

KUNNONVALVONTA OSANA PALVELUIDEN KEHITTÄMISTÄ

Mika Häkkinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014

Paperikoneteknologian koulutusohjelma
Tekniikka ja liikenne





Tekijä(t) HÄKKINEN, Mika	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 13.5.2014
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Kunnonvalvonta osana palveluiden kehittämistä		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma, kunnossapito		
Työn ohjaaja(t) TUUKKANEN, Harri, Projekti-insinööri NIININEN, Kirsi, Lehtori		
Toimeksiantaja(t) RAUTE Oyj RANTALAINEN, Juha, Service Manager		
Tiivistelmä <p>Rauten asiakkailla puutuoteteollisuudessa on lisääntyvä tarve tehdä enemmän, tehokkaammin ja laadullisesti parempaa tuotetta. Laitetoimittajan tarjoamat palvelut ovat tärkeässä osassa asiakkaiden tuotannon ja kunnossapidon kehittämisessä. Ennakoimattomia vikaantumisia halutaan tuotannossa välttää ja tärkeänä osana sitä on kunnonvalvonta.</p> <p>Ehdotus opinnäytetyöhön tuli Rautelta ja sen tavoitteena on kehittää kunnonvalvontaa osana Rauten tarjoamia palveluita. Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistyönä ja pääpainona oli oikeiden toimintamallien ja menetelmien kehittäminen. Tehtävänä oli siis luoda teoreettinen malli tuotantolinjan käyttövarmuuden parantamisesta sekä kriittisyysluokittelusta kunnonvalvonnan kohdentamiseksi. Vaneritehtaan sorviliinjalle tuli kartoittaa Rauten asiakkaille lisäarvoa tuovia kunnonvalvonnan menetelmiä ja toimenpiteitä. Kunnonvalvonnan sekä muuta kautta kerätyn informaation oikeanlaista hyödyntämistä oli pohdittava ja lopuksi tuli vertailla Rauten asiakkaiden toiminnan tasoa muuhun teollisuuteen sekä arvioida vaneriteollisuuden kunnossapidon kehityssuuntaa.</p> <p>Työn toteutus alkoi aiheeseen liittyvän teorian tiedon etsimisellä ja pääasiallisina lähteinä käytettiin kirjallisuutta ja standardeja. Tämän jälkeen perehdyttiin vanerin valmistusprosessin toimintaan ja Rauten nykykäytäntöjen kartoittamiseen. Parhaan käsityksen edellä mainituista asioista sai tehdasvierailujen kautta. Työn suorituksessa käytettiin myös apuna asiantuntijoiden haastatteluja.</p> <p>Tuloksena saatiin tehtyä kaikki opinnäytetyön tavoitteissa esitetyt tehtävät. Tuloksia voidaan jatkossa käyttää oikeiden toimintamallien ja menetelmien perusteena. Rauten asiakkaiden kunnossapidon kehityssuunnan arvion pohjalta pystytään miettimään tulevaisuudessa tarvittavia panostuksia omien palveluiden kehittämiseksi.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Kehittäminen, kunnonvalvonta, kunnossapito, menetelmät, toimintamallit		
Muut tiedot		



Author(s) HÄKKINEN, Mika	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 13.5.2014
	Pages 54	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title Condition monitoring as part of the development of services		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) TUUKKANEN, Harri, Project Engineer NIININEN, Kirsi, Senior Lecturer		
Assigned by RAUTE Oyj RANTALAINEN, Juha, Service Manager		
Abstract <p>Raute's customers in the wood products industry have an increasing need to make better quality products more efficiently. A supplier's services have an important role in the development of the customer's production and maintenance. Unexpected failures have to be avoided and condition monitoring is an important part of it.</p> <p>A proposal for the thesis came from Raute and its aim is to develop condition monitoring as a part of Raute's services. The thesis was implemented as a development work and the main issue was to develop correct operational models. The task was to create a theoretical model for improving the reliability of the production line and a method for the targets of the condition monitoring. The purpose was to survey the suitability of condition monitoring methods for a plywood mill peeling line. Also the task of this study was to take a position on the use of the collected data and finally to compare the level of maintenance in the plywood industry to other industries.</p> <p>The thesis project was started by searching information. The sources mainly used were literature and standards. After that the information of plywood manufacturing process and Raute's current practices were gathered. The best information sources of the issues mentioned above were factory visits. Interviews of experts were also used to carry out the work.</p> <p>The result of this thesis was that the objectives set out were achieved. The results can be used in the future as a basis to correct the operating models and methods. Based on the evaluation, the plywood industry's development of maintenance can be predicted.</p>		
Keywords Development, condition monitoring, maintenance, methods, operating model		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	TOIMEKSIANTAJA	5
2.1	Vanerin valmistus	6
3	KUNNOSSAPITO	7
3.1	Kunnossapito palveluliiketoimintana	9
3.2	Käyttövarmuus	9
3.3	Kunnossapitolajit	12
3.4	RCM	14
4	KUNNONVALVONTA	15
4.1	Värähtelymittaukset	16
4.2	Voiteluaineen kunnonvalvonta	17
4.3	Lämpötilan valvonta	19
4.4	Mittaustekniikka	20
4.5	Raportointi	21
5	LÄHTÖTILANNE	21
6	TOTEUTUS	22
7	TULOKSET	23
7.1	Käyttövarmuuden parantaminen tuotantolinjalla	23
7.2	Kriittisyyskartoitus ja kunnonvalvonnan kohdentaminen	27
7.3	Kunnonvalvonta menetelmät ja kohteet	33
7.3.1	Värähtelymittaukset	33
7.3.2	Öljyanalyysi	37
7.3.3	Lämpökamera	38

7.4	Informaation hyödyntäminen	39
7.5	Toiminnan vertaaminen ja kehityssuunnan arviointi	40
8	TULOSTEN ARVIOINTI	41
9	POHDINTA	42
10	LÄHTEET	44
11	LIITTEET	46
	Liite 1. Tuotantolinjan käyttövarmuuden kehittäminen	46
	Liite 2. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800, 2008, 7)	47
	Liite 3. Kriittisyyslaskentataulukko (PSK 6800, Liite 1)	48
	Liite 4. Toiminnan vertaaminen, kysymykset	49
	Liite 5. Haastattelun vastaukset, Vaneritehdas, kunnossapidon työnjohtaja	50
	Liite 6. Haastattelun vastaukset, Paperitehdas, kunnossapitoinsinööri	51

KUVIOLUETTELO

KUVIO 1. Viilun sorvaus (PuuProffa n.d.)	6
KUVIO 2. Vanerin hionta (Raute 2014).....	7
KUVIO 3. Tuotanto-omaisuuden hallinnan vaikutus yrityksen kannattavuuteen (Järviö & Lehtiö 2012, 27).....	8
KUVIO 4. Käyttövarmuus (Ramentor 2014).	10
KUVIO 5. Kunnossapitolajit (PSK 7501, 2010, 32).	12
KUVIO 6. Voiteluaineen kunnonvalvontaan liittyvät keskinäiset riippuvuudet (muokattu lähteestä Kunnossapitoyhdistys 2006, 171).	18
KUVIO 7. Tuotannon vaikutuskertoimet (PSK 6800, 2008, 5).....	27
KUVIO 8. Vika- ja vaikutusanalyysin tiedonkeruulomake.	31
KUVIO 9. Ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi (Mikkonen 2009, 160).	32
KUVIO 10. Viilunleikkuri.	34
KUVIO 11. Viilunpinkkaajan imupuhaltimen moottori.	34
KUVIO 12. Hydraulikoneikko.	37
KUVIO 13. Sähkökeskus.....	38

1 JOHDANTO

Teollisuudessa koneiden ja laitteiden kunnossapidon merkitys on taloudellisesti todella suuri. Merkittävä osuus kustannuksista tulee kunnossapitotöistä ja niissä käytetyistä varaosista ja komponenteista, mutta vielä suuremmat kustannukset syntyvät, kun tuotantolaitteet eivät ole rikkoutumisen vuoksi käytettävissä tai toimivat puutteellisesti. Tätä asiaa on alettu ymmärtää paremmin nykypäivän teollisuudessa. Organisaatiot ovat alkaneet panostaa enemmän vikaantumisten ennalta ehkäisyyn ja kunnossapitotoimien oikeaan kohdentamiseen. Tärkeänä menetelmänä ehkäisevän kunnossapidon alueella on kunnonvalvonta.

Laitetoimittajien jälkimarkkinoinnista saatavat tuotot kattavat yhä suuremman osan sen liikevoitosta. Laitekaupoista saatava hinta ei ole enää niin merkittävä tekijä, vaan tärkeää on luoda pitkäaikainen yhteistyösuhde asiakkaaseen. Laitetoimittajat tuntevat oman tuotteen konstruktion, joten heillä on tärkeää tietoa kunnossapidon suorittamiseen. Kunnossapito- ja varaosapalvelut kuuluvat oleellisena osana laitetoimittajan palveluvalikoimaan.

Raute on maailmanlaajuinen markkinajohtaja vaneriteollisuudessa 15–20 % markkinaosuudella. LVL (viilupalkki) -teollisuudessa puolet maailman LVL-tuotannosta valmistetaan Rauten toimittamilla koneilla. Rauten asiakkailla on jatkuvasti lisääntyvä tarve tehdä enemmän, tehokkaammin ja laadukkaampaa tuotetta. Laitetoimittajan tarjoamilla erikoiskunnossapidon palveluilla on tärkeä rooli vanerituotannon kehittämisessä.

Opinnäytetyön **tavoitteena** on kehittää kunnonvalvontaa Rauten asiakkaille tarjoamissa palveluissa. Työn tavoitteet voidaan jakaa viiteen osa-alueeseen:

1. Teoreettisen mallin luominen tuotantolinjan käyttövarmuuden kehittämiseksi
2. Kriittisyysluokittelu kunnonvalvonnan kohdentamiseksi
3. Oikeiden, lisäarvoa asiakkaille tuovien kunnonvalvonnan toimenpiteiden ja menetelmien kartoittaminen sorviliinjalle
4. Kerätyn informaation oikeanlainen hyödyntäminen
5. Vaneritehtaan ja paperitehtaan kunnossapidon erojen ja kehityssuunnan arviointi

Opinnäytetyö toteutetaan kehittämistyönä ja työn pääpainona on oikeiden toimintamallien ja menetelmien kehittäminen. Tuloksissa ei oteta niinkään kantaa teknisiin ratkaisuihin ja toteutuksiin, vaan keskitytään oikeisiin toimintamalleihin. Työn alussa kerrotaan toimeksiantajasta ja aiheeseen liittyvästä teoriasta. Tämän jälkeen esitellään lähtötilanne ja kerrotaan työn toteutuksesta. Lopuksi perehdytään työn tuloksiin, tulosten arviointiin ja pohdintaan.

2 TOIMEKSIANTAJA

Raute on puutuoteteollisuusmaailmanlaajuisesti toimiva teknologia- ja palveluyritys, jonka ydinosamista ovat puutuotteiden valmistusprosessit. Rauten asiakkaat valmistavat puusta vaneria, viilua ja viilupalkkia (LVL, Laminated Veneer Lumber), joita käytetään mm. huonekaluissa, rakentamisessa sekä pakkausteollisuudessa. Rauten toiminta koostuu projektitoimituksista ja teknologiapalveluista. Projektitoimituksiin kuuluvat tehdaslaajuisen kokonaisuuksien, tuotantolinjojen ja yksittäisten koneiden toimittaminen. Kokonaispalvelukonseptiin kuuluvat myös kattavat teknologiapalvelut varaosatoimituksista säännölliseen kunnossapitoon ja konekannan

modernisointeihin. Raute työllistää 550 työntekijää yhdeksässä eri maassa ja tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa, Kiinassa ja Kanadassa. Rauten myyntiverkosto on maailmanlaajuinen. (Kannattavia ratkaisuja 2012, 6.)

2.1 Vanerin valmistus

Vanerin valmistus alkaa tukinkäsittelyosastolta, jossa tukit haudotaan, kuoritaan ja katkaistaan määrämittäisiksi. Tästä tukit siirtyvät sorvauslinjalle, jossa ne sorvataan viilumatoiksi (ks. kuvio 1). (Kannattavia ratkaisuja 2012, 20–21.)



KUVIO 1. Viilun sorvaus (PuuProffa n.d.).

