

Opinnäytetyö AMK

Energia- ja ympäristötekniikka

2018

Elsi Yrjänä

# LÄMPÖKESKUKSEN HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO- SUUNNITELMA

– Liedon Lämpö Oy

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Energia- ja ympäristötekniikka

2018 | 42, 1 liite

Elsi Yrjänä

# LÄMPÖKESKUKSEN HUOLTO- JA KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

- Liedon Lämpö Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia huolto- ja kunnossapitosuunnitelma Liedon Lämpö Oy:n lämpökeskukselle. Liedon Lämpö Oy:llä ei ole aikaisemmin ollut käytössään kunnossapitosuunnitelmaa, joten sille oli tarvetta.

Huolto- ja kunnossapitosuunnitelma tehtiin tutustumalla laitetoimittajien toimittamiin käyttöohjeisiin. Lisäksi huolto-ohjeita löytyi laitevalmistajien kotisivuilta. Lisäksi opinnäytetyössä tehtiin kirjallisuuskatsaus kunnossapitolajeihin ja -strategioihin. Huolto- ja kunnossapitosuunnitelmaan otettiin mekaaniset laitteet, joten ne myös esitellään opinnäytetyössä.

Työn lopputuloksena saatiin Excel-taulukko-ohjelmaan tehty huolto- ja kunnossapitosuunnitelma, joka sisältää mekaanista huoltoa ja voiteluhuoltoa. Huolto- ja kunnossapitosuunnitelman avulla mekaaninen huolto ja voiteluhuolto pysyy säännöllisenä ja jaksotettuna.

ASIASANAT:

KUNNOSSAPITO, ENNAKKOHUOLTO, KAUKOLÄMPÖ, LÄMPÖKESKUS

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Technology

2018 | 42, 1 appendix

Elsi Yrjänä

# SERVICE AND MAINTENANCE PROGRAM FOR A DISTRICT HEATING PLANT

- Liedon Lämpö Ltd

The subject of this thesis was to create a service and maintenance program for Liedon Lämpö Ltd heating plant. There was a demand for such a program because until this thesis there was no service and maintenance program in use at Liedon Lämpö Ltd. Information was gathered from the manuals of the machine manufacturers. A lot of information was found from the Internet from the homepages of machine manufactures.

The thesis contains a literature review to maintenance types and strategies. The thesis also introduces mechanical devices because they have the greatest role in the service and maintenance program.

As a result a service and maintenance program including mechanical and lubrication maintenance was made in an Excel spreadsheet.

KEYWORDS:

MAINTENANCE, PREVENTIVE MAINTENANCE, DISTRICT HEATING, DISTRICT HEATING PLANT

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 LIEDON LÄMPÖ OY</b>	<b>9</b>
<b>3 KUNNOSSAPITO</b>	<b>10</b>
3.1 Tuotanto-omaisuuden hoitaminen	12
3.1.1 Korjaava kunnossapito	13
3.1.2 Huolto	13
3.1.3 Ehkäisevä kunnossapito	14
3.1.4 Parantava kunnossapito	15
3.1.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	15
3.2 Kunnonvalvonnan menetelmiä	16
3.2.1 Lämpökamera	16
3.2.2 Värähtelymittaukset	17
3.2.3 Paksuusmittaus	19
<b>4 KUNNOSSAPITOSTRATEGIAT</b>	<b>20</b>
4.1 Lean Six Sigma	20
4.2 TPM	21
4.3 RCM/SRCM	22
4.4 Tuotanto-omaisuuden hallinta	23
4.5 Kustannukset ja kannattavuus	23
4.6 Vika ja vikaantuminen	24
<b>5 KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA</b>	<b>25</b>
5.1 Toteuttaminen	25
5.2 Taatilan laitoksen kunnossapidon tavoitteet	25
5.3 Käytönaikainen kunnossapito	25
5.4 Seisokkiaikainen kunnossapito	26
5.5 Mekaaniset laitteet	27
5.5.1 Kattila ja arinat	27
5.5.2 Pohjatuhkakola	28
5.5.3 Tuhkakuljetin	29

5.5.4 Hydraulikkajärjestelmä	29
5.5.5 Tankopurkaimet	30
5.5.6 Kolakuljettimet ja kiekoseula	30
5.5.7 Stoker-ruuvi	31
5.5.8 Pumput	32
5.5.9 Sivuvirtasuodatin	33
5.5.10 Taajuusmuuttajat	34
5.5.11 Puhaltimet	34
5.5.12 Varoventtiilit	37
5.5.13 Multisykloni	38
5.5.14 Kiehuntasuojat	38
5.5.15 Savukaasupesuri	38
5.5.16 Varavoimakone	39
5.5.17 Yleinen järjestys	39
<b>6 LOPUKSI</b>	<b>41</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>42</b>

## LIITTEET

Liite 1. Huolto- ja kunnossapitosuunnitelma

## KUVAT

Kuva 1. Jousi-massasysteemin pisteen a värähtelyn esittäminen aikatasossa (ABB 2000-07).	17
Kuva 2. Jousi-massasysteemin pisteen a siirtymä, värähtelyn nopeus ja -kiihtyvyys (ABB 2000-07).	18
Kuva 3. Arinaraudat	27
Kuva 4. Vuosihuollon aikana vaihdettuja arinalaakereita	28
Kuva 5. Arinahydraulikkakoneikko	29
Kuva 6. Kolakuljetin	30
Kuva 7. Ylempänä toinen kolakuljetin ja alempana kiekoseula	31
Kuva 8. Stoker-ruuvien vaihdemoottori	32
Kuva 9. Sivuvirtasuodatin	33
Kuva 10. Vasemmalla kaksi Vacon-taajuusmuuttajaa ja oikealla ABB-taajuusmuuttaja	34

Kuva 11. Primääri- ja sekundääripuhaltimet	35
Kuva 12. Savukaasupuhaltimen moottori ja kiilahihna	35
Kuva 13. Savukaasupuhaltimen siipipyörä	36
Kuva 14. Voiteluvälikäyrästä (DCS).	36
Kuva 15. Jousikuormitteiset varoventtiilit	37

## KUVIOT

Kuvio 1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010 mukaan (Järviö & Lehtiö 2017, 46).	10
Kuvio 2 Kunnossapitolajit standardin PSK 7501:2010 mukaan	11
Kuvio 3 Kunnossapidon tekemistapa teollisuudessa (Kunnossapitoyhdistys 05).	13

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

KNL	tuotannon kokonaistehokkuus
KPA	kiinteä polttoaine
MW	megawatti
MWh	megawattitunti
NDT	Non Destructive Methods (ainetta rikkomattomat menetelmät)
OEE	overall equipments effectiveness (laitteen kokonaistehokkuus)
PSK	PSK Standardisointi RCM reliability centered maintenance (luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
RTF	run to failure (käytetään kunnes kone vikaantuu)
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
SRCM	streamlined reliability centered maintenance (kevennetty versio luotettavuuskeskeisestä kunnossapidosta)
TPM	total productive maintenance (tuottava kunnossapito)
TQM	total quality management (kokonaisvaltainen laadunhallinta)

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kunnossapito-ohjelma Liedon Lämpö Oy:n Taatilassa sijaitsevan 9 MW kiinteän polttoaineen kattilalaitokselle. Opinnäytetyön on tilannut Liedon Lämpö Oy. Pääpaino kunnossapito-ohjelmassa on ennakoivassa huollossa, joka takaa mahdollisimman keskeytymättömän toiminnan lämmityskaudella.

Ennakkohuolto on laitoksen toiminnan kannalta tärkeää. Huoltamalla koneita säästytään ennakoimattomilta toimintahäiriöiltä ja laitos voi olla toiminnassa koko ajan pois lukien seisokkiajat. Yllättävät laiterikot ja laitoksen alasajot eivät näin ollen pääse tapahtumaan kunnollisen ennakkohuollon ansiosta.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia listamuotoinen kunnossapito- ja huolto-ohjelma käytönaikaiselle ja vuosihuollon aikana suoritettavalle kunnossapidolle. Tässä työssä käydään läpi kunnossapitotoimintatapoja sekä ne mekaaniset laitteet, joiden toiminta on tärkeää laitoksen keskeytymättömän toiminnan kannalta.

Taatilan lämpölaitoksella ei ole aikaisemmin ollut kunnossapito- ja huolto-ohjelmaa. Kunnossapito-ohjelmalle on tarvetta lämpölaitoksella, sillä huolto- ja kunnossapitotyöt on tehty miesmuistin varassa eikä kaikkien laitteiden huoltoajankohdista ole tietoa.

Lähdeaineistona on Sermet Oy:n toimittama loppudokumentaatio kattilalaitoksesta, laitteiden ohjekirjat, kirjalliset materiaalit kunnossapidosta sekä internetistä löytyvä tieto.



## 2 LIEDON LÄMPÖ OY

Liedon Lämpö Oy on Liedon kunnan alueella toimiva kaukolämpöyhtiö, joka työllistää täysipäiväisesti 2 henkilöä. Yhtiö on perustettu vuonna 1977, ja sen kaukolämpöverkoston pituus on noin 20 km. Asiakkaita lämpölaitoksella oli kesällä vuonna 2017 noin 130. Suurin osa asiakkaista on kunnan kiinteistöjä, taloyhtiöitä ja yritys kiinteistöjä, mutta vuoden 2016 syksyn aikana verkkoon on liitetty ensimmäisiä pientaloasiakkaita. (Liedon Lämpö 2017.)

Yhtiö tuottaa lämpöä kolmella eri laitoksella. Taatilassa on 9 MW kiinteän polttoaineen kattila sekä vara- ja huippulaitoksena 12MW kevytöljylaitos sekä hätävarana 9 MW kevytöljylaitos. Lisäksi varalaitoksena on Piispalan laitos keskustassa. Avantin alueella on kaksi biokattilaa, joissa lämpöä tuottaa Liedon Lämmön yhteistyökumppani Adven Oy. Liedon Lämmöllä on Avantissa varalämpölaitoksena 3 MW kevytöljylämpökeskus. Lisäksi Ilmarisen alueella on kevytöljykontti, joka tuottaa lämpöä alueen kouluille ja päiväkodeille. (Liedon Lämpö 2017.)

