

KRIITTISYYSANALYYSIN JA ENNAKKO- HUOLTOSUUNNITELMAN LAATIMI- NEN PEHMOPAPERIN JALOSTUSLIN- JALLE

Esko Inkeroinen

Opinnäytetyö
elokuu 2011

Paperikoneteknologia
Teknologia



Tekijä(t) INKEROINEN, Esko	Julkaisun laji Raportti	Päivämäärä 15.08.2011
	Sivumäärä 30	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkkajulkaisulupa (X)
Työn nimi KRIITTISYYSANALYYSIN JA ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMAN LAATIMINEN PEHMOPAPERIN JALOSTUSLINJALLE		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologia		
Työn ohjaaja(t) MÄKI, Kari		
Toimeksiantaja(t) Metsä Tissue Oyj, Mäntän paperitehdas		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Metsä Tissuen Mäntän paperitehtaan pehmopaperin jalostuslinjalle kriittisyysanalyysi ja ennakko- huoltosuunnitelma. Kriittisyysanalyysin pohjalta suoritettiin myös varaosatarkastelu analyysissä mukana olleille varaosille. Tehtävä liittyi isompaan kunnossapitoprojektiin, jossa Metsä Tissuen Mäntän paperitehtaalle on tulossa uusi kunnossapidon tietojärjestelmä. Ennakko- huoltotehtävät on tarkoitus siirtää uuteen tietojärjestelmään, jolloin työt tulevat myös ajallaan tehtäviksi. Tämän työn pohjalta on tarkoitus tehdä kriittisyysanalyysit ja ennakko- huolto-ohjelmat muillekin jalostuslinjoille, joita Mäntässä on yhteensä 19. Analyysiä varten linjan laitteista ja osista listattiin hierarkia, joka koottiin toiminnassa olevasta tietojärjestelmästä, ja muista laitevalmistajan lähteistä. Analyysi toteutettiin pisteyttämällä analyysin kohteet turvallisuus-, tuotanto- ja kunnossapitönäkökulmista Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla. Analyysissä arvioitiin 137 kohdetta. Analyysin tuloksena A-kriittisiä laitteita oli 10 %, B-kriittisiä laitteita oli 39 % ja C- kriittisiä laitteita 51 %. Analyysin pohjalta laadittiin ennakko- huoltosuunnitelma, jossa on 17 eri ennakko- huolto-työtä. Ennakko- huoltotehtävien tarkoituksena on saada kriittisten laitteiden vikaantumista tietoa ennen lopullista rikkoutumista, jotta korjaaminen voidaan tehdä suunnitellusti ja hallitusti. Kriittisyysanalyysissä mukana olleille osille tehtiin varastotarkastelu, jossa selvitettiin mitä varastoon olisi ehkä syytä lisätä. Työn tuloksena syntyi ennakko- huoltosuunnitelma, joka voidaan ottaa käyttöön uudessa tietojärjestelmässä. Tämän työn mallilla voidaan tehdä kriittisyysanalyysi ja ennakko- huoltosuunnitelma myös muille jalostuslinjoille.		
Avainsanat (asiasanat) Ennakko- huoltosuunnitelma, kriittisyysanalyysi, kunnossapito, Metsä Tissue, pehmopaperinjalostuslinja		
Muut tiedot Litteitä ei julkaista internetissä		

Author(s) INKEROINEN, Esko	Type of publication Bachelor's / Master's Thesis	Date 15.08.2011
	Pages 30	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title KRIITTISYYSANALYYSIN JA ENNAKKOHUOLTOSUNNITELMAN LAATIMINEN PEHMOPAPERIN JALOSTUSLINJALLE.		
Degree Programme Paper machine technology		
Tutor(s) MÄKI, Kari		
Assigned by Metsä Tissue Oyj, Mänttä Mill		
<p>Abstract</p> <p>Aim of the thesis was to develop critical analysis and the preventive maintenance plan for tissue converting line at Metsä Tissue paper mill in Mänttä. This thesis was also a report of spare parts which were involved in the analysis. The task was part of a larger maintenance project, which will bring a new computerized maintenance manager system to Metsä Tissue Mänttä paper mill. Preventive maintenance tasks are to be moved to a new manager system, when the work will also be on time to be done. Mänttä is intended to make critical analyses and preventive maintenance programs for the other converting lines by using this thesis. Mänttä have total of 19 converting lines for tissue paper.</p> <p>To perform analysis line equipment and the parts were listed on a hierarchy, which was collected from the information system in operation, and the other device manufacturer sources. Analysis was done by scoring spots of the analysis from safety-, production- and maintenance aspects in Excel spreadsheet program. The analysis was estimated to 137 items. Based on the analysis resulting A 10% were critical equipment, B 39% were critical equipment and C 51% were critical equipment.</p> <p>Based on the analysis was developed a preventive maintenance plan, which had 17 different preventive maintenance work. Preventive maintenance task is to get information of critical equipment faults before the final breakdown, so that the repair can be planned and controlled manner. Parts that were included in the analysis were in a storage inventory, which determined what would be need to add to the storage.</p> <p>The result was a preventive maintenance plan that can be deployed in a new computer system. This model can be used to make the work of critical analysis and preventive maintenance plan to the other converting lines.</p>		
Keywords Preventive maintenance plan, critical analyses, maintenance, Metsä Tissue, soft paper converting line		
Miscellaneous Attachments will not be published on the Internet.		

SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	3
2.	METSÄ TISSUE	4
2.1	Mäntän paperitehdas	4
2.2	Pehmopaperin jalostus	6
2.3	Kunnossapito Mäntän paperitehtaalla	7
3.	KUNNOSSAPITO.....	9
3.1	Perinteinen kunnossapito	9
3.2	Kunnossapitolajit.....	10
3.4	Ehkäisevä kunnossapito.....	11
3.5	Laitteiden kriittisyysluokittelustandardi PSK6800.....	13
3.6	Vikaantuminen	15
3.7	Kunnossapidon kustannukset	17
4.	TOTEUTUS.....	20
4.1	Tutustuminen.....	20
4.2	Hierarkian luonti.....	20
4.3	Kriittisyyspalaverit	21
4.4	Tulokset.....	22
5.	YHTEENVETO	23
5.1	Pohdinta.....	25
6.	LÄHTEET	26
7.	LIITTEET.....	27
	Liite 1. Ennakkohuoltosuunnitelma	27
	Liite 2. Ote kriittisyysanalyysistä (muokattu).....	28
	Liite 3. Ennakkohuoltolistan hinnakierros	29
	Liite 4. Ote varaosatarkastelusta	30

KUVIOT

KUVIO 1.	Mäntän paperitehdas	5
KUVIO 2.	Jalostuskoneen sivuprofiili	6
KUVIO 3.	Matekin aloitusnäyttö	8
KUVIO 4.	Kunnossapitolajien jaottelu PSK 7501 standardissa	10
KUVIO 5.	PSK6800 standardin pisteytysohje	14

KUVIO 6. Kartonkikoneelle tehty kriittisyysluokittelu	15
KUVIO 7. PF-Käyrä	16
KUVIO 8. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin	19

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Mäntän paperitehtaan pehmopaperin jalostuslinjalle kriittisyysanalyysi ja ennakkohuoltosuunnitelma. Ennakkohuoltosuunnitelman pohjaksi tehtiin kriittisyysanalyysi Metsä Tissuen kunnossapidon kehitysprojektin mukaan tehdyin määrittäisin. Kriittisyysanalyysin pohjalta tehtiin myös varastotarkastelu, jonka tarkoituksena oli selvittää kriittisten laitteiden varaosien saatavuutta ja varastointia. Aiheen rajaamiseksi päätettiin tehdä ennakkohuoltotarkastelu tuotantolinjan jalostuskoneelle, pakkauskoneelle ja säkityskoneelle. Näiden linjan osien välillä kulkevat lamellikuljettimet kuuluivat mukaan aiheeseen. Ulkopuolelle jätettiin lavaamo ja siihen liittyvät kuljettimet.

Tämän ennakkohuoltosuunnitelman on tarkoitus olla pilottiprojekti, jonka avulla voidaan tehdä muillekin jalostuskoneille ennakkohuolto-ohjelma. Ennakkohuolto-ohjelman luominen on nyt ajankohtaista, koska jalostuslinjoilla ei ole ennakoivaa kunnossapitoa juurikaan. Lisäksi Mänttään on tulossa uusi kunnossapidon tietojärjestelmä, Maksimo, vuoden 2012 aikana. Ennakkohuoltosuunnitelma on tarkoitus siirtää Maksimoon ja siten hyödyntää tietojärjestelmää tehokkaasti.

Tämän opinnäytteen avulla syvensin osaamistani kriittisyysanalyysin tekemisestä ja hyödyntämisestä ennakkohuoltosuunnitelman tekemisessä. Sain näkemystä myös prosessiteollisuuden varastotoiminnoista, mikä vahvisti ammatillista osaamistani. Opinnäytetyö on myös osa opintojani Jyväskylän ammattikorkeakoulussa ja toimii näyttönä kyvyistäni työelämässä. Teoriaosuudessa käsittelen kunnossapitoa alan kirjallisuutta ja standardeja hyödyntäen. Pohdin myös ennakkohuoltotehtävien määrittämistä analyysien pohjalta.