Matto leikataan arkeiksi, jotka lajitellaan koon ja kosteuden mukaan kuivaamisen nopeuttamiseksi. Kuivauslinjalla viilut kuivataan ja lajitellaan koon, teknisen ja visuaalisen laadun, kosteuden ja lujuuden mukaan. Osa viiluista vaatii tässä vaiheessa jatkojalostusta ennen kuin niitä voidaan käyttää vaneriin. Kapeita tai vikoja sisältäviä viiluja saumataan isommiksi arkeiksi ja lyhyet viilut jatketaan pidemmiksi

valmistettavan vanerin mittojen mukaan. Oksia sisältävien arkkien ulkonäköä voidaan parantaa paikkaamalla. Valmiit viilut syötetään vanerin rakenteen mukaisessa järjestyksessä liimauslaitteelle ja tämän jälkeen ne ladotaan pinkaksi. Aluksi pinkat puristetaan kylminä esipuristimessa, jonka jälkeen ne syötetään moniväliseen kuumapuristimeen, joka kovettaa liiman. Puristetut levyt viimeistellään kittaamalla viat, sahaamalla reunat suoriksi sekä hiomalla pinnat sileiksi ja vaadittuun toleranssiin (ks. kuvio 2). (Kannattavia ratkaisuja 2012, 20–21.)



KUVIO 2. Vanerin hionta (Raute 2014).

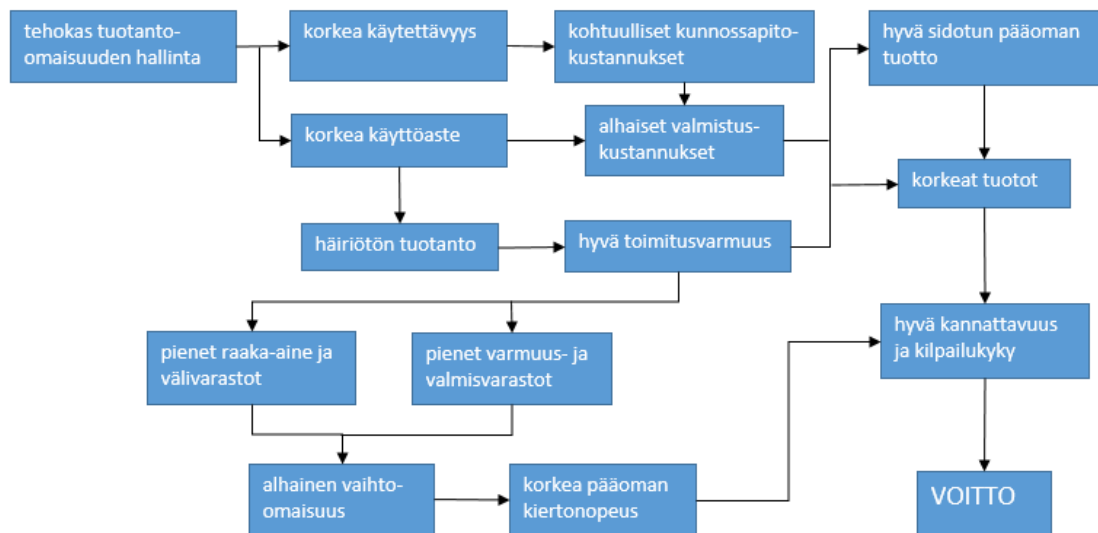
Viimeisenä levyt lajitellaan ja pakataan kuljetusta varten. Jatkokäsittelyssä levyjä voidaan sahata erikoismittoihin tai lisätä niihin erilaisia pinnoitteita. (Kannattavia ratkaisuja, 21.)

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana (PSK 6201, 2011, 2).

Perinteisesti kunnossapito on käsitetty pelkästään komponenttien ja laitteiden korjaamisena. Nykynäkemyksen mukaan kunnossapidon ensisijainen tehtävä on pitää laitteet jatkuvasti toimintakuntoisina. Edelleenkin korjaustyöt ovat osa kunnossapitoa, mutta korjaaminen ei ole kunnossapitotoiminnan päätarkoitus. Kunnossapito ei myöskään ole nykyäskäytännön mukaan pakollinen kustannustekijä vaan tärkeä osa tuotantoa, jonka avulla varmistetaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. (Mikkonen 2009, 25.)

Kunnossapito kuuluu yritysten merkittävimpiin kustannustekijöihin ja hyvin johdetuissa organisaatioissa panostetaan siihen, että kunnossapidon kustannukset saadaan hallintaan. Yrityksen tulokseen kunnossapidon vaikutus on epäsuora ja hyvin hallitun kunnossapidon vaikutuksia on vaikea nähdä. Vaikutusmekanismien ymmärtäminen on tärkeää, jotta pystytään selvittämään kunnossapidon panostusten synnyttämät tuotot (ks. kuvio 3). (Järviö & Lehtiö 2012, 27).



KUVIO 3. Tuotanto-omaisuuden hallinnan vaikutus yrityksen kannattavuuteen (Järviö & Lehtiö 2012, 27).

3.1 Kunnossapito palveluliiketoimintana

Viimeisen 20 vuoden aikana kunnossapitopalvelujen käyttö yrityksissä on kasvanut merkittävästi. Tuotantolaitokset ovat lisänneet kunnossapidon ostamista ja vähentäneet omaa kunnossapitoaan. (Laine 2010, 169). Nykyään kunnossapidon alueelta löytyy useita, eri lähtötilanteista toimivia palveluntarjoajia.

Kunnossapitopalveluiden tarjonta organisaatioille on nykypäivänä hyvin laaja. Palvelujen laajuus vaihtelee yksittäisiä erikoispalveluja tarjoavista yrityksistä aina kokonaisvaltaisiin kunnossapidon palveluyrityksiin, joille voidaan ulkoistaa koko tuotantolaitoksen kunnossapitotehtävät. (Mikkonen 2009, 35-36.)

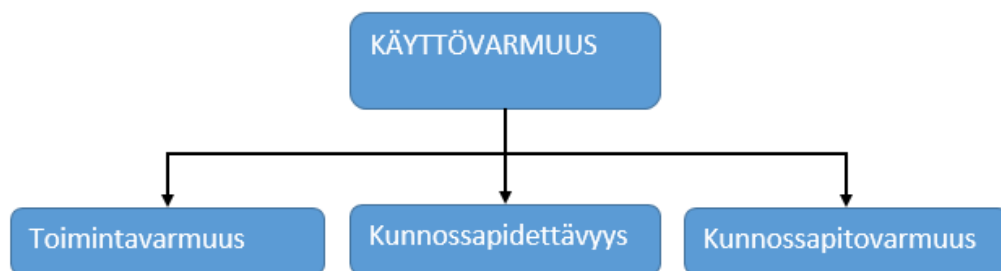
Useat laitevalmistajat tarjoavat omiin laitteisiinsa kunnossapitopalveluita, joihin kuuluu myös kunnonvalvonnan ja ennakoivan kunnossapidon palvelut.

Kunnonvalvonnan osalta monet tarjoavat myös etävalvontaa. Laitevalmistajan kehittymisen kannalta ajateltuna edellä mainittujen palveluiden tarjoaminen on ensiarvoisen tärkeää. Tuotekehitys saa arvokasta ensi käden tietoa laitteiden toiminnasta prosessiolosuhteissa. Monilla teknologiateollisuuden laitevalmistajilla jälkimarkkinoinnin osuus liikevaihdosta on jopa 30–50 %. (Mikkonen 2009, 35.)

3.2 Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä suorittaa siltä vaadittu toiminto määritetyllä suoritustasolla, tietyissä olosuhteissa ja suunniteltuna ajankohtana. Käyttövarmuus käsitteen synonyyminä käytetään yleisesti käsitettä luotettavuus, joka voi tarkoittaa myös käytettävyyttä. (Järviö & Lehtiö 2012, 54.)

Huonon käyttövarmuuden seurauksena tuotantoprosessiin aiheutuu odottamattomia vikaantumisia ja ylimääräisiä pysäytyksiä, jonka seurauksena kustannukset menetetyistä tuotannosta nousevat korkeiksi. Tuotantomenetysten ohella heikko käyttövarmuus on riskinä henkilöstön ja ympäristön työturvallisuudelle. Tehokas käyttövarmuuden suunnittelu ja hallinta tehostaa tuotantoa ja sen avulla saadaan riskit kuriin. Monissa tilanteissa tämä merkitsee ennakoivan kunnossapidon lisäämistä ja kunnossapidon resurssien kohdistamista kriittisimpien vikojen ennaltaehkäisemiseen. Käyttövarmuus voidaan jakaa kolmeen osaan: toimintavarmuuteen, kunnossapidettävyyteen ja kunnossapitovarmuuteen (ks. kuvio 4). (Ramentor 2014.)



KUVIO 4. Käyttövarmuus (Ramentor 2014).

Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä suorittaa siltä vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson ja siihen vaikuttavat esimerkiksi seuraavat tekijät:

- konstruktio (materiaalit, laitesuunnittelu)
- luontainen toimintavarmuus (määräytyy kohteen suunnittelusta ja valmistuksesta)
- rakenteellinen kunnossapidettävyyys (vian etsimisen ja korjaamisen helppous)
- asennus (tekninen suorittaminen, käyttöopastus, kunnossapitosuunnitelma)

- tuotanto-omaisuudesta huolehtiminen (ehkäisevä kunnossapito, kunnonvalvonta, kunnossapidon toteuttaminen)
- käyttö (työturvallisuus, osaaminen, koulutus)
- tuotantokyvyn varmentaminen (valintatapa, saatavuus). (Järviö & Lehtiö 2012, 54–55.)

Toimintavarmuuden mittareina käytetään keskimääräistä vikaantumisaikaa (MTTF= Mean Time To Failure) ja keskimääräistä vikaväliä MTBF (Mean Time Between Failure) (Järviö & Lehtiö 2012, 57).

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä olla pidettävissä se tilassa tai palautettavissa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan sille vaaditun toiminnon tietyissä käyttöolosuhteissa, mikäli kohteen kunnossapito suoritetaan käyttäen vaadittuja resursseja ja menetelmiä. Siihen vaikuttavia tekijöitä ovat vian havaittavuus sekä kohteen huollettavuus ja korjattavuus. Kunnossapidettävyyden mittarina käytetään keskimääräistä korjausaikaa MTTR (Mean Time To Restoration). (Järviö & Lehtiö 2012, 55–56.)

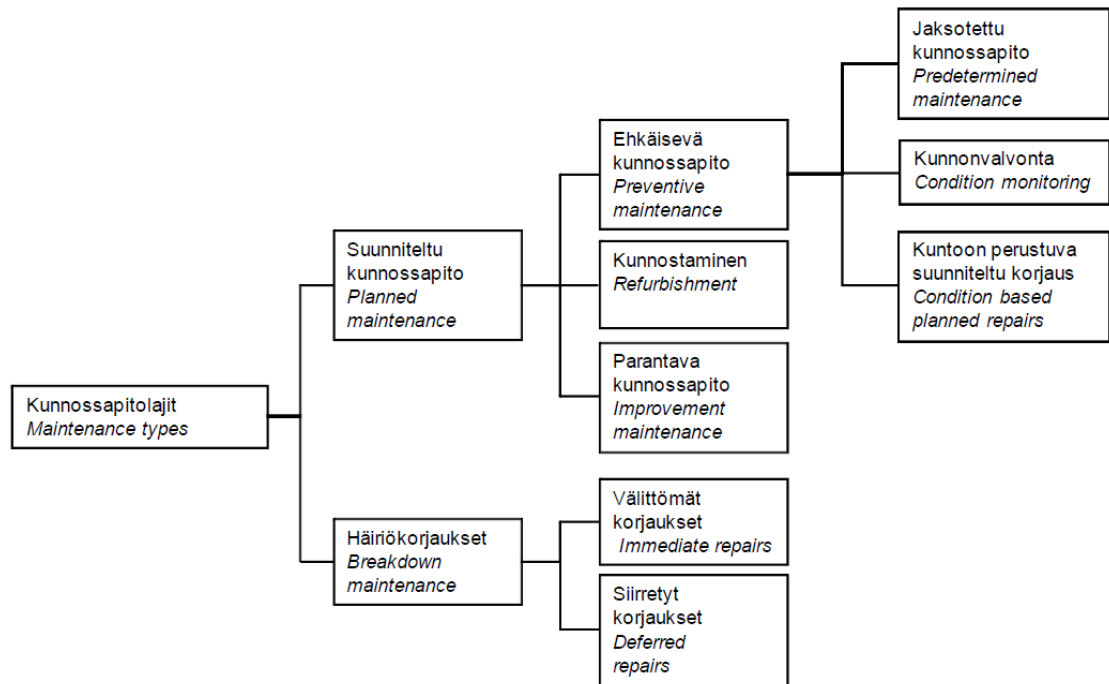
Kunnossapitovarmuus on kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa tehokkaasti vaaditut tehtävät määrätyissä olosuhteissa vaaditulla hetkellä tai ajanjaksona (PSK 6201 2011, 7). Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa:

- hallinto (organisaatio, henkilöt, toiminnanohjausjärjestelmä)
- rutiinit (tiedonkulku käytön ja kunnossapidon välillä, toimittajayhteistyö)
- dokumentaatio (ohjeet, vikaistoria, piirustukset ja niiden saatavuus sekä ylläpito)
- korjauskalusto (vakiotyökalut, erikoistyökalut, koneet)
- varaosat ja materiaali (materiaali, tarvikkeet, sijainti, saatavuus)
- kunnossapitohenkilöstö (ammattitaito, määrä, tavoitettavuus, motivaatio). (Järviö & Lehtiö 2012, 56.)

