

Käyttäjäkeskeisen kunnossapidon kehitys Jämsänkosken PK3:lla

Riku Nieminen

Opinnäytetyö

Helmikuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Paperikoneteknologian tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Nieminen, Riku	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 14.03.2016
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Käyttäjakeskeisen kunnossapidon kehitys Jämsänkosken PK3:lla		
Tutkinto-ohjelma Paperikoneteknologian tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Harri Tuukkanen		
Toimeksiantaja(t) UPM-Kymmene Oyj		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin UPM-Kymmene Oyj:n Jämsänkosken tehtaalle. Kohteena oli paperikone 3, joka valmistaa etiketti- ja pakkauspaperia. Työn tavoitteena oli vähentää operaattoreiden kunnonvalvontakierroksia sekä saada kierrokset jälleen käyntiin niiden kiertämisen onohduttua. Tavoite oli saada kierrosten suorittamisosuudeksi vähintään 80 %. Kunnonvalvontakierrokset pitävät sisällään visuaalisia tarkastuksia sekä mittauksia. Mittaukset koostuvat värähtely- ja lämpötilamittauksista. Sähkökäytöstä, pumpuista ja puhaltimista mitataan kiihtyvyyden verhoikäyrää huipusta huippuun (gE) sekä värähtelynopeuden tehollisarvoa (mm/s). Mittaukset eivät ole niin tarkkoja, jotta niiden avulla pystyttäisiin paikantamaan vikoja tarkasti, mutta niiden avulla huomataan alkavat vikaantumiset. Koneen käyttäjien vastuulla olevat tarkastuskierrokset olivat olleet pitkään tekemättä, eikä niistä ollut apua kunnossapidon suunnitteluun.</p> <p>Opinnäytetyö koostui neljästä päävaiheesta, joita olivat kriittisyysanalyysi, mittauspisteiden merkintä, kierrosten päivittäminen järjestelmään ja koulutuksen pitäminen. Kriittisyysanalyysi tehtiin yhdessä kunnossapitäjien, koneen käyttäjien ja insinöörien kanssa. Sen tavoitteena oli kohdistaa tarkastuskierrokset oikeille kohteille ja karsia vähemmän tärkeitä laitepaikat pois kierroksilta. Mittauspisteiden merkintä tapahtui kiertämällä mitattavat kohteet läpi ja maalaamalla niihin keltaiset pisteet. Kierrokset päivitettiin järjestelmään kriittisyysanalyysin perusteella. 22 laitepaikkaa poistettiin reiteiltä kokonaan, ja monen kohteen intervalli muutettiin viikosta kahteen viikkoon. Koulutuksissa käytiin läpi mittalaitteen toiminta ja tehtiin selväksi, miksi mittauksia pitää tehdä. Järjestelmään tehtiin raporttipohja, jonka avulla viikkopalaveriin saadaan tieto suoritetuista kunnonvalvontakierroksista. Työn tuloksena suoritettavien mittausten määrä väheni 30 %.</p>		
Avainsanat (asiasanat) käyttäjakeskeinen kunnossapito, käyttäjäkunnossapito, kunnonvalvonta, värähtelymittaus, ODR, Operator Driven Reliability, OBR, Operator Based Reliability, Operator maintenance		
Muut tiedot		

Author(s) Nieminen, Riku	Type of publication Bachelor's thesis	Date 14.03.2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 50	Permission for web publication: x
Title of publication Development of the operator driven reliability at Jämsänkoski paper mill PM3		
Degree programme Paper Machine Technology		
Supervisor(s) Tuukkanen, Harri		
Assigned by UPM-Kymmene Oyj		
Abstract <p>The Bachelor's Thesis was done for UPM-Kymmene Oyj paper mill at Jämsänkoski. The target was paper machine 3 which produces etiquette paper and packaging paper. The aim was to decrease condition monitoring rounds and to get them started again after rounds have been forgotten. The goal was to get the percent of fulfillment up to 80 %. Condition monitoring rounds includes visual checks and measurements. The measurement includes vibration and temperature measurements. Electric motors, pumps and fans are measured by enveloped acceleration peak to peak (gE), as well as the effective value of the vibration velocity (mm/s). The vibration measurement is not accurate enough for to locate faults accurately but damages can still be noticed. The operators have not fulfilled their responsibility to do the inspection rounds. That is why the rounds have not helped the planning of maintenance.</p> <p>The Bachelor's Thesis includes the criticality analysis, marking of measuring points, updating rounds to the system and the training session for the operators. The criticality analysis was done with the maintainers, machine operators and engineers. Its aim was to focus condition monitoring rounds on the right machines and to eliminate less-critical devices. The measuring points on the machines were marked with yellow dots. New rounds based on the criticality analysis were updated to the system. 22 devices were removed from the rounds and many intervals were changed from one week to two weeks. Training included the function of the measuring device and detailed information why these measurements must be performed. There was made a report platform to the system which is used in weekly meetings showing the information of performed rounds. As a result, performed measurements and number of inspections decreased the amount of 30%.</p>		
Keywords/tags (subjects) käyttäjäkeskeinen kunnossapito, käyttäjäkunnossapito, kunnonvalvonta, värähtelymittaus, ODR, Operator Driven Reliability, OBR, Operator Based Reliability, Operator maintenance		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Opinnäytteen lähtökohdat	4
2	Opinnäytteen tavoite ja työmenetelmät	5
3	UPM-Kymmene Oyj	6
	3.1 Tunnusluvut.....	6
	3.2 Jokilaakson tehtaat.....	8
4	Kunnossapito.....	8
	4.1 Kunnossapidon historia	9
	4.2 Kunnossapito tänään.....	13
	4.3 Kunnossapidon vaikutus yrityksen toimintaan	15
	4.4 Kunnossapitolajit	16
	4.5 Ehkäisevä kunnossapito	17
	4.6 Miksi ehkäisevää kunnossapitoa tehdään?.....	19
	4.7 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu	20
	4.7.1 Ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu kriittisyysanalyysillä.....	21
	4.7.2 Tarkastusvälien määrittäminen	23
	4.8 Kunnonvalvonta	24
	4.8.1 Kunnonvalvonta yleisesti.....	24
	4.8.2 Värähtelymittaus	25
	4.8.3 Lämpötilamittaukset.....	26
	4.8.4 Virtaspektrianalyysi	27
	4.8.5 Öljyanalyysi	27
	4.9 Käyttäjakeskeinen kunnossapito.....	28
	4.9.1 Käyttäjakeskeisen kunnossapidon haasteet.....	28
	4.9.2 Koneenkäyttäjän rooli	30
5	SKF:n ODR-järjestelmä.....	32
	5.1 Yleistä järjestelmästä.....	32
	5.2 Mittausten suorittaminen ja tiedon purkaminen	34

6	Opinnäytetyön toteutus	35
6.1	Kriittisyysanalyysi	36
6.2	Reittien päivittäminen järjestelmään.....	38
6.3	Mittauspisteiden merkintä kentällä	39
6.4	Koulutus.....	40
7	Yhteenveto ja pohdinta	41
	Lähteet	44
	Liitteet	46
	Liite 1. Kriittisyysanalyysin tulokset, koneenhoitajan kierros	46
	Liite 2. Kriittisyysanalyysin tulokset, päällystäjän kierros.....	47
	Liite 3. Kriittisyysanalyysin tulokset, prosessimiehen kierros	47
	Liite 4. Kriittisyysanalyysin tulokset, rullamiehen kierros	48
	Liite 5. Pikaohje laitteiden käyttöön, ensimmäinen sivu.....	49
	Liite 6. Pikaohje laitteiden käyttöön, toinen sivu	50
	 Kuviot	
	Kuvio 1. UPM:n henkilöstö lukuina	7
	Kuvio 2. Kunnossapidon sukupolvet ja erilaiset vikaantumismallit	10
	Kuvio 3. Kunnossapitolajit, PSK 7501:2010	16
	Kuvio 4. Kunnanvalvontatoiminnan jako elementteihin	24
	Kuvio 5. Microlog Inspector ja siihen liitetty MARLIN-värinäanturi sekä esimerkkejä mittaustuloksista	33
	Kuvio 6. Pumpun värähtelyn verhoikäyrä on ylittänyt hälytysrajan	34
	Kuvio 7. Kämmentietokoneen näyttönäkymä tarkastuspisteellä	35
	Kuvio 8. Tarkastuskohteiden määrä eri kriittisyysluokissa	37
	Kuvio 9. Mittauspisteen merkintä moottorin käyttöpuolella	39
	Kuvio 10. Kuntokoetinmittauksen anturin kiinnityspisteet	40

Taulukot

Taulukko 1. Kunnossapidon vaikutus liiketoimintaan.....	15
Taulukko 2. PSK6800-standardin pisteytysohje	22

1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Paperiteollisuuden kilpailu kiristyy vuosi vuodelta, ja yritysten tulee kehittää toimintaansa jatkuvasti pysyäkseen kilpailijoiden edellä. Koneiden käytettävyyden parantaminen on oiva tapa lisätä tuotantoa lisäämättä koneiden nopeutta tai tekemättä uusia investointeja. Käytettävyys nousee, kun suunnittelemattomat seisokit vähenevät.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ODR (Operator Driven Reliability) -kierroksia. ODR on teollisuusyritys SKF:n käyttämä termi, joka pitää sisällään yrityksen ohjelmistolla ja mittalaitteilla tehtävät operaattoreiden kenttätöitä. Termiä esiintyy myös kunnossapidon kirjallisuudessa, joten se ei ole SKF:n kehittämä.

ODR eli käyttäjäkeskeinen kunnossapito on varsin tehokas tapa toteuttaa kunnonvalvontaa, sillä juuri operaattorit ovat niitä, jotka työskentelevät koneiden ääressä päivittäin. Näin ollen he huomaavat usein jopa ilman mittalaitteita, jos jokin laite alkaa vikaantua. Esimerkiksi laakerivika voidaan hoitaa suunnitellusti seisokissa, kun vikaantumisesta on tehty havainto aiemmin.

Jämsänkosken paperikone kolmella on ODR-järjestelmä ollut käytössä vuodesta 2012 lähtien. Alkuhuuman jälkeen tarkastuskierrosten suorittaminen oli hiipunut, mikä johtui osaksi siitä, että suoritettavia tarkastuksia oli paljon. Alkutilanne oli se, että suuri osa operaattoreista ei kiertänyt reittejä. Esimiehetkään eivät kovin ahkerasti kannustaneet reittimittausten suorittamiseen. Näin ollen koko järjestelmä oli pikkuhiljaa unohtunut ja mittalaitteet olivat jääneet käyttämättä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi vanhat tarkastuskohteet, tehdä niille kriittisyysanalyysi ja nostaa niistä kriittisimmät esiin. Myös uusia kohteita tai kokonaisia tarkastusreittejä oli mahdollista luoda kriittisyysanalyysillä, mikäli tarvetta ilmeni. Tarkastusreitit tuli päivittää järjestelmään ja mittapistet merkitä kentällä selkeästi ja johdonmukaisesti. Mittauskierrokset ovat operaattoreiden vastuulla, joten heidän uudelleenoulutuksensa ja motivointinsa kuuluivat myös tähän opinnäytetyöhön.

Operaattoreiden suorittamia kenttäkierroksia, eli mittausreittejä, oli aiemmin neljä. Nämä oli nimetty kunkin reitin mittausten suorittajan mukaan: koneenhoitaja, päällystäjä, prosessimies ja rullamies. Reitit pitivät sisällään 136 laitetta, joilla tarkastus- ja mittauspisteitä oli 561 kappaletta. Tarkastus- ja mittauspisteet jakautuivat siten, että 35 % oli mittauspisteitä ja 65 % oli aistitarkastuksia ja mittarilukemien tarkastamista. Reittejä ei ollut tarkoitus kiertää kerralla kokonaan, vaan tavoitteena oli ollut, että kukin vuoro suorittaisi 15 minuutta tarkastuksia päivässä. ODR-järjestelmä kertoo seuraavalle reittiä kiertävälle, mihin edellinen on jäänyt.

2 Opinnäytetyön tavoite ja työmenetelmät

Käyttäjäkeskeisen kunnossapidon tekemisen mittareina ovat olleet suorittamisosuus ja ODR:n avulla löytyneet viat kuukaudessa. Suorittamisosuuden tavoite oli 80 % tai yli, mutta opinnäytetyötä aloittaessani tämä luku oli noin 5 %. Vikoja tällä menetelmällä ei ollut löydetty aikoihin, koska juuri kukaan ei ollut reittejä kiertänyt. Suorittamisosuuden tavoite oli sopiva, ja otinkin yhdeksi työn tavoitteeksi palauttaa suorittaminen halutulle tasolle.

Kunnonvalvontakierrosten kehittämiseen oli toimeksiantaja määrittänyt tavoitteeksi vähentää tarkastettavien laitepaikkojen määrää, päivittää reitit järjestelmään, kouluttaa ODR-kierrosten suorittaminen tuotannon henkilöille sekä tehdä raporttipohja, josta ilmenee suoritettut kierrokset sekä niiden hälytystila sekä tehdä kompakti käyttöohje mittalaitteelle.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnata käyttäjäkeskeinen kunnossapito kaikkein tärkeimmille kohteille, jotta mittaukset ja tarkastukset eivät tuntuisi niin suurelta urakalta ja ne tulisivat tehtyä. 136 laitteesta karsittiin kriittisyysanalyysillä vähiten kriittiset pois ja päivitettiin uudet reitit järjestelmään.

Tarkastettavien laitepaikkojen määrän vähentäminen tapahtui kriittisyysanalyysillä, jonka tavoitteena oli selvittää paperin valmistusprosessin kannalta tärkeimmät laitteet. Kriittisyysanalyysistä saatiin luotettava, kun sen tekemiseen osallistui asiantuntijoita niin tuotannon, kunnossapidon kuin ennakoivankin kunnossapidon puolelta.

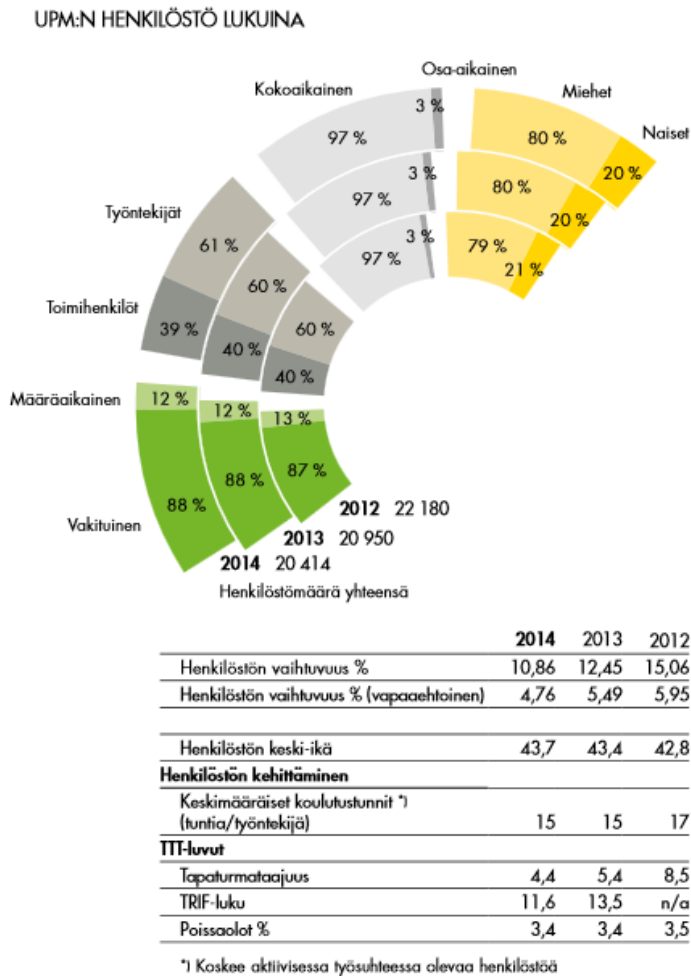
Heidän laajat näkemyksensä eri osa-alueilta oli arvokasta tietoa. Tarkastuskierroksia kiertäneet operaattorit kertoivat vaikeapääsysisistä mittaus- ja tarkastuspisteistä. Kunnossapidon ihmiset puolestaan osasivat kertoa mahdollisista korjausajoista ja varaosien saatavuudesta. Kunnanvalvontakierrokset eli reitit saadaan päivitettyä järjestelmään oikein vain jos osaa käyttää ohjelmistoa, joten minulle järjestettiin perehdytys aiheesta.

