonkin seurantajakson jälkeen tuloksia pystyttäisiin analysoimaan ja niiden perusteella tekemään päätöksiä ennakoivien huoltojen suunnittelussa. Tämä opinnäytetyö toimii myös pohjana mahdolliselle jatkotyölle, jossa voitaisiin ottaa näitä menetelmiä yrityksen käyttöön ja selvittää niiden hyödyt sekä haitat.

## LÄHTEET

- Ahtela, K. 9.1.2015. Atrian Gröhn: Investointi vie 2020-luvulle. [Verkkolehtiartikkeli]. Kauppalehti. Saatavana: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/atrian-gron-investointi-vie-2020-luvulle/Q79FQJ5A>
- Atria. 2016. Atria käynnistää sianlihan viennin Kiinaan. [Verkkosivusto]. Atria Oyj. [Viitattu 20.3.2018]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/ajankohtaista/tiedotteet/2016/atria-kaynnistaa-sianlihan-viennin-kiinaan/>
- Atria. Ei päiväystä. Nurmoon valmistuu maailmanluokan sikaleikkaamo. [Verkkosivusto]. Atria Oyj. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/historia/#26963>
- Atria. Ei päiväystä. Atrian liiketoiminta-alueet. [Verkkosivusto]. Atria Oyj. [Viitattu 14.3.2018]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/kansainvalisyys/>
- Atria. Ei päiväystä. Atria on kansainvälinen suomalainen. [Verkkosivusto]. Atria Oyj. [Viitattu 21.3.2018]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/>
- Atria. Ei päiväystä. Juha Gröhnistä Atrian toimitusjohtaja. [Verkkosivusto]. Atria Oyj. [Viitattu 10.3.2018]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/historia/#26942>
- Atria. Ei päiväystä. Mahdollisuuksien Kiina. [Verkkosivusto]. Atria Oyj. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/ajankohtaista/atria-kiinassa/>
- Colson, C. Ei päiväystä. Failure Mode Driven Maintenance Strategy. [Verkkosivusto]. Reliability Centered Energy Management. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <http://reliabilitycenteredenergymanagement.com/?p=165>
- Granholm, M. 2018. Huolto/projekti-insinööri. Atria-Tekniikka Oy. Haastattelu 20.2.2018.
- Hinchcliffe, G & Smith, A. 2004. RCM-Gateway to World Class Maintenance. Oxford: Elsevier Inc.
- Järviö, J. 2007. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
- Kennedy, R. Ei päiväystä. Examining the Processes of RCM and TPM. [Verkkosivusto]. Plant Maintenance Resource Center. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <http://www.plant-maintenance.com/articles/RCMvTPM.shtml>

L 23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki.

Laine, J-P. 2018. Kunnossapidon esimies. A-Pekoni Nurmo Oy. 29.3.2018.

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito, tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP-Media Oy.

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

Moubray, J. 1997. Reliability-centered Maintenance. New York: Industrial Press Inc.

Nakajima, S. 1989. TPM Development Program, Implementing Total Productive Maintenance. Oregon: Productivity Press.

Nygård, V. 2018. Huoltoasentaja. A-Pekoni Nurmo Oy. 22.2.2018.

Olofsson, O. Ei päiväystä. RCM- Optimize Your Plant Maintenance. [Verkkosivusto]. WCM. [Viitattu 19.3.2018]. Saatavana: <https://world-class-manufacturing.com/tpm/rcm.html>

Opetushallitus. Ei päiväystä. Johdanto kunnonvalvontaan. [Verkkosivusto]. Opetushallitus. [Viitattu 19.4.2018]. Saatavana: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_k1\\_johdanto\\_kunnonvalvontaan.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k1_johdanto_kunnonvalvontaan.html)

SKF. 2017. SKF kunnossapitotuotteet ja voiteluaineet. [Verkojulkaisu]. SKF-yhtymä. Saatavana: [http://www.skf.com/binary/123-163650/03000\\_FI.pdf](http://www.skf.com/binary/123-163650/03000_FI.pdf)

Vorne. Ei päiväystä. Six Big Losses. [Verkkosivusto]. Vorne Industries Inc. [Viitattu 30.3.2018]. Saatavana: <https://www.oeo.com/oeo-six-big-losses.html>

Vorne. Ei päiväystä. TPM (Total Productive Maintenance). [Verkkosivusto]. Vorne Industries Inc. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <https://www.leanproduction.com/tpm.html>

Wilkins, D. Ei päiväystä. The Bathtub Curve and Product Failure Behavior Part One - The Bathtub Curve, Infant Mortality and Burn-in. [Verkkosivusto]. Weibull.com. [Viitattu 29.3.2018]. Saatavana: <http://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm>



## LIITTEET

Liite 1: Kaava laitteiden tarkastusvälin määrittämiselle

## Liite 1: Kaava laitteiden tarkastusvälin määrittämiseksi

Tarkastusväli  $T = 2 \times \text{epäkäytettävyys} \times \text{MTBF}$

Esimerkkinä kaava, jossa väli on laskettu kuukausina:

- MTBF tarkasteltavana olevalla kohteella on viisi vuotta, eli 60 kuukautta
- käytettävyysvaatimus on 99%, jolloin epäkäytettävyys on 1%
- $T = 2 \times 0,01 \times 60 = 1,2$  kuukautta