2. METSÄ TISSUE

Metsä Tissue on Metsäliiton tytäryhtiö. Metsäliitto on suomalainen puunjalostuskonserni, jolla on tuotantolaitoksia 12 maassa ja toimintaa yli 30 maassa. Metsäliitto työllistää 13000 työntekijää ja sen liikevaihto oli 5,37 Mrd. € vuonna 2010. Metsäliittokonserni koostuu neljästä tytäryhtiöstä, joita ovat: Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Botnia, M-real ja Metsä Tissue. (Vuosikertomus 2010)

Metsäliitto Osuuskuntaan kuuluu puunhankinta ja puutuoteteollisuus, joka on kansainvälisesti Finforest. Puunhankinta tarjoaa yksityisille metsänomistajille monipuolisia metsänhoitopalveluita ja puukauppaa. Puutuoteteollisuus tuottaa puupohjaisia ratkaisuja erityisesti teollisen rakentamisen, teollisuusasiakkaiden, asumisen ja kodin rakentamiseen. (Vuosikertomus 2010)

Metsäbotnia vastaa Metsäliiton selluteollisuudesta. Metsäbotnia on Euroopan johtavia kemiallisen sellun tuottajia ja yksi maailman suurimmista markkinasellun tuottajista. Suomessa on neljä Metsäbotnian sellutehdasta ja niiden tuotantokapasiteetti yhdessä on n. 2,4 miljoonaa tonnia. (Vuosikertomus 2010)

M-real on Metsäliiton paperin ja kartongin tuottaja. Se on merkittävä toimija esikuitukartongin ja paperin toimittajana, joka tarjoaa tuotteita kuluttajapakkauksiin sekä mainosalan ja viestinnän tarpeisiin (Vuosikertomus 2010).

Metsä Tissue on Metsäliiton pehmo- ja ruoanvalmistuspapereiden valmistaja, joka tarjoaa tuotteita kotitalouksille ja ammattikäyttäjille. Yhtiöllä on tuotantolaitoksia Suomessa, Puolassa, Ruotsissa, Saksassa, Slovakiassa ja Venäjällä. Tunnetuimpia tuotemerkkejä on mm. Serla, Lambi, Katrin ja Saga. (Vuosikertomus 2010)

2.1 Mäntän paperitehdas

Mäntän koski on ollut hyötykäytössä 1800-luvulta asti. Aluksi koskesta on kalastettu ja otettu voimaa viljamylyihin. Koskessa on ollut parhaillaan viisi viljamylyä. Teolli-

nen toiminta alkoi 1850-luvulla sahatoimintana. Gustaf Aadolf Serlachius perusti koskeen puuhiomon 1868. Serlachius osti koskessa olleen sahatoiminnan, mistä alkoi G.A.Serlachius Oy:n toiminta toden teolla. Paperin valmistus Mäntässä alkoi 1800-luvun puolella. (Mönkkönen 1992, 15-30.)



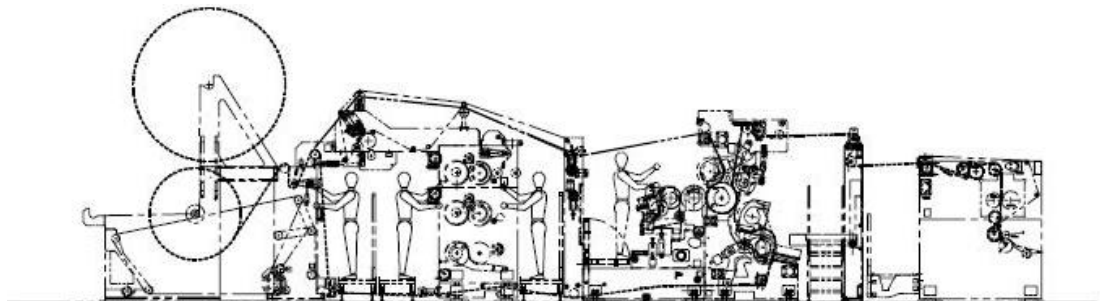
KUVIO 1. Mäntän paperitehdas.

Pehmopaperin valmistus Mäntässä alkoi vuonna 1908 ja tiivispaperituotanto vuonna 1924. Toiminta oli nousujohteista ja laajeni merkittävästi. Mänttään muun muassa rakennettiin sellutehdas, minkä toiminta on sittemmin loppunut. Nykyään Mäntässä on kolme pehmopaperikonetta ja kaksi tiivispaperikonetta. Pehmopaperintuotanto on noin 100000 t/vuosi ja tiivispaperia noin 30000 t/vuosi. Tehtaalla on siistaamo, joka tuottaa noin 60 000 tonnia uusiomassaa vuodessa pehmopaperin tuotantoon. Lisäksi tehtaalla jalostetaan pehmopaperia WC-, pyyhe- ja talouspapereiksi 12 jalostuslinjalla ja tiivispaperia leipomispapereiksi seitsemällä jalostuslinjalla. Jalostuskapasiteetti on yhteensä noin 70000 t/vuosi. Tehdas työllistää 560 työntekijää ja on Mäntän suurin työnantaja.

2.2 Pehmopaperin jalostus

Pehmopaperin jalostamisessa raakarullista tehdään erilaisia lopputuotteita. Käyttäjärühmät löytyvät niin kotitalouksista kuin teollisuudesta ja suurkulutuksesta. Tuotteita ovat mm. WC-paperit, talouspaperit, nenäliinat, käsipyyhepaperit ja teollisuuspyyhepaperi. Erilaisille lopputuotteille tarvitaan erilaisia jalostuskoneita.

Opinnäytteeni koskee jalostuslinjaa, jolla tehdään wc- ja talouspapereita. Jalostuskoneen on valmistanut Italialainen Fabio Perrini. Ensimmäinen versio on valmistunut vuonna 1995 ja sitä on uusittu moneen kertaan. Viimeisin suurempi revisio tehtiin vuonna 2009, jolloin linjaan lisättiin laminointiyksikkö ja uusittiin monia yksiköitä. Jalostuslinjalla monikerroksinen raakapaperi avataan kerroksittain ja siihen tehdään halutut painatukset ja kuvioinnit. Painatuksen ja kuvioinnin eli embossauksen jälkeen paperisäikeet liimataan takaisin päällekkäin eli laminoidaan. Tämän jälkeen paperiin tehdään repäisykohdat eli perforointi. Nyt paperi on valmis rullattavaksi paperitangoiksi. Paperitangot sahataan wc- tai talouspaperirulliksi tankosahalla.



Kuvio 2. Jalostuskoneen sivuprofiili rullausyksikköön asti. Kuvassa näkyy vasemmalta lukien aukirullain, embosseri, laminointiembosseri ja rullaaja.

Jalostuslinja koostuu siis seuraavista laitteista: aukirullain, embossausyksikkö, laminointiyksikkö, rullaajayksikkö, häntäliimaaja, varaaja, pudotusyksikkö ja tankosaha. Linjan jälkeen rullat kulkevat kuljettimella pakkaus koneeseen, jossa rullat pakataan muovisiin myyntipakkauksiin. Pakkauksia on monen kokoisia. Jotkut pakkaukset kulkevat vielä säkitimeen, jossa pakataan monta pakkausta yhdeksi isommaksi säkiksi.

Lopulta pakkaukset ja säkit menevät lavauslinjalle, jossa tehdään kuljetuslavat valmiiksi.