Kunnossapitovarmuuden mittarina toimii keskimääräinen odotusaika MWT (Mean Waiting Time) (Ramentor 2014).

3.3 Kunnossapitolajit

PSK 7501-standardi (2010,32) jaottelee kunnossapidon seuraavasti (ks. kuvio 5).



KUVIO 5. Kunnossapitolajit (PSK 7501, 2010, 32).

Kunnossapitolajit jaetaan suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin.

Häiriökorjauksella tarkoitetaan vikaantuneen kohteen palauttamista

toimintakuntoon ja käyttöturvallisuudeltaan alkuperäiseen tilaansa. Häiriökorjaus voi olla joko välitön tai siirretty. Välitön korjaus tehdään välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, jotta toimintakunto saadaan palautettua tai rajoitettua viasta johtuvia seurauksia hyväksytylle tasolle. Mikäli korjausta ei suoriteta heti vian havaitsemisen jälkeen, vaan siirretään tehtäväksi organisaation tai tuotannon tilan sen salliessa, kyseessä on siirretty häiriökorjaus. (Mikkonen 2009, 97.)

Suunniteltu kunnossapito erotellaan ehkäisevään ja parantavaan kunnossapitoon, sekä kunnostamiseen. **Parantavalla kunnossapidolla** tarkoitetaan kohteen kehittämistä luotettavuuden ja/tai kunnossapidettävyyden osalta muuttamatta sen toimintoa. **Kunnostamiseen** kuuluu vaurioituneen ja pois käytöstä otetun tai kuluneen kohteen palauttaminen käyttökuntoon. **Ehkäisevän kunnossapidon** tarkoitus on ylläpitää kohteen käyttöominaisuudet, palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estää vaurion syntyminen. (Mikkonen 2009, 97.)

Ehkäisevä kunnossapito jakautuu jaksotettuun kunnossapitoon, kunnonvalvontaan ja kuntoon perustuvaan suunniteltuun korjaukseen. **Jaksotettu kunnossapito** sisältää ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet, jotka tehdään suunnitellusti jaksottain esimerkiksi tuotantomäärän, käyttötuntien tai kalenteriajan mukaan.

Kunnonvalvonnan tarkoituksena on määrittää kohteen kunnon nykyinen tila ja arvioida sen kehittyminen mahdollisen huolto-, korjaus- tai vikaantumisajankohdan selvittämiseksi. Kunnonvalvonnalla, aistinvaraisesti ja tarkastustoiminnalla havaittujen kohteiden suunnitellusti toteutettu korjaaminen on **kuntoon perustuvaa suunniteltua korjausta**. (Mikkonen 2009, 97.)

3.4 RCM

RCM (Reliability Centered Maintenance) on kunnossapidon suunnittelun menetelmä, jonka tavoitteena on:

- kohdistaa kunnossapito kriittisiin laitteisiin (kriteereinä tavallisesti kustannukset, turvallisuus, ympäristövaatimukset ja laatu)
- selvittää laitteiden vikaantumismekanismit ja luoda pohja tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle
- saattaa kunnossapidon piiriin laitteet, jotka ovat prosessin toimiessa passiivisia
- toimintaohjeiden laatiminen vikaantumistilanteisiin laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä
- käyttöhenkilökunnan oppiminen kriittisten komponenttien toiminnan seuraamiseen. (Mikkonen 2009, 75.)

RCM-prosessissa edetään seitsemään peruskysymykseen perustuvassa järjestyksessä:

1. Mitkä ovat laitteiden toiminnot ja niiden suorituskyky vaatimukset?
2. Millä tavoin laite epäonnistuu täyttämään kohdassa yksi vaaditun toiminnon?
3. Mikä aiheuttaa toiminnallisen vikaantumisen?
4. Miten vikaantuminen ilmenee?
5. Mitkä ovat vikaantumisen seuraukset?
6. Mitä voidaan tehdä vian ennakoimiseksi tai ehkäisemiseksi?
7. Mitä tehdään, jos sopivaa ennakoivaa toimenpidettä ei kohteeseen löydy?
(Moubray 1997, 7.)

4 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonnan toimenpiteisiin kuuluu aisteilla sekä mittalaitteilla tehtävä valvonta ja tarkastukset sekä mittaustulosten analysointi (PSK 6201, 2011, 23).

Kunnonvalvonnan avulla pyritään havaitsemaan alkava vikaantuminen hyvissä ajoin, jotta korjaaminen voidaan tehdä suunnitellusti ennen komponentin rikkoutumista.

Laitteiden komponentit ja niiden vikaantumismekanismit määrittävät kunnonvalvontatekniikat, menetelmät ja mitattavat suureet, joita kunnonvalvonnassa tulisi käyttää. (Mikkonen 2009, 162.)

Todennäköinen vikaantumisnopeus määrittää sen, miten ja millä aikavälillä kunnonvalvontaa tulee tehdä. Komponentista riippuen kesto alkavan vian havaitsemisesta osan rikkoontumiseen vaihtelee. Jotkut komponentit vikaantuvat välittömästi ilman mitään oiretta, kun taas esimerkiksi laakerien viat voidaan havaita jo kuukausia ennen lopullista vikaantumista. (Borris 2006, 302–303.) Yleisimmin laitteiden kuntoa valvotaan värähtelymittauksilla. Muita kunnonvalvontakeinoja ovat muun muassa visuaaliset tarkastukset, lämpötilan mittaus, voiteluaineanalyysit ja sähkökoneiden kunnonvalvontamenetelmät. (Mikkonen 2009, 162.)

Onnistunut kunnonvalvonta perustuu tarkkaan suunnitteluun. Ensimmäiseksi tulisi määrittää laitoksen koneiden kriittisyys ja niiden kunnonvalvonnan tarve, jonka jälkeen voidaan selvittää konekohtaisesti soveltuvat valvontamenetelmät. Tämän jälkeen arvioidaan valvontamenetelmien tekninen toteutettavuus ja valitaan kunnonvalvonnan piiriin kohteet, joiden valvonnan toteuttaminen on taloudellisesti järkevää. Valituille kohteille tehdään kunnonvalvontasuunnitelma, jossa määritetään seuraavat asiat:

- käytettävät menetelmät ja niiden raja-arvot
- mittausten välit
- käytettävät mittausjärjestelmät

- mittaamisen käytännön järjestelyt
- mittaustulosten raportointi, dokumentointi ja seuranta. (Mikkonen 2009, 162.)

Kunnonvalvonnan piiriin valituille laitteille tulee määrittää tarvittava valvonnan taso. Ennalta asetettujen tavoitteiden perusteella selvitetään, pystytäänkö valvonta toteuttamaan yksinkertaisilla mittauksilla ja tarkastuksilla vai vaatiiko kohde tarkempia menetelmiä. Mikäli yksinkertaisilla menetelmillä ei päästä asetettuihin tavoitteisiin, tulee arvioida, voidaanko kunnonvalvonta toteuttaa jollain muulla menetelmällä tai niiden yhdistelmällä, jossa valvontaa täydennetään toisella tekniikalla. Oikein toteutetun kunnonvalvonnan lähtökohtana on se, että mittaus- ja tarkastustuloksista on saatava varma reaaliaikainen tieto kohteen sen hetkisestä kunnosta ja kunnan kehittymisestä. Kohteen tilan kehittymistä tulee voida ennakoida riittäväällä tarkkuudella. Kunnonvalvonta on taloudellisesti järkevää siinä tapauksessa, kun kohteen vikaantumisesta aiheutuvat tuotantomenetysten ja kunnossapidon kustannukset ovat suuremmat kuin kunnonvalvonnan aiheuttamat kustannukset. (Mikkonen 2009, 163.)

4.1 Värähtelymittaukset

Värähtelymittauksia käytetään teollisuudessa pyörivien koneiden ja laitteiden kunnonvalvonnassa. Käyttökelpoiset valvontamenetelmät riippuvat valvottavasta kohteesta ja sen kriittisyydestä tuotannon kannalta. Värähtelymittausten pohjana on ymmärrettävä laitteiden toimintaperiaatteet, vikaantumismekanismit ja prosessi, jossa värähtelyvalvonnan kohteena olevat laitteet ovat. (Mikkonen 2009, 223.) Yleisiä

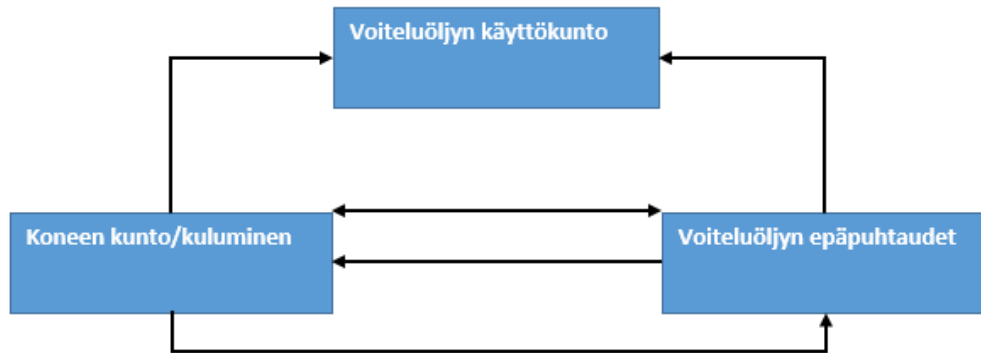
värähtelymittauksen kohteita ovat laakerit, puhaltimet, kytkimet, sähkömoottorit, pumput ja vaihteet.

Kaikki pyörivät laitteet värähtelevät käynnin aikana. Dynaamisia voimia, jotka saavat laitteen rakenteen värähtelemään, kutsutaan herätteiksi. Herätteet voivat aiheutua laitteen normaalista toiminnasta, valmistuksen tai asennuksen epätarkkuuksista sekä laitteen vikaantumisesta. (Mikkonen 2009, 224.)

Yleisimmin värähtelyvalvonnassa mittaussuureena käytetään värähtelynopeutta, mutta usein myös siirtymää ja kiihtyvyyttä. Mittauspaikkana käytetään yleensä laitteen kiinteää osaa, esimerkiksi runkoa. Herätteen aiheuttaja on yleensä liikkeessä oleva koneenos, kuten mäntä tai akseli, jolloin värähtelymittausta ei voida tehdä suoraan sen aiheuttajasta. (Mikkonen 2009, 224–237.) Värähtelyä mitataan antureilla ja yleisimmin käytettävät anturityypit ovat siirtymä-, nopeus-, kiihtyvyyss- ja iskusysäysanturi (PSK 5703, 2006, 1).

4.2 Voiteluaineen kunnonvalvonta

Voiteluainetta voidaan pitää yhtenä koneen osana ja analysoimalla voiteluainetta saadaan tärkeää tietoa itse voiteluaineen kunnosta, koneen osien kulumisesta, prosessin toiminnasta ja voitelun toimivuudesta (ks. kuvio 6) (Kunnossapitoyhdistys 2006, 170–171).



KUVIO 6. Voiteluaineen kunnonvalvontaan liittyvät keskinäiset riippuvuudet (muokattu lähteestä Kunnossapitoyhdistys 2006, 171).

Voiteluaineanalyysit ovat tärkeä osa koneen kunnonvalvontaa ja vianmäärittystä, kun halutaan seurata koneen kulumista ja siinä tapahtuvia muutoksia.

Hydrauliikkajärjestelmien ja vaihteistojen viat pystytään analyysien avulla havaitsemaan jo varhaisessa vaiheessa. Kunnonvalvonnan yhteydessä voiteluaineanalyysissä tutkitaan myös rasvojen ja öljyjen joukkoon joutuneita epäpuhtauksia, kuten metalleja ja muoveja. Kaikkia vikoja, kuten asennusvirhettä tai epätasapainoa ei saada analyysillä selville, elleivät ne aiheuta koneen kulumista.

Voiteluaineanalyysit yhdistettynä värähtelymittauksiin mahdollistaa erittäin tehokkaan kunnonvalvonnan etenkin, jos samanaikaisesti seurataan prosessiparametreja. (Mikkonen 2009, 428–434.) Voiteluaineanalyysit voidaan jaotella seuraavasti:

- **Perusanalyysit**, joilla selvitetään voiteluaineen kunto.
- **Hiukkasanalyysit**, joilla tarkkaillaan voiteluaineen puhtautta ja epäpuhtaushiukkasten kokojakaumaa. Analyysi sisältää hiukkasten laadullisen sekä määrällisen analysoinnin.