### 3 KUNNOSSAPITO

#### Kunnossapidon määritelmä

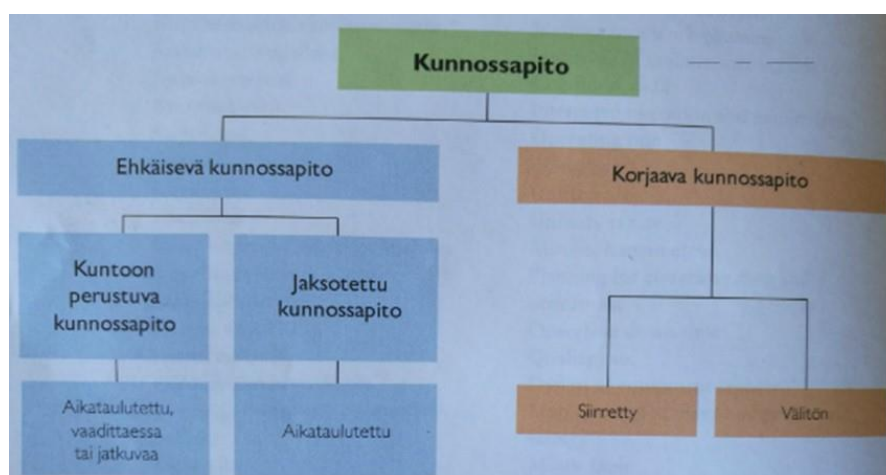
SFS-EN 13306 standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

*Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohtollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. (SFS-EN 13306.)*

Suomessa toimiva PSK Standardisointiyhdistys määrittelee kunnossapidon vastaavasti:

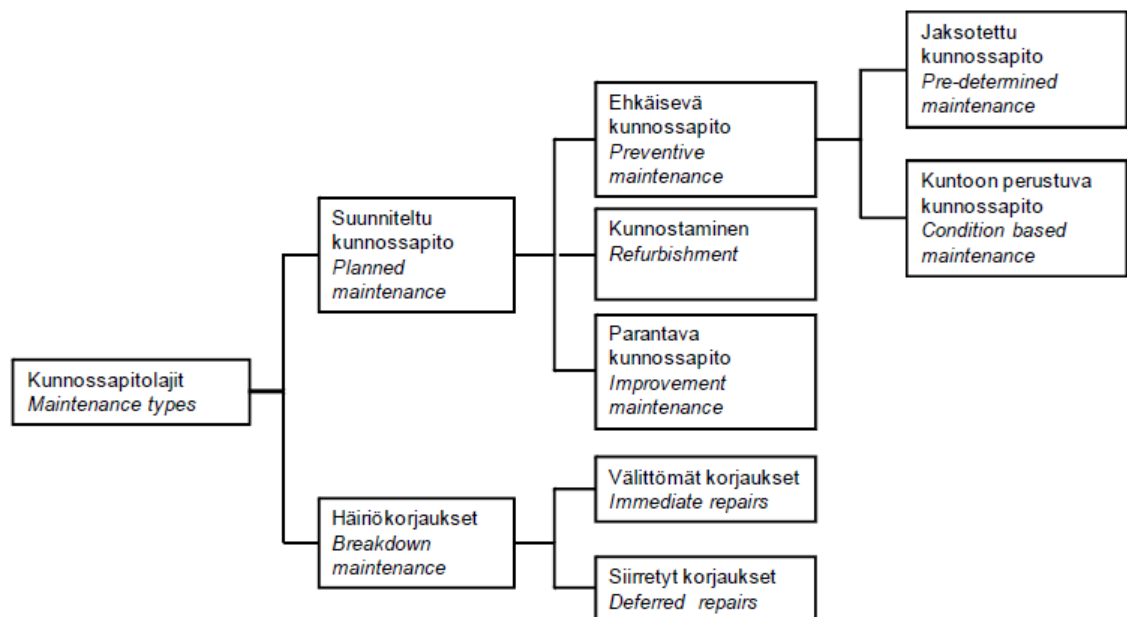
*Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. (PSK 6201:2011.)*

Kunnossapito voidaan jakaa standardin SFS-EN 13306:2010 mukaan kahteen eri luokkaan, ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon (kuviot 1). Korjaava kunnossapito on joko siirrettyä tai välitöntä, ja sen tavoitteena on palauttaa laitteisto takaisin toimintakuntoon. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät jaksotettu kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito. Ehkäisevä kunnossapito tarkoittaa toimenpiteitä, jotka tehdään tarkoituksellisesti etukäteen, jottei laite rikkoontuisi (Ansaharju 2009, 299).



Kuvio 1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010 mukaan (Järviö & Lehtiö 2017, 46).

PSK puolestaan tekee kunnossapitolajien jaon standardissaan PSK 6201:2011 hieman eri näkökulmasta. Standardissa jako perustuu siihen, ovatko lajit suunniteltuja vai aiheuttavatko ne toimintahäiriön. Standardien jako on esitelty kuviossa 2. Jaot ovat yhtenäiset proaktiivisen ja reagoivan osalta, mutta PSK:n mukaan ehkäisevä kunnossapito on suunnitellun kunnossapidon alalaji kunnostamisen ja parantavan kunnossapidon lisäksi. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu lisäksi jaksotettu sekä kuntoon perustuva kunnossapito, jotka ovat samat kuin SFS-EN 13306:2010 standardissa. (Järviö & Lehtiö 2017, 46 – 47.)



Kuvio 2 Kunnossapitolajit standardin PSK 7501:2010 mukaan

Kunnossapidon tavoitteena on hoitaa tuotanto-omaisuutta ja pitää jatkuvaa toimintaa yllä. Tarkoituksena on varmistaa kaikkien komponenttien ja laitteiden paras mahdollinen toiminta. Kunnossapidossa reagoidaan laitteisiin tullessiin vikoihin ja häiriöihin sekä ennakkoisesti että häiriöiden tullessa. Laitteiden viat joko korjataan heti tai saatetaan tiilaan, etteivät viat pääse vaikuttamaan tuotantoon. Stabiloinnin ansiosta viat voidaan korjata seisokin aikana.

### 3.1 Tuotanto-omaisuuden hoitaminen

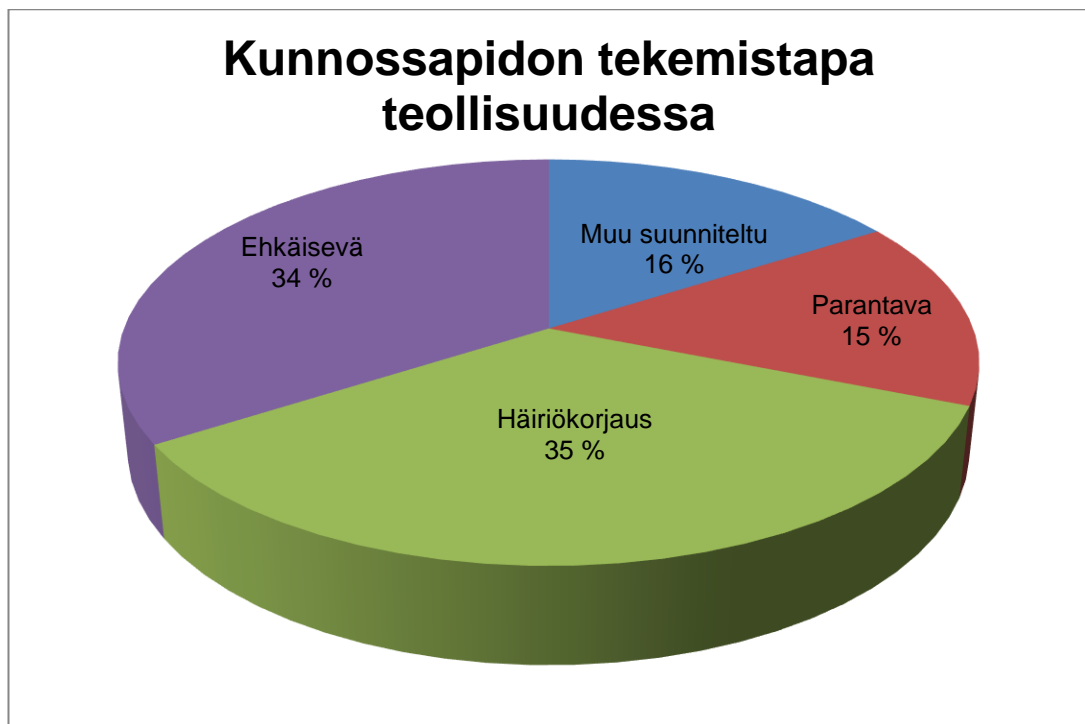
Kunnossapitotoiminta voidaan jakaa viiteen eri päälajiin, jotka ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. Ehkäisevään kunnossapitotoimintaan (PM, preventive maintenance) sisältyy jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva sekä ennustava kunnossapito. Korjaavaan kunnossapitotoimintaan sisältyvät puolestaan kunnostaminen ja korjaaminen. Kunnossapitotoimintojen jakaminen viiteen eri lajiin ryhmittää kunnossapidon kokonaisuudeksi, jonka avulla vastaavasti hallitaan laitoksen kunnossapitoa. (Järviö & Lehtiö 2017, 49.)

