

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma

Marko Kettunen

LÄMPÖKAMERAN KÄYTTÖTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN JA
INTEGROIMINEN OSAKSI EHKÄISEVÄÄ KUNNOSSAPITOA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2015
Tietotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
013 260 6800

Tekijä

Marko Kettunen

Nimeke

Lämpökameran käyttötehokkuuden parantaminen ja integroiminen osaksi ehkäisevää kunnossapitoa

Toimeksiantaja

Efora Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyö esittelee kunnossapidon vaikutusta teollisuuden tuotantolaitoksissa. Opinnäytetyössä tarkastellaan teoriaosuudessa kunnossapitoa ja sen lajeja, jotka ohjaavat kunnossapitoyrityksen toimintaa. Kunnossapitolajeista ehkäisevään kunnossapitoon syvennytään tarkemmin, johon liittyy tuotantolaitoksissa tehtävät ennakkohuollot ja kunnonvalvonta.

Lämpökamera on yksi monista työkaluista ennakkohuolloissa ja kunnonvalvonnassa, jolla havaitaan alkavat laiteviat. Opinnäytetyössä esitellään ennakkohuoltoa ja kunnonvalvonnan mittausmenetelmiä. Mittausmenetelmissä syvennytään lämpökameraan ja sen toimintaan.

Opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa käydään läpi Flir E50 -lämpökameran ominaisuuksia ja lämpökuvauksiin tarvittavien parametrien säädöt. Parametrointi vaikuttaa olennaisesti kameran mittaamiin lämpötila-arvoihin. Lämpökameralla kuvattiin Stora Enso Enocellin sellutehtaan tuotantolaitteita, joista saatiin selville alkavia vikoja ja paikannettiin vuotokohteita. Lämpökuvauksilla saatiin aikaiseksi kustannussäästöjä Eforalle ja Enocellille sekä parannettiin työturvallisuutta. Lämpökuvauksen tulevaisuudessa tarkoitus liittää aktiiviseksi mittaustavaksi ennakkohuoltoon ja kunnonvalvontaan.

Kieli
Suomi

Sivuja 36

Asiasanat

kunnossapito, ehkäisevä kunnossapito, kunnonvalvonta, ennakkohuolto, lämpökamera



THESIS
April 2015
**Degree Programme in Information
Technology**

Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
FINLAND
013 260 6800

Author

Marko Kettunen

Title

Increasing Utilization Rate of Thermal Camera and Integrating It into Preventive Maintenance

Commissioned by
Efora Oy

Abstract

This thesis introduces the effects of maintenance in an industrial production facility. In the theory part, maintenance and different kind of maintenance models which direct the operations of a maintenance company are examined. Of the maintenance models, there is a closer study on preventive maintenance which includes condition monitoring and advance maintenance in production facilities

Thermal camera is one of many tools which can be used to reveal incipient device failure in condition monitoring and advance maintenance. This thesis introduces condition monitoring and advance maintenance measurement methods where the focus is on thermal camera and its operations.

The functional part of this thesis introduces the features of Flir E50 thermal camera and the parameters which are needed in thermal imaging. Those parameters affect substantially the measured temperatures. When taking thermal images from Stora Enso Enocell pulp mill production devices incipient failures and leaks were revealed. By taking thermal images cost-savings were achieved for Efora and Enocell and work safety was also improved. In future, thermal imaging is meant to be one way of active measurement in condition monitoring and advance maintenance.

Language
Finnish

Pages 36

Keywords

maintenance, preventive maintenance, condition monitoring, advance maintenance, thermal camera

Sisältö

Termit ja käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Kunnossapito.....	6
2.1 Kunnossapidon historia ja kehittyminen teollisuudessa	7
2.2 Kunnossapidon merkitys ja tavoitteet	8
2.3 Elinkaarikustannus	9
3 Kunnossapitolajit.....	11
3.1 Korjaava kunnossapito	12
3.2 Huolto.....	12
3.3 Parantava kunnossapito	12
3.4 Ehkäisevä kunnossapito	12
3.5 Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen	13
4 Ehkäisevä kunnossapito	13
4.1 Ennakkohuolto	14
4.2 Kriittisyysluokittelu	14
4.3 Ennakkohuollon suunnittelu.....	16
4.4 Kunnonvalvonta	17
5 Kunnonvalvonnan mittausmenetelmät	20
5.1 Aistit.....	20
5.2 Värähtelymittaus	20
5.3 Ultraäänimittaus	21
5.4 Lämpökuvaus	21
6 Lämpökamera ja parametrointi	22
6.1 Mittausparametrit	23
6.2 Kameran parametrit.....	25
7 Kuvauskohteet sellutehtaassa	27
7.1 Soodakattilan höyrylinjat ja venttiilit.....	27
7.2 Säiliöiden nestepinnat	29
7.3 Sähkömoottoreiden vapaan pään laakerit.....	30
7.4 Lauhteenpoistajat	31
7.5 Säiliöiden vuodot	32
8 Pohdinta.....	33
Lähteet.....	36

Termit ja käsitteet

Ehkäisevä kunnossapito	Kunnossapitolaji, jolla pyritään estämään vikaantuminen
Elinaika	Järkevä ja kustannustehokas laitteen käyttöikä
Elinjakso	Tarvesuunnittelu + laitteen elinaika
Ennakoiva kunnossapito	Ennakkoon tehtävät huoltotoimenpiteet kohteelle
Infrapunakamera	Kamera, jolla voidaan mitata infrapunasäteilyä mutta ei lämpötilajakaumia
Infrapunasäteily	Lämpösäteily = Sähkömagneettinen säteily
Kohde	Kone tai laite
LCC	”Life Cycle Costs”, Elinjakson kustannusanalyysi
Lämpökamera	Kamera, jolla voidaan mitata sekä infrapunasäteilyä että lämpötilajakaumia
PSK 6201	Standardi, joka määrittelee kunnossapito käsitteet ja määritelmät
RCFA	Juurisyyanalyysi (JSA)
RTF	”Run to Failure”, strategia, jossa laitteen annetaan toimia häiriöön saakka
SFS-EN 13306	Standardi, joka määrittelee kunnossapidon yleisellä tasolla

1 Johdanto

Efora Oy huoltaa ja ylläpitää Uimaharjussa Stora Enso Enocellin sellutehtaan tuotantolaitteita. Efora Oy tarjoaa mekaanista sekä sähköautomaatio kunnossapitoa ja suunnittelupalvelua. Uimaharjun Eforassa käytetään eräänä ennakkohuollon ja kunnonvalvonnan mittausmenetelmänä lämpökameraa mekaanisten tuotantolaitteiden mittauksissa. Tois- taiseksi lämpökameran käyttöaste on hyvin pieni mekaanisten laitteiden ennakkohuol- loissa ja kunnonvalvonnessa. Sähkökeskusten ja automaatiolaitteiden ennakkohuollossa lämpökameraa käytetään tehokkaammin, mutta lämpökameran käyttöä voidaan lisätä molemmissa osa-alueissa.

Opinnäytetyö selvittää, millaisiin käyttökohteisiin Uimaharjussa Efora Oy:n omistamaa lämpökameraa voidaan käyttää mekaanisten laitteiden osalta Stora Enso Enocellin sellu- tehtaassa. Lämpökuvauksella voidaan ennakoivasti havaita vuotavat tuotantolaitteet kuten venttiilit. Tätä kautta päästään kunnossapidollisiin ja tuotannollisiin kustannus- säästöihin. Opinnäytetyössä kerrotaan kunnossapidosta teoreettisella tasolla. Kunnossa- pidon teoria antaa pohjaa tekemilleni lämpökuvauksille, jotka esitellään opinnäytetyön loppupuolella. Lämpökuvausmahdollisuudet eivät kuitenkaan rajoitu tässä opinnäyte- työssä tehtyihin havainnoiteihin.

2 Kunnossapito

Kunnossapidon määrittelyyn voidaan käyttää kahta eri standardia. Määrittelyt eroavat hieman toisistaan, joten on relevanttia tarkastella asiaa molempien näkökannasta. Stan- dardi SFS-EN 13306 määrittää kunnossapidon siten, että kunnossapito koostuu teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoitus on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että se suorittaa vaaditun toiminnon. Stan- dardi PSK 6201 määrittelee kunnossapidon siten, että kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamisen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se voi suorittaa ha- lutun toiminnon koko sen elinjakson ajan. [8, s. 15.]

2.1 Kunnossapidon historia ja kehittyminen teollisuudessa

Kunnossapitoa on harjoitettu siitä lähtien, kun ihminen oppi rakentamaan ja käyttämään laitteita. Alkeellinen kunnossapito oli korjata laitteita vasta sitten, kun ne lopettivat toimintansa. 2000-luvun alkupuolella pystyttiin erottamaan kunnossapidon neljä eri sukupolvea. [8, s. 16.]

Ensimmäisen sukupolven kunnossapito oli suoraviivaista, sillä vian määrittäminen ja korjaus oli helppoja toimenpiteitä. Mekaaniset laitteet ja koneet olivat suuria, yksinkertaisia ja ylimitoitettuja tuotantoon nähden. Yksinkertaisen rakenteensa ansiosta ne kestivät pitkään ennakoivilla toimenpiteillä kuten puhdistuksella, säätämällä ja voitelulla. Lisäksi varmuuskertoimet oli ylimitoitettu laitekomponenteissa. [8, s. 17.]

Toisen sukupolven kunnossapito kehittyi 1940-luvulla toisen maailmansodan aikoihin. Koska eri valtioiden teollisuuslaitokset joutuivat valmistamaan armeijoille aseita, yksinkertaiset koneet eivät enää riittäneet. Suuri kysyntä edesauttoi suunnittelijoita parantamaan tuotantolaitteita. Tuotantomäärät saatiin halutuiksi lisäämällä koneiden automaatiota ja yhdistelemällä koneet pieniksi ketjuiksi. Tästä oli seurauksena tuotantolaitteiden vikaantumisen lisääntyminen. Näin ollen kunnossapidon piti myös kehittyä. Syntyi ehkäisevä kunnossapito, joka oli jaksotettua huoltoa. Lisäksi kustannusten lisääntyminen johti kunnossapidon suunnitteluun ja johtamiseen, joiden avulla pyrittiin laskemaan resurssin käyttökustannuksia ja lisäämään koneiden käytävyyttä. [8, s. 17.]

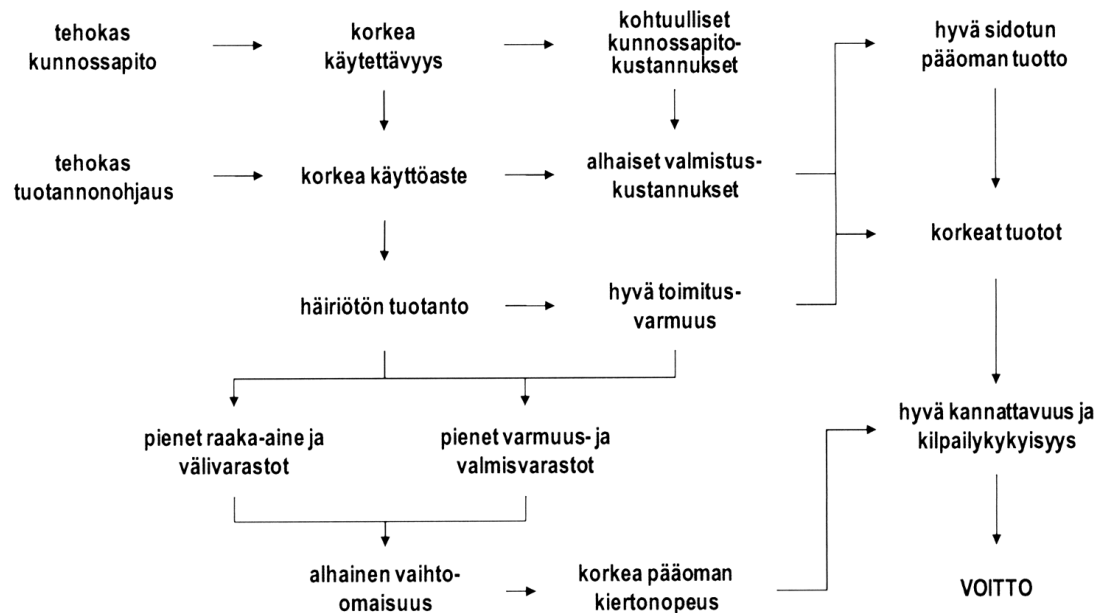
Kolmannen sukupolven kunnossapito käynnistyi 1970-luvulla. Kunnossapidon muutos sai viitteitä avaruusprojektien konsepteista ja innovaatioiden käyttöönotosta teollisuudessa. Tuotantolaitokset asettivat käyttövarmuusvaatimukset näin ollen aikaisempaa korkeammalle, mikä edellytti panostusta käyttövarmuuden parantamiseen. Kunnossapidon tehokkuuden ja luotettavuuden kehitys oli avainasemassa, jonka takia analyysityökalut tulivat osaksi kunnossapidon kehitystä. [8, s. 17–18.]