- **Kulumametallianalyysit**, joilla seurataan koneen kuntoa tutkimalla voiteluaineen metallipitoisuuden muutoksia.
- **Vesipitoisuusanalyysit**. (Mikkonen 2009, 429.)

4.3 Lämpötilan valvonta

Lämpötila on yleisesti käytetty mittaussuure teollisuudessa ja lämpötilatiedolla on keskeinen asema prosessien valvonnassa sekä suojaus- ja hälytysjärjestelmissä (Mikkonen 2009, 439). Lämpötilan muutokset kertovat osaltaan mitattavan kohteen kunnan heikentymisestä tai muista ongelmista. Lämpötilan valvonnan ongelmana on kuitenkin hidas varoitusaika, sillä esimerkiksi laakerin lämpeneminen on jo merkki pitkälle edenneestä viasta. Lämpötilavalvonta soveltuukin parhaiten öljyjen lämmön seurantaan ja esimerkiksi sähkökaappien lämpötilan valvontaan. (Tuomisalo 2013, 19)

Mittausmenetelmiä ovat lämpötilan valvonnassa koskettavat antureilla suoritettavat menetelmät ja koskemattomat kappaleen lämpösäteilyyn perustuvat menetelmät. Koskettavassa lämpötilanmittauksessa antureina käytetään yleisimmin metallivastus- ja termopariantureita. (Mikkonen 2009, 439–440.)

Koskemattomilla menetelmillä tarkoitetaan yleensä infrapunalämpömittareita. Niiden toiminta perustuu kappaleiden lähettämään lämpösäteilyyn, joka on infrapunasäteilyä. Koskemattomilla menetelmillä mitataan kappaleen lämpötila liikuttamalla mittaria kappaleen pinnan pisteestä toiseen. (Mikkonen 2009, 443–444.)

Lämpökamera mittaa kuvattavan kohteen pinnasta tulevaa lämpösäteilyä ja muuttaa sen lämpötilajakauman mukaiseksi kuvaksi. Kameran etuina ovat sen

mittaustarkkuus ja lämpötilatiedon saanti suurelta alueelta kerrallaan. Lämpökamera on myös suhteellisen edullinen kunnonvalvonnan työkalu. Kameran avulla pystytään tehokkaasti havainnoimaan esimerkiksi hydrauliiikan vuotokohtia, putkistojen tukkeumia ja sähkökaappien vikoja. (Mikkonen 2009, 444–445; Stjernberg 2000.)

4.4 Mittaustekniikka

Perinteisesti värähtelymittaukset tehdään ennalta laaditun mittaussuunnitelman mukaisesti reittimittauksina. Mittausreitillä määritetään laitteiden mittauspisteiden mittaustietojen järjestys. Reitillä mittaustieto saadaan kerättyä määrätyn välein järjestyksessä. Mittausreitien pituuden tulisi olla sellainen, että saman päivän aikana ehditään tehdä mittaukset, tarkastella tulokset ja tehdä mahdolliset vian määritykset. Mittalaitteena käytetään yleisesti kannettavia tiedonkeruulaitteita. (Mikkonen 2009, 169.)

Öljyn kuntoa on perinteisesti seurattu laboratorioissa tehdyin öljyanalyysin, joissa valvontakohteesta otetut öljy- ja voiteluainenäytteet on viety laboratorioon analysoitavaksi (Heikkinen 2013, 38).

Kohteissa, joissa mittausten tarve on suuri tai jatkuva, voidaan käyttää kiinteästi asennettuja kunnonvalvontalaitteita. Järjestelmä tekee automaattisesti mittaukset asetetun mittausjakson mukaisesti. Etävalvontatekniikan avulla mittaustulokset voidaan siirtää online-tiedonkeruuasemalta langattoman verkon kautta palvelimelle tai internetiin ja sitä kautta esimerkiksi kunnonvalvontapalvelun tarjoajan asiantuntijan analysoitavaksi. Järjestelmiin on myös mahdollista asettaa hälytysrajat, joiden ylittyessä järjestelmä lähettää automaattisen hälytyksen. (Mikkonen 2009, 261–262.)

Myös öljyn kunnonvalvonnassa käytetään nykyisin kiinteästi asennettuja antureita, joiden avulla on mahdollista havaita öljyn ominaisuuksien muuttuminen jo varhaisessa vaiheessa (Heikkinen 2013, 38).

4.5 Raportointi

Kunnonvalvonnan mittaustuloksia on suositeltavaa säilyttää vähintään kolme vuotta. Laitteen kunnon perusarvot, jotka saadaan mittaamalla laitteen ollessa mahdollisimman hyväkuntoinen, tulisi säilyttää koko laitteen eliniän. Vian selvityksen yhteydessä tulisi tallentaa tärkeimmät vian kehittymistä kuvaavat mittaustulokset sekä muut vikaantumiseen liittyvät aineistot, kuten korjausraportit, johtopäätökset ja valokuvat. Kunnossapitotoiminnan tehostamiseen sisältyy seuraavia raportteja:

- **hälytysraportti**, jossa esitetään hälytysrajojen rikkoutumiset
- **johtopäätösraportti**, jossa selvitetään vika, vian syy ja vian kehittymisnopeus
- **toimenpideraportti** havaituista ja korjatuista vioista sekä toimenpiteistä, jota vertaillaan johtopäätösraporttiin kokemuksen kartuttamiseksi
- **yhteenvetoraportti** mittaustoiminnan tuloksista toiminnan parantamiseksi ja asetettujen tavoitteiden arvioimiseksi. (Mikkonen 2009, 174.)

5 LÄHTÖTILANNE

Raute on huoltopalvelutoimittajan roolissa profiloitunut erikoiskunnossapidon toimittajana asiakkailleen ja pääpalveluna ovat laitteistoihin tehtävät tarkastukset ja niiden vaativimmat huollot. Tarkastukset tehdään teknologiakohtaisen listan mukaisesti, jossa tutkitaan komponenttien kunto ja selvitetään ne kuluvat osat, jotka

suositellaan vaihdettaviksi. Tarkastukset sisältävät pääasiassa värähtely- ja välysmittauksia sekä visuaalista havainnointia. Tällä tavoin kerätty informaatio ei nykyisellään kerrytä trendidataa ja tilanteen kehittymistä ei yhdellä vilkaisulla voi todeta. Tulokset kirjataan tarkastuksen yhteydessä paperipohjaan, muutetaan myöhemmin sähköiseen muotoon ja raportoidaan asiakkaalle toimenpidesuosituksineen. Värähtelymittausten mittauspisteitä ei ole merkitty kohteisiin, joten mittaustulokset saattavat vaihdella riippuen mittauksen suorittajasta. Edellä mainittuja tarkastuskäyntejä tehtaille tehdään asiakkaan halukkuudesta riippuen keskimäärin kaksi kertaa vuodessa, joka on tehokkaan kunnonvalvonnan tarpeisiin liian harvoin. Joillekin asiakkaille Raute tarjoaa myös öljyanalyseja on-line-mittauksina sekä perinteisenä näytteenottona. Lämpökamerakuvausta on myös palvelutarjonnassa. (Nousiainen & Rantalainen 2014.)

Keskeisimmät ongelmat nykyisessä toiminnassa ovat:

- kunnonvalvontatarkastuksia tehdään liian harvoin
- mittaustulokset saattavat vaihdella riippuen mittauksen suorittajasta (mittauspisteitä ei ole merkitty kohteeseen)
- tarkastusmittauksista saatu informaatio ei kerrytä trendidataa
- värähtelymittauslaitteet vanhanaikaisia
- kunnonvalvontaa ja sen menetelmiä varsin rajallisesti käytössä
- mittaustulosten raportointimenetelmä vanhanaikainen.

6 TOTEUTUS

Työn toteutus alkoi aiheeseen liittyvän teorian läpikäynnillä ja tiedonhaulla. Tietoa pyrin hakemaan monipuolisesti eri lähteistä, mutta ensisijaisena tietoperustana

käytin kirjallisuutta ja standardeja. Tiedonhaun ohessa selvitin myös toimeksiantajan nykytilanteen opinnäytetyöhön liittyvien asioiden osalta. Selvyyden nykytilanteesta sain haastatteleamalla toimeksiantajan edustajaa ja työntekijöitä.

Tärkeää oli päästä selville vanerin valmistusprosessista, koska minulla ei siitä aikaisempaa kokemusta ja tietoa ollut. Parhaimman käsityksen vanerinvalmistuksesta sain tehdasvierailujen avulla, joita tehtiin työn aikana kahdesti. Tehdasvierailuista oli paljon apua Rauten nykyisten kuntotarkastuksien periaatteen ymmärtämisessä. Vierailujen aikana sain myös käsityksen siitä, kuinka Rauten toimintaa tulisi kunnonvalvonnan osalta kehittää.

Työn suorittamisessa käytin apuna asiantuntijoiden haastatteluja, joiden pohjalta sain tärkeää tietoa työn tavoitteisiin pääsemiseksi. Teorian, tehdasvierailujen, haastattelujen ja oman tietämyksen yhdistämisen pohjalta sain käsityksen siitä, mitä työn tulokset tulisivat olemaan.

7 TULOKSET

7.1 Käyttövarmuuden parantaminen tuotantolinjalla

Tuotantolinjan käyttövarmuuden parantamisella voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä sekä kehittää työntekijöiden ja työympäristön turvallisuutta (ks. kappale 3.2). Työn tavoitteiden mukaisesti rakensin teoreettisen mallin, josta ilmenee linjan käyttövarmuuden kehittämisen periaatteet. Mallin luomisen tietolähteinä käytin Harri Tuukkasen haastattelua, Ramentorin internetsivuilta löytyviä asiakasprojekteja, VTT:n tukimusta käyttövarmuuden hallinnasta sekä Tehokas kunnossapito-kirjaa. Malli esitetään työn **liitteessä 1**.

Linjan käyttövarmuuden kehittäminen lähtee tavoitteiden ja onnistumisen mittareiden asettamisesta. Olennaista on valita oikeat mittarit, jotta pystytään luotettavasti todentamaan, kuinka hyvin asetettuihin tavoitteisiin on päästy. Tuotantolinjan nykytila on oltava tiedossa, jotta kehitysprojektin jälkeistä tilaa voidaan verrata lähtötilanteeseen. Vertailua muihin organisaatioihin tulisi myös mahdollisuuksien mukaan tehdä, jotta voidaan selvittää oman toiminnan taso verrattuna muihin. Vertailu tulisi suorittaa toimintatasoltaan parempaan organisaatioon. Käyttövarmuuden parantamisen onnistuminen vaatii organisaatiolta tarvittavia resursseja ja motivaatiota.

Käyttövarmuusanalyysin toteutus alkaa analyysimenetelmien valitsemisella. Vaihtoehtoina on kvalitatiivinen eli laadullinen menetelmä tai kvantitatiivinen menetelmä, joka perustuu matemaattiseen laskentaan ja simulointiin. Edellä mainittuja menetelmiä voidaan myös yhdistää toisiinsa.

Laadullista menetelmää on järkevä käyttää, jos analysoitavasta kohteesta ei ole saatavilla kattavaa vikadataa. Kvalitatiivinen analyysi perustuu asiantuntijaryhmiltä kerättävään käyttökokemustietoon kohteen vikaantumisista, kunnossapidettävyydestä ja käytettävyydestä.

Tietoa analyysiä varten tulisi kerätä tietojärjestelmistä, kunnossapitohenkilöstöltä, tuotannon työntekijöiltä ja laitevalmistajan asiantuntijoilta. Kvantitatiivisessa analyysissä on onnistumisen kannalta tärkeää, että vikojen raportoinnin taso ja laatu tietojärjestelmiin on korkealla, jotta tuloksista saadaan mahdollisimman luotettavia. Tuotannon ja kunnossapitohenkilöstön yhteistyö on tärkeää ja analyysissä tulee ottaa huomioon työntekijöiden ”hiljainen tieto”. Tärkeää hiljaisen tiedon hankkimisessa on saada motivoitua työntekijä kertomaan kokemustietoaan. Työntekijälle on saatava tunne, että hänen osaamisen ja tietämyksen jakamista arvostetaan.

Varsinaisen käyttövarmuusanalyysin toteutus alkaa tuotantolinjan toiminnallisen kuvauksen mallinnuksella. Kuvauksen tarkoituksena on selvittää tarkasteltavan kohteen toiminta ja esittää se joukkona toimintoja, joiden toteutuminen on edellytys koko tuotantolinjan toiminnalle. Toiminnallisen kuvauksen pohjalta voidaan tehdä luotettavuuslohkokaavio, jonka tarkoituksena on kuvata tuotantolinjan luotettavuusteknistä rakennetta. Luotettavuuslohkokaavio ottaa huomioon yksittäisten toimintojen painoarvon kokonaistoiminnan kannalta. Tuotantolinjan toiminta kuvataan virtauksena kaavion läpi, jossa eri toiminnot ovat kytkettynä toisiinsa sarjaan, rinnan tai niiden yhdistelmänä. Laajan kokonaisuuden tarkastelua voidaan helpottaa jättämällä siitä pois laitteet, joiden käytettävyys on erittäin korkea.

