

# BCTMP-tehtaan kriittisyysluokittelu

Michel Lankoski

Insinööritutkinnon opinnäytetyö (Amk)  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Vaasa 2019



## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Michel Lankoski

Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Käyttö- ja energiatekniikka

Ohjaajat: Kaj Rintanen ja Jari Viitasalo

Nimike: BCTMP-tehtaan kriittisyysluokittelu

---

Päivämäärä: 14.4.2019

Sivumäärä: 28

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on kriittisyysluokittelu Metsä Board Kaskisten BCTMP-tehtaalle. Kriittisyysluokittelun tarkoituksena on parantaa tehtaan varastonohjausta ja käytävämäärää. Tämä tehdään luokittelemalla tuotantolaitteet tärkeyden mukaan. Tehtaan tuotantolaitteet ovat luokiteltu tehtaan käynnistyksen yhteydessä vuonna 2005, mutta vanha luokittelu ei ole enää ajan tasalla vuosien varrella tehtyjen prosessimuutoksien vuoksi.

Opinnäytetyö on laaja ja edellyttää erittäin hyvän tuntemuksen tehtaan eri prosesseista ja tuotantolaitteista. Tässä sain apua tehtaan käyttöhenkilöstöltä. Kriittisyysluokittelu aloitettiin määrittelemällä tarkastelun laajuus ja tämän jälkeen määrittelemällä kriittisyysluokat. Tehtaan tuotantolaitteet jaettiin osa-alueisiin ja luokittelu tehtiin systemaattisesti yksi osa-alue kerrallaan.

Luokiteltujen laitteiden kriittisyysluokat siirretään toiminnanohjausjärjestelmään, jossa ne ovat näkyvillä varaosien hankintavaiheessa. Tämä mahdollistaa varaston suunnittelemista siten, että kriittisten laitteiden varaosat löytyvät aina varastosta ja tämä puolestaan vähentää pidempien tuotannon seisokkien riskiä.

---

Kieli: suomi

Avainsanat: kriittisyysluokittelu, BCTMP

---

## EXAMENSARBETE

Författare: Michel Lankoski

Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa

Inriktning/alternativ/Fördjupning: Drifts-och energiteknik

Handledare: Kaj Rintanen och Jari Viitasalo

Titel: Kritikalitetsanalys av en BCTMP-fabrik

---

Datum: 14.4.2019

Sidantal: 28

---

### Abstrakt

Det här examensarbetet var en kritikalitetsanalys åt Metsä Boards BCTMP-fabrik i Kaskö. Kritikalitetsanalysens syfte var att förbättra fabriken lagerstyrning och driftsäkerhet. Det uppnås genom att dela upp produktionsutrustningen i klasser enligt hur viktig den är. Produktionsutrustning har blivit klassificerad i samband med driftsättningen av fabriken år 2005. Den stämmer dock inte längre p.g.a. processändringarna som blivit gjorda utöver åren.

Examensarbetet var omfattande och förutsatte god kunskap om fabriken processer och produktionsutrustning, med detta fick jag hjälp av fabriken driftspersonal.

Kritikalitetsanalysen börjades med att bestämma granskningens omfattning och efter det definiera kritikalitetsklasserna. Fabriken produktionsutrustning delades upp i delområden och kritikalitetsanalysen utfördes systematiskt ett delområde åt gången.

Produktionsutrustningens kritikalitetsklasser körs in i fabriken produktionsplaneringssystem, där klasserna är synliga vid påfyllning av lagret. Detta möjliggör planering av lagret så att de kritiska reservdelarna alltid finns tillgängliga, det bidrar i sin tur till att risken för längre produktionsstopp minskar.

---

Språk: finska

Nyckelord: kritikalitetsanalys, BCTMP

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Michel Lankoski

Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vaasa

Specialization: Operational and Energy Technology

Supervisors: Kaj Rintanen and Jari Viitasalo

Title: Criticality Classification of a BCTMP Pulp Mill

---

Date: April 14, 2019

Number of pages: 28

---

### **Abstract**

This thesis is a criticality classification for the Metsä Board BCTMP pulp mill. The purpose of this thesis is to improve inventory management and operational safety. It is achieved by classifying the production equipment depending on how important it is for the production. The production equipment has been classified once before when the mill started operating in 2005, the classification is no longer up to date because of changes done over the years to the production process.

The thesis is extensive and requires good knowledge of the production process and equipment, with this I have received help from the process operators. The criticality classification process was started with determining the extension of the evaluation and after that defining the criticality classes. The production equipment in the factory was split up into smaller sections and systematically evaluated one section at a time.

The criticality classes of the production equipment are put in the factory's enterprise resource planning system, where they are visible when ordering spare parts. This allows planning the inventory so that the critical components are always available when needed, this also reduces the risk of longer production stops.

---

Language: finnish

Key words: criticality classification, BCTMP

---

# Sisältö

1	Johdanto.....	1
1.1	Tausta.....	1
1.2	Tavoite.....	1
1.3	Yritysesittely.....	2
1.3.1	Metsä Board.....	2
1.3.2	Metsä Board Kaskinen.....	2
1.4	Rajaus.....	3
1.5	Jäsentely.....	3
2	Teoria.....	4
2.1	BCTMP prosessi.....	4
2.1.1	Puunkäsittely.....	5
2.1.2	Imeytys.....	5
2.1.3	Jauhatus ja lajittelu.....	6
2.1.4	Valkaisu.....	8
2.1.5	Kuivaus.....	9
2.1.6	Paalaus ja varastointi.....	9
2.2	PSK 6201.....	10
2.2.1	Kunnossapito.....	10
2.2.2	Kunnossapitolajit.....	11
2.2.3	Käytettävyys.....	12
2.2.4	Toimintavarmuus.....	12
2.2.5	Kunnossapidettävyys.....	12
2.2.6	ABC-luokat.....	12
2.2.7	Seisokki.....	12
2.3	PSK 6800.....	13
2.3.1	Kriittisyys.....	13
2.3.2	Tuotannon painoarvo kertoimet.....	13
2.3.3	Laitteiden kriittisyysluokittelu.....	14
2.3.4	Turvallisuus.....	15
2.3.5	Ympäristö.....	15
2.3.6	Tuotantovaikutukset.....	15
2.3.7	Laatukustannus.....	15
2.3.8	Korjaus- tai seurauskustannukset.....	16
2.3.9	Menetelmän kuvaus.....	16
2.4	Varastonohjaus.....	16
2.4.1	ABC-analyysi.....	17

2.5	RCM – Luotettavuuskeskeinen kunnossapito .....	17
2.5.1	RCM-toimintamalli .....	17
2.5.2	Liika kunnossapito .....	18
2.6	Toiminnanohjausjärjestelmät .....	19
2.6.1	Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmät .....	19
3	Toteutus .....	20
4	Tulokset .....	22
4.1	Kriittisyysluokittelun määritelmät ja luokittelun perusteet .....	22
4.2	Kriittisyysluokittelun raja-arvot .....	24
4.3	Kriittisyysluokittelu .....	24
4.4	Kriittisyysluokan käyttö .....	25
5	Keskustelu .....	26
	Lähdeluettelo .....	27
	Kuva- ja taulukkoluetelo .....	28

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on kriittisyysluokittelu Metsä Boardin BCTMP-tehtaalle. Opinnäytetyö käsittelee ongelmaa, joka on luonut tarpeen kriittisyysluokittelulle, kriittisyysluokittelun tekemiselle tarpeellista teoriaa ja miten kriittisyysluokittelu toteutetaan käytännössä sekä luokittelun tuloksia.

## 1.1 Tausta

Metsä Boardin BCTMP-tehtaalle on tehty kriittisyysluokittelu tehtaan käyttöönoton yhteydessä vuonna 2005. Koska tehtaan prosessi on vuosien mittaan muuttunut, ja uusia laitteita on lisätty, on myös uudelle kriittisyysluokittelulle tullut tarve. Tämä on aiheuttanut suunnittelemattomia seisokkeja, jotka ovat olleet pidempiä kuin olisi tarvinnut, koska varaosia ei ole ollut heti saatavilla. Jos varastonohjaus ei toimi toivotulla tavalla, voi tehtaan käyntivarmuus kärsiä. Tämänkaltaisessa prosessiteollisuuden tehtaassa on käyntivarmuus erittäin tärkeä, johtuen siitä, että yhden laitteen rikkoontuminen voi aiheuttaa ketjureaktion, joka pysäyttää koko tehtaan pienellä viiveellä. Jos tarvittava varaosa on saatavilla heti, on tehtaan tuotannon pysähtymisen kokonaan mahdollista ehkäistä. Tämän vuoksi olen saanut tehtäväksi tehdä uuden kriittisyysluokittelun, johon sisältyy kaikki uudet tuotantolaitteet.

## 1.2 Tavoite

Kriittisyysluokittelun tavoitteena on nostaa tehtaan käyntivarmuutta, mahdollistaa kunnossapitoressurssien ohjaamista sekä varmistaa varaosien saatavuutta. Prosessiteollisuudessa laiterikot ja häiriöt voivat aiheuttaa suuria tuotannon menetyksiä sekä kustannuksia yritykselle. Tämän vuoksi toimiva kunnossapito, ennakkohuolto sekä varastonhallinta ovat keskeisessä roolissa tuotannon käyntivarmuuden kannalta. Tehtaan suuren laitemäärän vuoksi ei ole mahdollista varastoida kaikkia laitteita ja varaosia tehtaan omissa tiloissa. Kriittisyysluokittelu mahdollistaa laitteiden jakamista neljään eri luokkaan kriittisyyden mukaan, joka puolestaan mahdollistaa varaston suunnittelun niin että tuotannon kannalta tärkeimpien laitteiden varaosat löytyvät varastosta. Kriittisyysluokittelu mahdollistaa myös kunnossapitoressurssien ohjaamista sekä ennakkohuoltojen tihentämistä laitteisiin, jotka ovat kriittisiä.

## 1.3 Yritysesittely

Tässä luvussa esitellään Metsä Group konserni tasolla, konsernin eri liiketoiminta-alueet, Metsä Board yrityksenä, yrityksen toimiala sekä Metsä Board Kaskisten tehdas.