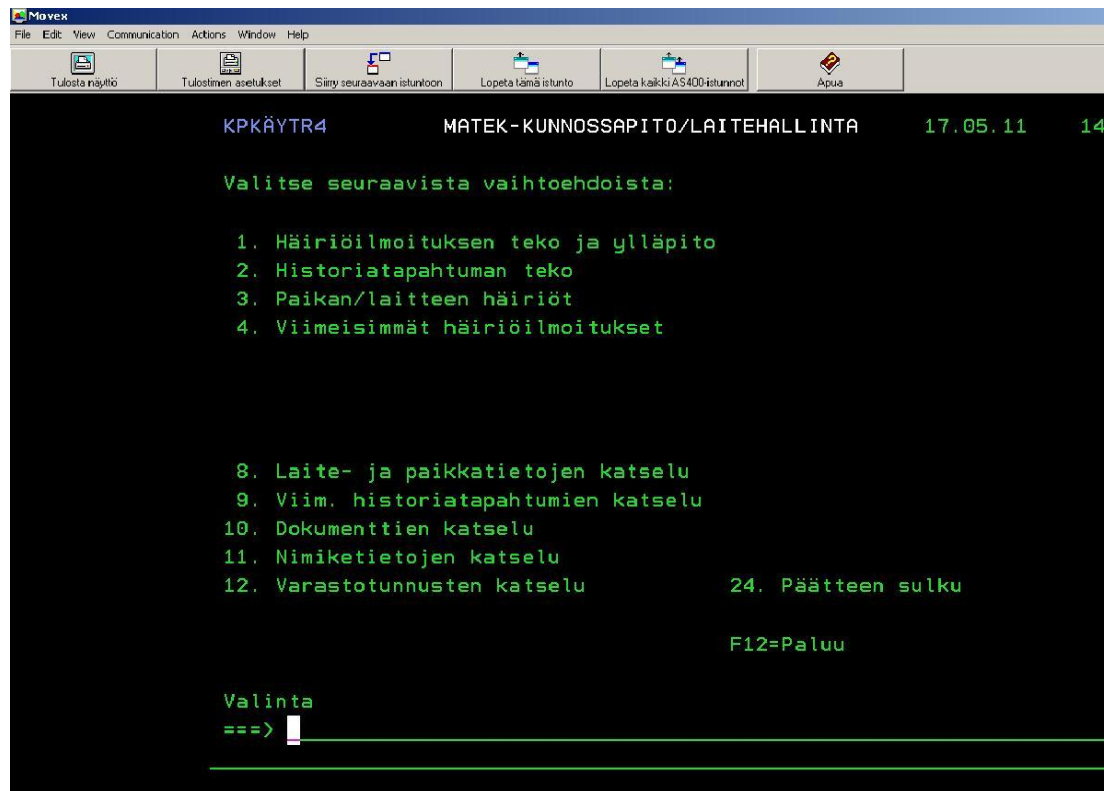
2.3 Kunnossapito Mäntän paperitehtaalla

Mäntän paperitehtaan kunnossapito on toteutettu tehtaan omilla voimilla. Kunnossapito-organisaation johtaja on kunnossapitopäällikkö, joka toimii suoraan tehtaanjohtajan alaisuudessa. Kunnossapitopäällikön alaisuudessaan työskentelee kunnossapitoinsinööri, joka vastaa myös energia-asioista, työn suunnittelijat, joista yksi on painottunut enemmän jalostuspuolen kunnossapidon suunnitteluun ja toinen paperitehtaan kunnossapitoon ja sähköautomaation suunnitteluun ja kolmas tekee projektiluontoisesti työtä uuden kunnossapitojärjestelmän kanssa. Lisäksi kunnossapitoorganisaatioon kuuluu kunnossapidon asiantuntijatehtävissä oleva henkilö, joka on erityisesti rakennus- ja lvi-tekniikan tuntija ja tekninen piirtäjä, joka vastaa myös siistijöiden työnjohtamisesta. Siistijät kuuluvat myös kunnossapito-organisaatioon. Varaston työnjohtaja toimii myös teknisenä ostajana ja kuuluu kunnossapitoorganisaatioon.

Kunnossapidon työnjohtajat ja asentajat kuuluvat tuotannon alaisuuteen, koska tehtaalla noudatetaan käyttäjäkunnossapitostrategiaa. Mekaanisen kunnossapidon työnjohtaja johtaa asentajia niin jalostuksen kuin paperitehtaan puolella, samoin kuin automaatiotyönjohtaja. Mekaanisia kunnossapitoasentajia on noin 30 ja automaatioasentajia noin 20. Asentajat tekevät päivätyötä, eli iltaisin ja viikonloppuisin kunnossapitotehtävät tehdään käyttäjälähtöisesti. Asentajista koostuu myös pieni vuororyhmä, jossa on mekaanisia ja automaatioasentajia. Jokaisessa tuotannon työvuorossa on ainakin yksi kunnossapidon taitaja, jolla on tuotannon tehtävä. Tarpeen vaatiessa hän irtaoo tehtävästään ja avustaa kunnossapitotyössä.

Tehtaalla kunnossapidossa on kaksi erillistä kunnossapidon tietojärjestelmää. Matek 6.0 ohjaa varasto- ja varaosatoimintoja. Kunpi-kunnossapito toimii työtoiminnoissa ja historiatietojen keräämisessä. Matek on vanhahko merkkipohjainen tietojärjestelmä, jonka käyttö vaatii totuttelua aika paljon. Ikkunoissa näkyviä ohjeita seuraamalla käyttö sujuu totuttelun jälkeen kohtuullisesti. Toisinaan käytettävyydessä on ongel-

mia ja ohjelma saattaa pätkiä. Matekista löytyy laitehierarkia, mutta se ei ole täydellinen. Toiminnallinen taso on hyvä, mutta sen alataso on suoraan osa (item) taso ja laitetaso puuttuu kokonaan. Esimerkiksi aukirullain on toiminnallinen taso ja sen alla on suoraan aukirullaimen osat. Väliin ainakin itse kaipaisin laitetasoa, joka voisi olla esimerkiksi taittotela, istukka yms. Näiden laitteiden alla voisi olla laitteen varaosat. Näin olen myös omassa työssäni hierarkiaa rakentanut.



Kuvio3. Matekin aloitusnäyttö, josta näkyy käyttäjän toiminnot.

Kunpi-kunnossapito on tietokanta jolla hallinnoidaan työtilauksia, –määräimiä ja historiatietoja tehdyistä kunnossapitotöistä. Kunpi-kunnossapito ei ole ollut käytössä kovin kauan. Kunpissa suunnitellaan suunnitellut seisokit ja sieltä voi selata seisokkitöitä jokaiselle seisokille. Kunpista näkee työhistorian ja voi tehdä hakuja haluamalleen laitteelle. Kirjaamiskäytännössä olisi kehitettävää, jotta tietoja voitaisiin hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti.

3. KUNNOSSAPITO

3.1 Perinteinen kunnossapito

Kunnossapito on asioiden, kuten prosessien, koneiden, laitteiden ja rakenteiden yms. pitämistä toimintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti. Esiin tulevat viat korjataan ja ympäristö- ja turvallisuusriskit hallitaan . (Järviö 2007, 15.)

SFS-EN 13306 standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.

Toisaalta PSK 6201 standardi määrittelee kunnossapidon hieman eritavalla seuraavasti:

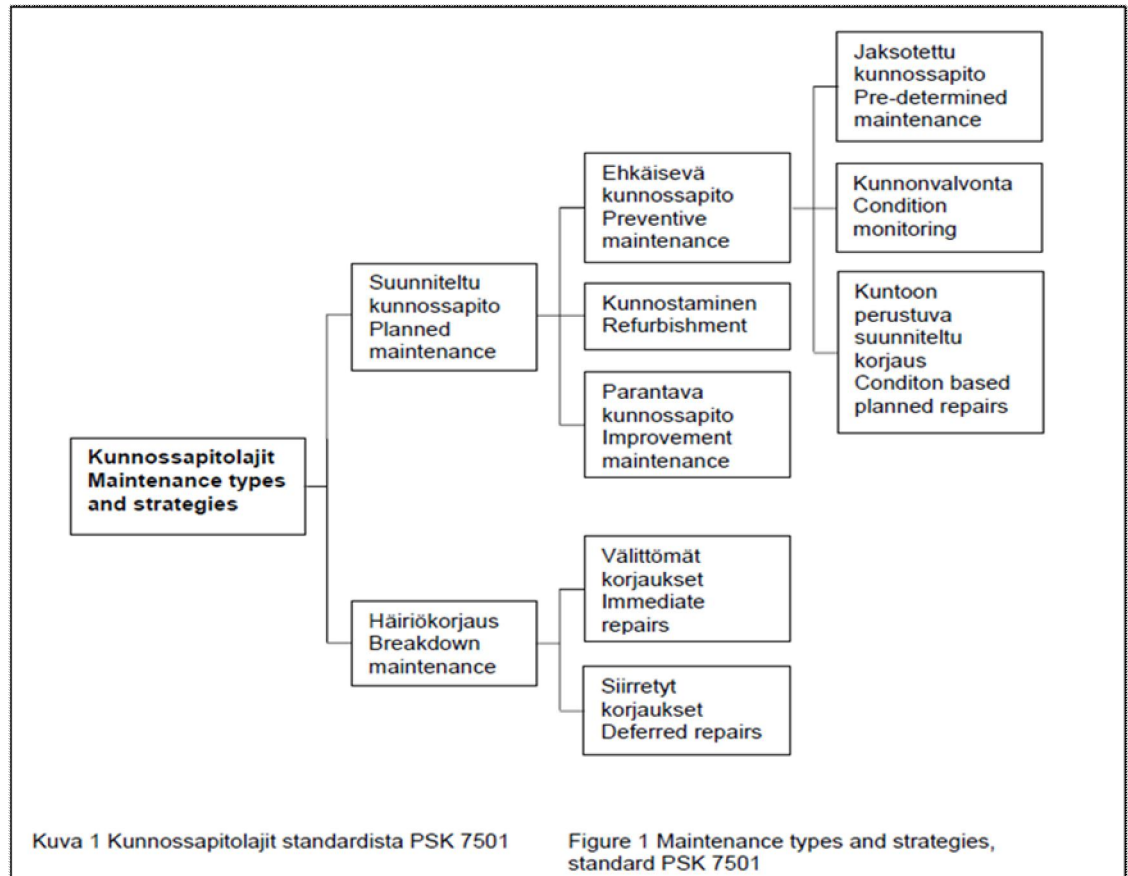
Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.

Kaikki prosessit muuttuvat koko ajan, esimerkiksi kulumalla ja rikkoutumalla. Kunnossapito voi olla keino vastustaa ja hidastaa kulumista tai jopa kompensoida sitä. Yksinkertaistettuna tämä tarkoittaa erilaisten asioiden pitämistä toimintakuntoisena siten, että ne toimivat ja mahdolliset viat korjataan. (Järviö 2007, 11.)