Vikamuotojen ja niiden seurausten selvittämiseen voidaan käyttää vika- ja vaikutusanalyysiä (VVA). Analyysi pyrkii tunnistamaan järjestelmän osille ominaiset vikamuodot ja niiden seuraukset. Sen avulla saadaan selville onko vikamuoto kriittinen vai ei. Kriittiset viat alentavat tuotantolinjan käytettävyttä ja kokonaistehokkuutta.

Vastaavasti VVA:n sijasta voidaan käyttää vikapuuanalyysiä. Vikapuun tarkoituksena on esittää järjestelmän vikaantuminen graafisesti ja se koostuu vikaantumista kuvaavista tapahtumista. Analyysin tuloksena saadaan vikamuodot, mutta se ei ota huomioon vikojen seurauksia.

Vikatapahtumien tunnistamisen yhteydessä on suositeltavaa käyttää myös juurisyyanalyysiä, jonka tarkoituksena on selvittää ja poistaa vikaantumisten perussyyt. Juurisyyanalyysin toteuttamiseen on useita tapoja. Suositeltava analyysimenetelmä on ryhmätyönä toteutettava aivoriihi. Aivoriihen tarkoituksena on ryhmässä pohtia vikaantumisen syy ja pyrkiä keksimään toimenpiteet sen poistamiseksi.

Vikamuotojen, niiden perussyiden ja kriittisyyden tunnistamisen jälkeen kehitetään keinot niiden hallitsemiseksi ja päätetään parantavista toimenpiteistä.

Kvantitatiivisilla menetelmillä on mahdollisuus mallintaa eri toteutusvaihtoehtojen vaikutusta tuotantolinjan käytettävyyteen. Nämä menetelmät vaativat kuitenkin paljon laadukasta dataa kohteesta, jotta tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tätä varten on olemassa paljon erilaisia simulointiohjelmistoja, joilla voidaan mallintaa tarkasteltava kohde ja simuloida järjestelmän käyttövarmuutta.

Käyttövarmuusmallin avulla tuotantolinjaa voidaan tarkastella kokonaisuutena, josta voidaan paikallistaa järjestelmät ja laitteet, jotka heikentävät linjan käyttövarmuutta. Oikein toteutettuna projektista saadaan monia hyötyjä. Tärkeimpinä tuloksina saadaan tieto tuotannon kriittisistä kohteista, jonne ehkäisevien kunnossapitoimien resurssit tulisi kohdentaa. Tuloksista on myös hyötyä investointikohteita määritettäessä. Muita projektista saatavia hyötyjä ovat:

- vikojen ja häiriöiden syy- ja seurausketjun ymmärtäminen
- kehityskohteiden kustannus- ja käytettävyytsvaikutukset
- tiedonkeruun tehostuminen.

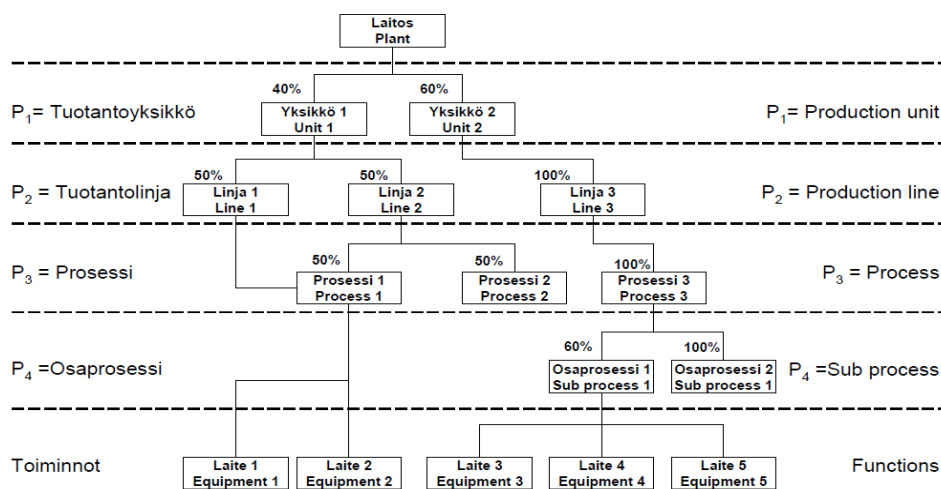
Käyttövarmuuden parantuminen edellyttää projektin tulosten kriittistä analysointia, jotta varmistutaan saatujen tulosten laadusta. Todellinen kehittyminen vaatii motivaatiota muutosten tekemiseen ja kehitystoimet tulisi ottaa täysimääräisenä käyttöön, jotta käyttövarmuutta saadaan oikeasti parannettua. Projektin jälkeen käyttövarmuuden kehittymistä tulee mitata ja jatkuvan parantamisen periaatteen mukaan saavutettuja tuloksia on tehostettava.

7.2 Kriittisyyskartoitus ja kunnonvalvonnan kohdentaminen

Kunnonvalvonnan suunnittelu alkaa laitteiden kriittisyyskartoituksen tekemisellä (ks. kappale 4). Tässä työssä on käytetty PSK 6800 standardin mukaista kriittisyysarviointia. Kartoituksen perusteella saadaan selville kriittisimmät laitteet, jonka jälkeen siirrytään RCM-prosessiin (ks. kappale 3.4). RCM:n avulla saadaan selville kohteet, jossa kunnonvalvontaa voidaan toteuttaa.

Kriittisyysarvioinnin ensimmäisessä vaiheessa määritetään tarkasteltavan alueen laajuus. Jos tarkasteltavana alueena on tehtaan kokoinen laaja kokonaisuus, on järkevää määrittää osastokohtainen painoarvo tuotannon menetykselle (ks. kuvio 7). Sen pohjalta voidaan ottaa huomioon eri osastojen väliset erot kriittisyyskertoimia määritettäessä. Menetyksen painoarvokerroin W_p lasketaan kertomalla tuotantoyksikön (P_1), tuotantolinjan (P_2), prosessin (P_3) ja osaprosessin (P_4) painoarvokerroimet keskenään.

$$W_p = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \quad (1)$$



KUVIO 7. Tuotannon vaikutuskertoimet (PSK 6800, 2008, 5).

Laitekohtainen kriittisyysanalyysi tehdään työryhmäarviointina eri tekijöiden pohjalta. Kriittisyyden arviointiin vaikuttavat seuraavat tekijät:

- vikaväli
- turvallisuusvaikutukset
- ympäristövaikutukset
- tuotannon menetys
- lopputuotteen laatukustannus
- korjauskustannus.

Kriittisyysindeksi K lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$K = p (W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r) \quad (2)$$

p = vikaväli

W_s = turvallisuusriskien painoarvo ja **M_s** = turvallisuusriskien kerroin

W_e = ympäristöriskien painoarvo ja **M_e** = ympäristöriskien kerroin

W_p = tuotannon menetyksen painoarvo ja **M_p** = tuotantomenetyksen kerroin

W_q = laatukustannusten painoarvo ja **M_q** = laatukustannusten kerroin

W_r = korjauskustannusten painoarvo ja **M_r** = korjauskustannusten kerroin

Liitteessä 2 on esimerkki taulukko laitetaso kriittisyyden tekijöistä, mutta on otettava huomioon, että painoarvot ovat siinä vain esimerkkinä. Eri kohteiden kohdalla tulee aina arvioida painoarvojen sopivuus organisaation tarpeisiin.

Seuraavana tarkasteltavat laitteet listataan Excel-tilukoon ja valitaan niille kertoimet kokemukseen perustuen. Kertoimien valinnassa tulee ottaa huomioon kaikkien eri ammattiryhmien kokemus, jotta valitut kertoimet vastaavat parhaiten

todellisuutta. Excel laskee laitteille kriittisyysindeksin, joka kuvaa laitteen kriittisyyttä muihin laitteisiin verrattuna. Kriittisyyslaskentataulukko on esitetty työn **liitteessä 3**. Tämän jälkeen määritetään kriittisyysraja-arvo, jota korkeamman kriittisyysindeksi-arvon saaneet laitteet otetaan mukaan RCM-prosessiin.

Ensimmäisenä RCM-prosessissa määritetään laitteiden toiminnot ja suorituskyykyvaatimukset. Suorituskyykyvaatimuksella tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin laitteen tulee suoriutua toiminnostaan. Tämä tarkoittaa yleensä tuotantoon liittyvän laatu-, käytettävyy- tai nopeusvaatimuksen toteutumista. Laitteilla on yleensä päätoiminto ja yksi tai useampia sivutoimintoja. Oleellista RCM-prosessin kannalta on listata päätoiminnot ja tärkeimmät sivutoiminnot.

Toimintojen listaamisen jälkeen tehdään vika- ja vaikutusanalyysi (VVA). Toiminnallinen vika tarkoittaa laitteen kykenemättömyyttä suorittaa siltä vaadittua toimintoa vaaditulla suoritustasolla. VVA-analyysin tarkoituksena on tunnistaa viat, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskyykyyn. Analyysin avulla saadaan myös selville, mitä vaikutuksia ja seurauksia jollakin tietyllä vikaantumisella on. Tiedonhankinnassa VVA:n toteuttamiseksi kannattaa käyttää laitevalmistajan informaatiota sekä käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön kokemuksia, joista yleensä saadaan paras tieto laitteen toiminnasta ja vikaantumisista. Tarvittavan tiedon määrä riippuu analyysin suoritustasosta. Mikäli halutaan hakea vikaantumisen alkuperäistä aiheuttajaa komponenttitasolta, kasvaa informaation määrä huomattavasti. Tällöin saadaan kuitenkin parempi tieto oikean kunnossapitostrategian valitsemiseksi. Oikea taso analyysille on se taso, jolla vikaantumistavat voidaan tunnistaa oikean kunnonvalvontastrategian valitsemiseksi laitteelle.

Vikaantumismalliksi kutsutaan mekanismia, jolla vikaantuminen tapahtuu. Mallin määrittämiseksi tarvitaan riittävä määrä informaatiota, jotta kohteeseen voidaan valita oikea kunnossapidon strategia. Vikaantumismallien tunteminen on tärkeää,

sillä yksittäinen laite voi vikaantua usealla eri tavalla esimerkiksi kulumisen, käyttö-, suunnittelu- tai asennusvirheen takia. Mallit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan:

- laitteen suorituskyky laskee vaaditun tason alle
- haluttu tavoitetaso nousee laitteen suoritustason yläpuolelle
- laitteen toiminta ei täytä asetettuja vaatimuksia.

Vikaantuminen vaikuttaa aina jollain tavalla organisaation toimintaa. Vikaantumisia kannattaa tarkastella seurausten luonteen ja vakavuuden perusteella. Vakavien seurausten kohdalla vikaantumisen estämiseksi tulee tehdä huomattavia ponnisteluja tai vähintäänkin pyrkiä ennustamaan sen tapahtumishetki seurausten pienentämiseksi. Vikaantumisen seuraukset voidaan jakaa kahteen osaan:

- piilevät toiminnot, joiden vikaantumista ei välttämättä huomata normaalin toiminnan aikana
- näkyvät toiminnot, joiden vikaantuminen havaitaan normaalin toiminnan aikana.

Näkyvät vikaantumisen seuraukset jaetaan vielä vakavuuden perusteella:

- turvallisuus- ja ympäristöseuraukset
- toiminnalliset seuraukset, vaikutus tuotantoon
- ei-toiminnalliset seuraukset, ei vaikuta turvallisuuteen tai tuotantoon, näkyy vain korjauskustannuksissa.

Vika- ja vaikutusanalyysistä saatu informaatio voidaan kerätä lomakkeeseen, jossa tulee olla seuraavia tietoja (ks. kuvio 8).