Neljännän sukupolven kunnossapito käynnistyi 1990-luvulla IT-tekniikan ja mikroelektroniikan kehittyessä. Automaation ja laiteohjaustapojen lisääntyessä kunnossapito ei koskenut enää pelkästään mekaanisia laitteita. Mekaanisia laitteita ohjaavat järjestelmät kuuluivat myös kunnossapidon piiriin, jonka ansiosta uusia toimintatapoja tuli kehittää kunnossapitoon. Tiedon tulo ja keruu lisääntyi räjähdysmäisesti tuotantolaitteista,

joihin tarvittiin analysointi- ja seurantatyökaluohjelmia. Analysointiohjelmat auttoivat tuotantolinjojen ennakkohuolto- ja laitesuunnitteluissa. [8, s. 18–20.]

2.2 Kunnossapidon merkitys ja tavoitteet

Kunnossapidon merkitystä ei voi liikaa korostaa, kun puhutaan tuotekustannuksista ja tuotantotehokkuudesta (kuva 1). Kunnossapito on melkein suurin kustannus teollisuusyrityksen kustannuksissa. Yleensä raaka-ainekustannukset ja pääomakustannukset ovat suurempia. Järviö toteaa tekstissään, että kunnossapitokustannukset ovat usein tuotantoyrityksen kontrolloimaton kustannuserä. [8, s. 22.]

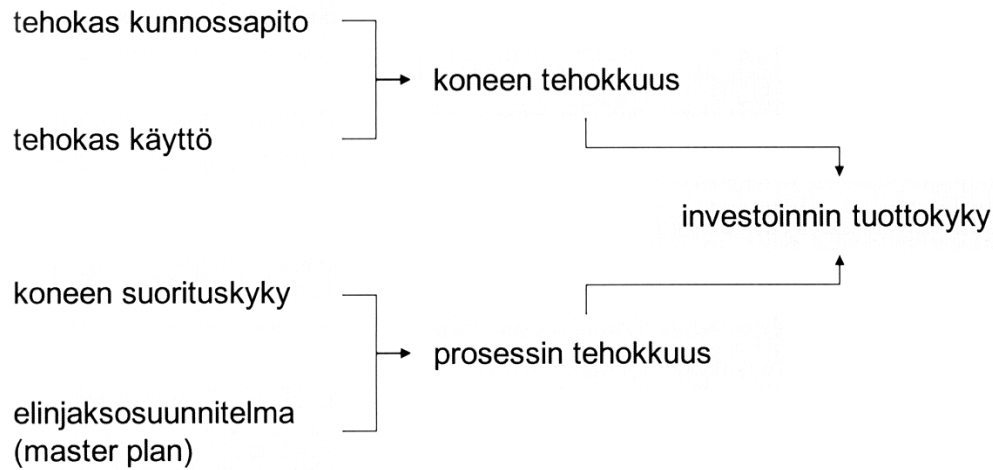


Kuva 1. Kunnossapidon vaikutus kannattavuuteen [8, s. 22.]

Yritys, joka panostaa kunnossapitoon, voi saavuttaa erinomaisen hyödyn laitteiden käytössä sekä toimintavarmuudessa. Omasta kokemuksestani tiedän, että nämä kaksi asiaa vaikuttavat hyvinkin suoraan yrityksen kannattavuuteen ja mahdollisuuteen toimia kilpailevassa yritysmaailmassa. Koska maailmantalous heittelee nykypäivänä voimakkaasti, on entistä tärkeämpää pystyä tuottamaan korkealaatuista tuotetta mahdollisimman pienillä tuotantoprosessin kustannuksilla. Yksi osa näistä kustannuksista on häiriökustannukset.

Yrityksen tuotannon edistäminen edellyttää usein investointeja. Kunnossapidon näkökannat tulevat usein esille investointeja tehtäessä. On tärkeää miettiä huoltosuunnitel-

mat hankittaville uusille laitteille ja koneille. Tehokkaan kunnossapidon ja käytön synkronoiminen takaa investoinnille parhaan mahdollisen tuottokyvyn (kuva 2). [8, s. 13–15.]

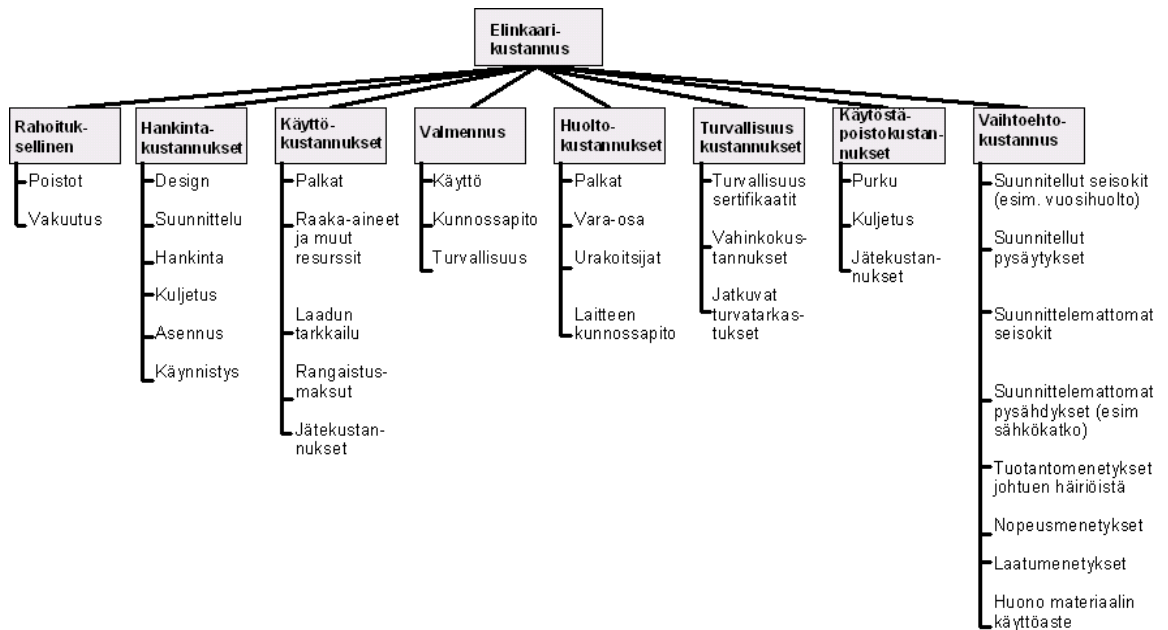


Kuva 2. Investoinnin tuottavuuteen vaikuttavat tekijät [8, s. 14.]

2.3 Elinkaarikustannus

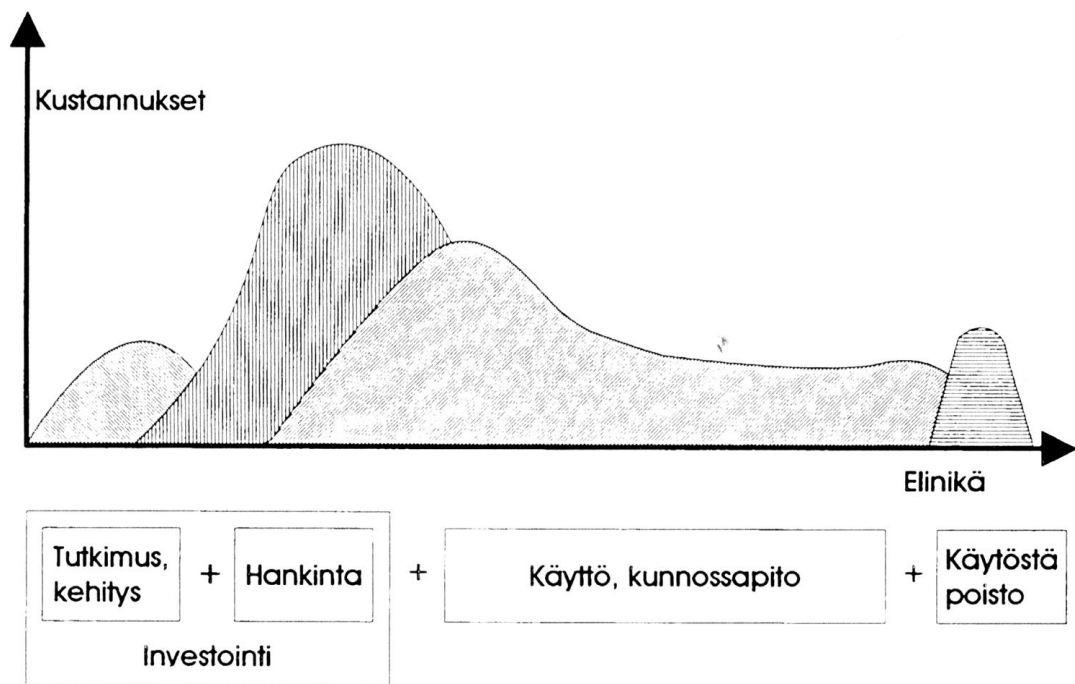
Laitehankinnoille ja investoinneille lasketaan elinjakso, jonka aikana koneiden ja laitteiden täytyy tuottaa haluttu tuotto yritykselle. Elinjaksoon lasketaan myös laitetarpeen suunnittelu. Siispä investoinnit ja laitehankinnat tehdään yleensä elinkaarimallin mukaisesti. Laitteen elinajalla tarkoitetaan sitä aikaa, kuinka kauan laite pystyy suorittamaan vaaditut toiminnot siten, ettei laite ole teknisesti tai taloudellisesti korjattavissa. [8, s. 45–46.]

Investoinnin tuottoa laskettaessa elinjaksokustannukset määräytyvät suunnittelusta, hankinnasta, käyttöönotosta, käytöstä, kunnossapidosta, parannuksista ja käytöstä poistosta (kuva 3). Elinjaksotuotot muodostuvat taas kohteen käytöstä ja käytöstä poistosta saatavista suorista ja välillisistä tuottoista. Investoinnin tuotto saadaan vähentämällä elinjaksokustannukset elinjaksotuotoista. [8, s. 46.]



Kuva 3. Elinkaarikustannuksien muodostuminen [15]

Investoinnin elinjaksokustannuksien laskemiseen käytetään elinjakson kustannusanalyysiä eli LCC-analyysiä. Alun perin analyysi kehitettiin puolustusvoimien hankintaverailuille antamaan erilaisia vaihtoehtoja. Elinjakson kustannusanalyysissä otetaan huomioon kaikki kohteen elinikään omistajalle muodostuvat kustannukset (kuva 4). [1, s. 46–47.]