### 1.3.1 Metsä Board

Metsä Board on yksi Euroopan johtavista taivekartongin ja valkoisen ensi-kuitulainerin tuottajia. Metsä Board valmistaa pääasiassa kartonkia kuluttaja, myymälä ja tarjoilupakkauksiin. Yrityksen tavoitteena on tuottaa entistä kevyempiä ja parempia kartonkiratkaisuja tulevaisuuden tuotemerkeille. Metsä Board kuuluu metsäteollisuuskonsernin Metsä Groupin liiketoiminta-alueisiin. Metsä Groupin liiketoiminta-alueisiin kuuluvat myös Metsä Forest, joka sisältää puunhankinta- ja metsäpalvelut, Metsä Fibre, joka tuottaa sellua ja sahatavaraa, Metsä Wood, joka valmistaa puutuotteita rakennusosalalle sekä Metsä Tissue, joka tuottaa pehmo- ja ruoanlaittopapereita. Metsä Groupin liikevaihto oli 5 miljardia euroa vuonna 2017 ja yhtiö työllistää 9100 henkilöä maailmanlaajuisesti.

Metsä Boardina nykyään tunnettu Metsä-Serla sai alkunsa, kun Metsäliiton Teollisuus Oy ja G.A. Serlachius Oy yhdistyivät 31. joulukuuta 1986. Metsä-Serla eli kasvun aikaa 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa. Metsä-Serla hankki tuotantoyksiköjä ympäri Eurooppaa. Suomesta Metsä-Serla hankki Kemin, Kyrön ja Simpeleen tuotantoyksiköt sekä Ruotsista Husumin tuotantoyksikön. Metsä-Serla vaihtoi nimensä M-Realiksi vuonna 2001. Yhtiö alkoi vuonna 2005 tehdä isoja rakenteellisia muutoksia paperin huonon kysynnän vuoksi. Paperintuotantoa vähennettiin ja kartongintuotantoa lisättiin. Kartongintuotannon lisäämisen ja paperintuotannon vähentämisen tavoitteiden saavuttamisen myötä M-Real vaihtui vuonna 2012 nykyiseksi Metsä Boardiksi. Tänä päivänä Metsä Boardilla on kahdeksan tuotantoyksikköä: Takon, Simpeleen, Äänekosken, Joutsenon, Husumin, Kaskisten, Kyrön ja Kemin tehtaat. (Metsä Board)

### 1.3.2 Metsä Board Kaskinen

Kaskisissa sijaitseva Metsä Boardin tehdas on valmistunut vuonna 2005, ja työllistää 80 henkilöä. Tehdas tuottaa noin 370 000 tonnia valkaistua kemitermomekaanista massaa (BCTMP) vuodessa. Kaskisissa tuotettu BCTMP-massa kuljetetaan pääasiassa Metsä Boardin omille paperia ja kartonkia valmistaville tehtaille, ja osa BCTMP-massasta myydään. Tehdas sijaitsee entisen Metsä Botnian sellutehtaan alueella, Metsä Botnian

tehdas suljettiin vuonna 2009. Metsä Botnian käytössä ollut voimalaitos, vesilaitos sekä kuorimo ovat nykyään Metsä Boardin käytössä.

## 1.4 Rajaus

Kriittisyysluokittelu on rajattu BCTMP-tehtaan hiertämön toimintapaikkoihin, eikä sisällä voimalaitosta, kuorimoa tai vesilaitosta. Luokiteltavat laitteet ovat rajattu sähkömoottoreihin. Yksittäisiä osia ei luokitella. Jos kaikki osat luokiteltaisiin yksitellen, olisi työn määrä moninkertainen ja työ liian laaja.

## 1.5 Jäsentely

Jäsentelyssä esitellään lyhyesti opinnäytetyön luvut ja käydään läpi lyhyesti lukujen sisältö.

### 1. Johdanto

Johdannossa esitellään tausta opinnäytetyön tekemiselle, opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja lopuksi lyhyt esittely yrityksestä.

### 2. Teoria

Teoriaosuudessa esitellään opinnäytetyön tekemiselle olennainen teoria, joka sisältää Metsä Boardin tehtaan tuotantoprosessin, kunnossapidon käsitteet PSK 6201 -standardin mukaan, kriittisyysluokittelun PSK 6800 -standardin mukaan, varastonohjauksen ja RCM-luotettavuuskeskeisen kunnossapidon sekä toiminnanohjausjärjestelmät.

### 3. Toteutus

Toteutuksessa käydään läpi opinnäytetyön tekemisen eri vaiheet, ja miten kriittisyysluokittelu on suoritettu.

### 4. Tulokset

Tässä luvussa esitellään kriittisyysluokittelun tulokset ja käyttötarkoitus Metsä Boardin tehtaalla.

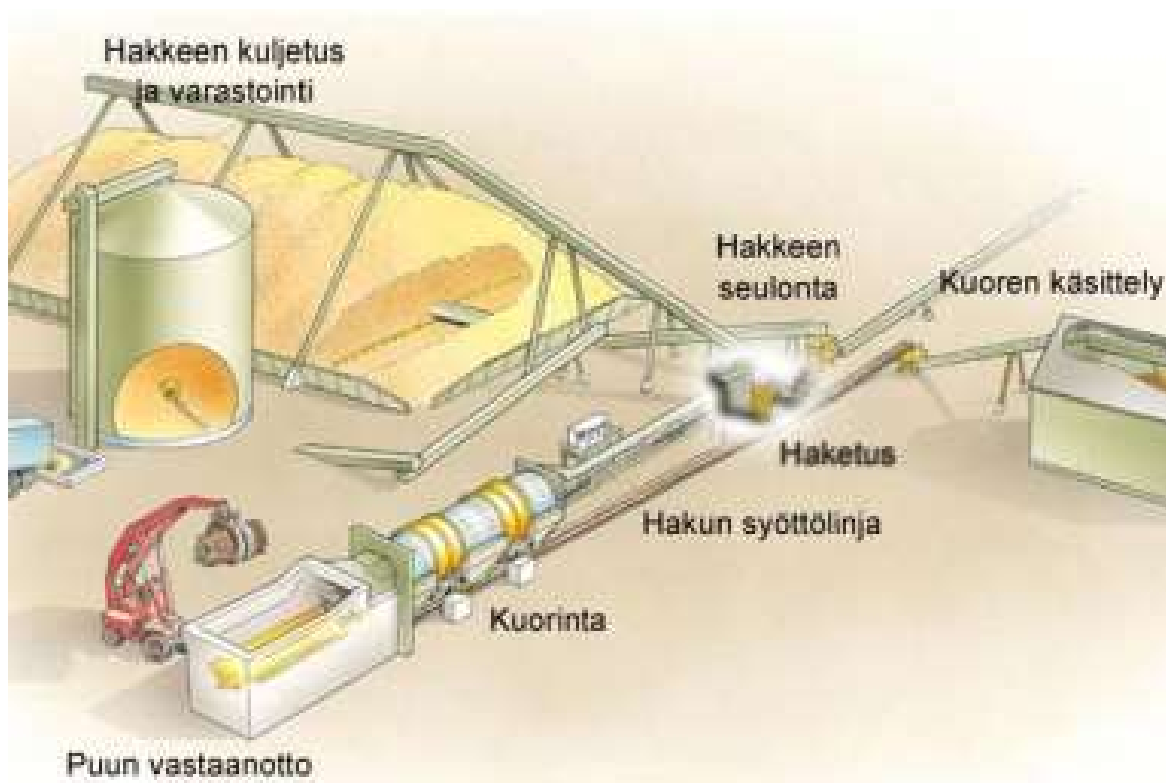
### 5. Keskustelu

Keskustelu sisältää omia ajatuksia kriittisyysluokittelun tuloksesta, käyttötarkoituksesta ja ehdotuksia jatko-tutkimukselle.



### 2.1.1 Puunkäsittely

Puun käsittely on BCTMP-massan tuotannon ensimmäinen vaihe, joka sisältää kuorinnan, haketuksen ja seulonnan. Puut nostetaan sulatuskuljettimelle, joka kuljettaa puut kuorimarumpuun. Kuorimarummussa puut kuoriutuvat pyöriessään toisia vasten, kuori putoaa rummun aukoista kuorikuljettimelle ja puut hakkuun vievälle kuljettimelle. Kuoritut puut haketetaan. Tämän jälkeen hakkeenpalaset seulotaan saadakseen oikean kokoiset hakepalat, liian suuret hakkeenpalat ajautuvat tikkuhakkuun. Tikkuhakussa hakkeenpalat haketetaan uudestaan, hakkeen koolla on suuri merkitys lopputuotteen laatuun. Tämän jälkeen hake ajetaan kuljettimilla hakesiiloihin. (Suuroinen, 2017) Hake säilytetään siiloissa suojaan säältä. Siilojen pohjassa on ruuvi, joka syöttää hakkeen hihnakuljettimelle. Hake kuljetetaan siiloilta seuraavaan vaiheeseen, joka on hakkeen esikäsittely. (Sundholm, 1999, s. 162) Kuvassa 2 on esitetty puunkäsittelyn prosessi.