Jaksotetun huollon avulla pidetään koneiden toimintaympäristö ja -edellytykset mahdollisimman hyvänä. Ehkäisevällä kunnossapidolla puolestaan pyritään hallitsemaan vikaantumista tai estämään niitä. Tämä kunnossapito koostuu joukosta tekniikoita, joiden avulla etsitään oireilevia vikoja. Hallinnassa pyritään etsimään vikoja, jotka eivät vielä ole pysäyttäneet konetta. Vikaantumisen estämisellä puolestaan tarkoitetaan sitä, että komponentti vaihdetaan uuteen määrätyn väliajoin. Vikaantumisen hallitsemisen ja estämisen toimenpiteet voivat olla jaksotettuja, jatkuvasti suoritettavia tai toimenpiteet tehdään tarvittaessa. Korjaavaan kunnossapitotoimintaan sisältyvät korjaaminen ja kunnostaminen; korjaaminen on suunnittelematonta ja kunnostaminen on suunniteltua. *Korjaavan kunnossapidon menetelmin korjataan (kunnostetaan) havaitut viat (Järviö ym., Kunnossapito 2007, 49).* Koneiden käytettävyyttä ja luotettavuutta parannetaan parantavan kunnossapidon menetelmin. Lisäksi kunnossapidollisesti epäedullisia kohteita muutetaan paremmiksi. Tuotantoprosessiin epäsuotuisasti vaikuttavia tekijöitä paikannetaan vikojen ja vikaantumisen selvittämisen menetelmillä. (Järviö & Lehtiö 2017, 49.)

Korjauksella poistetaan koneeseen tai laitteeseen tullut vika, joka estää kohteen koko toiminnan tai vain osan siitä. Ennakkohuollolla pyritään vähentämään vikaantumista. Vika voi ilmetä esimerkiksi koneen pysähtymisenä, käynnin heikentymisenä, ylimääräisinä ääнинä, kuumenemisenä tai vuotona (Ansaharju 2009, 307). Laitteista löytyneet korjatut viat on tärkeä kirjata ylös, jotta voidaan kehittää tarpeellista ennakkohuoltoa.

### 3.1.1 Korjaava kunnossapito

Kuten edellä jo mainittiin, niin korjaavalla kunnossapidolla korjataan havaitut viat, ja komponentti palautetaan toimintakuntoon. Kunnostus on suunniteltua korjaavaa kunnossapitoa, kun taas puolestaan häiriökorjaukset ovat suunnittelematonta kunnossapitoa. Kunnossapidon kustannusten jakautumisesta nähdään, että häiriökorjauksien kustannukset teollisuudessa ovat 35 % (kuvio 3). (Järviö ym. 2007, 49.)



Kuvio 3 Kunnossapidon tekemistapa teollisuudessa (Kunnossapitoyhdistys 05).

### 3.1.2 Huolto

Huolto on enimmäkseen jaksotettua. Jaksotetulla huollolla pyritään ylläpitämään kohteen käyttöominaisuuksia sekä estää vian tai vaurion syntymistä. Jaksotettu huoltoajan kohta on kohteilla eri, sillä välit määräytyvät kunkin kohteen käyttöajan tai -määrän mukaan sekä kohteen rasittavuuden mukaan. Mitä rasittavammassa käytössä kohde on, sitä useammin kohteelle on suoritettava huoltoa. Huoltoon kuuluvat puhdistus, voitelu ja lisäksi kuluvien osien vaihtaminen. Huolto ja ehkäisevä kunnossapito ovat osittain päällekkäisiä tehtävien kannalta. (Järviö, 2017, 49.)

### 3.1.3 Ehkäisevä kunnossapito

SFS-EN 13306:2010 määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti:

*Määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta tai kohteen toiminnan heikkenemistä.*

PSK 6201:2011 määrittelee hieman tarkemmin ehkäisevän kunnossapidon:

*Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.*

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan siis kohteen toimintakyvyn ylläpitämistä ja vikaantumisen vähentämistä. Toimintakykyä ylläpitämistä ja vikaantumisen estämistä suoritetaan seuraamalla kohteen suorituskykyä ja parametreja. Vikaantumisen estämisellä voidaan tarkoittaa esimerkiksi kohteen rasvauksen suorittamista tai koneen toimintaympäristön pitämistä siistinä. Ehkäisevä kunnossapito sisältää jaksotettua kunnostamista, kunnonvalvontaa, kuntoon perustuvaa kunnossapitoa sekä ennustavaa kunnossapitoa (Järviö & Lehtiö 2017, 49).

Ehkäisevän kunnossapidon on ajateltu koostuvan neljästä eri elementistä; toimintaolosuhteiden vaalimisesta, tarkastuksista, suunnitellusta korjaamisesta ja modernisoinnista. Ehkäisevä kunnossapito on pääsääntöisesti suunniteltua säännöllistä toimintaa. Ehkäisevä kunnossapito ei sisällä parantavaa kunnossapitoa eikä vikojen analysointia, sillä näiltä toimenpiteiltä puuttuu jatkuvuus. Parantava kunnossapito ja vikojen analysointi on kertaluontoista, eikä niitä tule suorittaa jatkuvasti. Ehkäisevä kunnossapito käsittää sisälleen ennustavan kunnossapidon, sillä siinä pyritään selvittämään koneen kuntoa erilaisin menetelmin. (Järviö & Lehtiö 2017, 100.)

Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan, kun koneilta vaaditaan luotettavaa toimintaa. Tällöin ei prosessia häiritseviä häiriöitä saa syntyä ja prosessin luotettavuus voidaan asettaa tasoon täysin varma. Luotettavuustason määrittäminen korkeimmalle tasolle voi olla normaalissa teollisuudessa liian kallista, joten silloin on syytä laskea tasoa matalammalle. Kuitenkin ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, kun kustannukset kunnossapidosta ovat pienemmät kuin sen puutteen aiheuttamat menetykset. Tämän ehdon mukaan voidaan myös määrittää, kuinka paljon on järkevää tehdä ehkäisevää kunnossapitoa. Ehkäisevää kunnossapitoa tulisi myös suorittaa siinä tapauksessa, jos kohteelle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. On myös olemassa kohteita, joille ei

ole olemassa tehokasta ja hyvää ennakkohuoltomenetelmää. Silloin nämä kohteet voivat kuulua RTF:n (Run To Failure) piiriin, mikä tarkoittaa, että kohteelle ei suoriteta ehkäisevää kunnossapitoa vaan se vaihdetaan kohteen rikkoontuessa. RCM-menetelmän tunnetuksi tehnyt englantilainen John Moubray mukaan 40 – 70 % ehkäisevää kunnossapitoa tehdään turhaan. Kunnossapitoa suoritetaan liian usein ja liian paljon, mistä johtuen laitteet voivat rikkoontua helpommin. (Järviö & Lehtiö 2017, 101, 171. Järviö ym. 2007, 48.)

Ehkäisevä kunnossapito on ennakkohuollon tavoin usein jaksotettu etukäteen. Jaksotetut huollot tehdään suunnitelmallisesti päivittäin, kerran viikossa, kerran kuukaudessa, tiettyjen käyttötuntien tai käyttökertojen jälkeen (Ansaharju 2009, 307).

#### 3.1.4 Parantava kunnossapito

Parantavalla kunnossapidolla tarkoitetaan sitä, että kohdetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja, mutta kohteen suorituskykyä ei muuteta. Parantava kunnossapito voi myös olla uudelleensuunnittelua ja korjauksia, joilla parannetaan kohteen epäluotettavuutta. Kohteen suorituskykyä ei muuteta, vain sen toimintaa muutetaan luotettavammaksi. Lisäksi parantavaksi kunnossapidoksi luetaan modernisaatiot. Modernisaatioiden avulla kohteen suorituskykyä muutetaan paremmaksi. (Ansaharju 2009, 308 – 309. Järviö ym. 2007, 51.)

#### 3.1.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vaikka kyseistä osa-aluetta ei varsinaisesti ole katsottu kunnossapitoon kuuluvaksi, niin asiantuntijoiden mielestä vikaistorioiden ja riskianalyyysien käyttö muodostuvat erääksi tärkeimmäksi kunnossapitoa ohjaavaksi voimaksi. Vikojen ja vikaantumisen selvittämällä selvitetään vian perussyö sekä vikaantumisprosessi (Järviö ym. 2007, 51 – 52).

Selvittämällä vian perussyö sekä vikamuoto, päästään tulosten perusteella suorittamaan ehkäiseviä toimenpiteitä. Jokaisesta rikkoontumisesta ei kannata tehdä erikoisosaamista vaativaa analyysiä. Tavanomaisia menetelmiä vikojen ja vikaantumisen selvittämiseksi ovat

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen, simulointi

- mallintaminen
- juurisyyn selvittäminen
- materiaalien- ja suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset/riskinhallinta (Järviö & Lehtiö 2017, 52).

### 3.2 Kunnonvalvonnan menetelmiä

Erilaiset mittaukset ovat olennainen osa kunnossapitoa. Niiden avulla pystytään selvittämään laitteen tila ilman sen toiminnan häiritsemistä.

Mittaukset tehdään yleensä reittimittauksina, jotta mittauksen suorittaminen ja niiden tulosten analysointi voitaisiin suorittaa samana päivänä. Mikäli aikaisempia mittaustuloksia ei ole, voidaan niitä verrata muiden vastaavien laitteiden tuloksiin ja alan standardeihin. Jos mittaustuloksissa ei esiinny poikkeamaa sallituista rajoista, ei jatkotoimenpiteitä tarvita. Poikkeaman löydyttyä on tehtävä tarkistusmittaus mittausrvirheen poissulkemiseksi. Jos mittaustuloksista saatu poikkeama on todellinen, pitää mittaustoimintaa tehostaa väliaikaisesti vian kehittymisen seuraamiseksi. (Mikkonen 2009, 169.)

NDT-menetelmiksi kutsutaan ainetta rikkomattomia tarkastusmenetelmiä. Nimensä mukaisesti NDT-menetelmillä kohdetta ei tarvitse rikkoa tarkastuksen suorittamiseksi. Silmäääräinen tarkastus kohteelle on yksi tyypillisimmistä menetelmistä. Kunnonvalvon-  
nassa käytettyjä mittauksia ovat röntgenkuvaus, tunkeumaneste- ja magneettijauheta-  
rkastus sekä endoskooppitarkastus. NDT-tarkastuksia käytetään hitsisaumojen tarkas-  
tukseen, halkeamien, huokosten ja säröjen etsimiseen materiaalista. (Mikkonen 2009,  
447.)