Työ oli rajattu koskemaan vain paperikonetta. Ennen paperikonetta on massaosasto, josta massaseos eli raina tulee paperikoneen alkuun perälaatikolle. Massaosastolla oli käytössä samanlainen ODR-järjestelmä, mutta se rajattiin pois tästä työstä. Paperikoneen viimeinen laite on rullain, josta koneelta tuleva useita metrejä leveä ja monta kymmentä kilometriä paperia sisältävä konerulla etenee pituusleikkurille. Pituusleikkuri rajattiin myös työn ulkopuolelle.

3 UPM-Kymmene Oyj

3.1 Tunnusluvut

Bio- ja metsäteollisuusyhtiö UPM eli United Paper Mills syntyi keväällä 1996, kun Repolan tytäryhtiö Yhdistyneet Paperitehtaat ja Kymmene fuusioituivat. Vuonna 2014 yhtiön liikevaihto oli 9,9 miljardia euroa, josta liikevoittoa tuli 847 miljoonaa euroa. Tuotantolaitoksia UPM:llä on 13 maassa ja henkilöstöä on noin 20 000. Kuvista 1 ilmenee yhtiön henkilöstö lukuina. (UPM-Kymmene vuosikertomus 2014, 1.)



Kuvio 1. UPM:n henkilöstö lukuina (UPM-Kymmene vuosikertomus 2014, 47)

UPM:n liiketoiminta jakautuu seuraaviin kuuteen liiketoiminta-alueeseen:

- **Biorefining** muodostuu sellu-, saha- ja biopolttoaineliiketoiminnasta. Sellutehtaita UPM:llä on neljä, kolme Suomessa ja yksi Uruguayssa. Yhtiöllä on neljä sahaa Suomessa. Puupohjaista uusiutuvaa dieseliä valmistava biojalostamo käynnistyi alkuvuodesta 2015.
- **Energy**, jonka tuotantokapasiteetti koostuu vesi-, ydin- ja lauhdevoimasta. Yhtiö tuottaa energiaa Pohjois- ja Keski-Euroopassa.
- **Raflatac** on maailman toiseksi suurin tarralaminaatin valmistaja. Se valmistaa tarralaminaattia tuote- ja informaatioetiketointiin.
- **Paper Asia** tuottaa hienopapereita Aasia markkinoille sekä tarramateriaaleja maailman markkinoille. Hienopapereita valmistetaan Kiinassa ja tarra- ja pakkausmateriaaleja Tervasaaren ja Jämsänkosken tehtailla.

- **Paper ENA (Europe and North America)** valmistaa sanoma- ja aikakauslehtipapereita 17 tehtaassa.
- **Plywood** tuottaa viilua ja vaneria pääasiassa rakentamiseen, ajoneuvojen lattioihin ja LNG (Liquid Natural Gas)-laivanrakentamiseen sekä muuhun teollisuustuotantoon. UPM on johtava vanerintoimittaja Euroopassa, ja sillä on tuotantolaitoksia Suomessa, Virossa ja Venäjällä. (Mts. 1-2.)

3.2 Jokilaakson tehtaat

UPM:n Jokilaakson tehtaat koostuvat Jämsänkosken ja Kaipolan tehtaista. Tehtaat sijaitsevat Jämsässä muutaman kilometrin päässä toisistaan. Kummassakin tehtaassa on kolme paperikonetta ja henkilöstöä yhteensä noin 1000 henkeä. Kaipolan PK7 valmistaa ainoana Suomessa sanomalehtipaperia kierrätetystä paperista. Samalla koneella tehdään myös luettelopaperia. Kaipolan PK4 tuottaa luettelo- ja sanomalehtipaperia ja PK6 LWC-paperia eli kevyesti päällystettyä paperia, jota käytetään aikakauslehdissä. Jämsänkosken paperikoneista kahdella (PK3 sekä PK4) valmistetaan erikoispapereita tarra- ja pakkaus käyttöön. Kolmas kone, PK6, valmistaa SC-paperia, joka on päällystämätöntä superkalanteroitua aikakauslehtipaperia. Jokilaakson tehtaiden tuotantokapasiteetti on 1 090 000 tonnia vuodessa. (UPM-Kymmene Oyj, 2015)

Keväällä 2015 SC-paperia valmistanut Jämsänkosken PK5 pysäytettiin osana yhtiön säästöohjelmaa. 134 irtisanotusta 93 henkilön työsuhde päättyi niin sanotuilla pehmeämmillä keinoilla, kuten eläkeputkijärjestelyillä. Suoraan irtisanottiin 41 henkilöä. (Salminen, 2015.)

4 Kunnossapito

Korjaava kunnossapito on ollut perinteinen tapa ylläpitää valmistusprosessin laitteiden toimintakuntoa. Sitä tehdään laajasti vielä nykypäivänäkin, vaikka jo 1970-luvun Ruotsissa selvitettiin, miten kunnossapitoa voitaisiin kehittää ennakoivampaan suun-

taan. Länsinaapurissa ymmärrettiin selvitystyön myötä, että kunnossapito ei ole vain korjaamista vaan se on vikojen sekä vikaantumisien estämistä ja hallintaa. Ymmärrettiin, että koneiden käyttäjillä on suuri rooli tuotantokoneiden tehokkaassa käytössä ja toiminnan luotettavuudessa. Aiemmin niiden oli ajateltu olevan vain kunnossapidon vastuulla. Kunnossapidolla ja asianmukaisella koneen käyttämisellä on paljon päällekkäisyyksiä, joten tiukkaa tehtävien rajausta ei voi tehdä, mikäli tavoitteena on käyttää koneita tehokkaasti ja järkevästi. (Järviö 2012, 14.)

4.1 Kunnossapidon historia

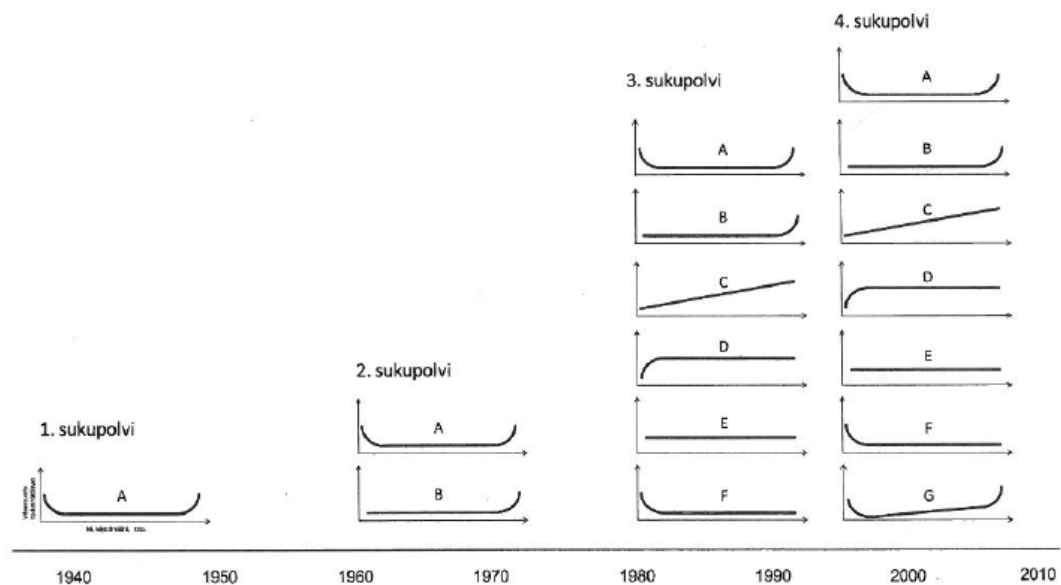
Niin kauan kuin on ollut koneita, on ollut niiden kunnossapitoa. Varhaisessa vaiheessa kunnossapito oli suurimmaksi osaksi redundantista varmistamista ja vian esiintymisen jälkeistä korjausta sekä huoltoa. Yhteiskuntien koneellistuesssa kovaa vauhtia on koneiden tehokkuudesta ja luotettavuudesta huolehtiminen tullut yhä tärkeämmäksi. Kunnossapito ei enää pitkiin aikoihin ole ollut vain korjaavaa kunnossapitoa. (Järviö 2012, 20.)

Tälle vuosituhannele asti kunnossapito on ollut pääasiassa tuotantolaitoskohtaista, tai parhaimmillaan konsernin laajuista. Kunnossapitäjien keskinäinen yhteydenpito on vasta alkutaipaleella. Nykyisten ajatusmallien ansiosta kunnossapito on muuttumassa korjaavasta kunnossapidosta tuotanto-omaisuuden hoitamiseksi. Tästä kehityksestä on erotettavissa neljä sukupolvea. (Mts. 21.)

Seuraavat asiat olivat ensimmäisen sukupolven kunnossapidolle tunnusomaisia:

- Vikaantuneita koneita voitiin pitää seisokissa, koska koneiden integraatioaste oli pieni.
- Koneet olivat yksinkertaisia, mikä näkyi myös koneiden vikaantumisessa; yleisin vikaantumismekanismi oli ajasta riippuvainen vikaantuminen (Kuviossa 2 vikaantumismekanismi A)
- Koneet olivat usein ylimitoitettuja eli ne kestivät reilusti tarvetta enemmän. Tämä johtui runsaista varmuuskertoimista, joilla paikattiin koneen mitoituksen laskennallinen epätarkkuus.

- Vian määrittäminen sekä korjaaminen olivat helppoja rutiinitoimenpiteitä.
- Ennakoiva kunnossapito oli pääosin puhdistamista, säätämistä ja voiteluhoiltoa. (Moubray 1997, 2.)



Kuvio 2. Kunnossapidon sukupolvet ja erilaiset vikaantumismallit (Järviö 2012, 23)

Ensimmäisen sukupolven kunnossapidon menetelmiin kuului vain nopea reagointi ja vian korjaaminen (Järviö 2012, 24).

Toinen sukupolvi käynnistyi toisen maailmansodan aikoihin. Teollisuus tuotti valtavia määriä sotatarvikkeita ja samalla myös koneiden kokeneet käyttäjät lähtivät rintamille ja heidän tilalleen palkattiin kokemattomia henkilöitä kotirintamalta. Tuotantomääriä kasvatettiin lisäämällä koneiden automaatiota ja yhdistämällä koneita pidemmiksi ketjuiksi. Tämä kuitenkin johti ongelmiin, joten aloitettiin erilaisia laatuhankeita, joiden avulla tuotteiden tasalaatuisuus pyrittiin varmistamaan työvoiman määrän ja osaamisen heilahdellessa. Kilpailutilanteen kiristyminen johti siihen, että yritysten kannattavuus riippui aiempaa enemmän koneiden käytön tehokkuudesta. (Mts. 21–22.)

Kun koneista tuli monimutkaisempia, esiintyi niissä myös aiempaa enemmän vikoja. Tuli uusi vikaantumismekanismi, joka oli aikariippuvainen ja jossa esiintyi alussa las-

tentauteja (kuviossa 2 oleva vikaantumismekanismi B). Vikojen lisääntyessä myös kunnossapidon määrä kasvoi. Kunnossapitoa piti alkaa hallitsemaan paremmin käynnin varmistamiseksi. Näin kehittyi kunnossapidon toinen sukupolvi, joka toi mukanaan ehkäisevän kunnossapidon. Aluksi se oli lähinnä jaksotettua huoltoa, jossa huoltotoimia tehtiin ennalta määritetyissä jaksoissa. Tämä johti kunnossapitokustannusten kasvuun, mikä puolestaan sai aikaan kunnossapidon suunnittelun ja johtamisen. Suunnittelun ja johtamisen avulla kunnossapidon kustannukset saatiin hallintaan ja koneiden käyntivarmuus kasvoi. (Mts. 22.)

1970-luvun puolivälissä syntyi kunnossapidon kolmas sukupolvi. Oli pakko kehittyä, koska vanhoilla tavoilla ei enää selvitty amerikkalaisten avaruusprojektien innovaatioiden käyttöönotosta teollisuudessa. Koneiden käyttövarmuutta haluttiin parantaa ja tutkimukset loivat uusia lähestymistapoja, tekniikoita ja työkaluja.

Tehokkuuden ja luotettavuuden merkitys kasvoi seuraavista syistä:

- Tuotantokoneiden mekanismien ja automaation määrä kasvoivat. Tämä johti siihen, että tuotantolaitokset tulivat entistä enemmän riippuvaisiksi koneista ja niiden luotettavuudesta. Häiriöseisokit tulivat kalliimmiksi kuin vikaantumisten välttäminen.
- JIT-toimintamalli (Just-In-Time) yleistyi. Koska puskurivarastointi maksaa, oli koneiden luotettavuus saatava sellaiselle tasolle, ettei välivarastoja tarvittu. Tuotteita ei valmistettu varastoon, vaan tilausta vastaan. Toimitusajat lyhenivät merkittävästi.
- Vikaantumistilanteissa oli usein turvallisuus- tai ympäristöriskejä. Valtiot alkoivat vaatia maissaan toimivilta yhtiöiltä turvallisempaa ja ympäristöystävällisempää toimintaa.
- Toiminnan painopiste muuttui uusien teknologioiden myötä. Uusiutumiskyky ja uuden teknologian hallitseminen olivat nyt kriittiset menestystekijät.
- Maailma globalisoitui ja kilpailu kiristyi. Eri maiden väliset kustannusrakenteet, kuten palkat, loivat lisäpainetta kilpailulle.
- Pääomaa sidottiin enemmän tuotantolaitteisiin. Maksimoidakseen koneisiin sijoitetun rahan tuoton, tuotannon piti olla jatkuvaa ja tehokasta. (Moubray 1997, 2-4.)

Kolmas sukupolvi kiinnitti huomiota paljon kunnonvalvontaan, kunnossapidon ja luotettavuuden huomioimiseen jo konetta suunniteltaessa sekä erilaisiin analyysihin, kuten riski-, vikaantumis- ja perussyyanalyysiin (Järviö 2012, 24).

Neljäs sukupolvi syntyi 1990-luvulla IT-tekniikan ja mikroelektroniikan läpimurron yhteydessä. Tämän sukupolven ominaisia piirteitä ovat seuraavat piirteet:

- Valmistusprosessien integraation ja automaation lisääntyminen nostavat tuotantolaitteiden hintoja. Tästä johtuen puutekustannukset ovat suuremmat kuin kunnossapito- ja korjauskustannukset.
- Monia eri teknologioita käyttävät tuotantolaitteet muuttavat kunnossapitäjien osaamisvaatimuksia. Esimerkiksi ohjelmistojen kunnossapito tuli tärkeäksi.
- Tuotteiden lyhemmät elinkaaret vaikuttavat koneiden käyttöstrategioihin. Uuden tuotteen menekki tai koneen ominaisuudet loppuvat ennen kuin kone on loppuun käytetty. Käyttökelpoisia koneita joudutaan siis hylkäämään. Tämä on normaalia vain elektroniikkateollisuudessa.
- Käynninvalvonta lisääntyy erilaisilla sensoreilla ja tuo mukanaan tehokkaita työkaluja kunnonvalvontaan.
- Etävalvonta tuo mukanaan huippuasiantuntijuuden lähes kaikkiin kunnossapitopaikkoihin, vaikka laivaan keskelle valtamerä.
- Kunnossapidon tietojärjestelmien avulla saadaan laitteen toimintaan liittyvät tiedot hallintaan ja kunnossapitäjien käyttöön.
- Kunnossapidon on ymmärretty olevan vain osa tuotanto-omaisuuden hallintaa. Suorituskyky ja luotettavuus eivät rakennu vain nopean korjaamisen periaatteelle, vaan siihen, että konetta käytetään asianmukaisesti ja koneen käyttäjät osallistuvat luotettavuuden tehokkuuden parantamiseen. (Mts. 23-24.)

Maailman globalisoituessa ja kaupan ollessa vapaata ei paikallisuus ole enää merkittävä kilpailutekijä. Nykypäivänä asiakkaat arvostavat laatua, osaamista, edullisia hintoja sekä toimituslupausten pitämistä. Näihin vaikutetaan hallitsemalla koneiden luotettavuutta, käytettävyyttä ja toimitettavien tuotteiden laadun tasaisuutta. Ympä-

ristöystävällisyys on noussut ja tulee nousemaan yhä tärkeämmäksi kilpailueduksi. Menestyvän yrityksen tuotteiden mielikuvaan kun ei kuulu ympäristön tuhoaminen ja työntekijöiden vahingoittaminen. (Mts. 22.)