Kuva 2. Puunkäsittely (Silván, 2015)

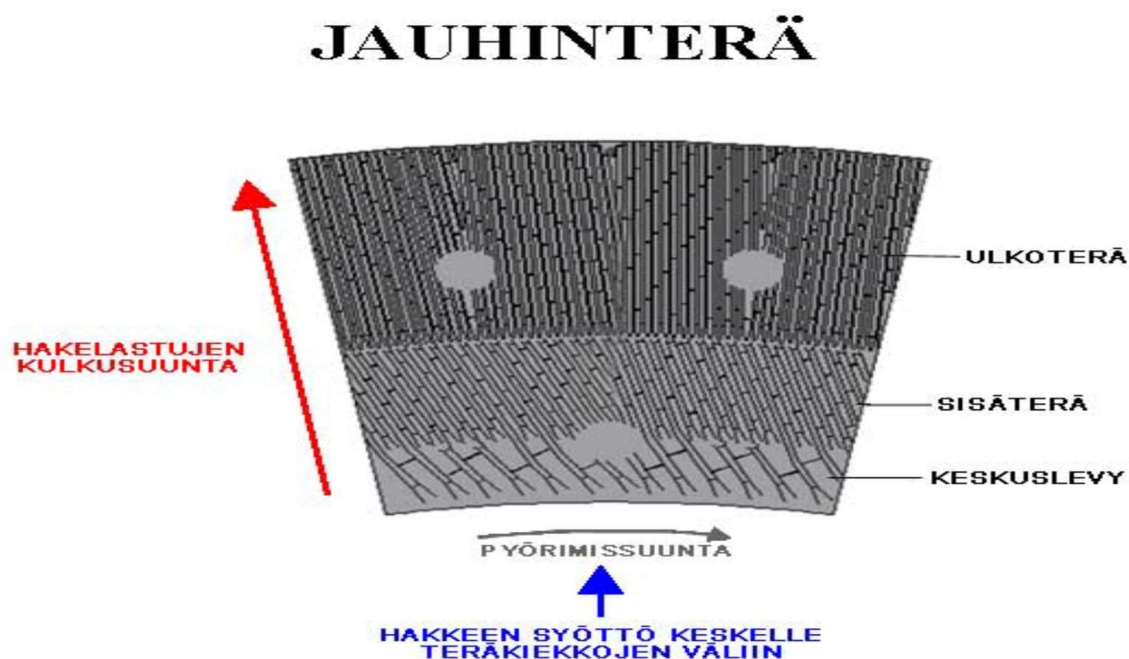
### 2.1.2 Imeytys

Ensimmäinen askel hakkeen esikäsittelyssä on höyrytys, hake ajetaan höyrytys-siiloon, höyrytys-siiloon ajetaan höyryä, joka paisuttaa hakkeen ja ilma poistuu hakkeesta. Höyrytyksen jälkeen hake ajetaan hakepesuriin. Imeytyskemikaalit lisätään hakepesurin jälkeen, imeytyskemikaalit ovat lipeä ja natriumkarbonaatti. Tämän jälkeen hake pumpataan

hakepumpuilla imeyttimen yläerottimeen, joka erottelee veden ja hakkeen. Imeyttimen viive on noin 30 minuuttia, jotta kemikaalit ehtivät imeytyä hakkeeseen. Hake purkautuu omalla painollaan sulkusyöttimelle, sulkusyötin purkaa hakkeen paineettomasti vedenerotusruuveille, jotka erottavat veden hakkeen seasta. Vedenerotusruuvit kuljettavat hakkeen reaktio-siiloon, reaktio-siilon purkuruuvit purkavat tämän jälkeen hakkeen jauhatukseen. (Lähdes, 2015) Höyrytyksen tarkoituksena on pehmentää haketta ja poistaa ilma hakkeesta, hakkeen höyrytysaste määrää tulevien kemikaalien imeytyksen onnistumisen ja estää hakkeen kellumisen imeyttimessä. (Silván, 2015)

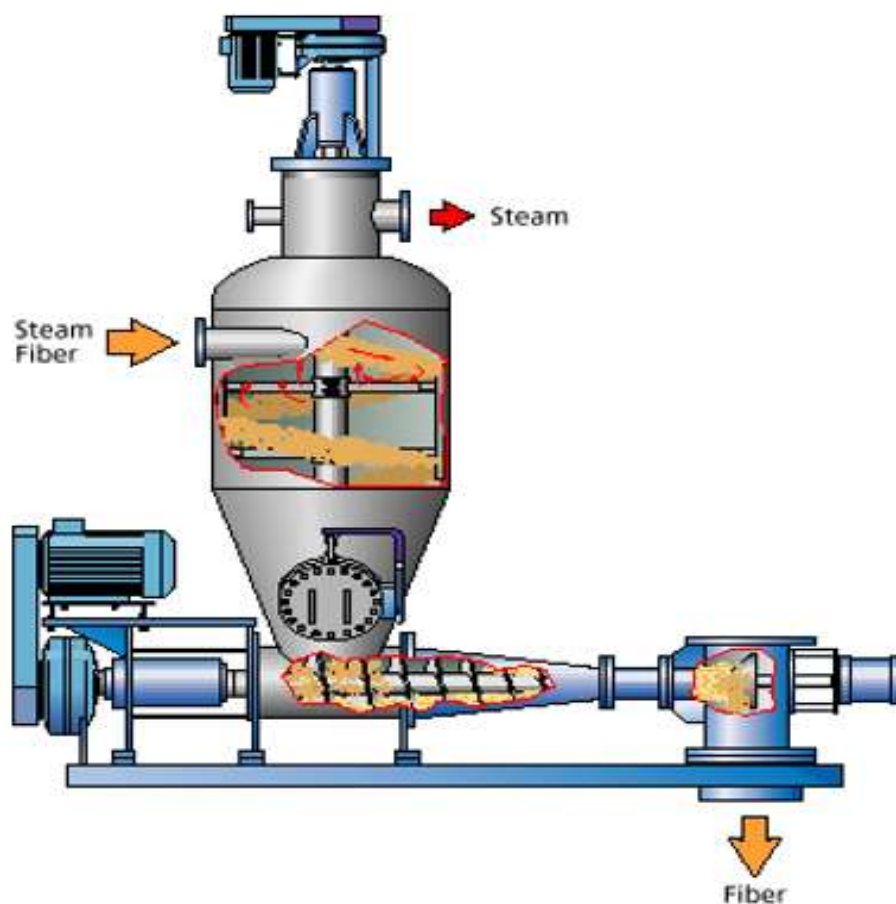
### 2.1.3 Jauhatus ja lajittelu

Jauhatuksen ensimmäinen vaihe on hakkeen esilämmitys, reaktio-siilon purkuruuvit syöttävät hakkeen esilämmittimelle. Esilämmittimeen syötetään höyryä, jonka tehtävänä on lämmittää haketta, jolloin puun kuidut ja välilamellien ligniini pehmenee. Tämä helpottaa kuitujen irtoamista ehjinä toisistaan jauhatusvaiheessa. Esilämmityksen jälkeen hake syötetään ruuvilla jauhimen keskiosaan. Jauhin koostuu staattorista ja roottorista, molemmat ovat päällystetty jauhinterillä. Jauhin hiertää pyöriessään puun kuidut toisistaan ja puukuidut ajautuvat keskipakovoiman avulla ulos jauhinpesästä. Hakkeen jauhamisastetta säädetään pienentämällä tai suurentamalla terälevyjen väliä. (Silván, 2015) Kuvassa 3 esitellään jauhimen terä.



Kuva 3. Jauhinterä (Silván, 2015)

Puukuidut erotetaan tämän jälkeen jauhatuksessa muodostuneesta höyrystä höyrynerotuskartiossa, erotetut puukuidut laimennetaan vedellä massaksi ja massa syötetään latenssinpoistoon. (Lähdes, 2015) Kuvassa 4 esitellään miten höyrynerotuskartio syklonin avulla erottaa kuidut höyrystä.

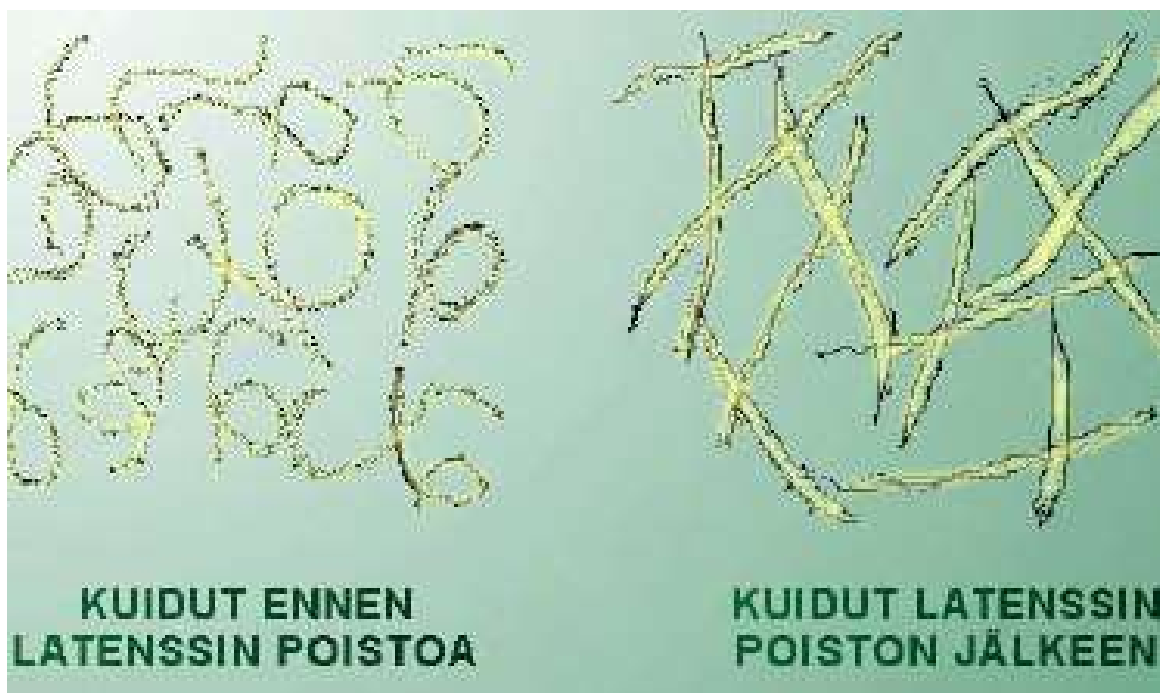


Kuva 4. Höyrynerotuskartio (Silván, 2015)

Latenssin poistossa massaa sekoitetaan noin 2–4 % sakeudessa ja 70–80 °C lämpötilassa. Jauhatus aiheuttaa puu kuitujen ”kihartumisen”, kuitujen kihartumisella on merkittävä vaikutus lopputuotteen ominaisuuksiin ja tämän vuoksi kuidut suoristetaan latenssin poistossa. (Silván, 2015)

Latenssin poisto suoritetaan kolmessa vaiheessa, latenssin poisto säiliö 1, 2 ja 3. Latenssin poisto säiliö 2 jälkeen massa syötetään LC-jauhimelle, joka tarkoittaa matalasakeusjauhinta. Massa syötetään LC-jauhimelle 4–5 % sakeudessa, joka katkoo kuidut haluttuun kokoon. Tämän jälkeen massa syötetään kolmanteen latenssin poisto vaiheeseen. Latenssin poiston

jälkeen massa lajitellaan painelajittimissa. (Henkilökohtainen viestintä vuoroinsinöörin kanssa, tammikuu 2019) Kuvassa 5 esitellään puukuidut ennen latenssin poistoa ja latenssin poiston jälkeen.



