



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PAPERIKONEEN RULLAIMEN JA SOFT-KA- LANTERIN RCM-ANALYYSI

Ville Pekkarinen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2017
Konetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka

PEKKARINEN, VILLE:
Paperikoneen rullaimen ja soft-kalanterin RCM-analyysi

Opinnäytetyö 70 sivua, joista liitteitä 21 sivua
Joulukuu 2017

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää paperikoneen osa-alueen kriittiset laitteet ja päivittää huolto-ohjeet. Opinnäytetyö suoritettiin UPM:n Jämsänkosken tehtaalle. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia, millaista lisäarvoa RCM-analyysillä saavutetaan ennakkohuoltoon ja paperikoneen käyntivarmuuteen. RCM-analyysi suoritettiin UPM:ltä saadun kriittisyysluokittelupohjan avulla, ja sen perusteella tehtiin vikavaikutusanalyysi ja päivitettiin ennakkohuolto-ohjeet.

RCM-analyysin suorituksen jälkeen saatiin selkeä kuva valitun osa-alueen kriittisistä laitteista ja niiden vaikutuksesta koko tuotantoprosessiin. Vikavaikutusanalyysin avulla saatiin kattava kokonaiskuva laitteiden vikaantumistavoista ja vikaantumisvälistä. Ennakkohuollon tarkastelussa havaittiin joitain puutoksia nykyisissä huoltotöissä. Havaitut puutokset lisätään nykyisten töiden ohella SAP:iin. Opinnäytetyön suorituksen aikana muodostui tarkka käsitys siitä, millaista lisäarvoa RCM-analyysillä saavutettiin paperikoneen kunnossapidossa. Ennakkohuollon ja ennakoimattoman huollon vertailussa huomattiin, että ennakkohuollolla saavutetaan merkittäviä taloudellisia etuja. Kustannuslaskennassa esiintyvät luvut ovat suhteellisia eivätkä ne vastaa euroja, sillä todelliset luvut ovat luotamuksellisia.

Kriittisyysluokittelun lopputuloksena saatava laitteen kriittisyysluokka määräytyy kriittisyysindeksin mukaan. Kriittisyysindeksi tarkoittaa laskennasta saatavaa pistemäärää. RCM-analyysissä määritetään, millä pistemäärällä mikäkin luokka toteutuu. Tarkan pistemäärän rajausta on hankalaa, silloin jokin laite voi joutua väärän luokittelun piiriin ja sitä kautta syntyy ongelmia vikavaikutusanalyysin suorituksessa ja ennakkohuolto-ohjeiden tarkastelussa. Kriittisyysindeksi syntyy ennalta määritettyjen tekijöiden ja painoarvojen mukaisesti. Painotuksissa tulisi ottaa huomioon esimerkiksi konelinjan käyntiaste tai vikaantumisvälin vaikutus tuotantoon.

Kriittisyysluokittelun, vikavaikutusanalyysin ja ennakkohuolto-ohjeiden suoritus onnistui hyvin. Ennakkohuolto-ohjeiden tarkastelulla ja päivityksellä saavutettiin melko hyviä tuloksia, sillä nykyiset ennakkohuoltotyöt tarkastettiin ja ohjeisiin lisättiin joitakin uusia töitä. Toki tarkasteltavia laitteita oli varsin vähän, joten aukottomasti ei voida todeta kaikkien laitepaikkojen ennakkohuolto-ohjeiden nykytilaa.

Asiasanat: RCM-analyysi, kriittisyysluokittelu, ennakkohuolto, soft-kalanteri, rullain

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering

PEKKARINEN, VILLE:
RCM-analysis of Soft Calendar and Reeler of Paper Machine

Bachelor's thesis 70 pages, appendices 21 pages
December 2017

The aim of the thesis was to chart the critical devices of one section of a paper machine and update the maintenance instructions. The study was carried out at the UPM Jämsänkoski mill. In addition, the aim was to investigate the added value of RCM analysis for pre-maintenance and paper machine reliability. The RCM analysis was performed on basis of the criticality classification table received from UPM. A failure effect analysis was made and preventive maintenance instructions were updated.

The RCM analysis gave a clear picture about the critical devices of the paper machine. Failure effect analysis provided a comprehensive overview of equipment failures and mean time between failures. There were some deficiencies in the current pre-maintenance guidance. The identified deficiencies will be added to SAP with the existing instructions. It became clear what kind of added value can be achieved by RCM analysis in the pre-maintenance of the paper machine. Comparison between preventive maintenance and unplanned maintenance showed that the pre-maintenance provided significant economical benefits. The results of the cost accounting presented in this thesis are relative and do not correspond to the actual values as they are confidential.

The criticality class is the result of the criticality analysis. The criticality class of the device is determined by the criticality index. The criticality index is the score obtained from the calculation. The limits between criticality classes are determined during the RCM analysis. Defining the exact scores and limits is difficult and a device may end up in a wrong class. Wrong classification may cause problems with the performance of the failure effect analysis and the review of the pre-maintenance guidelines. The criticality index is generated by predefined factors and weights. The weighting should take into account, for example, the operating rate of a machine line and the impact of the failure interval on production.

Performance of the criticality rating, the failure effect analysis, and the preventive maintenance instructions were successful. The existing preventive maintenance guidelines were checked and some new work tasks were added to the instructions. However, it is important to notice that very few devices were considered in this thesis, so it is not possible to be absolutely sure about the current state of the pre-maintenance instructions for all of the devices.

Key words: RCM-analysis, criticality classification, pre-maintenance, soft calendar, reeler

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn aihe ja taustat	7
1.2	Tavoitteet ja aiheen rajaus	8
2	UPM	9
2.1	UPM konserni	9
2.2	UPM Jokilaakso	10
2.3	Erikoispaperiosasto	11
3	PROSESSIN KUVAUS	12
3.1	Soft-kalanteri	12
3.2	Rullain.....	14
4	RCM-ANALYYSI	16
4.1	RCM-analyysin ja kunnossapidon historia	16
4.2	RCM-analyysin tavoitteet	18
4.3	RCM-analyysin toteutus	19
4.3.1	Osaproessin rajaus	19
4.3.2	Järjestelmän toiminnot	20
4.3.3	Toiminnallisten kohteiden määrittäminen ja vikaantumistavat.....	21
4.3.4	Vikavaikutusanalyysi	22
4.3.5	Kunnossapitotehtävien määrittäminen ja uudelleen suunnittelu	24
4.3.6	Kunnossapito-ohjelman laatiminen.....	27
4.4	RCM-analyysin saavutukset	28
5	KRIITTISYYSLUOKITTELU	31
5.1	Kriittisyysluokittelun suoritus.....	31
5.2	Kriittisyysluokittelulla saavutetut tulokset	34
6	VIKAVAIKUTUSANALYYSI	37
7	ENNAKKOHUOLTO-OHJEET	40
7.1	Nykyiset ennakkohuolto-ohjeet	40
7.2	Uudet ennakkohuolto-ohjeet	42
7.3	Ennakkohuollon ja ennakoidun huollon vertailua	44
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	46
	LÄHTEET	49
	LIITTEET	50
	Liite 1. Kriittisyysluokittelussa käytettävä UPM:n pohja	50
	Liite 2. Kriittisyysluokittelun teoria	57
	Liite 3. Kriittisyysindeksin luokittelu ja niiden pisteytys.....	58
	Liite 4. UPM:n käyttämä vikavaikutusanalyysi työkalu	59

Liite 5. Opinnäytetyössä käytettävä vikavaikutusanalyysi taulukko.....	60
Liite 6. Ennakkohuolto-ohjeet.....	65
Liite 7. Ennakoidun huollon ja ennakoimattoman huollon vertailu.....	70

ERITYISSANASTO

Soft-kalanteri	Paperin profiilia muokkaava laitteisto, joka koostuu yhdestä tai useammasta termotelan ja joustavan polymeerivaippaisen telan välisestä nipistä.
Rullain	Rullaa valmiin paperin tampo-uritelalle, jotta paperia on helppompi käsitellä seuraavassa työpisteessä kuten pituusleikkurilla.
SAP	Toiminnanohjausjärjestelmä.
RCM	Reliability-centered maintenance eli toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito.
Termotela (kokillitela)	Kokillivaippainen terästela. Termotelan sisällä kiertää kuuma öljy, jonka avulla telan vaippa lämpenee ja sen ansiosta paperin kiilto paranee.
Taipumakompensoitutela	Telassa olevilla sylintereillä muokataan vaipan muotoa.
Ensiö-urillainlaite	Rullaimen tampo-uritelan alkupyöritys-laite.
Toisio-urillainlaite	Rullaimen tampo-uritelan jälkipyöritys-laite.
Nippi	Kahden telan väliin syntyvä puristus.
Tampo-uritela	Tela, johon valmis paperi rullataan rullaimella.
Johtotela	Ohjaa paperin kulkua vaiheesta toiseen, esimerkiksi soft-kalanterilta rullaimelle.
Levitystela	Tarkoituksena paperiradan levitys. Levitystela sijoitetaan usein ennen nippiä.

1 JOHDANTO

Paperiteollisuus on yksi suurimpia teollisuudenaloja maailmassa. Viimeisen vuosikymmenen aikana on suljettu useita tehtaita, mikä on johtanut tuotannon kasvuun jäljelle jääneiden tehtaiden osalta. Tuotannon kasvu on luonut tarpeen organisoida ja kehittää kunnossapitojärjestelmää. Lisäksi kilpailun koveneminen on pakottanut yrityksiä karsimaan ylimääräisiä kustannuksia. Suurten tuotantolinjojen kunnossapitokustannukset ovat suuria ja niitä halutaan karsia. Kunnossapidosta aiheutuvia kustannuksia pyritään vähentämään monilla eri tavoilla. RCM-analyysi on yksi tapa tehostaa kunnossapitoa ja siten vähentää siitä aiheutuvia kustannuksia.

1.1 Työn aihe ja taustat

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui UPM Jämsänkosken paperikone neljän kahden osaprosessin kunnossapitotoimenpiteiden tehostaminen. Kunnossapitotoimien tehostaminen tapahtui RCM-analyysin avulla. RCM (reliability-centered maintenance) tarkoittaa toimintavarmuuskeskeistä kunnossapitoa. Analyysi suoritetaan soft-kalanterin ja rullaimen alueen laitteille. Rullain ja soft-kalanteri ovat nimityksiä laitteistoille, jotka koostuvat useista yksittäisistä laitteista kuten sähkömoottoreista ja teloista. Nimenomaan juuri yksittäisille laitteille suoritetaan kriittisyysluokittelu, vikavaikutusanalyysi ja ennakkohuolto-ohjeiden tarkastelu. Molemmilla prosesseilla on suuri vaikutus paperikoneen toimintavarmuuden ja laadukkaan lopputuotteen kannalta. Lisäksi molempien prosessien laitteiden kanssa on ollut monenlaisia ongelmia, joista halutaan eroon. Järjestelmällisen ennakkohuoltotoimen kehittäminen kyseisten prosessien kriittisille laitteille takaa nykyistä paremman käyttövarmuuden koko tuotantoyksikölle.

Pitkiä huolto- ja kunnossapitoseisokkeja, joissa kaikki laitteet pystyttäisiin huoltamaan säännöllisesti ei ole nykyisin mahdollista suunnitella. Pitkät seisokit tarkoittavat suuria tuotannollisia eli rahallisia menetyksiä yritykselle. Ennakkohuollon ja kunnonvalvonnan merkitys on siis kasvanut viime vuosina paljon. Lisäksi kunnossapito-organisaatiota on pienenetty ja määrärahoja karsittu. RCM-analyysin avulla pyritään varmistamaan prosessissa olevien kriittisten laitteiden keskitetty huolto. Analyysistä saatavan tiedon perusteella luodaan ennakkohuolto- ja seisokkiohjeet, joiden avulla pyritään keskittämään käytettävät resurssit oikeisiin kohteisiin. Usein laitteille ei tehdä ennakkohuoltoa vaan ne

korjataan rikkoutuessa. Rikkoutuminen aiheuttaa usein katkoksen tuotantoon. Ennakkohuolto on tärkeää, sillä täsmällinen suunnittelu ehkäisee suunnittelemattomia katkoksia tuotannossa.

1.2 Tavoitteet ja aiheen rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää molempien prosessien toiminnalle kriittiset laitteet ja suunnitella niille oikeanlaiset ennakkohuoltotoimenpiteet. Soft-kalanterin ja rullaimen alueella on paljon laitteita, joten niiden kriittisyys prosessille tarvitsee määritellä tarkoin. Kriittisyysluokittelun avulla luodaan ennakkohuolto-ohjeet jokaiselle laitteelle erikseen. Kriittisten laitteiden määrittämisen ja ennakkohuolto-ohjeiden lisäksi tavoitteena on saada käsitys, minkälaista lisäarvoa tehtävä opinnäytetyö antaa laitteiden ennakkohuoltoon ja kunnonvalvontaan yleisellä tasolla. Kriittisyysluokittelu tehdään UPM:ltä saadun kriittisyysluokituspohjan (liite 1) avulla. Kriittisyysluokituspohjan avulla pyritään luomaan ennakkohuolto-ohjeet valituille laitteille.

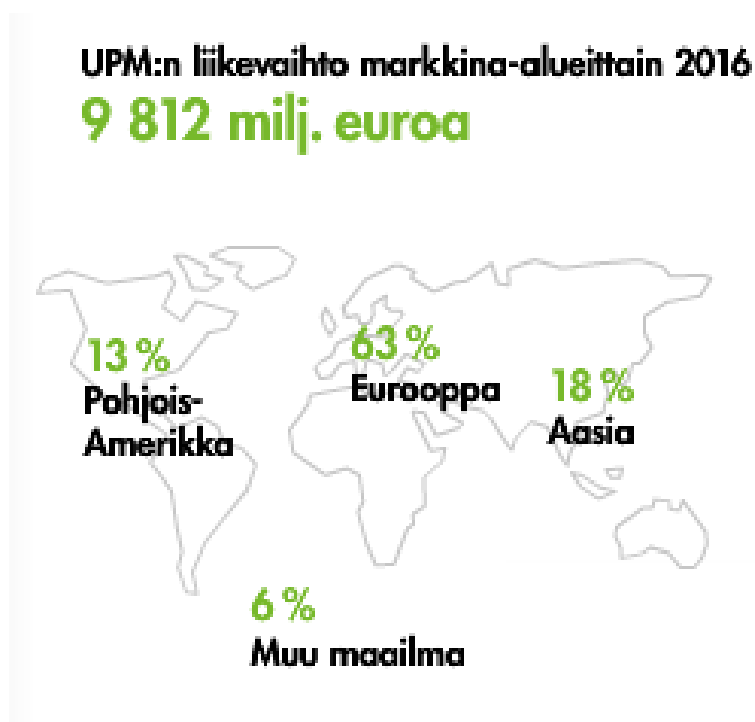
RCM-analyysi aiheena on hyvin laaja, joten tutkittavan alueen rajaus on tärkeää. Opinnäytetyön aiheeksi rajattiin soft-kalanteri ja rullain. Alueella on paljon laitteita, joten kaikista ei voi analyysiä suorittaa. Kriittisyysluokittelulla selvitetään laitteet, jotka kuuluvat kriittisimpään luokkaan (A). Tarkempi rajaus syntyy kriittisyysluokittelua tehtäessä, sillä sen avulla selvitetään A-kriittisyysluokan laitteet. Vasta A-kriittisyysluokan laitteille suoritetaan vikavaikutusanalyysi, jonka jälkeen niille luodaan yksilöidyt ennakkohuoltosuunnitelmat. Analysoitavien laitteiden tarkalla rajauksella mahdollistetaan kriittisimmille laitteille tehtävien huoltosuunnitelmien tarkkuus ja yksityiskohtaisuus.

2 UPM

UPM on yksi johtavista metsäteollisuuden alan yrityksistä. Jotta liiketoiminta olisi tehokasta, yhtiö on jakanut liiketoimintansa useisiin pienempiin organisaatioihin. Suuren yhtiön jakaminen pieniin organisaatioihin auttaa kohdentamaan käytettävissä olevat resurssit kaikkein tuottavimpiin kohteisiin.

2.1 UPM konserni

UPM on maailmanlaajuisesti toimiva metsäyhtiö, jonka liiketoiminta koostuu kuudesta eri liiketoiminta-alueesta: UPM Biorefining, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Speciality Papers, UPM Paper ENA ja UPM Plywood. UPM työllistää noin 19 300 työntekijää kahdessatoista maassa. UPM:n liikevaihto oli 9,8 miljardia euroa vuonna 2016. Lähes kaksi kolmasosaa UPM:n liikevaihdosta tulee Euroopasta (kuva 1). (UPM vuosikertomus 2016.)



KUVA 1. UPM:n liikevaihto maanosittain (UPM vuosikertomus 2016, 5)

UPM Biorefiningin liiketoiminta-alue koostuu sellun, sahatavaran ja biopolttoaineiden tuotannosta. UPM:llä on Suomessa kolme sellutehdasta ja yksi Uruguayssa. Lisäksi liiketoiminta-alueeseen kuuluu neljä sahaa sekä yksi biopolttoaineen jalostuslaitos Lappeenrannassa. (UPM liiketoiminnot 2017.)

UPM Energy on Suomen toiseksi suurin energian tuottaja. UPM:n myymää sähköä tuotetaan pääasiassa vesivoimasta, ydinvoimasta ja lauhdevoimasta. UPM Energy pyrkii hiidioksidipäästöttömään ja kestäväan energian tuotantoon. (UPM liiketoiminnot 2017.)

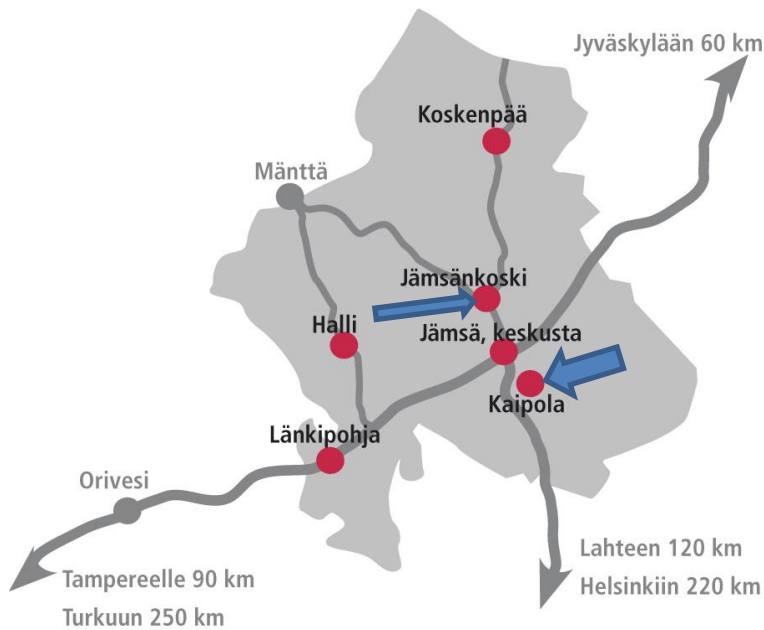
UPM Raflatac valmistaa tarralaminaatteja sekä tuote- ja informaatioetikettejä. UPM Raflatacin liiketoiminta-alueeseen kuuluu tuotantolaitoksia Euroopassa, Amerikassa ja Aasiassa. UPM Raflatacin asiakasyrityksiin kuuluu esimerkiksi lääkevalmistajia ja elintarviketeollisuuden yrityksiä. (UPM liiketoiminnot 2017.)

UPM Speciality Papers ja Paper ENA ovat UPM:n liiketoiminta-alueita, jotka valmistavat paperia. Molemmat ovat omia yhtiöitä, joista Paper ENA valmistaa aikakausi- ja sanomalehtipapereita. Speciality Papers taas valmistaa erikoispapereita kuten tarran pinta- ja pohjapapereita. (UPM liiketoiminnot 2017.)