#### 3.2.1 Lämpökamera

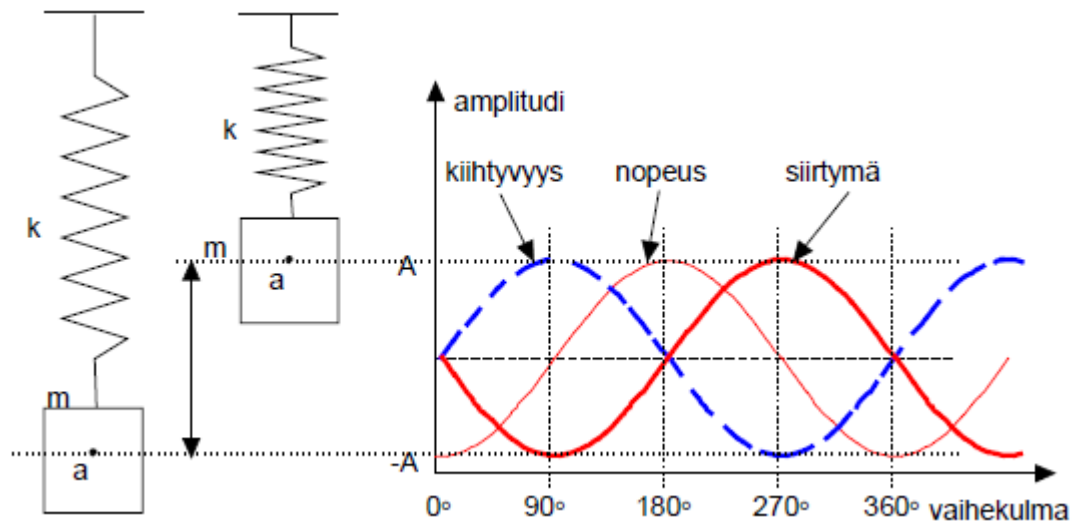
Lämpökameran avulla voidaan helposti selvittää sellaisten osien kunto, joita ei näe. Täl-  
laisia ovat muun muassa laitteiden sisällä olevat laakerit sekä sylinterit. Lämpökameralla  
suoritettava mittaus on NDT-menetelmä eli ainetta rikkomaton testausmenetelmä.

Lämpökameran toiminta perustuu kappaleen lähettämän lämpösäteilyn mittaamiseen.  
Kappale, jonka lämpötila on yli absoluuttisen nolapisteen, lähettää infrapunasäteilyä,  
jonka lämpökamera vastaanottaa mitaten ja muuttaen sen lämpötilajakauman kuvaksi.  
(Mikkonen 2009, 444.)





Kunnonvalvonnassa yleisimmin käytetty mittaussuure on värähtelynopeus, mutta myös kiihtyvyyttä ja siirtymää on käytetty. Siirtymä on helpoin katsoa sinikäyrästä, sillä se on amplitudin ( $A$ ) suuruus. Värähtelyn nopeus on siirtymää 90 astetta edellä ja puolestaan kiihtyvyys on 90 astetta nopeutta edellä. Tämä on esitetty selvemmin kuvassa 2. Vaikka kuvassa kaikkien amplitudit ovat saman korkuisia, eivät niiden yksiköt vastaa toisiaan. (Mikkonen 2009, 228. ABB 2000-07.)



Kuva 2. Jousi-massasysteemin pisteen  $a$  siirtymä, värähtelynopeus ja -kiihtyvyys (ABB 2000-07).

Värähtelynopeuden käyttö kunnonvalvonnassa perustuu siihen, että sen vaste on sopivin niillä taajuuksilla, joista ollaan kiinnostuneita. Värähtelynopeus on käyttökelpoinen noin 10 Hz:stä aina 1 000 Hertsiin. Alle 10 Hz taajuuksilla siirtymään perustuva mittaus on käyttökelpoisempi ja vastaavasti yli 1 000 Hz:n taajuuksilla kiihtyvyys on käyttökelpoinen. (Mikkonen 2009; 228.)

Värähtelymittauksien kautta suoritettava kunnonvalvonta perustuu spektrianalyysien ja trendien seuraamisen valvontaan. Trendiseurannassa on tärkeä olla useita eri tunnuslukuja, jotta seuranta olisi tehokasta. (Mikkonen 2009; 282.)

### 3.2.3 Paksuusmittaus

Tässä kappaleessa esitellään vaiheistettu ultraäänimittaus ja TSCAN-menetelmä. Molemmat tekniikat ovat NDT-menetelmiä, ja niiden avulla voidaan mitata esimerkiksi kattilan seinien paksuutta.

Ultraäänimittaus perustuu materiaaliin lähetetyn ultraäänen heijastumiseen epäjatkuvuuskohdista, joita kappaleessa on. Anturin lähettämä pulssi etenee mekaanisena värähtelynä materiaalin sisällä ja heijastuu sieltä takaisin anturiin. Ultraäänimittauksessa on käytettävä välittäjäainetta anturin ja tutkittavan materiaalin välissä. (Mikkonen 2009; 450.) Vaiheistettu ultraäänimittaus eroaa normaalista ultraäänimittauksesta siten, että siinä luotaimet muodostuvat useista pienistä elementeistä yhden sijaan. Useista eri suuntakulmista koostuva äänikeila mahdollistaa virheiden havaitsemisen paremmalla todennäköisyydellä. (Hitsaustekniikka 2008.) Luotainten antamien kaikuja perusteella siis laitteisto antaa kuvaa kappaleen sisästä. Ultraäänit heijastuvat joko kappaleen rajapinnoista tai virheistä takaisin laitteistoon.

## 4 KUNNOSSAPITOSTRATEGIAT

Kunnossapidolle on luotu monenlaisia toimintamalleja, joilla pyritään kuvaamaan kunnossapitotoimintaa. Erilaisille toimintamalleille on tarvetta, sillä teollisuuden eri aloilla on erilainen painoarvo asioille. Jokaisen mallin tarkoitus on sama. Mallien avulla pyritään kuvaamaan yksinkertaisesti monimutkaisia kunnossapitoon liittyviä tekijöitä, toimijoita, tekniikoita ja vaikutuksia. Kunnossapidon strategioiden suunnitteluun on kehitetty erilaisia toimintakehyksiä viimeisten reilun parin vuosikymmenen aikana. Merkittävimmät toimintakehykset ovat olleet laatujohtamiseen pohjautuvat menetelmät, TPM, RCM/SRCM sekä tuotanto-omaisuuden hallinta (Asset Management). (Järviö ym. 2009, 69–70.)

Ei ole määritelty, mikä kunnossapitostrategia on paras kullekin laitokselle. Organisaatiolla on vapaus valita itselleen sopivin strategia. Pieni laitos ei tarvitse kattavaa ja jokaista kohdetta analysoivaa strategiaa ja iso ja kriittinen laitos tai yhtiö tarvitsee kattavan strategian. Optimaalisimman kunnossapidon toimintamallin saa yhdistelemällä eri strategioita yhteen ottamalla aina kunnossapidon kannalta tärkeimmät asiat huomioon.

### 4.1 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma on yhdessä ISO 9001 -standardin ja kokonaisvaltaisen laadunhallinnan (TQM) kanssa laatujohtamiseen perustuva menetelmä. Six Sigma on laatutyökalu, joka on joukko menetelmiä ja käytäntöjä. Näiden avulla parannetaan systemaattisesti prosessia. Six Sigma ei ole parannusohjelma, vaan sillä pyritään parantamaan prosessin suorituskykyä. (Six Sigma.)

DMAIC on Lean Six Sigman ongelmanratkaisumenetelmä. DMAIC:n avulla löydetään systeemistä prosessin suorituskykyä parantavat tekijät. Muuttamalla radikaalisti tekijöitä prosessista saadaan enemmän irti. (Six Sigma.)

DMAIC tulee sanoista define, measure, analyze, improve ja control.

D – define eli määrittelyvaiheessa prosessista tunnistetaan ja rajataan ongelma. Tämän lisäksi prosessille asetetaan tavoite.

M – measure eli mittausvaiheessa prosessista vahvistetaan ongelmat sekä tunnistetaan potentiaaliset ongelmanaiheuttajat. Mittauksen avulla varmistetaan tiedon laatu.

A – analyze eli analysoinnissa luodaan syy-seuraus hypoteesi kerättyjen tietojen pohjalta. Tunnistetaan prosessin tekijöistä ne, jotka aiheuttavat ongelman.

I – improve eli parannuksessa ratkaistaan ongelma sekä testataan ratkaisua kokeellisesti.

C – control eli ohjauksessa luodaan järjestelmä, joka ylläpitää paremman tilan säilymistä parannusprojektin jälkeen. (Six Sigma.)

## 4.2 TPM

TPM eli Total Productive Maintenance on tuottava kunnossapito, jonka tavoitteena on maksimoida tuotannon tehokkuus ja laatu. Lähtökohtaisesti TPM on tuotantofilosofia eikä kunnossapitofilosofia. (Mikkonen 2009, 79.)

Lähtökohtana on, että koneille luodaan optimaaliset toimintaolosuhteet ja niitä ylläpidetään. Koneiden ja laitteiden pitäminen optimikunnossa mahdollistaa myös niiden maksimaalisen suorituskyvyn. Tämä on mahdollista silloin, kun koko käyttöhenkilökunta on sitoutunut noudattamaan tämän tapahtumista. (Mikkonen 2009, 79.)