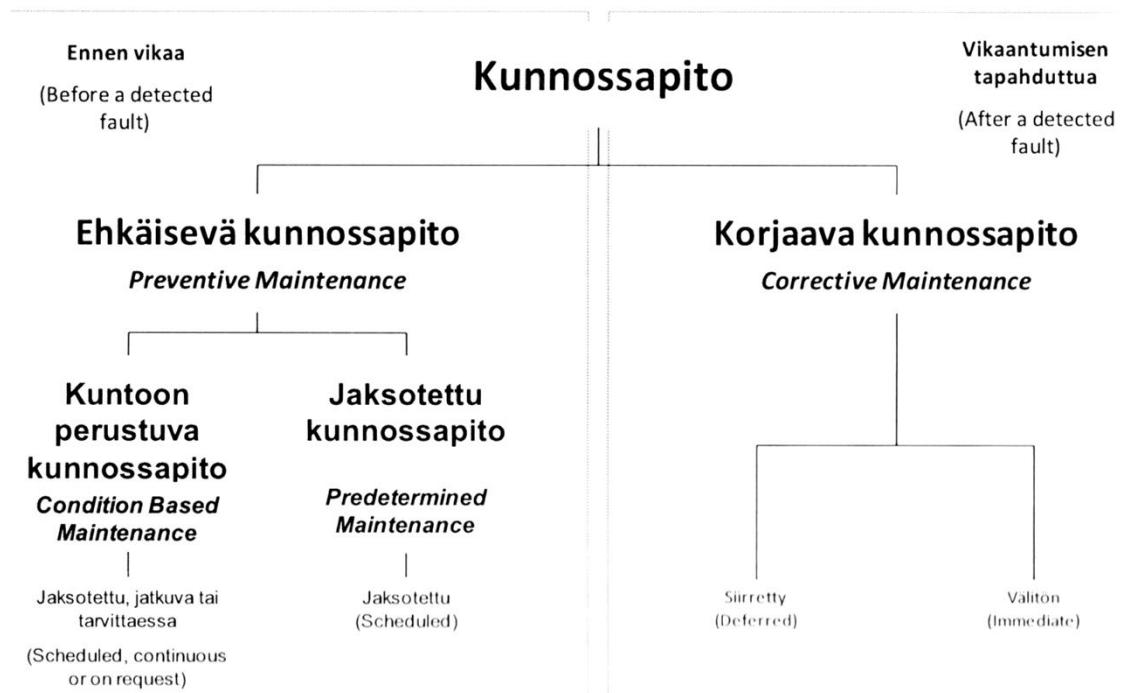


Kuva 4. Kustannusten jakautuminen laitteen eliniän aikana [1, s. 49.]

LCC-analyysin etuna on, että sillä voidaan verrata keskenään kohteita, joiden kustannustekijät painottuvat eri lailla. Ongelman LCC-analyysille muodostaa tuotantolaitteiden pitkä käyttöikä, jolloin käyttö- ja kunnossapitokustannusten luotettava arvio käyttöönsä loppuosalla on epävarmaa. Analyysin luotettavuuteen vaikuttavat lisäksi erinäiset indeksit, kuten palkat, materiaalien hinnat ja eri maiden valuuttakurssit. [1, s. 46–47.]

3 Kunnossapitolajit

Standardi SFS-EN 13306 jaottelee kunnossapitolajit ehkäisevään kunnossapitoon ja korjaavaan kunnossapitoon (kuva 5). Ehkäisevä kunnossapito pitää sisällään kaikkia niitä toimenpiteitä, joita suoritetaan ennen kuin vika pysäyttää kohteen. Korjaava kunnossapito nimensä mukaisesti tarkoittaa toimenpiteitä, joita tehdään yleensä vian pysäyttäneelle kohteelle. Ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon lisäksi jokapäiväisessä kunnossapitotoiminnassa voidaan havaita kolme muuta lajia: huolto, parantava kunnossapito ja vikojen ja vikaantumisien selvittäminen. [8, s. 47–49.]



Kuva 5. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 -standardin mukaan [8, s. 47.]

3.1 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito nimensä mukaisesti keskittyy kohteen korjaamiseen. Korjaava kunnossapito on joko häiriökorjausta, joka on suunnittelematon tai kunnostusta, joka on suunniteltua. Korjauksen lisäksi korjaava kunnossapito pitää sisällään vian määrittystä ja tunnistamista, vian paikallistamista ja väliaikaista korjausta. [8, s. 49.]

3.2 Huolto

Huolto käsitteenä tarkoittaa kohteen käyttöominaisuuksien ylläpitoa tai kohteen heikentyneen toimintakyvyn palauttamista siten, ettei vaurioita pääse syntymään. Huoltoa voidaan tehdä myös jaksotetusti. Huoltoon liittyvät toimet ovat mm. puhdistaminen, voitelu, huoltaminen, kalibrointi ja kuluvien osien vaihtaminen. Huolto ja ehkäisevä kunnossapito ovat eri asioita vaikka tehtävät ovat osittain päällekkäin. [8, s. 50.]

3.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito on kohteen toimintakyvyn ja luotettavuuden parantamista. Parantava kunnossapidossa voidaan ajatella olevan kolme ryhmää, jossa parantamista tapahtuu. Ensimmäisessä ryhmässä kohdetta voidaan muuttaa korvaamalla kohteen komponentteja tai osia uudempaan kuin alkuperäiset. Toisessa luokassa kohdetta voidaan uudelleensuunnittelulla tai erinäisillä korjauksilla parantaa siten, että kohteen käyttövarmuus paranee. Kolmas ryhmä pitää sisällään kohteen modernisoinnit, joilla taataan tehokkaampi tuotanto. Modernisoinnit ovat yleensä vanhempien laitteiden tai koneiden ”virittämistä”. Ei ole aina välttämättä kannattavaa uusita kohdetta, mikäli vanhassa on elinkaarta jäljellä. Modernisointi tehdään yleensä laitteille ja koneille samalla kun tuotantoprosessia muutetaan. [8, s. 51.]

3.4 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito on yksi kunnossapidon osa-alue, missä kunnossapito tapahtuu koneen ollessa käynnissä, suunnitellussa seisokissa tai häiriöseisokin yhteydessä [14, s. 34.]. Tarkoituksena on vähentää kohteen vikaantumista tai toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä, elikkä se on aikataulutettua tai jatkuvaa. Tyypillisiä ehkäisevän kunnossapidon toimintamenetelmiä ovat ennakkohuollot, kunnonvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. [8, s. 50.]

3.5 Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen

Järviön mukaan vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei toistaiseksi mielletä kunnossapidoksi. Vikojen ja vikaantumisten selvittämistä ei käsitellä myöskään kunnossapitostandardeissa. Tavanomaisimmat selvitysmenetelmät ovat vika-analyysin teko, vikaantumisen selvittäminen, juurisyyn selvittäminen, materiaali- ja suunnitteluanalyysit. [8, s. 51.]

Vikojen ja vikaantumisten selvitystyö on erittäin tärkeää, kun mietitään kunnossapitoresursseja ja kustannuksia. Esimerkiksi juurisyynanalyysissä pyritään selvittämään miksi kohde ei kestä tai vikaantuminen on toistuvaa. Selvitystyön tulosten perusteella voidaan ryhtyä toimenpiteisiin, jotka voivat johtaa suuriin säästöihin.

Säästöt koostuvat kunnossapidon henkilöresurssien tehokkaammasta käytöstä, tuotantovarmuudesta sekä varaosalaitteiden ja koneiden hankinnoista. Jokaista vikaa tai vikaantumista ei ole järkevää selvittää. Tämä kunnossapitolaji on aliarvostettu ja sen tärkeyteen tulee kiinnittää kunnossapito yrityksissä enemmän huomiota.

4 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito on määritetty kahdella eri tavalla. SFS-EN 13306 -standardi määrittelee ehkäisevän kunnossapidon siten, että ehkäisevää kunnossapitoa tehdään tietyin väliajoin tai asetettujen kriteereiden täytyessä. Tavoitteena on vähentää laitteen rikkoutumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn alentumista. PSK 6201 -standardi määrittää ehkäisevän kunnossapidon siten, että ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, estetään vaurioiden syntymistä tai palautetaan alentunut toimintakyky ennen vian syntymistä. [8, s. 72.]

Tutkiessani ehkäisevän kunnossapidon määritelmää huomasin, että molempien standardien näkemyksiä asiasta sovelletaan. SFS-EN 13306 -standardi määrittää ehkäisevän kunnossapidon suppeasti, kun taas PSK 6201 -standardi määrittää ehkäisevän kunnossapidon konkreettisemmin. Molemmat standardit ovat oikeassa mutta jokapäiväisessä työssä liikutaan standardien määrittelyn välimaastossa.

Oma näkemykseni ehkäisevästä kunnossapidosta on laitteen tai koneen rikkoutumisen estäminen. Tämä tarkoittaa tasaisin väliajoin tehtäviä mittauksia ja ennakko- ja huoltoja koh-

teelle. Kun puhutaan ehkäisevästä kunnossapidosta, kuulee termistä käytettävän myös määritelmää ennakoiva kunnossapito, joka tarkoittaa hieman eri asiaa.

Ennakoiva kunnossapito perustuu koneen tai laitteen elinkaaren aikana tehtäviin kunnonvalvonnan mittauksiin. Tietyn väliajoin tai määräaikaan sidotulla tarkastuksilla pyritään löytämään vika, ennen kuin toiminta laitteella tai koneella loppuu. Tällä tavalla saadaan suuria kustannussäästöjä. Ennakoinnilla saadaan minimoitua suunnittelematomia seisokkeja, joka vähentää tuotannon menetyksiä. Lisäksi ennakointi vähentää kunnossapidon kokonaiskustannuksia. [2]

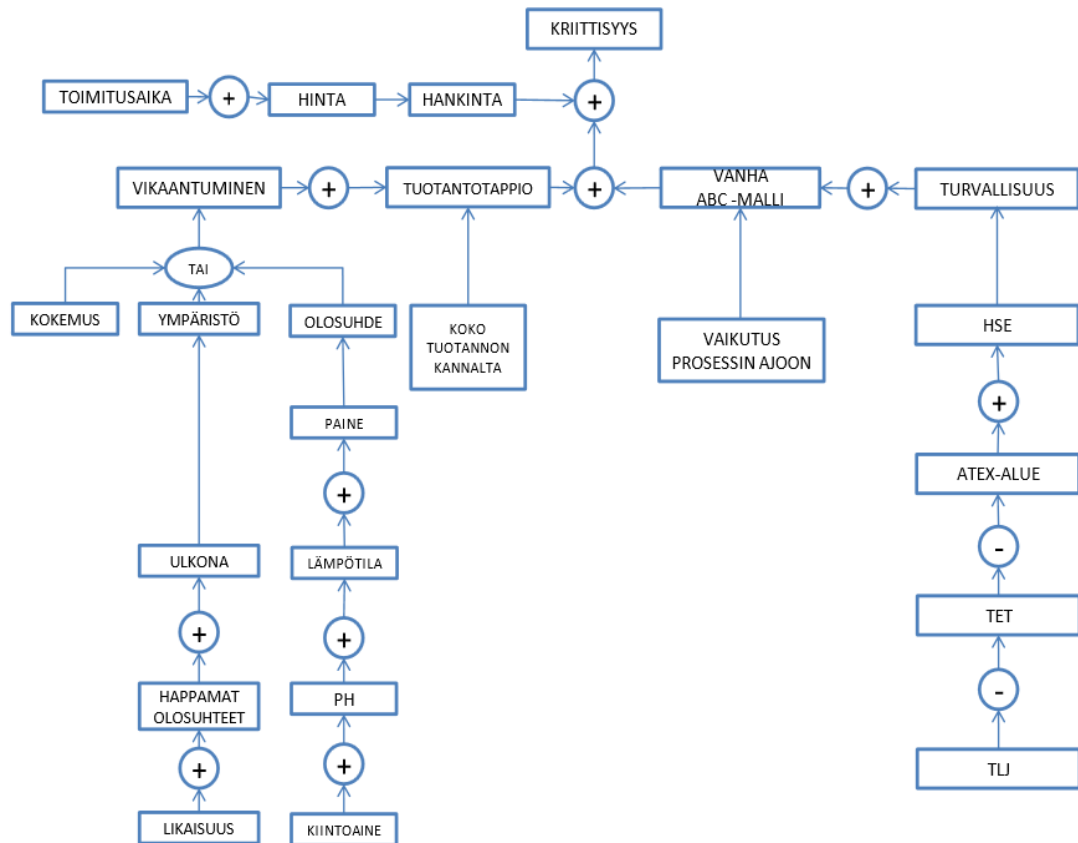
4.1 Ennakkohuolto

Ennakkohuolto on osa ehkäisevää kunnossapitokokonaisuutta, jolla pyritään estämään laitteen tai koneen yllättävä hajoaminen sekä takaamaan kohteelle mahdollisimman pitkä käyttöikä. Ennakkohuoltojen suunnittelussa on tärkeää määrittää koneen tai laitteen oikea huoltohetki siten, ettei huoltoa suoritetaan liian aikaisin tai liian myöhään. [11] Kohteen ennakkohuolto pitää sisällään visuaalisen tarkastelun, voiteluhuollon, tarvittavat kiristämiset ja puhdistukset [17].