**Kuva 5. Latenssin poisto (Silván, 2015)**

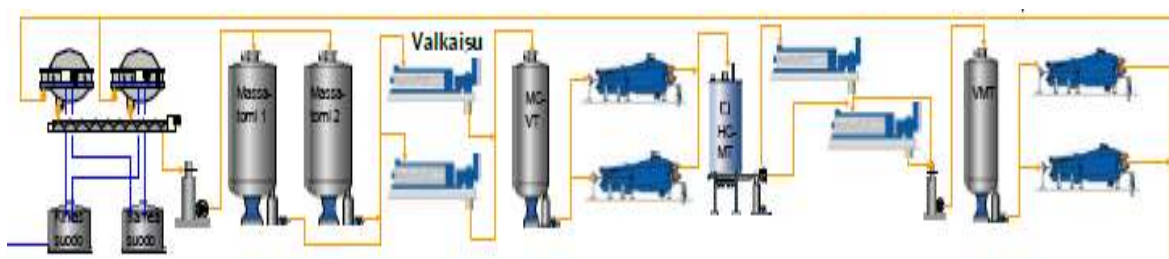
Massa syötetään painelajittimeen, joka lajittelee kuidut koon mukaan, toivotun kokoiset kuidut läpäisevät painelajittimen roottorin ympäröimän sihtikorin ja ajautuvat aksepti ulostuloon. Liian suuret kuidut, jotka eivät läpäise sihtikoria ajautuvat painelajittimen rejekti ulostuloon. (Sundholm, s. 255 – 257)

Rejekti-massa, joka ei läpäissyt lajittelua ajetaan rejektisäiliöön, rejektisäiliöstä massa syötetään rejekti-LC jauhimelle. Rejekti-LC jauhin jauhaa massan uudestaan, tämän jälkeen massa lajitellaan rejektilajittimessa. Rejektilajittimen läpäissyt aksepti syötetään päälinjan kiekkosuotimelle kuten myös painelajittimien aksepti. Rejekti jauhetaan, kunnes kuidut läpäisevät lajittimet. Päälinjan kiekkosuodin erottaa tämän jälkeen veden massasta, joka ajetaan massatorniin. (Henkilökohtainen viestintä, tammikuu 2019)

#### **2.1.4 Valkaisu**

Mekaanisen (BCTMP) ja kemiallisen (sellu) massan valkaisu on sama tavoite, massan vaaleuden nosto. Menetelmät eroavat kuitenkin toisistaan, kemiallisen massan valkaisussa poistetaan ligniini, joka nostaa massan vaaleutta. Mekaanisen massan valkaisussa käytetty

menetelmä muuttaa ligniinin värilliset ryhmät värittömiksi, joka myös nostaa massan vaaleutta. Vetyperoksidi on yleisesti käytetty valkaisukemikaali. (Sundholm, s. 313) BCTMP-massan valkaisu tapahtuu tornivalkaisuna, ja koostuu yleensä kahdesta vaiheesta, matalasakeusvalkaisu (MC) ja korkeasakeusvalkaisu (HC). Valkaisuprosessi sisältää kemikaalien lisäämisen massaan, joka tapahtuu kemikaalimikserissä, mikseri sekoittaa kemikaalit massaan tasaisesti, jonka jälkeen massa ajetaan valkaisutorniin. Valkaisutornin tarkoituksena on antaa kemikaalien vaikuttaa. Massa pestään jokaisen valkaisu vaiheen jälkeen ja massan sakeus säädetään seuraavaa vaihetta varten viira- ja ruuvipuristimilla. Viimeisen valkaisu vaiheen jälkeen massa ajetaan valkaistun massan torniin, josta valkaistu massa jatkaa viirapuristimien kautta kuivausvaiheeseen. (Suuroinen, 2017) Kuvassa 6 esitellään valkaisuprosessin yleiskaavio.



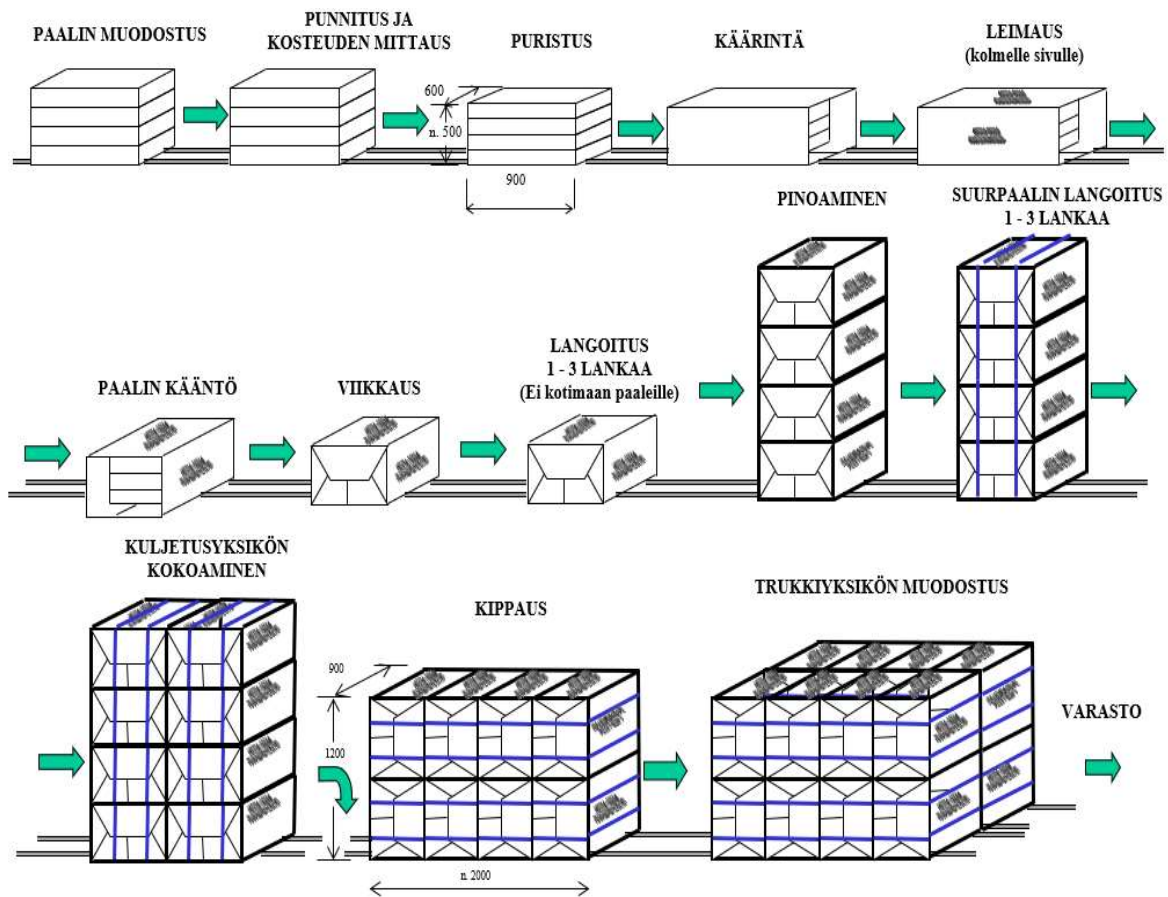
Kuva 6. Valkaisuprosessin yleiskaavio (Silván, 2015)

### 2.1.5 Kuivaus

Mekaanisen massan kuivaukseen käytetään yleensä hiutalekuivausta, jonka kuivaus koostuu kahdesta kuivausvaiheesta. Viirapuristimien puristama massa putoaa silppurille, joka silppuaa massan hiutaleiksi, tämän jälkeen hiutaleet ohjataan höyryn avulla hiutalekuivattimeen. Hiutalekuivattimessa loput kosteudesta haihtuu höyryn avulla ja kuiva massa ajetaan sykloniin, joka erottaa höyryn massasta. Syklonissa höyrystä erotettu massa putoaa paalinmuodostajaan. (Gullichsen & Fogelholm, s. 682 – 684)

### 2.1.6 Paalaus ja varastointi

Paalaus on massankäsittelyn viimeinen vaihe, kuivauksen jälkeen massa ajetaan paalinmuodostajaan, joka puristaa massan paaliksi. Tämän jälkeen paali punnitaan, mitataan ja puristetaan lopulliseen kokoonsa. Puristettu paali kääritään ja leimataan, jonka jälkeen paalit pinotaan ja langoitetaan varastointia varten. Paalit varastoidaan paalivarastossa, josta paalit kuljetetaan asiakkaille. (Henkilökohtainen viestintä vuoroinsinöörin kanssa, tammikuu 2019) Kuvassa 7 esitellään paalien käsittelyn.



Kuva 7. Paalien käsittely (Joutseno BCTMP, 2000)

## 2.2 PSK 6201

PSK 6201 standardi käsittelee eri kunnossapitoon liittyviä keskeisiä käsitteitä. Kunnossapidon käsitteet ovat keskeisessä roolissa kriittisyysluokittelun määritelmien ymmärtämiselle, ja antavat kokonaiskuvan tehtävän työn tarkoituksesta kunnossapidon kannalta.

