

**KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU**  
Konetekniikan koulutus

Simo Mähönen

**PYROLYYSILAITOKSEN ENNAKKOHUOLTOJEN JA  
KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN**

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2019



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2019**  
**Konetekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä  
Simo Mähönen

Nimeke  
Pyrolyysilaitoksen ennakkohuoltojen ja kunnonvalvonnan kehittäminen

Toimeksiantaja  
Maintpartner Oy

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää pyrolyysiöljylaitoksen nykyisiä ennakkohuoltoja ja kunnonvalvontaa toimivammaksi kokonaisuudeksi. Toimeksianto tuli Maintpartner Oy:ltä, jolle ennakkohuolto-ohjelman päivitys tuli oikeaan tarpeeseen.

Tavoitteena oli vähentää pyrolyysilaitoksen ennakkohuoltoreittien määrää, jotta kunnossapitoa saadaan paremmin organisoitua. Työ rajattiin koskemaan raaka-ainelinjaston ja säiliöalueen ennakkohuoltoja. Huoltoreittien määrää vähennettiin yhdistelemällä huoltoja sopiviksi kokonaisuuksiksi ja varmistamalla riittävän huolto laitteille. Kunnonvalvonnan vä-  
rähäytelymittausten tueksi suunniteltiin pyrolyysialueelle öljyanalyysilista. Muutostyöt tehtiin Maximo-kunnossapitojärjestelmään.

Teoriaosiossa on käsitelty kunnossapidon perusteita, ennakoivaa kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa. Lisäksi on kerrottu lyhyesti kunnossapidon tietojärjestelmistä ja niiden toiminnasta. Työosiossa on kerrottu työn toteutusvaiheista ja lopputuloksista.

Lopputuloksena opinnäytetyössä saatiin tehtyä pyrolyysilaitokselle uudet toimivat ennakkohuoltoreitit. Muutosehdotukset todettiin toimiviksi ja huoltoreitit otettiin käyttöön voimalla.

Kieli  
suomi

Sivuja 32

**Asiasanat**

ennakkohuolto, kunnossapito, kunnonvalvonta, pyrolyysiöljy



**THESIS**  
**May 2019**  
**Degree Programme in Mechanical Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author  
Simo Mähönen

Title  
Development of Preventive Maintenance and Condition Monitoring of a Pyrolysis Plant

Commissioned by  
Maintpartner Oy

#### Abstract

The purpose of the thesis was to develop the existing preventive maintenance and condition monitoring of a pyrolysis oil plant into a more functional entity. The assignment came from Maintpartner Oy, for whom the maintenance program update came to meet the current need.

The aim was to reduce the number of preventive maintenance routes at the pyrolysis plant in order to get to a better maintenance organizing. The work was defined to preventive maintenance of the raw material line and the tank area. The number of maintenance routes was reduced by combining routes into suitable entireties, ensuring the necessary amount of maintenance. Oil analysis list was designed for the whole pyrolysis region to support the vibration measurements of the condition monitoring. Modifications were made to the Maximo maintenance data system.

The theory section consists of maintenance basics, preventive maintenance, and condition monitoring. In addition, maintenance data systems and their operation are briefly described. The work part describes the steps and results of the work.

As a result, new preventive maintenance routes were established for the pyrolysis plant. The proposed amendments were found to be operational and the maintenance routes were implemented in operation at the power plant.

Language

Finnish

Pages 32

Keywords

preventive maintenance, maintenance, condition monitoring, pyrolysis oil

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Opinnäytetyön lähtökohdat .....	6
2.1	Toimeksianto .....	6
2.2	Maintpartner Oy .....	6
3	Joensuun voimalaitos .....	7
3.1	Fortum Joensuu .....	7
3.2	Pyrolyysiöljylaitos .....	7
4	Kunnossapito .....	8
4.1	Kunnossapidon perusteita .....	8
4.2	Kunnossapidon historiaa .....	9
4.3	Ehkäisevä kunnossapito .....	11
4.4	TPM – Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito .....	12
4.5	RCM – Luotettavuuskeskeinen kunnossapito .....	13
4.6	Kalenteriaikaan perustuva kunnossapito .....	14
4.7	Käyntimäärään perustuva kunnossapito ja sen mittaaminen .....	15
5	Kunnonvalvonta .....	15
5.1	Perusteet .....	15
5.2	Kunnonvalvonnan mittausmenetelmät .....	16
5.3	Värähtelymittaukset .....	17
5.3.1	Yleiskatsaus .....	17
5.3.2	Mittalaitteisto .....	17
5.4	Voiteluaineanalyysi .....	18
5.4.1	Yleiskatsaus .....	18
5.4.2	Laitteisto ja mittaus .....	19
5.5	NDT-mittaukset .....	19
5.6	Ihmisaistein tapahtuva kunnonvalvonta .....	20
6	Ennakkohuolto .....	20
6.1	Tavoitteet .....	20
6.2	Ennakkohuollon ajoitus .....	21
7	Kunnossapidon tietojärjestelmät .....	21
7.1	Yleisesti .....	21
7.2	IBM-Maximo .....	22
8	Ennakkohuoltojen muutostyö .....	22
8.1	Työn rajaaminen .....	22
8.2	Työn tavoitteet .....	22
8.3	Lähtötilanne .....	23
8.4	Seurantatutkimus nykytilasta .....	23
8.4.1	Havainnot tutkimuskierroksilta .....	24
8.4.2	Pääkehityskohteet .....	25
8.5	Ennakkohuolto-ohjelman muutostyö .....	26
8.6	Johtopäätökset .....	27
9	Pohdinta .....	29
	Lähteet .....	30

# 1 Johdanto

Kunnossapito on tärkeä osa teollisen yrityksen toimintaa. Nykypäivänä on pyritty ennakoimaan vikaantumista tekemällä enemmän ehkäisevää kunnossapitoa korjaavan kunnossapidon sijasta. Kunnossapidon ostaminen ulkopuoliselta yritykseltä on tyypillistä ja palvelua tarjoavien yritysten määrä onkin kasvanut. Yritysten lisääntyessä syntyy kilpailua ja se mahdollistaa kunnossapidon jatkuvan kehittymisen. Tietotekniikalla on hyvin suuri merkitys nykypäiväisessä kunnossapitotoiminnassa. Tietojärjestelmien ansiosta työt on helppo ajoittaa tehtäväksi oikeaan aikaan ja sen kautta hallita materiaalivirtoja.

Kunnossapidon merkitys voimalaitoksen toiminnassa on erittäin suuri, koska laiterikko voi aiheuttaa laitoksen alasajon, jolloin sähkön ja kaukolämmön tuotanto seisautuu. Opinnäytetyö tehtiin Fortumin CHP-voimalaitokselle Joensuun liksenvaaralla Maintpartner Oy:n toimeksiantona, joka toimittaa käyttö- ja kunnossapitopalvelut voimalaitokselle. Työssä tehtiin pyrolyysilaitoksen ennakkohuoltojen päivitysehdotus kunnossapidon toiminnan parantamiseksi.

Aluksi tarkoitus oli tehdä ennakkohuoltopäivitys koko pyrolyysilaitokselle, mutta työn laajuus olisi kasvanut liian suureksi, joten laajuus rajattiin koskemaan pyrolyysilaitoksen raaka-ainelinjaston ja säiliöalueen mekaanisten laitteiden ennakkohuoltoja.

## 2 Opinnäytetyön lähtökohdat

### 2.1 Toimeksianto

Työn toimeksianto tuli Maintpartner Oy:ltä, joka toimittaa käyttö- ja kunnossapitopalvelut Joensuun voimalaitokselle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli parantaa pyrolyysilaitoksen ennakkohuoltoja, poistamalla kunnossapidon tietojärjestelmästä turhaksi koetut huollot pois ja pienentää huoltokertojen määrää yhdistämällä niitä, kuitenkin varmistamalla laitteille riittävän kunnossapidon määrä. Työssä tuli tarkastella myös alueen kunnonvalvonnan tilaa ja kuinka sitä voisi mahdollisesti parantaa.