Aiemmin oletettiin, että koneiden vikaantuminen liittyy suoraan koneiden käytön ja rasittavuuden määrään. Näin asia olikin ennen, kun laitteet olivat yksinkertaisia mekaanisia laitteita. Tänä päivänä koneet ovat monimutkaisia komplekseja ja niissä käytetään useita eri tekniikoita. Käytettävissä on tarkempia suunnittelumenetelmiä, parempia raaka-aineita sekä kehittyneitä valmistusmetodeja. Nämä ovat synnyttäneet kasan erilaisia vikaantumismalleja, joille on ominaista riippumattomuus ajasta tai käytön määrästä. (Mts. 22.)

4.2 Kunnossapito tänään

Toiminnan tehostuminen ja uudet kunnossapitotekniikat ovat tulevaisuudessa kaksi asiaa, jotka vaikuttavat kunnossapidon kustannusten alentumiseen. Koneiden valmistajat tekevät koneistaan käyttäjä- ja kunnossapitoystävällisempiä, jotta niille saadaan edullinen elinjaksokustannus. Kunnossapitokustannuksia sen sijaan tulevat lisäämään tuotantomäärien kasvu sekä valmistusprosessien monimutkaistuminen. On ennustettu, että kunnossapitokustannukset tulevat kasvamaan vielä ainakin parin vuosikymmenen ajan. Ennustuksen ainut epävarmuustekijä on koneiden ja laitteiden lyhenevät elinkaaret. Voi olla, että jollakin teollisuuden alalla käytetään tulevaisuudessa laitteita, jotka eivät ehdi vikaantua lainkaan ennen käytöstä poistamista. (Järviö 2012, 25.)

Jotta kilpailukyky pysyy hyvänä, on kunnossapitokustannusten osuutta kokonaiskustannuksista pyrittävä vähentämään. Kokonaiskustannusten noustessa, on samalla rahamäärällä saatava aikaan entistä enemmän kunnossapitoa. Määrärahat täytyy siis osata käyttää sinne, missä ne tuottavat eniten. Tuottamattomien kohteiden kunnossapito tulee supistumaan hyvin pieneksi. (Mts. 25)

Koska tuotantomäärät tulevat kasvamaan paremman tehokkuuden ja automaation lisäämisen johdosta, tulee hyvä laatu olemaan entistäkin merkityksellisempi asia. Tämä ilmenee tuotteiden laadun tasaisuutena, laadusta johtuvan hävikin vähentymisenä, toimitusaikojen lyhentymisenä sekä asiakkaiden tyytyväisyytenä eli haluna ylläpitää ja kehittää liiketoimintasuhdetta. Laadukkaan tuotteen tekemisessä kunnossapidon rooli on tärkeä. (Mts. 25.)

Työpaikan turvallisuudesta on tullut todella tärkeää. Huolella asiansa hoitavassa firmassa työntekijät eivät saa edes altistua työtapaturmalle. Turvallisuusasiat vaikuttavat kahdella tavalla. Rikkinäinen kone itsessään on usein vaarallinen. Tämän lisäksi rikkoontuneen koneen kanssa joudutaan työskentelemään tavalla, jota ei ole voitu harjoitella ja joihin ei ole voitu varautua. Nykyinen valitettava kehitys on se, että kunnossapitoseisokkien aikana sattuneet tapaturmat ovat kasvussa. (Mts. 25)

Koneen toiminnallinen luotettavuus perustuu osaksi siihen, että kone on sisä- ja ulkopuolelta nuhteettomassa kunnossa. Tällä pienennetään riskiä, että syntyvät viat kiihdyttävät uusien vikojen syntymistä. Tämän laiminlyöntiä näkee maailmalla erityisesti kehitysmaissa, joissa moderni teknologia ei useinkaan toimi. Syynä ovat heikko huolto sekä puutteelliset tarvikkeet ja varaosat, jotka ennemminkin rikkovat konetta kuin parantavat sitä. (Mts. 26.)

Etävalvonta on tämän päivän kunnossapitoa. Esimerkiksi Konecranesilla on ympäri maailmaa tuhansia nostureita, jotka antavat informaatiota nosturin todellisesta käytöstä ja huollosta. Vikatilanteessa firman huoltohenkilöt saavat välittömästi tekstiviestin puhelimiinsa. Niin laitevalmistus, kuin huoltoliiketoimintakin ovat tulleet teollisen Internetin myötä murrosvaiheeseen. Tulevaisuudessa vahvoilla ovat ne toimijat, jotka pystyvät vastaamaan uusiin trendeihin ja muuttuviin vaatimuksiin. (Etävalvonta varmistaa toimintakunnon, 2014, 40–42.)

4.3 Kunnossapidon vaikutus yrityksen toimintaan

Kunnossapito on pääoma- ja raaka-ainekustannusten jälkeen suurin kuluerä yritysten kustannuksista. Vielä tänä päivänäkin juuri kunnossapito on usein suurin kontrolloimaton kustannuserä. Hyvin johdetussa yrityksessä panostetaan siihen, että kunnossapito on hallinnassa ja kustannukset kontrollissa. (Järviö 2012, 27.)

Kunnossapidon vaikutus yrityksen tuloksessa on välillinen. Varsinkin ennakoivaan kunnossapitoon käytetyn rahan tarkasteleminen tarkoilla luvuilla on vaikeaa, koska esimerkiksi laitteen luotettavuus johtuu monesta muustakin asiasta. Onkin tärkeää, että kunnossapito-organisaatio budjetoii kunnossapitokustannuksensa ja niille laaditaan toimintasuunnitelmat sekä seurataan niiden toteutumista yrityksen tuottojen suhteen. (Mts. 27.)

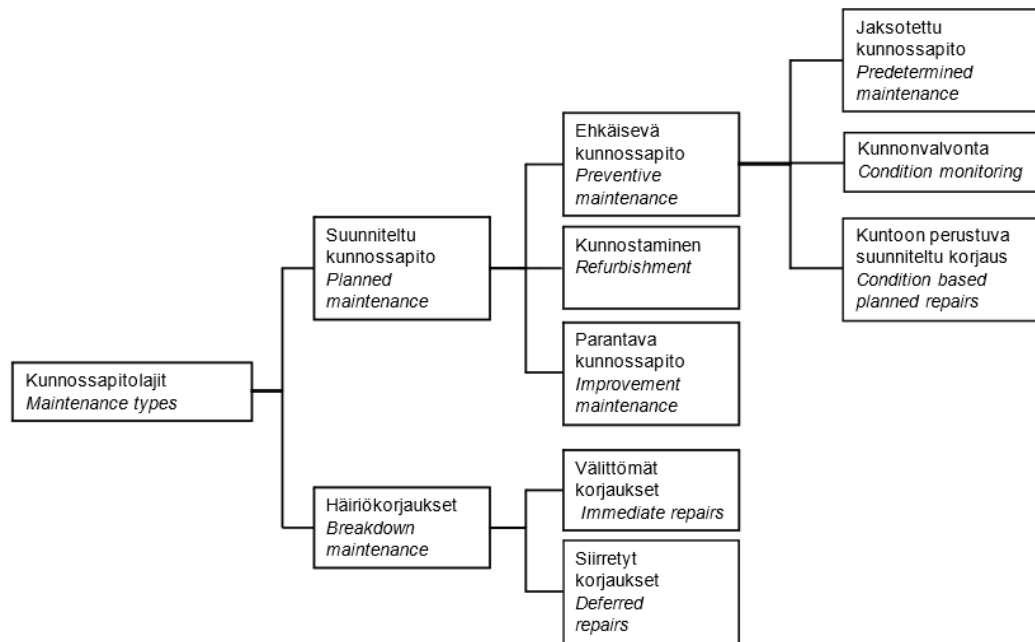
Taulukossa 1 nähdään kunnossapidon vaikutus niin tuloksen kasvuna, kustannusten säästönä kuin yhteiskunnankin kannalta.

Taulukko 1. Kunnossapidon vaikutus liiketoimintaan (Järviö 2012, 28)

Tuloksen kasvuna	
Tuotteen laatu	→ Parempi hinta
Käytettävyys	→ Lisämyynti
Toimitus varmuus	→ Asiakastyytyväisyys
Eliniän jatkaminen	→ Sijoitetun pääoman tuotto
Laitoksen imago	→ Työvoiman saanti, osakkeen arvo, goodwill
Kustannusten säästönä	
Energian säästö	→ Laadukkaat laitteet ja säädöt
Raaka-aineet	→ Hylky- ja susituotteet
Osaamisen siirto uuteen investointiin	→ Kokemuksen hinta
Organisaation laadukas toiminta	→ Kunnossapidon tehokkuus ja ammattitaito
Yhteiskunnan kannalta	
Raaka-aineiden käyttö	→ Luonnonvarat
Turvallisuus	→ Tapaturma-alttius ja omaisuusvahingot
Ympäristöarvot	→ Jäte- ja ympäristövaikutukset, kierrätys
Ammattitaito (koulutus)	→ Työllisyys
Kasvu	→ Työllisyys, verotulot
Infrastruktuuri	→ Paremmat toimintaedellytykset

4.4 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajeja on eri standardeissa jaettu hieman eri tavalla. Standardeja on kolme: SFS-EN 13306:2010, PSK 6201:2011 sekä PSK 7501:2010. Kattavimmin kunnossapitolajit esitetään kuviossa 3, josta ilmenee PSK 7501:2010 – standardin mukaiset kunnossapitolajit. (Järviö 2012. 46.)



Kuvio 3. Kunnossapitolajit, PSK 7501:2010 (PSK 7501 2010, 32)

Standardi selittää kuviossa näkyvät kohdat seuraavasti:

- Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat jaksotettu kunnossapito ja kunnonvalvonta, jolla hankitaan tietoa kunnostustarpeesta.
- Kunnostamisessa laite palautetaan korjaamalla toimintakuntoon prosessin toiminnan häiriintymättä. Kunnostaminen suoritetaan yleensä korjaamalla.
- Parantava kunnossapito koostuu toimenpiteistä, joilla muutetaan laitteen rakennetta toimintavarmuuden ja kunnossapidettävyyden parantamiseksi. (PSK 7501 2010, 5.)

Standardit ovat hieman aikaansa jäljessä keskittyessään ainoastaan vikaantumiseen ja korjaamiseen ottamatta kantaa sallittuihin vikaantumisiin. On aivan sallittua, että

jokin kohde vikaantuu. Esimerkiksi tehdashallin valaistus on tyypillinen esimerkki vikaantumistyyppistä RTF (Run To Failure). RTF ei ole ennakoivan kunnossapidon piirissä. Tavallisesti käyttöhenkilöstö seuraa kohteen toimintaa eli sitä, toimiiko se vai ei. Kohteen rikkoutuessa se joko korjataan tai korvataan. (Järviö 2012, 48.)

4.5 Ehkäisevä kunnossapito

PSK 6201:2011 -standardi määrittää ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti: ”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.” (Järviö 2012, 95.)

Ehkäisevä kunnossapito on termi, jota monet käyttävät tarkoittaen eri asiaa. Tähän on monia syitä. Yksi on, että suuri osa teollisuuslaitoksista on toiminut vuosikausia reagoivalla kunnossapidolla. Toisin sanoen, kunnossapidon resurssit ovat lähes kokonaan olleet odottamattomien vikojen korjauksia, hyvin vähän ennalta ehkäisevää kunnossapitoa. Tämä vakiintunut toimintatapa on hämärtänyt rajaa korjaavan ja ehkäisevän kunnossapidon välillä. Luullaan, että nopea reagointi ja korjaus ovat ehkäisevää kunnossapitoa, sillä niiden avulla vältetään pitkät seisokit. Tosiasiassa reagoivaa kunnossapitoa kalliimpaa ja hitaampaa kunnossapitoa ei olekaan. (Smith 2004, 19-20.)

Ehkäisevä kunnossapito käsittää seuraavat, säännöllisesti toteutettavat toimet:

- Vikaantumisen aiheuttaneiden syiden ja olosuhteiden tarkkailu ja havainnointi.
- Toimet, joita suorittamalla saadaan kone toimimaan suunnitellulla tavalla. Näitä ovat muun muassa voiteluhuollon suorittaminen, koneen rakenteiden ylläpito (esimerkiksi liitosten kireys sekä osien linjaukset) sekä toimintaympäristön siistinä pitäminen.
- Alkaneen vikaantumisen havaitseminen ja korjaaminen ennen kuin kone pysähtyy vian seurauksena. Tähän kuuluu myös suunniteltu korjaava kunnossapito. (Järviö 2012, 96.)

Ehkäisevä kunnossapito koostuu neljästä elementistä, joita ovat toimintaolosuhteiden vaaliminen, tarkastukset, suunniteltu korjaaminen ja modernisoinnit. RCM-koulukunta jakaa ehkäisevän kunnossapidon tehtävät neljään ryhmään:

- TD (Time Directed, ajoitettu)
- CD (Condition Directed, toimintakuntoon perustuva)
- FF (Failure Finding, vian etsintä)
- RTF (Run To Failure, vian salliminen -> ei ehkäisevää kunnossapitoa) (Mts. 96.)

Aikaan perustuvat toimet (TD) ovat ennalta päätettyjä ja ne suoritetaan kun asetettu aika on täyttynyt. Toimet voivat perustua joko kalenteri- tai käyntiaikaan. (Smith 2004, 24.)

Tarkastustoimenpiteet pyritään usein suorittamaan koneen kunnan mukaisesti (CD). Tarkastajina toimivat pääasiassa koneen käyttäjät, jotka huomaavat tutun koneen poikkeavan toiminnan hyvinkin nopeasti. (Järviö 2012, 96.)

Piilevien vikojen etsintä (FF) on haastavaa, sillä nimensä mukaisesti näitä vikoja ei normaalissa toiminnassa huomaa. Piileviä vikoja esiintyy kahdennetuissa laitteissa ja sellaisissa laitteissa, joita ei normaalin käytön aikana tarvita. Esimerkkinä kahdennetusta laitteesta on auton vararengas. Jos kuljettaja ennen matkalle lähtöä tarkastaa vararengaan kunnan, suorittaa hän vian etsintää. Laitteita, joita ei normaalissa käytössä tarvita, ovat esimerkiksi hätä-seis -painike ja turvakytkin. Mikäli näitä ei aika-ajoin testata, on vakavan onnettomuuden riski todellinen.

Vikaantumisen salliminen (RTF) on järkevää silloin kun kohteelle ei löydy sopivaa ehkäisevää toimenpidettä, kun huoltaminen on kohtuuttoman kallista saavutettuihin hyötyihin verrattuna tai kun kohde on prioriteettilistan loppupäässä eikä aiheuta merkittävää harmia tuotannolle (Smith 2004, 24).

Ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua ja säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneen käynnin aikana tai seisokkien yhteydessä. Vaikkakin parantava kunnossapito ja vikojen analysointi ovat tavoitteiltaan vikaantumisten vähentämistä, ei niitä sisällyte-

tä ehkäisevään kunnossapitoon, koska ne eivät ole luonteeltaan säännöllisiä tai jatkuvia. (Järviö 2012, 96.)

Ehkäisevän kunnossapidon piiriin kuuluu myös vahvasti ennustava kunnossapito, eli erilaisten mittausten suorittaminen, joilla selvitetään koneen ja sen osien kuntoa. Tällaisia mittaavia tekniikoita ovat muun muassa infrapunakuvaus, värähtelyanalyysit ja öljyanalyysit. Mittaus on joko suoraa, kuten kulumisen ja värähtelyn mittaus, tai epäsuoraa. Epäsuoraa mittaamista ovat esimerkiksi öljyanalyysit, joiden tavoitteena on tutkia voiteluaineen sisältämää metallipartikkeleiden määrää ja geometriaa. (Mts. 96.)

4.6 Miksi ehkäisevää kunnossapitoa tehdään?

Koneen täytyy pystyä suorittamaan siltä vaadittu toiminto suunnitellulla tavalla eli luotettavasti, eikä häiriöitä saa esiintyä. Jotta kunnossapito-organisaatio toimisi tehokkaasti, on erityisen tärkeää, että toiminta on suunniteltua, hallittua ja systemaattista. Tämä ei onnistu, jos kaikki kunnossapitotyöt ovat luonteeltaan reagoivia. Koneen luotettavuuden voisi saada ehkäisevällä kunnossapidolla täysin varmaksi, jolloin suunnittelemattomia seisokkeja ei tulisi. Tämä ei kuitenkaan ole taloudellisesti järkevää, eli tavoiteltava luotettavuustaso asetetaan matalammalle. Luotettavuuden haluttu taso on siis taloudellinen asia. (Järviö 2012, 97.)