Kunnossapito on teollisuuden merkittävä kustannuserä, jonka kehittäminen voi olla tärkeä kilpailuetu prosessien parantuneen käyttövarmuuden ja tehokkuuden vuoksi. Energian hinnan nousu näkyy tässä keskeisesti, koska tehokkuuden parantaminen vähentää energian kulutusta merkittävästi. (Järviö 2008, 14.)

3.2 Kunnossapitolajit

PSK 7501 standardi jakaa kunnossapitolajit sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantokatkoksen.



KUVIO 4. Kunnossapitolajien jaottelu PSK 7501 standardissa

Kunnossapidon tärkein tehtävä on palvella tuotantoa niin, että prosessi toimii niin hyvin kuin mahdollista. Tehokas kunnossapito koostuu siitä, että kunnossapitäjät osaavat laatia koneille ja laitteille mahdollisimman hyvän kunnossapitostrategian ja toteuttaa sen siten, että koneet toimivat mahdollisimman tehokkaasti. Kunnossapidon töitä on erityyppisiä. Kunnossapitotoimintaan kuuluu pääsääntöisesti viisi lajia, jotka ovat:

- Huolto
- Ehkäisevä kunnossapito, johon sisältyy jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito sekä ennustava kunnossapito

- Korjaava kunnossapito, johon sisältyy kunnostaminen ja korjaaminen
- Parantava kunnossapito
- Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen (Järviö 2007, 47–52.)

Huoltamisella tarkoitetaan kohteen käyttöominaisuuksien ylläpitämistä esimerkiksi puhdistamalla tai kalibroimalla yms. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään ennustamaan koneen vikaantumismahdollisuudet ja estämään ne. Näin voidaan vähentää koneen vikaantumisen todennäköisyyttä. (Järviö 2007, 47–52.)

Ehkäisevää kunnossapitoa on esimerkiksi käynnin ja kunnan valvonta ja tarkastaminen. Tavoitteena on pienentää toimintakyvyn vähenemistä tai rikkoontumisen mahdollisuutta. (Järviö 2007, 47–52.)

Korjaavaa kunnossapitoa on kohteen käyttökuntoon palauttaminen rikkoontumisen jälkeen. Toimenpiteitä korjaavalle kunnossapidolle on esimerkiksi vian määrittäminen ja korjaus yms. (Järviö 2007, 47–52.)

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen osaan. Kohdetta voidaan parantaa uusilla paremmilla osilla, suunnittelemalla uudestaan luotettavammaksi ja modernisoimalla erityisesti suorituskykyisemmäksi. (Järviö 2007, 47–52.)

Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen ei ole toistaiseksi mielletty kunnossapitoon kuuluvaksi toiminnoksi esimerkiksi standardeissa, vaikka se onkin tärkeää. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä selvitetään vikaantumisen syy ja vikaantumisprosessi esimerkiksi vika-analyysillä, juurisyyanalyysillä tai muulla tavoin. (Järviö 2007, 47–52.)

3.4 Ehkäisevä kunnossapito

Yleensä ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä ja suunniteltua kunnossapitotoimintaa. Ehkäisevä kunnossapito koostuu toimintaolosuhteiden vaalimisesta, tarkastuksista ja kunnostamisista. Tavoitteena on vikaantumisen vähentäminen. Vikojen analysoinnilla ja parantavalla kunnossapidolla on sama tavoite, mutta ne ovat kertaluonteisia investointeja ja ei siksi täytä ehkäisevän kunnossapidon määritelmää. Ennusta-

va kunnossapito, jossa erilaisin mittauksin pyritään selvittämään koneen toimintakykyä, voidaan laskea kuuluvan ehkäisevän kunnossapidon piiriin. (Järviö 2007, 72–73.)

Ehkäisevällä kunnossapidolla voitaisiin luotettavuuden tasoksi asettaa täydellinen toimintavarmuus, mutta se ei ole tavallisesti ole suositeltavaa, koska silloin ennakkohoitokustannukset nousevat kohtuuttomiksi. Tärkeämpää on määritellä tavoiteltava toimintavarmuus, jonka avulla koetetaan selvittää tarvittava ennakoivan kunnossapidon määrä. Turvallisuus ja ympäristöriskit on nousemassa entistä tärkeämmiksi asioiksi ehkäisevää kunnossapitoa suunniteltaessa, koska tällaisten riskien toteutuessa yrityksen johto joutuu siitä vastuuseen. Tällaisia vahinkoja ei voida eikä saa hyväksyä. Ennakoivaa kunnossapitoa ei välttämättä aina kannata tehdä. Jotta ennakoiva kunnossapito kannattaisi, täytyy laiteen rikkoutumisesta ja tuotannon menettämisestä johtuvat kustannukset olla suurempia kuin ennakkohoitoon käytetyt kustannukset. Toisaalta tarvitaan myös olemassa oleva ennakkohoitomenetelmä ehkäistävälle vikamuodolle. (Järviö 2007, 73.)

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu on kunnossapidon haastavimpia aiheita. Yleisesti ottaen ehkäisevän kunnossapidon suunnitteluvaiheessa on otettu huomioon vikahistoria, varastotiedot varaosista, koneen toimintatavat ja valmistajien suositukset. Tällainen toimintamalli voi helposti johtaa liialliseen ennakkohoito-ohjelmaan. RCM menetelmän asiantuntijana tunnetun Moubrayn mukaan ennakkohoitotöistä 40-70% tehdään turhaan, koska menetelmät kohdistuvat väärin asioihin tai ovat tehottomia. (Järviö 2007, 73-74.)

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelun pohjana on hyvä käyttää kunnossapidon analyysijä apuna. Suunnittelu kriittisyysanalyysin avulla tehdään vaiheittain. Ensimmäisenä rajataan kohde, jotta projekti pysyy hallittavana. Prosessi jaetaan toiminnallisiin yksiköihin ja näille yksiköille määritetään toiminnot, joiden estyminen halutaan välttää. Kohteet priorisoidaan A-, B- ja C-luokkiin yksilöllisesti mietityllä pisteytyksellä. Lopulta ennakkohoitotehtävät määritellään vain tärkeimmille kohteille. RCM -analyysissä tehdään vika-vaikutus -tarkastelu toiminnoille. Vaikutusten perusteella arvioidaan vahinkoja ja kustannuksia. Näiden perusteella priorisoidaan ennakkohoitotehtävät. Verrattuna perinteiseen reagoivaan kunnossapitoon ehkäisevällä kunnossapidolla saavutetaan merkittävä taloudellinen säästö. Suunnitellun kunnossapidon kustannus

on noin puolet suunnittelemattoman kunnossapidon kustannuksesta. Lisäksi suunnittelemattomaan kunnossapitoon voidaan lisätä puutekustannus, joka voi olla kymmenkertainen kustannus. Ero ennen puutekustannusta selittyy tehokkuuden parantumisella. Asiantuntija-arvioiden mukaan todellinen tehokkuus perinteisessä kunnossapidossa on vain noin 35 %. Suunnitelmallisuus voi lisätä tehokkuuden yli 55 prosentin. (Järviö 2007, 73–79.)

3.5 Laitteiden kriittisyysluokittelustandardi PSK6800

Standardi PSK 6800 kuvaa menetelmää kohteiden kriittisyyden selvittämiseksi teollisuudessa. Menetelmässä kriittisyyteen vaikuttaa taloudellisuus-, turvallisuus- ja ympäristötekijät. Kriittisyydellä tarkoitetaan kohteen ominaisuutta, joka kuvaa riskin suuruutta. Riskin suuruus on vaikutusten ja todennäköisyyden tulo. Kohde on kriittinen, jos kohteen riskitekijät eivät ole hyväksyttävällä tasolla. (PSK 6800 2008, 1-2.)

PSK 6800 standardin mukaan kriittisyyden arviointimenetelmä tehdään seuraavalla tavalla. Aluksi määritellään tarkastelun laajuus. Toiseksi määritellään tuotannon menetyksen painoarvo. Tuotannon menetyksen painoarvokerroin lasketaan kertomalla painoarvokertoimet tuotantoyksikkö, tuotantolinja, prosessi ja osaprosessi. Nämä painoarvokertoimet taas riippuvat suhteellisesta osuudesta laitoksen tuotoksesta ja lähtövirran välttämättömyydestä. Kolmanneksi arvioidaan muiden painoarvojen soveltuvuus kohteelle. Tarvittaessa painoarvoja voidaan muuttaa sopivimmiksi. Neljänneksi listataan kohteen laitteet standardin mukaiseen taulukkoon. Viidentenä valitaan laitteille taulukosta kertoimet. Turvallisuus- ja ympäristökerroin ovat välillä 0-16 vikaantumisväli 1-8 ja muut 0-4. Taulukkolaskentaohjelma laskee kriittisyysindeksin ja osaindeksit annettujen arvojen mukaan. Lopuksi laitteet listataan saadun kriittisyysindeksin mukaan. Tarkastelun lähtökohtana voi olla myös jokin osaindekseistä, esimerkiksi ympäristö. (PSK 6800 2008, 3-6.)

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

¹⁾ Lukuarvot ovat ohjeellisia

KUVIO 5. PSK6800 standardin pisteytysohje. (PSK 6800 2008, 7.)