### 2.2 Maintpartner Oy

Maintpartner on vuonna 2006 perustettu kunnossapito- ja käyttöpalveluita tarjoava yritys, joka toimii energia-, kemia- ja metalliteollisuudessa. Asiakkaina toimivat pääasiassa teollisuusyritykset sekä julkinen sektori. Yrityksessä on tällä hetkellä töissä noin 1800 henkilöä, joista 1100 työskentelee Suomessa. Maintpartnerilla on toimintaa myös Virossa, Ruotsissa ja Puolassa. (Maintpartner 2018.)

Tavoitteena on tarjota asiakkaalle laadukasta, asiantuntevaa ja kustannustehokasta palvelua käytettävyyden ja tuottavuuden parantamiseksi. Yrityksen arvoihin kuuluvat vastuulliset ja eettiset toimintamallit, joita ovat asiakaslähtöinen toiminta, luotettavuus ja muutosten toteuttaminen. Toiminta on sertifioitua, ISO 9001 -laatu järjestelmä, ISO 14001 -ympäristöjärjestelmä ja OHRAS 18001 -työturvallisuusjärjestelmä standardien mukaan. (Maintpartner 2018.)

## **3 Joensuun voimalaitos**

### **3.1 Fortum Joensuu**

Fortumin voimalaitos sijaitsee Joensuun liksenvaaralla, jossa laitos otettiin käyttöön vuonna 1986. Kyseessä on CHP-voimalaitos (Combined Heat & Power), joka tuottaa kaukolämpöä ja sähköä yhteistuotantotekniikalla. Energiaa tuotetaan puuhakkeen, jyrshinturpeen sekä biokaasun voimalla. Kaukolämpöteho laitoksella on 182 MW ja sähköteho 52 MW. Kokonaisuuteen kuuluu myös useita kaupunkilaitoksia, jotka auttavat tasaamaan kaukolämmön käyttöhuippuja. (Fortum 2018.)

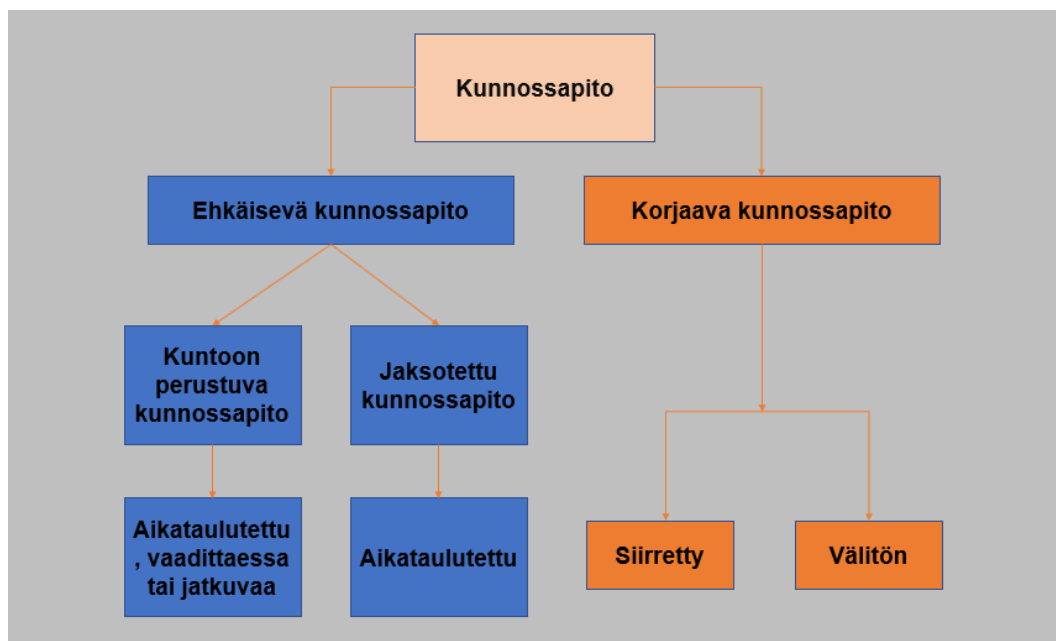
### **3.2 Pyrolyysiöljylaitos**

Vuonna 2013 Joensuun CHP-laitokseen integroitiin pyrolyysitekniikalla toimiva bioöljylaitos, joka käyttää hyödyksi kattilan tuottamaa lämpöenergiaa. Tämä laitos on teollisessa mittakaavassa ensimmäinen koko maailmassa. Bioöljyä valmistetaan nopeapyrolyysitekniikalla, jossa puumassaa kuumennetaan lähes hapettomissa olosuhteissa. Kun puumassa kaasuuntuu, se lauhdutetaan nopeasti ja lopputuloksena muodostuu bioöljyä. Valmistuksessa käytetään puupohjaisia raaka-aineita ja vuosittainen tuotanto on noin 50 000 tonnia bioöljyä, joka vastaa noin 10 000 pientalon lämmitystarvetta. Tulevaisuudessa bioöljyllä on tarkoitus korvata nestemäisiä fossiilisia polttoaineita, joita käytetään prosessiteollisuudessa ja lämpölaitoksissa. (Fortum 2018; Tek 2016.)

## 4 Kunnossapito

### 4.1 Kunnossapidon perusteita

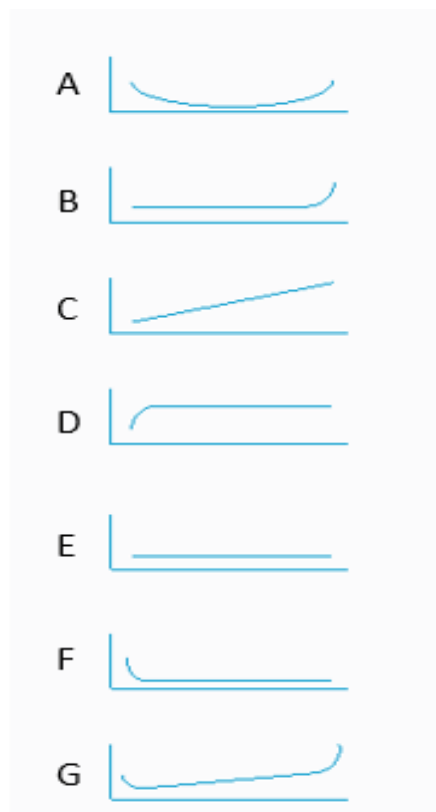
Kunnossapito on käsitteenä hyvin laaja ja sitä tarvitaan monissa arkipäiväisissä asioissa, esimerkiksi kiinteistöjen lämmityksen, veden- ja sähkösaannin varmistamiseen, sekä tuotantolaitoksen koneiden pitämiseen toimintakuntoisina. Kunnossapidon tavoitteena on käyttövarmuuden, kustannustehokkuuden ja työturvallisuuden parantaminen. Kunnossapito on tuotanto-omaisuuden hoitamista ja sen tarkoitus on pitää laitteet siinä kunnossa, että ne pystyvät suorittamaan niille annetun toiminnon. Kunnossapidon toimien avulla pyritään estämään koneiden hajoaminen pitämällä laitteet toimintakuntoisina ja niiden ympäristö puhtaana. Kuvassa 1 on havainnoitu korjaavan ja ehkäisevän kunnossapidon jakautumisesta. (Ansaharju 2009, 298; Järviö & Laine 2017, 16.)



Kuva 1. Kunnossapidon jakautuminen lajeittain (Järviö & Laine 2017, 46.)

## 4.2 Kunnossapidon historiaa

Kunnossapitoa on harjoitettu niin pitkään kuin koneita ja laitteita on ollut olemassa ja käytetty; alussa se oli lähinnä vain esiintyneen vian korjaamista. Kunnossapito on muuttunut pelkästä huoltamisesta tuotanto-omaisuuden hoitamiseksi. Kunnossapidon kehityksessä on havaittavissa neljä eri sukupolvea ja kuvassa 2 on kuvattu niiden erilaiset vikaantumismallit. (Järviö & Laine 2017, 21.)