Kunnossapidon aikataulut ja suunnittelu määrittelevät ehkäisevän kunnossapidon tehokkuuden. Hyvän kunnossapidon merkki on se, että 80 % työkuormasta on tiedossa jo noin kolme viikkoa etukäteen. Näin ollen kunnossapitotoimet voidaan suunnitella huolella, tarvikkeet ja varaosat hankkia ja aikatauluttaa työt siten, että tuotanto häiriintyy mahdollisimman vähän. Jos työt havaitaan vasta koneen vikaantuttua, ei aikaa jää tarpeeksi suunnittelulle sekä varustautumiselle. Suunnittelematon korjaustyö kun kestää kolme kertaa suunniteltua kauemmin. (Mts. 97.)

Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, kun ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin sen puuttumisen aiheuttamat tuotannon menetykset ja

vahingot ja kun kohteelle ja ehkäistävälle vikamuodolle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. (Mts. 97.)

RCM:n kehittäjä J. Moubrayn mukaan ehkäisevästä kunnossa pidosta 40-70 % tehdään aivan turhaan. Hänen mukaansa ennakkohuoltotehtäviä on liian usein, liian paljon ja usein menetelmien käyttö ja/tai hyödyntäminen ovat tehottomia. (Mts. 97.)

4.7 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu

Kuten edellä on jo mainittu, on tehokkaan ehkäisevän kunnossapidon perusedellytykset suunnitelmallisuus ja aikatauluttaminen. Huolellinen suunnittelu vähentää työn tekemisen yhteydessä tapahtuvia viiveitä, töiden aikatauluttaminen taas poistaa töiden väliin jääviä viiveitä. Suunnittelemalla sekä aikatauluttamalla työt huolella resurssien käyttö tehostuu ja laitteiden vikaantuminen saadaan niin hyvään hallintaan kuin on mahdollista. (Järviö 2012, 100.)

Perinteisesti ennakoivat kunnossapitotyöt on laadittu aikaisempien kokemusten ja vikaantumisien, varaosien ja niiden käyttömäärän, koneen ja sen osien toimintatapojen sekä koneen valmistajan suositusten pohjalta. Näillä toimilla on siis haluttu estää aiemmin esiintyneitä rikkoontumisia. Usein kunnossapito-ohjelmat ovat ylimitoitettuja tai ne sisältävät tehottomia menetelmiä. Osasyitä ylimitoittamiseen ovat liiallinen käyttövarmuuden tavoittelu ja se, että koneen valmistaja on ylimitoittanut huolto-ohjeet, jotta heidän koneensa toimisi moitteettomasti. (Mts. 100.)

Usein ehkäisevä kunnossapito ja korjaava kunnossapito kulkevat käsi kädessä, koska aika ajoin tulee vikoja, joita ei aiemmin ole ollut tai niitä ei ole kirjattu mihinkään.

4.7.1 Ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu kriittisyysanalyysillä

PSK Standardisoimisyhdistys ry on määritellyt standardissaan PSK6800 Laitteiden kriittisyysanalyysi teollisuudessa, kuinka eri kohteiden kriittisyydet arvioidaan. Kriittisyyttä arvioidaan taloudellisten vaikutusten, henkilöstöturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmasta. Standardi määrittelee kriittisyyden seuraavasti: ” Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla.” (PSK6800, 2008, 2.)

Kriittisyysanalyysiä käytetään muun muassa kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon tuottamiseen. Sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi uutta laitetta hankittaessa määrittelemällä laitteen ominaisuuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteereitä. (Mts. 3.)

Standardin mukaan kriittisyysanalyysi aloitetaan määrittämällä tarkastelun laajuus. Seuraavassa vaiheessa lasketaan, paljonko tuotannon menetyksen painoarvoksi tulee. Tuotannon menetyksiin sisältyy neljä eri painoarvokerrointa: tuotantoyksikön, tuotantolinjan, prosessin ja osaprosessin painoarvot. Tuotantoyksikön kerroin on sen suhteellinen osuus koko tuotantolaitoksen tuotoksesta. Tuotoksena voidaan käyttää joko tuotannon määrää, arvoa tai siitä saatavaa voittoa. Tässä tapauksessa tehdään kolmen paperikoneen painoarvo on yhteensä 100 %, mutta se ei jakaudu tasaisesti joka koneelle, koska tuotanto on kussakin erilaista. Tuotantolinjan painoarvokerroin on sen suhteellinen osuus koko tuotantoyksikön tuotoksesta. Esimerkiksi jos samalla koneella on kaksi vierekkäistä linjaa, on niiden painoarvo yhteensä 100 %. Paperikoneella ei ole vierekkäistä linjaa, joten sen osuus yksin on 100 %. Osaprosessien painoarvot voivat olla erisuuruiset, mikäli prosessit ovat rinnan kytkettyjä. Paperikone on sarjaan kytketty, joten sen jokainen osaprosessi on kriittinen, eli jokainen prosessi saa painoarvon 100 %. Mikäli yhden paperikoneen perässä on esimerkiksi kaksi pituusleikkuria, jaetaan painoarvo niiden osalta kahdella. Seuraavaksi arvioidaan, soveltuvatko taulukossa 2 olevat muut painoarvot tälle toimialalle. Jos ne eivät sovi, niitä voidaan muuttaa. Tämän jälkeen standardista löytyvään taulukkopohjaan lista-

taan tarkasteltavat laitteet ja valitaan niille taulukosta sopivat kertoimet. Tuloksina saadaan kunkin tarkasteltavan laitteen kriittisyydet. Jos tuloksia kuitenkin halutaan tarkastella esimerkiksi vain korjauskustannusten perusteella, katsotaan vain sen kriittisyyden osaindeksiä M_r . (Mts. 3-6.)

Taulukko 2. PSK6800-standardin pisteytysohje (PSK6800 2008, 7)

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$		$M_e = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_e = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_e = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetyks $W_p = 0 \dots 100$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h)
			$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h)
			$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)
			$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h)
	Laatukustannus $W_q = 30$		$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
			$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h)
			$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h)
			$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)
			$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)
Korjaus- tai seurauksenkustannukset $W_r = 20$		$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauksenkustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.	
		$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h)	
		$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)	
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)	

¹⁾ Lukuarvot ovat ohjeellisia

Turvallisuus- ja ympäristöriskin kertoimet voivat olla suurimpia, ja ne suurenevat eksponentiaalisesti. Muiden riskien kertoimet ovat välillä 0-4. Valintakriteereissä olevia aikoja voi muuttaa käyttökohteen perusteella. (Mts. 9.)

Kun analyysi on tehty, priorisoidaan laitteet niiden kriittisyyden perusteella. Kohteet jaetaan A-, B- ja C-ryhmiin. Kriittisimpiä A-ryhmän laitteita on tavallisesti noin 20-25 % kaikista laitteista. Kunnossapito painotetaan A- ja B-laiteryhmiin. Yleensä C-ryhmän laitteille riittää pelkkä huolto, koska laitteen rikkoontuminen ei vaikuta valmistusprosessiin, eli sen annetaan rikkoontua. Tämän jälkeen voidaan laatia uudet faktoihin perustuvat ennakkohuolto-ohjelmat. (Järviö 2012, 100-101.)

Kriittisyysanalyysin avulla saadaan usein vähennettyä ennakkohuoltotöiden määrää, sillä työt ovat kohdistettu oikeisiin laitteisiin. Prosessin luotettavuus paranee samalla kun vikaantumiset vähenevät. (Mts. 101.)

UPM:llä on käytössä oma kriittisyysanalyysi, joka on peräisin Olli Kannisen vuonna 2013 tekemästä diplomityöstä. Se on tehty edellä mainitun standardin pohjalta ja siinä toimintopaikan kriittisyys määritellään tuotannon menetysten, laatu- ja korjauskustannusten, vikaantumisvälin, turvallisuus- ja ympäristöriskien perusteella.

4.7.2 Tarkastusvälien määrittely

Ennakoivan kunnossapidon piirissä olevien laitteiden tarkastusvälit voivat perustua käyttö- tai kalenteriaikaan. Tarkastusväli T lasketaan kaavalla

$$T = 2 * \text{epäkäytettävyys} * MTBF$$

Esimerkiksi jos tarkasteltavan kohteen MTBF (Mean Time Between Failures, keskimääräinen vikaantumisväli) on kolme vuotta eli 36 kuukautta ja käytettävyysvaatimus on 95 % (epäkäytettävyys 5 %), tarkastusväli

$$T = 2 * 0,05 * 36 = 3,6 \text{ kuukautta}$$

(Järviö 2012, 102.)

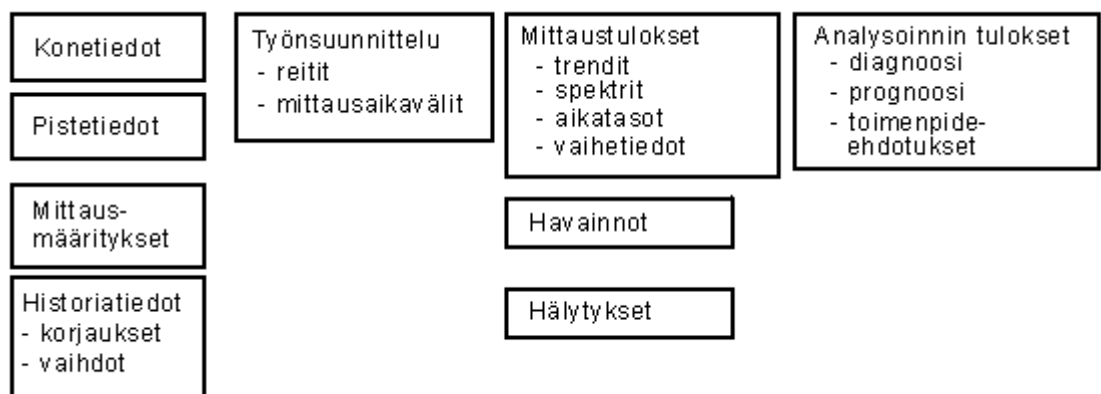
4.8 Kunnonvalvonta

4.8.1 Kunnonvalvonta yleisesti

Kunnonvalvonta on merkittävä tapa vaikuttaa kannattavuuteen. Saavutettavia hyötyjä ovat muun muassa kunnossapidon suunniteltavuus, seisokkiaikojen parempi hyödyntäminen, suunnittelemattomien seisokkien väheneminen sekä laitteiden pidentynyt elinikä. Myös varaosavarasto on helpompi optimoida kun tiedetään laitteiden vikaantumisen alkaminen. (Nohynek 1996, 13.)

Paperikoneet on aina rakennettu ilman varakoneita. Tämä tarkoittaa sitä, että yksittäisen laitteen käynti on kriittinen koko tuotannon kannalta. Alati kohoavat tuotantomäärät puolestaan nostavat seisokkituntien tuotannonmenetykset pilviin. Tuotantomäärien kasvaessa myös pyörimisnopeudet kasvavat, eli vikaantumiset kehittyvät aiempaa nopeammin. (Mts. 13.)

Koska mitta-antureita ei ole järkevää kytkeä tehtaan jokaiseen pyörivään koneeseen, ovat mittausreitit paras vaihtoehto. Mittausreittejä kiertävät koneen käyttäjät, koska kunnossapidolla ei ole aikaa eikä resursseja kiertää ympäri tehdasta päivästä toiseen. Kuviossa 4 näkyvät kunnonvalvonnan elementit.



Kuvio 4. Kunnonvalvontatoiminnan jako elementteihin (Nohynek 1996, 13)

Konetietojen perusteella määritellään mittausten tarve sekä laajuus. Nykypäivänä määrittely tehdään usein kriittisyysanalyysillä. Pistetiedot kertovat mittauspisteen sijainnin ja mitattavat asiat (värähtely, lämpötila). Mittausmääritykset kertovat mittauksen suorittamiseen liittyvät mittalaitteasetukset. Operaattorin kuitenkin tuskin koskaan tarvitsee kajota mittalaitteen asetuksiin. Työnsuunnittelu käsittää mittauspisteiden järjestämiset reitteihin, reittien intervallit sekä työn valvonnan. (Mts. 14.)

Kunnonvalvonnan tuloksena saadaan paljon erilaisia mittaustuloksia. Osaa näistä voidaan käyttää suoraan, mutta suurin osa tarvitsee jatkokäsittelyä. Mittaamisen ohessa mittauksen suorittaja tekee aistinvaraisia havaintoja, kuten etsii vuotoja ja poikkeavia ääniä. (Mts. 14.)

Pitää kuitenkin ymmärtää, että ihmisen aistit havaitsevat vain suuria muutoksia. Harva pystyy sanomaan onko esimerkiksi öljy samanväristä kuin se oli kaksi viikkoa sitten. Tämän takia tulisi olla vertailukohtia kuten valokuvia tai näytteitä. (Mobley 2004, 13.)

Johtavat mittaukset hälytykseen tai ei, on tärkeää tutkia tuloksia ja seurata esimerkiksi värähtelyn kehittymistä. (Nohynek 1996, 15.)

4.8.2 Värähtelymittaus

Värähtelymittaus on yleisimmin käytetty kunnonvalvontamenetelmä. Sitä käytetään käynnivalvonnassa sekä vikaselvityksissä. Oikein sovellettuna värähtelymittaus voi olla paras ennakoivan kunnossapidon mittausten menetelmä, mutta väärin sovellettuna resurssien ja ajan tuhlausta. (Nohynek 1996, 18.)

Värähtelymittausmenetelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään:

- yksinkertaiset menetelmät yleistärinän valvontaan ja vierintälaakereiden kunnonvalvontaan
- monimutkaisemmat menetelmät tärinän yksityiskohtaiseen valvontaan ja laakereiden kunnonvalvontaan (Mts. 18).

Ensimmäisen ryhmän mittalaitteet ovat usein kämmentietokoneen ja mittalaitteen yhdistelmiä. Tällainen on esimerkiksi SKF:n Microlog Inspector ja siihen Bluetooth-yhteydellä liitetty MARLIN-kuntokoetin. Näistä kerrotaan lisää luvussa 5. Mittari mittaa koneen kokonaistärinää, värähtelyn nopeuden tehollisarvoa (mm/s), taajuusalueella 10–1000 Hz. Tällä taajuusalueella ilmenevät koneen akselin pyörimiseen liittyvät viat. Samalla mittari mittaa myös kiihtyvyyden verhokäyrää (gE) taajuudella 500–10000 Hz. Korkeataajuinen värähtely kasvaa, kun vierintälaakereiden voitelukalvo häviää tai kun on jokin muu laakerivaurio. (Mts. 18.)

Yksinkertaisilla mittalaitteilla saadaan luotettavaa dataa, kun mitattavat koneet ovat suorakäyttöisiä. Mikäli mitattavassa kohteessa on useita pyöriä akseleita, kuten vaihde, ovat ensimmäisen ryhmän mittalaitteet epätarkkoja vikojen tunnistamiseksi. Lisääntynyt värähtely huomataan, mutta sitä ei vain voida näiden mittalaitteiden trendeistä analysoida. Tällöin tarkempi kunnonvalvonta suoritetaan monikanavaisella spektrianalysaattorilla, kuten CSI-analysaattorilla. Tällaisella mittalaitteella suoritettava värähtelyn valvonta tarkoittaa sitä, että koneen aiheuttaman värähtelysignaalin eri osataajuudet ja niiden suuruudet erotetaan toisistaan. Näin yksittäisen koneenosan aiheuttama tärinä pystytään tunnistamaan ja voidaan seurata sen kunnon kehittymistä. (Mts. 18-19.)

4.8.3 Lämpötilamittaukset

Aikaisemmin laakereiden kunnonvalvonnassa suosittiin lämpötilamittausta. Lämpötilamittauksella ei kuitenkaan voida havaita laakerivikaa sen alkuvaiheessa. Lämpötilaa voidaan mitata kosketuksellisella käsimitarilla, pistoolityyppisellä infrapunamittarilla tai infrapunakameralla. (Nohynek 1996, 20.)