Kokonaisvaltaisuus korostuu TPM:ssä seuraavasti:

- kokonaistehokkuus eli pyrkimys tehokkuuteen mitattuna taloudellisin mittarein
- kokonaiskattavuus eli kunnossapitotarpeen pienentäminen
- kokonaisvaltainen osallistuminen, jonka tuloksena on häiriötön toiminta

Lisäksi TPM:ssä tavoitellaan vikojen osalta nollatoleranssia. Tämä tarkoittaa siis virheetöntä toimintaa vikojen ja laiterikkojen osalta. Jotta nollatoleranssiin päädytään, täytyy kunnossapidosta tehdä tehokasta. TPM:n viisi pääperiaatetta ovat pyrkiä jatkuvasti vähentämään laiterikkoja, pitää koneet jatkuvasti huippukunnossa, tehdä koneiden ”huolenpidosta” osa päivittäistä rutiinia, kehittää henkilöstön taitoja jatkuvasti, jotta laitteita pystytään huoltamaan ja käyttämään mahdollisimman hyvin sekä suunnitella ja kehittää tuotantoprosessia ja laitteita siten, että ne ovat turvallisia, helppokäyttöisiä ja vaativat vähän kunnossapitoa. (Mikkonen 2009, 79 – 80.)

TPM:lle on ominaista, että kunnossapidon määritelmä laajennetaan osaksi kokonaistuotavuutta, kun aiemmin keskityttiin vain korjaavaan ja ennakoivaan huoltoon. TPM filosofiaan pohjautuu tuotannon kokonaistehokkuus eli OEE ajattelu. OEE (Overall Equipment

Effectiveness) on suomeksi KNL, ja se on käytettävyyden, tehokkuuden ja laatukertoimen tulo. KNL-laskenta perustuu kuuden hävikin poistamiseen. TPM-ajatteluperiaatteen mukaan hävikit ovat laiteviat, asetukset ja säädöt, tyhjäkäynti ja lyhyet seisokit, alentunut tuotantonopeus, prosessihäviöt sekä käynnistyshäviöt. (Mikkonen 2009, 81.)

### 4.3 RCM/SRCM

RCM:llä tarkoitetaan luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Lähtökohdaltaan RCM on ennakoivan kunnossapidon suunnittelun työkalu. Aikaisemmin ei ole ollut kunnollisia kunnossapito-ohjelmia, joten ohjelmat on jouduttu suunnittelemaan omien kokemusten ja valmistajien ohjeiden perusteella. Tästä johtuen ehkäisevää kunnossapitoa on tehty merkittävästi liikaa. RCM:n avulla pyritään vähentämään kunnossapidon määrää vaarantamatta laitoksen toimintaa. RCM perustuu systemaattisuuteen, jonka myötä kaikki turha jätetään pois ja keskitytään vain oleelliseen. Kaikkia laitteita ei ole tarpeen aukaista tai purkaa toimintakunnon selvittämiseksi, vaan ne voidaan tarkastaa myös koneen tai laitteen käydessä. (Mikkonen 2009, 75.)

RCM:n keskeisimpinä päämäärinä ovat laitteiden ja prosessin priorisointi ja kunnossapidon kohdistaminen, vikaantumismekanismien selvitys sekä luoda sen pohjalta oikea kunnossapitomenetelmä, saattaa kunnossapidon piiriin myös passiiviset laitteet, laatia toimintaohjeet laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä sekä saada käyttöhenkilökunta oppimaan seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa. (Järviö & Lehtiö 2017, 167).

RCM prosessissa edetään Moubrayn (2009, 76.) mukaan seuraavasti:

1. Määritellään laitteiden toiminnot ja tehokkuusvaatimukset
2. Määritellään toiminnalliset viat
3. Selvitetään vikaantumismallit
4. Selvitetään vian vaikutukset
5. Määritellään vian seuraukset, ja jaetaan ne neljään kategoriaan (piilevät seuraukset, turvallisuus- ja ympäristövaikutukset, toiminnalliset vaikutukset sekä ei toiminnalliset vaikutukset)
6. Määritellään ennakoivat toimenpiteet (säännöllinen huolto, säännöllinen vaihto tai kunnan perusteella tapahtuva)

7. Määritellään korjaavat toimenpiteet (sännölliset tarkastukset, uudelleensuunnittelu tai ei huoltoa)

Kevennetyllä RCM-prosessilla tarkoitetaan sitä, että varsinaisen RCM-prosessiin tulevien kohteiden määrää karsitaan ja näin ollen myös työmäärää kevennetään. RCM-menetelmä on hyvin systemaattinen ja pienille laitoksille se olisi hyvin raskas. Menetelmää voidaan nopeuttaa tekemällä laitteiden kriittisyyskartoitus ja soveltaa sitä RCM-prosessiin. (Mikkonen 2009, 78.)

#### 4.4 Tuotanto-omaisuuden hallinta

Tuotanto-omaisuuden hallinta käsittää neljä eri osa-aluetta. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen on ehkä yksi tärkeimpiä sen osa-alueita. Tämän lisäksi siihen kuuluvat logistiikka ja sen hallinta, ympäristö- ja työturvallisuus sekä tuotantokapasiteetin kehittäminen ja käytön johtaminen. (Järviö & Lehtiö 2017, 15.)

Käsitettä tuotanto-omaisuuden hoitaminen ei ole määritelty Suomessa voimassa olevissa standardeissa, vaikka se korostaa kaikkien prosessiin osallistuvien roolia tuotannon koneiden ja laitteiden toimintakunnosta huolehtimisessa. (Järviö & Lehtiö 2017, 30.)

#### 4.5 Kustannukset ja kannattavuus

Välittömät kustannukset ovat kaikki ne kustannukset, jotka voidaan suoraan esittää tulevan kunnossapidon tekemisestä. Tällaisia kustannuksia ovat muun muassa palkat, varaosat, hankintakustannukset, materiaalit. Välittömät kustannukset ovat helppo mitata, kun taas puolestaan välillisiä kustannuksia on vaikea mitata. Välillisten kustannusten vaikutus toiminnan kannalta on suuri, ja välilliset kustannukset ovat suuremmat kuin välittömät. Välillisiä kustannuksia ovat mm. epäsuhtaiset varastot, ylityökustannukset ja epäkäytettävyysskate. Aineettomat menetykset tai kustannukset ovat pääasiassa yrityksen sisäisiä vaikutuksia tai yrityksen maineen/imagon heikkenemistä. Sisäisillä vaikutuksilla tarkoitetaan turvallisuutta, motivaatiota sekä oppimiskykyä, jotka heikkenevät yrityksen huonon toiminnan myötä. Maineen kärsiessä kuluttajat siirtyvät käyttämään luotettavampaa palvelua. (Järviö & Lehtiö, Kunnossapito 2017; 184, 185.)

Kunnossapidon kannattavuus on pitkällä tähtäimellä yritykselle kannattavaa. Kun laitteita ennakko huolletaan, niin ei ole vaarana tuotannon yhtäkkinen keskeytyminen. Huolto-  
seisokit suunniteltaessa etukäteen kerkeää tilata tarvittavat varaosat tai joissain tapauk-  
sissa urakoitsijat. Tästä hyvä esimerkki on savukaasupesurin puhdistaminen säännölli-  
sesti. Puhdistamalla savukaasupesuri, ennen kuin se on kokonaan tukossa, vältetään  
muutaman päivän pesurin ohituksesta. Savukaasupesurin kerittyä mennä kokonaan tuk-  
koon syklonin huonon toiminnan takia, voi pesurin ohituksesta tulla 2 – 3 päivää pitkä.  
Ohituksesta johtuen lämmön talteenotto on myös ohituksella, eikä sieltä näin ollen saada  
tuottoa ollenkaan.

#### 4.6 Vika ja vikaantuminen

Vika on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa. Vikaantuminen  
puolestaan on tapahtumaketju, jonka lopussa aiheutuu kohteessa vika estäen näin sa-  
malla kohteen toimimista vaaditulla tavalla. (Järviö ym. 2017, 70-71.)

Vika on siis vikaantumisen seuraus. Toisaalta joissain olosuhteissa vika voi olla jo ole-  
massa ennen vikaantumista. Vika voi ilmetä joko häiriönä tai vauriona. Häiriössä kohde  
ei ole vielä rikki, mutta aiheuttaa välittömän korjaustarpeen. Vauriossa puolestaan kohde  
on jo rikki, ja sen seuraamukset ovat samat kuin häiriössä. Komponentin vikavälin ja  
eliniän voidaan määrittellä vaurioiden perusteella. Häiriöiden perusteella puolestaan voi  
määrittellä komponentin vikaantumisvälin. (Järviö ym. 2017, 71.)

Vikaantumiselle on monia eri syitä. Japanilaisten TPM:n kehittäjien mukaan vikaantumi-  
selle on viisi pääsyitä:

1. Laitteita ei käytetä oikealla tavalla
2. Käyttäjien ja kunnossapitäjien ammattitaito on liian kapea
3. Laitteen ikääntymisen myötä esiintyvää toimintakyvyn heikkenemistä ei havaita,  
korjata tai se hyväksytään
4. Laitteen käyttöolosuhteet eivät ole optimaaliset
5. Laitteen suunnittelussa ei ole riittävästi huomioitu todellista käyttöä tai käyttöolo-  
suhteita (Nakajima 89 [Järviö & Lehtiö 2017, 85].)



## 5 KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

### 5.1 Toteuttaminen

Suunnitelman toteuttaminen aloitettiin tutkimalla aluksi kaikki laitoksesta ja sen laitteista löytyvät dokumentaatiot. Laitteiden huolto-ohjeiden ja oman käyttökokemuksen pohjalta rakennettiin kunnossapito- ja huolto-ohjelma.

### 5.2 Taatilan laitoksen kunnossapidon tavoitteet

Lämpölaitoksella ei ole ennen tehty säännöllistä kunnossapitoa. Laitteita on huollettu silloin, kun niihin on tullut vika tai jos laite on kokonaan vioittunut. Tällöin laite on jouduttu vaihtamaan uuteen, minkä olisi voinut välttää säännöllisellä ja jaksotetulla kunnossapidolla. Laitteiden rasvaus on suoritettu satunnaisesti. Suurin osa toimenpiteistä on tehty miesmuistin varassa, joten niistä ei ole merkintää käyttöpäiväkirjassa.