Kuva 2. Vikaantumismallit. Kuvassa näytetään vikaantumistodennäköisyyttä suhteessa aikaan (Järviö & Laine 2017, 23.)

Ensimmäisen sukupolven aikaan koneet olivat rakenteeltaan yksinkertaisia; tämän seurauksena tavanomaisin vikaantumismalli oli ajasta riippuva vikaantuminen. Laitteiden mitoitus oli epätarkempaa ja ne kestivät pidempiä aikoja ylimitoituksen ansiosta. Laitteiden viat olivat yksinkertaisia, eivätkä huoltotoimet vaatineet asentajilta korkeaa osaamistasoa. Toimiin kuului lähinnä säätöä, puhdistamista ja voitelua. (Järviö & Laine 2017, 21.)

Toinen sukupolvi käynnistyi toisen maailmansodan seurauksena. Aseteollisuuden vaatimat tuotantomäärät pakottivat lisäämään koneisiin automaatiota tuotannon nopeuttamiseksi. Koska kilpailu oli kovaa, huomattiin että yrityksen kannattavuus riippui pitkälti koneiden käytön tehokkuudesta. Koneiden muuttuessa monimutkaisemmiksi tuli myös uusi aikaan perustuva vikaantumismalli, jossa oli koneen alkuajan vikoja, ns. ”lapsentauteja”. Kunnossapidon määrä kasvoi ja laitteille alettiin tehdä ehkäisevää kunnossapitoa määrättyinä ajanjaksoina. Määrän kasvaessa myös kustannukset kasvoivat, joka johti työn parempaan organisointiin ja suunnitteluun. (Järviö & Laine 2017, 22.)

Kolmannen sukupolven käynnistyessä 1970-luvulla koneiden automaatio kasvoi ja niiltä vaadittiin enemmän luotettavuusominaisuuksia. JIT (Just In Time) -toimintamalli yleistyi, kun huomattiin, että tilausta vastaan tuotteiden valmistus on kannattavampaa kuin suurien varastojen ylläpitäminen. Tuotantolaitteiden luotettavuuteen ja tehokkuuteen panostettiin, koska havaittiin, että koneen tehokas käyttö vaati yritykseltä vähemmän pääomaa. Näiden kehitysaskelten myötä tuotteiden toimitusajat lyhenivät suuresti. (Järviö & Laine 2017, 22.)

Neljäs sukupolvi käynnistyi 1990-luvulla, kun IT-teknologia yleistyi. Tuotteiden laatu, edullinen hinta ja toimitusvarmuus ovat vaikuttaneet tuotantolaitteiden tehokkuuden, tasalaatuisuuden ja luotettavuuden tavoitteluun. Työturvallisuus ja ympäristöystävällisyys muuttuivat tärkeäksi asiaksi yritysten toiminnassa. (Järviö & Laine 2017, 22-24.)

Laitteiden automaation ja tietotekniikan kehittyessä kunnossapitäjiltä vaadittiin laajempaa osaamista. Koneiden käynninvalvonta muuttui tehokkaaksi sensoreiden avulla, joka mahdollisti etävalvonnan vaikeasti päästäviin kohteisiin. Kunnossapito ei enää tarkoita pelkkää laitteiden fyysistä korjaamista, vaan vika voi piillä esimerkiksi toimintoja ohjaavassa ohjelmassa. (Järviö & Laine 2017, 23-24.)

### 4.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito on toimenpide, jolla seurataan laitteen toimintakuntoa ja pyritään näin estämään sen toimintakyvyn heikkeneminen tai hajoaminen. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä ja se voidaan toteuttaa jatkuvana tai aikataulutettuna toimenpiteenä laitteen pyörimisen tai seisokkien aikana. Seurannan tuloksien perusteella voidaan suunnitella laitteelle tehtäviä kunnossapitotoimia. (Järviö & Lehtiö 2017, 50.)

Ehkäisevä kunnossapito on määritelty standardeissa:

SFS – EN13306:2010:

*”Ehkäisevän kunnossapidon keinoin toteutettuna määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta tai kohteen toiminnan heikkenemistä.”* (Järviö & Lehtiö 2017, 99.)

PSK 6201:2011:

*”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.”* (Järviö & Lehtiö 2017, 99.)

Ehkäisevän kunnossapidon säännöllisesti tehtäviin toimenpiteisiin kuuluu vikoja aiheuttavien syiden tarkkailu, toimintaympäristön siisteyden ylläpito, öljyhuollon suorittaminen ja alkaneen vian korjaaminen. Ehkäisevä kunnossapito suorittaa myös ennustavaa kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa, jossa erilaisilla mittauksilla pyritään havaitsemaan laitteen kunnon taso. Kunnonvalvonnan avulla voidaan laitteelle tehdä värähtelymittauksia, öljyanalyysejä ja infrapunakuvauksia. Tietynlainen värähtely tai laitteen lämpeneminen voi kertoa alkavasta laakeriviasta ja metallipartikkelit öljyn seassa koneen sisäisestä kulumisesta. (Järviö & Lehtiö 2017, 100.)

#### 4.4 TPM – Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

Lyhenne TPM tulee englannin kielen sanoista Total Productive Maintenance, joka on kokonaisvaltainen näkemys kunnossapidon vaikutuksesta tuotannon toimintaan. TPM on kuitenkin kokonaisuudessaan paljon laajempi käsite, kuin pelkästään kunnossapitoon liittyvänä toimenpiteenä. Määritelmä on, että kaikki työyhteisön osapuolet sitoutuvat organisaatiotasolta lähtien kehittämään, huoltamaan ja ylläpitämään laitoksen tuotanto-omaisuutta. (Laine 2010, 41.)

TPM:n lähtökohtana on luoda koneille mahdollisimman hyvä toimintaympäristö ja ylläpitää sitä. Laatuguru J.M Juranin mukaan koneiden luotettavuuden laskeminen johtuu toimintaolosuhteiden hitaasta muuttumisesta huonompaan suuntaan, jolloin luotettavuuden palauttaminen vaatii olosuhteiden muuttamista takaisin paremmiksi. Alkuperäistä japanilaista TPM-filosofiaa on pitänyt hieman muuttaa, jotta se sopii suomalaiseen ja pohjoismaiseen kulttuuriin. Se ei suoraan sovellu siirrettäväksi maasta ja kulttuurista toiseen ilman eri kulttuureiden erilaisuuden huomioon ottamista. Erilaiset johtamistyyli, kulttuurilliset erot ja ihmisten suhtautuminen vaikuttavat suuresti. Myös siirto yrityksestä toiseen vaatii soveltamista, koska jokainen yritys on omanlaisensa. Siksi tärkeintä onkin oppia TPM-filosofian periaatteet ja näiden ymmärtämisen jälkeen helpottuu yrityskohtaisemman mallin suunnittelu. (Järviö & Lehtiö 2017, 147.)

TPM korostaa kokonaistehokkuutta ja pyrkii taloudellisesti tehokkaaseen toimintaan vähentämällä huolto- ja korjaustoimenpiteitä ehkäisevän kunnossapidon turvin. Kaikki osallistuvat toimintaan osastosta ja asemasta riippumatta, minkä palkintona on tuotannon häiriötön toiminta. Pääperiaate on, että tuotannolle kaikista tärkeimmät koneet ja laitteet pidetään mahdollisimman hyvässä toimintakunnossa. Tähän päästään sillä ehdoin, että laitoksen käyttöhenkilökunta on itse vastuussa toteutuksesta. (Järviö & Lehtiö 2017, 148.)