Turvallisuusriskin ja ympäristöriskin kerroin kasvaa eksponentiaalisesti. Kerroin voi olla 0, 2, 4, 8 tai 16. Muiden arvioitavien kohteiden kerroin nousee normaalisti nolasta neljään. Kuvion valintakriteerinä olevat ajat ovat esimerkkejä. Ajat valitaan oman käyttökohteen mukaan. (mts. 7-9.)

Standardissa on saatavilla liitteenä valmis Excel-taulukon pohja, jossa on valmiina laskukaavat. Taulukkoon tulee täyttää laitehierarkian mukaan kohteina olevat toimintopaikat. Lisäksi kriittisyyden raja-arvo ja tuotannonmenetyksen raja-arvo tulee arvioida kohteen mukaan, vaikka valmiina onkin oletusarvo.

Standardissa on esimerkkinä kartonkikoneelle tehty kriittisyysluokittelu. Taulukon hierarkiassa voidaan kuvata laitos, tuotantoyksikkö tai tuotantolinja. Esimerkki sopii hyvin tuotantokeskeiseen mallin tarkastelemiseen. (PSK 6800 2008, 12.)

Laitos
Kriittisyysluokittelun kohde
Tekijä
Versio
Päiväys

Kriittisyyden raja-arvo 700
Tuotannon menetyksen painoarvokerto Wp 100

Toimintopaikan tunnus	Toimintopaikan nimi	Vikaantumisvähä (1...8)	Turvallisuus (0...15)	Ympäristö (0...15)	Tuotannonmenety (0...4)	Loppu- tuotteen laatu- kustannus (0...4)	Korjaus- kustannus (0...4)	Kriittisyys- indeksi	Kriittisyyden osaindeksit					
		Painoarvo W →	30	20	100	30	20	K	Ka	Ka	Kp	Kq	Kr	
KO-246	3 PURISTIN YLÄTELA	3	8	0	3	2	3	1980	720	0	900	180	180	
KO-247	3 PURISTIN ALATELA	3	8	0	3	2	3	1980	240	0	270	180	180	
KO-250	2 KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ	3	4	4	3	2	2	1800	120	240	270	180	120	
KO-244	1 PURISTIN YLÄTELA	3	4	0	3	2	3	1800	380	0	900	180	180	
KO-243	1 PURISTIN ALATELA	3	4	0	3	2	3	1800	380	0	900	180	180	
KO-242	2 PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480	120	320	240	120	120	
KO-241	2 PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480	120	320	800	120	120	
KO-239	1 PURISTIN KK1 ALAJUOVANJOHTOTELA 3 kpl	3	2	0	2	2	2	1080	180	0	900	180	120	
KO-233	3 PURISTIN KARTONGINJOHTOTELA	3	2	0	2	2	2	1080	180	0	900	180	120	
KO-210	VIIRAN IMUTELA	2	4	2	3	3	3	1220	240	80	180	180	120	
KO-210	VIIRAN IMUTELAN KÄYTTÖ	2	4	4	2	2	2	1000	240	180	120	120	80	
KO-238	Puristin 1 aistilain käyttö	2	2	2	1	2	2	800	120	80	80	120	80	
KO-209	VIIRAN VETOTELA	2	4	2	2	2	2	920	240	80	400	120	80	
KO-232	KK 1:N PAINESYNTI	2	2	2	1	2	1	580	120	80	80	120	40	
KO-204	RINTATELA	2	2	2	1	2	1	580	80	80	80	120	40	
KO-258	3 KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ	2	2	2	1	2	1	580	80	80	80	120	40	
KO-200	KK 1 PERALÄTIKKO	2	0	0	2	2	0	820	0	0	120	120	0	
KO-284	YLÄVIIRAN KIRISTIN, 3 KUIVAUSRYHMÄ	1	4	4	2	2	2	800	120	80	200	80	40	
KO-257	KUIVAUSSYLIINTERI N:O 1	1	2	4	2	3	2	470	80	80	200	80	40	
KO-258	KUIVAUSSYLIINTERI N:O 2	1	2	4	2	3	2	470	80	80	200	80	40	
KO-251	KUIVAUSSYLIINTERI N:O 3	1	2	4	2	3	2	470	80	80	200	80	40	
KO-235	VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ	2	2	2	1	0	2	480	120	80	200	0	80	
KO-232	VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ	2	4	2	2	0	2	800	240	80	120	0	80	
KO-228	VIIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl	2	2	2	2	1	1	700	120	80	120	80	40	
KO-222	VIIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl	2	2	2	2	1	1	700	80	80	120	80	40	
KO-225	HUOVANKIRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA	1	2	4	1	1	1	280	80	80	100	30	20	
KO-219	YLÄVIIRAN KIRISTIN, 3 KUIVAUSRYHMÄ	1	2	2	1	2	2	300	80	40	100	80	40	
KO-214	YLÄVIIRAN OHJALUOTELA, 3 KUIVAUSRYHMÄ	1	2	2	1	2	2	300	80	40	100	80	40	
KO-206	HUOVANKIRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA	1	2	2	1	1	1	280	80	40	100	30	20	
JÄ-210	JÄLKIJALUIN 2	1	0	0	0	0	4	80	0	0	0	0	80	
KO-208	Puristin 1 aistiluvan sulkuupukien osittolain	1	0	0	0	2	0	80	0	0	0	80	0	

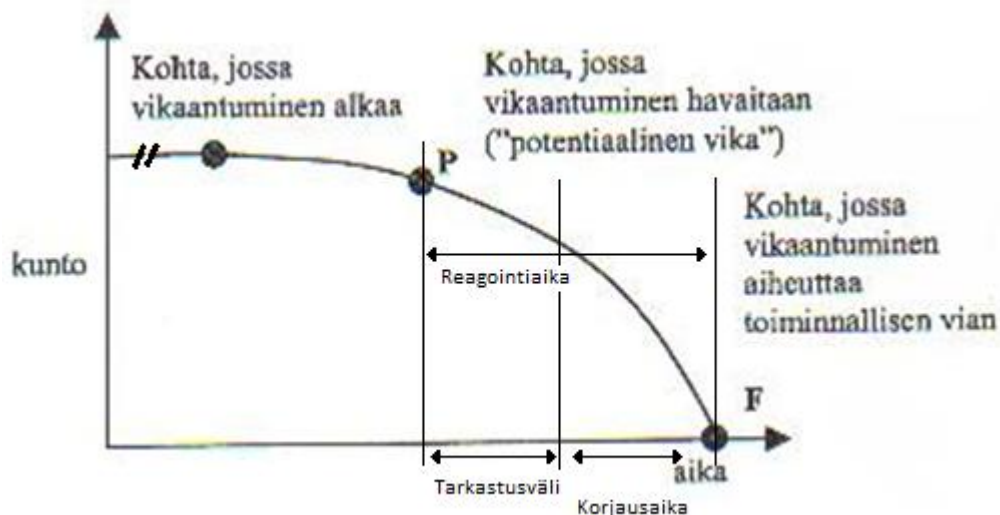
KUVIO 6. Kartonkikoneelle tehty kriittisyysluokittelu. (PSK 6800 2008, 12.)

3.6 Vikaantumisen

Kaikki laitteet on suunniteltu pysymään kunnossa ja toimimaan moitteettomasti. Laitteen oikea suunnittelu, käyttö ja oikeat olosuhteet takaavat sen, että laite ei vikaannu. Syntyvällä vialla on aina syntymekanismi, joka on yleensä pitkän kehitysketjun viimeinen lenkki. Vikaantumisen ymmärtäminen on kunnossapidossa hyvin keskeistä, koska vikojen estäminen on kunnossapidossa tärkeämpää kuin tehokas korjaava kunnossapito. Vikaantumisen ymmärtämisellä tarkoitetaan sitä, että voidaan saada selville miksi ja miten jokin laite vikaantuu. Kun vikaantumassa olevan laitteen vikaantumiseen voidaan puuttua tarpeeksi varhain, voidaan estää suurempaa vaurioitumista merkittävästi. Esimerkiksi pumpun laakerivika voi johtaa akselin katkeamiseen, vaikka vikaantumisen huomaamisella laakereiden uusiminen olisi riittänyt. (Järviö 2007, 53.)

Vikaantumisen eri vaiheita voidaan kuvata PF-käyrän avulla. Vika on aluksi huomaamaton ja oireeton. Vian kehittyessä se alkaa oireilla ja toiminto voi vaikeutua tai hidastua, mutta jatkuu kumminkin vielä. Oirehtimisaika riippuu mekaanisista ja

vaihtelee paljonkin, vuosista sekunnin osiin. Mikäli oirehtimisaika on tietäytyypisillä samankaltaisilla vioilla riittävän pitkä, rikkoontuminen voidaan estää havaitsemalla vika ja suunnittelemalla korjaava toimenpide ennen rikkoontumista. Ehkäisevän kunnossapidon optimaalinen tarkastusväli on puolet siitä ajasta, joka kuluu vian havaittavasta alkamisesta rikkoontumiseen. Tämän ajan määrittäminen on kuitenkin todella haastavaa ja uusille laitteille liki mahdotonta. Kaikista vioista voidaan löytää noin 33-40 % oireilun perusteella. Ongelmana voi olla myös tarkastelunäkökulma. Kunnossapitäjällä ja koneen käyttäjällä voi olla erilainen mielipide siitä, milloin laite on rikkoontunut. Vaihdelaatikosta tippuva öljy merkitsee kunnossapitäjälle rikkinäistä laatikkoa, koska öljyä ei saa vuotaa. Käyttäjälle vaihde on rikki vasta sitten, kun se ei enää toimi normaalisti. (Järviö 2007, 56.)