Laitteiden ennakkohuollon ajankohta on järkevää optimoida. Tällä tavalla saadaan aikaiseksi kustannussäästöjä. Ennakkohuoltojen ajoitus voi olla uudessa tuotantolaitoksessa haastavaa laitteiden pienen käyttö- ja huoltohistorian vuoksi. Laitteen toimintapaikka vaikuttaa olennaisesti ennakkohuoltojen määrään. Kaksi samanlaista laitetta voivat vaatia täysin eri määrän puhdistusta tai rasvausta, jolloin ennakkohuoltosuunnitelma ja toimenpiteet tulee olla laitekohtaisia. [17]

4.2 Kriittisyysluokittelu

Kriittisyysluokittelu on laitteen tai koneen tärkeyttä kuvaava luokittelu. Kriittisyysluokittelulla asetetaan tuotantolaitteet tärkeysjärjestykseen, jolla priorisoidaan kunnossapitoresursseja kuten ennakkohuoltoja ja varaosavarastoja. Niemi on määritellyt opinäytetyössään laitteen kriittisyyden koostuvan kriittisyysvuokaavion mukaan (kuva 6). Nämä tekijät pisteyttämällä saadaan laitteelle kriittisyysarvo, joka voi olla numeerinen tai prosentuaalinen luku. Kun lähdetään arvioimaan laitteen kriittisyyttä, tulee arvioijilla olla alansa ammattitaidon lisäksi tarpeeksi tietämystä ja työkokemusta laitteista ja tuotantoprosessista. [9]



Kuva 6. Kriittisyysvuokaavio [9]

Uimaharjussa Efora Oy:ssä laitteiden kriittisyysluokittelu on kuvattu ABC-luokittelulla. Tuotantolaitteet jaotellaan kolmeen luokkaan turvallisuuden, ympäristön, laadun, käyntiajan ja kustannusten perusteella. ABC-luokittelulla on vaikutusta häiriötilanteiden ratkaisun kiireellisyyteen, ennakkohuoltosuunnitelmien sisältöön ja huoltoväliin sekä varaosastrategiaan. [3]

ABC-luokituksessa A-luokan laitteet ovat tärkeimmät ja kriittisimmät tuotannon tai turvallisuuden kannalta. A-luokan laitteen hajoaminen johtaa koko tuotantoprosessin alasajoon tai lievemässä tapauksessa jonkun tuotantoprosessin osan alasajoon. [9] A-luokan laitteelle on tuotantoalueella varattu varaosat varastoon, jolloin yllättävän laiterikon sattuessa päästään mahdollisimman nopeasti vaihtamaan vialliset osat ja jatkamaan tuotantoa. Eräät laitteet ovat luokiteltu A-luokan laitteiksi niiden aiheuttaman työturvallisuusriskin vuoksi, vaikka ne eivät vaikuta suoranaisesti tuotantoon tai laatuun. [16]

B-luokan laitteet eivät välttämättä vaikuta välittömästi tuotantoon tai laatuun mutta tietyn ajan kuluttua laiterikon vaikutukset alkavat näkyä. B-luokan laitteille ei normaalisti ole varaosia varastossa mutta laitekohtaisia poikkeustapauksia löytyy Uimaharjussa.

Esimerkiksi B-luokan laitteen varaosat voivat käydä A-luokan laitteeseen, jolloin on järkevää pitää varaosia varastossa. Tästä syystä ABC-luokitus tehdään toimintopaikka-kohtaisesti. [17]

C-luokan laitteet ovat kunnossapidon näkökannasta RTF-laitteita, joille ei voiteluhuoltoa enempää kannata tehdä kustannussyistä. RTF-laitteilla ajetaan häiriöön asti, jonka jälkeen suoritetaan laitteen huolto tai se vaihdetaan uuteen. C-luokan laite voidaan korjata etukäteen tai ottaa ennakkohuollon piiriin, mikäli se aiheuttaa ympärillä oleville laitteille tai kiinteistöille ongelmia, joita ei ole kriittisyysluokittelussa huomioitu. [17]

4.3 Ennakkohuollon suunnittelu

Ennakkohuoltojen suunnittelussa lait ja asetukset asettavat säännöt mm. huoltoväleihin ja huoltotapoihin. Viranomaiset ovat määränneet tietyn väliajoin tarkastettavaksi nostolaitteet, nosto-ovet, hissit, paloilmoituslaitteet, vahvavirtalaitteet ja turvalaitteet. [11] Lait ja asetukset koskevat myös tuotantolaitoksissa painelaitteita, kuten tietyt säiliöt ja voimalaitoskattilat [17].

Laittevalmistajilta saadaan ennakkohuoltoja suunniteltaessa laitteen huolto-ohjeet. Mikäli uusi laiteinvestointi on kyseessä, ennakkohuollot tulee tehdä orjallisesti laitetoimittajan ohjeiden mukaan. Tällä turvataan laitetakuun säilyminen. Uimaharjussa eri laitteiden laitekohtaiset ennakkohuollot niputetaan ennakkohuoltosuunnitelmiksi, jolloin saadaan sisäistä tehokkuutta parannettua. Laitteiden kriittisyysluokittelu määrää ennakkohuollon sisällön ja laitteen huoltovälin (kuva 7). [17]

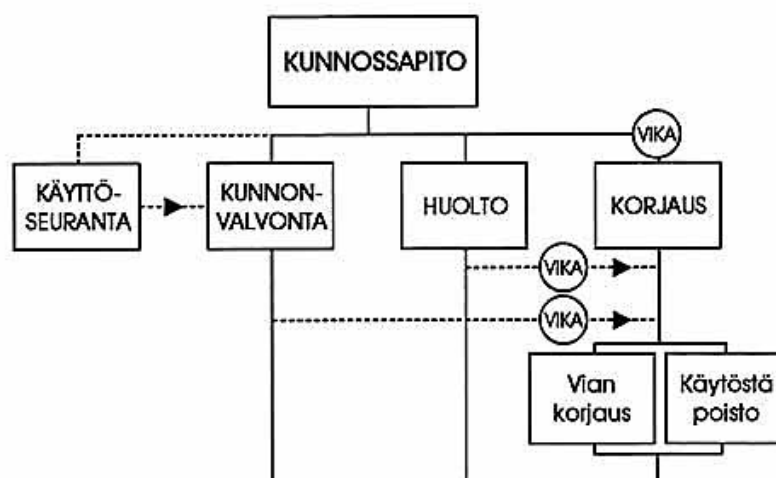
Kriittisyysluokka A	Kriittisyysluokka B	Kriittisyysluokka C
❖voiteluhuolto	❖voiteluhuolto	❖voiteluhuolto
❖kunnonvalvontamittaukset	❖kunnonvalvontamittaukset	
❖määräaikaishuolto	❖tarvittaessa määräaikaishuolto	
❖tarvittaessa erilaiset analyysit (VVA, elinkaari-analyysi jne.)	❖tarvittaessa erilaiset analyysit (VVA, elinkaari-analyysi jne.)	❖RTF (Run To Failure) = ajetaan häiriöön asti
❖ <u>käynnissäpito</u> (TPM)	❖ <u>käynnissäpito</u> (TPM)	❖ <u>käynnissäpito</u> (TPM)

Kuva 7. Kriittisyysluokittain tehtävät huoltotoimenpiteet [15]

4.4 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on osa ehkäisevää kunnossapitoa ja liittyy monella tapaa yrityksen muihinkin toimintoihin. Kunnonvalvonnalla kerätään olennaisia tietoja laitteista jotka vaikuttavat investointeihin, itse laitteiden käyttöön sekä kunnossapidon muihin osaluoksiin. Tällä tavoin vaikutetaan suoraan yrityksen kannattavuuteen. [10, s. 11.]

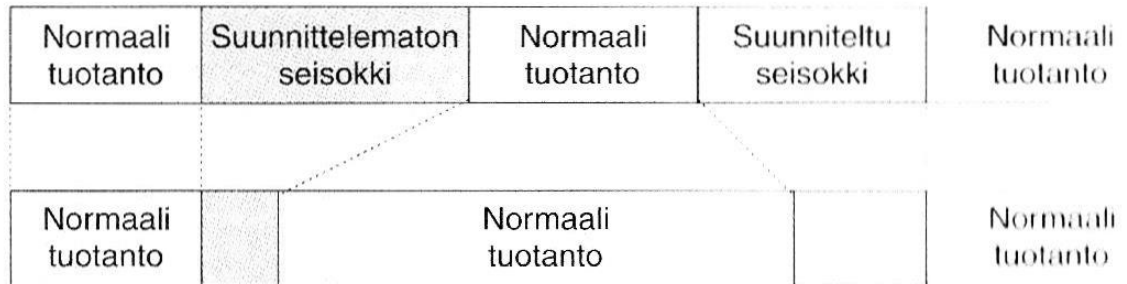
Kunnonvalvonta seuraa laitteiden kuntoa tasaisilla sykleillä. Näin ollen voidaan ennakoita alkavat laiterikot ja alkaa suunnitella korjaustoimenpiteitä. Kunnonvalvonta toimii eräänlaisena tuntoelimenä tuotannon ja kunnossapidon välissä (kuva 8). [17]



Kuva 8. Kunnossapidon jako [12]

Kunnonvalvonta tuottaa lisäarvoa laitteiden käyttäjille siten, että laitteelle voidaan mm. kertoa turvallinen käyttöaika ja mahdollisia ajo-ohjeita. Kunnossapidon näkökannalta taas kunnonvalvonnalta saadaan tietoa huolto- ja korjaustarpeista sekä varaosa tarpeista etukäteen ennen laiterikkoa. Kunnonvalvonnalla saadaan lisättyä merkittävästi tuotannon luotettavuutta ja suuria säästöjä (kuva 9). [10, s. 11–12.]

Ilman kunnonvalvontaa

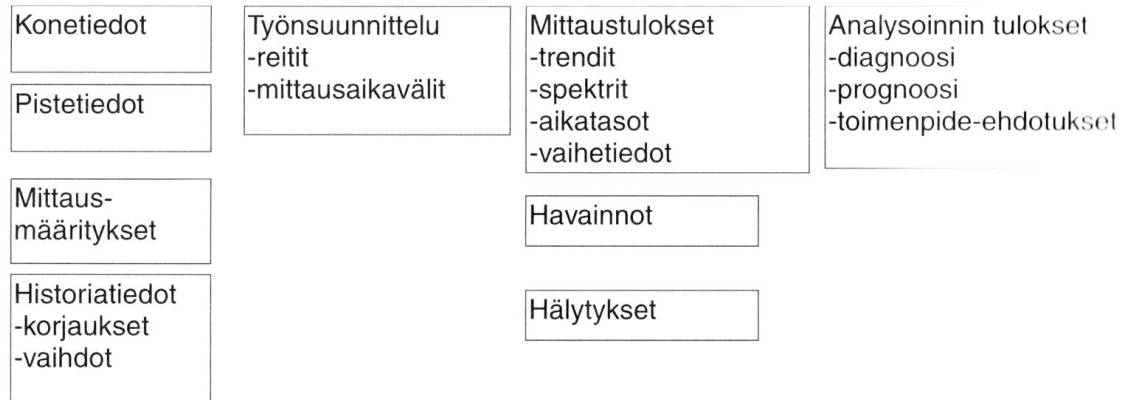


Kunnonvalvonnan avulla

Kuva 9. Tuotantoajan lisääminen kunnonvalvonnan avulla [10, s. 12.]