#### 4.5 RCM – Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

RCM eli Reliability Centered Maintenance on työkalu, jolla voidaan tehdä kunnossapitosuunnitelma koneelle tai sen osalle. Ensinnäkin aloitetaan yhdestä laitteesta ja laajennetaan ajatusta sitten muihin. RCM määriteltiin ensimmäisen kerran 1950-luvulla, mutta varsinainen kehitystyö aloitettiin vasta 1960-luvulla, kun lentokoneisiin alettiin kehittää ennakoivaa kunnossapitoa. Tutkimuksissa huomattiin, että suuntaamalla kunnossapito oikeisiin kohteisiin voidaan kunnossapidon kokonaismäärää vähentää ja samalla kasvattaa laitteen luotettavuutta. (Järviö & Laine 2017, 165-166.)

RCM-mallissa suunnittelu aloitetaan ensin selvittämällä prosessit, joissa kunnossapitoa tarvitaan eniten. Prosessit asetetaan tärkeysjärjestykseen, jonka jälkeen tutkitaan, mitä laitteita on käytössä, millä tavalla ne voivat vikaantua ja millaiset seuraamukset vikaantuminen aiheuttaa. RCM tutkii ensin kaikki prosessit ja niiden pohjalta mietitään kunnossapidon tarve. (Järviö & Laine 2017, 165.)

RCM-metodilla laitteen kriittisyyden arvioinnissa käytetään seitsemää kysymystä:

1. *Mitkä ovat laitteen toiminnot ja suorituskykystandardit sen toimintaympäristössä.*
2. *Mitä tapahtuu, kun laite rikkoontuu.*
3. *Mikä aiheuttaa kunkin laitteen toiminnon puuttumisen.*
4. *Mitä tapahtuu kunkin vikaantumisen yhteydessä.*
5. *Mitä vahinkoja vikaantuminen aiheuttaa.*
6. *Mitä voidaan tehdä vikaantumisen havaitsemiseksi riittävän ajoissa ja sen estämiseksi.*
7. *Mitä tehdään, jos sopivaa ehkäisevää toimenpidettä ei löydy.*

(Järviö & Laine 2017, 168.)

Neljällä ensimmäisellä kysymyksellä selviää, mihin laitteisiin kunnossapitotoimet kannattaa kohdistaa. Viidennellä kysymyksellä valitaan tärkeimmät kohteet ja kahdella viimeisellä valitaan parhaat toimintamallit, joilla voidaan hallita vikaantumisen vaikutuksia. (Järviö & Laine 2017, 168.)

RCM-metodi on monesti koettu kalliiksi ja aikaa vieväksi, koska se ei olela mitään, vaan tutkii kaikki prosessit ja sen osat. Sen takia alkuperäisestä on tehty kevyempi versio SRCM (Streamlined RCM). Siinä voidaan käyttää pohjatietona samanlaisien laitoksien tai prosessien olemassa olevaa dataa. (Järviö & Laine 2017, 166.)

TPM-metodissa panostetaan tiimityöskentelyn tärkeyteen kunnossapidon ja käyttökäytön välillä. RCM pyrkii vain määrittämään kunnossapidon tarpeen ja kohdistamaan sen oikeisiin paikkoihin. Molemmat menetelmät siis täydentävät toisiaan. (Järviö & Laine 2017, 165.)

#### **4.6 Kalenteriaikaan perustuva kunnossapito**

Yksi perinteisimpiä kunnossapidon ajoitusmenetelmiä on säännöllisesti kalenteriaikaan tapahtuva huolto. Siihen perustuva kunnossapito on helppo laatia ja aikatauluttaa. Siinä otetaan huomioon laitteet, joita ei käytetä paljoa eikä laitteiden toteutuneita käyntitunteja huomioida. Jos yrityksellä on käytössä kunnossapidon tietojärjestelmä, ohjelma ilmoittaa, kun koneen huolto on ajankohtainen. (Opetushallitus 1994a.)

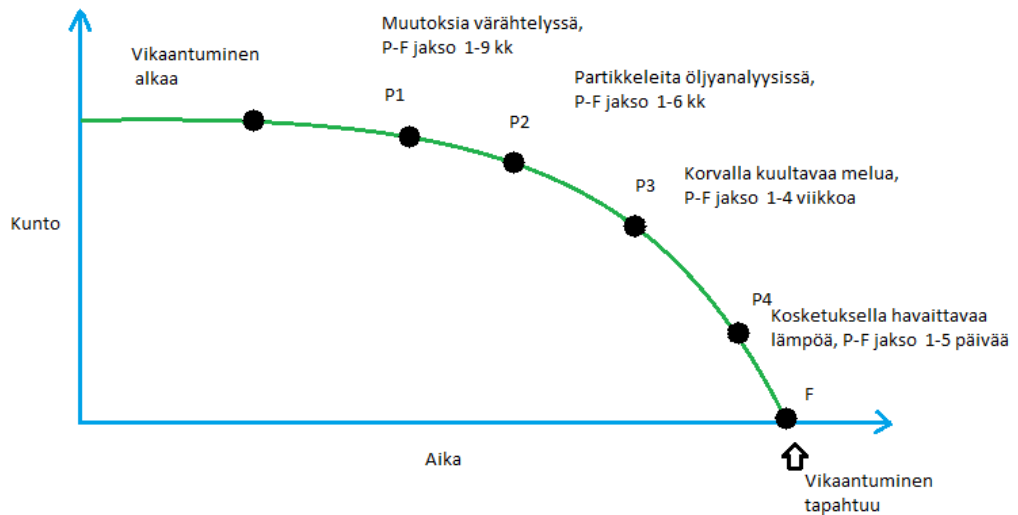
#### **4.7 Käyntimäärään perustuva kunnossapito ja sen mittaaminen**

Koneen käyntimäärään perustuva kunnossapito ottaa huomioon koneen todellisen käytön ja sen huolto ajoitetaan tiettyjen käyntituntien määrän mukaan. Tämä huollonajoitus tapa vaatii järjestelmän, joka mittaa käyttötunnit, jotta huolto voidaan suorittaa oikeaan aikaan. Mittareina voi olla koneen kyljessä oleva käyttötuntimittari, jonka katsominen jää kiertävän huoltomiehen tehtäväksi, tai digitaalijärjestelmä, joka mittaa koneen käyttöä ja ilmoittaa huollon ajankohdasta kunnossapitojärjestelmään. (Opetushallitus 1994a.)

## **5 Kunnonvalvonta**

### **5.1 Perusteet**

Koneita valvotaan menetelmillä, joilla niiden kuntoa voidaan luotettavasti tarkkailla ja seurata vikaantumisen kehitystä. Moubrayn (1997) mukaan vikaantumisessa koneen käyttöiällä on vain vähän merkitystä ja suurin osa laitteiden vikaantumisista tapahtuu satunnaisesti. Vikaantumismekanismeilla tarkoitetaan kunnonvalvonnassa vikaantumiseen johtavaa tapahtumaa, joka voidaan havaita ihmisaisteilla tai mittalaitteilla. Perusolettamus on, että jokainen vikaantuminen on havaittavissa aistein tai mittalaitteilla koneen käyttäytymisen muutoksena. Ennen laitteen lopullista vaurioitumista on ajanjakso, jolla voidaan seurata laitteen vikaantumisen edistymistä ja ennustaa sen lopullinen hajoaminen. (Mikkonen 2009, 140.)



Kuvio 3. P-F-käyrä vierintälaakerin vikaantumisen kulusta (Mikkonen 2009, 141.)

Kuviossa 3 on esitetty, kuinka vikaantuminen alkaa ja milloin se on havaittavissa eri menetelmin (P). Vikaantumisen kulkua voidaan seurata ja näin estää mahdollinen vaurioituminen (F). P-F-jakson pituus vaihtelee eri kunnonvalvonnan menetelmillä ja pistettä voidaan myös siirtää lähemmäs ajankohtaa, jolloin vikaantuminen alkaa. Tähän voidaan vaikuttaa suunnittelussa tehtävillä menetelmillä ja parametrivalinnoilla. (Mikkonen 2009, 140-141.)