KUVIO 7. P-F käyrä (Muokattu lähteestä Järviö 2008, 56) .

Vikaantumisen todennäköisyyttä ja laitteen eliniästä muodostuvia vikaantumismalleja tunnetaan kuusi erilaista. Malleista kolme perustuu aikaan ja vanhentumiseen. Toiset kolme kuvaavat satunnaista vikaantumista, jolloin vika voi tulla milloin vain käyttöajasta riippumatta. Jaksotettu ennakoiva kunnossapito (esim. osan vaihto uuteen) ei kannata sellaisessa kohteessa, joka noudattaa satunnaisen vikaantumisen mallia, koska se ei vaikuta vikaantumiseen. Esimerkiksi ruotsalainen SFK on tutkinut laakereiden vikaantumista ja todennut sen noudattavan satunnaisen vikaantumisen mallia. Laakeriviat johtuvat heidän mukaan asennusvirheistä, puutteellisesta voitelusta, epäpuhtauksista tai muista syistä (epätasapaino, irronnut osa, normaali väsy-

minen). Väsymistä lukuun ottamatta mikään noista ei perustu aikaan. Aikaan perustuvaa vikaantumismallia sen sijaan esiintyy sellaisilla yksinkertaisilla laitteilla, jotka ovat suorassa kosketuksessa tuotteiden tai materiaalien kanssa, esim. pumpun siipipyörä. (Järviö 2007, 58–60.)

Vikaantumismalleissa A-malli kuvaa vikaantumista siten, että laitteella on käynnistetäessä ns. "lastentauteja" eli esim. valmistusvikoja. Vikaantuminen laskee sen jälkeen normaalille tasolle pysyen siinä, kunnes loppuiällä vikaantuminen lisääntyy. B-mallissa vikaantuminen on kokoajan tasaista, kunnes loppuiällä vikaantuminen lisääntyy. C-mallissa vikaantuminen kasvaa tasaisesti iän myötä. Kaikille kolmelle mallille on ominaista vikaantumisen lisääntyminen ajan kuluessa.

Vikaantumisen D-mallissa vikaantuminen on aluksi vähäistä, mutta vakiintuu omalle tasolle ja pysyy siinä loppuun saakka. E-mallissa vikaantuminen on koko eliniän tasaista. Mallissa F vikaantuminen laskee alun vikaantumisten jälkeen omalle tasolle, jossa pysyy loppuun saakka. Näillä kolmella vikaantumismallilla vikaantuminen on pääasiassa alkua lukuun ottamatta satunnaista, eli vikaantuminen ei riipu käyntiajasta.

3.7 Kunnossapidon kustannukset

Kunnossapito on tuotantoa tukeva ja parantava tekijä. Taloudellisen merkityksen määrittäminen on haastavaa. Taloudellista merkitystä lähestytään tuotannollisessa teollisuudessa usein puutekustannuksen tai tuotannon menetyksen kautta.

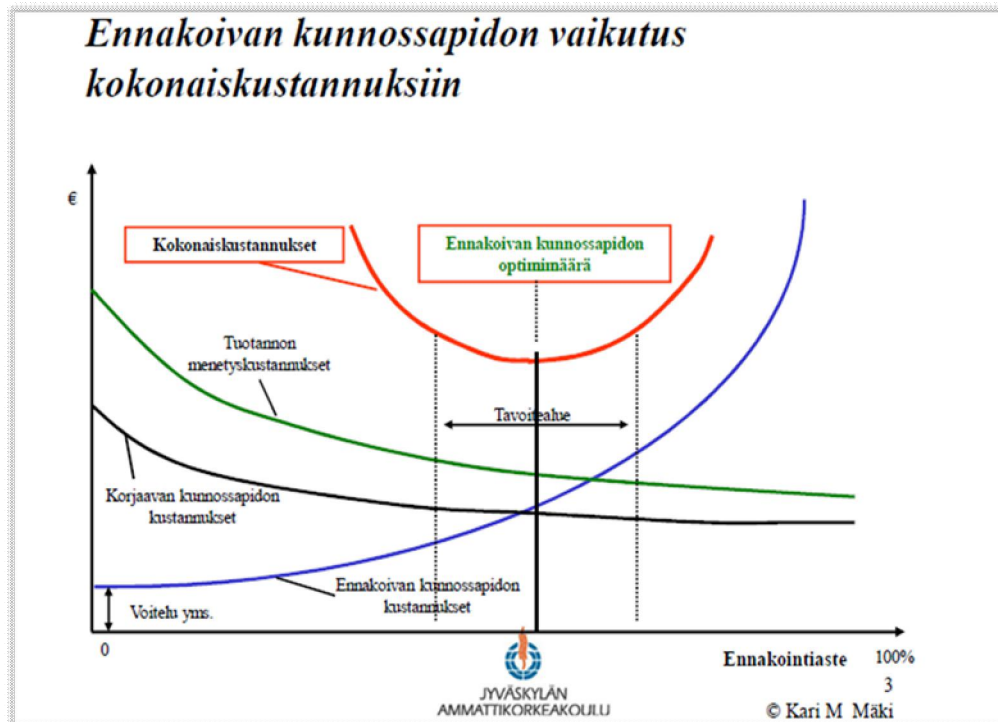
Laittevalmistajille kunnossapitoa voidaan mitata normaaleilla talouden mittereilla, kuten liikevaihdolla, koska laitevalmistajat myyvät laitteidensa ohessa usein kunnossapitopalveluja. (Mikkonen 2009, 37.)

Kunnossapito on teollisuusyritysten suurimpia kustannusten aiheuttajia.

Kunnossapitokustannus on konrolloimaton kustannus. Kunnossapidon vaikutusta yrityksen tulokseen ei voi arvioida suoraan. Sen tunteminen olisi kuitenkin tärkeää, jotta kunnossapidon edut ja tuoton arvioiminen olisi mahdollista. Hyvin johdetuissa yrityksissä panostetaankin siihen, että kunnossapito pysyy hallinnassa ja kustannukset kontrollissa. Kunnossapidon panos-tuotos suhteen selvittäminen on

haastavaa ja vaatii ammattitaitoa. Kunnossapidon avulla saavutetun tuloksen paraneminen voidaan helposti ymmärtää johtuvan muista syistä, esimerkiksi markkinoinnin lisääntymisestä tai myynnin tehostumisesta. Kunnossapito-osastolle kuuluva ansio voi siten valua yrityksen muille osastoille. Tämän virheen välttämiseksi kunnossapitäjien pitää itse pystyä laatimaan pitävät suunnitelmat ja budjetit ja seurattava niitä tuottojen suhteen. (Mikkonen 2009, 38.)

Teollisuuden kunnossapitokustannukset jakautuvat kolmeen alueeseen melko tasaisesti. Oma työ, materiaalit ja ostetut palvelut. Omaan työhön kuuluu muun muassa palkat, koneet, työkalut jne. Materiaalit kattavat varaosat, aineet ja tarvikkeet. Palveluita ovat alihankintatyöt. Suuntaus on viimeaikoina ollut sellainen, että oman työn osuus on valunut ostettujen palveluiden puolelle esimerkiksi siksi, että eläköityvän osajan tilalle voidaan helposti ottaa urakkamies. Ydintoiminnan ulkopuolella olevia toimintoja ulkoistetaan trendin omaisesti. Kunnossapitolajeittain kustannukset jakautuvat niin ikään kolmeen osaan: häiriökorjauksiin, ehkäisevään kunnossapitoon ja parantavaan sekä muuhun suunniteltuun kunnossapitoon. Myös elinjaksoajattelu on nousemassa entistä merkittävään asemaan. Laitteille pyritään ennakoimaan koko elinkaaren ajalle kustannukset ja tuotot. Elinjaksokustannukset jaetaan yleisesti investointikustannuksiin, käyttökustannuksiin, kunnossapitokustannuksiin ja hävittämiskustannuksiin. (Mikkonen 2009, 40-43.)



KUVIO 8. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin (Mäki 2010, Luentomateriaali.)

Ennakoivalla kunnossapidolla pystytään parantamaan laitteen käytettävyyttä ja sitä kautta vaikuttamaan käyttökustannuksiin, varsinkin jos verrataan sellaiseen tilanteeseen, jossa ennakoivaa kunnossapitoa ei tehdä ollenkaan. Säästöä syntyy, koska suunnittelemattomat tuotantoseisokit voivat vähentyä ja sitä kautta myös puutekustannukset vähenevät. Toisaalta vikaantumisen estäminen voi estää vioista johtuvia suurempia vaurioitumisia ja pidentää käyttöikä. Prosessiteollisuuden puutekustannus on yleensä suuri. Tärkeää on löytää sopiva ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon suhde, jotta kustannukset saadaan optimoitu. Esimerkiksi analyysien tuloksena tehty ennakkohuoltosuunnitelma voi jopa nostaa kunnossapitokustannuksia, mutta laitteen tehokkuuden ja tuotannon parantuessa voidaan saavuttaa säästöjä pitkällä aikavälillä. Ennakointiasteella tarkoitetaan ennakoivien kunnossapitotehtävien suhdetta korjaaviin kunnossapitotehtäviin. Kuviossa X selvitetään, että kokonaiskustannukset ovat suuret, jos ennakoivaa kunnossapitoa on liian vähän tai liian paljon. Tavoitealueella kokonaiskustannukset ovat pienimmillään ja ollaan siten optimialueella. Oikean huoltosuhteen

saavuttaminen on haasteellista, mutta kunnossapitoa analysoimalla ja vertailemalla tunnuslukuja se on mahdollista saavuttaa.