Kunnonvalvontaa voidaan toteuttaa ihmisten toimesta myös automaatiolla. Automaattista kunnonvalvontaa käytetään erittäin kriittisissä ja kalliissa tuotantolaitteissa. Automaattinen kunnonvalvonta mittaa laitetta reaaliajassa ja kertoo välittömästi havaitut poikkeamat. Tällä tavalla saadaan esimerkiksi ajettua kriittinen laite välittömästi alas, mikäli automaattisen mittauksen raja-arvot ylittyvät. Kun tuotantolaitte saadaan ehjänä ajettua alas, voidaan analysointi ja korjaustyöt aloittaa ilman suuria taloudellisia tappioita. Tällaisia mittauksia voi olla mm. värähtelymittaukset ja akseleiden siirtymämittaukset. [17]

Kriittisyysluokittelu vaikuttaa kunnonvalvonnan mittauskohteisiin. Mitä kriittisempi laite, sen enemmän pitää kunnonvalvonnan suorittaa mittauksia kohteelle. Mittaustarpeisiin vaikuttaa kohteen huollettavuus, varaosien saatavuus, luoksepäästävyys, ympäristöolosuhteet, käyttöolosuhteet, häiriöherkkyys, pyörimisnopeus ja laitteen käyttöteho. Tästä syystä kunnonvalvontatoiminnan vaiheet määräytyvät laitekohtaisesti (kuva 10). [10, s. 33.]



Kuva 10. Kunnonvalvontatoiminnan jako elementteihin [10, s. 14.]

Kunnonvalvonnan mittautapa on laitekohtainen. Automaattiset kunnonvalvontamittaukset hoitavat erilaiset anturit tuotantolaitteessa. Puoliautomaattiset mittaukset koostuvat laitteeseen asennetuista antureista, kaapeleista sekä liitäntäyksiköistä, joihin tulee liittää kannettava mittauslaite. Täysin manuaaliset mittaukset hoidetaan kannettavilla mittalaitteilla, joihin tallennetaan mitattu data. Mittalaitteesta puretaan tietokoneelle mittalaittevalmistajan analysointiohjelmaan mitattu data, jota analysoimalla havaitaan mahdolliset alkavat laiteviat. [10, s. 35.]

Eräs kunnonvalvonnan mittausmenetelmä on värähtelyn kokonaistason mittaus, joka soveltuu esimerkiksi puhaltimien mittaukseen. Lisäksi vierintälaakereille voidaan suorittaa iskusysäysmittaus ja sähkömoottoreille spektrianalyysi. Koska tuotantolaitokset pitävät sisällään erilaisia laitteita, yksi mittausmenetelmä tai mittauslaite ei sovi kaikille laitteille. Kun tiedetään laitteen konetiedot ja mittausmääritykset, voidaan valita laiteelle oikea mittausmenetelmä. [10, s. 36.]

Kunnonvalvonnan mittausreitit suunnitellaan mittausmenetelmän ja tuotantolaitteen perusteella. Riippuen mittauslaitteesta, tehokkuuden kannalta on järkevää mitata samalla kertaa kaikki laitteet osastolta, johon mittalaite käy. Mittausaikaväli on toinen asia, jota on syytä tarkastella. Mittausaikaväliin vaikuttaa kuinka herkkä laite on vikaantumaan sekä vaurioiden kehittymisnopeus. Mittausreittien suunnitteluun ja mittausaikaväliin olennaisesti vaikuttaa laitteelle tehty kriittisyysluokittelu. Mittauksia tulee suorittaa kohteille niin usein, ettei ennakoiduista vioista pääse muodostumaan laitevaurioita. [10, s. 37.]

Mitä aikaisemmin kunnonvalvonta on saanut mittausten analysoinnissa kiinni alkavan laitevian, sitä enemmän on aikaa kunnossapitotöiden suunnitteluun. Kun laitekohtaisen mitatun datan arvot alkavat olla nousujohteiset ja raja-arvojen yläpuolella, analysointi ohjelmat antavat hälytyksen, jolloin voidaan reagoida alkavaan laitevikaan. Kunnonvalvonta antaa impulssin kunnossapidon muille osastoille, joka ottavat kohteen tarkasteluun ja huollettavaksi. Kunnonvalvonnalle on erittäin tärkeää saada palautetta diagnoosien onnistumisesta ja aikaan saaduista kustannussäästöistä. Tämä auttaa kunnonvalvojia kehittymään ammatissaan ja tuo mittaus- ja analysointivarmuutta. [10, s. 43–45.]

5 Kunnonvalvonnan mittausmenetelmät

Kunnonvalvonnalla on useita mittausmenetelmiä ja mittauslaitteita eri laitteille. Menetelmät ja varsinkin mittauslaitteet ovat kehittyneet vuosien saatossa. Vaikka kunnonvalvontaan on tullut ajan saatossa avuksi mittausvälineitä, täytyy mittaajan luottaa omiin aisteihinsa. Yleisimmät mittausmenetelmät ovat ihmisaistien lisäksi värähtelymittaus, joka on ylivoimaisesti tunnetuin ja eniten käytetty. Ultraääneen perustuva mittaus, jolla voidaan havaita paineilmapuodot ja lämpökuvaus, joka mahdollistaa lämpötilaeromittaukset. [15]

5.1 Aistit

Ennen vanhaan kunnonvalvojat mittasivat koneita pelkästään omien aistiensa varassa. Pyörivien laitteiden laakereita kuunneltiin puukepillä ja moottoreiden sekä laakeripesien lämpötilaa tunnusteltiin jaloilla ja käsillä. Lisäksi tietyn kohteen kuntoa voitiin arvioida lopputuotteen visuaalisesta ilmeestä. Tekniikan kehittyessä aisteja on saatu tukemaan mittauslaitteita, jotka varmistavat aisteilla havaitut poikkeamat kohteissa. [10, s. 13.]

5.2 Värähtelymittaus

Värähtelymittauksella valvotaan pyöriviä laitteita ja niiden laakereita. Mittaus kertoo, mikä osa laitteesta värähtelee poikkeavasti, mikäli epänormaalia värähtelyä esiintyy. Värähtelymittauksella saadaan kiinni mm. alkavat laakeriviat, käyttöakselin epätasapaino tai linjausvirhe, löystyneet alustakiinnitykset sekä pumpun kavitoimiset. Värähtely-

mittauksista ei saada suurta lisäarvoa, mikäli mittausdataa ei kirjata ylös ja sitä ei osata tulkita oikein. [10, s. 18–19.]

5.3 Ultraäänimittaus

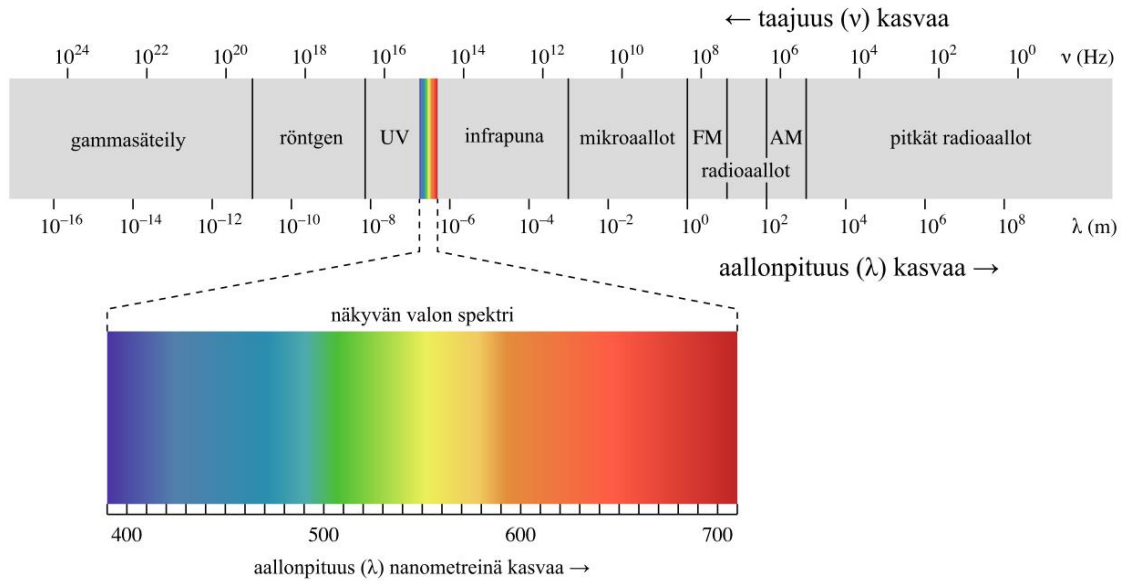
Mittauksissa ultraäänen lähde on vuotokohdan virtauskohina. Mittaaminen ultraäänimittarilla perustuu mittaajaan saamaan kohina ääneen, jota mittaaja analysoi oman kuuloaistin varassa. Käytännössä kartoitetaan eri kohteiden tiiveys ja mahdolliset vuodot. [13]

Ultraäänimittari koostuu mikrofonista ja signaalinkäsittelylaitteesta. Ultraäänimittari muuttaa ihmiskorviin kuulumattoman ultraäänikohinan sopivalle taajuusalueelle niin, että se voidaan ihmiskorvalla kuulla. Ultraäänimittaus sopii paineilmapuotojen kartoittamiseen, toimilaitteella ohjattujen venttiileiden kunnonvalvontaan, värähtelymittauksiin sekä lauhteenpoistajien toimivuuden kartoittamiseen. [13]

5.4 Lämpökuvaus

Lämpökuvaus sopii kohteisiin, joista voidaan havaita lämpötilaeroja. Kaikki objektit, jotka ovat lämpötilaltaan yli absoluuttisen nollapisteen (-273 °C), lähettävät lämpösäteilyä. Lämpökuvausta tehdään kiinteistöjen kunnonvalvonnassa sekä teollisuudessa mekaanisille ja sähköisille laitteille. Lämpökuvauksissa käytettävät lämpökamerat vastaanottavat mitattavista objekteista eri lämpöistä lämpösäteilyä. Tästä syystä kuvattavat objektit näkyvät räikeinä värikuvina kamerassa. [6]

Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä, joka kulkee valonnopeudella. Lämpösäteily eli infrapunasäteily on ihmissilmälle näkymätön mutta tunnemme sen vaikutuksen iholla (kuva 11). Infrapunan aallonpituus on suurempi kuin näkyvällä valolla, jonka takia emme näe säteilyä. [7]



Kuva 11. Sähkömagneettisen säteilyn spektri [19]

Lämpö eli lämpöenergia johtuu kappaleiden välillä, jolloin lämpöenergia virtaa kuumasta kylmempään päin. Fysiikan lait osoittavat, että lämpötilat pyrkivät tasoittumaan. Lämpöenergian johtuminen tarvitsee aina väliaineen siirtyäkseen aineesta toiseen. [18, s. 449–450.]

Lämpösäteily siirtyy sähkömagneettisen aallon avulla, jolloin se ei tarvitse väliainetta liikkuaakseen. Lämpösäteily heijastuvat esimerkiksi hyvin valkoisesta lämmityspatterista huoneilmaan. Lämpöpatteri tässä tapauksessa emittoi lämpöenergiaa, eli lähettää sitä huone ilmaan. Jos lämpöpatterin edessä pidetään verhoa, siihen absorboituu lämpöenergiaa eli verhoon imeytyy lämpöenergiaa. Jokaiselle materiaalille on oma emissiivisyyskerroin. Emissiivisyyskerroin ilmaisee, kuinka hyvä lämpösäteilijä ja vastaanottaja materiaali on. Emissiivisyyskerroimen numeerinen arvo 0–1 välillä. [18, s. 461–462.]