## 5.2 Kunnonvalvonnan mittausmenetelmät

Laitteille suoritetaan kunnonvalvontaa säännöllisesti ja pyritään estämään niiden vikaantuminen. Sitä voidaan suorittaa ihmisen aisteilla, suureita mittaamalla tai valvontaan tarkoitetuilla mittalaitteilla. Joissakin laitteissa on omat suojausjärjestelmät, joilla estetään niiden rikkoontuminen liian suuren paineen tai lämpötilan vuoksi. Ne voivat olla erillisiä tai automaatiojärjestelmään kuuluvia, kuten varoventtiilit ja lämpötila-anturit. Erityisesti suuret voimantuottajakoneet vaativat suojausjärjestelmän, koska ne voivat vikaantuessa aiheuttaa vaaratilanteen. Tällaisten laitteiden vikojen korjaaminen on hyvin kallista ja ne aiheuttavat suuria tuotantotappioita. (Mikkonen 2009, 417.)

## 5.3 Värähtelymittaukset

### 5.3.1 Yleiskatsaus

Laitteiden värähtelymittaukset ovat pyörivien laitteiden yleisimmin käytetty kunnonvalvontamenetelmä. Laitteet aiheuttavat pyöriessään tietynlaista värähtelyä ja poikkeamat värähtelyssä voivat kertoa alkavasta laakeriviasta tai muusta viikaantumisesta. Laitteille tehdään kriittisyysanalyysi, jossa tarkastellaan sen tärkeyttä prosessin toiminnan kannalta. Tämän avulla voidaan arvioida vian kehittymisnopeus ja kuinka usein värähtelymittauksia on järkevä suorittaa. (Mikkonen 2009, 223.)

Värähtelymittaukset voidaan jakaa kahteen luokkaan. Ensimmäisen luokan mittaukset soveltuvat yleistärinän mittaamiseen ja vierintälaakereiden kunnonvalvontaan sekä laitteisiin, joissa ei ole useita eri nopeuksilla pyöriviä akseleita. Luokan kaksi mittaukset soveltuvat hyvin vaihteistoille. Mittaukset tehdään yksitai useampikanavaisella spektrianalysointilaitteella, jolla on mahdollista erottaa toisistaan värähtelysignaalien eri osataajuuksia ja niiden suuret. (Opetushallitus 1994a.)

### 5.3.2 Mittalaitteisto

Värähtelyn mittaamista varten täytyy mitattavaan laitteeseen asentaa anturit, jotka välittävät tiedot mittauskoneelle. Anturit kiinnitetään koneen runkoon ruuvaamalla, liimaamalla tai magneetilla. Anturityypit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kiihtyvyyden-, nopeus- ja siirtymäantureihin. Kaikki nämä anturit mittaavat värähtelyä, mutta ne toimivat eri taajuuksialueilla 0-10kHz välillä. (Mikkonen 2009, 234, 245.)

Mittalaitteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kannettaviin mittalaitteisiin, sekä puolikiinteään ja kiinteään mittausjärjestelmään. Kannettavaa mittauslaitetta käytetään kunnonvalvonnan mittauskierroksilla säännöllisesti kierrettäville ja helposti

luokse päästäville kohteille. Tämä on käytössä myös koneille, joiden vikaantumisväli on hidasta mittauksiin nähden. Puolikiinteää mittausta käytetään koneille, joiden luokse ei päästä helposti. Tässä tapauksessa koneeseen asennetaan kiinteät anturit, jotka johdotetaan paikkaan, jossa mittaus voidaan tehdä. Kiinteää mittausjärjestelmää käytetään laitteissa, jotka vaativat jatkuvaa mittausta ja joissa vikaantumisnopeus on suuri sekä tarvittava mittausväli lyhyt. Tällaista mitaustapaa käytetään tuhansia kierroksia minuutissa pyöriville laitteille, jotka vikaantuessaan voivat aiheuttaa vaaran. (Mikkonen 2009, 263.)

## **5.4 Voiteluaineanalyysi**

### **5.4.1 Yleiskatsaus**

Voiteluaineanalyysiä käytetään usein koneiden sisäisten osien kunnonvalvonnassa. Öljyn ominaisuuksien avulla saadaan tietoa koneen sisäisten metalliosien kuluneisuudesta, voitelun tehokkuudesta ja voiteluaineen kunnosta. Kaikkia viikoja öljyanalyysi ei kuitenkaan kerro, mutta lisäämällä sen rinnalle tärinämittaukset ja yhdistämällä mittaustiedot, voidaan saavuttaa erittäin korkea kunnonvalvonnan taso. Koneen ja öljyn kunto sekä öljyn sisältämät epäpuhtaudet ovat yhteydessä toisiinsa ja vaikuttavat koneen kulumiseen. (Mikkonen 2009, 428.)

Öljyanalyysi voidaan tehdä monin eri tavoin, joilla selviää eri asioita koneen tai voiteluöljyn kunnosta. Analysointitapoja ovat mm:

- perusanalyysi, jolla tutkitaan voiteluaineen yleistä kuntoa
- hiukkasanalyysi, jolla tutkitaan pienhiukkasten kokoa ja laatua voiteluaineen joukossa
- kulumametallianalyysi, jolla tutkitaan voiteluöljyn seassa olevien metallihiukkasten määrää ja muutoksia
- vesipitoisuusanalyysi, jolla mitataan voiteluöljyn seassa olevaa veden määrää. (Mikkonen 2009, 429.)

#### 5.4.2 Laitteisto ja mittaus

Öljyanalyysin tekemisessä on oltava huolellinen, koska virheellinen näyte voi johdattaa väärin johtopäätöksiin ja huoltotoimenpiteisiin. Mittauksen teko pyörivästä laitteesta voi olla vaikeaa, jos laitteen suunnittelussa ei ole huomioitu näytteenoton mahdollisuutta. Onnistuneen näytteenoton edellytyksenä ovat puhtaat, asiaan kuuluvat laitteet sekä huolellinen toteutus. (Mikkonen 2009, 438.)

Öljyanalyysin referenssinä toimii edellisen mittauksen tulokset ja tällä välillä toteutuneet käyttötunnit. Jos muutokset öljyssä ovat hyvin suuria, voi ero selittyä analysointivirheellä tai koneen erilaisella käytöllä. Analyysin teossa on otettava huomioon ajonaikaiset öljynlisäykset, käyttöolosuhteiden muutokset sekä tapahtuneet kunnostustoimenpiteet, koska näillä on suuri vaikutus näytteen luotettavuuteen. Kun öljyssä ilmenee merkittäviä muutoksia, tehostetaan näytteenottoa ja seurantaa. (Mikkonen 2009, 438.)

#### 5.5 NDT-mittaukset

Non Destructive Methods, eli NDT-mittaukset, tarkoittavat ainetta rikkomatonta tarkastelumenetelmää. Sitä käytetään kunnonvalvonnan, materiaalien ja tuotannon laadun työkaluna. Ultraääniluotauksen ja röntgenkuvauksen avulla voidaan tarkastella materiaalien ainepaksuuksia ja hitsisaumojen laatua kattilaputkien seinämissä sekä muissa kohteissa ilman fyysisiä kokeita. NDT-menetelmiin kuuluu myös endoskopiatarastukset. Endoskooppi on laite, jolla voidaan katsoa visuaalisesti koneen tai putken sisälle. Se on taipuisa putki, joka voi olla useita kymmeniä metrejä pitkä ja sen päässä on kamera, joka lähettää videokuvaa laitteen toisessa päässä olevalle näytölle. (Mikkonen 2009, 447.)

## 5.6 Ihmisaistein tapahtuva kunnonvalvonta

Yleinen kunnonvalvontamenetelmä on ihmisaisteilla tapahtuvaa havainnointia. Tätä menetelmää on käytetty alkuaikoina ja alkeellisuudestaan huolimatta se on nykypäivänäkin tärkeä osa kunnonvalvontaa. Ihmisaisteilla tehtävä kunnonvalvonta antaa yleiskuvaa koneen tilanteesta, mutta eri henkilöiden tekemät havainnot eivät aina ole vertailukelpoisia. Aisteilla voidaan havaita laitteen muuttunut toiminta, esimerkiksi äänen, lämmön ja värähtelyn muutoksina. (Mikkonen 2009, 418.)