### 2.2.1 Kunnossapito

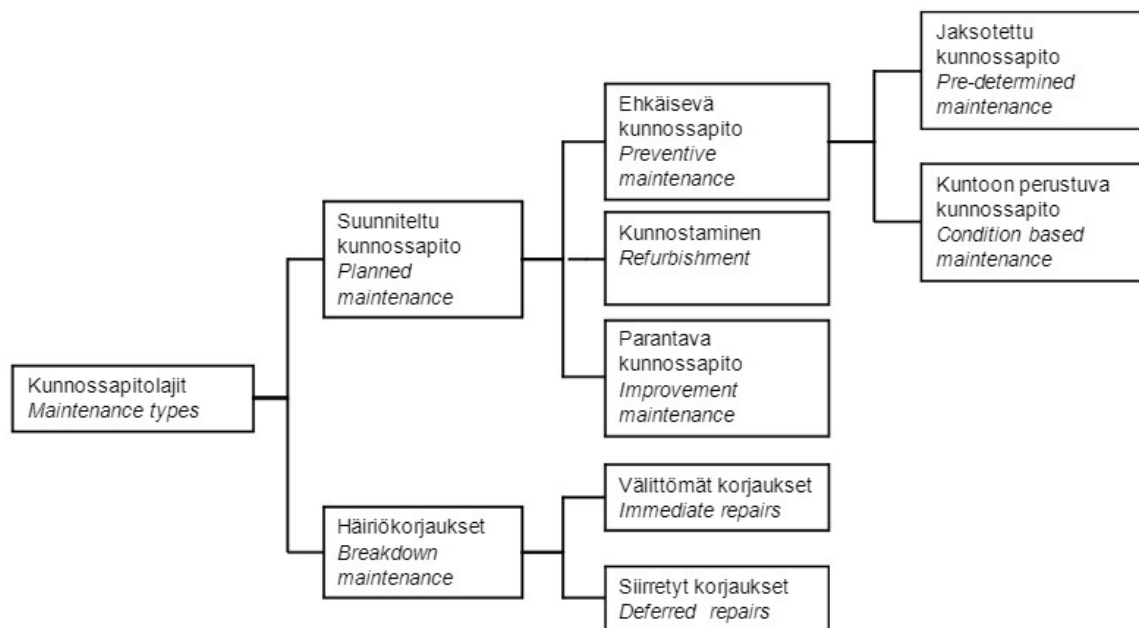
Kunnossapito on kokonaisuus, johon kuuluu kaikki toimenpiteet, jonka tarkoituksena on säilyttää tai palauttaa kohde sellaiseen tilaan, jossa se pystyy suorittamaan toiminnon, johon se on tarkoitettu. (PSK 6201:2011)

## 2.2.2 Kunnossapitolajit

PSK 6201 standardissa kunnossapitolajit jaetaan kahteen päälajiin, Suunniteltu kunnossapito ja häiriökorjaukset. Suunnitellulla kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia toimenpiteitä, jotka ovat valmiiksi suunniteltuja. Häiriökorjauksiin kuuluvat kaikki kunnossapitotoimenpiteet, jotka johtuvat kohteen vikaantumisesta tai rikkoontumisesta. (PSK 6201:2011)

Suunniteltu kunnossapito jaetaan kolmeen lajiin, ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen ja parantava kunnossapito. Ehkäisevän kunnossapidon voi yhä jakaa kahteen lajiin, jaksotettuun ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on ehkäistä kohteen ennenaikaista vikaantumista tai rikkoontumista. Kunnostamisella tarkoitetaan kohteen kunnostamista sellaiseen tasoon, jotta kohde pystyy suorittamaan halutun tehtävän. Parantavalla kunnossapidon tarkoitetaan toimenpiteitä, jonka tarkoituksena on nostaa kohteen tuotanto-tasoa tai helpottaa kunnossapitotoimenpiteitä tulevaisuudessa. (PSK 6201:2011)

Häiriökorjaukset voidaan jakaa kahteen lajiin, välittömät korjaukset ja siirretyt korjaukset. Välittömillä korjauksia tarkoitetaan kunnossapitotoimenpiteitä, joita suoritetaan heti kohteen vikaantumisen tai rikkoontumisen jälkeen. Siirrettyjä korjauksia ovat laiteviat tai rikot, jotka siirretään myöhempään vaiheeseen, esimerkiksi huoltoseisokkiin. (PSK 6201:2011) Kuvassa 8 esitellään kunnossapitolajin PSK 6201 mukaan.



Kuva 8. Kunnossapitolajit (PSK 6201)

### **2.2.3 Käytettävyys**

Käytettävyydellä tarkoitetaan laitteen tai kohteen kykyä olla sellaisessa tilassa, jotta se pysty suorittamaan halutut toiminnot. Tämä riippuu kohteen kunnossapidettävyydestä sekä toimintavarmuudesta. (PSK 6201:2011)

### **2.2.4 Toimintavarmuus**

Toimintavarmuus on määritelmä kohteen kyvystä suorittaa haluttu tehtävä tietyn aikavälin sisällä. (PSK 6201:2011)

### **2.2.5 Kunnossapidettävyys**

Kunnossapidettävyys riippuu kohteen luokse-päästävydestä sekä huollettavuudesta. Luokse-päästävyydellä tarkoitetaan kohteen lähestymisen ja kunnossapitotehtävien suorittamista. Huollettavuudella tarkoitetaan kohteen sijaintia, varaosien saatavuutta, huoltotoimenpiteiden vaatavuutta ja mahdollisten esteiden tai suojien purkamista tai irrottamista. (PSK 6201:2011)

### **2.2.6 ABC-luokat**

ABC kriittisyysluokkia käytetään varastotuotteiden luokitteluun. Luokittelun voi tehdä hinnan, kriittisyyden tai jonkun muun tekijän perustella. Luokittelussa käytetään A-, B-, ja C-kirjaimia, A merkintä tarkoittaa korkeinta prioriteettia ja C merkintä alhaisinta prioriteettia. (PSK 6201:2011)

### **2.2.7 Seisokki**

Seisokki tarkoittaa tuotannon pysähtymistä tuotantolaitteen vian tai kunnossapitotoimien johdosta. Seisokki voi olla suunniteltu tai viasta aiheutunut häiriöseisokki. Suunniteltu seisokki tarkoittaa esimerkiksi kunnossapitotoimien vuoksi pysäytettyä tuotantoa, häiriöseisokki tarkoittaa puolestaan tuotannon pysähtymistä laitevian tai rikkoontumisen vuoksi. (PSK 6201:2011)

## 2.3 PSK 6800

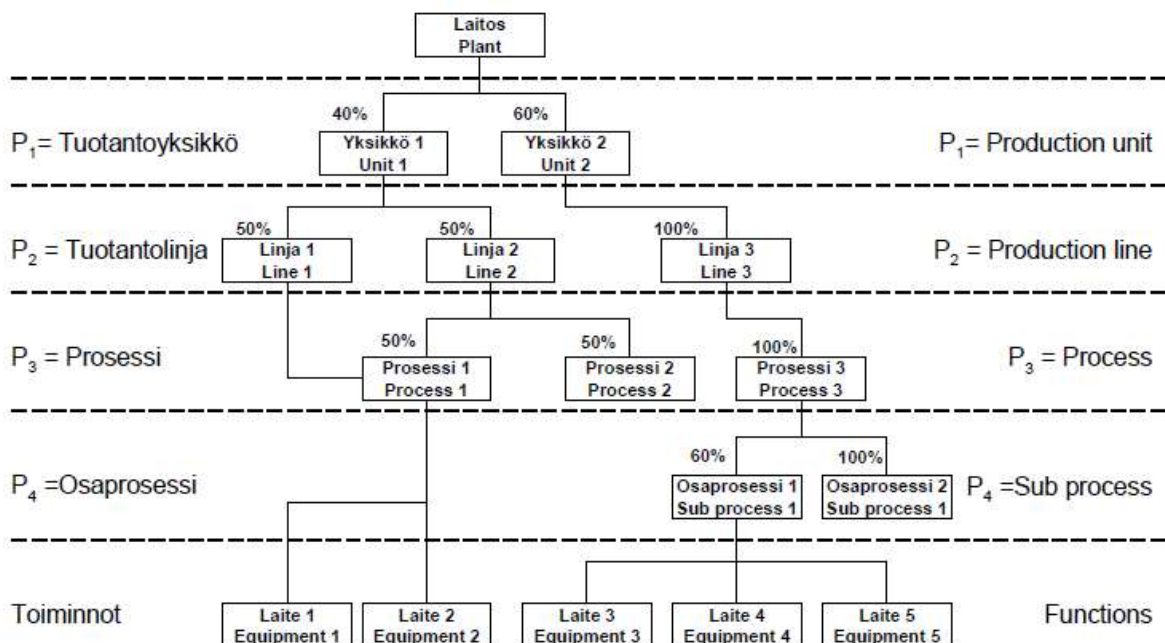
Tämä standardi on ohje teollisuuden eri kohteiden kriittisyyden arviointiin. Kriittisyysluokittelun eri vaiheet käydään läpi. Kriittisyyttä voi arvioida tuotannon, kunnossapidon, henkilöturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmista. Standardi sisältää valmiin pohjan kriittisyysluokittelun tekemiselle. (PSK 6800:2008)

### 2.3.1 Kriittisyys

Kriittisyys kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kriittisyyden voi arvioida eri tavoin. Kohde voi olla kriittinen, jos sen rikkoontuminen aiheuttaa tuotannollisia menetyksiä, jotka eivät ole hyväksyttävällä tasolla. Kohteen kriittisyys voi myös liittyä henkilöturvallisuuteen tai ympäristöturvallisuuteen. Kriittisyys määritellään kohteen rikkoontumisen todennäköisyyden ja vaikutuksen mukaan. (PSK 6800:2008)

### 2.3.2 Tuotannon painoarvo kertoimet

Laitoksen tai tehtaan painoarvo kerroin on aina 100 %, jos laitos sisältää vain yhden tuotantoyksikön on sen painoarvo myös 100 %. Laitoksen sisältäessä esimerkiksi kaksi tuotantoyksikköä, joiden tuotanto on samalla tasolla ovat niiden painoarvot 50 %, jos yksiköiden tuotannot ovat eri tasolla ovat myös painoarvot sen mukaiset. Kuvassa 9 esitellään tuotannon vaikutuskertoimet ja laitoshierarkia. (PSK 6800:2008)



Kuva 9. Tuotannon vaikutuskertoimet ja laitoshierarkia (PSK 6800)

### 2.3.3 Laitteiden kriittisyysluokittelu

Taulukossa 1 esitellään kriittisyysindeksin laskemiseen tarvittavat muuttujat, kertoimet ja esimerkilliset valintakriteerit. Valmista pohjaa ei kuitenkaan tule käyttää suoraan, painoarvot, kohteet, kertoimet ja valintakriteerit muokataan käyttötarkoitukseen sopivaksi.