6 Lämpökamera ja parametointi

Opinnäytetyössäni käytin Flir E50 mallin lämpökameraa, joka on tarkoitettu sähkö- ja mekaanisten laitteiden lämpötilaeromittauksiin. Flir E50 -lämpökameraan voidaan vaihtaa erikokoisia objektiiveja, joilla lämpötilaeroja voidaan mitata kaukana sijaitsevista kohteista. Flir E50 mahdollistaa myös videolämpökuvauksen, jossa nähdään lämpötilaerojen vaihtelu reaaliajassa. Lämpökamera sopii eräänä mittausmenetelmänä erinomaisesti ennakkohuoltoihin ja kunnonvalvonnan työkaluksi. [5]

6.1 Mittausparametrit

Ennen lämpökuvaamista kamera tulee parametroida mitattavan kohteen perusteella. Kameran parametointi on järkevin aloittaa mittausparametreista (kuva 12). Mittausparametrien säätämisessä kolme olennaisinta parametria ovat emissiivisyys, etäisyys sekä ilman lämpötila. Kuvia ottaessani huomasin näiden kolmen parametrin vaikuttavan ratkaisevasti kameran ilmoittamaan kohteen pintalämpötilaan.



Kuva 12. Kameran asetusvalikko

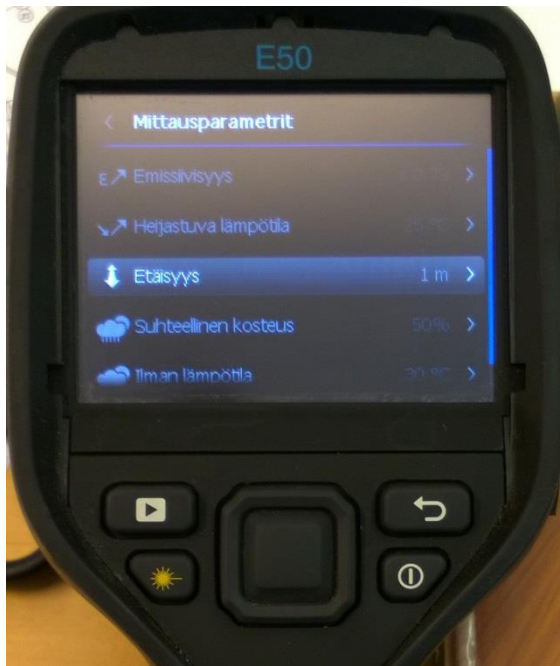
Emissiivisyys tulee valita mitattavan kohteen pinnan mukaan (kuva 13). Helpoin tapa määrittää emissiivisyyskerroin, kun tiedetään onko pinta kiiltävä, puolikiiltävä vai matta. Emissiivisyyskerroin voidaan määrittää myös mitattavan kohteen pintamateriaalin mukaan. Emissiivisyys kerroin määrittää mitattavan kappaleen säteily määrän suhteessa mustaan kappaleeseen. [4]

Heijastuva lämpötila on se lämpötila, joka heijastuu ympäristön objekteista kameraan (kuva 13). Tällä hienosäädetään kameralla mitattavan objektin mitattua lämpötilaa. Jos mittaaaja ei osaa arvioida tai tiedä heijastuvaa lämpötilaa, on syytä pitää lämpötila-arvo valmistajan määrittämässä suositusarvossa (20 °C). [4]

Etäisyys kertoo kuin pitkä välimatka mittaaajan ja mitattavan objektin välillä on (kuva 13). Mittaaajan on arvioitava etäisyys jokaiselle mittauskohteelle erikseen, sillä se vai-

kuttaa olennaisesti mittauksesta saatavaan lämpötilaan. Etäisyys parametroidaan metrin tarkkuudella. [4]

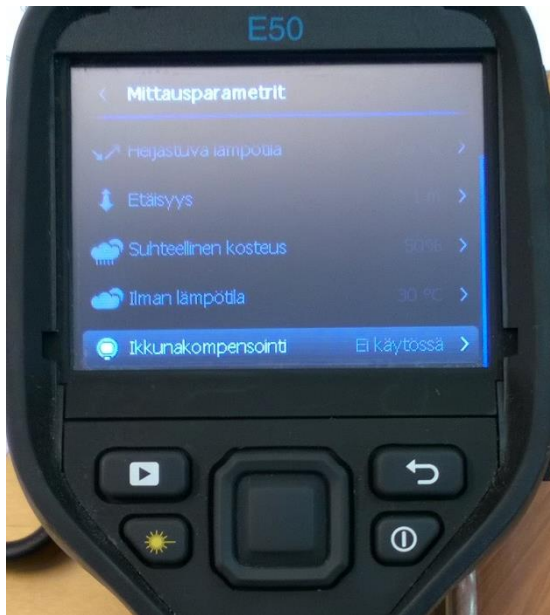
Suhteellinen kosteus määrittää kameran ja kuvattavan objektin välisen ilmankosteuden (kuva 13). Tätä parametria säätäessä on otettava huomioon vuodenaika sekä mittauspaikka. Jos mittaajalla on vaikeuksia säätää tätä arvoa, kannattaa käyttää valmistajan suositusarvoa (50 %). [4]



Kuva 13. Mittausparametrit (1/2)

Ilman lämpötila -parametriin tulee asettaa kuvaajan ja kuvattavan kohteen välillä vallitseva lämpötila (kuva 14). Ilman lämpötila on arvioitava sään ja kuvauspaikan mukaan. Mikäli mittaaja ei osaa määrittää tarpeeksi tarkasti ulkolämpötilaa, on syytä käyttää valmistajan antamaa suositusarvoa (20 °C). [4] Sellutehtaassa sisälämpötila voi heitellä 15 °C – 40 °C välillä. Tämän parametrin säätäminen on tärkeää, koska se vaikuttaa olennaisesti kohteesta mitattuun lämpötilaan.

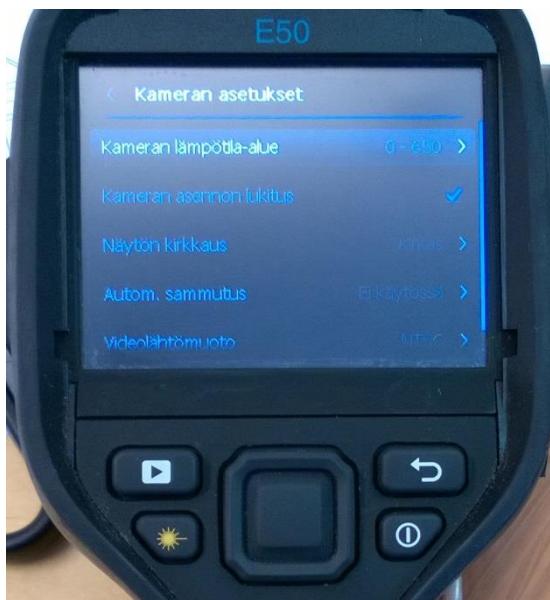
Ikkuna kompensointia käytetään silloin, kun kameran ja mitattavan kohteen välissä on suojaikkuna (kuva 14). Parametrilla asetetaan korjauskerroin, jolloin saadaan kohteesta mitattuun lämpötilaan tarkkuutta. Jos suojaikkunaa ei ole kuvaskohteen ja kameran välissä, tätä asetusta ei käytetä. [4]



Kuva 14. Mittausparametrit (2/2)

6.2 Kameran parametrit

Mittausparametrien asettelujen jälkeen täytyy itse lämpökameran asetuksia muokata. Kameran asetukset löytyvät päävalikon alta, josta määritetään lämpötila-alue ja kuvan tallennusasetukset (kuva 15).



Kuva 15. Kameran asetukset

Lämpötila-alue määritetään sillä perusteella, paljon mitattava kohteen maksimi lämpötila on. Flir E50 lämpökamerassa lämpötila-alueet ovat -20 °C – 120 °C tai 0 °C – 650

°C. Jos mitattava kohde on kuumempi kuin lämpötila-alueella maksimilämpötila, kamera näyttää virheellisiä lämpötiloja kohteesta. On myös relevanttia tallentaa erillinen valokuva lämpökuvan lisäksi analysointia varten. Tämä tapahtuu kameras tallennusasetusta muuttamalla (kuva 16).



Kuva 16. Erilliskuvan tallennus

Näiden perusasetusten määrittämisen jälkeen, kameras on käyttövalmis kohteiden lämpökuvaukseen. Kohteita kuvatessa mittajaan täytyy lämpökuvan analysointia varten tietää millaista lämpötilaa haluaa seurata ja millaisilla väreillä lämpökamera näyttää kuvattavan kohteen lämpötilaerot. Esimerkiksi lämpökamera voidaan asettaa mittaamaan kohteesta minimilämpötila tai maksimilämpötila. Lisäksi on mahdollista valita yksittäispiste mittaus ja kolmipistemittaus. Lämpökameras näytön värit voidaan määrittää kuvattavan kohteen mukaan. Kohteita kuvatessa on syytä käyttää sopivaa väriskaalusta, koska se helpottaa kuvan analysointia (kuva 17).



Kuva 17. Mittaustapavalikko ja kameran näytön värivalikko

7 Kuvauskohteet sellutehtaassa

Lämpökameran asetusten tutkimisen ja määrittämisen jälkeen aloin etsiä hyviä kuvauskohteita, joita voidaan jatkossa mitata ennakkohuolloissa tai kunnonvalvonnassa. Löysin viisi erinomaista kohdetta, jotka sopivat lämpökameralla kuvattaviksi. Pelkästään kuvauskohteita metsästämyllä saatiin kiinni alkavia laitevikoja ja parannettiin kunnossapidon työturvallisuutta.

7.1 Soodakattilan höyrylinjat ja venttiilit

Soodakattilalla on paljon höyrylinjoja ja venttiileitä, joissa höyryn lämpötila vaihtelee satoja asteita riippuen soodakattilan osasta. Kuumin höyry virtaa tulistetussa korkeapainehöyrylinjassa, jossa höyryn lämpötila on yli 450 °C. Välipainehöyrylinjassa höyryn lämpötila on n. 180 °C ja matalapainehöyrylinjassa n. 150 °C. Uimaharjun sellutehtaassa soodakattila sisältää paljon käsiventtiileitä, jotka ovat vuosikymmeniä vanhoja. Vuotavat venttiilit näkyvät erittäin selvästi (kuva 18).



Kuva 18. Vuotavat höyryventtiilit soodakattilalla

Korkeapainehöyry on vaarallista, koska sitä ei ihmissilmällä näe. Työturvallisuuden kannalta on erittäin tärkeää, että korkeapainehöyrylinjassa venttiilit pitävät (kuva 19). Lisäksi vuotavat venttiilit lisäävät energiahukkaa ja saattavat vaikeuttaa tuotantoprosessia. Lämpökameralla kuvaamani vuotavat venttiilit on tarkoitus vaihtaa pitäviin venttiileihin vuosiseisokissa.



Kuva 19. Korkeapainehöyrylinjan pitävät venttiilit

Kuvatessani soodakattilan venttiileitä ja putkilinjoja, löysin kuvan 19. venttiileiden lisäksi kolme muuta venttiiliä soodakattilalta, jotka vuotivat. Vuotavista venttiileistä tehtiin häiriöilmoitukset, jotka merkittiin vuosiseisokkityöksi. Hyötynä saavutettiin energiasäästöä ja kunnossapidon kannalta suunnitelmallinen venttiileidenvaihto.

7.2 Säiliöiden nestepinnat

Sellutehtaassa voidaan lämpökameralla helposti todentaa säiliöiden nestepinta. Sellutehtaassa yleensä kaikki tuotantoprosessin nesteet ovat kuumia, jolloin neste luovuttaa enemmän lämpösäteilyä kuin säiliöiden seinämät. Jos säiliöiden automaattinen pinnanmittaus alkaa heitellä, nestepinta voidaan lämpökameralla varmistaa (kuva 20). Ongelmana mittauksen kannalta on eristeet ja vuoraukset. Useimmat säiliöt ja putkistot ovat eristetty villalla ja vuorattu pellillä, jonka takia kiiltävät metallipinnat heijastavat ympäristöstä enemmän lämpösäteilyä kuin lähettävät sitä itse.