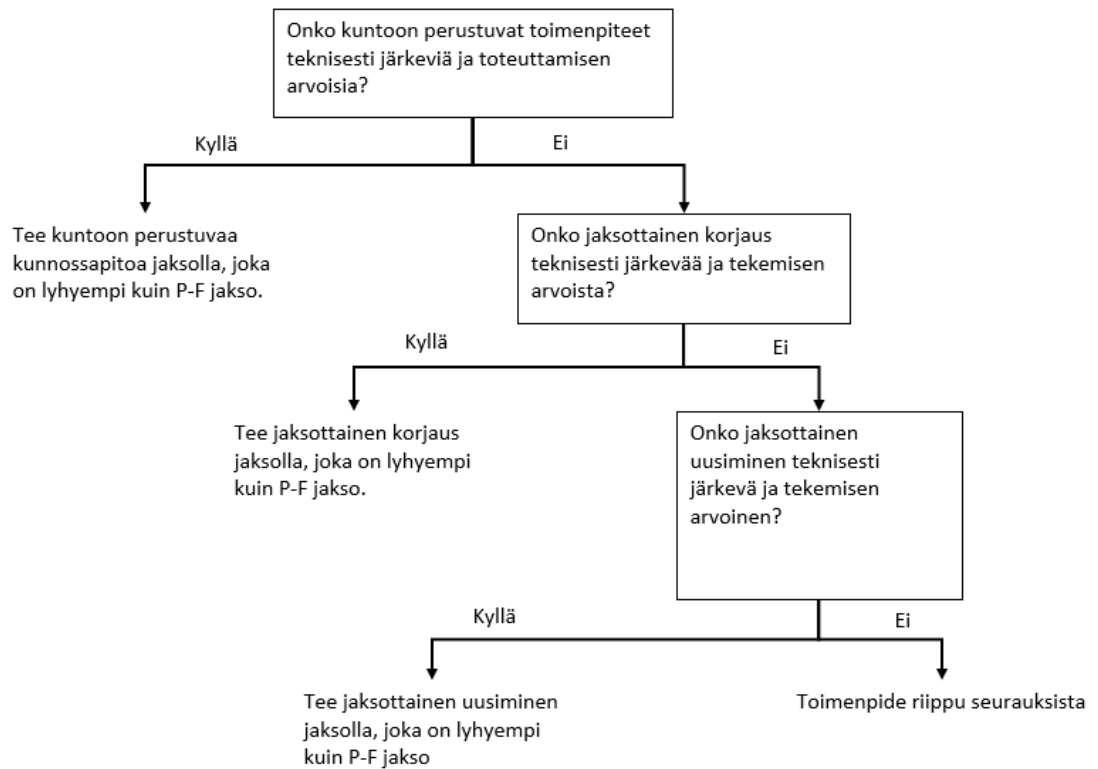
Toiminto	Toiminnallinen vika	Vikamuoto	Vian aiheuttaja	Vian vaikutus	Vian seuraus
Mitä kohteen odotetaan tekevän ja millä suorituskyvyllä?	Millä tavoin toiminto estyy?	Mikä tapahtuma aiheuttaa toiminnallisen vian	Mistä syystä vikamuoto syntyy?	Mitä tapahtuu vikamuodon vuoksi?	Mitä väliä kullakin vikaantumisella on? Mikä on niiden seurausten kriittisyys?

KUVIO 8. Vika- ja vaikutusanalyysin tiedonkeruulomake.

VVA:n pohjalta tehdään varsinainen kunnossapidon suunnittelu, kun tiedetään vikaantumismallit ja tunnetaan vikojen seuraukset. Kunnossapidon toimet voidaan jakaa kahteen tasoon:

- **ennakoivat toimenpiteet** (kunnonvalvonta, määräaikaiset huollot, määräaikaiset osien vaihdot)
- **korjaavat toimenpiteet** (uudelleen suunnittelu, korjaava kunnossapito).

RCM-logiikan mukainen toimenpiteiden valintamalli ehdottaa aina ensimmäisenä kuntoon perustuvaa kunnossapitoa (ks. kuvio 9). Mikäli se ei ole järkevää tai mahdollista, ehdotetaan muita vaihtoehtoja. P-F (Point To Failure) jaksolla tarkoitetaan aikaa vian havaitsemisesta lopulliseen vikaantumiseen.



KUVIO 9. Ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi (Mikkonen 2009, 160).

Kuntoon perustuvaa kunnossapitoa voidaan teknisesti toteuttaa kun:

- vian oireet ovat selkeästi havaittavissa ennen vikaantumista
- P-F jakso on kohtuullisen vakio
- on käytännöllisesti järkevää valvoa kohdetta jaksoin, joka on lyhempi kuin P-F jakso
- aika vian havaitsemisesta lopulliseen vikaantumiseen on riittävän pitkä vian seurausten poistamiseksi.

7.3 Kunnonvalvonta menetelmät ja kohteet

7.3.1 Värähtelymittaukset

Mittauspisteet ja mittausvälit

Värähtelymittauksia tulisi tehdä jo nyt käytössä olevista mittauspisteistä, joita ovat:

- sorvin päämoottorin etu- ja takalaakerit
- voimansiirtoakselin laakerit
- karojen päälaakerit
- pyörivä vastaterä (ei kaikissa sorveissa).

Edellä mainittujen pisteiden lisäksi värähtelymittauksia kannattaisi laajentaa sorvilinjan muihin osiin, joissa mitattavia kohteita olisivat viulunleikkurin telojen laakerit (ks. kuvio 10) ja käyttö sekä viulunpinkkaajan imupuhaltimien moottorit (ks. kuvio 11).



KUVIO 10. Viilunleikkuri.



KUVIO 11. Viilunpinkkaajan imupuhaltimen moottori.

Mittauspisteiden valinta perustuu kohteen vikaantumisen tuotannolle aiheuttamasta vaikutuksesta. Kaikkien edellä mainittujen mittauskohteiden ennakoimaton vikaantuminen aiheuttaa tuotannolle pitkäkestoisen pysähdyksen.

Mittausväliksi tulisi asiakkaille suositella noin kolmea kuukautta. Nykyinen mittausväli, joka on keskimäärin kuusi kuukautta, on liian pitkä. Kolmen kuukauden mittausväli antaa enemmän aikaa reagoida mahdollisiin vikaantumisiin, sillä kuuden kuukauden aikana alkava vikaantuminen ehtii kehittyä pitkälle tai jopa lopulliseen vikaantumiseen asti. Tällöin aikaa reagointiin ei jää ja tuotantoon tulee suunnittelematon pysähdys.

Online-mittauspisteet

Sorveihin, joissa on pyörivä vastaterä, tulisi asiakkaille suositella online-väärhtelymittauksen käyttöä vastaterälle. Vastaterä on kriittinen kohde tuotannon jatkuvuuden, tuotteen laadun sekä hylyn määrän kannalta, joten se olisi järkevää ottaa jatkuvaan seurantaan. Tällä tavoin mahdollinen vikaantuminen huomataan jo hyvissä ajoin, jolloin siihen voidaan reagoida mahdollisimman aikaisin.

Kehitysehdotukset

Tärkeimpänä kehitysehdotuksena on mittauspisteiden merkkaaminen laitteisiin. Tällä hetkellä pisteitä ei ole merkattu, jolloin kohta josta mittaus otetaan, saattaa vaihdella eri mittaajien kesken. Tällöin tulokset eivät ole parhaalla mahdollisella tavalla vertailukelpoisia keskenään, koska tulos voi vaihdella mittauspisteen mukaan. Tärkeää on myös ohjeistaa mittaajia siitä, että mittauspisteet tulee puhdistaa ennen anturin kiinnittämistä kohteeseen. Tulokset saattavat vaihdella myös sen takia, jos osa mittaajista puhdistaa mittauspisteen ja osa taas ei.

Vaikeasti mitattaville kohteille, joita sorvissa ovat voimansiirtoakselin laakerit, olisi järkevää asentaa puolikiinteät anturit. Anturit kiinnitetään kohteisiin pysyvästi ja anturilta tuleva kaapeli tuodaan helposti luokse päästävään kohtaan, josta mittaus voidaan suorittaa. Mittausten työturvallisuus ja nopeus kasvaa huomattavasti, kun mittaajaan ei tarvitse mennä hankaliin paikkoihin sorvin alle. Mittaustuloksista saadaan myös vertailukelpoisempia, kun anturit on kiinnitetty paikalleen eikä mittauspiste vaihtele mittaajan mukaan.

Mittauslaitteiston osalta olisi järkevää hankkia uudempi kannettava värähtelymittari sekä tulosten analysointia varten analysointiohjelmisto. Laitteistossa tulisi olla mahdollisuus luoda mittausreittejä, jolloin tarkastuslistoihin ei tarvitse kirjata tuloksia ylös, vaan tulosten raportointi ja analysointi voidaan hoitaa analysointiohjelmiston kautta, joka säästää aikaa ja vaivaa. Ohjelmiston avulla tuloksia voidaan analysoida trendeinä, spektreinä ja aikatasoina. Hankinnan kautta mittaustulosten analysointi ja raportointi helpottuu. Tulokset saadaan ohjelmiston avulla tallennettua helposti havainnoitavaan muotoon. Tehtailla suoritettavat mittaukset helpottuvat ja nopeutuvat, kun mittaukset voidaan tehdä laitteeseen luodun mittausreitien pohjalta. Tulokset tallentuvat laitteeseen, eikä niitä tarvitse kirjata manuaalisesti ylös.

Esimerkiksi hankittava laite voisi olla Prüftechnikin VIBSCANNER. Kyseisen laitteen hinta on 5400–13000 €, riippuen laitteen ominaisuuksista. Analysointiohjelmistona mittarissa toimii OMNITREND-ohjelmisto, jonka hinta 3000–6000 €, riippuen mittauslaitteesta. Ohjelmiston hankinnan jälkeen se voidaan asentaa rajattomasti toimipaikan tietokoneille ja ohjelmistopäivitykset ovat maksuttomia. (Mikkonen, P. 2014.)

7.3.2 Öljyanalyysi

Öljyanalyysejä sorvilinjalta kannattaisi suositella asiakkaille otettavaksi sorvin hydraulikoneikoilta (ks. kuvio 12). Koneikkoihin kannattaisi asentaa näytteenottoa varten hanat, josta näyte saadaan kätevästi otettua. Näytteenottokohdan valitsemisessa tulee käyttää asiantuntijan apua, jotta analyysistä saadaan paras tulos öljyn todellisen kunnan määrittämiseksi. Näytteenottoväliksi tulisi suositella noin puolta vuotta.

Öljyanalyysiä tulisi tarjota myös online-mittauksena, jolloin öljyn kunnosta saadaan jatkuva tieto. Online-mittaustiedon lisäksi valvontaa voitaisiin täydentää näytteenotoilla, jolloin saadaan kattavampi tieto öljyn kunnosta.



KUVIO 12. Hydraulikoneikko.

7.3.3 Lämpökamera

Lämpökameralla suoritettavaa lämpötilan valvontaa tulisi suositella asiakkaille tehtäväksi kerran vuodessa. Lämpökameran avulla saadaan selville mahdollisia hydrauliiikan vuotokohtia ja sähkökeskuksissa olevien komponenttien vikoja. Tarkastukset suoritetaan prosessin ollessa käynnissä ja valvonnan kohteita sorviliinjalla ovat seuraavat:

- sähkökeskukset/sähkölaitekaapit (ks. kuvio 13)
- venttiilit
- hydraulisyylinterit
- putkistot.



KUVIO 13. Sähkökeskus.

7.4 Informaation hyödyntäminen

Laitetoimittajalle käyttökokemustiedon kerääminen on ensiarvoisen tärkeää, koska sen avulla toimittaja pystyy kehittämään tuotteidensa ominaisuuksia. Olennaista tietoa ovat laitteiden vikaantumiset, niiden syyt, korjaustoimet ja vikojen vaikutukset. Kunnonvalvonnan avulla saatu informaatio tulisi myös tallentaa ainakin havaittujen alkavien vikaantumisten ja niiden kehittymisen osalta. Informaation tietopankkina tulisi käyttää kunnossapidon tietojärjestelmää, jolloin kaikki olennainen tieto olisi tallennettuna samaan kohteeseen. Käyttökokemustieto tulisi kohdistaa tietojärjestelmässä laitepaikkatasolle ja järjestelmästä tulisi selvittää, millä asiakkailla kyseinen laite on käytössä. Tietojärjestelmässä tulisi myös olla työkalut informaation analysointiin ja raportointiin, jolloin kerätty tieto saadaan tehokkaasti käyttöön.

Tiedonkeräämisessä tulisi tiivistää yhteistyötä asiakkaiden kanssa. Ongelmana vaneriteollisuudessa on vika- ja korjaustietojen heikko kirjausaste sekä laadun että määrän osalta. Eniten hyötyä asiakkaille saataisiin siten, että informaatiota kirjattaisiin ahkerasti mahdollisimman standardoidulla tavalla, jolloin mahdollinen tiedonsiirto laitetoimittajalle olisi helppoa. Asiakkaiden kanssa yhteistyössä toteutetusta tiedonkeräämisestä olisi paljon hyötyä esimerkiksi tuotantolinjan käyttövarmuuden parantamisessa (ks. liite 1).

Informaation keräämiseen tulee panostaa, sillä kun tietoa omien laitteiden toiminnasta saadaan paljon, voidaan asiakkaita auttaa esimerkiksi vikaantumistapahtumien ongelmanratkaisussa. Asiakkaiden olisi myös mahdollista verrata oman toimintansa tasoa muihin, kun laitetoimittajalla olisi tarpeeksi tietoa laitteidensa toiminnasta muilla asiakkailla.