UPM Plywood valmistaa puutavaratuotteita kuten vaneria ja viilua. Plywoodin tuotteita käytetään esimerkiksi rakentamiseen. UPM Plywoodilla on tuotantolaitoksia Suomessa, Venäjällä ja Virossa. Tärkeimpiä asiakkaita ovat suuret rakennusalan yritykset. (UPM liiketoiminnot 2017.)

2.2 UPM Jokilaakso

UPM Jokilaaksoon kuuluu kaksi tehdasyksikköä, jotka sijaitsevat Jämsänkoskella ja Kaipolassa (kuva 2). UPM työllistää Jokilaaksossa noin 850 työntekijää. Jokilaaksossa on kuusi paperikonetta, joista kolme Kaipolassa ja kolme Jämsänkoskella. Jokilaakson tehtaat on jaettu kahden eri liiketoiminta-alueen alaisuuteen. Jämsänkoskella erikoispaperiosasto kuuluu Speciality Papers liiketoiminta-alueeseen ja Paper ENA:an kuulu Kaipolan tehdas sekä yksi paperikone Jämsänkoskelta. (UPM liiketoiminnot 2017.)



KUVA 2. Jokilaakson tehtaat merkitty nuolilla (Jämsän kaupunki 2017)

Paperin valmistuksen lisäksi Jokilaakson tehtailta myydään sähköä valtakunnan verkkoon. Kaipolassa on myös sanomalehtipaperia siivoustusmassasta valmistava paperikone. Suurin osa Suomen kierrätyspaperista kerätään ja kuljetetaan Kaipolaan siivoustusta varten. (UPM liiketoiminnot 2017.) Siivoustusprosessia kutsutaan keräyspaperin kierrätysprosessiksi. Prosessissa keräyspaperi puhdistetaan ja painomuste poistetaan. Tavoitteena on saada kierrätyskuidusta mahdollisimman vaaleaa ja puhdasta. Puhdistuksessa hyödynnetään mekaanisia ja kemiallisia menetelmiä. (KnowPap 2017.)

2.3 Erikoispaperiosasto

Jämsänkösken erikoispaperiosasto kuuluu Speciality Papers liiketoiminta-alueeseen. Osastoon kuuluu kaksi hienopaperikonetta, jotka valmistavat tarran pinta- ja pohjapapereita. Osastolla työskentelee noin 150 työntekijää. Erikoispaperiosastoon kuuluu kaksi paperikonelinjaa: paperikone neljä, joka valmistaa paksumpia hienopapereita ja paperikone kolme, joka valmistaa ohuita korkeakiiltoisia hienopapereita. Molempia paperikoneita on uusittu 2000-luvun alussa, jotta tuotantokapasiteettia saataisiin kasvatettua ja paperin laatua kehitettyä. Osastoon kuuluu tuotannon lisäksi automaatio- ja mekaaninen kunnossapito. (UPM liiketoiminnot 2017.)

3 PROSESSIN KUVAUS

Rullain ja soft-kalanteri ovat paperikoneen kaksi viimeistä osakokonaisuutta. Molemmilla osakokonaisuuksilla on tärkeä merkitys tuotannon laadun ja sujuvuuden kannalta. Soft-kalanterin tarkoituksena on säädellä paperin kiiltoa ja karheutta. Rullaimen tarkoitus on rullata valmis paperi tampo-uritelalle.

3.1 Soft-kalanteri

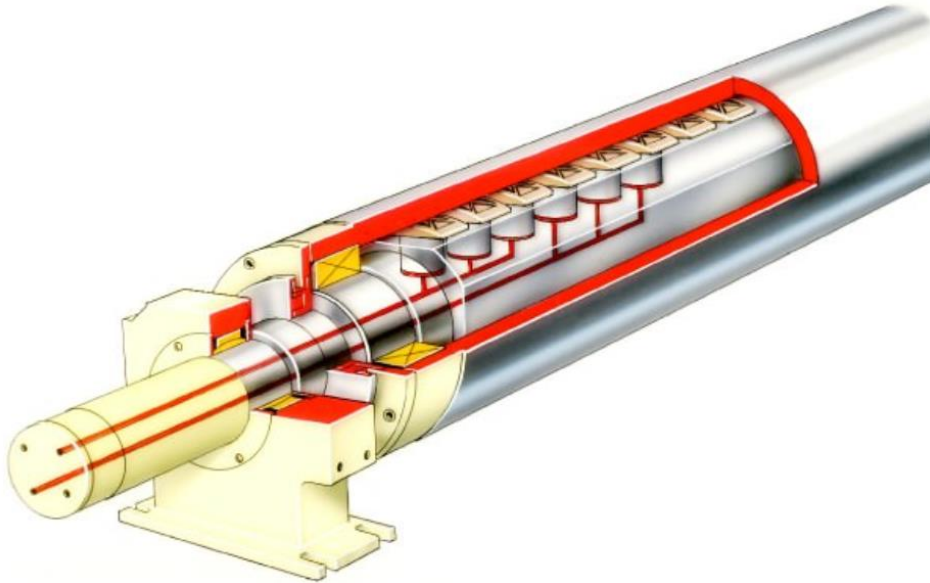
Soft-kalanteri (kuva 3) koostuu kahdesta pehmeästä polymeeritelasta sekä kovasta termotelasta eli kokillitelasta. Lisäksi rakenteeseen kuuluu paperin johto- ja levitysteloja. Soft-kalanteri voi koostua yhdestä tai kahdesta nipistä polymeeritelan ja termotelan välillä. Nipillä tarkoitetaan kahden telan väliin syntyvää puristusta. Jämsänkosken paperikone neljän OptiSoft kaksinippisen glosskalanterin nipit muodostuvat polymeeriteloista ja termotelasta. (Matilainen ym. 2007.)



KUVA 3. Soft-kalanteri

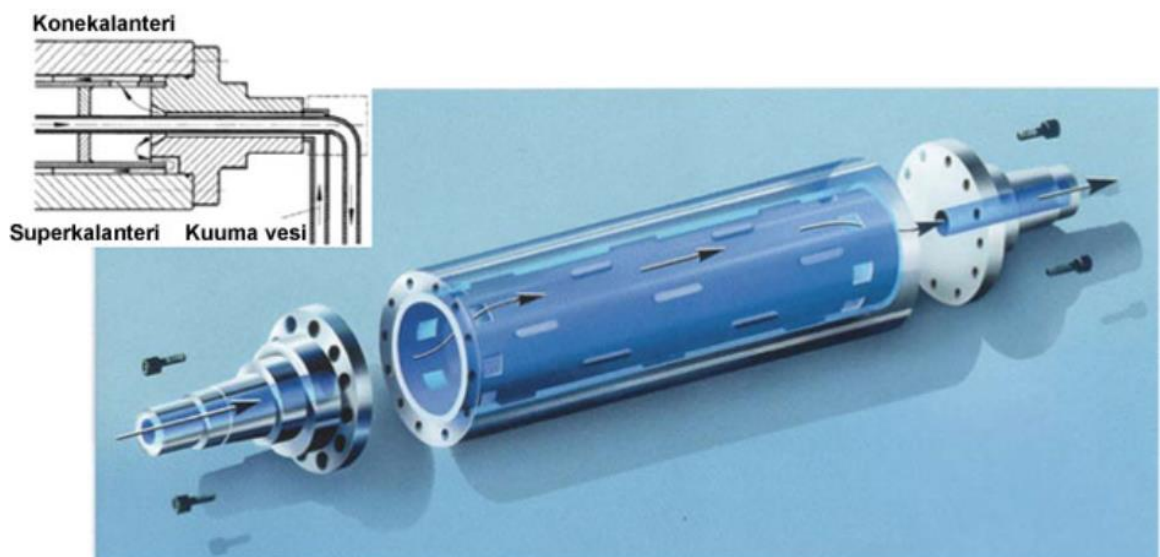
Paperikone neljän soft-kalanterissa käytettävät polymeeritelat ovat taipumakompensoituja sym-z teloja (kuva 4). Vyöhykesäädettävässä telassa on teräsvaippa, joka on pinnoitettu polymeeripinnoitteella. Telan sisällä vaiipan alla on staattinen paikallaan oleva telakseli, jossa on kuormitusvyöhykkeitä. Jokaista kuormitusvyöhykettä säätävät hydraulikkasyylinterit, joita ohjataan säätöventtiileillä. Kuormituskengät kuormittavat telan

vaippaa, joka aikaan saa radan poikkisuuntaisen profiloitumisen. Vyöhykesäädettävän telan etuna on se, että sillä voidaan profiloida paperiradan poikkisuuntainen paksuus- ja kiilto profiili tasaiseksi. (Matilainen ym. 2007.)



KUVA 4. Vyöhykesäädettävän telan rakenne (KnowPap 2017)

Termotelaa käytetään soft-kalanterissa lämmön tuottamiseen, jolla saavutetaan hyvä kalanterointi tulos. Termotelaa lämmitetään kuumalla öljyllä, joka kuumennetaan nestekaasupolttimen avulla. Termotelassa kuuma öljy kiertää telan vaippaan poratuissa pituussuuntaisissa rei'issä, jolloin tela lämpenee tasaisesti koko vaipan leveydeltä. Termotelan pinnoite on kokillivalurautaa, minkä vuoksi telaa kutsutaan kokillitelaksi (kuva 5). (Matilainen ym. 2007.)

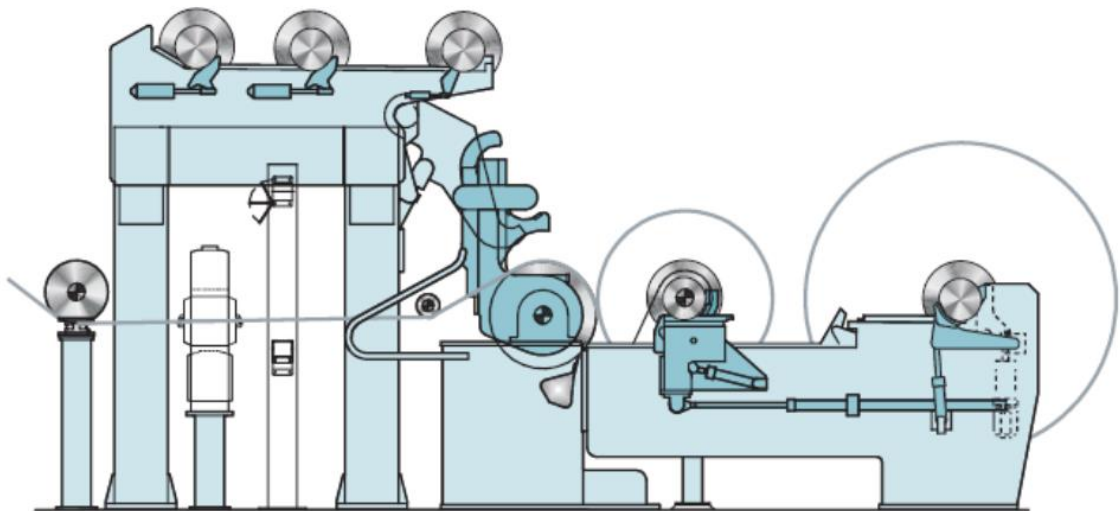


KUVA 5. Kokillitelan rakenne (KnowPap 2017)

Soft-kalanterilla on suuri vaikutus lopputuotteen tasaisen laadun varmistamiseksi. Kiillon ja sileyden saaminen tavoitearvoihin jokaisella paperilajilla on tärkeää tuotteen loppukäytön kannalta. Sileys ja kiilto vaikuttavat erityisesti paperin painettavuuteen ja silikonointiin. Soft-kalanterilla saavutettavan sileyden ja kiillon tulee olla poikkirata profiililtaan tasaista. Epätasaiset profiilit vaikuttavat lopputuotteen laatuun huomattavasti ja aiheuttavat taloudellisia tappioita. (KnowPap 2017.)

3.2 Rullain

Jämsänkosken paperikone neljän rullain on Opti-Reel rullain (kuva 6). Rullaimen on tarkoitus rullata valmis tuote eli paperi tampuuritelalle. Rullain on prosessin viimeinen vaihe, jossa muodostuu konerullia jatkokäsittelyä varten. Rullaimen rakenteeseen kuuluu johtoteloja, levitysteloja, rullainsylinteri, tampuuriteloa, ensiö- ja toisiokäytöt sekä erilaisia paineilma- ja hydraulikka toimilaitteita. Rullaimella ei ole varsinaista vaikutusta paperin laatuun. (KnowPap 2017.)



KUVA 6. Opti-Reel rullaimen rakenne (KnowPap 2017)

Rullaimen toimintaperiaate on varsin yksinkertainen. Paperi tulee rullaimella soft-kalanterilta johto- ja levitystelojen kautta. Paperi rullataan tampuuritelalle rullainsylinteriä vasten. Toisiokäyttö pyörittää tampuuritelaa ja saa aikaan paperiradan kireyden. Opti-Reel rullaimella voidaan säätää kolmea eri parametria, jotka vaikuttavat konerullan kireyteen ja tiukkuuteen. Säädettäviä parametreja ovat paperiradan kireys (rullainsylinterin nopeutta muuttamalla), toisiovaunujen kuormitus ja kehävoiman säätö. Näitä parametreja

säätämällä konerullasta saadaan riittävän laadukas jatkokäsittelyä varten. Lisäksi kyseisillä säädöillä varmistetaan koneen hyvä ajettavuus ja samalla minimoidaan mahdolliset taloudelliset menetykset. (KnowPap 2017.)

Rullaimen tärkein tehtävä on suorittaa konerullan vaihdot sujuvasti tuotantoa katkaistamatta. Ensiökäytön tarkoituksena on kiihdyttää tyhjä tampuuritela koneen nopeuteen, jonka jälkeen se laskee tampuuritelan rullainsylinteriä vasten ja hanhenkaulan eli puhallusputken avulla paperi puhalletaan uudelle tampuuritelalle. Ensiökäyttö rullaa paperia tampuuritelalle ja laskee sen samalla alas toisiovaunulle. Toisiovaunulle laskemisen jälkeen tosiökäyttö kiihdyttää koneen vauhtiin ja kiinnittyy tampuuritelaa kytkimen avulla. Tämän jälkeen ensiökäyttö vapauttaa kytkimen ja tosiökäyttö pyörittää tampuuritelaa vasten rullainsylinteriä. Konerullan valmistuessa tapahtuu automaattinen vaihto, jonka jälkeen toisiovaunut työntävät valmiin konerullan jarruasemalle, joka pysäyttää pyörivän tampuuritelan. Valmiin konerullan vaihto ja siihen liittyvien laitteiden toiminta on kriittistä sujuvan tuotannon kannalta. Vaihtolaitteiden vikaantuminen aiheuttaa huomattavia rahallisia tappioita. (KnowPap 2017.)

4 RCM-ANALYYSI

RCM-analyysi on yksi tapa tehostaa ja kehittää kunnossapitoa eri teollisuuden aloilla. RCM-analyysin käyttöä on alettu suosimaan enemmässä määrin vasta viimeisen kymmenen vuoden aikana. Analyysin avulla pyritään edistämään ja kehittämään tuotantolaitoksen ennakkohuoltotoimenpiteitä. Tässä luvussa käsitellään RCM-analyysiä teoriassa, myöhemmissä luvuissa kuvataan opinnäytetyön aikana suoritettua analyysiä.

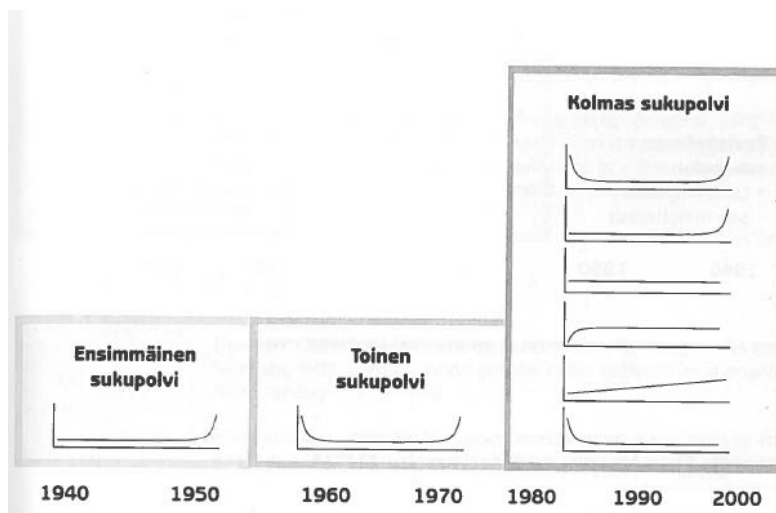
4.1 RCM-analyysin ja kunnossapidon historia

Teollinen kunnossapito on käynyt läpi kolme suurta kehitysaskelta 1930-luvulta alkaen. Kehitysaskeleet on jaettu ensimmäiseen-, toiseen- ja kolmanteen sukupolveen. Kunnossapidolle on asetettu erilaisia tavoitteita ja vaatimuksia jokaisen kolmen sukupolven aikana. Laitteiden kehittyessä ja tuotantomäärien kasvaessa kunnossapidolle asetetut vaatimukset ovat kasvaneet huimasti. (Järviö 2000, 17–20.)

Ensimmäisen sukupolven kunnossapito perustui laitteen korjaamiseen sen vikaantuessa. Laitteet olivat huomattavan yksinkertaisia ja niiden suunnittelussa oli käytetty suuria varmuuskertoimia, jolloin niitä oli helppo huoltaa ja ne eivät vikaantuneet kovin usein. Lisäksi tuotantomäärät olivat pienempiä, joten pysähdyksissä olon aikana tappiot eivät kasvaneet järin suuriksi. Laitteiden yksinkertaisuuden ja vähyyden vuoksi ei ollut tarvetta järjestelmälliselle kunnossapidolle. (Järviö 2000, 17–20.)

Toisen sukupolven kunnossapidossa 1950-luvun puolivälissä alettiin jo kiinnittää huomiota tuotantoon ja siihen, että laitteiden käyttöaste olisi mahdollisimman korkea. Lisäksi laitteiden käyttöikään alettiin kiinnittää huomiota. Tuotantomäärien ja tuloksen kasvaessa alettiin kiinnittää huomiota myös tuotannon katkosaikoihin ja niiden minimoimiseen. Ennakoivalla kunnossapidolla pyrittiin minimoimaan katkokset tuotannossa, mutta myös jatkamaan laitteiden käyttöikä. Tosin ennakoiva kunnossapito rajoittui usein määrääjain tapahtuvaan osien vaihtoon. Lisäksi kunnossapidon tarpeen kasvaessa kustannuksetkin kasvoivat, jonka vuoksi toiminnanohjausjärjestelmien kehittäminen aloitettiin tehokkuuden saavuttamiseksi. (Järviö 2000, 17–20.)

Kolmannen sukupolven kunnossapidossa, 1980-luvulta alkaen, laitteen korjaaminen sen vikaantuessa ei enää riittänyt. Laitteen korjaamisen lisäksi sitä on pystyttävä huoltamaan kustannustehokkaasti. Laitteilta vaaditaan pitkää käyttöikää, turvallista toimimista ja toimintaa ympäristöä kuormittamatta. Tutkimuksissa on havaittu, että laitteen käyttöiän ja vikaantumisen välinen yhteys on hyvin pieni. Ensimmäisen sukupolven aikana laitteen uskottiin vikaantuvan vasta käyttöiän loppuvaiheessa. Toisen sukupolven aikana ajateltiin, että laite vikaantuu sekä käyttöiän alku- että loppuvaiheessa. Kolmannen sukupolven aikana huomattiin, että laitteen vikaantumiseen on useita vaihtoehtoja. Amme-käyrän eli laitteen käyttöikäen liitetyn vikaantumisen lisäksi on mahdollista, että laite vikaantuu taasisesti koko käyttöikänsä ajan tai vikaantuminen loppuu alun korkean vikaantumisen jälkeen (kuva 7). (Järviö 2000, 17–20.)