Infrapunasaäteilyyn perustuvat lämpötilanmittaukset ovat luotettavimpia mittauksia. Toki infrapunakameran kuvaa pitää osata tulkita ja ottaa huomioon eri materiaalien emissiokertoimet ja heijastuvien lämpöaaltojen aiheuttamat häiriöt. Esimerkiksi sähkökaapin vikaantuneet komponentit paljastuvat helposti infrapunakameran avulla. (Mts. 20.)

Kosketukselliset mittarit ovat helppokäyttöisempiä, mutta niiden soveltamisalueet ovat rajalliset koneiden vaikeiden sijaintien takia. Edellä mainitussa MARLIN-kuntokoettimessa on lämpötilan mittaus samassa paketissa.

4.8.4 Virtaspektrianalyysi

Epätahtimoottoreiden staattorivirrasta tehtävällä virtaspektrianalyysillä voidaan havaita moottorin roottorisauvavaurio, roottorin epäkeskeisyys, rikkoutuneet oikosulkurenkaat ja käämitysongelmat. Myös pitkälle edennyt laakerivaurio näkyy kasvavana virrankulutuksena. Mittaus suoritetaan mittaamalla yhdestä moottoriin tulevasta vaiheesta virtapihdillä. (Nohynek 1996, 23.)

4.8.5 Öljyanalyysi

Öljyä voidaan pitää yhtenä koneenosana, joka edellyttää säännöllistä kunnonvalvontaa ja huoltotoimenpiteitä. Voitelukyvyltään huonokuntoinen öljy aiheuttaa voimansiirtotekniikoissa ja voiteluissa toimintahäiriöitä. Nämä heikentävät käytinvarmuutta, lisäävät laatutappioita ja kunnossapitokustannuksia. Tuotannon menetyksiin verrattuna öljyn kunnonvalvontakustannukset ovat minimaalisia. (Antila 2006, 170.)

Käytön aikana öljyssä tapahtuu fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia. Öljyn sekaan tulee myös laitteistosta kulumahiukkasia ja järjestelmästä tai sen ulkopuolelta vettä ja epäpuhtauksia. Öljyjen kunnonvalvonta on muutosten seuraamista ja niihin reagoi-

mista. Seuranta tapahtuu online-laitteilla analyysijä tekemällä ja laboratoriotutkimuksilla. (Mts. 170.)

Öljystä tutkittavat ominaisuudet jaetaan kolmeen ryhmään, joita ovat perusominaisuuksien analyysit, hiukkanalyysit sekä kulumametallianalyysit. Näillä haetaan vastauksia kysymyksiin, kuten ovatko öljyn voiteluominaisuuden säilyneet riittävinä, onko öljy puhdasta, onko öljyn joukkoon kertyneiden kulumishiukkasten muodosta, määrästä tai laadusta tunnistettavissa laitteen kulumismuutokset? (Mts. 170-171.)

Koneen ja voiteluöljyn kunto ja epäpuhtaudet muodostavat ketjureaktion, mikä vaikuttaa seuraavasti:

- Epäpuhtaudet lisäävät kulumista.
- Epäpuhtaudet huonontavat öljyn kuntoa.
- Öljyn huonontunut kunto heikentää voitelua.
- Laitteen kuluminen lisääntyy.
- Lisääntynyt kuluminen ja öljyn huonontuminen lisäävät epäpuhtauksia. (Mts. 171.)

4.9 Käyttäjäkeskeinen kunnossapito

4.9.1 Käyttäjäkeskeisen kunnossapidon haasteet

Hyvään työympäristöön kuuluvat työntekijöiden hyvä taitotaso ja sopivat työskentelyolosuhteet. Monet tutkimukset osoittavat, että yli 40 % vikaantumisista on suoria seurauksia operointivirheistä tai epäsopivista työskentelyolosuhteista. Nämä vikaantumiset ovat vältettävissä jos koneen käyttäjillä on hyvä ymmärrys koko tuotantomaisuudesta ja siitä, miten omat työtavat vaikuttavat isossa kuvassa. (Gulati 2013, 188.)

Operaattoreiden tulee olla vastuullisia oikeista toimintatavoista ja hallitsemistaan laitteista. Koneen käyttäjät aistivat jos jokin on väärin tai epänormaalia työympäris-

tössä. Usein he korjaavat tai kunnostavat pienet viat itse tai kunnossapidon avulla. Pienetkin viat tulee korjata välittömästi, sillä ne voivat aiheuttaa monin kerroin kalliimmat korjauskustannukset. Operaattoreiden tulisi olla ensimmäinen puolustuslinja vikoja vastaan tarkkailemalla ympäristöä ja oikeita työtapoja. (Mts. 188.)

Valitettavan monissa organisaatioissa ei koneen käyttäjiä kuitenkaan ole saatu sisäistämään ajatusta yhteisen tuotanto-omaisuuden hoidosta, koska työkuultuuri on käynyt läpi paljon muutoksia viime vuosikymmeninä. Tällaiseen työkuultuuriin on kaksi syytä:

1. Operaattorit ja kunnossapito on jaettu eri leireihin.
2. Palkkasysteemi historiasta. (Mts. 188-189.)

Selkeä jako on voimissaan nykypäivänäkin. Tuotannon puoli käyttää koneita ja kunnossapito korjaa. Kunnossapito vain palauttaa laitteen kunnan hyväksyttävälle tasolle. Historian saatossa kunnossapitäjät ovat määritelleet itsensä ”korjausmiehiksi”, ajatusmalli luotettavuuskeskeisestä kunnossapidosta saa heidät puolustuskannalle. Jos laitteet eivät enää hajoa, niin kuka silloin arvostaa kunnossapidon läsnäoloa, he ajattelevat. (Mts. 189.)

Myös operaattorit haluavat tehdä vain omia töitään ilman, että heidän tulisi huolehtia siisteydestä tai koneiden kunnossapitämisestä. Sitä vartenhan tehtaalla on siivoojia ja kunnossapitoa, ajatellaan. Joskus he eivät näe kokonaiskuvaa. Operaattorit kun voivat helposti auttaa vähentämään vikaantumisia osallistumalla, ennakoimalla ja havaitsemalla alkavia vikoja ja työskentelemällä kunnossapidon kanssa yhdessä. (Mts. 189.)

Vuosikymmenien ajan ympäri maailmaa oli pakkasysteemi, mikä on johtanut vääristyneeseen kulttuuriin ja ongelmiin kunnossapidossa. Suunnittelijat saivat palkkioita saavuttamalla koneeseen vaaditun toimintatason pienemmillä mahdollisilla kustannuksilla välittämättä lainkaan koneen käyttäjistä, kunnossapidollisuudesta tai elin-kaarikustannuksista. Tuotantotiimejä palkittiin tuotannon määrän kasvusta ilman, että oikeaa tarvetta tuotannon kiristämiseksi olisi ollut. Ei myöskään ajateltu, mitä tuotantotavoitteiden ylittämisen tavoittelu saa aikaan koneissa eli tuotanto-

omaisuudessa. Kunnossapito on tyypillisesti saanut palkkioita nopeasta korjaamisesta, ei luotettavuuden tai käytettävyyden parantamisesta. Kunnossapitäjät saavat ylimääräistä tulella työajan ulkopuolella paikalle korjaamaan rikkoontuneen tuotantolaitteen ja saavat kehuja hyvästä työstä. Jos lisiä ja palkkioita saa vikoja korjaamalla, niin kuka haluaa panostaa luotettavuuteen? Kuka nostaa käden pystyyn ja ilmoittaa haluavansa vähemmän palkkaa? (Mts. 189.)

Työntekijät kiinnittävät enemmän huomiota siihen, mitä johdossa tehdään, eikä johdon sanomisiin. Jos johto ilmoittaa haluavansa saavuttaa paremman luotettavuuden, mutta jatkaa silti vikaantumisten sallimista ja näin ollen vikakorjauksista ylimääräisen maksamista, vikoja tulee aina olemaan. Kulttuuri vaatii muutosta ja kehitystä. (Mts. 189.)

4.9.2 Koneenkäyttäjän rooli

Käyttäjakeskeinen kunnossapito eli Operator Driven Reliability (ODR) tai Operator Based Reliability (OBR) on olennainen osa ennakoivan kunnossapidon strategiaa. ODR:n tavoite on yksinkertaisesti auttaa tuotantolaitosta käymään paremmin, pidempään, kustannustehokkaasti ja kilpailukykyisesti vähentämällä suunnittelemattomien seisokkien aikaa ja kasvattamalla käyntiaikaa. Huomioimalla vikoja koneen käyttäjät voivat vähentää tai eliminoida vikoja ja samalla kasvattaa koneen luotettavuutta. Operaattorit tekevät tavallisia kunnossapidollisia töitä omien töidensä ohella. Heidän vastuullaan on ympäristön tarkkailu ja tuotanto-omaisuuden kunnonvalvonta. He etsivät vuotoja ja erikoisia ääniä, seuraavat lämpötiloja ja värähtelyä ja havainnoivat kaikkea epänormaalia työympäristössään. Jossain tapauksissa koneen käyttäjät korjaavat itse pienet viat. He pitävät paikat puhtaana, suorittavat pieniä säätöjä, tarkastavat voiteluja ja tekevät muita töitä, joiden on perinteisesti ajateltu olevan kunnossapidon töitä. (Gulati 2013, 193.)

Koneenvalmistajat usein suosittelevat, kuinka konetta tulee operoida. Joskus nämä suositukset ovat tehty vailla minkäänlaista ymmärrystä tuotantoympäristöstä sekä

työntekijöiden taitotasosta. Usein koneenvalmistajan huolto-ohjeet ovat varman päälle mitoitettuja, ja niiden orjallinen noudattaminen johtaa vain turhiin tarkastuksiin ja ajan hukkaan. Lisäksi jokaisella kerralla, kun konetta huolletaan, on inhimillinen virhe mahdollinen. Kun operaattorit ottavat vastuuta vikojen havaitsemisesta, todennäköisyys vikojen havaitsemiseen aikaisessa vaiheessa kasvaa eksponentiaalisesti. Tämä johtaa vähäisempiin kunnossapitokustannuksiin sekä kasvattaa koneen luotettavuutta. (Mts. 193.)

Monissa tuotantolaitoksissa kunnossapidon ja tuotannon välissä on kuilu. ODR voi parhaimmillaan toimia siltana näiden kahden välillä lisäämällä kanssakäymistä ja tietojen vaihtoa. ODR on kustannustehokas ja se kannustaa kulttuuriin, jossa vikoja ei sallita. (Mts. 193-194.)

On paljon tuotantolaitoksia, missä yhteistyö operaattoreiden ja kunnossapidon välillä sujuu mallikkaasti. Yhteistoiminta on parasta laitoksissa, missä kunnossapito on tuotantolaitoksen sisäisen eikä ulkoistettu. Keskeistä tietoa ei välttämättä pystytä perinteisin menetelmin jakamaan, mikäli kunnossapito toimii hallinnollisesti erillisenä organisaationa.

Lisäksi prosessiteollisuudessa myös eri vuorojen verkostoitumisilla on merkitystä. Jotkut tulevat toimeen kaikkien kanssa, kun taas toiset eivät voi sietää toisiaan. Mikäli eri vuoroissa olevien henkilöiden välillä on kitkaa, on hyvin todennäköistä, että he pyrkivät välttämään toistensa näkemistä vuoron vaihdossa. Tällöin voi paljon olennaista verbaalista tietoa jäädä vaihtamatta.

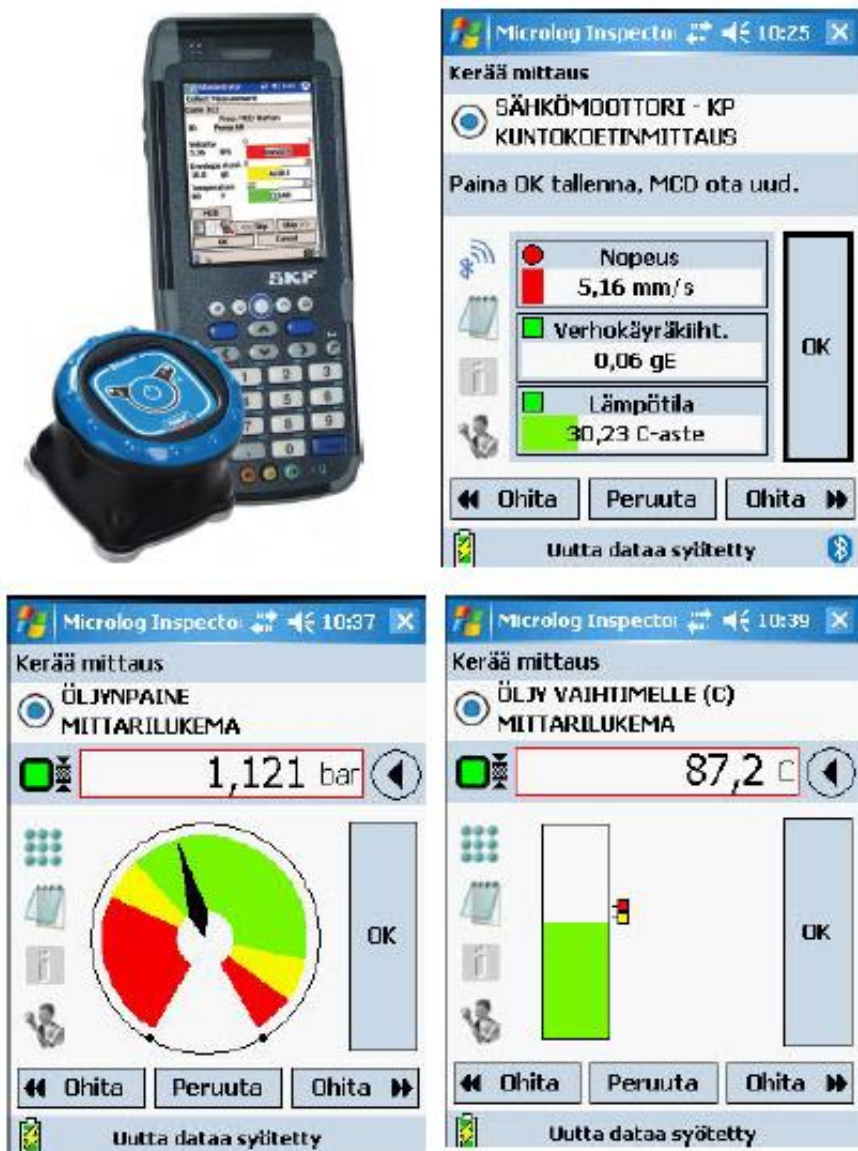
Myös esimiehissä on eroja. Jotkut vuoromestarit ovat kiinnostuneita koneen käyttäjien mielipiteistä ja jakavat tätä tietoa eteenpäin ylemmälle taholle, kun taas toiset käyvät valvomossa vain tarkastamassa, että työntekijät ovat paikalla ja vetäytyvät sen jälkeen omien töidensä pariin.

5 SKF:n ODR-järjestelmä

5.1 Yleistä järjestelmästä

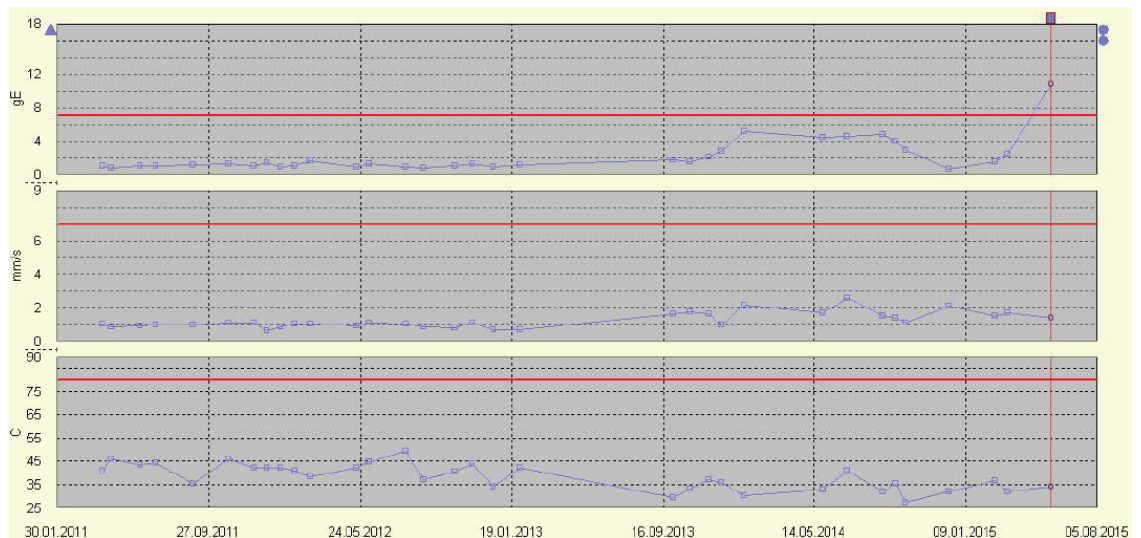
SKF:n @plitude Analyst on kunnonvalvontaohjelmisto. Sen tarkoituksena on koota yhteen kaikkien seurattavien laitteiden kuntotiedot. Ohjelmalla voi muun muassa luoda uusia tai päivittää vanhoja mittausreittejä, tarkastella hälytyksiä sekä luoda raportteja valikoidusta datasta. Lisäksi ohjelmalla voidaan katsoa trendi- ja spektrikuvaajia.