## 6 Ennakkohuolto

### 6.1 Tavoitteet

Ennakkohuollon avulla tavoitellaan parempaa laitteiston käytettävyyttä ja luotettavuutta. Sen osuus nykyisessä kunnossapitotoiminnassa on kasvanut tasaisesti ja tällä hetkellä sen osuus on noin 30-40 % kunnossapidon kokonaismäärästä. Ennakkohuolto on osa koko yrityksen kunnossapitotoimintaa ja sen pitäisi kuulua päivittäiseen toimintaan. Osan huoltotehtävistä voi suorittaa laitoksen käyttöhenkilöstö osana päivittäisiä työtehtäviään. Toimenpiteisiin voi kuulua esimerkiksi koneiden voitelu, rasvaus, säätö ja alkavien vikojen havainnointi. Vaativimmat huoltotyöt suorittaa kunnossapito-osasto. Ennakkohuollon piiriin kuuluu viranomaisten tietyille laitteille ja laitoksille määrittämiä säännöllisesti tapahtuvia tarkastuksia. Näitä ovat hissien, nosto-ovien, turvalaitteiden, paloilmoituslaitteiden ja vahvavirtalaitteiden toimivuuden takaaminen. (Opetushallitus 2013.)

## **6.2 Ennakkohuollon ajoitus**

Huoltoja voidaan tehdä laaditun listan mukaisesti koneen ajomäärään, kausittain kalenteriaikaan tai kunnonvalvonnan tulosten perusteella. Ennakkohuollon ajankohta tulisi määritellä siten, että huolto ei tapahdu liian aikaisin tai liian myöhään. Toteuttaminen voi olla joskus vaativa tehtävä, esimerkiksi prosessille tärkeiden laitteiden osalta, joiden on pyörittävä pitkiäkin aikoja. Tällaiset laitteet voivat vaatia tuotantoseisokin työn suoritusta varten. (Opetushallitus 2013.)

Kaikki tuotantolaitoksen koneet ja laitteet on syytä asettaa tärkeysjärjestykseen, jossa pohditaan, minkä laitteen rikkoontumisesta aiheutuu kaikista suurin haitta ja mitkä ovat tuotannon kannalta kriittisimpiä. Arvioinnissa otetaan huomioon aikaisemmat käyttökokemukset, seurannasta saadut tiedot ja millainen on esimerkiksi koneen varaosien saatavuus. (Opetushallitus 2013.)

## **7 Kunnossapidon tietojärjestelmät**

### **7.1 Yleisesti**

Kunnossapidon tietojärjestelmät ovat tehty kunnossapidon ennakkohuoltojen, materiaalivirtojen ja toiminnanohjaamisen seuraamisen helpottamiseksi. Ohjelmisto on yhteydessä tuotantolaitoksen muiden tietojärjestelmien kanssa ja ohjelmiston käyttäjinä ovat kunnossapito- ja käyttöhenkilökunta. Järjestelmässä käyttöhenkilökunta pystyy tekemään kunnossapidolle työtilauksia havaittujen vikojen korjaamiseksi ja sinne voidaan raportoida tehdyt korjaukset sekä muut huomioitavat asiat. (Opetushallitus 1994b.)

## **7.2 IBM-Maximo**

Fortumilla on käytössä IBM-Maximo-kunnossapidon toimintajärjestelmä, joka sopii hyvin teollisuuden, laitevalmistajien ja toimittajien tarpeisiin. Ohjelma on hyvin muokattavissa toimipaikan tyyliin sopivaksi; se soveltuu sekä suuriin että pieniin yrityksiin. Maximon perustoimintoja ovat laite-, työ- ja materiaalivirtojen hallinta sekä varasto- ja ostotoiminnat. Tarkoituksena on parantaa kunnossapidon suunniteltavuutta, nostaa työn tehokkuutta ja laitteiden käytettävyyttä. (Fortum 2019.)

# **8 Ennakkohuoltojen muutostyö**

## **8.1 Työn rajaaminen**

Opinnäytetyön laajuutta rajattiin, koska koko pyrolyysilaitosta koskevien huoltojen läpikäymiseen olisi mennyt turhan paljon aikaa. Työ rajoitettiin pyrolyysilaitoksen raaka-aine- ja säiliöalueen rasvaus- ja tarkastus-ennakkohuoltoihin, joita järjestelmästä löytyi paljon. Suurin osa pyrolyysilaitoksen laitteista sijoittui juuri näille alueille; siksi niille olikin tärkeää saada aikaan toimivat ennakkohuollot. Näiden alueiden erona on, että säiliöalueella osa laitteista pyörii jatkuvasti ja raaka-ainepuolen laitteet vain öljyntuotannon aikaan.

## **8.2 Työn tavoitteet**

Opinnäytetyö koski pyrolyysilaitoksen ennakkohuoltoja. Työn tarkoituksena oli siistiä kunnossapidon tietojärjestelmästä turhaksi koetut huollot pois ja pienentää huoltokertojen määrää yhdistämällä niitä, kuitenkin varmistamalla laitteille riittävän kunnossapidon määrä. Työssä tuli tarkastella myös alueen kunnonvalvonnan tilaa ja kuinka sitä voisi mahdollisesti parantaa.

Tavoitteena oli saada ennakkohuollot ajan tasalle ja muodostaa toimivimmat huoltoreitit. Huoltoreittien määrä haluttiin mahdollisimman pieneksi yhdistelemällä niitä siten, että kunnossapito saadaan organisoitua paremmin pyrolyysialueelle. Maximossa olevien huoltojen määrää vähentämällä pyrittiin parantamaan työtehokkuutta ennakkohuoltojen osalta, joka helpottaa myös töiden suunnittelua.

### **8.3 Lähtötilanne**

Lähtötilanteessa samalla syklillä tapahtuvia rasvaushuoltoja ja laitteen toiminnan silmämääräisiä tarkastuksia löytyi järjestelmästä useita. Osa huolloista oli luultavasti jäänyt laitoksen käynnistämisen ajalta, kun oli haluttu varmistaa prosessin häiriötön toiminta ja havaita viat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Aivan tyhjästä ei tarvinnut lähteä huoltoreittejä tekemään, koska kaikki tarpeellinen oli jo olemassa kunnossapitojärjestelmässä. Työt tarvitsivat lähinnä uudelleen järjestelyä ja tietojen päivittämistä ajan tasalle.

### **8.4 Seurantatutkimus nykytilasta**

Seurantatutkimuksella tarkoitetaan johonkin tutkimuskohteeseen tietyin väliajoin tehtyä seuranta. Kohteesta kerätään aineistoa erilaisia analyysityökaluja käyttäen. (Tampereen yliopisto 2015.)

Aluksi toteutettiin pyrolyysilaitokselle ennakkohuoltojen nykytilan tarkastelu. Seurantatutkimuksessa suoritettiin kierrokset raaka-ainelinjastolle ja säiliöalueelle, joista kerättiin samalla havaintoja. Ennen tutkimuskierroksia putkitus- ja instrumentointikaavioista selattiin työhön kuuluvat laitteet ja kierroksen aikana tarkastettiin piirrosten paikkansapitävyys. Laitoksella tehtyjen laitemuutoksien takia varmistettiin, ettei PI-kaavioiden ja laitekannan välillä ollut eroavaisuuksia. Tutkimuskierroksilla käytettiin olemassa olevia huoltoreittejä nykytilanteen hahmottamiseksi. Kunnossapidon puolelta sain oppaaksi kokeneen asentajan, joka

yleensä hoitaa tämän alueen rasvauksia. Kierroksen aikana tuotantolaitos oli pysähdyksissä ja sen kiertäminen oli sujuvaa, koska melun puuttuessa keskusteleminen onnistui ongelmitta.