KUVA 7. Käyttöiän ja vikaantumisen yhteys (Järviö 2000, 19)

RCM-analyysi kehitettiin 1960-luvun lopulla kunnossapidon vaatimusten noustessa. Ensimmäisiä RCM-menetelmän käyttäjiä olivat suuret siviili-ilmailualan yritykset. Nykyisin RCM-menetelmä on käytössä monissa teollisuuden alan yrityksissä kuten paperiteollisuudessa ja ydinvoimaloissa. RCM-analyysiä alettiin käyttää laajalti eri teollisuuden aloilla kaksikymmentä vuotta sitten. Syy sen suosioon on laajalti kasvanut kunnossapidon tarve. Lisäksi tuotannon-, turvallisuuden- ja laitteiden kehitys tarvitsee tehokkaan ja järjestelmällisen tavan tehdä vaadittavat kunnossapitotyöt. (Järviö 2000, 16.)

Tuotantomäärien kasvun ja laitteiden monimutkaistumisen myötä yritykset ovat ymmärtäneet kunnossapidon tärkeyden. Etenkin ennakoivan kunnossapidon merkitys on kasva-

nut huomattavasti kahdessakymmenessä vuodessa. RCM-analyysi on juuri sopiva menetelmä suorittaa systemaattista kunnossapitoa prosessin kriittisimmille laitteille. (Järviö 2000, 16.)

4.2 RCM-analyysin tavoitteet

RCM-analyysin toiminta perustuu siihen, että ylläpidetään prosessille kaikkein kriittisimpien laitteiden toimintavarmuus käyttäjän määrittämällä tasolla. Käyttäjän määrittämällä tasolla tarkoitetaan suorituskykyä, jolla laite kykenee suorittamaan sille määritellyn tehtävän. Esimerkiksi sähkömoottorille määritelty toimintavarmuuden taso täyttyy silloin, kun moottori pystyy tuottamaan vaaditun momentin ja pyörimään vaadittua nopeutta. RCM-analyysin toiminta ja sen tavoitteet perustuvat seitsemään kunnossapidon peruskysymykseen:

1. Mitkä ovat laitteen toiminnot ja millaista suorituskykyä käyttäjä edellyttää nykyisessä toimintaympäristössä?
2. Miten laite vikaantuu, ettei se pysty suorittamaan toimintojaan?
3. Mitkä syyt johtavat toiminnalliseen vikaan?
4. Mitä tapahtuu vikaantumisen ilmaannuttua?
5. Miten ja mihin vikaantuminen vaikuttaa?
6. Miten voidaan ehkäistä tai ennustaa vikaantumista?
7. Mitä voidaan tehdä, jos ei ole mahdollista löytää ennakoivia toimenpiteitä?

(Järviö ym. 2007, 127; Kanninen 2013.)

RCM-analyysin aikana esitetyillä seitsemällä kysymyksellä pyritään selvittämään, mihin kunnossapitotoimet keskitetään, priorisoidaan kohteet ja luodaan tehokkaat toimintamallit. Kunnossapitoprosessia viedään eteenpäin edellä mainituilla kysymyksillä. Tietoa kerätään, kunnes sitä on riittävästi, jotta voidaan tehdä lopulliset päätökset siitä, kuinka laitteita tulisi jatkossa huoltaa. Saatujen tulosten pohjalta laitteille tehdään huolto-ohjeet, jotka pitävät sisällään huolto- ja tarkastussyklit. (Järviö ym. 2007, 127.) Opinnäytetyössä jokaiseen kunnossapidon peruskysymykseen vastataan käytettävien työkalujen eli kriittisyyslukittelun, vikavaikutusanalyysin ja ennakkohuolto-ohjeiden avulla.

4.3 RCM-analyysin toteutus

Kunnossapidon peruskysymyksiin vastaamalla päästään johdonmukaiseen lopputulokseen. Peruskysymysten lisäksi prosessiin liittyy paljon muitakin selvitettäviä asioita. Näiden avulla prosessi saadaan etenemään sujuvasti alusta loppuun. RCM-prosessin päävaiheet:

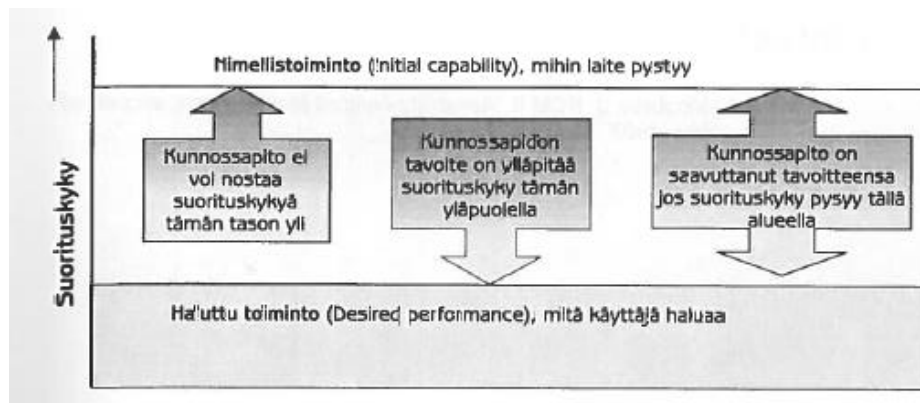
1. Rajataan järjestelmän osa.
2. Määritetään järjestelmän toiminnot.
3. Määritellään toiminnallisesti merkittävät kohteet.
4. Selvitetään jokaisen toiminnallisen kohteen vikaantuminen ja sen syyt.
5. Määritetään vikaantumisen vaikutukset ja todennäköisyys.
6. Määritellään kriittisten laitteiden vikaantumisen vaikutukset ja tehdään vikavai-
kutusanalyysi.
7. Määritetään alkuperäisen kunnossapito-ohjelman soveltuvat tehtävät.
8. Laitteet, joille ei ole mahdollista luoda toimivaa ennakkohuolto-ohjelmaa, suunnitellaan uudelleen.
9. Luodaan dynaaminen kunnossapito-ohjelma.
(Järviö 2000, 20–21; Kanninen 2013.)

4.3.1 Osaproessin rajaus

Ensimmäisessä vaiheessa rajataan prosessi tai sen osa, johon RCM-analyysi halutaan suorittaa. Lisäksi valitaan projektiryhmä, joka koostuu käyttö- ja kunnossapitohenkilöistä. Valittavan alueen tulee olla prosessin kannalta kriittinen ja vikaantumisherkkä. Tällöin RCM-analyysistä saavutetaan suurin hyöty. Projektiryhmään on löydettävä henkilöitä jokaiselta osa-alueelta. Ryhmään on valittava työntekijöitä jokaiselta tasolta, kuten ennakkohuoltomies, prosessimies, kunnossapitoinsinööri ja käyttöinsinööri. Projektiryhmän tarkka valinta on tärkeää, jotta saadaan riittävästi tietoa laitteiden huollosta ja käytöstä. (Järviö 2000, 20–21.)

4.3.2 Järjestelmän toiminnot

Prosessin ja projektiryhmän määrittämisen jälkeen määritellään järjestelmän toiminnot. Valitussa osaprosessissa oleville laitteille määritellään haluttu toimintataso, jolla laitteen tulee toimia tuotannon määrän ja turvallisuuden takaamiseksi. On myös muistettava, että laitteelle on määritetty nimellistoimintakyky, jonka laitteen valmistaja on sille antanut. RCM-analyysin avulla pyritään selvittämään ja luomaan huolto-ohjelma, joka takaa laitteen halutun käytettävyyden. Laitteen toimintavarmuuden takaamiseksi ja ylläpitämiseksi kunnossapidon tulee pysyä nimellistoimintakyvyn ja halutun toimintakyvyn välissä (kuva 8). (Järviö 2000, 25.)



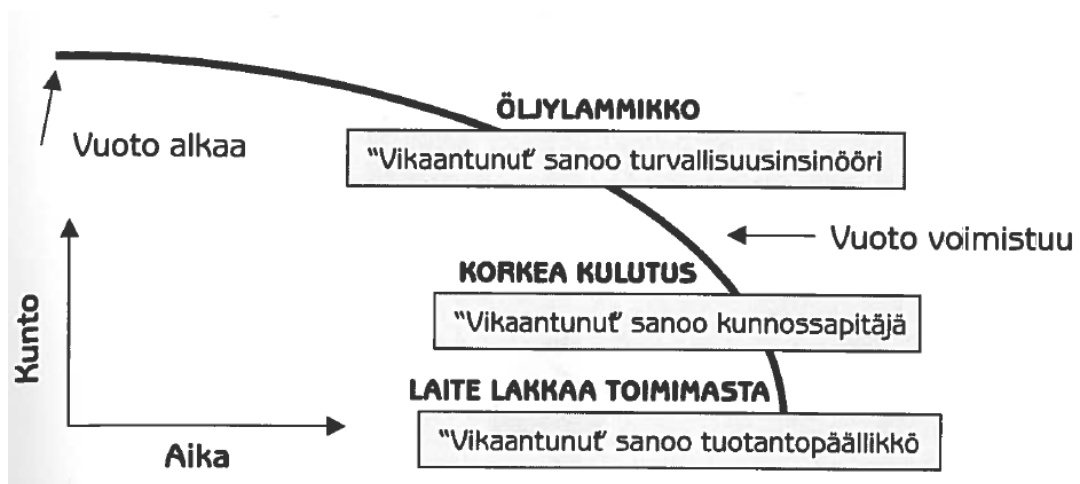
KUVA 8. Kunnossapidon tavoitteet (Järviö 2000, 25)

Laitteiden toimintaa määriteltäessä on huomioitava se, että niillä on primääritoiminnan lisäksi usein myös sekundääritoiminto. Primääritoiminnolla tarkoitetaan laitteen päätoimintoa. Sekundääritoiminnolla tarkoitetaan päätoiminnon ohella suoritettavia sivutoimintoja. Laitteen toimintakyvyn määrittämisessä tulee ottaa huomioon niin primääri- kuin sekundääritoimintojenkin vaikutus prosessiin. RCM-analyysiä tehtäessä on tärkeää listata laitteen kriittisimmät primääri- ja sekundääritoiminnot. Laitteen toimintakykyä määritettäessä on myös huomioitava käyttöympäristö. Käyttöympäristönä voi olla esimerkiksi kuuma tai kostea tila. Lisäksi huomioidaan laitteen käyttötaajuus eli onko laite jatkuvassa vai satunnaisessa käytössä. (Järviö 2000, 24–25.) Opinnäytetyön suoritukseen valittujen laitteistojen yksittäisillä laitteilla on vain primääritoimintoja. Lisäksi valittujen laitekokoaisuuksien käyttöympäristö on ympäristöolosuhteilta stabiili teollisuusrakennus, jolloin sillä ei katsota olevan suurta merkitystä laitteiden vikaantumiseen. Soft-kalanterin ja rullalaimen laitteiden suuri käyttötaajuus vaikuttaa merkittävästi laitteiden vikaantumiseen. Käyttötaajuus on siis otettu huomioon vikavaikutusanalyysissä.

4.3.3 Toiminnallisten kohteiden määrittäminen ja vikaantumistavat

Kaikille prosessin laitteille tehdään kriittisyysluokittelu. Kriittisyysluokittelun avulla saadaan määritettyä toiminnallisesti kriittiset laitteet. Toiminnallisesti kriittisen laitteen vikaantuessa prosessi pysähtyy. Toiminnallisesti kriittisten laitteiden vikaantuminen aiheuttaa tuotannollisia tappioita, sekä turvallisuus- ja ympäristöriskejä. Toiminnallisesti kriittisten laitteiden kriittisyysluokittelua tehtäessä projektiryhmän sopivuus on tärkeää, jotta saadaan riittävästi perustietoa laitteen vikaantumishistoriasta ja sen vaikutuksesta prosessiin. Laitteen vikaantumishistoria perustuu usein käyttäjien omakohtaiseen kokemukseen. Joissain tapauksissa historia tietoa löytyy myös yrityksen käyttämästä toiminnanohjausjärjestelmästä. RCM-analyysi tehdään prosessin kannalta vain merkittävimmille laitteille. (Järviö 2000, 28–29.)

Laitteen rikkoutuminen ymmärretään usein kykenemättömyytenä suorittaa sille määritetty tehtävä. RCM-analyysin tarkoituksena on huomioida toiminnallinen vikaantuminen. Toiminnalliseksi viaksi kutsutaan vikaa, joka aiheuttaa käyttäjän laitteelle asettaman toimintakyvyn menettämisen. Toiminnallisen vian tapauksessa laite kuitenkin toimii jossain määrin halutulla tavalla. Toiminnallisille vioille ominaista on myös osittais- ja kokonaisviat, ylä- ja alarajaviat sekä käyttöympäristön aiheuttamat viat. Osittais- ja kokonaisvi-oissa laite voi toimia, mutta ei vaaditulla tasolla tai laite ei toimi ollenkaan. Laitteen kaikkia toiminnallisia vikoja määritettäessä on huomioitava erilaisia näkökantoja vikaantumiseen. Tämän vuoksi projektiryhmän rooli kasvaa suureen merkitykseen, sillä käyttäjät ja kunnossapitohenkilöt käsittelevät vikaantumista eri tavoin (kuva 9). (Järviö 2000, 28–29.)



KUVA 9. Toiminnallisen vian havaitseminen (Järviö 2000, 29)

Prosessin toiminnallisesti merkittävien laitteiden määrittämisen jälkeen tutkitaan laitteiden vikaantumistapoja. Vikaantumistavalla tarkoitetaan syitä, jotka jollakin todennäköisyydellä aiheuttavat toiminnallisen vikaantumisen. Kyseessä voi olla sellainen vikaantuminen, joka on jo havaittu samankaltaisessa toimintaympäristössä, ennakkohuollolla estettävä vikaantuminen ja yllättävät vikaantumiset. Usein vikaantuminen määritellään laitteiden kulumisena. RCM-analyysissä pyritään huomioimaan myös muista syistä tapahtuva vikaantuminen. Muita syitä voivat olla laitteiden väärinkäyttö ja väärät huoltotavat sekä suunnittelussa tapahtuneet virheet. Vikaantumisen todellinen syy on pystyttävä tunnistamaan tarkoin, jotta ne voidaan poistaa järjestelmällisillä toimenpiteillä. (Järviö ym. 2007, 128–129.)

4.3.4 Vikavaikutusanalyysi

Seuraava vaihe RCM-analyysissä on vikavaikutusanalyysi, jonka avulla analysoidaan laitteiden toimintavarmuutta. Analysoinnilla pyritään selvittämään vikoja, joilla on suuri merkitys järjestelmän toimintakyvyn kannalta. Lisäksi vikavaikutusanalyysin avulla selvitetään yksittäisten vikojen syitä ja seurauksia. Vikavaikutusanalyysillä on merkittävä rooli RCM-menetelmässä, sillä sen avulla pystytään ennakoimaan ja siten ehkäisemään laitteen toimintakyvyn menetys. Vioittumistapojen määrittämisen jälkeen voidaan päättää toimenpiteistä, joiden avulla vioittuminen pystytään ehkäisemään. Vioittumistapojen tunnistaminen ja määrittäminen on erittäin tärkeää laitteen halutun toimintakyvyn varmistamiseksi. (Järviö 2000, 32–41.)

Vikavaikutusanalyysiä tehdessä on huomioitava, että vioittumistavasta ja siihen johtavista syistä täytyy löytää riittävästi tietoa. Liian vähäinen tieto vioittumisesta saattaa johtaa väärin päätelmiin ja näin ollen aiheuttaa vakavia taloudellisia menetyksiä tai turvallisuusriskejä. Toisaalta taas tiedon määrä ei saa olla liian suuri, sillä silloin analysointiprosessi kestää liian kauan. Analyysin luotettavuus perustuu juuri riittävään tiedon määrään, mutta sopivaa määrä on vaikeaa määrittellä. Sopivan tietomäärän avulla pystytään syventymään laitteen vikaantumiseen komponenttitasolla. (Järviö 2000, 32–41.)

Riittävän tietomäärän ansiosta pystytään luomaan täsmällinen ja luotettava huolto-ohjelma. Tosin vikaantumisen analysointia ei kannata tehdä liian syvästi, sillä silloin vikaantumiseen ei pystytä aina vaikuttamaan. Lisäksi liian syvä analysointi hukkaa

resursseja todellisten vikojen osalta. Oikean tasoinen analyysi takaa mahdollisuuden määrittellä oikeanlaiset toimenpiteet ja komponentit kunnonvalvonnalle. Vikavaikutusanalyysiä tehdessä tulee karsia kaikista epätodennäköisimmät viat pois, jotta todennäköiset viat tunnistetaan. Vikaantumistapojen tunnistaminen on haasteellista, sillä usein tunnistetaan vain vian aiheuttama seuraus. Tällöin todellinen vika jää tunnistamatta. Lisäksi vikaantumiseen vaikuttaa oleellisesti laitteen käyttöympäristö ja olosuhteet. (Järviö 2000, 32–41.)

Vikavaikutusanalyysissä arvioidaan vikaantumisen seurauksia ja sen perusteella päätetään, tarvitseeko laite ennakoivaa huoltoa ja kunnonvalvontaa. Erilaisten vioittumistapojen määrittämisessä tulee huomioida, että seuraukset ja vaikutukset eivät ole sama asia. Vaikutus tarkoittaa, mitä laitteen vikaantuessa tapahtuu. Seurauksesta taas selviää, millaisia seurauksia laitteen vikaantumisella on tuotannolle. Analyysiä tehdessä tulee huomioida tiedossa olevien vikaantumistapojen lisäksi mahdolliset uudet vioittumistavat. Laitteen valmistajalta on hyvä kerätä perustietoa laitteessa olevista ongelmista ja kuinka niitä tulisi ratkaista. Vaikka valmistajalta saadaan paljon hyödyllistä tietoa niin silti omat käyttökokemukset ovat yhtä tärkeä tiedon lähde. Käyttökokemukset voivat paljastaa vikoja, joista valmistaja ei ole tietoinen. (Järviö 2000, 32–41.)

Laitteiden kriittisyyden taso vaikuttaa analysoinnin syvällisyyteen. Toiminnallisesti merkittävillä laitteilla tehdään yksityiskohtainen analyysi. Yksityiskohtainen analyysi suoritetaan laitteille, jotka vaativat ennakko- ja huoltoa. Toiminnallisesti vähemmän kriittisille laitteille tehdään pintapuolinen analyysi, jossa mainitaan, että laite korjataan sen vikaantuessa. Informaatiotaulukko (kuva 10) on hyvä työkalu analyysin tekoon. Informaatiotaulukon avulla jokaisen laitteen vikaantumisesta ja siihen johtaneista syistä saadaan suoritettua tarkka analyysi. Tämän analyysin pohjalta sitten luodaan jokaiselle laitteelle yksityiskohtainen ennakko- ja huolto-ohjelma. (Järviö 2000, 32–41.)