Jämsänkosken PK 3:lla on tämän kunnonvalvontajärjestelmän tueksi käytössä kannettava mittalaite Microlog Inspector sekä siihen liitettävä MARLIN-kuntokoetin. Kuten aiemmin on sanottu, MARLIN mittaa kiihtyvyyden verhokäyrää huipusta huippuun (gE), värähtelynopeuden tehollisarvoa (mm/s) sekä mitattavan kohteen pintalämpötilaa. Näiden lisäksi kierroksella oleva operaattori tekee erilaisia havaintoja, kuten öljyn paineen tarkastuksia. Kuviossa 5 näkyy kämmentietokone, kuntokoetin ja erilaisia mittaus- ja tarkastustuloksia.



Kuvio 5. Microlog Inspector ja siihen liitetty MARLIN-värinäanturi sekä esimerkkejä mittaustuloksista

Kun kämmentietokoneelle kerätty data siirretään @ptitude Analyst-ohjelmaan, päästään kierroksella tehtyjä mittauksia ja havaintoja tarkastelemaan tarkemmin. Kuviossa 6 on esimerkki pumpun mittaustuloksista pitkällä aikavälillä.

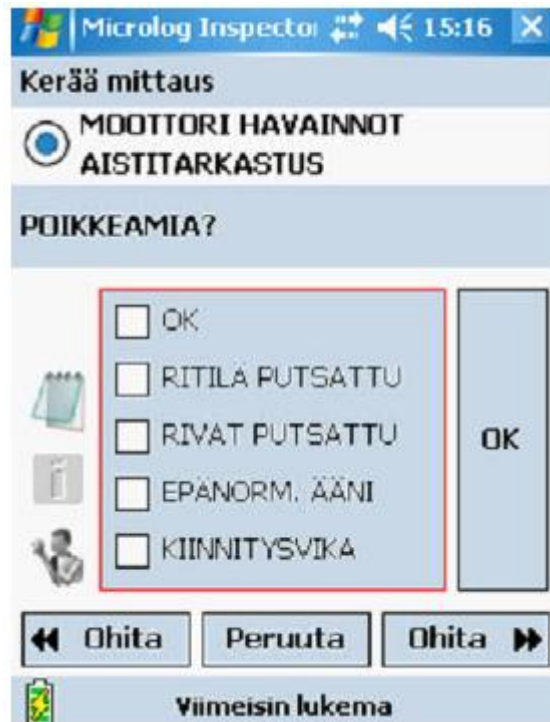


Kuvio 6. Pumpun värähtelyn verhoikäyrä on ylittänyt hälytysrajan

5.2 Mittausten suorittaminen ja tiedon purkaminen

Mittausten suorittaminen Microlog Inspectorilla on helppoa, eikä vaadi muuta kuin ohjeiden noudattamista sekä Windows-käyttöjärjestelmän tuntemista.

Microlog Inspector -ohjelman avauduttua kämmentietokoneessa valitaan reitit-kuvake, jonka alta pääsee tarkastelemaan reittejä, laitteita sekä mittauspisteitä. Kun oikea kohde on valittu, painetaan kerää-painiketta. Avautuvassa ikkunassa näkyy mitattavan laitteen toimintopaikka ja nimi. Ruudun alareunassa näkyy myös yhteenvedona tarkasteltavien pisteiden määrä. Tässä vaiheessa kuntokoettimen tulee olla päällä ja yhteydessä kämmentietokoneen kanssa. Seuraavaksi kuntokoetin kiinnitetään merkittävään mittauspisteeseen ja käynnistetään mittaus. Muutaman sekunnin kuluttua näytölle ilmestyvät mittaustulokset, jotka voidaan hyväksyä OK-painikkeella. Aistinvaraisia tarkastuksia tehdessä valitaan näytöltä sopiva vaihtoehto ja painetaan OK. Kuviossa 7 on esimerkki aistihavainnosta koskevista vaihtoehdoista.



Kuvio 7. Kämmentietokoneen näyttönäkymä tarkastuspisteellä

Kentällä mittauksia suorittaessa voi kohteeseen lisätä suoraan huomautuksia kuviossa 7 näkyvästä ”vihkon” kuvakkeesta. Tähän voidaan kirjata ylös esimerkiksi outoja ääniä tai jotain muuta, mikä ei ole oletusvaihtoehtona.

Kun tarvittavat mittaukset on tehty, kytketään kämmentietokone takaisin omaan telakkaansa ja synkronoidaan tiedot tietokoneen kanssa. Tämä tapahtuu menemällä kämmentietokoneen perusnäkömään, mistä löytyy Synkronisoi-painike. Synkronisointi vie aikaa noin kolme minuuttia, jonka jälkeen kämmentietokone palaa perusnäkömään. Tämän jälkeen tuloksia voi tarkastella tietokoneelta.

6 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyön tehtävänä oli kehittää käyttäjäkeskeistä kunnossapitoa siten, että se alkaisi taas toimia. Opinnäytetyön tekeminen tehtaalla alkoi aloituspalaverilla, jossa sovittiin työn aikataulu ja rajaus. Tehtäviksi sovittiin laitepaikkojen läpikäyminen kriittisyysanalyysillä, mittauspisteiden merkitseminen kentällä, järjestelmään päivitettävät asiat ja koulutusten pitäminen. Samalla palaverissa sovittiin päivä, jolloin SKF:n

edustaja Antti Tiusanen tulisi opettamaan @ptitude Analyst -ohjelman käytön. Tuona päivänä käytiin läpi laitepaikkojen intervallien, hälytysrajojen ja asetusten muokkaaminen sekä raporttien tekeminen. Viikoittaiseen raporttiin tulee laitepaikkatiedot, joista ilmenee viimeisimmän mittauksen ajankohta ja hälytyksen status. Näin pystytään seuraamaan, ketkä mittauksia suorittavat ja kuinka usein. Tosin raportista ei näy kuin vain kellonaika, jolloin siitä ei voida nähdä, kuka mittaukset on tehnyt, mutta raportista huomataan, missä vuorossa mittauksia ei ole suoritettu.

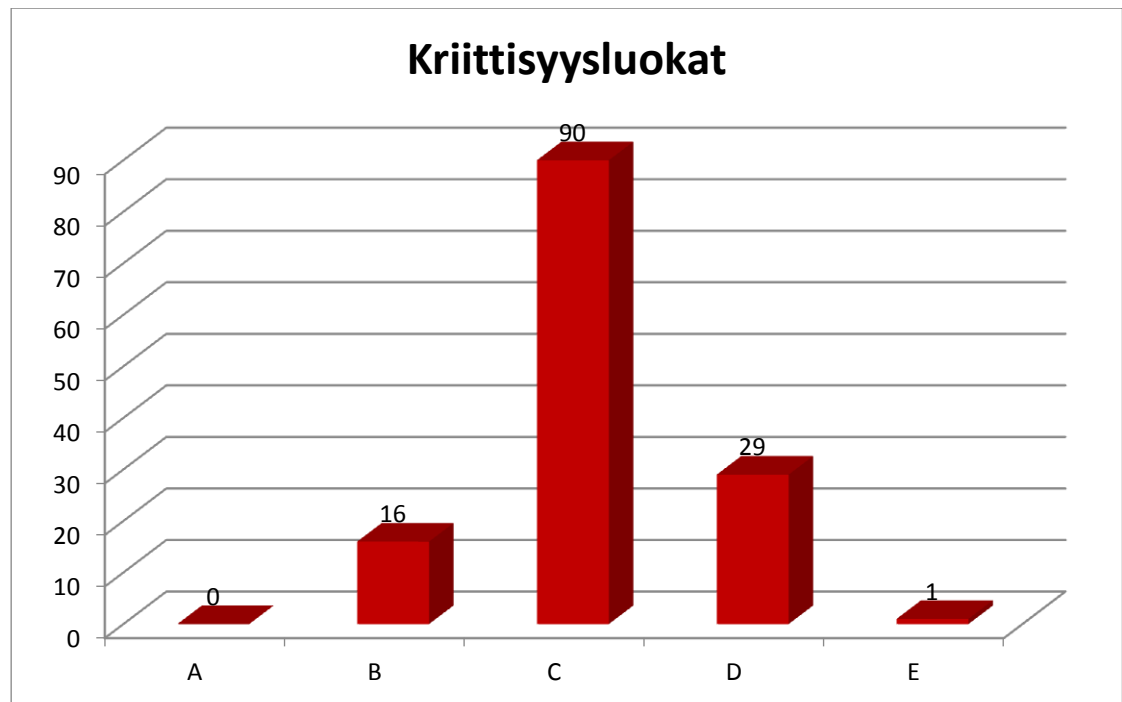
6.1 Kriittisyysanalyysi

UPM:llä on käytössään Olli Kannisen vuonna 2013 tekemästä diplomityöstä peräisin oleva kriittisyysanalyysipohja. Siinä toimintopaikkojen kriittisyydet määritellään tuotannon menetysten, laatukustannusten, korjauskustannusten, vikaantumisvälin sekä turvallisuus- ja ympäristöriskin perusteella. Turvallisuus- ja ympäristöriskit ovat kertoimiltaan suurimmat, joten nämä voivat tehdä luotettavasta laitteesta kriittisen. Tuotannon menetysten ja korjauskustannusten kertoimet ovat toiseksi suurimmat, ja vähiten kriittisyyteen vaikuttavat laatukustannukset sekä vikaantumisvälit. Koska kriittisyysanalyysi on tehty selluntuotannon tarpeisiin eikä PK 3:lla ajeta kakkoslaatuista paperia, jätettiin tästä analyysistä laatukustannukset huomioimatta.

Tämän opinnäytetyön 136 laitepaikkaa sisältävä kriittisyysanalyysi tehtiin kahdessa osassa. Yhteensä listan läpikäymiseen kului aikaa noin viisi tuntia. Palavereissa olivat läsnä lisäksi operaattori, ennakkohuoltomies, kunnossapitoinsinööri sekä tuotantopäällikkö. Roolini näissä palavereissa oli lähinnä olla puheenjohtajana ja kirjurina, kun ammattilaiset keskustelivat eri laitepaikkojen ominaisuuksista. Analyysin tueksi olin myös ajanut SAP:sta Exceeliin kohteiden työtilaushistorian vuoden 2011 alusta lähtien. Tätä ei kuitenkaan juurikaan tarvittu, ja kriittisyysanalyysi eteni johdonmukaisesti. Analyysiä tehdessä vastaan tuli seitsemän laitepaikkaa, jotka eivät olleet kriittisiä, mutta ne pidettiin kuitenkin reitillä. Näissä laitepaikoissa suoritetaan vain visuaalinen tarkastus, joka on helppo tehdä ohimennen. Liitteistä 3 ja 4 näkyvät kohteet, jotka päätettiin pitää reiteillä.

Kriittisyysanalyysin johdosta toimintopaikkojen kriittisyysmuutokset olivat paljon. Ennen analyysin suorittamista kriittisyysluokkaan A kuului 51 kohdetta, kun analyysin jälkeen yksikään toimintopaikka ei ole A-ryhmässä. B-ryhmässä oli aiemmin 77 laitepaikkaa ja C-ryhmässä 8. Mittausten sykliä ovat A-ryhmällä viikon, B-ryhmällä kaksi viikkoa ja C-ryhmällä kolme viikkoa.

Koska analyysin jälkeen korkein kriittisyysluokka on B-ryhmä, päätettiin sen mittausväliksi viikko. C-ryhmän laitepaikkojen tarkastusväliksi tuli kaksi viikkoa. Näin ollen viikoittain kierrettäviä kohteita on 16 kappaletta ja kahden viikon välein kierrettäviä on 97 kpl. Kuviossa 8 näkyy, että C-ryhmään kuuluu 90 kohdetta. Tähän ryhmään tulevat D-ryhmästä edellä mainitut seitsemän toimintopaikkaa.



Kuvio 8. Tarkastuskohteiden määrä eri kriittisyysluokissa

Kahden viikon aikana on siis kierrettävänä yhteensä 129 laitepaikkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että kun kukin vuoro suorittaa päivittäin kolme mittausta, päästään suoritusosuuteen 97,7 %.

$$\frac{\text{Kolme mittausta per vuoro vuorokaudessa}}{2 * A - \text{ryhmän mittaukset} + B - \text{ryhmän mittaukset} / 14 \text{ vuorokautta}}$$

$$\frac{3 * 3}{(2 * 16 + 97)/14} * 100 \% = 97,6 \%$$

Kriittisyysanalyysissä laitepaikkoja ei saatu karsittua pois kuin 22 kappaletta. Mittausten suorittamisen määrä sen sijaan väheni viikoittain tehtävien mittausten vähene-
misen johdosta. Ennen analyysiä kolmella mittauksella per vuoro olisi päästy suorit-
tamisosuuteen 68 %. Aiemmin kahden viikon aikana oli kierrettävänä 185 toiminto-
paikkaa kun analyysin jälkeen vain 129. Mittausten määrä väheni siis 30 %. Kriit-
tisyysanalyysin tulokset näkyvät liitteissä 1-4.

6.2 Reittien päivittäminen järjestelmään

Reittien päivittäminen @ptitude Analyst -ohjelmaan on suhteellisen yksinkertaista. Kaikki muutokset tehdään hierarkiaan. Tässä työssä uusia mittauspisteitä tai mitatta-
via laitepaikkoja ei tullut lainkaan, joten uusien mittauspisteiden lisäämistä ei tarvitse
käsitellä. Kuten edellä mainittiin, 22 laitepaikkaa poistettiin reitiltä kokonaan.

Muuttuneiden kriittisyysluokkien ansiosta useiden laitepaikkojen mittausten interval-
lia muutettiin. Monissa kohteissa se vaihdettiin 7 päivästä 14 päivään. Joitain laite-
paikkoja siirrettiin hierarkiassa eri kohtiin, jotta reitti olisi sujuvampi kiertää. Siirrot
tehtiin operaattoreilta kuultujen parannusehdotusten mukaan. Kuivan pään valvo-
moon jätettiin lista, jossa lueteltiin uudet reitit, ja kysyttiin, puuttuiko reiteiltä jotain
olennaisia laitteita. Saadun palautteen perusteella koneenhoitajan reitille lisättiin
viisi uutta laitepaikkaa. Laitepaikkojen sijainnit reitillä päätin itse parhaaksi näkemäl-
läni tavalla. Koneenhoitajan reitti näkyy liitteessä 1.

Hierarkiassa tehdyt muutokset päivittyivät reitteihin ainoastaan muutettujen hälytys-
rajojen osalta. Poistetut laitepaikat ja intervalleihin tehdyt muutokset eivät siis au-
tomaattisesti päivittyneet reitteihin. Reitit piti päivittää käsin eli kopioida hierar-
kiapuusta kokonainen reitti, kuten esimerkiksi koneenhoitaja, ja liittää se kyseiseen
reittiin vanhojen tietojen poistamisen jälkeen.

Kun hierarkia ja reitit oli päivitetty @ptitude Analyst -ohjelmaan, piti ne vielä siirtää kämmentietokoneelle. Reitit siirtyivät synkronoimalla laitteet keskenään.