7.5 Toiminnan vertaaminen ja kehityssuunnan arviointi

Rauten asiakkaan toiminnan tasoa kunnossapidon ja kunnonvalvonnan osalta verrattiin paperiteollisuuden toimijaan. Paperiteollisuudessa ollaan kehittyneempiä edellä mainittujen asioiden osalta, joten vertailun kautta haettiin mahdollisia tulevaisuuden kehityssuuntia. Vertailu toteutettiin haastatteluna, joka koostui 17 kysymyksestä (ks. liite 4). Kysymyksien avulla pyrittiin myös selvittämään laitetoimittajan rooli tuotannon kehittämisen ja palveluiden osalta. Haastattelu tehtiin vaneritehtaan kunnossapidon työnjohtajalle sekä paperitehtaan kunnossapitoinsinöörille (ks. liitteet 5 ja 6). Vastausten pohjalta tein yhteenvedon siitä, mihin suuntaan vaneriteollisuudessa mahdollisesti ollaan kehittymässä.

Tuotannon käytettävyyden, nopeuden ja tuotteen laadun kehittämiseksi ollaan valmiita tekemään suuriakin panostuksia, mikäli niiden avulla saadaan selkeitä parannuksia. Vaneriteollisuuden osalta myös kunnossapidon panostuksia oltiin valmiita lisäämään, jos niiden avulla saadaan kehitettyä toimintaa. Kunnossapito nähdään tuottavuustekijänä, eikä pelkästään pakollisena kuluna. Kunnossapidon osalta on nähtävissä tuotannon ja kunnossapidon välisen yhteistyön kehittyminen. Oman osaamisen lisääminen nähdään myös tulevaisuudessa tärkeänä asiana.

Asiat, jotka ajavat miettimään modernisointeja ja investointeja, ovat laadun parantaminen, kilpailukyvyn kasvattaminen sekä tuotannon kapasiteetin ja tehokkuuden kehittäminen. Käynnissäpidon ydintyöt ja erikoisosaaminen halutaan pitää jatkossakin itsellä.

Laitetoimittajan rooli nähdään tärkeänä huoltojen, varaosien ja tuotantoprosessin kehittämisen osalta. Varaosapalvelujen osalta ollaan halukkaita tekemään enemmän yhteistyötä laitetoimittajan kanssa. Osien suhteen vasteaika tarpeeseen nähden on

erittäin tärkeä. Tuotannonkehittämisessä laitetoimittaja on avainasemassa ja sen ammattitaitoa sekä osaamista tarvitaan kyseisissä projekteissa.

Yksittäistä kunnossapitopalvelua tilattaessa tärkeitä asioita ovat työn laatu, tehokkuus ja sovittujen asioiden pitäminen. Hinta on merkitsevä tekijä vasta kun muut ehdot ovat täyttyneet.

Kunnonvalvonnan osalta kriittisimmät laitteet halutaan valvonnan piiriin ja siihen ollaan valmiita panostamaan. Etävalvonta nähdään hyvänä ratkaisuna kriittisille ja vaikeasti luokse päästäville kohteille. Yhteistyönä etävalvontapalvelun tarjoajan kanssa toteutettuun tulosten analysointiin ei osoitettu kiinnostusta.

8 TULOSTEN ARVIOINTI

Malli käyttövarmuuden parantamiseksi tuotantolinjalla on teoreettinen ja se kertoo periaatteet sekä vaatimukset kehittämisprojektin toteuttamiseen. Mallia olisi voinut tehdä enemmän käytännön läheisemmäksi ja paremmin suunnatuksi juuri vaneriteollisuuden tarpeisiin. Se olisi kuitenkin vaatinut paljon aikaa ja perehtymistä vaneritehtaiden nykyisen toiminnan tasoon, joka ei tässä työssä ollut ajan puitteissa mahdollista.

Kriittisyysluokittelu kunnonvalvonnan kohdentamiseksi pohjautuu kokonaan standardeihin ja kirjallisuuteen. Tuloksena ei ole esitetty mitään uutta ja mullistavaa, mutta mielestäni olemassa oleva käytäntö on todettu toimivaksi.

Kriittisyysluokittelua oli vaikea viedä tarkemmalle tasolle, koska Rautella on paljon asiakkaita, joiden painoarvot eri kriittisyystekijöiden suhteen vaihtelee.

Kunnonvalvontamenetelmien osalta tuloksena esitettiin jo käytössä olevia menetelmiä. Vanerin valmistusprosessi huomioiden, en nähnyt muiden

kunnonvalvontamenetelmien tuovan lisäarvoa. Tärkeämpää oli mielestäni nykyisen toiminnan kehittäminen tehokkaampaan ja laadukkaampaan suuntaan.

Informaation hyödyntäminen on mietitty enemmän teoreettisella tasolla. Tarkempi analyysi aiheesta olisi vaatinut perehtymistä Rauten asiakkaiden käytössä oleviin tietojärjestelmiin ja niiden käyttöön. Myös yleistä informaatiota tietojärjestelmien toiminnasta ja mahdollisuuksista olisi tarvittu enemmän, jotta aiheesta olisi päästy syvemmälle. Aikataulun vuoksi en nähnyt sitä mahdolliseksi, joten asia on esitetty lähinnä teoreettisella tasolla.

Toiminnan vertaamisessa ja kehityssuunnan arvioinnissa tuloksista olisi saatu laadukkaampia, mikäli haastatteluja olisi tehty enemmän. Paperin ja vanerin valmistusprosessit eroavat toisistaan melko paljon, mikä osaltaan saattaa myös vaikuttaa arvion tuloksiin.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kunnonvalvontaa osana Rauten asiakkaille tarjoamia palveluita. Tarkemmin tavoitteet on esitetty **luvussa 1**. Tuloksena saatiin ehdotukset toimenpiteistä ja menetelmistä, joiden avulla voidaan kehittää toimeksiantajan tarjoamia palveluja.

Työn tavoitteiden vaatima tieto oli minulle jo ennestään tuttua, mutta työn toteutuksen aikana huomasin, että aiheisiin on perehdyttävä syvemmin. Aiemmin opitut asiat eivät olleet enää kirkkaana mielessä.

Tiedonhaussa pyrin käyttämään monipuolisesti erityyppisiä lähteitä. Pääasiallisena lähteenä käytin kirjallisuutta ja standardeja, koska niistä saatu tieto on luotettavaa. Muita käytettyjä lähteitä olivat artikkelit, opinnäytetyöt, Rauten esitteet ja

haastattelut. Lähteiden etsimiseen käytin Google, Google Scholaria, Theseusta sekä JaNetin artikkeli- ja kirjatiekantoja. Työn tulosten kannalta tärkeimmän tiedon sain asiantuntijoiden ja työntekijöiden haastattelujen kautta, koska heillä on kattavin tieto omaan alaansa liittyen.

Kirjoitusprosessin aloitin heti, kun sain tarkempaa tietoa aiheesta ja sen tavoitteista. Kirjoitustyö jakautui tasaisesti koko työn tekemisen ajalle. Tarkoituksena oli saada teksti etenemään johdonmukaisesti ja pyrin esittämään vain työn vaatimat asiat. Aikataulullisesti pysyin suunnitelman mukaisessa tahdissa, eikä viivästymisiä tullut.

Opinnäytetyö oli haastava ja mielenkiintoinen. Kunnonvalvonta on tärkeä osa tämän päivän ja tulevaisuuden kunnossapitoa, joten työstä sain tärkeää kokemusta tulevaisuutta ajatellen. Työn tavoitteet eivät rajoittuneet ainoastaan kunnonvalvontaan, joten pääsin käyttämään laajasti saamaani kunnossapidon koulutusta. Tutustuminen vanerin valmistusprosessiin oli myös kiinnostavaa ja siitäkin on varmasti hyötyä tulevaisuudessa.

Työn tuloksia voidaan jatkossa käyttää oikeiden toimintamallien ja menetelmien perusteena. Rauten asiakkaiden kunnossapidon kehityssuunnan arvion pohjalta pystytään miettimään tulevaisuudessa tarvittavia panostuksia omien palveluiden kehittämiseksi.

10 LÄHTEET

Asiakasprojekteja. N.d. Ramentorin internetsivut. Viitattu 13.3.2014.

<http://www.ramentor.com/etusivu/referenssit/>, Referenssit.

Borris, S. 2006. Total Productive Maintenance. New York: McGraw-Hill.

Heikkinen, K. 2013. Hydrauliiikan kunnonvalvonta, mitä antureita käytetään. Promaint 4, 38–40. Viitattu 25.2.2014.

http://palvelut.promaint.net/lehti/promaint_4_2013.html

Horttanainen, J. Kortelainen, H. Pursio, S. 1999. Sellutehtaan käyttövarmuusmalli.

Viitattu 2.4.2014. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/1999/S196.pdf,VTT>,

Käyttövarmuus ja käyttökunnonhallinta.

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

Kannattavia ratkaisuja. Raute: vuosikertomus 2012.

Kunnossapitoyhdistys. 2006. Teollisuusvoitelu. 4. p., täyd. p. Helsinki: KP-Media Oy.

Käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuus. 2014. Ramentorin internetsivut. Viitattu

11.3.2014. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/kayttovarmuus/>, Teoria, Käyttövarmuus.

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

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

Mikkonen, P. 2014. Myynti ja mittauspalvelut. MLT Oy. Haastattelu 4.4.2014.

Moubray, J. 1997. Reliability Centered Maintenance. Oxford: Butterworth Heinemann.

Nousiainen, J. 2014. Maintenance Specialist. Raute Oyj. Haastattelu 3.3.2014.

Panel sanding and grading. 2014. Raute Oyj:n kotisivut. Viitattu 19.2.2014.

<http://www.raute.fi/fi/panel-sanding-and-grading>

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. p. Viitattu 12.2.2014.

<http://www.jamk.fi/fi/Palvelut/kirjasto/Etusivu/>, Nelli-portaali, PSK standardit.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. p. Viitattu 14.2.2014. <http://www.jamk.fi/fi/Palvelut/kirjasto/Etusivu/>, Nelli-portaali, PSK standardit.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Viitattu 13.3.2014. <http://www.jamk.fi/fi/Palvelut/kirjasto/Etusivu/>, Nelli-portaali, PSK standardit.

PSK 5703. 2006. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Anturin, liittimen ja kaapelin valinta sekä asennus. 4. p. Suomen Standardisoimisliitto. Viitattu 18.2.2014. <http://www.jamk.fi/fi/Palvelut/kirjasto/Etusivu/>, Nelli-portaali, PSK standardit.

Rantalainen, J. 2014. Service Manager. Raute Oyj. Haastattelu 10.2.2014.

Stjernberg, T. 2000. Lämpökamera kunnossapidon työkaluna. Kunnossapitokoulu 4. Viitattu 26.2.2014. <http://heikki.pp.fi/opetus/pedanet/papkem/koulu56.pdf>

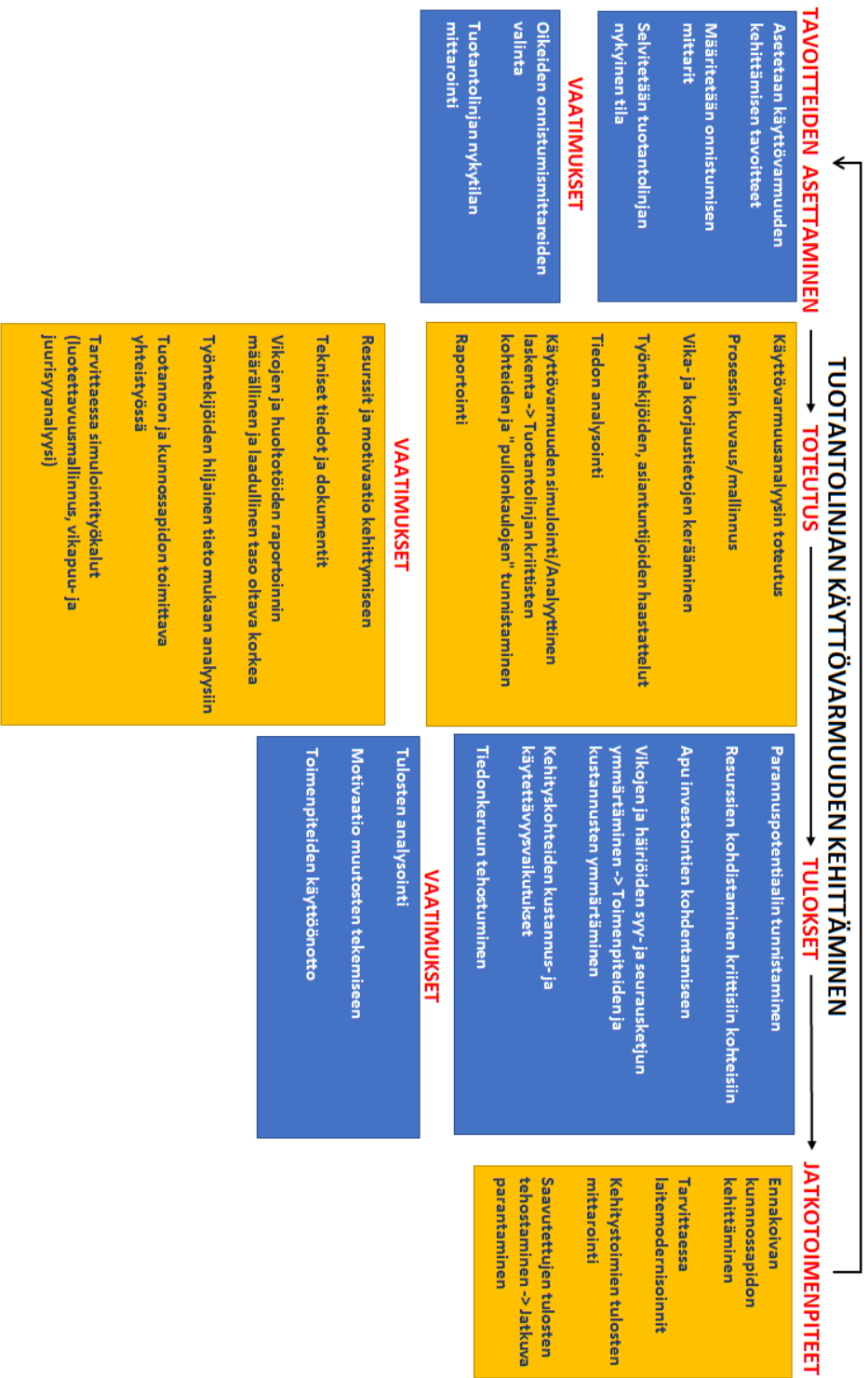
Tuomisalo, J. 2013. Kunnonvalvonnan kehittäminen Metso Oy Jyväskylän konepajalla. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liikenne, Paperikoneteknologian koulutusohjelma. Viitattu 21.2.2014. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/55854/Tuomisalo_Juho.pdf?sequence=1