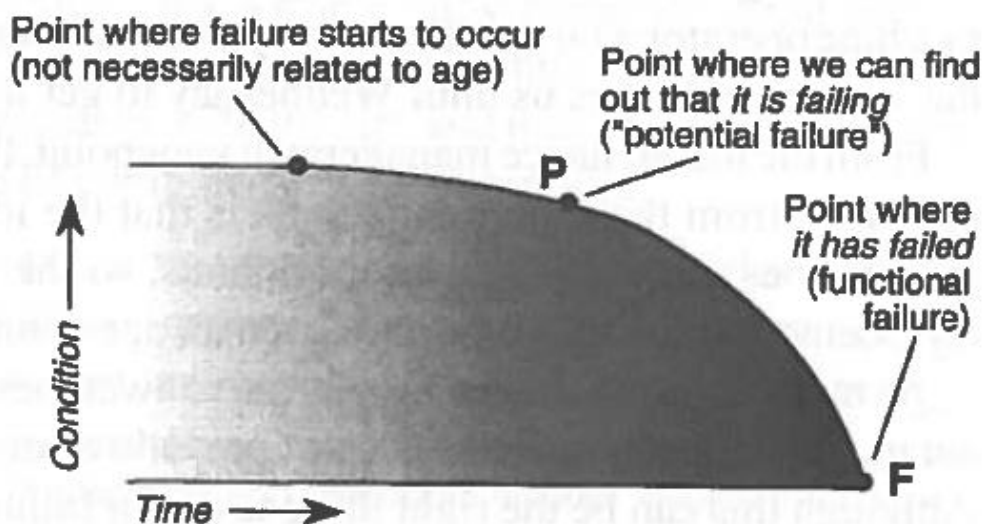
Toiminto	Vika	Voihtumistapa	Valkutukset
1 Johtaa pakokaasu turbiiniin haluttuun kohtaan häiriötä	a	Ei johda kaasua ollenkaan	1 Äänenvaimentimen kiinnityspultit ruostuneet poikki Äänenvaimentimen kiinnitys pettäjä ja se putoaa pakokaasukanavaan. Kohonnut vastapaine pysäyttää turbiinin. Toimintakyvyttömyysaika 4 viikkoa.
	b	Kaasun kulku häiriintyy	1 Osa äänenvaimentimesta irtoaa väsymisen johdosta Tukoksen laadusta riippuen pakokaasun lämpötila nousee ja turbiini pysähtyy. Osat saattavat vaurioittaa turbiinia. Toimintakyvyttömyysaika 4 viikkoa.
	c	Kaasu karkaa kanavasta	1 Liikkumasauma ruostunut Sauma on turbiinin vaipan sisällä, joten vaippa kerää karanteen kaasun. Suuri vuoto nostaa lämpötilaa ja voi sulattaa sähköjohtoja, vaikutuksia vaikea arvioida. Toimintakyvyttömyysaika 3 vuorokautta.
			2 Pakokaasukanavan tiiviste huonosti asennettu Pakokaasua pääsee turbiinihalliin ja lämpötila nousee. Ilmastointijärjestelmä poistaa kaasua tehokkaasti, joten myrkyllisiä pitoisuuksia tuskin ilmenee. Pieni vuoto voidaan sallia. Toimintakyvyttömyysaika 4 vuorokautta.
	d	Pakokaasu ei mene haluttuun kohteeseen	1 Savupiipun kiinnityspultit ruostuneet poikki Savupiippu jää todennäköisesti roikkumaan tukirakenteiden varaan joksikin aikaa. Jos piippu kaatuu, se vaurioittaa tiloja, joissa työskentelee ihmisiä. Toimintakyvyttömyysaika muutamasta päivästä viikkoihin.
			2 Myrsky kaataa savupiipun Piippu on suunniteltu kestämään kovaa myrskyä, joten se tuskin kaatuu, mikäli tukivajjerit ovat kunnossa. Jos se kuitenkin kaatuu, alle jää tiloja, joissa työskentelee ihmisiä. Toimintakyvyttömyysaika muutamasta päivästä viikkoihin.
2 Vähentää melua ISO 30 tasolle 50 metrin päässä	a	Melu ylittää annetun arvon	1 Vaimentavaa materiaalia kannatteleva verkko korrodoitunut Äänenvaimenninmateriaali tulee pakokaasun mukana ulos piipusta. Osa voi pudota savupiipun pohjalle ja aiheuttaa häiriötä pakokaasun virtauksessa ja mahdollisesti turbiinin alasajon. Melutaso nousee asteittain. Toimintakyvyttömyysaika 2 viikkoa.

KUVA 10. Esimerkki informaatiolomakkeesta. (Järviö 2000, 41)

4.3.5 Kunnossapitotehtävien määrittely ja uudelleen suunnittelu

Vaadittavien kunnossapitotehtävien määrittely jaetaan kahteen kategoriaan. Ensimmäinen on ennakoiva kunnossapito, joka sisältää kunnossapitotoimet ennen laitteen vikaantumista. RCM-analyyssissä ennakoivat kunnossapitotoimet jaetaan kolmeen eri kategoriaan; korjaus, säännöllinen uusiminen ja kunnonvalvonta. Kunnonvalvontaan sisältyy myös ne toimenpiteet, jotka suoritetaan saadun informaation perusteella. Määrittelyssä mainittu toinen kategoria sisältää korjaus- ja toimintaohjeet vikaantumisen tapahtuessa. Vikaantumisen tapahtuessa ei ole pystytty määrittelemään riittävän tehokkaita ennakoivan huollon toimenpiteitä. Tästä johtuen tulee laatia tehokas toimintamalli vikaantumisen tapahtuessa. Tehokas toimintamalli sisältää vian etsinnän ja korjaustoimenpiteet. Muita keinoja vikaantumisen hallintaan on esimerkiksi kriittisten laitteiden kahdennus, uudelleensuunnittelu ja käytönvalvonnan laitteet. (Järviö ym. 2007, 129–131.)

Kunnossapitotehtävien määrittelyssä on huomioitava laitteen käyttöikänsä rinnastettu vikaantuminen. Käyttöikänsä liitetyssä vikaantumisessa tulee kuitenkin huomioda, että käyttöikänsä kasvu ei aina tarkoita vikaantumista. Laitteelle asetetuilla suoritusvaatimuksilla sekä käyttöympäristöllä on huomattavasti suurempi merkitys laitteen vikaantumisen kannalta. P-F-kuvaajasta (Point to failure) selviää, kuinka nopeasti laitteen toimintakunto vähenee vikaantumisen ilmetessä (kuva 11). P-F-kuvaajasta nähdään, miten vikaantuminen edistyy. Aluksi laite alkaa vikaantua huomaamattomasti. Pisteeseen P kohdalla alkanut vikaantuminen havaitaan. F:n kohdalla laite on vikaantunut eli on tapahtunut toiminnallinen vikaantuminen. (Moubray 1997, 144–145.)



KUVA 11. Point to failure -kuvaaja (Moubray 1997, 144)

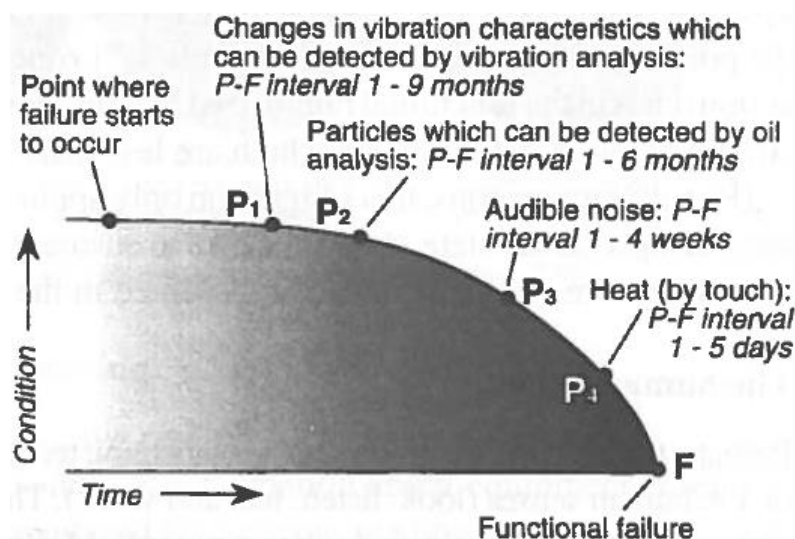
P-F-kuvaajasta huomataan, että vikaantumisen alkamisesta kuluu vielä aikaa ennen kuin vikaantuminen pystytään havaitsemaan. Vikaantumisen havaitsemisen jälkeen lopullinen laitteen rikkoutuminen tapahtuu hyvin nopeasti (kuva 11). Laitteen käyttöiällä ja vikaantumisella ei siis useissa tapauksissa ole yhteyttä. Tapauksissa, joissa voidaan luotettavasti osoittaa käyttöiän vaikutus vikaantumiseen, määritellään ennakoivat huoltotoimenpiteet. (Moubray 1997, 144–145.)

Kunnossapitotehtävät on määritettävä erikseen ennakoitavalle vikaantumiselle ja laitteen toimintahäiriöille. Ennakoivia huoltotoimenpiteitä suoritetaan, kun laitteen käyttöiän kasvu aiheuttaa vikaantumisen. Tosin laitteelle määritetty käyttöikä tulee määrittää tarkasti, jotta varaosien vaihto ei aiheuta taloudellista haittaa. Kyseisissä tapauksissa voidaan suunnitella vaadittavat ennakkohuoltotoimet. Vaadittavia ennakkohuoltotoimia voivat olla laitteen, osan tai osakokonaisuuden vaihto. Toimenpiteet suoritetaan osan kunnosta ja toimivuudesta riippumatta. Näiden toimenpiteiden avulla vältytään tuotannon pysäyttävältä vikaantumiselta. Toinen tapaus on laitteen toimintahäiriö eli rikkoutuminen. Rikkoutumisen jälkeen tehtävät toimet on myös määriteltävä. Aluksi määritetään toimintahäiriön aiheuttama vika. Vian selvityksen jälkeen tehdään kunnossapitosuunnitelma, sillä toimintahäiriötilanteissa sitä ei yleensä ole valmiina. Viimeisessä vaiheessa rikkoutunut laite korjataan. (Järviö 2000, 64–72.)

Kunnonvalvonta on yksi tärkeimmistä työkaluista, kun vaadittavia kunnossapitotoimia määritetään. Toisin kuin häiriötilanteen vian etsinnässä, kunnonvalvonnalla ei pyritä löytämään jo laitteessa olevia vikoja vaan löytämään oireilevat viat. Kunnonvalvonnan

avulla vähennetään odottamattomia seisokkeja, vikatietoisuutta parannetaan, kunnossapitoa tehostetaan ja tarvittavien varaosien varastointi tehostuu.

Kunnonvalvonnan avulla voidaan havaita oireilevia vikoja useita kuukausia ennen laitteen toimintahäiriötä (kuva 12). Kunnonvalvonnan avulla saavutettu informaatio helpottaa kunnossapitotoimien määrittämistä, sillä vikaantuminen havaitaan ajoissa ja siihen pystytään varautumaan. (Moubray 1997, 154.)



KUVA 12. Erilaisia oireilevia vikoja ennen vikaantumista (Moubray 1997, 154)

Laitteiden uudelleen suunnittelu toteutetaan silloin, kun ei ole mahdollista suorittaa sellaisia kunnossapitotoimia, joilla laitteen toimintavarmuus saavuttaa halutun rajan. Uudelleen suunnittelu on usein kallista. Sillä kuitenkin saavutetaan huomattavasti parempi toimintavarmuus. Uudelleen suunnittelussa korvataan herkästi vikaantuvat komponentit uusilla luotettavilla komponenteilla. Vaikka uudelleen suunnittelu on kallista, se on usein suositeltua tai pakollista. Tosin uuden laitteen suunnittelussa on myös huomioitava, että sekin tarvitsee huoltoa. Lisäksi on muistettava, että uudenkin laitteen vikaantumista on analysoitava. (Järviö 2000, 96–98.)

Laitteessa olevia piilovikoja ja niiden aiheuttamia seurauksia pyritään poistamaan erilaisilla toimenpiteillä;

1. Asennetaan laite, joka havaitsee piilevän vian.
2. Korvataan vikaantuva laite näkyvällä laitteella. Usein hankala toteuttaa, mutta sen ansiosta ei tarvitse suorittaa vian etsintää.
3. Vaihdetaan vikaantuva laite vastaavaan, mutta luotettavampaan laitteeseen.
4. Kahdennetaan piilevästi vikaantuva laite.

Järviön (2000) mukaan laitteiden uudelleen suunnittelu on pitkällä aikavälillä kannattavampaa kuin niiden jatkuva huoltaminen. Uudelleen suunnittelun päätös tehdään seisokkiaikojen ja kunnossapitokustannuksien pienentämiseksi. Näin ollen voidaan sanoa, että uudelleen suunnittelua tehdään yleensä taloudellisista syistä. (Järviö 2000, 98.)

4.3.6 Kunnossapito-ohjelman laatiminen

RCM-analyysin viimeisessä vaiheessa laaditaan kunnossapidolle systemaattinen toimintasuunnitelma. Kunnossapito-ohjelma perustuu analyysin aikana kerättyyn informaation toiminnallisesti kriittisten laitteiden vikaantumisesta. Kerätyn informaation avulla luodaan toimenpidelistoja. Toimenpidelistoilla määritetään rutiinitoimenpiteet, joita tehdään määrätyn ajan välein. Rutiinitoimenpiteillä pyritään varmistamaan laitteen haluttu toimintavarmuus. Lisäksi luodaan korjaavia toimenpiteitä laitteille, joilla niitä ei vielä ole. (Järviö ym. 2007, 129–130.)

Toimenpideohjeiden tulee olla selkeät ja yksityiskohtaiset, jotta tehtävän suorittaja kykenee toteuttamaan sen halutulla tavalla (taulukko 1). Virheiden määrä toimenpiteessä kasvaa, jos suorituksen vaiheita ei kuvata yksityiskohtaisesti. Yksityiskohtaisella kuvauksella siis varmistetaan koko kunnossapito-ohjelman onnistuminen. Vikaantumistavat tulee listata yksityiskohtaisesti, jotta vian ilmetessä se pystytään tunnistamaan toimenpideohjeiden avulla. Selkeiden ja yksityiskohtaisten ohjeiden ansiosta tuotannon menetykset minimoidaan, sillä huollon suorittajan on helppo tarkastaa kaikki vaaditut tehtävät huollon suorituksen kannalta. (Järviö 2000, 116.)

TAULUKKO 1. Toimenpiteiden valinta (Järviö 2000, 116)

	Väärin	Oikein
Toimenpide	Ketjun kunnan tarkastus	Ketjun kunnan tarkastus
Lisätiedot	Tarkasta ketjun kuluneisuus ja säädä kireys	Säädä ketjun kireys tai tarkista ketjun kuluneisuus

Kun kaikille laitteille on tehty yksityiskohtainen toimenpidekuvaus, kuvaukset yhdistetään siten, että niissä esitetyt toimenpiteet on helppo toteuttaa ja organisoida. Ohjeiden

ulkomuodon tulee olla yksinkertainen ja siisti, jotta niitä voivat käyttää ulkopuolisetkin henkilöt. Ohjeissa olevat toimenpiteet luokitellaan usein kahteen eri kategoriaan:

1. Käyttäjien suorittamat usein toistuvat kunnossapidon työt yhdistetään käyttötoimintoihin.
2. Jäljelle jäävät tehtävät liitetään erillisiin tarkastuslistoihin ja järjestelmiin. (Järviö 2000, 116–122.)

Viimeinen vaihe on järjestää kaikki suunnitellut huoltotoimenpiteet työjärjestykseen. Työjärjestyksen luominen on tärkeää, jotta suunnitellut toiminnot tehdään oikeaan aikaan ja oikeiden henkilöiden toimesta. Työjärjestykset kannattaa erotella kahteen luokkaan, jotka ovat korkean- ja matalan suoritustaajuuden työjärjestykset. Korkean suoritustaajuuden työjärjestykseen tulee kaikki toimenpiteet, jotka suoritetaan kerran viikossa tai useammin. Matalan suoritustaajuuden työjärjestyksiin kuten seisokkilistoihin lisätään työt, jotka tehdään kerran kuukaudessa tai harvemmin. Matalan suoritustaajuuden työt ovat yleensä vaativia ja niiden suunnittelu ja organisointi vievät huomattavasti enemmän aikaa kuin korkean suoritustaajuuden työt. Työjärjestyksen avulla saavutetaan hyvin organisoitu kunnossapito-ohjelma, joka takaa laitteille mahdollisimman suuren käyttöasteen. (Järviö 2000, 116–122.)

4.4 RCM-analyysin saavutukset

RCM-analyysillä saavutetaan huomattavia etuja kunnossapidon organisoinnissa ja kustannustehokkuudessa sekä halutun toimintavarmuuden saavuttamisessa. Analyysin toteutuksella saavutetaan seitsemän etua (kuva 13). (Järviö 2000, 149.)



KUVA 13. RCM:n avulla saavutettavat asiat (Järviö 2000, 149)

RCM-analyysissä huomioidaan jokaisen laitteen vikaantumisen vaikutukset ympäristölle ja turvallisuudelle ennen kunnossapitotoimien suunnittelua. Lisäksi RCM-menetelmän avulla pyritään luomaan turvallisuuden tunnetta niin käyttäjille kuin kunnossapitohenkilöille työn suorittamisen aikana. (Järviö 2000, 144–151.)

Suorituskyvyn- ja kustannustehokkuuden parantuminen ovat merkittävimpiä saavutuksia, joihin RCM-analyysin avulla päästään. RCM:n avulla saadaan selville, mikä on kaikkein tehokkain tapa suorittaa vaadittavat ennakkohuoltotoimet ja monimutkaisillekin järjestelmille pystytään luomaan tehokkaat kunnossapitotoimet toiminnallisten vikojen estämiseksi. Huolellisen suunnittelun ja suorituskyvyn paranemisen avulla säästetään kunnossapidon resursseja, kun turhat kokeilut ja virheet jäävät pois. RCM:n avulla kustannukset ja resurssit saadaan ohjattua toiminnallisesti kriittisiin kohteisiin. Oikein toteutettuna RCM:n avulla saadaan pienentettyä rutiinitöiden määrää jokaisessa jaksossa noin 40–70 %. Rutiinitöiden väheneminen tarkoittaa turhien kunnossapitotoimien häviämistä, jolloin kustannukset pienenevät ja kustannustehokkuus paranee. (Järviö 2000, 144–151.)

Toinen erittäin tärkeä asia, joka RCM-menetelmän avulla saavutetaan, on yhtenäinen kunnossapito-ohjelma. Yhtenäisen kunnossapito-ohjelman avulla pystytään keskittämään resurssit toiminnallisesti kriittisten laitteiden huoltoon. Lisäksi yhtenäistä kunnossapito-ohjelmaa on helppo käyttää ulkopuolisten henkilöiden kanssa, sillä sen toteutustapa on samanlainen jokaiselle osaprosessille. Tämä helpottaa ulkopuolisten urakoitsijoiden käyttöä kunnossapitotehtävissä. Kunnossapito-organisaation osaamisen kehittäminen on helppoa, kun tarvittava vaatimustaso on selvillä. (Järviö 2000, 144–151.)

RCM-menetelmän avulla kalliiden laitteiden käyttöikä saadaan nostettua aikaisempaa korkeammalle tasolle. Käyttöikä nostetaan kunnonvalvonnalla, jonka avulla yksittäisten osien elinikä maksimoidaan. RCM-analyysin alussa määritellään toiminnallisesti kriittisille laitteille tietty suoritustaso. Laitteiden elinikää pystytään nostamaan tekemällä vain vaaditut kunnossapitotoimet, jotta laite suoriutuu sille asetetuista tavoitteista. (Järviö 2000, 144–151.)

RCM-analyysin avulla päästään kustannustehokkaaseen ja suorituskykyiseen kunnossapitotoimintaan. Lisäksi turvallisuusriskien ja ympäristön huomioiminen on nykypäivänä tärkeä osa tuotantoa. Ympäristöstä huolehtiminen ja työturvallisuuden parantaminen ovat suuria etuja, joihin analyysin avulla päästään. Turvallisuuden kannalta RCM-prosessissa mukana olevien työntekijöiden asenteet muuttuvat, jolloin he suhtautuvat vakavammin häiriötilanteen sattuessa turvallisuuteen ja ympäristöön. Lisäksi työntekijöiden käsitys siitä, miten vikatilanteessa toimitaan tehokkaasti, mutta turvallisesti paranee. (Järviö 2000, 144–151.)