#### 8.4.1 Havainnot tutkimuskierroksilta

Raaka-ainelinjastolla aikaa vierähti useampi tunti, koska laitteita oli paljon ja joidenkin laitteiden löytäminen tuotti vaikeuksia. Kartoitimme laitteet ja kirjasimme, millaisia huoltokohteita niissä oli. Jutellessamme kävi ilmi, että joitakin laitteita ei löydy huoltoreiteiltä sekä niiden huoltaminen oli jäänyt pelkästään asentajan vastuulle.

Tutkimuskierroksella havaitsimme laitteiden olevan yleisesti ottaen huoltoreitillä hyvässä järjestyksessä prosessin kulkuun nähden. Joitakin laitteita ei löydetty minkään huoltoreitin alta tai kunnossapitojärjestelmän tiedoista ja niiden huoltaminen oli jäänyt asentajan vastuulle. Järjestelmästä löytyi monta huoltoreittiä alueelle, joissa suurimmassa osassa ei ollut merkattuna kuin muutama laite.

ROUTE	DESCRIPTION	DESCRIPTION	ASSETNUM
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA30AF001KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA70AF001KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA75AF001KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA80AF004KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA80AF005KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA85AF001KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA85AF002KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA85AF003KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA85AF004KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA85AF005KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA90AF001KF
R35PULJU	Rasvaus, 3kk.	Kuljettimen laakereiden rasvaus	3EPA90AF002KF

Kuva 4. Raaka-ainelinjaston alkuperäinen huoltoreitti, jota käytettiin tutkimuskierroksella.

Säiliöalueella laitekanta oli keskittynyt enimmäkseen pumppuihin ja sähkömoottoreihin, jotka tarvitsevat voiteluhuoltoa säännöllisin väliajoin. Tällä alueella huoltoreittejä oli kymmenkunta.

Huomasimme esimerkiksi, että jälkiasennetuista laitteista puuttuivat tiedot sekä huoltoreiteiltä että kunnossapitojärjestelmästä. Myös useat huoltoreitit olivat vain muutaman laitteen pituisia kokonaisuuksia. Alueella jatkuvasti käyvät laitteet olivat samalla reitillä kuin ne, jotka pyörivät vain öljyntuotannon ollessa käynnissä. Pysähtyneen laitteen rasva ei liiku minnekään, joten liika rasvaaminen rasittaa laitteen tiivisteitä ja ne voivat vaurioitua tämän seurauksena.

#### **8.4.2 Pääkehityskohteet**

Kierrokselta kirjattiin havainnot ylös laitenummun kanssa, jotta tiedetään missä kohteessa kyseinen havainto on tehty. Havainnot tutkittiin kierroksien jälkeen ja mietittiin, mitä kehityskohteita alueelle tulisi tehdä.

Pääkehityskohteet kokonaisuudessaan molempien tutkimuskierrosten jälkeen olivat:

- puuttuvien laitteiden laitekorttien teko kunnossapitojärjestelmään ja lisääminen huoltolistoihin
- asentajan vastuulle perustuneiden laitteiden huoltojen lisäys kunnossapitojärjestelmään
- huoltoreittien määrän pienentäminen
- järkevä suunnittelu laitekokonaisuuksien ja järjestyksen kannalta
- laitteiden riittävän huollon takaaminen ja erittely käyntimäärän mukaan.

## 8.5 Ennakkohuolto-ohjelman muutostyö

Sain melko vapaat kädet tämän työn tekemiselle. Kuulin monenlaisia mielipiteitä, kuinka työ kannattaisi tehdä, mutta otin mielestäni tärkeimmät huomiot ylös ja päätin tehdä työn oman osaamiseni mukaan. Aluksi ennakkohuollot ajettiin Excel-taulukoksi. Listaukseen sisältyivät kaikki pyrolyysialueen ennakkohuollot mukaan luettuna sähkö- ja automaatiohuollot. Ensimmäisenä työnä tuli erotella sivummalle mekaanisen puolen ennakkohuollot, josta seuraavaksi eriteltiin pyrolyysialuetta koskevat huollot.

Tutkimuskierrosten perusteella keskenään samanlaiset ennakkohuollot yhdistettiin yhdeksi reitiksi. Koska alueet olivat laajoja, laitteet aseteltiin sellaiseen järjestykseen, että kävelymatka pysyi mahdollisimman suoraviivaisena. Laitteiden silmämääräiset tarkastusreitit haluttiin pois, koska laitoksen käyttöhenkilöstö omalla toiminnallaan tekee jo silmämääräistä tarkastelua säännöllisesti. Uusissa listoissa tarkastukset liitettiin tehtäväksi rasvaushuoltojen yhteydessä, koska rasvaamisen yhteydessä on helppo tarkistaa myös laitteen yleiskunto.

A	B	J	K	L	M
R35PULL	Rasvauskierros	Hihnakuuljettimen laakereiden ja tiivistepesien rasvaus		3EPA30AF001KF	
	Rasvauskierros	Kiekkoseulan laakereiden rasvaus		3EPD10AT001KF	
R09PULL	Rasvauskierros	Voitelujärjestelmän täyttö tarvittaessa tai varaudu lähestyvään täyttöön.		3EPD10AP001KN	
	Rasvauskierros	Murskaimen laakereiden rasvaus		3EPA60AJ001MG	
R35PULL	Rasvauskierros	Kolakuuljettimen laakereiden, tiivistepesien ja vaihdelaatikon nippojen		3EPA70AF001KF	
R35PULL	Rasvauskierros	Ruuvi kuuljettimen laakereiden rasvaus		3EPA75AF001KF	
	Rasvauskierros	Ruuvi kuuljettimen laakereiden rasvaus		3EPA75AF002KF	
	Rasvauskierros	Ruuvi kuuljettimen laakereiden rasvaus		3EPA75AF003KF	
R09PULL	Rasvauskierros	Voitelujärjestelmän täyttö tarvittaessa tai varaudu lähestyvään täyttöön.		3EPA80AP001KN	
	Rasvauskierros	Syöttöruuvi kuuljettimen laakereiden rasvaus		3EPA77AE001MG	
R35PULL	Rasvauskierros	Syöttöruuvi kuuljettimen laakereiden rasvaus		3EPA77AE002MG	

Kuva 5. Päivitetty rasvaushuoltoreitti.

Kuvassa 5 on osa uudesta ennakkohuoltoreittiluonnoksesta. Vasemmassa reunassa on huoltoreitin tunnus; tyhjä sarake tarkoittaa, että laite ei ole kuulunut mihinkään huoltoreittiin tai se ei ole ollut järjestelmän tiedoissa. Keskellä on tehtävä työ ja oikeassa reunassa on laitetunnus.

Raaka-ainelinjaston laitteille on tulossa käyntimäärämittari, joka mittaa niiden käyntiajan ja tulevaisuudessa huollon ajankohta perustuu laitteiston todelliseen käyttömäärään. Määritellyn tuntimäärän täytyessä järjestelmä ilmoittaa kunnossapitojärjestelmässä huollon tulosta ajankohtaiseksi. Rasvaushuollon väliksi mietittiin noin 340 tunnin välein tapahtuvaa rasvaushuoltoa, joka vastaa päivissä laskettuna kahta viikkoa. Vastaava sykliväli on ollut käytössä voimalaitoksen muillakin osastoilla ja se on havaittu kokemuksen kautta toimivaksi ratkaisuksi. Säiliöalueen huoltojen ajoitus jätettiin kalenteriaikaan perustuvaksi jatkuvasti käyvien laitteiden takia.

Kunnonvalvonnan värähtelymittausreitti oli olemassa kunnossapitojärjestelmässä ja sen tueksi suunniteltiin öljyanalysikierros, jonka avulla tarkkaillaan pumppujen ja vaihteistojen kuntoa. Tulevaisuudessa öljynvaihdot on tarkoitus ajoittaa analyysien tulosten perusteella.

Lopuksi tehtiin kehitysehdotus huoltotöille, jotka muutetaan kunnossapitojärjestelmässä ei-aktiiviseen tilaan. Tällaisilla töillä tarkoitettiin huoltoreittejä, joista oli opinnäytetyössä muodostettu yksi yhtenäinen reitti. Tällä tavalla laitteille ei tulevaisuudessa tule päällekkäisiä huoltoja ja samalla saadaan järjestelmää siistimmäksi.