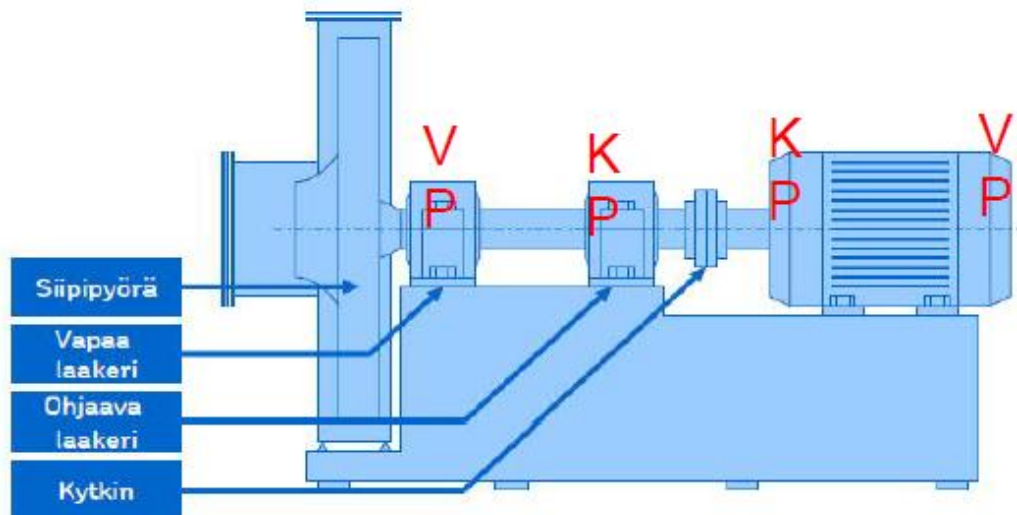
6.3 Mittauspisteiden merkintä kentällä

Mittauspisteet merkittiin keltaisella maalitussilla. Merkintäkierrokselle mukaan otettiin yksi operaattori kuivanpään valvomosta, lista kaikista kierroksilla olevista laitepaikoista, kämmentietokone mittauspisteiden tarkistamista varten, maalitusseja sekä puhdistusainetta. Kaikista reiteistä kierrettiin ne laitepaikat, joissa suoritetaan aistihavaintojen ja mittarilukemien tarkastamisten lisäksi mittauksia. Jokaisen mitattavan sähkökäytön, pumpun ja puhaltimen mittapisteiden paikat katsottiin kämmentietokoneelta, ja niihin laitettiin uudet merkinnät, elleivät vanhat merkit olleet selkeät. Kuviossa 9 on esitetty mittauspisteen yksinkertainen merkintä.



Kuvio 9. Mittauspisteen merkintä moottorin käyttöpuolella

Yleisimmin mittaukset tehdään sähkömoottorin käyttöpuolelta (KP), vaihteen ensiöakselilta sekä vaihteen käyttö- ja vapaalta puolelta (VP). Kuviossa 10 on esitetty yleisimmät mittauspisteet.



Kuvio 10. Kuntokoetinmittauksen anturin kiinnityspisteet

6.4 Koulutus

Operaattoreiden koulutus tapahtui kahtena kertana ennen aamu- ja iltavuorojen vaihtoa siten, että iltavuoroon tulevat saapuivat töihin normaalia aiemmin. Tällä järjestelyllä saatiin pidettyä neljän eri vuoron koulutukset kahtena koulutuskertana. Kolmas koulutus pidettiin, kun viimeinen vielä ilman koulutusta ollut vuoro oli aamuvuorossa. Näin kaikki viisi vuoroa oppivat laitteiden käytön. Koulutuksiin osallistui myös vapaaehtoisia viereiseltä paperikone neljältä. Suurin osa toki osasi jo käyttää laitteita, mutta koulutuksen ideana olikin, että kukaan ei sen jälkeen voi vedota osaamattomuuteensa ja kaikkia muistutettiin siitä, miksi ODR:ää tehdään.

Koulutus alkoi PowerPoint-esityksellä, jossa käytiin läpi, mitä käyttäjäkeskeinen kunnossapito on, miksi sitä tarvitaan, mitä hyötyjä sillä saavutetaan ja mitä se pitää sisällään. Kun perusasiat oli läpikäyty, keskityttiin erilaisiin mittauksiin ja tarkastuksiin esimerkkien avulla. Käytiin läpi, mihin mitta-anturi kiinnitetään ja miten mittaussuoritetaan sekä miten visuaaliset tarkastukset merkitään kämmentietokoneeseen. Puh-taanapidon tärkeyttä painotettiin ja siitäkin näytettiin esimerkkitapaus, jossa sähkömoottorin lämpötilamittaukset oli tehty kolmen tunnin välein ja ensimmäisen mittauksen jälkeen moottorin tuuletinosa puhdistettiin harjaamalla. Tässä tosielämän

esimerkissä moottorin lämpötila laski puhdistuksen ansiosta 19 °C. Diaesityksen päätteeksi käytiin läpi kämmentietokoneen käyttö vaihe vaiheelta sekä tietojen synkronointi tietokoneelle.

Valvomoon jätettiin ohjeet, missä kämmentietokoneen käyttö on opastettu kuvien kera Microlog Inspector -ohjelman käynnistämisestä tietojen synkronointiin saakka. Ohjeet ovat liitteissä 5 ja 6.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada operaattoreiden suorittamat kunnonvalvontakierrokset toimimaan jälleen Jämsänkosken paperitehtaan paperikone 3:lla. Tässä asiassa ongelmana oli alkujaan operaattoreiden motivaatio-ongelma ja se, että asioiden oli annettu mennä sille tolalle, kuin ne olivat opinnäytetyön alkaessa. Mittausreiteissä itsessään ei ollut juurikaan moittimista yksittäisten laitepaikkojen sijainteja lukuun ottamatta. Kyse oli enemmänkin siitä, ettei kovinkaan moni motivoitunut suorittamaan mittauksia, koska ajateltiin niiden olevan kunnossapidon tehtäviä. Nykyaikaista ajatusmallia kaikkia koskettavasta tuotanto-omaisuuden huolehtimisesta ei ollut omaksuttu paperikone kolmella. Lisäksi koneella työskentelee monia, jotka eivät olleet saaneet koulutusta aiheeseen, ja näin ollen he eivät voineet suorittaa tarkastuskierroksia.

Reiteillä oli aiemmin pitkä lista tarkastettavia kohteita. Kriittisyysanalyysin avulla niistä karsittiin osa pois ja nostettiin tärkeimmät esiin. Kriittisyysanalyysi onnistui hyvin. Saman pöydän ääressä ollut asiantuntemus ja vuosien kokemus saatiin puristettua luotettaviksi tuloksiksi. Kriittisyysanalyysipalaverien läsnäolijoiden omat näkemykset ja niistä seurannut keskustelu vika historian tukena saivat osallistujat pohtimaan asioita omia näkökulmiaan laajemmin. Operaattoreiden työpanos oli loistava. Jos reitillä oleva laitepaikka oli vaikeassa tai vaarallisessa paikassa, se poistettiin reitiltä. Oli myös kohteita, jotka eivät kriittisyysanalyysin mukaan kuuluisi reitille, mutta operaattorit sanoivat niiden olevan helppoja ohimennen tehtäviä visuaalisia tarkastuksia, joten ne jätettiin reiteille. Kunnossapidon miehet osasivat ajatella korjauskustannuksia laajemmin kuin vain varaosien hinnan ja korjausajan perusteella. Korjauskustan-

nuksia mietittiin kohteiden sijainnin näkökulmasta, jolloin käsitettiin, että katolla olevien puhaltimien vaihtaminen ei olekaan aivan rutiinityö.

Kriittisyysanalyysin avulla saatiin reiteillä olevien laitepaikkojen intervallit järkevämmiksi. Juuri tämän ansiosta suoritettavien tarkastusten määrä väheni 30 %, mikä on oiva tulos, kun otetaan huomioon, että yksi työn tavoitteista oli vähentää mittauksia. Kriittisyysanalyysin tekeminen kaikille muillekin paperikoneille, joissa ODR on käytössä, olisi varmasti hyvä ratkaisu. Näin kohdistettaisiin rajalliset resurssit oikeisiin paikkoihin, eikä tehtäisi turhaa työtä.

Operaattoreille pidetty koulutus oli yllättävän helppo. Osallistujat olivat aktiivisesti mukana ja kyselivät aiheesta. Toivottavasti haluttu ajatusmaailma yhteisestä tuotanto-omaisuuden hoitamisesta omaksuttiin ja ymmärrettiin käyttäjäkeskeisen kunnossapidon merkitys ja mahdollisuudet.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa vastaavien projektien tekemisessä. Mielestäni ei ole järkevää käyttää kunnonvalvontakohteiden valintaan muuta tapaa kuin kriittisyysanalyysiä. Kriittisyysanalyysin teko vaatii aikaa sekä tarpeeksi väkeä eri tehtävistä, kuten tässä työssä oli. Ilman kunnossapidon ja ennakkohuollon läsnäoloa ei analyysistä saada luotettavaa. Mikäli työpaikalla ei ole yhtä hyvää yhteishenkiä kuin tässä tapauksessa, lienee järkevintä tehdä kriittisyysanalyysi ilman tuotantopäälliköitä ynnä muita tehtaan hierarkiassa liian korkealla olevia. Tunnelman pitää olla rento ja sen pitää kannustaa kaikkia sanomaan mielipiteitään aristelematta.

Operaattoreilta saadun palautteen perusteella voisin sanoa jatkokehityskohteeksi ODR-laitteiden päivittämisen tähän päivään. Vaikkakaan laitteet eivät ole monta vuotta vanhoja, on aika ajanut niistä jo ohi. Tämä koskee erityisesti kämmentietokoneita, jonka näyttöä sanottiin liian pieneksi ja kosketusnäytön käyttökokemusta hankalaksi. Tähän ongelmaan törmäsin itsekini: välillä kosketusnäyttöä sai tökkiä kynällä kauan ennen kuin se reagoi kosketukseen. Kämmentietokoneessa on paljon nappeja, joita ei normaalikäytössä tarvitse lainkaan. Laitteiden uusiminen saisi aikaan myös uuden innostumisen mittausten tekemiseen.

Työn tulokset otettiin käyttöön jo siinä vaiheessa, kun uudet reitit päivitettiin järjestelmään. Sitä, alkoivatko kierrokset toimia ja saatiinko suorittamisosuus tavoitellulle tasolle koulutusten jälkeen, en osaa sanoa. Suorittamisosuus ja ODR:n avulla löydettyjen vikojen määrä tulevat määrittämään opinnäytetyön onnistumisen. Muihin tavoitteisiin päästiin, mutta se tärkein on tarkastuskierrosten suorittaminen ja sitä en itse voi hallita. Hetkellinen piristys tarkastuksiin on ainakin saatu, mutta jatko on tehtaan omasta väestä kiinni.

Lähteet

Antila, K. 2006. Teollisuusvoitelu. 4.p. Helsinki: K-P Media.

Etävalvonta varmistaa toimintakunnon. 2014. Promaint-lehti. 27, 4, 40-42. Viitattu 25.11.2015. <http://www.digipaper.fi/promaint/124639/>.

Gulati, R. 2013. Maintenance and reliability best practices. 2. ed. New York: Industrial Press.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito, Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. p. Helsinki: KP-Media Oy.

Mobley, R. 2004. Maintenance fundamentals. 2.ed. Burlington: Butterworth-Heinemann.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered maintenance, RCM II. 2. ed. MA: Butterworth-Heinemann Woburn

Nohynek, P. 1996. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Rajamäki: KP-tieto.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardointiyhdistys ry.

PSK 7501. 2010. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. 2. p. Helsinki: PSK Standardointiyhdistys ry.

Salminen, P. 2015. UPM:n irtisanomiset alkavat: "Olemme käyneet listat läpi". Keski-suomalainen 1.2.2015. Viitattu 28.12.2015.

<http://www.ksml.fi/uutiset/kotimaa/jamsassa-pelataan-upmn-irtisanomiset-alkavat-huomenna/1978989>

Smith, A. & Hinchcliffe, G. 2004. RCM, Gateway to world class maintenance. Burlington: Butterworth-Heinemann.

UPM-Kymmene Oyj. 2015. Yrityksen esittelymateriaali. Viitattu 15.12.2015. Yhtiön sisäinen Intranet-verkko.

UPM-Kymmene vuosikertomus. 2014. Viitattu 1.12.2015.

http://assets.upm.com/Investors/Documents/2014/UPM_Vuosikertomus_2014.pdf

Liitteet

Liite 1. Kriittisyysanalyysin tulokset, koneenhoitajan kierros

Toimintopaikka	Nimitys	Pisteet	KRIITTISYYS	Huomiot
KONEENHOITAJA				
Tyhjäpumput				
JAM1-230458	PK3 TYHJÖPUMPPU 2 (NASH CL-4003)	2,2	B	
JAM1-230459	PK3 TYHJÖPUMPPU 1 (NASH 904-R2)	2,2	B	
JAM1-230486	PK3 NASH-TIIVISTEVESIEN KIERRÄTYS PUMPPU	2,2	B	
JAM1-230482	PK3 TYHJÖPUMPPU (NASH 904-T3)	2,2	B	
JAM1-230483	PK3 TYHJÖPUMPPU (NASH 904-L1)	2,2	B	
JAM1-230481	PK3 TYHJÖPUMPPU (NASH 904-S1)	2,2	B	
Pumput alakerta				
JAM1-230480	PK3 KAUKALOVESIPUMPPU	0,5	D	
JAM1-230478	PK3 SUIHKUVESIPUMPPU 12 BAR	1,7	C	
JAM1-230479	PK3 SUIHKUVESIPUMPPU 3 BAR	1,0	D	
JAM1-240413	PK4/PK3 KORKEAPAINEPUMPPU (40 BAR)	0,5	D	
JAM1-230469	PK3 LÄMMINVESIPUMPPU 2 (KUIVAAN PÄÄHÄN)	1,5	C	
JAM1-230461	PK3 LÄMMINVESISÄILIÖN PUMPPU 1	1,2	D	
JAM1-230470	PK3 KORKEAPAINEVESIPUMPPU	1,2	C	
JAM1-231458	PK3 3.PYÖRREPUHDISTUSVAIHE PUMPPU (PP3)	1,8	C	
JAM1-231442	PK3 KIERTOVESESÄILIÖN PUMPPU (2 KPL)	1,8	C	
JAM1-231456	PK3 2.PYÖRREPUHDISTUSVAIHE PUMPPU (PP2)	1,8	C	
JAM1-231455	PK3 SAKEUDEN SÄÄTÖVESIPUMPPU	1,8	C	
JAM1-230485	PK3 FORMERIN VESISÄILIÖN PUMPPU	0,7	D	
JAM1-2314071	PK3 4.PYÖRREPUHDISTUSVAIHE PUMPPU (PP4)	1,8	C	UUSI
JAM1-2314023	PK3 ILMANPOISTOSÄILIÖN SYÖTTÖPUMPPU	2,2	B	
JAM1-2314024	PK3 PERÄNSYÖTTÖPUMPPU	2,0	C	
JAM1-231111	PK3 KONESIHTI(=PAINESIHTI SCREENER M60)	2,0	C	
JAM1-231420	PK3 REJEKTISIHDIN SYÖTTÖPUMPPU	1,8	C	UUSI
JAM1-231154	PK3 KONESIHDIN REJEKTISIHTI	1,8	C	UUSI
JAM1-231001	PK3 PALLOPUHDISTUKSEN LÄHETYSASEMA (ATREX)	1,8	C	UUSI
JAM1-2314076	PK3 6.PYÖRREPUHDISTUSVAIHE PUMPPU (PP6)	1,8	C	UUSI
JAM1-239401	PK3 LTO VESIPUMPPU	0,5	D	
JAM1-230484	PK3 LÄMMINVESIPUMPPU 12 BAR	0,5	D	
Mp-Hydrauliikat				
JAM1-233302	PK3 1.PURISTIMEN SYM-HYDRAULIKONEIKKO	1,7	C	
JAM1-233302.4	PK3 1.PURISTIN SYM-HYDR. SUOD./JÄÄHD.PPU	1,3	C	
JAM1-233302.1	PK3 1.PURISTIMEN SYM-HYDR. PAINEPUMPPU 1	1,7	C	
JAM1-233302.2	PK3 1.PURISTIMEN SYM-HYDR. PAINEPUMPPU 2	1,7	C	
JAM1-233302.3	PK3 1.PURISTIMEN SYM-HYDR. JÄÄHD.PUMPPU	1,3	C	
JAM1-233301	PK3 PURISTINOSAN HYDRAULIKONEIKKO	1,7	C	
JAM1-233301.2	PK3 PURISTINOSAN KUORMITUSHYDRAUL. PPU 2	1,7	C	
JAM1-233301.1	PK3 PURISTINOSAN KUORMITUSHYDRAUL. PPU 1	1,7	C	
JAM1-233301	PK3 PURISTINOSAN HYDRAULIKONEIKKO	1,7	C	
JAM1-233303.7	PK3 KENKÄPURISTIN HYDR. JÄÄHD.PUMPPU 1	2,2	C	
JAM1-233303.8	PK3 KENKÄPURISTIN HYDR. JÄÄHD.PUMPPU 2	2,2	C	
JAM1-233303.5	PK3 KENKÄPURISTIN HYDR. JÄÄHD/VOIT.PPU 1	2,2	C	
JAM1-233303.6	PK3 KENKÄPURISTIN HYDR. JÄÄHD/VOIT.PPU 2	2,2	C	
JAM1-233303.4	PK3 KENKÄPURISTIN HYDR. ÖLJYKALVOPPU 2	2,2	C	
JAM1-233303.3	PK3 KENKÄPURISTIN HYDR. ÖLJYKALVOPPU 1	2,2	C	
JAM1-233303.2	PK3 KENKÄPURISTIMEN HYDR.KONEIKKO PPU 2	2,2	C	
JAM1-233303.1	PK3 KENKÄPURISTIMEN HYDR.KONEIKKO PPU 1	2,2	C	
Mp-käytöt				
JAM1-2304012	PK3 PILLIVESIPUMPPU 1	1,3	C	
JAM1-230489	PK3 PILLIVESIPUMPPU 2	1,3	C	
JAM1-232907	PK3 ALAVIIRAN IMUTELAN KÄYTTÖ	2,5	B	
JAM1-233913	PICK-UP IMUTELA KÄYTTÖ	2,5	B	
JAM1-232908	PK3 ALAVIIRAN VETOTELAN KÄYTTÖ	2,5	B	
JAM1-233914	1.PUR. URATELA KÄYTTÖ	2,5	B	
JAM1-233915.1	PUR. KESKITELA KÄYTTÖ ALEMPI	2,5	B	
JAM1-233915.2	PUR. KESKITELA KÄYTTÖ YLEMPI	2,5	B	