5 KRIITTISYYSLUOKITTELU

RCM-analyysi suoritetaan paperikoneen rullaimen ja soft-kalanterin alueen laitteille. Molemmat osaprosessit ovat tuotannon sujuvuuden ja laadun kannalta kriittisiä. Onnistuneen kriittisyysluokittelun jälkeen on helppo siirtyä suorittamaan vikavaikutusanalyysiä ja huolto-ohjeiden päivitystä. Kaikille osaprosessin laitteille tehtävällä yhtenäisellä kriittisyysluokittelulla pyritään saamaan luotettavat tulokset kriittisistä laitteista sekä karsimaan turhia laitteita pois A-kriittisyyden piiristä. Lisäksi A-kriittisyysluokkaan nousi joi-tain uusia laitteita muista luokista, kriittisyysindeksistä saatavan tuloksen perusteella. Lähtökohtaisesti A-kriittisten laitteiden määrää pyritään vähentämään, jotta huollon suunnittelussa pystytään ohjaamaan käytettävissä olevat kunnossapidon resurssit oikeisiin kohteisiin.

5.1 Kriittisyysluokittelun suoritus

Kriittisyysluokittelu suoritettiin kahdessa palaverissa. Ryhmä, jossa kriittisyysluokittelut suoritettiin, koostui käyttöinsinööristä ja kunnossapitoinsinööristä. Molemmilla kriittisyysluokitteluun osallistuvilla henkilöillä on paljon tietoa luokiteltavien laitteiden vaikutuksesta prosessiin sekä niiden kunnossapidosta. Luokittelussa esiintyvä vikaantumisväli perustuu kriittisyysluokitteluun osallistuvien henkilöiden kokemukseen laitteiden vikaantumisvälistä. Historiatietoa vikaantumisesta on SAP:ssa vain vähän, joten sitä ei voida pitää riittävän luotettavana lähteenä vikaantumisväliä määritettäessä.

Opinnäytetyötä varten UPM:ltä saatiin kriittisyysluokittelussa käytettävä Excel-pohja (liite 1). Kriittisyysluokittelusta saatava kriittisyysluokka perustuu ennalta määrättyihin tekijöihin ja tasoihin (liite 2). Luokittelupohjan avulla jokaiselle laitteelle on helppo suorittaa laitekohtainen kriittisyysindeksin tarkastelu. Kriittisyysindeksin määrittämisessä käydään laitteen vikaantumisesta aiheutuvat seuraukset läpi. Kriittisyysindeksin arvoon vaikuttaa tuotannonmenetys, korjauskustannukset, vikaantumisväli, turvallisuusriski ja ympäristöriski. UPM on nimennyt jokaiselle kriittisyysindeksin tekijälle pisteytyksen ja painoarvon. Pisteytys perustuu arvioituun vaikutukseen, jonka vikaantunut laite aiheuttaa. Painoarvon tarkoituksena on huomioida realistisesti yksittäisen tekijän vaikutus prosessin ja kunnossapidon kannalta. Laskentaan vaikuttavat painoarvot ja pisteytykset on taulukoitu Exceliin (liite 3). Opinnäytetyössä käytetystä taulukosta puuttui laatuvaikutuksen

tekijä ja painoarvo, mutta ne lisätään UPM:n käyttämään lopulliseen kriittisyysluokitus-pohjaan. Kriittisyysindeksin määrittämisessä laitteen vikaantumisen aiheuttama laadun heikkeneminen ja siitä aiheutuvat kustannukset ovat lähes yhtä tärkeä tekijä kuin tuotannon menetyksin.

Soft-kalanterin ja rullaimen alueella luokiteltavia laitepaikkoja on 94. Laittepaikat siirrettiin SAP toiminnanohjausjärjestelmästä (kuva 14) Exceliin, jonka jälkeen ne kopioitiin kriittisyysluokittelupohjaan (liite 1). Laittepaikkojen Exceliin siirtämisen jälkeen luokitellaan yhden toimintopaikan laitteet kerralla. Luokiteltavat laitepaikat löytyvät SAP-järjestelmästä toimintopaikan ”päälaitteet” alapuolelta (kuva 14).

Toimintopaikka	JAM1-24	VO:n alku	01.11.2017
Nimitys	PK4		
▼ JAM1-24	PK4		
▶ JAM1-24-A	AUTOMAATIO		
▼ JAM1-24-M	MEKAANINEN		
▶ JAM1-240	RAKENNUKSET JA YHTEISET TOIMINNOT		
▶ JAM1-241	MASSAN JA LISÄAINEIDEN KÄSITTELY		
▶ JAM1-242	PERÄLAATIKKO JA VIIRAOSA		
▶ JAM1-243	PURISTINOSA		
▶ JAM1-244	KUIVAUSOSA JA PÄÄLLYSTYS		
▼ JAM1-246	SOFTKALANTERI JA RULLAIN		
• JAM1-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT		
▼ JAM1-2461	PÄÄLAITTEET		
• JAM1-2460009	PK4 SOFTKALANT.STAATTISEN SÄHKÖN POISTIN		
▶ JAM1-2460252	PK4 SOFTKAL.PÄÄNVIENNIN KATKAISULAITE		
▶ JAM1-2460254	PK4 SOFTKAL.PÄÄNVIENTIKULJ.FOILFORCE 87		
▶ JAM1-2460255	PK4 SOFTKAL.PÄÄNVIENTIKULJ.FOILFORCE 88		
▶ JAM1-2460258	PK4 SOFTKALANTERI KUUMAÖLJYKATTILA		
▶ JAM1-2460260	PK4 RULLAIN MITTARAAMI		
• JAM1-2460270	PK4 RULLAIN VÄRIMERKKAIN		
▶ JAM1-2460272	PK4 RULLAIN VIANILMAISIN		
▶ JAM1-2460274	PK4 RULLAIN PUHKAISULAITE (-PIIKKI)		
▶ JAM1-2460276	PK4 RULLAIN VAIHTOLAITE (HANHENKAULA)		
▶ JAM1-246104	PK4 TAMPUURIEN VARASTOINTITELINE		
▶ JAM1-246110	PK4 OPTIREEL RULLAIN		
▶ JAM1-246111	PK4 OPTIREEL ENSIÖRULLAUSLAITE		
▶ JAM1-246112	PK4 OPTIREEL TOISIORULLAUSLAITE		
▶ JAM1-246113	PK4 OPTIREEL TAMPURIRAUTOJEN VARASTO		
▶ JAM1-2461250	PK4 SOFTKALANTERI		
▶ JAM1-2461252	PK4 SOFTKALANTERI KÖYDENKIRISTIN		
▶ JAM1-2461254	PK4 RULLAIN REUNANLEIKKAIN HP/KP		
▶ JAM1-2461258	PK4 SOFTKAL.ÖLJYKYTKIN JÄÄHDYTYSYKSIKKÖ		
• JAM1-2461260	PK4 SOFTKALANTERIN PÄÄNVIENTIYKSIKKÖ		
▶ JAM1-2461262	PK4 SOFTKALANTERI YLÄTELA REUNAJÄÄHDYTYKSIKKÖ		
▶ JAM1-2461263	PK4 SOFTKALANTERI ALATELA REUNAJÄÄHDYTYKSIKKÖ		
▶ JAM1-2461264	PK4 SOFTKAL.TERMOTELA REUNAJÄÄHDYTYKSIKKÖ		
▶ JAM1-2461279	PK4 RULLAIN ILMAKRAVIN		
▶ JAM1-2461300	PK4 RULLAIN		
▶ JAM1-2463002	PK4 SOFTKALANTERI KUUMAÖLJYN TOISIOPIIRI		

KUVA 14. Esimerkki SAP:sta löytyville luokiteltaville laitepaikoille (SAP)

Jokaiselle laitteelle on aikaisemmin määritetty kriittisyysluokka, mutta se ei perustu kriittisyysindeksistä saatavaan tulokseen. Vanhat kriittisyysluokat (kuva 15) perustuvat niitä tehneen ryhmän näkemykseen prosessille kriittisistä laitteista eikä niinkään kriittisyysindeksin laskentaan kuten nyt tehtävässä luokittelussa. Ennakkohuolto-ohjeet ovat usein suunniteltu laitteille, jotka vaativat ennakkohuoltoa ja joille sitä on mahdollista suorittaa.

Nykyisessä tilanteessa laitteiden kriittisyysluokitus ei siis aina kerro sitä, onko laitteella ennakkohuolto-ohjelmaa.

Toimintopaikka	JAM1-2462323	Tpi	M MEKAANINEN
Nimitys	PK4 SOFTKALANTERIN ALATELA (TK-TELA) 447		
Tila	LUOT		

Sijaintitiedot	
SijaintiTmp	JAM1 Jämsänkoski
Sijainti	
Huone	
Käyttöalue	PK4 JAM PK4
Työpiste	
ABC-tunnus	A Kriittinen
Lajittelukenttä	

KUVA 15. Esimerkki SAP:n nykyisestä kriittisyysluokittelusta (SAP)

Kriittisyysluokittelua tehdessä jokainen laite käsitellään erikseen. Jokaisen laitteen läpikäynti on tärkeää, jotta saadaan mahdollisimman totuudenmukainen kuva laitteen vikaantumisen seurauksista prosessin, kunnossapidon, turvallisuuden ja ympäristön kannalta. Aluksi jokaiselle laitteelle määritetään kriittisyysindeksi. Kun jokainen laite on käyty läpi, määritetään taso, jolla mikäkin kriittisyysluokka toteutuu. Tässä työssä määritetyt ja käytetyt pisteytykset esitetään taulukossa 2. Luokille määritetyt raja-arvot ovat laitteiden pistemääriä, eikä luokkien väliin jääviä pistemääriä näin ollen esiintynyt. Kriittisyysindeksin pisterajat määritetään aina tapauskohtaisesti. Taulukkoon ei ole merkitty E-kriittisyysluokalle pisterajaa, sillä tehdyssä luokittelussa yhtään laitetta ei luokiteltu E-kriittiseksi.

TAULUKKO 2. Kriittisyysindeksin pisteytys

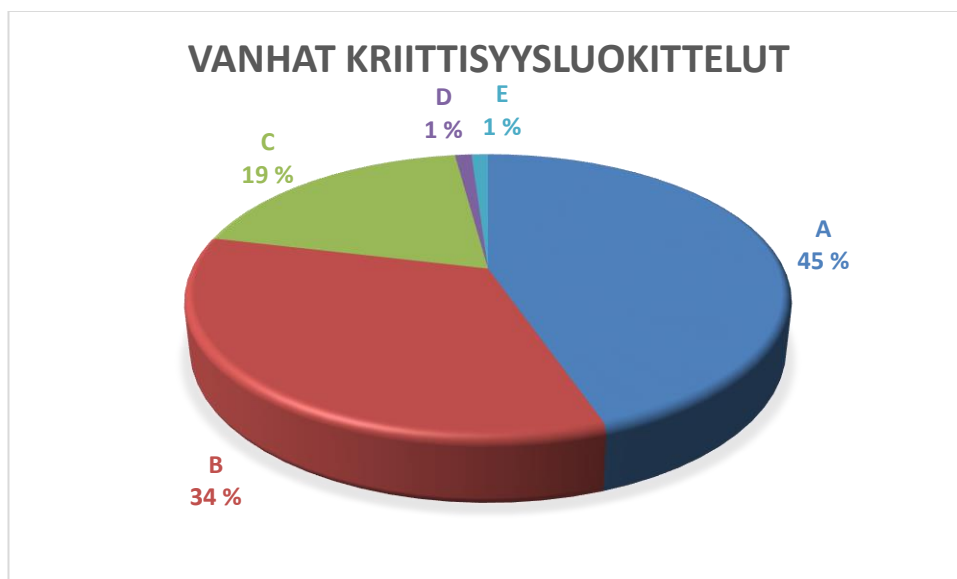
Jämsänkosken pk 4 kriittisyysindeksi	
Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka
1000-540	A
520-340	B
310-270	C
160-100	D

Kriittisyysindeksin tasoja määritettäessä tulee huomioida tarkoin paperikoneen käyttöaste, jotta voidaan määrittää riittävällä tarkkuudella, kuinka pitkä tuotannonmenetys on

kustannuksiltaan kriittinen. Eri paperilajeja valmistavien koneiden kriittisessä käytäntäksessä voi olla paljonkin eroja. Esimerkiksi aikakauslehtipaperia valmistavan koneen kriittinen tuotannonmenetys voi olla kahdeksan tuntia tai enemmän. Sen sijaan erikoispaperia valmistavan koneen kriittinen tuotannonmenetys voi olla neljän ja kahdeksan tunnin välissä. Laitteen vikaantumisesta aiheutuvaa tuotannonmenetystä ja kunnossapitokustannuksia voidaan pitää kriittisyyden määrittävänä tekijänä, sillä muut tekijät ovat suoraan verrattavissa erilaisiin prosesseihin.

5.2 Kriittisyysluokittelulla saavutetut tulokset

Vanhojen kriittisyysluokittelujen mukaan A-kriittisyysluokan laitepaikkoja on 42, joka on 45 % kaikista alueen laitteista (kuvio 1). Vanhojen kriittisyysluokitusten määrän perusteella voidaan sanoa, että A-kriittisyysluokan laitteita on huomattava määrä. Suuren määrän vuoksi huolto-ohjeet ovat usein puutteelliset ja systemaattista ennakkohuoltoa ei ole pystytty toteuttamaan.



KUVIO 1. Vanhojen kriittisyysluokkien osuudet prosentteina

Kriittisyysluokittelun jälkeen voidaan todeta, että A-kriittisten laitteiden määrä on lisääntynyt noin 10 % (kuvio 2). Kriittisten A-luokan laitteiden määrä on 51, joka on 54 % kaikista laitepaikoista. Joitain laitteita nostettiin A-kriittisyysluokkaan, vaikka niiden kriittisyysindeksi ei ollut A-luokan tasolla. Kyseisten laitteiden luokituksen muutos perustui projektiryhmän näkemykseen siitä, että laitteet ovat kriittisiä tuotannolle, vaikka

kriittisyysindeksi ei sitä osoittanutkaan. Kuviossa 1 on yksi E-luokan laite, jonka kriittisyysluokitus muuttui A-luokkaan kriittisyysindeksin perusteella. Kyseinen laite on soft-kalanterin päänvientiyksikkö.



KUVIO 2. Uusien kriittisyysluokkien osuudet prosentteina.

Uuden kriittisyysluokittelun myötä A-kriittisten laitteiden määrän tulisi olla 20–30 % koko konelinjan laitepaikoista. Kun luokittelu on suoritettu koko konelinjalle, yhden osa-alueen A-kriittisten laitteiden suuri määrä johtaa siihen, että jonkin toisen osa-alueen A-kriittisten laitteiden määrä on pienempi. Lähes kaikki soft-kalanterin ja rullaimen laitteet ovat kriittisiä tuotannon ja laadun kannalta, joten kriittisten laitteiden määrä on odotetusti suuri. Lisäksi A-luokan laitteiden suureen määrään vaikuttaa se, että alueen laitteita ei ole kahdennettu. Tämän vuoksi laitteen vikaantumisella on heti vaikutusta tuotantoon tai laatuun toisin kuin esimerkiksi osalla massaosaston laitteista. Työssä saadut kriittisyysluokkien muutokset esitetään koottuna taulukossa 3, vihreillä korostuksilla on esitetty tärkeimmät muutokset luokittelussa.

TAULUKKO 3. Kriittisyysluokkien muutokset

Muutos	Lukumäärä
A-luokassa säilyi	28 laitetta
B-luokasta → A-luokkaan	20 laitetta
C-luokasta → A-luokkaan	2 laitetta
E-luokasta → A-luokkaan	1 laite
A-luokasta → B-luokkaan	14 laitetta
B luokassa säilyi	9 laitetta
C-luokasta → B-luokkaan	9 laitetta
D-luokasta → B-luokkaan	1 laite
B-luokasta → C-luokkaan	2 laitetta
B-luokasta → D-luokkaan	1 laite

Kriittisyysluokittelun ansiosta saatiin yhtenäinen luokittelu osaprosessin kaikille laitteille, jonka avulla mahdollistetaan myöhemmin koko konelinjan yhdenmukainen luokittelu. Kriittisyysluokitusten muutokset perustuvat luokituksesta saatuun kriittisyysindeksiin ja taulukossa 2 määritettyihin pisterajoihin. Yhtenäisen luokittelun lisäksi löydettiin laitteita, jotka eivät olleet vanhan luokituksen mukaan A- tai edes B-luokan laitteita. Esimerkiksi soft-kalanterin CD-telahydrauliikan pääpumppu 1:n kriittisyysluokitus nousi C-luokasta A-luokkaan. Kyseinen laite on hyvä esimerkki luokittelun onnistumisesta, sillä laitteen vikaantuminen pysäyttää koko prosessin heti. Aiemmin kyseiselle pumpulle ei ollut ennakkohuolto-ohjelmaa tai säännöllisiä tarkastuskierroksia, mutta kriittisyysluokittelun ja vikavaikutusanalyysin jälkeen laitteelle luodaan ne. Käytännössä A- ja B-luokan laitteita käsitellään samanarvoisena, jolloin laitteiden ennakkohuolto-ohjeet tulee olla molemmissa luokissa samalla tasolla. Kriittisyysluokkien muutokset luokasta toiseen kertovat myös luokittelun onnistumisesta.

6 VIKAVAIKUTUSANALYYSI

Vikavaikutusanalyysin avulla pyritään selvittämään ja tunnistamaan kaikki mahdolliset viat, joita käsiteltävissä laitteissa voi esiintyä. Vikojen tunnistaminen on tärkeää opinnäytetyöstä saatavien tulosten eli ennakkohuolto-ohjeiden kannalta. On kuitenkin hyvä muistaa, että kannattaa käsitellä vain todennäköisimmät viat. Epätodennäköisille ja harvoin esiintyville vioille on vaikea muodostaa järjestelmällistä ja kannattavaa ennakkohuolto-ohjelmaa. Lisäksi epätodennäköisten vikojen vikaantumisväliä ja -tapaa on vaikea tunnistaa.

UPM:llä on vikavaikutusanalyysin suoritusta varten tehty työkalu. Opinnäytetyötä varten Exceliin tehtiin vikavaikutusanalyysitaulukko (liite 5), joka mukaili UPM:n versiota (liite 4). Exceliin luotu taulukko oli yksinkertaisempi ja sen avulla saadut tulokset on helppo esitellä opinnäytetyössä. Lisäksi uuteen taulukkoon päädyttiin, jotta pystytään todentamaan vikavaikutusanalyysin tarpeellisuus kunnossapidon ja ennakkohuollon resurssien kohdentamisessa.

Kriittisyysluokittelun tuloksena saatiin A-kriittisyysluokan laitteiden määräksi 51 laitetta. Opinnäytetyön laajuuden rajaamiseksi kaikille 51:lle laitteelle ei suoritettu vikavaikutusanalyysiä. Laitteiden joukosta valittiin viisi tuotannolle kriittistä ja vikaantumisherkkää laitetta läheisempää tarkastelua varten. Viisi valittua laitetta ovat ensiöruullauslaite, toisio-ruullauslaite, soft-kalanterin päänvientiyksikkö, yksi soft-kalanterin hydrauliiikkapumppu ja reunaleikkainlaite. Aluksi SAP:sta listattiin Excel-pohjaan laitteen rakenneluettelo, jotta mahdollisten vikojen määrittäminen olisi helpompaa. Laitteen rakenneluettelo sisältää esimerkiksi sähkömoottorin, laakereita ja sylintereitä, jotka ovat ympyröity kuvassa 16. Laiterakenteen tunteminen ja kunnossapidon työntekijöiden haastatteleminen helpottaa huomattavasti erilaisten vikojen määrittämistä.