4. TOTEUTUS

4.1 Tutustuminen

Työn toteutus alkoi pienimuotoisella perehdytyksellä, jossa tutustuttiin koko paperitehtaaseen. Sain myös tarvittavat kulkuluvat sekä oman tietokoneen työn suorittamista varten. Perehdyttäjänä oli henkilö, joka on ollut tehtaalla työharjoittelussa ja kesätöissä aiemmin, joten hän tunsi paikat hyvin. Hän teki opinnäytetyötä tehtaassa kunnossapitoon samasta aiheesta minun kanssani, mutta kohteena oli paperikone ja pituusleikkuri. Opinnäytteissä on tarkoitus tehdä siinä määrin yhteistyötä, että tulokset olisivat vertailukelpoisia ja mahdollisimman yhdenmuotoisia.

Jalostuslinjan nimi TL1 tulee toiletti sanasta, vaikka koneella voidaan tehdä myös talouspaperia. Linjaan tutustuminen tehtiin koneella käyntien lisäksi lukemalla linjan käyttökäsikirjoja ja ohjeita. Linjan uusimman revision yhteydessä tehtaalle tuli käyttöön selainpohjainen opassivusto Periniltä. Opassivusto on ollut suurena apuna työtä tehdessä. Sivustolta löytyy revisiossa uusittujen laitteiden käyttöohjeet, säädöt ja toimintatavat. Siellä on myös todella tarkat räjäytyskuvat uusittujen laitteiden osalta. Sähköpiirustukset ja sähkövaraosat on myös kattavasti kuvattu sivustossa. Linjaan perehtymiseen käytettiin paljon aikaa tämän sivuston avulla. Lisäksi käytiin myös linjalla katsomassa konetta aina kun oli tarvetta.

4.2 Hierarkian luonti

Ruotsissa Metsä Tissuen tehtaalla tehdyn kriittisyysanalyysin pohjaa käytettiin tässäkin työssä apuna. Tästä analyysistä otettiin Excel-pohja tehtävien analyysien pohjaksi. Taulukon sarakkeissa on kuvattu hierarkia, analyysin pisteytys, kriittisyysluokka ja ennakkohuoltotehtävä. Taulukko on samankaltainen PSK 6800 standardin kanssa,

mutta sovellettu oman käytön mukaan. Korporaation kunnossapidon käsikirjan mukaisesti analyysissä pisteytetään turvallisuus-, tuotanto- ja kunnossapitokohdat pisteillä yhdestä neljään. Pisteet lasketaan yhteen ja otetaan keskiarvo ilman minkään kohdan painotusta. Kriittisyysanalyysin luokat määräytyvät pistekeskiarvon perusteella A-, B- ja C-luokkiin. $A \geq 3$ ja $B \geq 2$ ja $C < 2$. Excel-taulukkoon listattiin laitehierarkian mukaan kriittisyysanalyysiin tulevat laitteet. Hierarkiaa ei valmiina ollut, ja Matekin tiedot eivät olleet riittävän tarkkoja, jotta laitteet olisi voinut listata suoraan Matekista. Listausta varten käytiin jalostuslinja läpi räjäytyskuvien avulla ja siitä saatiin laitetaso, jolle luokittelu tehtiin. Tähän selvitystyöhön meni paljon aikaa, koska räjäytyskuvista osa oli verkkolevyillä tietokoneella, osa Internet-pohjaisessa opassivustossa ja osa dokumentoituna kansioihin. Tässä vaiheessa tehtiin myös jälkeenpäin ajateltuna turhaa työtä listaamalla laitetason alle vielä osalistaa. Osalistan olisi voinut jättää kriittisyysanalyysin jälkeen A- ja B- luokan laitteille tehtäväksi. Hierarkian tekeminen oli työlästä. Vakituisten työntekijöiden asiantuntemus oli suureksi avuksi.

Hierarkialistauksen loppuvaiheessa tehtaalla pidettiin ennakkohuollon aloituspalaveri, jossa tarkasteltiin tehtaan ennakkohuollon nykytilaa ja aloitettiin ennakkohuoltojen kehittäminen uutta tietojärjestelmää varten. Samassa palaverissa käytiin läpi toteutusvaiheessa olevat opinnäytetyöt tavoitteineen. Kriittisyysluokittelua varten luotiin omat kriittisyysryhmät jalostuspuolelle ja paperitehtaalle. Tämä kriittisyysryhmä kokoontui pian aloituspalaveriin, jossa käytiin läpi kriittisyysanalyysiä ja sen tarkoitusta ja toteuttamista.

4.3 Kriittisyyspalaverit

Kriittisyysluokittelu oli tarkoitus tehdä kriittisyyspalavereissa yhdessä tehtaan henkilöstön kanssa. Palavereihin oli tarkoitus osallistua minun lisäksi työsuunnittelijan, prosessi-insinöörin, kunnossapitotyönjohtajan ja asentajien. Palaverien koollekutsujana toimi jalostuspuolella kunnossapidon työsuunnittelija. Ensimmäisessä palaverissa todettiin että luokittelu olisi hyvä tehdä linjan vieressä, koska piirustusten perusteella oli vaikea saada selkoa kaikista laitteista ja hierarkian tarkoituksenmukaisuus-

desta. Samalla tuli esille, että linjan sähköosista pitäisi tehdä oma sivu Excel-taulukkoon. Tämän sähköpuolen kanssa oli vieläkin enemmän töitä verrattuna mekaaniseen puoleen ja projekti alkoi laajeta.

Kriittisyyspalaveriin oli vaikea löytää sellaista aikaa, joka olisi käynyt kaikille, joten kriittisyysluokittelua alettiin käymään läpi tavaten erikseen henkilöitä, joita kuului kriittisyys työryhmään. Kunnossapitoasentajan kanssa kävimme läpi kunnossapitokustannuksia laitteen korjaamiseen kuluvan ajan näkökulmasta. Samalla mietimme turvallisuusnäkökulmaa. Tuotannon vaikutukset kävimme läpi prosessi-insinöörin ja kunnossapidon työsuunnittelijan kanssa. Tämä hidasti kriittisyysmäärittelyä jonkin verran, koska kriittisyys luokiteltiin tavallaan kahteen otteeseen. Lopulta kriittisyysluokittelu valmistui vain mekaanisten laitteiden osalta. Sähköautomaation kriittisyysluokittelu jäi henkilökunnan tehtäväksi, mutta siihen on valmiiksi listattu sähköosia, jotka löytyivät matekista ja Perinin suosittelemista varaosalistasta.

Kriittisyyden muodostamiseen ei käytetty tilastoitua historiadataa, vaan kriittisyyspisteitys muodostui keskustelujen tulosten perusteella. Lähtökohtana oli henkilökunnan kokemukset ja tietotaito. Historiatieto olisi ollut hyvä lisä analyysiin tulosten oikeellisuuden lisäämiseksi.

4.4 Tulokset

Kriittisyysanalyysissä tarkasteltiin n. 140 kohdetta. A-luokan laitteita oli 14, joka on noin 10 % arvioiduista kohteista. B-luokan kriittisyys saatiin noin 50 laitteelle, joka on noin 39 %. C-luokan laitteita tuli 70. Nämä saadut määrät ovat riittävän hyviä, vaikkakin määrät eivät täysin yhtiön kunnossapitokäsikirjan tuloksia vastaa. Siinä A-luokan laitteita on 15-20 %, B-luokan laitteita 30-40 % ja C-luokan laitteita loput 40-55 %. Kriittisimpiä laitteita olivat tankosahan terät ja kiinnirullaimen tietyt osat. Tämä perustu siihen, että kaikki tuotteet pitää rullata tangoiksi ja rullat vaativat sahausken, eikä huono sahausjälki ole hyväksyttävissä. Toisaalta rullaimessa on useita teloja ja muita osia, joiden vaihtaminen tai korjaaminen on työlästä ja kallista. Joitain koneen osia voidaan ohittaa vaihtamalla ajettavaa laatua. Esimerkiksi kaikki paperit eivät välttämättä vaadi embossausta.

Kriittisyysluokittelun perusteella A-luokan laitteille suunniteltiin ennakkohuoltotehtävät. Ennakkohuoltolistaan otettiin lisäksi nykyään tehtäviä ennakkohuoltotöitä mukaan. Nykyisin suoritettavia ennakkohuoltotöitä ei ollut listattu erikseen mihinkään tietojärjestelmään, ne vaan tehtiin, esimerkiksi viikoittain. Työn tuloksena määriteltyihin ennakkohuoltotehtäviin kuului mm. kuntotarkastuksia, voitelua ja nykyisinkin tehtävät linjan siivous ja automaattisen voitelujärjestelmän täyttö. Lisäksi ennakkohuoltotehtäväksi tehtiin linjan kaikkien hihnojen tarkastus kootusti, niin sanottu hihnakierros. Tarkastuksien tarkoituksena on havaita laitteen kunnan muutokset ja puuttua jo alkaviin vikoihin. Tämä vaatii tarkastusten tulosten kirjaamista muistiin, mieluiten kunnossapidon tietojärjestelmään.