Liite 2. Kriittisyysanalyysin tulokset, päällystäjän kierros

PÄÄLLYSTÄJÄ				
Kp-käytöt				
JAM1-234909	PK3 KUIVATUSYUNTERI 1 KÄYTTÖ	1,7	C	
JAM1-234501	PK3 PRESS-RUN PUHALLIN	1,2	D	
JAM1-234502	PK3 UNO-RUN PUHALLIN 1	1,2	D	
JAM1-234910	PK3 1.KUIVATUSRYHMÄN KÄYTTÖ (SYL.2-4)	2,0	C	
JAM1-234911	PK3 2.KUIVATUSRYHMÄN KÄYTTÖ (SYL.5-12)	2,0	C	
JAM1-239102	PK3 PINTALAUHDUTIN (KONETASO)	1,0	D	
JAM1-239103	PK3 KATKOLÄMMÖNVAIHDIN	1,0	D	
JAM1-239403	PK3 LTO-LÄMMITYSVERKOSTO PÄÄKIERTOPUMPPU	0,7	D	
JAM1-235503	PK3 UNO RUN PUHALLIN 2	1,2	D	
JAM1-234912	PK3 3.KUIVATUSRYHMÄN KÄYTTÖ (SYL.13-20)	2,0	C	
JAM1-234913	PK3 4.KUIVATUSRYHMÄN KÄYTTÖ (SYL.21-30)	2,0	C	
JAM1-234915	PK3 SYM-SIZER PAPERINJOHOTELA 1 KÄYTTÖ	1,2	D	
JAM1-234916	PK3 SYM-SIZER ALATELAN KÄYTTÖ	2,0	C	
JAM1-234917	PK3 SYM-SIZER YLÄTELAN KÄYTTÖ	2,0	C	
JAM1-231151	PK3 SYM-SIZERIN KONEKIERRON PAINESIHTI 1	1,0	D	
JAM1-231152	PK3 SYM-SIZERIN KONEKIERRON PAINESIHTI 2	1,0	D	
JAM1-235936	PK3 KUIVATUSYUNTERI 31 KÄYTTÖ	1,7	C	
JAM1-235937	PK3 5.KUIVATUSRYHMÄN KÄYTTÖ (SYL.32-39)	2,0	C	
JAM1-235956	PK3 PÄÄLL.ASEMA LEVITYSTELA 3 KÄYTTÖ	0,8	D	
JAM1-235957	PK3 PÄÄLLYSTYSASEMAN VASTATELAN KÄYTTÖ	1,7	C	
JAM1-235963	PK3 PÄÄLL.ASEMA LEVITYSTELAN 5 KÄYTTÖ	0,8	D	
JAM1-235964	PK3 6.KUIVATUSRYHMÄN KÄYTTÖ (SYL.40-43)	2,0	C	
JAM1-235508	PK3 ILMAKÄÄNTÖLAITTEEN PUHALLIN	0,0	E	Poistetaan reitiltä, vaikeapääsyinen. Laitetaan Microlog -reitille, sykli 24pvä.
JAM1-235965	PK3 VIIRANJOHOTELAN KÄYTTÖ (022)	1,7	C	
JAM1-235966	PK3 6.KR.A.VIIRANJOHOTELAN KÄYTTÖ	1,7	C	
Alakerta				
JAM1-239515	PK3 SYM-SIZER INFRA JÄÄHD.PUHALLIN 1	1,7	C	
JAM1-239514	PK3 SYM-SIZER INFRA JÄÄHD.PUHALLIN 2	1,7	C	
JAM1-234503	PK3 KUIVATUSOSAN TASKUULETUSPUHALLIN	1,2	D	
JAM1-235502	PK3 SYM-SIZER ILMAKÄÄNTÖLAITE PUHALLIN	1,7	C	
JAM1-239519	PK3 SYM-SIZER INFRA POISTOPUHALLIN	1,7	C	
JAM1-235301	PK3 SYM-SIZER HYDRAULIKONEIKKO	1,7	C	
JAM1-235301.1	PK3 SYMSIZERIN KUORMITUSHYDR. PUMPPU 1	1,0	D	
JAM1-235301.2	PK3 SYMSIZERIN KUORMITUSHYDR. PUMPPU 2	1,0	D	
JAM1-236032	PK3 PÄÄLLYSTYS/VÄLIKALANTERI HYDR.KESKUS	1,7	C	
JAM1-236032.1	PK3 VÄLIKAL./PÄÄLL.OSA HYDR. PUMPPU 1	1,5	C	
JAM1-236032.2	PK3 VÄLIKAL./PÄÄLL.OSA HYDR. PUMPPU 2	1,5	C	
JAM1-236032.3	PK3 VÄLIKAL./PÄÄLL.OSA HYDR. PUMPPU 3	1,5	C	

Liite 3. Kriittisyysanalyysin tulokset, prosessimiehen kierros


PROSESSIMIES				
Pulpperit				
JAM1-2314008	PK3 PURISTINOSAN PULPPERIN PUMPPU	2,0	C	
JAM1-231653	PK3 PURISTINOSAN PULPPERI (SEKOITTAJA)	1,3	C	
JAM1-231454	PK3 SYM-SIZER PULPPERIN TYHJENNYPUMPPU	2,0	C	
JAM1-231654	PK3 SYM-SIZERIN PULPPERI	2,0	C	
JAM1-2314009	PK3 PÄÄLLYSTYSASEMAN PULPPERIN PUMPPU	2,0	C	
JAM1-231655	PK3 PÄÄLLYSTYSASEMAN PULPPERI	2,0	C	
JAM1-2314038	PK3 SOFTKALANTERIN PULPPERIN PUMPPU	2,0	C	
JAM1-231665	PK3 SOFTKALANTERIN PULPPERI	2,0	C	
JAM1-2314039	PK3 RULLAIMEN PULPPERIN PUMPPU	2,0	C	
JAM1-231666	PK3 RULLAIMEN PULPPERI	2,0	C	
Kiertovoitelu				
JAM1-233304	PK3 MÄRÄNPÄÄN KIERTOVOITELUKESKUS	1,5	D	JÄÄ REITILLE!
JAM1-233304.1	PK3 MÄRÄNPÄÄN KIERTOVOITELUKESKUS PPU 1	1,8	C	
JAM1-233304.2	PK3 MÄRÄNPÄÄN KIERTOVOITELUKESKUS PPU 2	1,8	C	
JAM1-234301	PK3 KUIVANPÄÄN KIERTOVOITELUKESKUS	1,5	D	JÄÄ REITILLE!
JAM1-234301.1	PK3 KUIVANPÄÄN VOITELUKESKUS VOIT.PPU 1	1,8	C	
JAM1-234301.2	PK3 KUIVANPÄÄN VOITELUKESKUS VOIT.PPU 2	1,8	C	
Katto				
JAM1-239528	PK3 6.KVR AVOHUUVAN POISTOILMAPUHALLIN	1,8	C	
JAM1-239505	PK3 POISTOPUHALLIN 4 (KATOLLA)	1,8	C	
JAM1-235501	PK3 AVOHUUVAN POISTOILMAPUHALLIN	1,8	C	
JAM1-239504	PK3 POISTOPUHALLIN 3 (KATOLLA)	1,8	C	
JAM1-239503	PK3 POISTOPUHALLIN 2 (KATOLLA)	1,8	C	
JAM1-232503	PK3 IMUDEFLEKTORIN PUHALLIN	1,8	C	
JAM1-232501	PK3 VIIRAN SIVULTAIMUPUHALLIN	1,8	C	
JAM1-232502	SUMUIMUREIDEN POISTOPUH.	1,8	C	

Liite 4. Kriittisyysanalyysin tulokset, rullamiehen kierros

RULLAMIES				
Kalanterin hydr.				
JAM1-236303.6	PK3 SOFTKAL. TK-TELOJEN HYDR. KIERR.PPU	1,7	C	JÄÄ REITILLE!
JAM1-236303.1	PK3 SOFT YLÄTELA PAINEK./VAIHT.VOIT. PPU	2,2	C	
JAM1-236303.3	PK3 SOFTKAL. TK-TELAT HYDR. VARAPUMPPU	0,3	D	JÄÄ REITILLE!
JAM1-236303.2	PK3 SOFT ALATELA PAINEK./VAIHT.VOIT. PPU	2,2	C	
JAM1-236303.4	PK3 SOFTKAL. HYDR. YLÄTELAN JÄÄHDYTYSPPU	2,2	C	
JAM1-236303.5	PK3 SOFTKAL. HYDR. ALATELAN JÄÄHDYTYSPPU	2,2	C	
JAM1-236303	PK3 SOFTKAL. TK-TELOJEN HYDR. KIERR.PPU	1,7	C	JÄÄ REITILLE!
JAM1-236121	PK3 PYÖRIVÄN LIITTIMEN JÄÄHDYTYSYKSIKKÖ	2,2	C	
JAM1-236306.4	PK3 RULLAIN HYDR. KONEIKON SUOD/JÄÄHD.PP	1,7	C	
JAM1-236306.3	PK3 SOFT HYDR. KONEIKON PÄÄPUMPPU	1,7	C	
JAM1-236306.2	PK3 RULLAIMEN HYDR. KONEIKON VARAPUMPPU	1,7	C	
JAM1-236306.1	PK3 RULLAIMEN HYDR. KONEIKON PÄÄPUMPPU	1,7	C	
JAM1-236306	PK3 SOFTKALANTERI JA RULLAIN PAINEKESKUS	0,8	D	JÄÄ REITILLE!
JAM1-236402	PK3 SOFTKAL.KUUMAÖLJY PUMPPU 1 ENSIÖP.	2,3	C	
JAM1-236403	PK3 SOFTKAL.KUUMAÖLJY PUMPPU 2 ENSIÖP.	2,3	C	
JAM1-236405	PK3 SOFTKAL.KUUMAÖLJY PUMPPU 2 TOISIOP.	2,3	C	
JAM1-236404	PK3 SOFTKAL.KUUMAÖLJY PUMPPU 1 TOISIOP.	2,3	C	
JAM1-236305	PK3 TERMOTELAN KIERTOVOITELUJÄRJESTELMÄ	1,0	D	JÄÄ REITILLE!
JAM1-236305.1	PK3 SOFT ÖLIVYOITELUJÄRJ. VOITELUPPU 1	1,5	D	
JAM1-236305.2	PK3 SOFT ÖLIVYOITELUJÄRJ. VOITELUPPU 2	1,5	D	
JAM1-236401	PK3 SOFTKAL.CALCOIL JÄÄHDYTYSVESIPUMPPU	1,2	D	
Kal ja pope käytöt				
JAM1-236925	PK3 RULLAIN TAMPUURIN ENSIÖKÄYTTÖ	2,3	B	
JAM1-236926	PK3 RULLAIN TAMPUURIN TOISIOKÄYTTÖ	2,3	B	
JAM1-236916	PK3 OPTIREEL RULLAUSSYLINTERIN KÄYTTÖ	2,2	B	
JAM1-236911	PK3 SOFTKAL.ALATELAN KÄYTTÖ (TK-TELA)	2,0	C	
JAM1-236912	PK3 SOFTKALANTERI TERMOTELAN KÄYTTÖ	2,0	C	
JAM1-236910	PK3 SOFTKAL.YLÄTELAN KÄYTTÖ (TK-TELA)	2,0	C	


Liite 5. Pikaohje laitteiden käyttöön, ensimmäinen sivu

1. Avaa Microlog Inspector




Käyttöjärjestelmä toimii samaan tapaan kuin mikä tahansa muukin Windows-käyttöjärjestelmä. Klikkaa ruudun reunasta "Start" ja avautuvasta valikosta "Microlog Inspector".

2. Kirjautu sisään



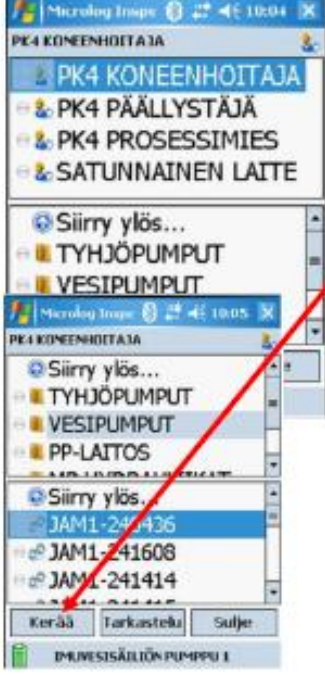
Klikkaa "kirjautu sisään".
Käyttäjä : JAM PK3
Salasana: upm

3. Kuntokoetin päälle




Laita kuntokoetin päälle painamalla sen virtanappia pohjassa ja odota kunnes sininen valo alkaa vilkkumaan.
"REITIT" -kuvakkeesta pääset tiedonkeruuseen.

4. Valitse listasta tarkastettava kohde



Näyttö jakautuu kahteen osaan. Ylempänä näkyy reitin ylempi taso ja alhaalla sen alapuolella olevat alueet/laitteet/pisteet. Tuplaklikkaamalla reittiä, kansiota tai laitepaikkaa pääset tarkastelemaan sitä tarkemmin. Voit kiikata "Kerää"-painiketta minkä tahansa tason kohdalla. "Sulje"-painikkeella pääset palaamaan perusnäkyymään ja "Siirry ylös"-painikkeella pääset hierarkian ylemmälle tasolle.

Jos erääntyneitä pisteitä on 0 tai laite ei ole käynnissä, voit klikata "Ohita".



Liite 6. Pikaohje laitteiden käyttöön, toinen sivu

5. Mittaus ja tarkastus

MITTAUS
 Kiinnitä kuntokoetin mittauspisteeseen ja klikkaa MCD-kuvaketta, jolloin mittaus käynnistyy. Mittaus hyväksytään "OK"-painikkeella.

TARKASTUSPISTEET
 Valitse vaihtoehto/vaihtoehdot ja klikkaa "OK"

6. Tietojen siirto tietokoneelle

- Laita kämmentietokone telakkaansa.
- Mene perusnäkyymään (paina tarvittaessa "peruuta" tai "sulje"-painikkeita).
- Odota, kunnes laite on yhdistynyt verkkoon.
- Paina "Synkronisoi"-painiketta
- Tiedon siirto kestää noin 3 minuuttia, jonka jälkeen laite palaa perusnäkyymään.