Tuukkanen, H. 2014. Projekti-insinööri. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Haastattelu 20.3.2014.

Viilun valmistus. N.d. PuuProffan internetsivut. Viitattu 20.2.2014. http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=155&Itemid=231

11 LIITTEET

Liite 1. Tuotantolinjan käyttövarmuuden kehittäminen



Liite 2. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800, 2008, 7)

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	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	$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskisiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0 \dots 100$	$M_p = 0$	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	Korjaus- tai seurauksenkustannus $W_r = 20$	$M_r = 0$	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)	

Liite 3. Kriittisyyslaskentataulukko (PSK 6800, Liite 1)

1	Laitos	Kriittisyyden raja-arvo												
2	Kriittisyysluokittelun kohde	Kriittisyyden raja-arvo												
3	Tekijät	Kriittisyyden raja-arvo												
4	Versio	Kriittisyyden raja-arvo												
5	Päiväys	Kriittisyyden raja-arvo												
6		Kriittisyyden raja-arvo												
7	Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetykset (0...4)	Lopputuotteen laatu (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	ks	ke	kp	kq	kr
8			Painoarvot W _→	30	20	100	30	20	K	0	0	0	0	0
9									0	0	0	0	0	0
10									0	0	0	0	0	0
11									0	0	0	0	0	0
12									0	0	0	0	0	0
13									0	0	0	0	0	0
14									0	0	0	0	0	0
15									0	0	0	0	0	0
16									0	0	0	0	0	0
17									0	0	0	0	0	0
18									0	0	0	0	0	0
19									0	0	0	0	0	0
20									0	0	0	0	0	0
21									0	0	0	0	0	0
22									0	0	0	0	0	0
23									0	0	0	0	0	0
24									0	0	0	0	0	0
25									0	0	0	0	0	0
26									0	0	0	0	0	0
27									0	0	0	0	0	0
28									0	0	0	0	0	0
29									0	0	0	0	0	0
30									0	0	0	0	0	0
31									0	0	0	0	0	0
32									0	0	0	0	0	0
33									0	0	0	0	0	0
34									0	0	0	0	0	0
35									0	0	0	0	0	0
36									0	0	0	0	0	0

Liite 4. Toiminnan vertaaminen, kysymykset

1. Millaisia panostuksia ollaan valmiita tekemään kokonaistehokkuuden, käytettävyyden ja laadun kehittämiseksi?
2. Ollaanko kunnossapitoon käytettäviä kustannuksia valmiita lisäämään, jos sen avulla saadaan parannettua tuotantoprosessin käytettävyyttä?
3. Ajatellaanko kunnossapitoa enemmän kustannusten aiheuttajana vai tuottavuustekijänä?
4. Miten kunnossapitoa on kehitetty lähiaikoina ja miten sitä haluttaisiin kehittää tulevaisuudessa?
5. Miten suunniteltuja huoltoja on kehitetty ja miten sitä haluttaisiin kehittää tulevaisuudessa?
6. Mitkä asiat ajavat miettimään investointeja ja modernisointeja? (Esim. laadun parantaminen, kilpailukyvyyn kehittäminen..)
7. Ajatellen käynnissäpidon tulevaisuutta, pyritäänkö hoitamaan käynnissäpito itse vai siirrytäänkö enemmän ulkopuolisen/laitetoimittajan palveluihin?
8. Ajatellen tuotantoprosessin kehittämistä, millaisena nähdään laitetoimittajan rooli?
9. Nähdäänkö varaosavarojen kohdalla mahdollisuutta parempaan yhteistoimintaan laitetoimittajan kanssa ja mitä tulevaisuudessa laitetoimittajalta odotetaan tältä osin?
10. Mitkä laitetoimittajan palvelut ovat ja tulevat olemaan tärkeitä?
11. Mitkä ovat tärkeimpiä asioita, kun tilataan yksittäistä kunnossapitopalvelua?
 - Hinta
 - Työn tehokkuus
 - Työn laatu/ammattitaito
 - Takuu työlle
 - Asiakaspalvelu/kommunikointi
 - Työn raportointi
 - Sovittujen asioiden toteutuminen (Esim. aikataulullisesti)
12. Mitä kunnonvalvontaa tehdään tällä hetkellä ja mitä haluttaisiin tehdä tulevaisuudessa?
13. Ollaanko kunnonvalvontaan valmiita panostamaan, jos sen avulla saadaan parannettua prosessin käytettävyyttä?
14. Mihin kohteisiin käytetään/haluttaisiin käyttää etävalvontaa?
15. Nähdäänkö etävalvonnan käyttö ehkäisevän kunnossapidon menetelmänä vai pelkästään hälytysmekanismina?
16. Oltaisiinko etävalvonnan mittaustulosten analysoinnissa valmiita tekemään yhteistyötä etävalvontapalvelun tarjoajan kanssa?
17. Mitä ovat muut asiat, joihin halutaan nyt tai tulevaisuudessa panostaa?

Liite 5. Haastattelun vastaukset, Vaneritehdas, kunnossapidon työnjohtaja

1. Rahallisesti ollaan valmiita panostamaan kymmeniä tuhansia euroja, jos sen avulla saadaan merkittäviä parannuksia.
2. Kunnossapidon kustannuksia mitataan yksiköllä €/kuutio valmistunutta tuotetta. Kunnossapitoon ollaan valmiita panostamaan, jos sen avulla saadaan parannuksia.
3. Kunnossapitoa ajatellaan lähinnä palveluosastona, mutta enemmän tuottavuustekijänä kuin kustannusten aiheuttajana.
4. Ennen tehtaan jokaisella yksiköllä oli oma kunnossapitoyksikkö. Nyt kunnossapito-osastot on yhdistetty. Tulevaisuudessa halutaan lisätä koulutuksia, kunnossapidon laatua ja ennakoivuutta parantaa.
5. On otettu enemmän tuotantoa mukaan. Seisokkis suunnittelussa on otettu käyttöön Planet-ohjelmisto. RCM-analyysi tehty yhdelle sorville. Haluttu saada pitkäaikaisia yhteistyökumppaneita seisokkeihin.
6. Laadun parantaminen, kilpailukyvyn kehittäminen, varaosien saatavuus sähköpuolella ja tuotantokapasiteetin kasvattaminen.
7. Pyritään hoitamaan itse.
8. Suurena. Tärkeänä asiana, että päästään luvattuun kapasiteettiin. Tarvitaan tuotannon tukea ja varaosapalvelun pitää olla kunnossa. Myös ympäristönäkökohtien huomioiminen on tärkeää.
9. Suurin osa ostetaan tukkumyyjiltä. Tulevaisuudessa voitaisiin kehittää yhteistyötä laitetoimittajan kanssa.
10. Huoltosopimukset, parannukset, päivitykset, modernisoinnit, varaosapalvelut.
11. Laatu, tehokkuus ja sovittujen asioiden toteutuminen.
12. Yksi henkilö suorittaa värähtelymittauksia kokopäivätyönä. Toinen henkilö toimii ennakkohuoltotarkastajana, joka suorittaa visuaalista havainnointia ilman mittauslaitteistoa. Myös öljynäytteitä otetaan ja sähkökeskuksiin tehdään lämpökuvauksia. Kunnossapitoasentajilla on viikoittain omat tarkastuskohteet ja mikäli muita töitä ei ole, kierretään tarkastamassa laitteita. Tuotteen laatua seurataan myös jatkuvasti.
13. Rahallisesti ollaan valmiita panostamaan, mutta henkilökunnalla ei ole resursseja työtuntien puolesta.
14. Vaikeasti päästäviin kohteisiin, joissa on turvallisuusriski, voitaisiin käyttää etävalvontaa. Myös tuotannon kriittisiin kohteisiin esimerkiksi sorvin karalaakereille.
15. Ehkäisevän kunnossapidon menetelmänä.
16. Kohtuuhintaisesti toteutettuna ollaan valmiita.
17. Koulutukset ja osaamisen lisääminen. 2-laadun vähentäminen. Äkillisten vikaantumisten poisto.

Liite 6. Haastattelun vastaukset, Paperitehdas, kunnossapitoinsinööri

1. Tällä hetkellä johtuen taloudellisissa tilanteesta ja eri paperilaatujen menekistä tämä vaihtelee paljon. Niihin koneisiin joiden paperi käy hyvin kaupaksi niin ollaan valmiita tekemään isoja panostuksia (uusintoja, projekteja yms.). Muihin koneisiin ei niin paljon panosteta.
2. Ei olla, tarkoitus pienentää kunnossapitokustannuksia tulevina vuosina.
3. Sekä että, nykyään ehkä enemmän tuottavuustekijänä johteen siitä, että on alettu tekemään erikoistöitä mitä ennen tilattiin ulkoa.
4. Erikoisosaamisen lisääminen ja erikoisosaamisen hyödyntäminen muissa yrityksen yksiköissä. Resurssien hyödyntäminen muissa yksiköissä. Tuotannon tekemä kunnossapito. Tulevaisuudessa halutaan laajentaa yllämainittuja osaamisia.
5. Kts. yltä. Erikoistöiden itse tekeminen on vaatinut paljon suunnittelua ja selvittelyä ja osaamisen laajentaminen vaatii sitä jatkossakin.
6. Laadun parantaminen sekä uusien laatujen valikoima. Kasvavilla lajeilla tehokkuus ja hyötysuhde.
7. Ydintyöt ja erikoisosaamiset itse, muut ulospäin pääpiirteittäin.
8. Kehitystyössä tarvitaan aina laitetoimittajan ammattitaitoa ja osaamista. Yhteistyössä heidän kanssaan.
9. Nykyisin varaosia varastoidaan jo toimittajilla ja tulevaisuudessa saattaa laajentuakin ko. toiminta. Vasteaika tarpeeseen kuitenkin aina sovittava.
10. Kehitys- ja uusintaprojektit, ongelmanratkaisu, varaosien saatavuus ja huoltotoiminta.
11. Kaikki kysymyksessä mainitut tärkeitä, mutta jos yrityksiä mitkä täyttää muut kohdat niin hinta on aika ratkaiseva.
12. Kaikki tärkeimmät laitteet ovat tällä hetkellä valvonnassa (kiinteässä kunnonvalvonnassa tai reittikiirroksilla). Tulevaisuudessa pidetään kunnossa olemassa olevat järjestelmät. Muutamia kokeiluja hitaasti pyörivien laitteiden kunnonvalvontaan on menossa.
13. Sama vastaus kuin kohtaan 1.
14. Sellaisiin paikkoihin käytetään mihin ei pääse reittikiirrokselle. Jos laitteen prioriteetti sitä vaatii.
15. Hälytysmekanismina, joka laukaisee lisätutkimukset käyntiin kohteelle.
16. Ei meidän tapauksessa. Joskus lähetetty sähköpostilla kuvia ja keskusteltu mikä voisi olla vikana.
17. -