JAM1-246		SOFTKALANTERI JA RULLAIN	E
JAM1-2460		ERITTELEMÄTTÖMÄT	E
JAM1-2461		PÄÄLAITTEET	E
JAM1-2460009	PK4	SOFTKALANT.STAATTISEN SÄHKÖN POISTIN	C X
JAM1-2460252	PK4	SOFTKAL. PÄÄNVIENNIN KATKAISULAITE	C X
JAM1-2460254	PK4	SOFTKAL. PÄÄNVIENNIKULJ.FOILFORCE 87	A X
JAM1-2460255	PK4	SOFTKAL. PÄÄNVIENNIKULJ.FOILFORCE 88	A X
JAM1-2460258	PK4	SOFTKALANTERI KUUMAÖLJYKATTILA	B X
JAM1-2460260	PK4	RULLAIN MITTARAAMI	B X
JAM1-2460270	PK4	RULLAIN VÄRIMERKKAIN	C X
JAM1-2460272	PK4	RULLAIN VIANILMAISIN	B X
JAM1-2460274	PK4	RULLAIN PUHKAISULAITE (-PIIKKI)	A X
JAM1-2460276	PK4	RULLAIN VAIHTOLAITE (HANHENKAULA)	A X
JAM1-246104	PK4	TAMPUURIEN VARASTOINTITELINE	E X
JAM1-246110	PK4	OPTIREEL RULLAIN	A
JAM1-246111	PK4	OPTIREEL ENSIÖRULLAUSLAITE	A
10007507		ENSIÖRULLAUSLAITE	
		HOLKKI COA2007274	T 2 KPL
18687234		SYLINTERI 2300-F3/80-400-50-7H+HVH COA30	L 2 KPL
11718961		TIIIVISTESARJA 2300-FD/80/50 NA7000080-41	L 2 KPL
18687235		SYLINTERI 2300-F3/80-500-50-3+HVH COA305	L 2 KPL
11718961		TIIIVISTESARJA 2300-FD/80/50 NA7000080-41	L 2 KPL
18661992		JOHDEKISKO HSR45LR2DD+1515 LP-I THK VALO	L 4 KPL
18328439		LAAKERI GE-70-TE-2RS	L 4 KPL
18328266		LAAKERI GLYPG10010560F SKF RG 00118128 0	L 2 KPL
10027336		VOIMA-ANTURI VISHA KISD-6/WL IN:100KN 35	L 2 KPL
10027331		VOIMA-ANTURI BOFOR KIS-2 10KN	L 1 KPL
18659943		LAAKERI GLY.PG15015560F> SKF >(GLACIER M	L 2 KPL

KUVA 16. Esimerkki SAP:sta löytyvästä laiterakenteesta. (SAP)

Vikavaikutusanalyysin suorittamisessa vaaditaan paljon tietoa laitteiden mahdollisista vikoista. Vikavaikutusanalyysi suoritettiin yhdessä tapaamisessa, johon osallistui kunnossapitoinsinööri ja kunnossapidon esimies. Vikavaikutusanalyysitaulukossa käsitellään seitsemän eri osa-alueetta. Käsiteltävät osa-alueet ovat: vikaantumisen aiheuttaja, vikaantumisen vaikutus, ehkäisevät toimet, korjaavat toimet, MTBF (mean time between failures) eli vikaantumistaajuus ja uudelleen suunnittelu (liite 5).

Vikavaikutusanalyysin suorituksessa käydään jokainen Excel-pohjaan (liite 5) kirjattu vaihe perusteellisesti läpi. Esimerkkinä vikaantumistapojen esittelyssä on käytetty moottorin ja kytkimen vikaantumista (taulukko 4). Esimerkistä puuttuu mahdollinen uudelleen suunnittelu, koska yhdellekään analyysissä mukana olevalle laitteelle se ei toteutunut. Uudelleen suunnittelu jäi toteutumatta, sillä kyseisten laitteiden rakenteisiin on vaikeaa ja kallista tehdä vikaantumisväliä pidentäviä muutoksia.

TAULUKKO 4. Esimerkki vikavaikutusanalyysin suorituksesta

Aiheuttaja	Syy	Vaikutus	Ehkäisy	Korjaus	MTBF
Pumpun vaurio	Kuluminen	Pumppu pysähtyy	Pumpun laakerin kuuntelu	Pumpun vaihto	5–10 vuotta
Kytkinvaurio	Kytinkumin/kytkimen rikkoutuminen	Tiiviste-vaurio	Kunnontarkastus	Kytkimen vaihto	2–5 vuotta

Vikavaikutusanalyysin suorittamisen jälkeen on helppo koota yhteenveto laitteiden vikaantumistavoista ja vertailla niitä toisiinsa. Kun katsotaan kaikkien laitteiden vikavaikutusanalyysitaulukkoa, voidaan todeta, että yleisimpiä vikaantumisen syitä ovat laakeriviat, kytkinviat ja erilaisten hydraulikka- ja paineilmaletkujen viat. Ennakkohuolto-ohjeita suunniteltaessa on hyvä tietää eniten työllistävät vikaantumismuodot, jotta niiden huoltoa voidaan lisätä ja kehittää.

7 ENNAKKOHUOLTO-OHJEET

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella aikaisempia ennakkohuolto-ohjeita ja tarpeen mukaan luoda uudet tai muokata jo olemassa olevia ohjeita. Ennakkohuolto-ohjeiden toteutus aloitettiin tarkastelemalla vanhoja ennakkohuolto-ohjeita SAP:sta ja haastattelemalla ennakkohuoltoa suorittavia työntekijöitä sekä heidän esimiestään. Nykyisten ennakkohuoltotöiden sisällöt kasattiin Exceliin, jotta niiden analysointi ja uusien ohjeiden suunnittelu helpottuisi. Nykyisiä ennakkohuolto-ohjeita oli varsin hyvin tarkasteluun valituille laitteille. Jo valmiiksi kattavien ennakkohuolto-ohjeiden vuoksi, pyritään tarkastamaan ohjeiden ajantasaisuus ja tarvittaessa ohjeita päivitetään.

7.1 Nykyiset ennakkohuolto-ohjeet

UPM:n SAP-järjestelmässä on paljon laitekokonaisuuksille luotuja ennakkohuoltotöitä. SAP:sta löytyvät työt on jaettu isompiin kokonaisuuksiin, joten tarkasteluun valittujen laitteiden ennakkohuoltotyöt on jaettu eri laitteiden alle. Esimerkiksi ensiöruullainlaitteen ennakkohuoltotyöt sisältyvät rullaimen ennakkohuoltotöihin. SAP:sta löytyvät ennakko- huoltotyöt on jaettu kahteen eri tilauslajiin, joita ovat PM12 ja PM13. SAP:n tilauslaji PM12 tarkoittaa ennakkohuoltotyötilausta automaattisella vapautuksella, jolloin työtilaukseen asetetun ajan välein työ vapautuu järjestelmään tehtäväksi. Esimerkki PM12 työstä on reunaleikkaimen repijäpuhaltimen terien tarkastus ja vaihto (kuva 17).

The screenshot shows a SAP maintenance order (PM12) for a roller blade repair. The order is titled 'TERIEN TARKASTUS/TEROITUS/VAIHTO' (Blade inspection/trimming/replacement) and is associated with the work center 'PK4 RULLAIN REUNANAUHAN REPIJÄPUHALLIN'. The order is planned by 'JAM1 Jämsänkoski' and is a 'PM12' type, which is an automatic release order. The order is planned for 'MPK4' and is a 'MEKAANINEN KPT...' (mechanical repair). The order is not a production risk and is planned for release. The order is planned for release on '17304' and is planned for release on '3'. The order is planned for release on 'TERIEN TARKASTUS/TEROITUS/VAIHTO'.

Huoltorivi		TERIEN TARKASTUS/TEROITUS/VAI...	
Viiteobjekti	JAM1-246505	PK4 RULLAIN REUNANAUHAN REPIJÄPUHALLIN	
Toimintopaikka	JAM1-246505		
Laite			
Suunnittelutiedot			
Suunnittelutmp	JAM1 Jämsänkoski	Suunnitteluryhmä	PK4 JAM PK4
Tilauslaji	PM12 EH-työtilaus autom. vapautetta...	KP-toimintolaji	P02 Ennakoivahuolto
Vast. työpiste	MPK4 / JAM1 MEKAANINEN KPT...	Purkamisohje	
Prioriteetti	Ei tuotantoriskä		
Myyntiosite			
<input type="checkbox"/> Älä vapauta heti			
Vaiheluettelo			
Typi	VL-ryhmä	RLask	Kuvaus
T /	17304	3	TERIEN TARKASTUS/TEROITUS/VAIHTO

KUVA 17. Esimerkki SAP:sta löytyvästä PM12 työtilauksesta (SAP)

SAP:sta löytyvästä huoltosuunnitelmasta ilmenee sykli, jolla huolto tulee toteuttaa, huollon kohde ja kuvaus, kohde jolle se on osoitettu (mekaaninen tai automaatiokunnossapito) ja tilauslaji eli ennakkohuoltotyötilaus PM12. SAP:n toinen tilauslaji PM13 on reittihuoltotyötilaus. Reittityötilaus on sidottu valmiiksi suunniteltuihin reitteihin ja alueisiin. Esimerkiksi reittityötilaustyönä voi olla koko paperikonelinjan puhaltimien laakereiden voitelu (kuva 18). Työtilauksesta käy ilmi kaikkien voideltavien puhaltimien laitepaikkojen numerot, joiden avulla voitelija löytää oikeiden puhaltimien luokse. Lisäksi työtilauksesta löytyy sykli, jolla reittityö tulee tehdä. Esimerkissä puhaltimien voitelutyö tehdään kahden kuukauden välein. Jokaisen voideltavan puhaltimen kohdalta voidaan avata tarkastelurivi, jossa kerrotaan juuri kyseisen laitepaikan voiteluun liittyvät lisätiedot kuten PM12 työtilauksessakin. Kaikkien ennakkohuoltotöiden yhteinen merkintä SAP:ssa on kunnossapito-toimintolaji P02.

Yleistiedot - rivit					
	Rivi	Objektiluettelo - rivi	Sijainti - rivi	Asiakaslaajennus - rivi	
Huotorivi	Huotorivin teksti	O.	T.	V.	Toimintopaikka
JAM1-M0040400000	JAM1-2421953 PK4 PUHALTIMIEN KÄ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-24
JAM1-M0040400002	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-200545
JAM1-M0040400003	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-200557
JAM1-M0040400004	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-200558
JAM1-M0040400017	LISÄYS AKSELIN LAAKERIT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-240518
JAM1-M0040400020	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-240571
JAM1-M0040400021	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-240572
JAM1-M0040400022	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-240573
JAM1-M0040400023	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-241501
JAM1-M0040400025	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-241502
JAM1-M0040400027	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-241503
JAM1-M0040400029	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-241506
JAM1-M0040400034	LISÄYS PUHALTIMEN LAAKERIT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-242504
JAM1-M0040400036	LISÄYS PUHALTIMEN LAAKERIT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-242505
JAM1-M0040400037	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-245514
JAM1-M0040400038	LISÄYS PUHALLIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	JAM1-245515

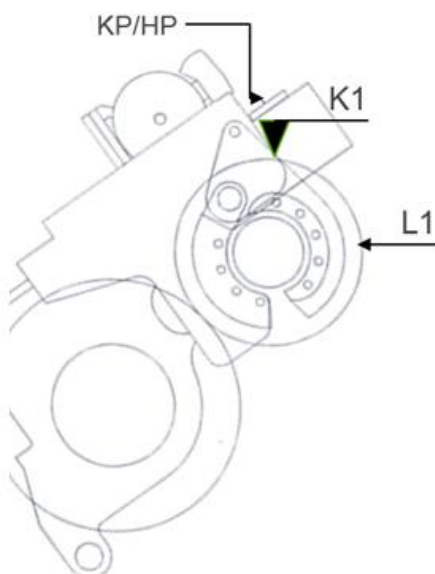
KUVA 18. Esimerkki SAP:sta löytyvästä PM13 työtilauksesta (SAP)

Molempien tilauslajien ennakkohuoltotyöt ovat useimmiten voitelutöitä. Voitelutöissä ennakkohuoltomiehet käyvät läpi huoltosuunnitelman mukaiset laitteet ja voitelevat voitelunipan kautta esimerkiksi sähkömoottoreiden ohjaavat ja vapaat laakerit (kuva 20, numero 2). Voitelutöiden lisäksi osalle laitteista toteutetaan myös muita ennakkohuoltotoimenpiteitä. Muita ennakkohuoltotoimenpiteitä ovat moottoreiden ja puhaltimien värähtelymittaukset ja rullaimen kuntotestit. Värähtelymittauksia suoritetaan kunnonvalvonta

antureiden avulla, jotka mittaavat akseleiden värähtelyä suhteessa moottorin kytkimen pyörimisnopeuteen. Ainoa tarkasteluun valittu kunnonvalvonnan piirissä oleva laite on toisiorullauslaite. Värähtelymittauksen lisäksi ennakkohuoltomiehet kiertävät ja kuuntelevat stetoskoopilla laakereiden ääniä, jolloin voidaan ennakoida laakerin rikkoutuminen.

Rullaimen kuntotestit toteutetaan usein mekaanisen- ja automaatiokunnossapidon yhteistyönä, jossa rullaimen eri toimintoja testataan. Kuntotestissä mitataan rullaimen eri osien linjaukset ja raportoidaan mittauksesta saadut tulokset. Olennaisesti kuntotestin suoritukseen liittyy ensiöruullainlaitteen liike konerullan vaihdon yhteydessä. Kuntotestissä mitataan ensiöruullainlaitteen liikkeen yhdensuuntaisuus eli hoito- ja käyttöpuolen ero millimetreissä (kuva 19). Rullaimen kuntotestit tulisi suorittaa kahden vuoden välein. (Pk 3 optireelin kuntotesti 2016, 2–7.)

ALKURULLAUSLAITTEEN YHDENSUUNTAISUUS



KUVA 19. Rullaimen linjauksien mittaus (Pk 3 optireelin kuntotesti 2016, 6)

7.2 Uudet ennakkohuolto-ohjeet

Uusien ennakkohuolto-ohjeiden suunnittelun lähtökohtana oli olemassa olevien ohjeiden tarkastus ja päivitys. Ennakkohuolto-ohjeiden tarkastelun aikana havaittiin muutamia kohteita, joiden ennakkohuolto-ohjelma oli varsin suppea. Jokaisen tarkasteluun valitun

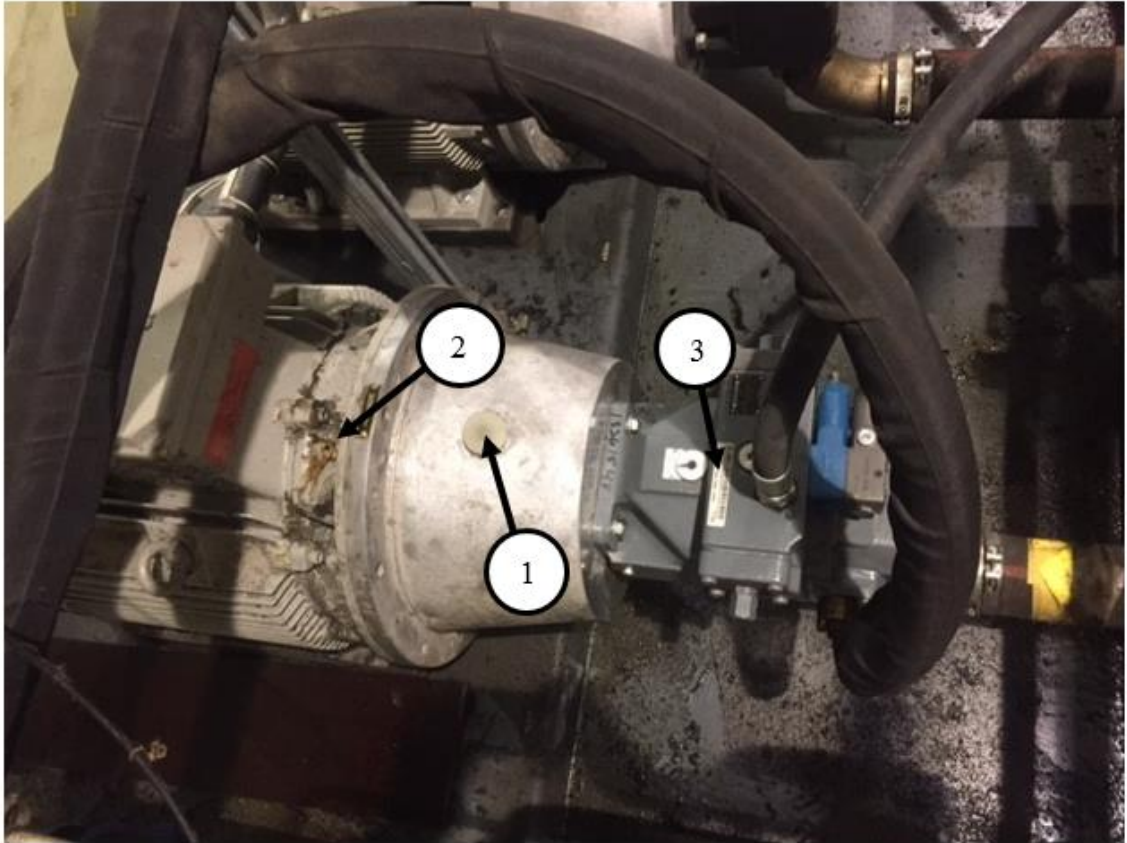
laitteen ennakkohuolto-ohjeisiin lisättiin joitakin huoltoa ja tarkastusta vaativia laitteita. Lisäksi osa uusista ennakkohuolto-toimenpiteistä kohdistuu mekaanisen kunnossapidon lisäksi tuotannolle. Tuotannolle kohdistuvia toimenpiteitä ovat erilaiset käynnin aikana tehtävät tarkastukset. Joitain tarkastuksia varten joudutaan tekemään muutoksia rakenteisiin, kuten tarkastusluokkua. Uusien mahdollisten tarkastusten ja töiden lisääminen SAP:iin toteutetaan sen jälkeen, kun opinnäytetyö on valmis.

Ennakkohuolto-ohjeiden tarkasteluun tehtiin Excel taulukko, johon oli helppo kirjata olemassa olevat ohjeet sekä lisätä uusia ohjeita. Excel taulukko sisältää viisi tarkasteltavaa kohtaa: huollon tarkennettu kohde, kunnossapito- ja ennakkohuoltotoimet, huollon jakso, suoritetaanko huolto seisokin vai käynnin aikana ja huoltoon liittyvät mahdolliset huomautukset (liite 6). Liitteessä 6 uudet ennakkohuoltotyöt on merkitty vihreällä korostuksella. Taulukossa 5 käydään läpi kahden esimerkkikohteen ennakkohuolto-ohjeiden käsittely.

TAULUKKO 5. Esimerkki ennakkohuolto-ohjeiden kirjauksesta.

Kohde	Tehtävät työt	Jakso	Ajankohta	Huomautukset
Pumpun kytkin	Kytkimen tarkastus	3 kuukauden välein	Käynti	Tarkastus stroboskoopilla
Moottori	Laakereiden voitelu	6 kuukauden välein	Käynti	-

Jokaiselle laitteelle syntyi muutamia uusia ennakkohuollon toimenpiteitä. Soft-kalanterin hydraulikkapumpun uudet ennakkohuoltotoimet ovat kytkimen ja kytkinkumin (kuva 20, numero 1) tarkastus sekä itse pumpun (kuva 20, numero 3) määräaikaivaihto viiden vuoden jaksoissa. Ensio- ja toisiorullauslaitteen ennakkohuolto-ohjelmaan lisättiin kolme uutta toimenpidettä. Lisätyt toimenpiteet ovat käytön hihnojen tarkastus puolen vuoden jaksoissa, jonka tuotanto hoitaa. Lisäksi hihnojen tarkastusta varten ensikäytön hihnasuojiiin on lisättävä tarkastusluukut. Toinen toimenpide on rullaimen hydrauliiikan painepiirtojen tarkastus vuoden jaksoissa. Kolmas toimenpide on rullaimen kuntotestit kahden vuoden jaksoissa. Reunaleikkaimen ennakkohuoltotoimiin lisättiin yläteräyksikön vaihto, letkujen tarkastus, leikkauspöydän- ja ohjausrullantarkastus sekä imuluukun sylinterin tarkastus. Reunaleikkaimen tarkastukset toteutetaan vuoden jaksoissa. Soft-kalanterin päänvientiyksikön ennakkohuoltotoimenpiteisiin lisättiin vesileikkaimen ketjun- ja ketjupyöriä tarkastus kymmenen kuukauden välein.