## **8.6 Johtopäätökset**

Ennakkohuollon määrä on yleisesti ottaen kasvanut ja sen osuus on noin 30 – 40 % kunnossapidon kokonaismäärästä. Tällä haetaan parempaa laitteiston käytettävyyttä ja varmuutta. Reittien suunnitteluun vaikuttivat raaka-aine linjastonlaitteiden tuleva siirtyminen todellisen käyttömäärän mittaukseen, johon suunniteltiin sopiva huoltoväli ajotunneissa. Ennakkohuollon ajoitus oli mietittävä sellaiseksi, että huolto ei tapahdu liian aikaisin tai liian myöhään. Nykyinen kalenteriaikaan perustuva huoltaminen on helppo organisoida, mutta ei oikein sovi satunnaisesti käyville laitteille.

Lisäämällä tärinämittausten rinnalle öljyanalyysin ja yhdistämällä mittaustiedot, voidaan saavuttaa erittäin korkea kunnonvalvonnan taso. CHP-laitoksella on ollut käytössä laitteiden öljyanalyysikierrokset, mutta tätä käytäntöä ei vielä ollut pyrolyysilaitoksella. Kaikista pyrolyysin voiteluhuoltoja tarvitsevista laitteista laadittiin lista ja tulevaisuudessa analyysiä tullaan käyttämään öljynvaihdon ajoittamisessa. Ihmisaistein tehtäviä kunnonvalvontakierroksia ei hylätty täysin, vaan ne liitettiin rasvaushuollon aikana samalla tehtäviksi.

Koska kyseessä on prototyypilaitos, sinne on tehty valmistumisen jälkeen muutostöitä ja joitakin laitteita on asennettu lisää prosessin toimivuuden parantamiseksi. Jälkiasennetut laitteet ovat jääneet päivittämättä järjestelmätietoihin ja tämän seurauksena jotkin laitteet ovat jääneet tietämättömyyden ja järjestelmästä puuttumisen takia vaille huoltoa. Puuttuville laitteille tehtiin laitekortit järjestelmään ja ne lisättiin uusiin huoltolistoihin, jonka seurauksena kaikki laitteet ovat tällä hetkellä kunnossapitojärjestelmän tietokannassa. Uudet huoltolistat nimettiin selkeiksi, jotta otsikko kertoo suoraan mihin ennakkohuolto liittyy.

Kokonaisuudessaan huollot saatiin mahdutettua neljään huoltoreittiin entisen 22 kappaleen sijasta. Säiliöalueelle sekä raaka-ainelinjastolle tehtiin kahden viikon ja 6-12 kuukauden syklillä tapahtuvat huoltoreitit laitteiden voitelutarpeen mukaan. Laitteiden silmämääräiset tarkastukset poistettiin ja liitettiin tehtäväksi muiden huoltojen yhteydessä. Kunnonvalvontaa varten tehtiin öljyanalyysilista, jonka mukaan öljynvaihdot on tulevaisuudessa tarkoitus ajoittaa. Tehdyt huoltolistat päätettiin ottaa tarkastelun jälkeen suoraan kunnossapidon käyttöön ja ne lisättiin aktiiviseen tilaan Maximoon.

Kunnossapitojärjestelmä siistiytyi työni tuloksesta jonkin verran, mutta vuosien aikana huoltoja on kertynyt paljon. Vaatii vielä paljon työtä tulevaisuudessa, että kunnossapitojärjestelmästä saadaan kokonaisuutena täysin toimiva ja huollot optimoitua ajan tasalle. Tällä hetkellä värähtelymittauksia suorittaa ulkopuolinen

mittaaja, joten tulevaisuuden kehityskohteina voisi olla paremman värähtelymittalaitteen hankkiminen laitokselle, jotta mittausten tekeminen luonnistuisi oman henkilökunnan voimin.

## 9 Pohdinta

Työn tavoitteena oli parantaa pyrolyysilaitoksen nykyisiä ennakkohuoltoja ja kunnonvalvontaa toimivammaksi kokonaisuudeksi. Nykyistä huoltotoimintaa ei oltu koettu kaikista toimivammaksi ja se vaati järjestelytoimenpiteitä. Työn tavoitteisiin päästiin mielestäni oikein hyvin, koska kunnossapitojärjestelmän huoltoreittien määrää saatiin pienennettyä. Uudet huoltoreitit hyväksyttiin ja kevään 2019 aikana niitä tullaan jo käyttämään käytännössä. Kaikki puuttuvat laitteet saatiin korjotettua ja liitettyä tietokantaan; nyt minkään laitteen ei pitäisi jäädä ilman huoltoa.

Opinnäytetyön tekeminen oli kokonaisuutena mielenkiintoinen projekti, jossa oppi pidempiaikaisen projektin suunnittelua, hallintaa ja toteutusta. Aloitus vaati paljon paneutumista ennakkohuoltojen nykytilaan, laitteisiin ja huoltoväleihin. Koska työkokemusta kunnossapidon asennustöistä oli pohjalla, oli mielenkiintoista päästä omalta osalta suunnittelemaan ja parantamaan kunnossapidon toimintaa. Aikaisemmasta työkokemuksestani asennustöiden parissa oli paljon hyötyä, koska käytännön tasolla tiesin mitä olin tekemässä. Samalla tuli hyvää kokemusta Maximo-kunnossapito-ohjelman käytöstä, jolla pääsin tekemään uusia ennakkohuoltoreittejä sekä laitekortteja. Tulevaisuuden kannalta vastaavanlaisissa työtehtävissä ohjelman käyttökokemuksesta on suuri hyöty, koska useat kunnossapitojärjestelmät toimivat lähes samalla periaatteella. Työn tekoa helpotti tuttu työporukka, jolta sain aina pyydettyä apua tekemiseen.

## Lähteet

Ansaharju, T. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY oppimateriaalit Oy.

Järviö, J & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: Promaint ry.

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

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

Fortum Oyj. 2018a. Joensuun CHP -voimalaitos.

<https://www.fortum.fi/tietoameista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/joensuun-chp-laitos>. 30.11.2018.

Fortum Oyj. 2018b. Otso Bioöljy.

<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/palvelut-voimalaitoksille/fortum-otso-biooljy>. 1.12.2018.

Fortum Oyj. 2019. IBM Maximo.

<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/palvelut-voimalaitoksille/enext-palvelut-lampovoimalaitoksille/tietojarjestelmapalvelut/maximo>. 5.2.2019.

Maintpartner Oy. 2018. Yritys.

<https://www.maintpartner.com/index.php/fi/maintpartner-suomi>. 22.10.2018.

Opetushallitus. 1994a. Kunnossapidon toiminnot ennen vian ilmenemistä.

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_2-3\\_kunnossapidon\\_toiminnot\\_ennen\\_vian\\_ilmenemista.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-3_kunnossapidon_toiminnot_ennen_vian_ilmenemista.html). 19.12.2018.

Opetushallitus. 1994b. Yleistä kunnossapidon tietojärjestelmistä.

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_4-1\\_yleista\\_kunnossapidon\\_tietojarjestelmista.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_4-1_yleista_kunnossapidon_tietojarjestelmista.html). 19.12.2018.

Opetushallitus. 2013. Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito.

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/ennakko-huolto.html>. 15.11.2018.

Tampereen yliopisto. 2015. Laadullinen pitkittäistutkimus.

<http://www.uta.fi/tutkijakoulu/metodifestivaali/2015/ohjelma/keski-viikko19082015/seurantatutkimus.html>. 19.2.2019.

Tek-verkkolehti. 2016. Pyrolyysiöljy.

<https://lehti.tek.fi/tekniikka/nuori-di-tutkimusmatkalla-voimalaitok- sessa-puuhake-raskaan-polttoöljyn-korvaajaksi>. 1.12.2018.