Tavoitteena on saada säännöllinen kunnossapito laitteille, ettei niitä niiden vikaannuttua joutuisi vaihtamaan suoraan uuteen. Laitteen vaihtaminen uuteen lisää kustannuksia, kun taas kunnossapidolla pyritään palauttamaan laite sen alkuperäiseen toimintakuntoon. Säännöllinen ja jaksotettu kunnossapito mahdollistaa laitteelle pitkän eliniän. Laitteen tultua eliniän päähänsä ei kunnossapidosta ole hyötyä, vaan laite on vaihdettava uuteen.

Kunnossapidon tavoitteena on estää ennakoimattomia alasajoja. Ennakoimattomat alasajot ovat tappiollisia laitokselle. Lämpölaitoksen kunnossapidon tavoitteena on, että laitos pystyisi tuottamaan lämpöä lämmityskaudella keskeytyksettömästi. On myös otettava huomioon laitoksella suoritettavat säännölliset alasajot nuohousta varten.

### 5.3 Käytönaikainen kunnossapito

Käytönaikainen kunnossapito on yleisluontoista laitoksella tehtävää kunnossapitoa. Tämä on laitteiden toiminnan seuraamista, epätavallisten äänien tarkkailua moottoritoimilaitteissa, pumpuissa ja puhaltimissa, värähtelevien laitteiden värähtelyn tarkkailua

sekä laitteiden rasvaamista. Yleisesti laitoksella on tarkkailtava öljy- ja vesivuotoja. Mikäli kyseisiä vuotoja havaitaan, on niihin reagoitava välittömästi.

Riippuen laitteen kriittisyydestä, tulee sen toimintaa ja kuntoa tarkkailla joko päivittäin, viikoittain tai kuukausittain. Mitä kriittisempi laite on laitoksen toiminnan kannalta, sitä tarkemmin laitteen toimintaa on seurattava ja suunnattava kunnossapitoa siihen. Kuitenkaan kunnossapitoa ei tule suunnata kohteisiin liikaa, sillä liika kunnossapito ei ole hyväksi laitteen toiminnan kannalta.

Liiallinen kunnossapito altistaa laitteita enenemässä määrin vikaantumiselle. Koneiden avaaminen ja purkaminen ei aina ole välttämätöntä, vaan silmämääräinen laitteen tarkastelu ja kuuntelu ovat parempi vaihtoehto. Liiallisessa kunnossapidossa kunnossapidon kustannukset nousevat turhaan eikä kunnossapidosta tavoiteltua voittoa ja hyötyä ole saatavilla.

Käytönaikainen kunnossapito on ennakoivaa kunnossapitoa. Tämän kunnossapidon tarkoituksena on estää laitoksen ennakoimattomat alasajot. Siihen sisältyy säännöllinen laitteiden huolto ja rasvaaminen. Laitteiden kuntoa pidetään hyvänä, ettei niistä tule häiriö- tai vauriotilanteita. Jotta välttyttäisiin alasajoilta laitteiden toiminnan heikennyttyä vikaantumisen tai häiriön myötä, on niiden toiminta stabilisoitava. Tällöin on mahdollista siirtää korjaustarvetta ja suorittaa se laitoksen seisokin aikana.

#### 5.4 Seisokkiaikainen kunnossapito

Seisokkiaikainen kunnossapito on ennakolta suunniteltua kunnossapitoa. Valmiiksi on suunniteltu ja katsottu, mitkä kohteet tulee huoltaa tai korjata seisokin yhteydessä. Seisokin kunnossapito on aikataulutettua, jotta kaikki kohteet tulee huollettua eikä seisokki kestäisi ennakoitua kauemmin.

Lämpökeskuksella suoritetaan vuosittain vuosihuolto lämmityskauden ulkopuolella. Tällöin biokattilalle tehdään perusteellinen kunnontarkistus ja huolto. Vuosihuolto on aina ennakolta suunniteltua kunnossapito, sillä kohteet on mietitty ja listattu etukäteen. Vuosihuolto kestää korjaustarpeista riippuen 2 – 3 viikkoa.

## 5.5 Mekaaniset laitteet

Tähän huolto- ja kunnossapitosuunnitelmaan on otettu vain laitoksella olevat mekaaniset laitteet sekä sähköpuolelta taajuusmuuttajat.

### 5.5.1 Kattila ja arinat

Arinarautojen (kuva 3) toimintaa ja polttoaineen palamista seurataan päivittäin katsomalla tarkastusluukuista. Mikäli uloimmalle arinalle on joutunut palamatonta polttoainetta, tulee arinoiden liikettä hidastaa. Samalla myös seurataan arinoiden kuonaantumista. Arinoille joutunutta kiviainesten ja raudan määrää voidaan seurata tuhkakontista. Lisäksi kuuntelemalla arinoiden liikkeestä lähteviä mahdollisia ääniä, voidaan seurata arinoiden kuntoa ja sitä, onko sinne kulkeutunut kiviainesta tai rautaa. (Sermet Oy.)



Kuva 3. Arinaraudat

Arinan toimintahäiriöt aiheutuvat suurimmaksi osin arinalle polttoaineen mukana kulkeutuvasta hiekasta ja kiviaineksesta sekä raudasta. Vähäinen määrä hiekkaa ja kiveä menevät vaikeuksitta läpi, mutta suuret määrät aiheuttavat ongelmia. Suuret määrät kiviainesta sintraantuvat arinalle ja muodostavat ilmakehänavia, jotka vaikeuttavat palamista. Sintraantunut hiekka voi myös juuttua tuhka-arinalle ja aiheuttaa häiriöitä siellä. Lisäksi

hiekkia ja kiviaines voivat kuluttaa arinarautoja. Muurauksiin puolestaan vahinkoa voivat aiheuttaa voimakkaat lämpötilojen muutokset ylös- ja alasajoissa. Tästä johtuen laitoksen tarpeettomia alasajoja tulisi välttää ja puolestaan suosia suunniteltuja alasajoja. (Sermet Oy.)

Suurin osa kattilalle ja arinalle tehdyistä huolto- ja kunnostustöistä suoritetaan vuosittain seisokkiaikana. Tällöin tulipesän sisälle pääsy on mahdollista ja arinarautojen ja -laakereiden (kuva 4) kunnon voi tarkistaa. Kattilalle on suoritettava täydellinen nuohous 3 kuukauden välein, myös lämmityskaudella. Hyvälaatuinen rankahake vähentää tuhkan määrää, mutta yksikin huono polttoainekuorma voi aiheuttaa tuhkaantumista ja kattilan tuubien tukkeentumisen.



Kuva 4. Vuosihuollon aikana vaihdettuja arinalaakereita

### 5.5.2 Pohjatuhkakola

Tuhkakolan lattarautojen kuluminen tarkastetaan vuosihuollon aikana ja lisäksi tarkastetaan laakereiden kunto. Tarvittaessa vioittuneet laakerit vaihdetaan uusiin. Huollon jälkeen tuhkakolalle tehdään kylmättestaus toiminnan takaamiseksi. Uudet pohjatuhkakolat hakevat huollon jälkeen vielä omaa muotoaan ja paikkaansa, mikä voi ilmetä tuhkakolasta lähtevänä matalana jyrinä.

### 5.5.3 Tuhkakuljetin

Päivittäin on seurattava märkätuhkakuljettimen toimintaa ja veden pinnan tasoa, sillä kuljettimen toimimattomuus voi aiheuttaa jälkisammutustilan täyttymisen tuhalla ja kattilan alasajon.

Tuhkakuljettimen laakerit on rasvattava toiminnan takaamiseksi kerran kahdessa viikossa.

### 5.5.4 Hydrauliikkajärjestelmä

Päivittäin on seurattava hydrauliikkajärjestelmän toimintaa, sen käyntiääntä ja laitteiden lämpötilaa. Lisäksi viikoittain tarkastetaan koneikko silmämääräisesti vuotojen varalta. Työntövarret on rasvattava kerran kahdessa viikossa.

Vuosihuollon aikana arinahydrauliikan kunto tarkastetaan. Työntötangon kunto sekä sen silmukan ja tapin kunto tarkastetaan, lisäksi käyttölaitteelle ja työntimelle tehdään kunnontarkastus sekä laakereiden vaihto tarvittaessa. Käyttölaitteen rasvauksen toiminta tarkastetaan.



Kuva 5. Arinahydrauliikkakoneikko

Sekä arina- että tankopurkainhydrauliikan toiminnan kannalta tärkeintä on hydrauliöljyn puhtaus. Öljy toimii voiteluaineena ja voiman siirtäjänä hydraulijärjestelmässä ja öljyn epäpuhtaudet aiheuttavat suurimman osan hydraulikan toimintahäiriöstä. Mikäli koneikossa oleva hydrauliöljy on kirkasta ja uuden öljyn veroista, ei sitä tarvitse vaihtaa. Öljyn ollessa sameaa ja tummaa, on öljy vaihdettava uuteen. (Hydoring Oy.)

#### 5.5.5 Tankopurkaimet

Koska tankopurkaimet sijaitsevat polttoainesäiliön pohjalla, niiden kunto tarkastetaan vuosihuollon aikana polttoainesäiliön ollessa tyhjä. Tankopurkaimille tehdään yleinen kunnon tarkastus, jossa tarkistetaan kolien kulumisen sekä liukujohdepalojen kunto. Tankopurkaimet korjataan tarpeen vaatiessa.

#### 5.5.6 Kolakuljettimet ja kiekkoseula

Molemmille kolakuljettimille (kuva 6, 7) suoritetaan vuosihuollon aikana yleinen kunnon tarkastus. Rakenteiden kunnon tarkastuksessa tarkastetaan mahdolliset vuotokohdat ja pohjan kulumisen, kolien kulumisen ja linjaus sekä liukujohteiden kunto. Lisäksi kolaketjut kiristetään tarpeen vaatiessa.



Kuva 6. Kolakuljetin

Kolakuljetin toimii tappivaihteen avulla. Tappivaihteelle on suoritettava vähintään puolen vuoden välein silmämääräinen tarkistus ja samalla kuunnella vaihteen käyntiääntä sekä tarkistaa öljytason korkeus. Vähintään kahden vuoden välein tappivaihteelle on vaihdettava öljyt, puhdistaa huohotinruuvi sekä vaihtaa kuluneet akselitiivisteet. Joko 20 000 käyttötunnin välein tai vähintään neljän vuoden välein on tappivaihteen laakerit rasvattava. Tappivaihteelle on suoritettava 10 vuoden välein perusteellinen yleishuolto laitteen optimaalisen kunnon takaamiseksi. (NORD Gear Oy.)