KUVA 20. Hydrauliiikkapumpun ennakkohuoltokohteet

7.3 Ennakkohuollon ja ennakoimattoman huollon vertailua

Joissain tapauksissa voidaan ajatella, että laitevian tapahtuessa, yritykselle on edullisempää korjata vika kuin huoltaa tai vaihtaa laitetta säännöllisesti. Laitteiden säännöllinen huolto aiheuttaa usein tuotannon katkoksen eli seisokin, josta aiheutuu kustannuksia. Vaikka suunniteltu seisokki aiheuttaa kustannuksia, silloin huolletaan suunnitellusti yhdellä kertaa paljon laitteita. Suunnittelemattomassa seisokissa tehdään usein vain pakollinen eli tavallisesti vain vikaantunut laite korjataan. Säännöllistä ennakkohuoltoa ja korjaavaa kunnossapitoa voidaan vertailla laskennalla. Laskennassa otetaan huomioon niin kunnossapidon kuin tuotannonkin kustannukset. Kunnossapidon kustannuksiin arvioidaan työn tuntihinta, varaosat, kunnossapitohenkilöiden lukumäärä ja korjaamiseen kuuluva aika. Tuotannon menetykseen huomioidaan tuotannon katkosaika ja tuotannon menetyksestä aiheutuva kustannus per tunti. Vertailuun valitaan kaksi erilaista laitetta.

Laskentataulukossa (liite 7) käytetyt määrät ovat suhteellisia lukuja todellisista luvuista. Laskennasta saatavat tulokset eivät ole euroja, mutta saadut tulokset kertovat silti ennakkohuollolla päästäviin säästöihin. Laskennassa vertaillaan vain ennakoidun huollon ja ennakoimattoman huollon eroja laiterikon tapahtuessa, jolloin ei huomioida sitä, kuinka tiuhaan huolto tai laiterikko tapahtuvat (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Ennakoidun ja ennakoimattoman huollon kustannusten vertailu

Kunnossapito työ	Ennakkoitu huolto	Ennakoimaton huolto
CD-tela hydrauliiikkapumpun vaihto	74 100	127 260
CD-tela hydrauliiikkapumpun poksien vaihto	27 760	54 340

Ennakkohuollon ja ennakoimattoman huollon vertailuun valittiin kaksi eri huoltotyötä. Valitut huoltotyöt ovat soft-kalanterin hydrauliikkapumpun tai tiivistepoksin suunniteltu ja suunnittelematon vaihto. Valitut työt kuvaavat hyvin paperitehtaalla suoritettavia kunnossapidon töitä. Lisäksi valitut työt ovat erilaisia vikaantumisen vaikutuksen, varaosien hankinnan ja kunnossapitotyön kannalta. Hydrauliikkapumpun vikaantuminen pysäyttää tuotannon heti. Hydrauliiikka pumpun poksien eli akselitiivistyksen hajoaminen ei sen sijaan pysäytä tuotantoa heti. Taulukon vertailun perusteella voidaan sanoa, että suunnitelmallisilla vaihdoilla eli ennakkohuollolla saadaan huomattavia säästöjä ennakoimattomaan huoltoon nähden.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli RCM-analyysin suoritus soft-kalanterin ja rullaimen alueen laitteille. Tavoitteeksi asetettiin valitun osa-alueen kriittisten laitteiden tunnistaminen ja ennakkohuolto-ohjeiden läpikäynti sekä päivitys A-kriittisille laitteille. Lisäksi haluttiin saada käsitys siitä, millaista lisäarvoa RCM-analyysi työkaluna tuo kunnossapitoon. Työn suorituksella saavutettiin valitun osa-alueen laitteille yhtenäinen kriittisyysluokittelu, jolloin tuloksia on helppo tarkastella ja vertailla. Vikavaikutusanalyysiin valittiin viisi tuotannolle kriittistä laitetta. Vikavaikutusanalyysin suorituksen avulla saatiin kuva laitteiden vikaantumistavoista, vikaantumisen vaikutuksista ja vikaantumisvälistä. Vikavaikutusanalyysin jälkeen siirrytään tarkastelemaan nykyisiä ja luomaan uusia ennakkohuolto-ohjeita. Nykyiset ennakkohuolto-ohjeet olivat varsin hyvällä tasolla, joten työssä tarkasteltiin ohjeiden ajantasaisuutta ja lisättiin ohjeisiin tarpeen mukaan joitakin uusia töitä.

Opinnäytetyön alussa asetetut tavoitteet täyttyivät hyvin ja kriittiset laitteet saatiin määritettyä. Ennakkohuolto-ohjeiden tarkastuksen ja ohjeisiin tehtyjen lisäysten jälkeen saatiin varsin hyvä kuva siitä, miten tarkasteluun valittuja laitteita huolletaan nyt ja miten niitä tulisi jatkossa huoltaa. Tarkasteluun valituille laitteille suoritetaan jo nyt melko laajasti ennakkohuollon toimenpiteitä, mutta toki joidenkin laitteiden ennakkohuolto-ohjeita päivitettiin huomattavasti. Esimerkiksi soft-kalanterin CD-telahydrauliikan toiselle pääpumpulle lisättiin kaksi merkittävää toimenpidettä, joiden avulla pumpun toimintavarmuutta saadaan kasvatettua. Päivitetyt ennakkohuolto-ohjeet valituille viidelle laitteelle löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 6. Tosin tämän työn perusteella koko konelinjan laitteiden ennakkohuolto-ohjeiden tilaa ei voida varmasti sanoa, sillä tarkasteltavien laitteiden määrä oli vähäinen.

Työn avulla saatu lisäarvo ennakkohuoltoon ja käyntivarmuuteen saadaan selville, kun tarkastellaan kriittisyysluokittelusta saatuja tuloksia. Soft-kalanterin CD-telahydrauliikan pumppu ja soft-kalanterin kuumaöljyn varastosäiliö olivat ennen kriittisyysluokittelua C-kriittisyysluokan laitteita ja uudessa tarkastelussa ne muuttuivat A-kriittisiksi laitteiksi. Lisäksi yhdeksän laitetta muuttui C-luokasta B-luokaan. Esimerkkejä laitteista ovat soft-kalanterin kuumaöljyn ensiö- ja toisiopiirin pumput ja soft-kalanterin CD-telahydrauliikan toinen pääpumppu ja varapumppu. Toisaalta taas B-luokasta C tai D-luokkaan vaihtui kolme laitetta, muun muassa soft-kalanterin hydrauliikan lämmitysvastukset. Muutoksia

C ja D-luokasta kriittisimpiin (A tai B) luokkiin sekä toisin päin voidaan pitää työn onnistumisen tarkastelussa tärkeänä. Kaikkien työssä luokiteltujen laitteiden kriittisyysluokat ja niiden muutokset löytyvät liitteestä 1. Kriittisyysluokittelu tuo lisäarvoa kunnossapitoon ja ennakkohuoltoon, sillä sen avulla tunnistetaan laitteet, joiden nykyinen kriittisyysluokitus on väärä. Kyseisten laitteiden tunnistuksen jälkeen niille voidaan luoda ennakkohuolto-ohjelma tai poistaa laite ennakkohuollon piiristä.

Opinnäytetyössä käytetyn kriittisyysluokittelupohjan luotettavuuden ja oikeellisuuden tarkastelu on tärkeää, jos sitä käytetään myöhemmässä vaiheessa koko konelinjan laitteiden luokittelussa. Suurin haaste kriittisyysluokittelun onnistumisen kannalta oli kriittisyysindeksin määrittäminen. Kriittisyysindeksillä määritellään mihin luokkaan laite kuuluu. Kriittisyysindeksiin vaikuttavat tekijät kuten tuotannon menetys, kustannukset ja vikaantumisväli saattavat johtaa harhaan kriittisyysluokittelua tehtäessä. Jatkossa kannattaa harjoitella tarkkaan, onko luokituksen sitominen pisterajoihin oikea tapa suorittaa luokittelua.

Jos kriittisyysluokittelu tehdään kriittisyysindeksin perusteella, on tarkasteltava eri luokkiin jääviä laitteita. Kriittisyysindeksin luotettavuuden tarkastelussa on huomioitava tarkkaan se, miten laitteet jakautuvat eri luokkiin. Jatkossa on syytä tarkastella, onko laite oikeasti A-kriittinen (kuten indeksin mukaan), jos esimerkiksi sen vikaantumisväli on kymmenen vuotta, mutta vikaantuessaan se pysäyttää prosessin yli kahdeksaksi tunniksi. Toinen esimerkki on laite, joka vikaantuu puolen vuoden välein ja pysäyttää prosessin alle kahdeksi tunniksi ja on silloin kriittisyysindeksin mukaan B-kriittinen. Toinen vaihtoehto kriittisyysluokkien määrittämiseen olisi määrittää ehdot, joilla esimerkiksi A-kriittiset laitteet määräytyisivät. Määrittämisehdot voisivat esimerkiksi olla: tuotannonmenetys kahdesta kahdeksaan tuntiin, yli 10 000 euron kustannukset ja vikaantumisväli puolesta vuodesta kahteen vuoteen.

RCM-analyysin suorituksessa käytettyä tietoa laitteiden vikaantumisesta saadaan käyttäjäinsinööritä, kunnossapitoinsinööritä, konelinjan työntekijöiltä ja jonkin verran myös SAP:sta. Jos jatkossa on mahdollista, tietoa vikaantumisesta olisi hyvä kohdentaa tarkasti oikeille laitteille ja kirjata SAP:iin. Useasta eri lähteestä saatavaa tietoa arvioidaan kriittisesti. Molempien insinöörien ja työntekijöiden tieto perustuu lukuisten vuosien kokemukseen prosessista ja sen laitteista. Tässä valossa tietoa voidaan pitää luotettavana. Jos RCM-analyysi suoritetaan koko konelinjalle, on tärkeää, että samat henkilöt osallistuvat analyysin tekemiseen, jotta voidaan varmistaa tiedon yhtenäisyys.

Luotettavuuden arvioinnissa on syytä keskittyä koko konelinjaan, johon luokittelu suoritetaan. Nykyisessä kriittisyysluokittelussa ei huomioida ollenkaan eri konelinjojen käyntiastetta ja tilauskantoja. Luokittelussa oletetaan jokainen konelinja samanarvoiseksi, vaikka todellisuudessa asia ei ole niin. Esimerkiksi erikoispaperilla on suuri kysyntä, jolloin pienilläkin tuotannon katkoksilla on suuria kustannusvaikutuksia. Sen sijaan aikauslehtipaperia valmistavan konelinjan lyhyestä seisokista aiheutuvat kustannukset eivät ole suuret vähäisestä tilauskannasta johtuen. Luokittelun perustana olevassa pisteytyksessä kannattaisikin eri tekijöiden painoarvoja muuttaa kyseistä konelinjaa vastaaviksi.

LÄHTEET

Järviö, J. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. 1. painos. Rajamäki: KP-Tieto Oy.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2017. Kunnossapito. 4. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Jämsän kaupunki. 2017. Taajamat ja kylät. Kotisivu. Luettu 3.10.2017.
<http://www.jamsa.fi/taajamat-ja-kylat>

KnowPap. 2017. Knowpap-oppimisympäristö. Versio 18.0. Julkaisija Proledge Oy. Palvelu vaatii maksullisen lisenssin. Luettu 11.9.2017. http://www.know-pap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/knowpap_system/user_interfaces/knowpap.htm

Matilainen, E. & Parkko, P. 2007. Optisoft 2-nippinen glossskalanteri: Käyttö- ja huolto-ohjeet. 1. painos. Metso Paper Oy.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered Maintenance. 2. painos. USA: Elsevier Ltd.

Kanninen, O. 2013. Kunnossapito-ohjelman rakentaminen RCM-menetelmän avulla. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Lut konetekniikka. Diplomityö. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/92131/Kunnossapito-ohjelman%20rakentaminen%20RCM%20-%20menetelm%C3%A4n%20avulla.pdf?sequence=2>

SAP. Toiminnanohjausjärjestelmä. Versio 7400.3.8.1123. SAP netweaver.


Pk 3 optireelin kuntotesti. 2016. Mittausraportti. UPM Jämsänkoski. Viitattu sivuihin 2–7.

UPM liiketoiminnot. 2017. UPM-Kymmene Oyj. Kotisivu. Luettu 3.10.2017.
<http://www.upm.fi/Liiketoiminnot/Pages/default.aspx>

UPM Vuosikertomus. 2016. UPM-Kymmene Oyj. Viitattu sivuihin 2–5 ja 24–37. Luettu 3.10.2017. <https://user-fudicvo.cld.bz/UPM-vuosikertomus-2016#>

LIITTEET

Liite 1. Kriittisyysluokittelussa käytettävä UPM:n pohja

Kriittisyys analyysi									
UPM Kymmene Oyj, Jämsänkoski PK4									
									
Tuotannon menetys koko yksikössä [drow-down menu]	Turvallisuus vaikutus todennäköisyys [drow-down menu]	Turvallisuus vaikutus [drow-down menu]	Ympäristövaikutukset [drow-down menu]	Kunnossapitokustannukset (varaosat ja työtunnit) Euro [drow-down menu]	Vikaantumisasiäi (MTBF) Vuosi [drow-down menu]	Kriittisyysindeksi	Uusi kriittisyysluokka	Nykyinen kriittisyysluokka	Tuotannon menetyks (Lajitteen sisäkkö alka) (drow-down menu)
JAM1-2461	PÄÄLAITTEET	JAM1-246111	PK4 OPTIFREEL ENISÖRULLAUSLAITE					2- 8h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2461	PÄÄLAITTEET	JAM1-246112	PK4 OPTIFREEL TOSIORULLAUSLAITE					2- 8h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2461	PÄÄLAITTEET	JAM1-2461254	PK4 RULLAIN REIJUAILLEKKAAN HPKP				Tuoks, reuna-akkaustierien kuluminen	2- 8h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2461	PÄÄLAITTEET	JAM1-2461280	PK4 SOFTKALANITERIN PÄÄNVEITYKSIKKÖ					2- 8h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.1	PK4 SOFTKAL CD-TELA RYÖR-PÄÄPULJUPPU 1	Kriittinen (Säätötilavuus pumppu)			Laaternika, polstavuoto	8- 24h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAM1-2460009	PK4 SOFTKALANIT STAATTISEN SÄHKÖN POISTIN					Ei tuotannollisia menetyksiä	
JAM1-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAM1-246002.1	PK4 KALANITERI RULLASUODIN JÄÄHDYTYS					Ei tuotannollisia menetyksiä	
JAM1-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAM1-2460252	PK4 SOFTKAL PÄÄNVEITINNI KATKAUSLAITE			laaturiski		2- 8h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAM1-2460254	PK4 SOFTKAL PÄÄNVEITINKULJ FOLDFORCE 87					Alla 2h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAM1-2460255	PK4 SOFTKAL PÄÄNVEITINKULJ FOLDFORCE 88					Alla 2h tuotannolliset menetykset	
JAM1-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAM1-2460258	PK4 SOFTKALANITERI KUUMAOLJYKATTILA					2- 8h tuotannolliset menetykset	

Tuotannon menetys koko yksikössä [drow-down menu]	Turvallisuus vaikutus todennäköisyys [drow-down menu]	Turvallisuus vaikutus [drow-down menu]	Ympäristövaikutukset [drow-down menu]	Kunnossapitokustannukset (varaosat ja työtunnit) Euro [drow-down menu]	Vikaantumisasiäi (MTBF) Vuosi [drow-down menu]	Kriittisyysindeksi	Uusi kriittisyysluokka	Nykyinen kriittisyysluokka
Pysäyttää heti	Mandollinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	780	A	A
Pysäyttää heti	Mandollinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	780	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset alle 10000 €	MTBF alle 0- 0,5 vuotta	820	A	B
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 0,5 - 2 vuotta	610	A	E
Pysäyttää heti	Epätodennäköinen	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	C
Ei vaikutusta	Mandollinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF yli 10 vuotta	100	D	C
Ei vaikutusta	Epätodennäköinen	Ei seurauksia	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset alle 1000 €	MTBF 2- 5 vuotta	130	D	C
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluuttua	Epätodennäköinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	310	B	C
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	450	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköinen	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	450	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköinen	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	470	B	B

JAMI-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAMI-2460260	PK4 RULLAIN MITTARAAMI			Laaturiski	2- 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAMI-2460270	PK4 VÄRIERKKAIN			Laaturiski	2- 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAMI-2460272	PK4 RULLAIN VANILMAISIN			Laaturiski	2- 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAMI-2460274	PK4 RULLAIN PUHKAISULAITE (-PIIKKI)				Alle 2h tuotannolliset menetykset
JAMI-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAMI-2460276	PK4 RULLAIN VAIHTOLAITE (HANHENKAULA)				Alle 2h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-246105.1	PK4 RULLAIN MITTAPALKKIJÄÄHDYTYKSI			Laaturiski	Ei tuotannollisia menetyksiä
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-246110	PK4 OPTIREEL RULLAIN				8- 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-246113	PK4 OPTIREEL TAIPURRAUTOJEN VARAOSTO				2- 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-2461250	PK4 SOFTKALANITERI				8- 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-2461252	PK4 SOFTKALANITERI KÖYDENKRISTIN				Alle 2h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-2461258	PK4 SOFTKAL ÖLJYKYTKIN JÄÄHDYTYSYKSIKKÖ				2- 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-2461258.1	PK4 TERMIOTELA ÖLJYKYTKIN JÄÄHD.PÄÄRUIPPU			Laakerin rikkoutuminen	2- 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLÄITTEET	JAMI-2461258.2	PK4 TERMIOTELA ÖLJYKYTKIN JÄÄHD.VARAPPU			Laakerin rikkoutuminen	2- 8h tuotannolliset menetykset
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	520	B	B
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 0,5 - 2 vuotta	490	B	C
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 0,5 - 2 vuotta	610	A	B
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 0,5 - 2 vuotta	570	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 0,5 - 2 vuotta	570	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin Ei seurauksia	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	340	B	C
Pysäyttää heti	Mahdollinen Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 20 000 - 50 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	860	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	430	B	B
Pysäyttää heti	Mahdollinen Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 20 000 - 50 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	860	A	B
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	390	A	B
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	310	C	C
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	310	C	B
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	310	C	C

JAMI-2461	PÄÄLAITTEET	Vähäiset	Mahdollinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	510	B	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLAITTEET	Vähäiset	Mahdollinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	510	B	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2461	PÄÄLAITTEET	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	540	A	8 - 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	270	C	Alle 2h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Mahdollinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 20 000 - 50 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	860	A	8 - 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760	A	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	B	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760	A	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Mahdollinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760	A	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	B	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 0,5 - 2 vuotta	1000	A	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	780	A	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	B	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760	A	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2462	TELAT	Vähäiset	Epätodennäköinen	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760	A	2 - 8h tuotannolliset menetykset