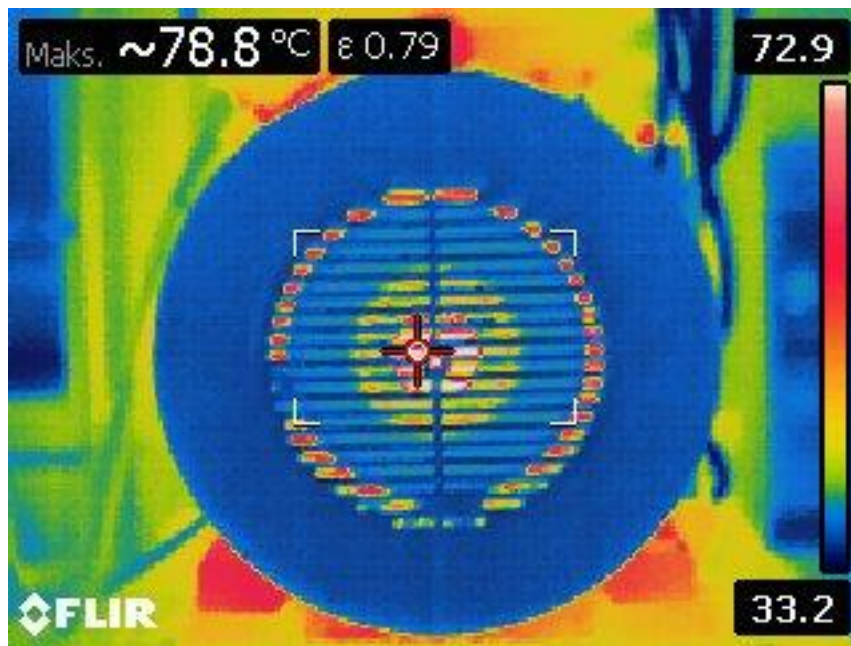
Kuva 20. Suodossäiliön nestepinta

Lämpökameran hyödyt tulevat esiin tässä tapauksessa siten, että voidaan todeta automaatiomittauksen paikkansapitävyys sekä estetään mahdollinen säiliön tarkoitukseton täyttyminen. Pahimmassa tapauksessa säiliön täyttyminen ajaa tuotantoprosessin alas, mikäli pinnanmittaus ei toimi oikein.

7.3 Sähkömoottoreiden vapaan pään laakerit

Sellutehtaassa on paljon sähkömoottoreita, joiden työolosuhteet vaihtelevat erittäin paljon. Kuumissa ja pölyisissä paikoissa toimivat sähkömoottorit ovat lyhytikäisiä laakereiden ja sähköisten komponenttien osalta. Ne sähkömoottorit, jotka pyörivät inhimillisessä toimintaympäristössä, kestävät erittäin pitkään. Lisäksi sähkömoottorin ja muiden pyörivien laitteiden laakereiden käyttöikään vaikuttaa voiteluaine eli rasva. Sähkömoottorin toimintahäiriön yleisin syy on laakerivika.

Lämpökameralla saadaan hyvin kuvattua vapaan pään laakerin lämpötila, joka kertoo missä kunnossa laakeri on. Vapaan pään laakerin käyttölämpötila on 50 °C – 80 °C. Jos laakerin lämpötila on korkeampi, alkaa rasvojen voiteluominaisuudet kärsiä, josta seuraa laakerin ennenaikainen hajoaminen (kuva 21).



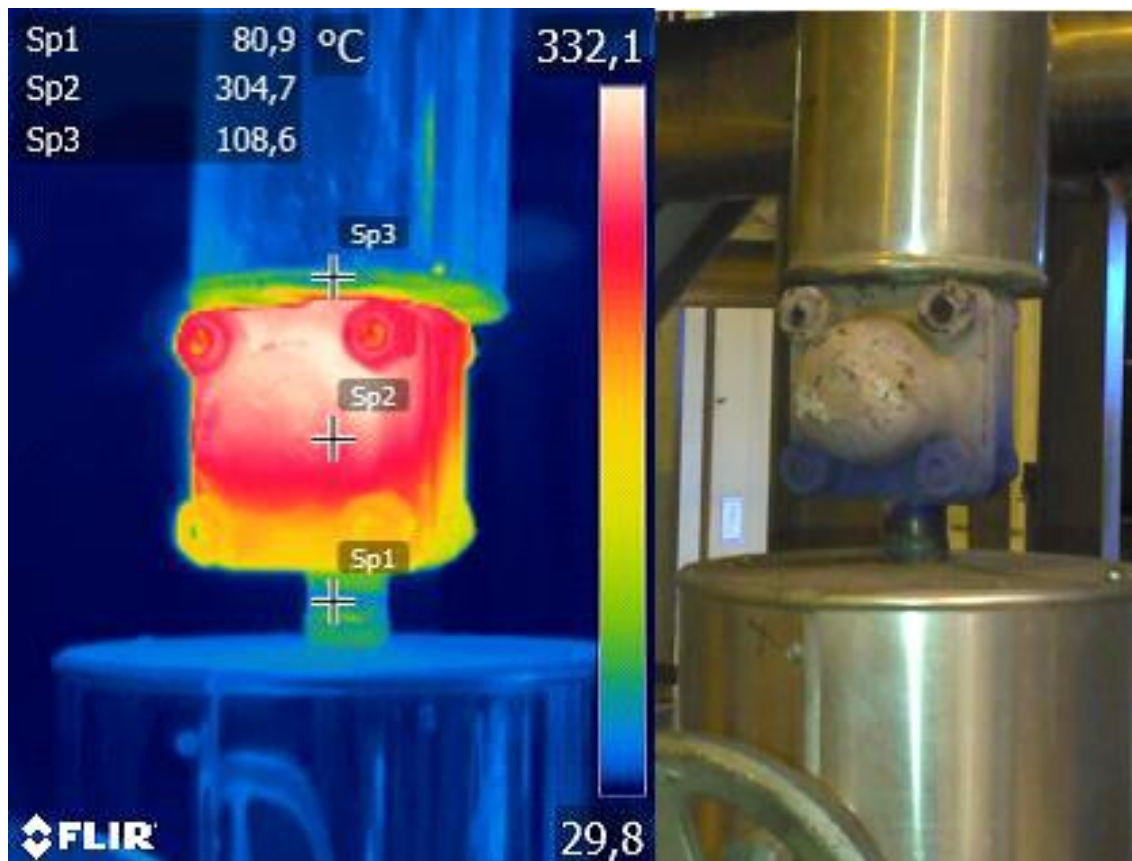
Kuva 21. Sähkömoottorin vapaan pään laakeri

Laakereiden lämpökuvauksen hyödyt tulevat esille, kun saadaan ennakoivasti kiinni alkavat laakeri viat. Lisäksi lämpökuvauksella voidaan saada kiinni huono laakereiden voitelu, jolloin rasvan lisäyksellä voidaan saada laakerin käyttölämpötila laskemaan. Kuten kappaleessa 4 kerroin ennakkohuollosta ja kunnonvalvonnasta, lämpökuvaus laakereiden osalta on olennainen tapa havaita alkavat viat. Kohteissa joissa on paljon sähkömoottoreita, on järkevää käyttää lämpökameraa laakerimittauksiin ajan säästön vuoksi. Eräs tällainen kohde on kuivauskoneen kuivatuskaapin puhaltimien sähkömoottorit.

7.4 Lauhteenpoistajat

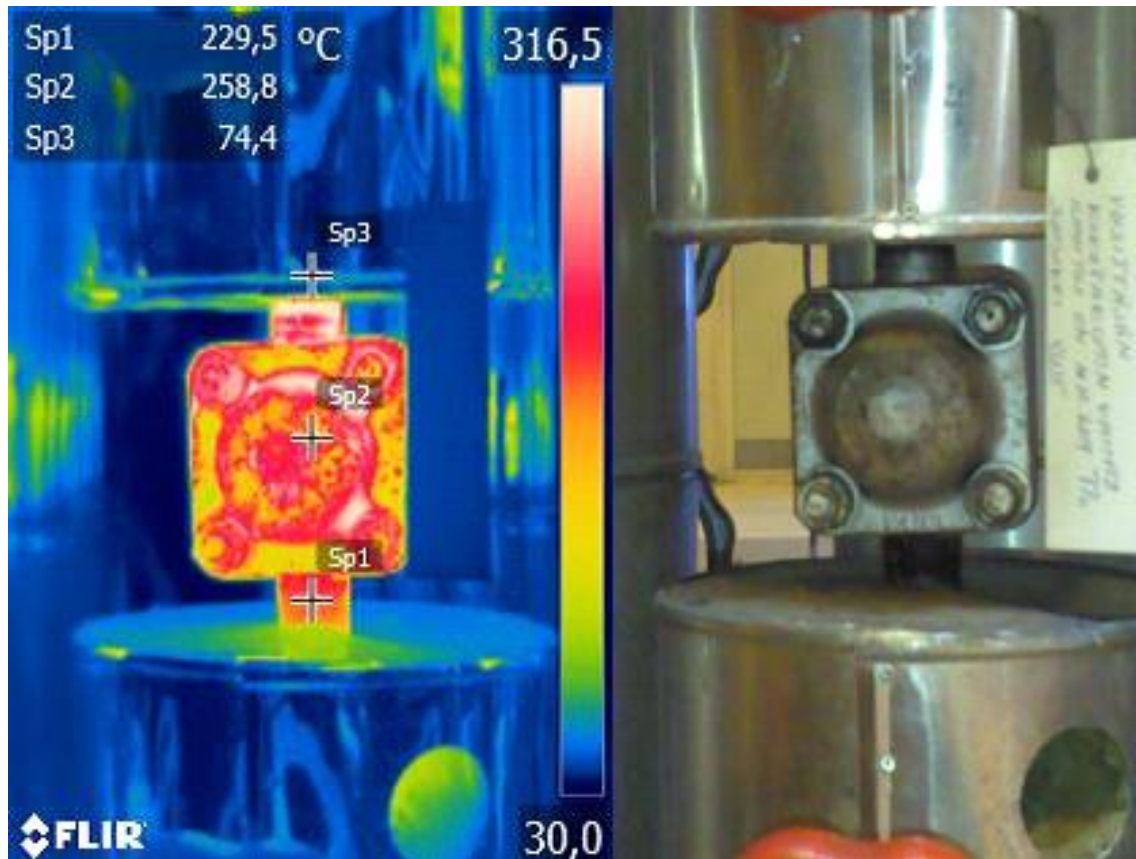
Lauhteenpoistajia on sellutehtaassa erittäin paljon. Näiden tehtävänä on poistaa höyrylinjoista, höyrytukeista sekä lämmönvaihtimista höyryn mukana kulkeutuva vesi. Lauhteenpoistajien toiminta luotettavan tuotannon kannalta on erittäin tärkeää. Mikäli lauhteenpoistin on epäkunnossa, höyrylinjaan pääsee vettä, joka voi eskaloitua suurena paineiskuna. Seurauksena on höyrylinjavuoto, joka voi lamauttaa koko sellutehtaan alas.

Lauhteenpoistajan toimiessa, tulopuolen pintalämpötilan tulee olla suurempi kuin lähtöpuolen lämpötila. Tästä voidaan päätellä, että lauhteenpoistajassa on höyrylinjasta kerättyä vettä, jolloin lauhteenpoistaja toimii. Nyrkkisääntönä toimivalle lauhteenpoistajalle on poistupuolen lämpötila, joka tulee olla alle 100 °C (kuva 22). Lauhteenpoistimen toiminta perustuu näin ollen lämpötilaeroon.



Kuva 22. Toimiva lauhteenpoistaja

Jos lauhteenpoistaja on epäkunnossa, se laskee höyryn läpi, jolloin myös veden kulku höyrylinjassa jatkuu. Viollisen lauhteenpoistimen voi lämpökameralla havaita erittäin helposti. Kun lauhteenpoistaja on viollinen, sen lämpötila on kauttaaltaan sama kuin höyrylinjassa virtaava höyryn lämpötila (kuva 23).