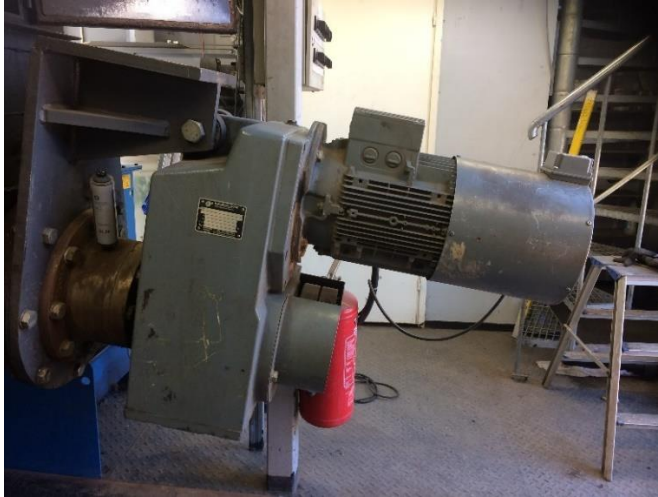
Kolakuljettimien yhteydessä oleva kiekoseula (kuva 7) on muutoin huoltovapaa, mutta sen laakerit on rasvattava säännöllisesti.



Kuva 7. Ylempänä toinen kolakuljetin ja alempana kiekoseula

#### 5.5.7 Stoker-ruuvi

Ruuvi on valmistettu kulutusta kestävästä teräksestä. Ruuville tehdään vuosihuollon aikana kokonaisvaltainen tarkistus, mikä kattaa akseleiden ja laakereiden tarkistuksen sekä ruuvin lehden kunnon tarkistuksen.



Kuva 8. Stoker-ruuvin vaihdemoottori

Stoker-ruuvi, kuten myös kolakuljettimet ja märkätuhkakuljetin, toimii tappivaihteen (kuva 8) avulla. Kaikkiin tappivaiheisiin pätevät samat kunnossapito ja huoltotoimenpiteet.

#### 5.5.8 Pumput

##### **Kaukolämpöpumput**

Lämpökeskuksessa on kaksi rinnankytkettyä kaukolämpö- eli kiertovesipumppua. Pumput ovat identtiset, joten niihin pätevät samat huoltotoimenpiteet.

Pumppukoneikko on sijoitettu pohjalaatan päälle, jotta pumput toimivat rauhallisesti ja tärinättä. Pumppujen käyntiääntä on seurattava viikoittain. Pumppuja on käytettävä vuorotellen, jotta ne kuluisivat molemmat samaa tahtia. Joka toinen kuukausi on käytössä eri, jotta pumppujen kuluminen olisi tasapainoista.

Pumpun laakereissa on huolto-ohjekirjan mukaan käytetty korkealaatuista litiumsaippua-pohjaista rasvaa. Laakereiden täytös rasvalla riittää kahdeksi vuodeksi normaalissa lämpötilassa. Pumpun öljyn vaihto on suoritettava 3 000 käyttötunnin välein tai vähintään kerran vuodessa.

Kiertovesipumppukoneikossa on Siemensin kolmivaihemoottori. Voiteluaineen elinikä normaaliolosuhteissa on 40 000 käyttötuntia kierrosluvun ollessa 1500/min. Kierrosluku kyseisessä moottorissa on 1460/min, eli voiteluaine on vaihdettava 40 000 käyttötunnin



välein tai vähintään joka kolmas vuosi. Moottorin laakerit puhdistetaan ja voidellaan tai tarvittaessa vaihdetaan uusiin samalla kun moottorin rasva vaihdetaan.

### **Paineenpitopumput**

Paineenpitopumppu ja sen moottorin laakerit ovat huoltovapaita. (Grundfos.)

### **Sekoituspumppu**

Pumpun laakerit ja akselitiiviste ovat huoltovapaita. Moottorit ilman voitelunippoja ovat huoltovapaita. (Grundfos.)

### 5.5.9 Sivuvirtasuodatin

Sivuvirtasuodattimen pumppu on huoltovapaa. Suodatinelementti on puhdistettava säännöllisesti ja sen puhdistusvälin määrittelevät käyttöolosuhteet. Suodatinelementti ja suodatin pestään tai vaihdetaan säännöllisesti. O-renkaat vaihdetaan tarvittaessa. (KL-Lämpö.)



Kuva 9. Sivuvirtasuodatin

### 5.5.10 Taajuusmuuttajat

Vacon NX -taajuusmuuttajat sekä ABB-taajuusmuuttaja eivät tarvitse huoltoa normaalioloissa. Suositeltavaa on kuitenkin puhdistaa jäähdytyslementti tarpeen vaatiessa paineilmalla tai imuroimalla sekä kiristää liittimien kiristysmomentit säännöllisesti. Siivottaessa lämpökeskusta on varottava, ettei taajuusmuuttajiin pääse vettä.



Kuva 10. Vasemmalla kaksi Vacon-taajuusmuuttajaa ja oikealla ABB-taajuusmuuttaja

### 5.5.11 Puhaltimet

Kaikki puhaltimet ovat Dust Control Systems'in valmistamia keskipakoispuhaltimia. Säännöllisin väliajoin jokaisen puhaltimen toiminnasta on tarkistettava puhaltimen värinä, laakereiden lämpötila ja ääni, värinävaimentimet ja joustavat liittimet. Puhaltimista on myös varmistettava, ettei niiden värinä ole lisääntynyt eivätkä ne pidä epänormaalia melua. Savukaasupuhaltimelta (kuva 12, 13) on myös tarkistettava hihnojen kunto ja kireys kolmen kuukauden välein. Siipipyörien kunto ja puhtaus on tarkistettava jokaisesta puhaltimesta vuosihuollon yhteydessä. Primääri- ja sekundääripuhaltimet (kuva 11) ovat suoraan kytkettyjä.



Kuva 11. Primääri- ja sekundääripuhaltimet



Kuva 12. Savukaasupuhaltimen moottori ja kiilahihna

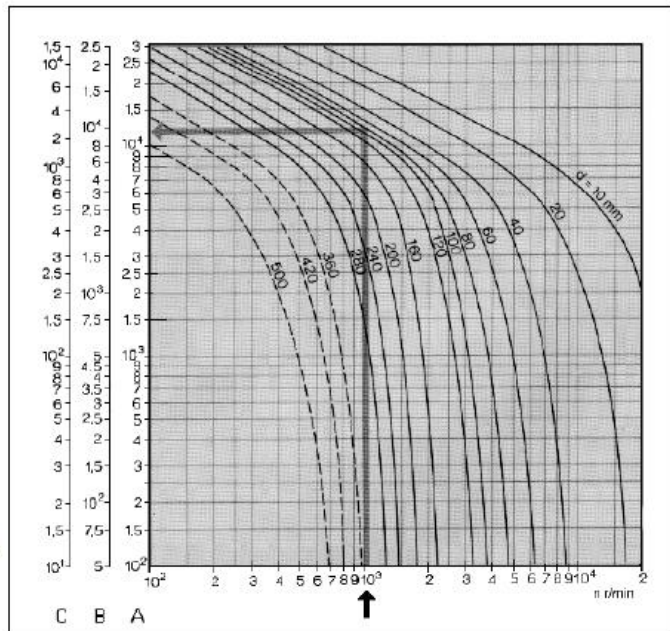


Kuva 13. Savukaasupuhaltimen siipipyörä

Laakereiden suurin sallittu käyntilämpötila riippuu laakeroinnin rakenteesta, käytetystä voiteluaineesta ja voiteluvälin pituudesta. Normaalisti rasvavoideltujen laakereiden lämpötila ei saa ylittää 70 astetta. Laakereiden voiteluväli on riippuvainen muun muassa pyörimisnopeudesta ( $n$ ), laakerin rakenteesta ja koosta ( $d$ ). Voiteluväli voidaan valita alla olevan käyrästäön (kuva 14) mukaan. (DCS.)

Voiteluväli käyttötunteina.

- A: säteiskuulalaakerit
- B: lieriörullalaakerit
- C: pallomaiset rullalaakerit, kartiorullalaakerit



Kuva 14. Voiteluvälikäyrästäön (DCS).

### 5.5.12 Varoventtiilit

Suurimman sallitun käyttöpaineen ylityksen takia kattilaan on asennettu kaksi jousikuormitteista varoventtiiliä. Varoventtiilit laukeavat, mikäli suurin sallittu käyttöpaine ylitetään. Tässä tapauksessa kaksi jousikuormitteista varoventtiiliä on mitoitettu 10 baarille. Paineen tulisi pystyä puhaltamaan kaiken veden pois, mitä kattila pystyy tuottamaan suurimmalla teholla. Varoventtiilien kunnan laiminlyönnistä johtuen venttiilit voivat jumiutua ja kattilan paine voi mennä yli sallitun rajan. Tämän seurauksena voi olla kattilan räjähdys. (Tukes.)

Varolaitteet on syytä tarkastaa säännöllisesti, sillä ne ovat turvallisuuden kannalta olennaisimmat komponentit. Veden sisältämät epäpuhtaudet voivat jumittaa varolaitteet helposti. Tästä johtuen varolaitteet tulee tehdä testaus vähintään kahden vuoden välein. (Tukes.)



Kuva 15. Jousikuormitteiset varoventtiilit

Painelaitelaki 1144/2016 velvoittaa suorittamaan määräaikaistarkastuksia painelaitteille. Käyttötarkastukset on suoritettava neljän vuoden välein, aikaväliä saa pidentää enintään yhdellä vuodella. (Finlex.)