JAM1-2462	TELAT	JAM1-2462323	PK4 SOFTKALANTERIN ALATELA (TK-TELA) 447	Pintavaat aiheuttavat laaturisot	Laakerniika, pintavaurio	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2462	TELAT	JAM1-2462325	PK4 SOFTKALANTERI PAPERIN JOHTOTELA 448		Laakerniika, pintavaurio	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2462	TELAT	JAM1-2462326	PK4 SOFTKALANTERI PAPERIN JOHTOTELA 449		Laakerniika, pintavaurio	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2462	TELAT	JAM1-2462327	PK4 SOFTKALAJALK PAPERIN JOHTOTELA 450		Laakerniika, pintavaurio	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2462	TELAT	JAM1-2462328	PK4 RULLAIN KREYSIITTAUSTELA 451		Laakerniika, pintavaurio	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2462	TELAT	JAM1-2462410	PK4 RULLAIN PAPERIN JOHTOTELA 452		Laakerniika, pintavaurio	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2462	TELAT	JAM1-2462412	PK4 RULLAIN LEVITYSTELA 59453		Laakerniika, pätkien kytkinviika	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.2	PK4 SOFTKAL CD-TELA HYDR.PÄÄPUJIPPU 2	Vakotiivisyyspumppu	Laakerniika, poksivuoto	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.3	PK4 SOFTKAL CD-TELA HYDR.VARAPUJIPPU	Vakotiivisyyspumppu	Laakerniika, poksivuoto	2 - 8h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.4	PK4 SOFTKAL HYDR.SUODATUS/JÄÄHDYTYSPPU	Kriittinen	Laakerniika, poksivuoto	8 - 24h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.5	PK4 SOFTKAL CD-TELA HYDR.JÄÄHD.PUJIPPU 1	Kriittinen	Laakerniika, poksivuoto	8 - 24h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.6	PK4 SOFTKAL CD-TELA HYDR.JÄÄHD.PUJIPPU 2	Kriittinen	Laakerniika, poksivuoto	8 - 24h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.7	PK4 SOFTKAL HYDR.KUORITUS PÄÄPUJIPPU 1	Kriittinen	Laakerniika, poksivuoto	8 - 24h tuotannolliset menetykset		
JAM1-2463	HYDRAULIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAM1-2463010.8	PK4 SOFTKAL HYDR.KUORITUS PÄÄPUJIPPU 2	Kriittinen	Laakerniika, poksivuoto	8 - 24h tuotannolliset menetykset		
Pysäyttää heti	Mandollinen	Vakavat	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 20 000 - 50 000 €	MTBF 0,5 - 2 vuotta	1000	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	B	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	B	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	B	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490	B	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760	A	A
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	500	B	C
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	500	B	C
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	B
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	B
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	B
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehtaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820	A	B

JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469319	PK4 SOFT PAP JOHTOTELAN 71/444 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469321	PK4 SOFTKAL LEVITYSTELAN 56/445 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, hihnojen vioutuminen, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469323	PK4 SOFTKALANTERIN ALATELAN KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, vaihdetrikko, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469325	PK4 SOFTKAL PAP JOHTOTELAN 73/448 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469326	PK4 SOFTKAL PAP JOHTOTELAN 74/449 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469327	PK4 SOFTKAL PAP JOHTOTELAN 75/450 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469329	PK4 RULLAN KIRJITTELA 76/451 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469410	PK4 RULLAN PAP JOHTOTELAN 58/452 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, hihnojen vioutuminen, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469412	PK4 RULLAN LEVITYSTELAN 59/453 KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2469	KÄYTÖT	JAMI-2469414	PK4 RULLAUSSYLMITERIN KÄYTTÖ						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
JAMI-2463	HYDRAULIIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAMI-246303.1	PK4 KUVAUS-IPÄÄLTYSTY-SOSA HYDR PUMIPPU 1						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	8 - 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2463	HYDRAULIIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAMI-246303.2	PK4 KUVAUS-IPÄÄLTYSTY-SOSA HYDR PUMIPPU 2						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	8 - 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2463	HYDRAULIIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAMI-246303.3	PK4 KUVAUS-IPÄÄLTYSTY-SOSA HYDR SUOD.PPU						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	8 - 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2463	HYDRAULIIKKA, PNEUMATIikka JA VOITELU	JAMI-246303.4	PK4 KUVAUS-IPÄÄLTYSTY-SOSA HYDR LÄMMITYS						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	8 - 24h tuotannolliset menetykset
JAMI-2460	ERITTELEMÄTTÖMÄT	JAMI-2455	PK4 6 KVR KAKSOISVESILEIKKAIN						Laakerin rikkoutuminen, kytkinvaurio, moottoririkko	2 - 8h tuotannolliset menetykset
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	370			B	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760			A	B
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 20 000 - 50 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820			A	A
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	370			B	A
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	370			B	A
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	370			B	A
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	370			A	A
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	370			B	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	760			A	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 20 000 - 50 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820			A	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehnaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820			A	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehnaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820			A	A
Pysäyttää heti	Epätodennäköin	Vähäiset	Vaikutukset pysyvät tehnaan sisällä	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	820			A	B
Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 5 - 10 vuotta	310			C	C
Pysäyttää tuotannon 0-8h	Epätodennäköin	Vähäiset	Ei ympäristövaikutuksia	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	MTBF 2- 5 vuotta	490			A	B

Liite 2. Kriittisyysluokittelun teoria

	Tuotannon menetys	Laatukustannus	Korjauskustannus	Vikaantumisväli	Turvallisuusriski	Ympäristöriski
A	Pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi, yli 24h	Laatukustannukset vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä, yli 8h	Erittäin korkeat, yli 50 000e	Lyhyt, 0-0,5 vuotta	Vakava, voi aiheuttaa kuolonuhreja ja vakavan vaaratilanteen tahtaan ympäristössä	Vakava, voi aiheuttaa ympäristön ja lähialueiden saastumisen, palautuminen voi kestää vuosia
B	Pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi, 10-24h	Laatukustannukset vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä, 3-8h	Korkeat, 25 000-50 000e	Lyhyehkö, 0,5-2,5 vuotta	Merkittävä, voi aiheuttaa kuolonuhreja	Merkittävä, voi aiheuttaa ympäristön sekä lähialueiden saastumisen
C	Pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi, 3-10 h	Laatukustannukset vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä, 1-3h	Keskikertaiset, 5 000-25 000e	Pitkähkö, 2-5 vuotta	Kohtalainen, esim. vakava loukkaantuminen, josta jää pysyvä vamma	Kohtalainen, voi aiheuttaa ympäristön saastumista tehdasalueella
D	Pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi, alle 3h	Laatukustannukset vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä, alle 1h	Vähäiset, 0-5 000e	Pitkä yli 5 vuotta	Vähäiset, esim. lievä loukkaantuminen tai sairastuminen	Vähäinen, voi aiheuttaa ympäristön likaantumisen tehdasalueella
E	Laitteen toimimattomuudella ei ole merkitystä osaprosessille tai osastolle	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia	Ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin		Ei turvallisuusriskiä	Ei ympäristöriskiä

Liite 3. Kriittisyysindeksin luokittelu ja niiden pisteytys

Vaikutus	Painoarvo	Luokitus	Pisteytys
Tuotannon menetykset (Laitteen seisokki aikana)	40	Ei tuotannollisia menetyksiä	0
		Alle 2h tuotannolliset menetykset	1
		2 - 8h tuotannolliset menetykset	2
		8 - 24h tuotannolliset menetykset	4
Tuotannon menetykset koko yksikössä	30	Yli 24h tuotannolliset menetykset	8
		Ei vaikutusta	0
		Pysäyttää tuotannon yli 8h kuluttua	4
		Pysäyttää tuotannon 0-8h	8
Ympäristövaikutukset	10	Pysäyttää heti	16
		Ei ympäristövaikutuksia	0
		Vaikutukset pysyvät tehtaassa sisällä	1
		Vaikutukset ulottuvat tehtaassa ulkopuolelle	2
Turvallisuus (kerroin)	10	Vakavat ympäristövaikutukset	8
		I	1
		II	2
		III	4
		IV	8
		V	16
Vikaantumisväli (MTBF)	30	MTBF yli 10 vuotta	1
		MTBF 5 - 10 vuotta	2
		MTBF 2-5 vuotta	4
		MTBF 0,5 - 2 vuotta	8
		MTBF alle 0,5 vuotta	16
		Kunnossapitokustannukset alle 1000 €	0
Kunnossapitokustannukset (varaosat, työtunnit)	30	Kunnossapitokustannukset 1000 - 10 000 €	1
		Kunnossapitokustannukset 10 000 - 20 000 €	2
		Kunnossapitokustannukset 20 000 - 50 000 €	4
		Kunnossapitokustannukset 50 000 €	8

Liite 4. UPM:n käyttämä vikavaikutusanalyysi työkalu

Kriittisyysluokittelu

Nimitys: VIIRAN KIRSTIN, RYHMÄ 1
 Työaste: MPPK4
 Nyk: A
 Valm: C
 Seuraava >
 < Edellinen

UPM RCM Analyysi

Vikamuoto	Mikä aiheuttaa vian	Vian syy	Mistä vikaantuminen	Vian vaikutus	Ehkäisevät toimenpiteet	Korjaavat toimenpiteet	Keskimääräi	Keskimääräi	Keskimääräi
hammasvaurio	voitelu/kuluminen	voitelu/kuluminen	Viiran kireys alhainen	Viiran kireys alhainen	Voitelu/kiristimen testaus	hammasakselin vaihto	6	10	10
Laakerivaurio	voitelu/kuluminen	voitelu/kuluminen	Viiran kireys alhainen	Viiran kireys alhainen	Voitelu/kiristimen testaus	Laakerin vaihto	6	10	10
nokkarullavaurio	kuluminen	kuluminen	Viirankireys alhainen	Viirankireys alhainen/kulkee toispuolelle	Testaus	Nokkarullien vaihto	6	10	10
voima loppuu	kuluminen	kuluminen	Viiran kireys alhainen	Viiran kireys alhainen	Testaus	Hydrauliimoottorin vaihto	6	10	10
jarru ei pidä	Kuluminen/kuoleentuminen	Kuluminen/kuoleentuminen	Ei liiku	Ei liiku	Testaus	Hydrauliimoottorin vaihto	6	10	10

Record: 6 of 6
 No Filter

Laittepaikan numero		Laittepaikan nimi		Kriittisyysluokka	
JAM1-246111		PK4 OPTIREEL ENSIÖRULLAUSLAITE		A	
Vikaantumisen aiheuttaja		Vikaantumisen syy		Vikaantumisen vaikutus	
Kruunukytkin		Kuluminen/Hampaidenvaurio		Ensiökäyttö pysähtyy	Ehkäisevät toimet Voitelu/Kunnontarkastus
Tappikytkin		Kumiosien murtuminen		Ensiökäyttö pysähtyy	-
Booriakseli		Kuluminen		Ensiökäyttö pysähtyy	Voitelu
Laakerivauriot		Kuluminen/Siderenkaan katkeaminen		Ensiökäyttö pysähtyy	Kunnonvalvonta
Hihna/Hihnapyörienvauriot		Hihnan ajautuminen reunaan		Ensiökäyttö pysähtyy	Kunnontarkastus (Puhtaus)
Kääntökehä		Rikkoutuminen		Ensiökäyttö pysähtyy	Voitelu
Hammaskytkin		Kuluminen		Ensiökäyttö pysähtyy	Voitelu
Sähkömoottorivaurio		Laakerivaurio		Ensiökäyttö pysähtyy	Voitelu/Kunnonvalvonta
Sylinterivaurio		Tiivisteivaurio/Öljyvuoto		Ensiökäyttö ei liiku	Rullaimen kuintotesti
Korjaavat toimet		Vikaantumisen taajuus (MTBF)		Uudelleen suunnittelu	
Vaihto		2-5 vuotta			
Vaihto		2-5 vuotta			
Vaihto		2-5 vuotta			
Vaihto		2-5 vuotta			
Vaihto		2-5 vuotta			
Vaihto		5-10 vuotta			
Vaihto		5-10 vuotta			
Vaihto		5-10 vuotta			
Vaihto		5-10 vuotta			

Laittepaikan numero	Laittepaikan nimi	Kriittisyysluokka					
JAM1-246112	PK4 OPTIREEL TOISIORULLAUSLAITE	A					
	Vikaantumisen aiheuttaja	Vikaantumisen syy	Vikaantumisen vaikutus				Ehkäisevät toimet
	Kruunukytkin	Kuluminen/Hampaidenvaurio	Toisiokäyttö pysähtyy				Voitelu/Kunnontarkastus
	Tappikytkin	Kumiosien murtuminen	Toisiokäyttö pysähtyy				-
	Booriakseli	Kuluminen	Toisiokäyttö pysähtyy				Voitelu
	Laakerivauriot	Kuluminen/Siderenkaan katkeaminen	Toisiokäyttö pysähtyy				Kunnonvalvonta
	Hihna/Hihnapyörienvauriot	Hihnan ajautuminen reunaan	Toisiokäyttö pysähtyy				Kunnontarkastus (Puhtaus)
	Kääntökehä	Rikkoutuminen	Toisiokäyttö pysähtyy				Voitelu
	Hammaskytkin	Kuluminen	Toisiokäyttö pysähtyy				Voitelu
	Sähkömoottorivaurio	Laakerivaurio	Toisiokäyttö pysähtyy				Voitelu/Kunnonvalvonta
	Sylinterivaurio	Tiivistevaurio/Vuoto	Toisiokäyttö ei liiku				Rullaimen kuntotesti

Korjaavat toimet	Vikaantumis taajuuus (MTBF)	Uudelleen suunnittelu
Vaihto	2-5 vuotta	
Vaihto	2-5 vuotta	
Vaihto	2-5 vuotta	
Vaihto	2-5 vuotta	
Vaihto	2-5 vuotta	
Vaihto	5-10 vuotta	
Vaihto	5-10 vuotta	
Vaihto	5-10 vuotta	
Vaihto	5-10 vuotta	

UPM Jämsänkoski PK 4		Suunnitellut huolto-ohjeet	
Laitepaikan numero	Laitepaikan nimi	Kriittisyysluokka	
JAM1-246111	PK4 OPTIREEL ENSIÖRULLAUSLAITE	A	
Tarkennettu kohde	Kunnossapito- ja ennakkohuoltotoimet	Jakso	Yksikkö
Ensiöruullauslaite	Booriakselin ja kääntölaakerin rasvaus	3	kk
Ensiöruullauslaite	Käytön hihnojen kunnontarkastus	6	kk
Rullaimen hydrauliiika	Painepiirrot	12	kk
Rullaimenkuntotesti	Linjaukset, liikkeet, voima-anturien nollaus ja painepiirrot	2	v
Ensiöruullauslaite	Kunnonvalvonta	jatkuva seuranta	käynti
			Huomautukset
			Tuotanto tarkastaa (Suojiin tarkastusluukut)

UPM Jämsänkoski PK 4 Suunnitellut huolto-ohjeet

Laitepaikan numero JAM1-246112	Laitepaikan nimi PK4 OPTIREEL TOISIORULLAUSLAITE	Kriittisyysluokka A			
Tarkennettu kohde	Kunnossapito- ja ennakkohuoltotoimet	Jakso	Yksikkö	Seisokki/ käynti	Huomautukset
Toisiorullauslaite	Booriakselin ja kääntölaakerin rasvaus	3	kk	Käynti	
Toisiorullauslaite	Käytön hihnojen kunnontarkastus	6	kk	Käynti	Tuotanto tarkastaa
Rullaimen hydrauliiikka	Painepiirrot	12	kk	Käynti	
Rullamenkuntotesti	Linjaukset, liikkeet, voima-anturien nollaus ja painepiirrot	2	v	Seisokki	
Toisiorullauslaite	Kunnonvalvonta	Jatkuva seuranta		Käynti	

UPM Jämsänkoski PK 4		Suunnitellut huolto-ohjeet		
Laitepaikan numero	Laitepaikan nimi	Kriittisyysluokka		
JAM1-2461260	PK4 SOFTKALANTERIN PÄÄNVIENTYYSKIKKÖ	A		
Tarkennettu kohde	Kunnossapito- ja ennakkohuoltotoimet	Jakso	Yksikkö	Seisokki/ käynti
Päänvientikuljetin (Foilforce)	Ilmaletkujen tarkastus	1	v	Seisokki
Päänvientikuljetin (Foilforce)	Laakereiden voitelu	3	kk	Käynti
Köysikäytön moottori	Laakereiden voitelu	6	kk	Käynti
Köysikäytön vaihde	Öljynvaihto	3	v	Seisokki
Narupyörät	Laakereiden voitelu	3	kk	Käynti
6 kvr. kaksoisvesileikkain	Korkeapaineletkujenvaihto	10	kk	seisokki
Kaksoisvesileikkaimen pumppu yksikkö	Öljynvaihto	1	v	Käynti
6 kvr. kaksoisvesileikkain	Korkeapaineletkujenvaihdon yhteydessä ketjun ja ketjupyörien kunnontarkastus	10	kk	Seisokki

Laitapaikan numero	Laitapaikan nimi	Kriittisyysluokka				
JAM1-2461254	PK4 RULLAIN REUNANLEIKKAIN HP/KP	A				
Tarkennettu kohde	Kunnossapito- ja ennakkohuoltotoimet	Jakso	Yksikkö	Seisokki/ käynti	Huomautukset	
Reunanauha repijäpuhaltimen terät	Terientarkastus ja teroitus/vaihto tarvittaessa	12	kk	Seisokki		
Reunanauhan repijäpuhaltimen laakerit	Laakereiden käsinoitelu	2	kk	Käynti		
Puhaltimen moottori	Moottorinkäsinoitelu	6	kk	Käynti		
Puhaltimen ja sippurin moottorit	Värähtelymittaus	45	päivä	Käynti		
Reunaleikkain	Yläteräyksikön vaihto, letkujen tarkastus, leikkauspöydän-, ohjauksellantarkastus ja imuluukun sylinterien toiminta	12	kk	Seisokki		

UPM Jämsänkoski PK 4 Suunnitellut huolto-ohjeet

Laittepaikan numero	Laittepaikan nimi	Kriittisyysluokka			
JAM1-2463010.1	PK4 SOFTKAL.CD-TELA HYDR.PÄÄPUMPPU 1	A			
Tarkennettu kohde	Kunnossapito- ja ennakkohuoltotoimet	Jakso	Yksikkö	Seisokki/ käynti	Huomautukset
Hydrauliikkapumpun kytkin	Kytkimen ja kytkinkumin tarkastus	3	KK	Käynti	
Aksiaalimäntäpumppu	Pumpun määrääkaisvaihto	5	Vuotta	Seisokki	Varapumppu varastoon
Pumpun moottori	Laakereiden voitelu	6	kk	käynti	
Pumpun moottori	Kunnonvalvonta (värähtelymittaus)	45	Päivää	Käynti	

Liite 7. Ennakoidun huollon ja ennakoimattoman huollon vertailu

Ennakoidun huollon ja ennakoimattoman huollon kustannukset (Hydrauliikka pumpun vaihto)			
Ennakoitu huolto		Ennakoimaton huolto	
Tekijät	Arvot	Tekijät	Arvot
Kunnossapitokustannukset		Kunnossapitokustannukset	
Tuntityön hinta	100	Tuntityön hinta	100
Varaosan hinta	20940	Varaosan hinta	20940
Korjaajien määrä	2	korjaajien määrä	2
Kunnossapito työn kesto	4	Kunnossapito työn kesto	8
Tuotannon menetys		Tuotannon menetys	
Tuotannon menetys per tunti	13090	Tuotannon menetys per tunti	13090
Seisokki aika	4	Seisokki aika	8
Yhteensä	74100	Yhteensä	127260

Ennakoidun huollon ja ennakoimattoman huollon kustannukset (Hydrauliikka pumpun poksinvaihto)			
Ennakoitu huolto		Ennakoimaton huolto	
Tekijät	Arvot	Tekijät	Arvot
Kunnossapitokustannukset		Kunnossapitokustannukset	
Tuntityön hinta	100	Tuntityön hinta	100
Varaosan hinta	1180	Varaosan hinta	1180
Korjaajien määrä	2	korjaajien määrä	2
Kunnossapito työn kesto	2	Kunnossapito työn kesto	4
Tuotannon menetys		Tuotannon menetys	
Tuotannon menetys per tunti	13090	Tuotannon menetys per tunti	13090
Seisokki aika	2	Seisokki aika	4
Yhteensä	27760	Yhteensä	54340