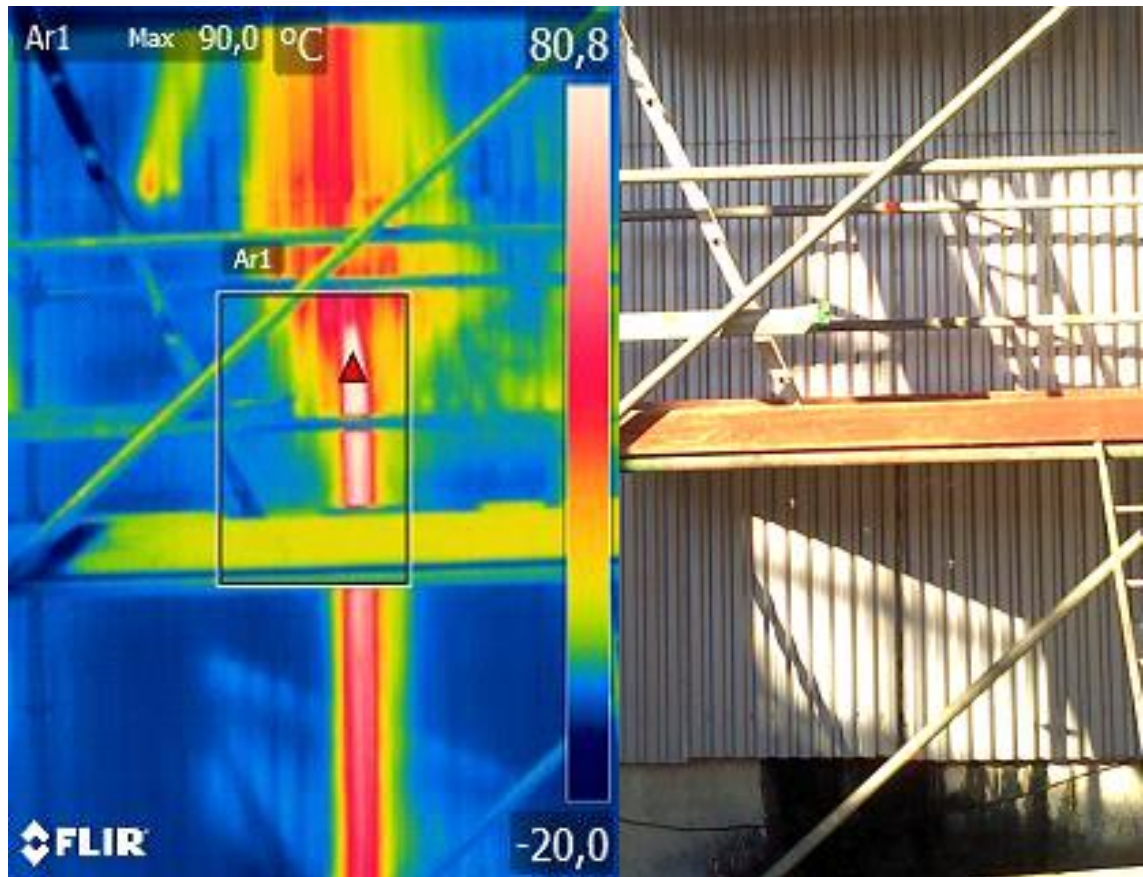


Kuva 23. Viallinen lauhteenpoistin

7.5 Säiliöiden vuodot

Säiliövuodot ovat harvinaisia sellutehtaissa mutta niitäkin tapahtuu, kun sitä vähiten odottaa. Säiliövuodot syntyvät yleensä säilöttävän aineen aiheuttamasta korroosiosta tai mekaanisesta kulutuksesta. Säiliöiden rakennusmateriaalit vaihtelevat käyttöpaikan ja säilöttävän aineen perusteella.

Kappaleessa 6.2 kerroin säiliöiden ja putkistojen pellityksien heijastavan ympäristön lämpösäteitä kameraan, jonka takia nestepintaa ei pysty määrittämään. Tämä pätee silloin, kun säiliöt ja putkistot ovat ehjiä, jolloin virtaava tai säilöttävä aine ei pääse luovuttamaan lämpöenergiaansa eristeisiin ja vuorauspelteihin. Kun säilöin seinämä alkaa vuotaa, kuuma neste luovuttaa lämpöenergiaa eristeisiin ja vuorauspelteihin (kuva 24).



Kuva 24. Reikä valkolipeäsäiliössä

Lämpökuvauksella saadut hyödyt tässä tapauksessa liittyvät työturvallisuuteen ja säiliön korjaussuunnitteluun. Välitöntä vaaraa vuotokohdassa ei aiheudu ympäristölle tai ihmisille, koska säiliö sijaitsee varoaltaan sisällä. Vuotava valkolipeä kulkeutuu prosessiviemäriin ja sitä kautta jäteveden käsittelyyn.

Valkolipeän vuotokohdan selvittäminen auttaa eristeiden purkajia varautumaan vuotoon ja suojautumaan oikein. Vuotokohta tukitaan tilapäisesti sopivalla paikka-aineella, jolloin voidaan tuotantoa jatkaa vuosiseisokkiin turvallisesti. Koska säiliöön on tullut reikä, tulee säiliön seinämille tehdä paksuusmittaus kunnonvalvonnan toimesta, joka auttaa mahdollisten korvausinvestointien suunnittelussa.

8 Pohdinta

Opinnäytetyö tarkentui koko sen tekoaikana erittäin hyvän ohjauksen ansioista. Minulla ei ollut paljoa aikaisempaa kokemusta kunnossapidosta, mutta opinnäytetyötä tehdessä opin siitä paljon. Koska minulla oli vähän kokemusta kunnossapidosta, koin hetkellises-

ti, että opinnäytetyö oli raskas ja vaativa. Toisaalta tästä johtuen opinnäytetyönaihe oli erittäin mielenkiintoinen. Toimeksiantajan edustajan ja ohjaavan opettajan esimerkillinen ohjaus auttoi erittäin paljon.

Opinnäytetyötä tehdessä lämpökameran käyttö ja sen opiskelu olivat keskeiset teemat. Ongelmana oli lämpökameran ohjekirjan puuttuminen, mikä hidasti osittain kameran opiskelua. Lämpökameran valmistajan sivuilta löytyi suomen kielellä käyttöohjeet ja selitykset lämpökameran parametreille, joka helpotti työn loppuvaiheessa kuvauksia.

Kun etsin sopivia käyttökohteita lämpökameralla kuvattavaksi, oli Enocellin sellutehtaasta aikaisemmin hankitusta työkokemuksesta paljon hyötyä. Pystyin ilman suurempaa lämpökameran käyttökokemusta miettimään mitkä kohteet sopivat lämpökameralla kuvattavaksi. Lisäksi Stora Enso Enocellin ja Uimaharjun Eforan henkilökunta oli entuudestaan tuttuja, jolloin koin, että yhteistyö oli vaivatonta lämpökameran käyttökohteita selvittäessä.

Yllätyksenä itselleni tuli eristetyt ja pellitetyt putkilinjat. Suurin osa putkistoista ja säiliöistä oli eristetty ja vuorattu kirkaalla pellillä, jolloin lämpökameran käyttökohteet hieman rajoittuivat. Vastapainoksi havaitsin, että lähes kaikkien pyörivien laitteiden laakerit onnistui kuvata miltä tahansa osastolla. Lämpökameralla kuvauskohteita sellutehtaassa oli todella paljon, jonka takia opinnäytetyöhön otetut esimerkki kohteet katsottiin yhdessä opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa.

Flir E50 lämpökamera on erittäin pätevä mittauslaite ennakkohuoltoon ja kunnonvalvontaan. Jopa pitempiaikainen seuranta onnistuu kameran nauhoittavan videotallennuksen ansioista. Lämpökamera on erittäin helppo käyttää, kun mittausasetukset ja kameran perusasetukset on säädetty. Lämpökamerakuvien analysointi vaatii tosin pientä perehtymistä.

Lämpökameran käytön salat on järkevää opastaa ennakkohuoltoja tekeville alueasentajille ja kunnonvalvonnan henkilökunnalle. Näin ennakkohuoltoja tekevät alueasentajat voivat tarpeen vaatiessa kuvata erinäisiä kohteita, joita katsovat tarpeelliseksi. Lisäksi näen järkeväksi päivittää lämpökamera Uimaharjun Eforan ennakkohuoltosuunnitelmaan työkaluksi kriittisten laitteiden osalta.

Kunnonvalvontaan lämpökamera sopii mittausvälineenä parhaiten. Värähtelymittausten lisäksi saadaan arvokasta mittausdataa lämpökamerakuvista, joita tulee opetella tulkit-

semaan oikein. Lämpökamera antaa lisävarmuutta ja tukea värähtelymittauksiin ja niiden analysointiin. Voidaan sanoa, että nämä kaksi eri mittaustapaa täydentävät toisiaan.

Uimaharjun Efora Oy:ssä suositeltavaa käydä kunnonvalvontakierrokset läpi ja miettiä mille laitteille otetaan värähtelymittauksien lisäksi myös lämpökuvat. A-kriittisyysluokkaan luokitetut laitteet tulee ottaa lämpökuvauksen piiriin sekä osa B-luokan laitteista. Nämä laitteet voidaan valita kunnonvalvojien ja luotettavuusinsinööri- en yhteistyönä. Opinnäytetyötä tehdessä huomasin laitteita, joiden kriittisyysluokkaa tulee tarkastaa. Potentiaaliset kriittisyysluokan muutokset vaikuttavat tuotantolaitteiden mittaustapoihin, mittauslaitteisiin ja tarkastuskierroksien tiheyteen.

Lähteet

1. Aalto, H. Kunnossapitotekniikan perusteet. Rajamäki: KP-Tieto Oy. 1997.
2. ABB. Sähkömoottorin ja generaattorin ehkäisevä kunnossapito. 2015.
<http://www.abb.fi/product/seitp322/b0a91962c5e80e28c1257bcc002c1c44.aspx#!>. 14.1.2015.
3. Efora Oy. Kriittisyysanalyysiohje. Eforan luotettavuusdokumentit. 2009.
4. Flir. Käyttäjän opas FLIR Exx -sarja. 2013.
[http://support.flir.com/DocDownload/Assets/93/Finnish/T559845-fi-FI\\$AD.pdf](http://support.flir.com/DocDownload/Assets/93/Finnish/T559845-fi-FI$AD.pdf). 8.3.2015
5. Flir. Advanced thermal imaging camera. 2015.
<http://www.flir.co.uk/instruments/display/?id=56911>. 8.1.2015
6. Infradex Oy. Lämpökamera kunnossapidon työkaluna. 2000.
<http://www.infradex.com/pdf/Kunnossapitokurssi.pdf>. 21.2.2015
7. Infradex Oy. Lämpösäteily ja infrapuna. 2015.
<http://www.infradex.com/teoria.html>. 21.2.2015.
8. Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy. (Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10). 2007.
9. Niemi, J. Rikkivetylaitosten varaosakartoitus ja laitteiden kriittisyysluokittelu. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Opin-
näytetyö. 2012.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48510/rikkivety4.pdf?sequence=1>. 9.2.2015
10. Nohynek, P., Lumme, V. E. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Rajamäki: KP-Tieto Oy. 1996.
11. Opetushallitus. Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito. 2015.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/ennakkohuolto.html>. 28.1.2015
12. Opetushallitus. Kunnossapito menestystekijä. 2015.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html. 28.1.2015
13. Promaint. Vuodenhaku ja kunnonvalvonta ultraäänen avulla. 2013.
<http://www.promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Vuodenhaku-ja-kunnonvalvonta-ultraaanen-avulla>. 22.2.2015
14. Pölönen, E. Sellutehtaan seisokkivälin pidentäminen käyttövarmuutta parantamalla. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikka. Diplomityö. 2007.
15. Pölönen, E. Kehityspäällikkö. Efora Oy. Opetusmateriaali. 2015.
16. Pölönen, E. Kehityspäällikkö. Efora Oy. Suullinen tiedonanto. 20.1.2015 2015.
17. Suhonen, J. Luotettavuusinsinööri. Efora Oy. Suullinen tiedonanto. 25.2.2015. 2015
18. Suvanto, K. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita Prima Oy. 2003.
19. Wikimedia Commons. Sähkömagneettisen säteilyn spektri. 2011.
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrum_fi.svg. 22.2.2015