**Taulukko 1. Kriittisyysluokittelun valintakriteerit (PSK 6800)**

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

Laitteen tai osan kriittisyysindeksi K lasketaan (1) mukaan.

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r) \quad (1)$$

$p =$  vikaantumisväli       $W =$  painoarvo       $M =$  kerroin

### 2.3.4 Turvallisuus

Turvallisuudella tarkoitetaan kriittisyysluokittelussa henkilöön kohdistuvan vaaran mahdollisuutta. Riskin suuruus vaikuttaa kriittisyysluokittelun laskennassa käytettyyn kertoimeen, jos henkilövahingon riski on suuri, nousee myös laskennan kerroin. Kohteen osakriittisyys turvallisuuden kannalta lasketaan (2) mukaan. (PSK 6800:2008)

$$K_s = p \times (W_s \times M_s) \quad (2)$$

### 2.3.5 Ympäristö

Ympäristövaikutuksella tarkoitetaan laiterikon aiheuttamaa päästö-arvojen ylitystä tai lähialueiden saastumista. Kohteen osakriittisyys ympäristövaikutuksen kannalta lasketaan (3) mukaan. (PSK 6800:2008)

$$K_e = p \times (W_e \times M_e) \quad (3)$$

### 2.3.6 Tuotantovaikutukset

Tuotannon vaikutuksella tarkoitetaan laiterikosta aiheutunutta suunnittelemattomia seisakkeja, joka vaikuttaa tehtaan tuotantoaikaan. Kohteen osakriittisyys tuotannon vaikutuksen kannalta lasketaan (4) mukaan. (PSK 6800:2008)

$$K_p = p \times (W_p \times M_p) \quad (4)$$

### 2.3.7 Laatukustannus

Tässä standardissa laatukustannus tarkoittaa ylimääräisiä toimenpiteitä, jotka ovat tarpeellisia saadakseen tuotteen laatu hyväksyttävälle tasolle, laitteen vikaantumisen tai rikkoontumisen jälkeen. Kohteen osakriittisyys laatukustannuksen kannalta lasketaan (5) mukaan. (PSK 6800:2008)

$$K_q = p \times (W_q \times M_q) \quad (5)$$

### 2.3.8 Korjaus- tai seurauskustannukset

Korjauskustannuksella tarkoitetaan kriittisyysluokittelussa vikaantuneen laitteen rikkoutumista, joka aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia tuotannonmenetyksen ohelle. Kohteen osakriittisyys korjaus- tai seurauskustannusten kannalta lasketaan (6) mukaan. (PSK 6800:2008)

$$K_r = p \times (W_r \times M_r) \quad (6)$$

### 2.3.9 Menetelmän kuvaus

Kriittisyyden arviointi tehdään PSK 6800 standardin mukaan seuraavasti:

1. Määritetään tarkastelun laajuus.
2. Määritellään rakenteesta tarkastettavat tasot
3. Määritellään kriittisyysluokat
4. Kriittisyysluokka tekijöiden valinta (painotus tuotantoon tai kunnossapitoon)
5. Luokiteltavien laitteiden listaus
6. Luokittelu
7. Kriittisyysluokan käytön määrittely

(PSK 6800, s. 3)

## 2.4 Varastonohjaus

Varastonohjauksella tarkoitetaan varastoon sitoutuneen pääoman ja materiaalivirtojen hallintaa. Varastonohjauksen tehtävänä on vähentää varastoon sitoutuneen pääoman, tämä tarkoittaa vähän käytettyjen tuotteiden vähentämisen ja paljon käytettyjen tai tärkeiden tuotteiden varmuusvarastoimisen. (Logistiikan maailma, 2019a)

### **2.4.1 ABC-analyysi**

ABC-analyysi on varastonhallintaan soveltuva menetelmä, joka luokittelee varastoitavat tuotteet esimerkiksi myynnin määrän, tuotteen menekien tai tuotteen tärkeyden perusteella. Menetelmä soveltuu suuren varastoon, joka sisältää paljon eri varastonimikkeitä. ABC-analyysillä yritetään vähentää varastossa kiinni olevaa pääomaa ja helpottaa varaston hallintaa. Tämä menetelmä soveltuu erityisesti yrityksille, jotka käyttävät toiminnanohjausjärjestelmää varastojen hallintaan. Toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa varaston reaaliaikaisen seurannan, mikä helpottaa varaston täydentämisessä, kun tärkeimmät tuotteet ovat valmiiksi tiedossa. (Logistiikan maailma, 2019a)

## **2.5 RCM – Luotettavuuskeskeinen kunnossapito**

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito on menetelmä, jonka tehtävänä on parantaa ehkäisevän kunnossapidon suunnittelua. Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu on ollut yksi perinteinen kunnossapidon ongelma, koska menetelmiä ja työkaluja kunnossapidon suunnitteluun ei ole ollut saatavilla. Teollisuuden ehkäisevä kunnossapito on usein suunniteltu kone- ja laitevalmistajien kunnossapito-ohjeiden mukaan. Tämä aiheuttaa turhia kunnossapitotoita ja huonon resurssien kohdistamisen. Oheisena esimerkkejä tällaisista tapauksista:

- Koneita ja laitteita avataan turhaan tarkastuksia varten, vaikka koneen tai laitteen kunnan on mahdollista tarkistaa koneen käydessä.
- Kunnossapitoa ei kohdisteta oikein, mikä tarkoittaa esimerkiksi kaikkien koneiden ja laitteiden tasavertainen kunnossapito.
- Kunnossapito-ohjeet pysyvät samana, vaikka koneet ja laitteet ikääntyvät ja tämän vuoksi alkuperäinen ohje ei ehkä vastaa kunnossapitotarpeita enää.

(Järviö & Lehtiö, 2012, s. 159)

### **2.5.1 RCM-toimintamalli**

RCM toimii työkaluna kunnossapito-ohjelman tekemiselle. Kunnossapito-ohjelman tekeminen vaatii tietoa koneiden, laitteiden tai osien toimintaperiaatteista, jotta kunnossapito pysytään suunnitella mahdollisimman tarkasti. RCM-menetelmällä yritetään kohdistaa kunnossapito oikeisiin paikkoihin, ja vähentää turhia kunnossapitotoimenpiteitä. Tämän

aikaansaamiseksi on kaikki kunnossapito-ohjelmaan sisältyvät laitteet luokiteltava tärkeyden mukaan. Kun laitteet ovat tärkeysjärjestyksessä on aika miettiä miten laitteet voivat vikaantua, mikä vaikutus vikaantumisella on tuotannolle ja miten tämä voidaan ehkäistä. Tämän selvityksen perusteella laaditaan kaikille koneille ja laitteille uudet kunnossapito-ohjeet. (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 159 – 161)

RCM:n keskeisimmät päämäärät ovat Järviön & Lehtiön (2012, s. 163) mukaan seuraavat:

”Priorisoidaan prosessin laitteet, ja näin kohdistetaan kunnossapito sellaisiin laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan. Tavanomaisimmat priorisointikriteerit ovat kustannukset, turvallisuus, ympäristövaatimukset ja laatu.

Selvitetään kaikki vikaantumismekanismit ja näin luodaan pohja oikeiden, tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle.

Saatetaan kunnossapidon piiriin myös sellaiset raja- ja turvalaitteet, jotka prosessin toimiessa ovat ”passiivisia”.

Laaditaan sellaisille laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä, valmiit toimintaohjeet käytettäväksi vikaantumisen ilmettyä.

Opetetaan koneiden käyttöhenkilökunta seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa.

Luodaan edellytykset analysoida kunnossapidon kustannuksia, parantaa prosessin tuottavuutta sekä laitteiden luotettavuutta.”

### **2.5.2 Liika kunnossapito**

Liiallisella kunnossapidolla tarkoitetaan uskoa, että tekemällä paljon kunnossapitotoimenpiteitä ja tekemällä ne perusteellisesti voidaan parantaa kohteen luotettavuutta, tämä on kuitenkin usein päinvastoin. Aina kun kone avataan esimerkiksi tarkistusta varten, altistetaan se vikaantumismekanismeille. (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 79)

## 2.6 Toiminnanohjausjärjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmä on tietojärjestelmä, jota käytetään yrityksen toiminnan ohjaamiseen. Tämä tarkoittaa, että kaikki toiminnot käyttävät samoja tietoja yhteisestä tietokannasta, jotka ovat aina ajan tasalla. Toiminnot, jotka sisältyvät voivat esimerkiksi olla seuraavat:

- Materiaaliohjaus/varastonhallinta
- Osto
- Talous
- Tilaushallinto
- Huolto ja asiakastuki
- Henkilöstöhallinto
- Tuotanto

Toiminnanohjausjärjestelmän tavoitteena on parantaa toiminnan tehokkuutta. Tämä pystytään saavuttamaan esimerkiksi tehostamalla materiaalinohjausta ja varastonhallintaa. Varastot pystytään pitämään mahdollisimman alhaisina ilman vaikutusta tuotantoon. (Logistiikan maailma, 2019b)

### 2.6.1 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmät ovat laajalti käytössä prosessiteollisuudessa. Prosessiteollisuudessa laitemäärät ovat usein erittäin suuria ja tämän vuoksi toimiva kunnossapitosuunnitelma edellyttää toiminnanohjausjärjestelmän käyttöä. Toiminnanohjausjärjestelmä sisältää usein kaikkien tuotannon laitteiden nimikkeet, tekniset tiedot ja varaosatiedot. Tämä mahdollistaa ennakoivan kunnossapitosuunnitelman tekemisen. Ennakoiva kunnossapitosuunnitelma sisältää toimenpiteet, jotka pystytään tekemään tuotantolaitteiden ollessa käytössä. Tähän kuulu erilaiset pesut, tarkastukset ja mittaukset. Ennakoiva kunnossapitosuunnitelma voi esimerkiksi sisältää tietyille laitteelle tehtävät toimenpiteet tietyn aikavälin sisällä. (Järviö, 2006, s. 160 – 172)

### 3 Toteutus

Kriittisyysluokittelu on työ, joka edellyttää erittäin laajan tuntemuksen luokiteltavasta prosessista. Tämän vuoksi työ on tehty läheisessä yhteistyössä tehtaan henkilöstön kanssa, ja suurin osa käytännön työstä paikan päällä.