Valmistajan käyttö- ja huolto-ohjeet muodostavat painelaitteen kunnossapidon perustan. Lisäksi huollossa ja kunnossapidossa on otettava huomioon käyttöympäristön vaatimukset sekä omista ja lakisääteisistä tarkastuksista saadut tiedot painelaitteen kunnosta. Huoltoa ja kunnossapitoa suunniteltaessa on arvioitava, mitä käyttäjä voi tehdä itse ja mitä on jätettävä asiantuntijoiden tehtäväksi. Painelaitteiden ja varusteiden korjaukset ja säädöt ovat ammattilaisten tehtäviä. Painelaitteiden ja varusteiden kunnan seuranta on käyttäjän tehtävissä. (Tukes.)

#### 5.5.13 Multisykloni

Viikoittain on tarkistettava, että erotin syöttää jatkuvasti erottunutta tuhkaa ulos. Tuhka voi pakkaantua ja holvaantua tuhkakouruissa, ja näin tukkia koko multisyklonin. Sulkusyöttimen toiminta on varmistettava pyörintävahdilla. Multisyklonille saa tehdä huoltotoimenpiteitä vain silloin, kun laitos on ajettu alas. Suositeltava huoltoväli savukaasupuhdistimelle on 4 kuukautta. Tällöin on aukaistava kaikki huoltoluukut ja tarkistettava niiden tiivisteiden kunto. Pölykourut puhdistetaan tarpeen vaatiessa joko harjaamalla, kaapimalla tai paineilmalla. Tarpeen vaatiessa korjataan vioittuneet syklonit. (DCS.)

Käyttötiheydestä riippuen on sulkusyötin, lokeropyörä ja sen tiivistyslistat tarkastettava 2-4 kertaa vuodessa. Kytkin on myös syytä tarkastaa. Säännöllisin väliajoin on tarkastettava, että ulkopuolisissa laakeripesissä on riittävästi laakerirasvaa. (DCS.)

#### 5.5.14 Kiehuntasuojat

Kuiviinkiehuntasuojat tarkistetaan säännöllisesti, ja niille suoritetaan toimintakoestus joka kuukausi. Lisäksi koestus tehdään käytön aikana vuosittain. Myös kiehuntasuojan elektrodien tarkastus on suoritettava vuosittain.

#### 5.5.15 Savukaasupesuri

Savukaasupesurin yhteydessä oleva lokakaivo tyhjennetään kahden viikon välein. Sekä pesuriosassa että lämmön talteenotto-osassa on pH-anturit. pH-arvoa on seurattava viikoittain, sillä pH-arvon ollessa pidempään yli 7 putkistojen seinämät likaantuvat. Tästä

johtuen putkistoille on tehtävä putkistojen hapotus muurahaishapolla. Hapotuksessa anostelupumppu käynnistetään käsin ja pidetään niin kauan päällä, kunnes saavutetaan pH:n hapotuksen ohjearvo (pH 4,0). pH-mittauksia on tehtävä säännöllisesti vedestä ja tarvittaessa anturi on kalibroitava uudelleen. Lisäksi pH-anturit on vaihdettava vuoden välein niiden toiminnan varmistamiseksi. Lämpötila-antureiden kalibrointi on suoritettava kolmen vuoden välein. (Vesala 2011.)

Savukaasupesurin paine- ja pintamittarit tulee huuhdella kerran viikossa. Lisäksi on tarkkailtava pesurin pesuosan ja lämmöntalteenotto-osan vedenpintoja päivittäin. Vedenpintojen tarkkailulla vaikutetaan pesuosan tyhjennysaikaan joko pidentäen tai lyhentäen sitä. Tämä siksi, että ei ajettaisi vettä suoraan lämmöntalteenotosta viemäriin ja näin otettaisi tarpeettomasti lisävettä vesiverkosta.

#### 5.5.16 Varavoimakone

Laitoksella on varavoimakoneena dieselgeneraattori. Aggregaatti tuottaa laitokselle sähköä sähkökatkoksen aikana, joten sen on oltava toimintavalmiina koko ajan. Aggregaattia tulee koekäyttää 4 kuukauden välein. Koekäytön yhteydessä tulee tarkastaa aggregaatin polttoainesäiliön pinnankorkeus. Laitteisto tulee pitää puhtaana, eikä sen pinnoille saa kertyä nestettä.

#### 5.5.17 Yleinen järjestys

Yleinen järjestys ja siisteys ovat tärkeä osa kunnossapitoa. Pitämällä paikat puhtaana ja järjestyksessä, luodaan sekä yleistä turvallisuutta että mahdollistetaan kohteiden luokse pääseminen helpoksi. Puhdistamalla laitteiden pinnat kostealla liinalla säännöllisin väliajoin pölystä ja liasta, on helpompaa havaita mahdolliset vuodot ja vuotokohdat. Moottoreiden säleikön imuroiminen on moottorin jäähdytyksen ja sähköturvallisuuden kannalta tärkeää.

Turvallisuuden kannalta on tärkeää, että kattilahuonetta ja ylipäätään laitosta pidetään puhtaana ja järjestyksessä. Sammutusvälineet on tarkastutettava niitä hoitavan tahon kautta säännöllisesti. Kunnossapidon yhteydessä tulee siivota sotkut, kuten rasvaiset rätit ja liinat pois, sillä ne ovat riskejä tulipalolle. Lisäksi ylimääräiset kemikaalit ja varaosat tulee sijoittaa muualle kuin kattilahuoneeseen. Kattilahuoneeseen sijoitettaessa ne

voivat tukkia poistumisteitä ja aiheuttaa ylimääräistä palokuormaa. Laitokselle on myös laitettava näkyville toimintaohjeet hätätilanteissa toimimisessa.



## 6 LOPUKSI

Työn tavoitteena oli laatia listamuotoinen huolto- ja kunnossapitosuunnitelma. Työn aloittaminen perustui kunnossapidon ja huollon opiskelulla sekä lämpökeskuksen dokumentaatioihin ja laitetoimittajien ohjekirjoihin perehtymällä. Opinnäytetyön tuloksena tuli listamuotoinen huolto- ja kunnossapitosuunnitelma, joka on tehty Excel-taulukoksi. Taulukkoon on yhdistetty sekä käytönaikainen että vuosihuollon aikana suoritettava kunnossapitotoiminta, joten tästä johtuen ei tullut kahta listamuotoista huolto- ja kunnossapitosuunnitelmaa.

Listamuotoinen huolto- ja kunnossapitosuunnitelma on koottu hyvin yksinkertaiseksi, jotta sitä olisi kaikkien helppo käyttää ja katsoa. Listamuotoisia suunnitelmapohjia oli aluksi kaksi, mutta toinen niistä oli paljon käytännönläheisempi, joten se lopulta valikoitui käyttöön.

Excel-muodossa olevasta huolto- ja kunnossapitosuunnitelmasta on hyvä lähteä liikkeelle, varsinkin kun aikaisemmin ei ole ollut minkäänlaista suunnitelmaa. Työtä tehdessäni tutustuin myös pilvipohjaisiin kunnossapito-ohjelmiin, jotka on myös mahdollista saada puhelimelle erillisenä sovelluksena. Jatkoa ajatellen olisi järkevämpää siirtyä sovelluspohjaiselle kunnossapito-ohjelmalle, sillä näissä ohjelmissa on enemmän ominaisuuksia ja ne kulkeutuvat aina mukana.

## LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07.

Ansaharju, T. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. 1. painos. Helsinki: WSOY

Dust Control Systems Oy 2017. Keskipakoispuhaltimen huolto- ja käyttöohje. [http://www.dcs.fi/userData/dcs-tr88/pdf/teollisuuspuhaltimet/Keskipakoispuhal-  
lin\\_huolto\\_ja\\_kayttoohje\\_3.4.pdf](http://www.dcs.fi/userData/dcs-tr88/pdf/teollisuuspuhaltimet/Keskipakoispuhal-<br/>lin_huolto_ja_kayttoohje_3.4.pdf) viitattu 23.8.2017

Enertec 2/2014. TSCAN tekee tarkkaa työtä. Saatavilla <https://view.joomag.com/enertec-2-2014/0560001001412345736/p46?short>

Grundfos. CR, CRI, CRN. Installation and operating instructions.

Hakkarainen, T. 2008. Vaiheistettu ultraäänitekniikka valtaa jalansijaa konepajateollisuudessa. Hitsaustekniikka 3/2008. Saatavilla [http://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2008/HT\\_3\\_08/index.html#/14/zoomed](http://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2008/HT_3_08/index.html#/14/zoomed)

Hydoring Oy. Käyttöohjeet.

Järviö, J. Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito : tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6., täydennetty painos. Helsinki: Promaint ry 2017. Kerava: Saivion kirjapaino Oy

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito : käsikirja. 1. painos. Helsinki: KP-Media. Kerava: Saivion kirjapaino.

Nord 2017. Vaihde, B 1000. [https://www.nord.com/cms/media/docu-  
ments/bw/B1000\\_FI\\_6052811\\_3816\\_screen.pdf](https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/B1000_FI_6052811_3816_screen.pdf) viitattu 28.7.2017

Painelaitelaki 16.12.2016/1144. Annettu Helsingissä 16.12.2016. Saatavilla <http://www.fin-lex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161144>

PSK 6201:2011 Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry

PSK 7501:2010 Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK Standardisointiyhdistys ry

Sermet Oy Käyttöohje Sermet Biograte Compact 4 MW Liedon Lämpö Oy projekti 2256

Sermet Oy Käyttöohje Sermet BioGrate Kompakti 4 MW projekti 2256

SFS-EN 13306:2012. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisointiliitto

Six Sigma 2017. Lean Six Sigma DMAIC. Viitattu 19.7.2017 [http://www.sixsigma.fi/in-  
dex.php/fi/six-sigma/](http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/six-sigma/)

Vacon 14.9.2007. Käyttöohje NXS/P-taajuusmuuttajat.

Wespe Savukaasupesuri käyttöohje 19.9.2011 H.Vesala

## Huolto- ja kunnossapitosuunnitelma

Liite on salattu