Kaikkien analyysin A- ja B-luokan laitteiden osat tarkistettiin nykyisestä varastosta Matekin avulla. A- ja B-luokan laitteille valmiina varastossa oli varaosa n. 46 % koh-teista. Analyysin perusteella tärkeitä varaosia puuttui noin 19 %. Varaosatarkastelusta tehtiin oma Excel-tiedosto, johon merkittiin värikoodein puuttuvat ja löytyvät osat. Tämä listaus perustui pitkälle arvioon varsinkin puuttuvien varaosien osalta. Toisaalta varastosta löytyy osia, jotka on kriittisyysluokassa C, tai ei ole mukana luokittelussa ensinkään. Nämä osat voivat olla siitä huolimatta varastossa oikeutetusti, sillä analyysin mukaan nopeasti vaihdettavissa oleva, useasti rikkoutuva, koneen pysäyttävä yksittäinen osa ei kuulu varastoon, vaikka sen olisi syytä kuulua. Analyysi ei siis ota vikatiheyttä huomioon.

5. YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tehtiin kriittisyysanalyysi ja ennakkohuoltosuunnitelma pehmopaperin jalostuslinjalle. Lisäksi kriittisyysanalyysin pohjalta tehtiin varaosatarkastelu analyysissä mukana olleille varaosille.

Kriittisyysanalyysin tekemistä valmisteltiin luomalla Excel-taulukko, johon listattiin linjan mukainen hierarkia. Saman suuntaista Excel-taulukkoa oli jo aiemmin käytetty Metsä Tissuen toisella paperitehtaalla Ruotsissa. Taulukkoa muokattiin omaan tarkoitukseen sopivammaksi. Hierarkia luotiin tietojärjestelmän, varaosakirjojen, räjäytys-

kuvien ja muun linjasta saatavilla olevan materiaalin avulla. Käytössä olevasta tietojärjestelmästä saatu tieto ei olisi yksistään ollut riittävää.

Kriittisyysanalyysiä varten luotiin työryhmä, johon kuului linjan kanssa erilaisissa työtehtävissä työskenteleviä henkilöitä. Työryhmän oli tarkoitus laatia kriittisyyspisteytys yhteisissä istunnoissa, mutta se osoittautui haastavaksi. Kriittisyysluokittelu tehtiin pisteyttämällä jokainen kohde erikseen kolmesta näkökulmasta pisteillä 1-4. Näkökulmat olivat turvallisuus, tuotanto ja kunnossapito. Turvallisuuskohdassa arvioitiin henkilöille ja ympäristölle aiheutuvaa vaaraa mahdollisessa vikatilanteessa. Tuotantonäkökulmassa arvioitiin mahdollista tuotantokatkosta ja sen pituutta ja laatuvaikutuksia. Kunnossapitokohdassa arvioitiin vikatilanteesta aiheutuvia kunnossapitokustannuksia ja korjaamiseen kuluva-aikaa.

Analyysin tuloksena saatiin luokiteltua linjan laitteet kolmeen ryhmään, joista kriittisimmälle ryhmälle laadittiin ennakkohuoltosuunnitelma. Ennakkohuoltosuunnitelmaan sisällytettiin myös jo tehtävät ennakkohuoltotyöt. Ennakkohuoltotyötä ei projektin aikana otettu vielä käyttöön, mutta tarkoitus on sisällyttää se tulossa olevaan kunnossapidon tietojärjestelmään.

Kriittisyysanalyysissä mukana olleet kohteet käytiin läpi varastotarkasteluna, jossa selvitettiin mitkä kohteet löytyvät varastosta ja mitkä olisi hyvä saada varastoon. Tarkastelun mukaan joitakin osia olisi ehkä syytä saada varastoon. Toisaalta varastossa voi olla sellaisia osia joita ei välttämättä tarvitsisi varastoida, mutta sen selvittämistä ei tehty. Kaikkia varastoartikkeleita ei käyty läpi.

Kriittisyysluokittelu tehtiin organisaation kunnossapidon kehityssuunnitelmassa annettujen ohjeiden mukaan ja sen tulokset olivat halutun suuntaisia. Kriittisyysluokkien prosentuaaliset koot olivat järkevällä tasolla, joten tuloksia voidaan pitää hyvinä. Työlle oli selkeästi tilausta. Työn pohjalta voidaan tehdä samanlainen analyysi myös muille jalostuspuolen linjoille.

Työn aikataulu oli aika tiukka ja tehtävää oli aikaan nähden paljon. Kriittisyyden määrittämiselle olisi voinut käyttää enemmän aikaa ja resursseja. Palaverimuotoinen kriittisyysmäärittely jäi liki kokonaan ja luokittelu tehtiin kasvotusten. Tästä johtuen on voinut jäädä joitain näkökantoja puuttumaan tai analyysiin on voinut tulla virheel-

listä tietoa. Analyysi on toteutettu liki kokonaan kokemustietoon perustuen. Esimerkiksi vikaistoriatiedoista tehty taulukko olisi ollut hyvä lisä analyysiin, mutta tietoa ei ollut olemassa. Kriittisyysanalyysin pohjalta laadittuun ennakkohuoltosuunnitelmaan olisi saanut käyttää enemmän aikaa ja kokemuksiin perustuvaa, haastattelemalla saatua tietoa. Analyysin tulkitseminen oikein on tärkeä osa tällaista projektia ja siinä voidaan helposti tehdä virheitä. Ennakkohuoltotehtävillä ei välttämättä tueta oikeita toimintoja tai tehdään vääriä toimenpiteitä väärille kohteille.

5.1 Pohdinta

Ennakkohuoltotehtävät määrittelin itse nopealla aikataululla kaikille niille laitteille, jotka olivat kriittisyysluokassa A. Jokaisen laitteen kohdalla mietin todennäköisintä vikaa sekä vaaditun toiminnon ylläpitämistä. Ennakkohuoltotöihin vaikutti myös vian korjaamisen haasteellisuus. Esimerkiksi rullaajan vetotelan kiilauran kulumisen väljäksi vaatii telan irrottamisen ja koneistamisen, mikä on korjaustyönä pitkäkestoinen ja aiheuttaa pitkän seisokin. Tämän vuoksi ennakkohuoltotyönä kiilauran tarkastus. Tämä ei sinänsä vaikuta vikaantumiseen, mutta tarkoituksena on huomata vikaantuminen riittävän aikaisin, jotta huolto voitaisiin tehdä organisoidusti. Usealle kohteelle ennakkohuoltotyöksi tuli kunnonvalvontaa ja voiteluhoitoa. Näin määriteltynä ennakkohuoltotyöt eivät välttämättä osu tarkalleen oikeaan toimintoon ja tehokkuus kärsii.

Ennakkohuoltotöiden määrittelemiseen olisi ollut hyvä käyttää enemmän aikaa ja kokeneempien henkilöiden tietotaitoa. Kunnollisten ennakkohuoltotöiden määrittely vaatisi analyysiä, jotta töistä tulee oikein kohdennettuja ja tehokkaita. Analyysinä voitaisiin käyttää vika-vaikutusanalyysiä tai juurisyyanalyysiä. On tärkeää ymmärtää kohteen toiminto ja toiminnon estyminen. Ennakkohuoltotehtävien olisi syytä edesauttaa vaaditun toiminnon ylläpitoa.

Työskentely Metsä Tissuella oli itsenäistä ja mukavan haasteellista. Apua oli aina tarvittaessa saatavilla ja projekti eteni. Viihdyin työporukassa ja tehtävässä hyvin ja aika kului nopeasti. Sain aikaan tuloksia, joista uskon olevan hyötyä Metsä Tissuella ja joista voi edelleen kehittää tehtaan toimintaa.

6. LÄHTEET

Järviö, J. 2008. Ehkäisevä kunnossapito ja sen suunnittelu osa 1/2. Promaint 3, 14–18

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. p. Uud.p. Helsinki: KP-media

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito, käsikirja. Helsinki: KP-media

Mäki, K. 2010. Luentomateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, teknologia. Viitattu 17.05.2011. <https://optima.jamk.fi/learning/id2/bin/user?rand=41316>

Mönkkönen, M. 1992. Mäntän historia 1860-1947. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino

PSK 6201. 2003. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2. p. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden tunnusluvut. 2. p. Helsinki: PSK Standardisointi.

SFS-EN 1336. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 2. p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 10.05.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

Yritysesittely. 2008. Yritysesittely Metsä Tissuesta. PowerPoint esitys. Metsä Tissue, Mäntän paperitehdas.

Vuosikertomus 2010. Metsäliiton Vuosikertomus 2010. Yritystieto, vuosikertomukset

7. LIITTEET

Liite 1. Ennakkohuoltosuunnitelma

Liite 2. Ote kriittisyysanalyysistä (muokattu)

Liite 3. Ennakkohuoltolistan hinnakierros

Liite 4. Ote varaosatarkastelusta