Työ alkoi rajaamalla luokiteltavat alueet ja laitteet. Tulimme tehtaan väen kanssa siihen tulokseen, että luokittelu koskee vain hiertämön toimintapaikkoja. Vesilaitosta, voimalaitosta ja kuorimoa ei luokitella. Luokiteltavat laitteet rajattiin sähkömoottoreihin, joten yksittäisiä osia ei luokitella. Sähkömoottorien kriittisyysluokka periytyy laitteen muihin osiin, esimerkiksi jos sähkömoottori pyörittää pumppua, on pumpun kriittisyysluokka sama kuin sähkömoottorin.

Käytännön työ alkoi syksyllä 2018 palaverilla Botnia Mill Servicen asiantuntijan kanssa. Palaverissa käytiin läpi kriittisyysluokittelu kokonaisuutena, asiat, jotka kannattaa ottaa huomioon ja miten työ tulisi aloittaa. Tulimme siihen tulokseen, että ensin tulisi miettiä tehtaan väen kanssa mikä on kriittisyysluokittelussa pääpainoarvo. Tehtaan väen kanssa sovimme palaverissa, että pääpainoarvo on tehtaan tuotanto ja käytettävyys, ja että tämä on otettava huomioon luokiteltaessa. Tämän jälkeen PSK 6800 standardissa annetut painoarvot, määritelmät ja valintakriteerit tarkistettiin palaverissa. Määritelmät ja valintakriteerit muokattiin Metsä Boardin tehtaalle sopivaksi.

Työ eteni tämän jälkeen laitelistan hakemisella toiminnanohjausjärjestelmästä (luku 2.6). Lista ajettiin ensin Excel taulukkoon, jossa laitteet tarkistettiin ja sen jälkeen varsinaiseen luokittelutaulukkoon. Laitelista ei sisältänyt kaikkia laitetietoja koska sähkömoottoreita on vaihdettu ja uusia laitteita on lisätty prosessiin. Työn alkuvaihe kului puuttuvien tietojen hakemiseen. Huomasimme myös, että laitelista sisältää käytöstä poistettuja laitteita, joten lista tarkistettiin käyttöpäällikön kanssa ja kyseiset laitteet poistettiin laitelistasta. Valmistelujen jälkeen jäi luokiteltavaksi 510 kohdetta.

Seuraavaksi toteutettiin laitteiden luokittelu. Luokittelu on jaettu prosessin eri osa-alueiden mukaan, jotta työ voitaisiin tehdä systemaattisesti. Ensimmäisen osa-alueen luokittelun valmistuttua kävimme palaverissa läpi kaikki kohteet ja teimme vielä pieniä muutoksia valintakriteereihin. Muutoksien jälkeen luokittelu jatkui systemaattisesti osa-alueittain, kunnes kaikki alueet olivat luokiteltu. Tarkan luokittelun aikaansaamiseksi oli sähkömoottorien läpikäynti ja luoksepäästävyuden arviointi paikan päällä tarpeellinen.

Työkokemukseni tehtaalla oli avuksi luokittelussa, koska olen jo työskennellessä perehtynyt tehtaaseen tuotantoprosesseihin. Tämänkaltaista työtä on kuitenkin erittäin laajaa ja ei olisi onnistunut ilman tukea tehtaaseen työntekijöiltä. Luokittelussa sain asiantuntevaa apua tehtaaseen prosesseista ja kunnossapidosta operaattoreilta, vuoro-insinööreiltä, käyttöpäälliköltä, kunnossapitopäälliköltä, sähköinsinööritä ja kunnossapitoinsinööritä.

## 4 Tulokset

Tässä luvussa käydään läpi kriittisyysluokittelussa saavutetut tulokset. Ensin käydään läpi kriittisyysluokittelun määritelmät ja luokittelun perusteet. Tämän jälkeen esitellään kriittisyysluokittelun raja-arvot sekä kriittisyysluokat A, B, C ja D. Lopuksi esitellään luokittelun tuloksen jakauman ja käyttötarkoituksen.

### 4.1 Kriittisyysluokittelun määritelmät ja luokittelun perusteet

PSK 6800 standardi antaa valmiin luokittelupohjan, joka sisältää tekijät, painoarvot, määrittämissrajat, kertoimet sekä valintakriteerit. Räätelöidyn luokittelun aikaansaamiseksi luokittelupohjaa muokattiin Metsä Boardin tehtaalle soveltuvaksi. Tässä luokittelussa on laatukustannus ja korjauskustannus vaihtunut kunnossapidettävyyteen ja varaosien saatavuuteen. Määrittämissrajojen ja valintakriteerien muokkaaminen on erittäin tärkeä osa kriittisyysluokittelua sen vuoksi että jos määritelmät eivät ole muokattu käyttötarkoitusta varten johtaa se koko luokittelun vääristymiseen ja luokittelun tekeminen on erittäin vaikeaa.

Toimintavarmuus luokitellaan sähkömoottorin vikavälin perusteella. Koska luokittelu on laaja ja jokaisen sähkömoottorin vikaväliä ei ole mahdollista tarkastaa on vain osa käyty läpi. SAP toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa häiriöilmoitusten seurannan tehtaalla käynnistyksestä vuodesta 2005 asti, tämän tarkistuksen tuloksena on ollut, että suurin osa sähkömoottoreista asettuu vikaantumisväliin 3-6 vuotta.

Turvallisuus luokitellaan henkilöturvallisuuteen katsottuna, mikä tarkoittaa kohteen vikaantumisen aiheuttamaa riskiä kunnossapitotöitä suorittaessa. Luokittelu tehdään kohteen sijainnin ja koon perusteella koska esimerkiksi korkealla sijaitseva suuri sähkömoottori aiheuttaa suuremman riskin kuin lattiatasolla sijaitseva pieni sähkömoottori.

Ympäristö luokitellaan vikaantumisen aiheuttaman saastumisen perusteella, mutta koska tämä luokittelu koskee ainoastaan sähkömoottoreita, on riski erittäin vähäinen.

Vikaantumisen vaikutus tuotantoon luokitellaan aiheutuneen seisokin ajan tai tuotannon laskun perusteella. Seisokkiin ja tuotannon laskuun vaikuttaa tässäkin tapauksessa moottorin koko ja sijainti, mutta myös esimerkiksi rinnakkaislaitteet ja laitteen ohittamismahdollisuudet. Jos laitteen ohittaminen on mahdollista ilman että laatu huononee, on laite vähemmän kriittinen.

Kunnossapidettävyys luokitellaan kohteen luoksepäästävyuden ja koon perusteella, jos sähkömoottori on suuri ja sijaitsee sellaisessa paikassa, johon on mahdotonta päästä ilman purkamista, kestää myös kunnossapitotyö kauemmin ja kohde on kriittisempi.

Varaosien saatavuus luokitellaan toimitusajan perusteella, ja riippuu suoraan sähkömoottorin kokoon. Taulukko 2 on luokittelua varten käytetty pohja, sisältäen muokatut rajat ja kriteerit.

**Taulukko 2. Kriittisyysluokittelun määritelmät (PSK 6800)**

Tekijä	Painoarvo	Keroin	Valintakriteeri	Määitysrajat
Toimintavarmuus		1	Varmakäyntinen	Vikaväli yli 6 v
		2	Vähäisiä häiriöitä	Vikaväli 3-6 v
		4	Häiriöherkkä	Vikaväli 1-3 v
		8	Erittäin häiriöherkkä	Vikaväli alle 1v
Turvallisuus	30	0	Ei riskiä	
		2	Vähäinen riski	Esim. Vaaditaan nostoa, yli 1m.
		8	Haitallinen	Epäsuora nosto, iso massa.
		16	Vakava riski	Tapahtuma aiheuttaa pysyviä ja palautumattomia vahinkoja.
Ympäristö	20	0	Ei vaikutusta	
		4	Hajuhaitta, päästöjä jv laitokselle, meluhaitta	
		8	Päästörajan ylitys	
Vaikutus tuotantoon	0	0	Pysähtymisellä ei vaikutusta tuotantoon	Ei seisokkia
		2	Lyhyt seisokki, vähäinen tuotantotason lasku tai vähäinen laadun aleneminen	Alle 2 h
		4	2-8h seisokki, merkittävä vaikutus tuotantotasoon	
		6	Tuotantolinjan pysähtyminen 8-24h ajaksi	
		8	Tehtaan tai osaston pysähtyminen, pitkä korjausaika	
Kunnossapidettävyys	30	1	Hyvät tai kohtuulliset, lattiatasolla.	Korjausaika alle 1h
		2	Kuuma, kylmä, märkä, likainen tai hankala luoksepäästävyys	Korjausaika 1-4 h
		3	Erittäin kuuma, märkää, likaa, syövyttäviä kemikaaleja tai luoksepäästävyys käynnin aikana lähes mahdoton	Korjausaika 4 - 8h
		4	Erittäin ankarat olosuhteet tai laitteen luokse ei pääse purkamatta	Korjausaika yli 8 h
Varaosien saatavuus	20	1	Toimitus	Toimitusaika alle 24 h, alle 45 kW moottorit.
		2	Toimitus	Toimitusaika yli 24 h, alle 100 kW moottorit.
		3	Toimitus	Toimitusaika yli 2 vko tai hinta korkea, alle 132 kW moottorit.
		4	Toimitus	Toimitusaika yli 30 vrk tai hinta korkea, yli 160 kW moottorit.

## 4.2 Kriittisyysluokittelun raja-arvot

Taulukossa 3 esitellään kriittisyysluokkien raja-arvot, kriittisyysindeksin ollessa 1 tai yli, on kohteen kriittisyysluokka C. Kriittisyysindeksin ollessa yli 500, on kohteen kriittisyysluokka B, kaikkein korkein kriittisyysluokka A, vaatii että kriittisyysindeksi on yli 800. Ja jos puolestaan kriittisyysindeksi jää alle 1, on kohteen kriittisyysluokka D.

Taulukko 3. Kriittisyysluokkien raja-arvot

Kriittisyysluokka	Raja- arvo	Kriittisyysluokka	kpl	%
A	800	A	0	0,0 %
B	500	B	0	0,0 %
C	1	C	0	0,0 %
D	0	D	3000	100,0 %

Kriittisyysindeksin laskentatulokset ottaa huomioon toimintavarmuuden, turvallisuuden, ympäristön, tuotannon, kunnossapidettävyyden ja varaosien saatavuuden. Laskentatulokset määrää laitteen kriittisyysluokan. Kriittisyysindeksin perusteella laite saa kriittisyysluokan A, B, C tai D. Laite, joka kuuluu kriittisyysluokkaan A, on erittäin kriittinen tehtaassa tuotannolle ja D-luokan saaneella laitteella ei ole vaikutusta tuotantoon. Kriittisyysluokka D sisältää kaikki laitteet, jotka eivät kuulu tuotannon laitteisiin eikä siten aiheuta tuotannollisia menetyksiä. Luokka on lisätty, jotta kaikki laitteet voidaan luokitella, tähän luokkaan kuuluu esimerkiksi ilmastointilaitteet, puhaltimet ja imurit. Kriittisyysluokka B voi esimerkiksi tarkoittaa laitetta, joka vaikuttaa tuotantoon mutta ei pysäytä tuotantoa kokonaan. Ja C puolestaan laitetta, joka aiheuttaa vain vähäisen tuotannon laskun.

## 4.3 Kriittisyysluokittelu

Luokiteltavia kohteita oli yhteensä 510, A-kriittisiä laitteita 167, B-kriittisiä 87, C-kriittisiä 215 ja D-kriittisiä 41. Taulukossa 4 esitellään kriittisyysluokittelun tulokset.

Taulukko 4. Kriittisyysluokittelun tulokset

Kriittisyys	A	B	C	D	Luokiteltavat laitteet yht.
Hakkeen varastointi ja pesu	21	5	10	0	36
Jauhatus ja lajittelu	33	9	43	0	85
Valkaisu	62	11	41	0	114
Kuivaus	17	5	10	0	32
Paalaus ja varastointi	16	28	82	0	126
LVI	0	0	0	41	41
Prosessikemikaalien talteenotto	12	10	16	0	38
Prosessivedet ja LTO	6	19	13	0	38
Yht.	167	87	215	41	510

#### **4.4 Kriittisyysluokan käyttö**

Kriittisyysluokan käyttötarkoitus Metsä Boardin tehtaalla on varastonohjaamiseen ja käyttövarmuuteen liittyvä. Kriittisyysluokat mahdollistavat tuotannolle tärkeiden moottoreiden varastoinnin tehtaan omassa varastossa, ja moottorit, jotka eivät aiheuta tuotannollisia menetyksiä voidaan tilata tarvittaessa, eikä ole tarve varastoida tehtaan omassa varastossa. Tämä tuo säästöjä yritykselle koska vähemmän pääomaa on kiinni varastossa, ja parantaa myös tehtaan käyttövarmuutta, koska tuotannolle tärkeät sähkömoottorit ovat saatavilla varastosta. Sähkömoottorien kriittisyysluokat ajetaan tehtaan toiminnanohjausjärjestelmään. Toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa varastotilanteen seuraamisen reaaliaikaisesti. Tämä puolestaan helpottaa varastonhallintaa, kun laitteiden kriittisyysluokat ovat näkyvissä.

## 5 Keskustelu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä uusi kriittisyysluokittelu Metsä Boardin tehtaalle, vanhan luokittelun tilalle. Tehtaan prosessi on vuosien saatossa muuttunut, vanhoja laitteita on poistettu ja uusia lisätty. Tämä loi tarpeen uuden kriittisyysluokittelun tekemiselle. Luokittelun käyttötarkoituksena oli tehostaa varastonohjausta ja sen myötä tehtaan käyntivarmuutta. Tämä toteutuu nyt, kun kaikki laitteet ovat luokiteltuja. Kriittisyysluokittelun tekeminen onnistui mielestäni suunnitellusti ja olen tyytyväinen lopputulokseen, uskon myös täyttäneeni yrityksen asettamat toivomukset.

Opinnäytetyön tekeminen on ollut erittäin opettavaista, olen perehtynyt tehtaan prosesseihin, kunnossapitoon ja turvallisuuteen. Opinnäytetyön tekemisen ohessa olen nähnyt, miten yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän käyttö tapahtuu käytännössä, ja mitä hyötyä siitä on tehtaan kunnossapidossa ja varastonhallinnassa. Tämän kokoluokan prosessiteollisuuden tehtaassa on melkein mahdotonta toimia tehokkaasti ilman toimivaa toiminnanohjausjärjestelmää.

Asia, joka osoittautui ongelmaksi, oli tasalaatuisen luokittelun laatiminen. Tämän aiheutti luokittelun laajuus ja kesto, työskentelin Kaskisissa luokittelun parissa kerran viikossa loppusyksystä alkukevääseen asti. Luokitellessa kohde voi yhtenä päivänä tuntua kriittiseltä ja toisena päivänä vähemmän kriittiseltä. Jos tekisin kriittisyysluokittelun uudestaan, yrittäisin saada luokiteltua mahdollisimman paljon kohteita samana päivänä. Koko luokittelu olisi paras tehdä lyhyen ajan sisällä, juuri sen vuoksi että luokittelusta tulisi mahdollisimman tasalaatuinen.

Jatko-tutkimukseksi voisi kriittisyysluokittelun perusteella päivittää tehtaan kunnossapitosuunnitelmaa. Vaikka luokittelun käyttötarkoitus on parantaa varastonohjausta ja tehtaan käyntivarmuutta, on myös mahdollista käyttää luokittelua kunnossapidon ohjaamiseen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi kriittisten laitteiden tehostettu valvonta ja ennakkohuoltovälien tihentäminen. Vähemmän kriittisten laitteiden ennakkohuoltoja voisi puolestaan pidentää, jotta kunnossapitoresurssit olisi mahdollista kohdentaa paremmin. Tämän aikaansaamiseksi olisi mahdollista käyttää RCM-menetelmää, (luku 2.5) jonka tarkoituksena on ohjata kunnossapito kohteisiin, jotka ovat tärkeimpiä tuotannolle, ja vähentää kunnossapitoa muille kohteille. RCM:n tekemisen edellytyksenä on, että laitteet ovat luokiteltuja kriittisyyden mukaan, mikä on valmiiksi tehty. Jos kunnossapito-ohjelma suunniteltaisiin uudelleen RCM-menetelmällä, voitaisiin tulevaisuudessa vähentää ylimääräisiä ja turhia kunnossapitotoimenpiteitä.

## Lähdeluettelo

Gullichsen, J. & Fogelholm, C-J. eds., 1999. *Chemical pulping (Papermaking science and technology 5)*. Helsinki: Fapet Oy.

Järviö, J., 2006. *Kunnossapito*. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys ry.

Järviö, J. & Lehtiö, T., 2012. *tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Kunnossapito*. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys ry.

Logistiikan Maailma. *Toiminnanohjausjärjestelmä* [Online]

Saatavilla:

<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjärjestelmät/toiminnanohjausjärjestelmä/>

[Käytetty 2.4.2019b]

Logistiikan Maailma. *Varastonohjaus*. [Online]

Saatavilla:

<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolintaterminaalit/varastointi/varastonohjaus/>

[Käytetty 6.3.2019a]

Lähdes, K., 2015. *Prosessikoulutus*. Kaskinen: Metsä Board Oy.

Metsä Board. *About us – History*. [Online]

Saatavilla: <https://www.metsaboard.com/About-Us/Pages/default.aspx#History>

[Käytetty 5.1.2019].

PSK 6201. 2011. *Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät*. PSK standardointiyhdistys ry.

PSK 6800. 2008. *Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa*. PSK Standardointiyhdistys ry.

Silván, R., 2015. *Massan valkaisu, teoriaa ja kemiallinen tausta*. Kaskinen: AEL.

Sundström, J. ed., 1999. *Mechanical Pulping (Papermaking science and technology 6)*. Helsinki: Fapet Oy.

Suuronen, S., 2017. *Kemitermomekaanisen massan valkaisu*. Jyväskylä: Satu Suuronen.

## Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Metsä Board Kaskisten BCTMP prosessi (Lähdes, 2015) .....	4
Kuva 2. Puunkäsittely (Silván, 2015) .....	5
Kuva 3. Jauhinterä (Silván, 2015) .....	6
Kuva 4. Höyrynerotuskartio (Silván, 2015) .....	7
Kuva 5. Latenssin poisto (Silván, 2015) .....	8
Kuva 6. Valkaisuprosessin yleiskaavio (Silván, 2015) .....	9
Kuva 7. Paalien käsittely (Joutseno BCTMP, 2000) .....	10
Kuva 8. Kunnossapitolajit (PSK 6201) .....	11
Kuva 9. Tuotannon vaikutuskertoimet ja laitoshierarkia (PSK 6800) .....	13
Taulukko 1. Kriittisyysluokittelun valintakriteerit (PSK 6800) .....	14
Taulukko 2. Kriittisyysluokittelun määritelmät (PSK 6800) .....	23
Taulukko 3. Kriittisyysluokkien raja-arvot .....	24
Taulukko 4. Kriittisyysluokittelun tulokset .....	24