



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ANTTI PERÄLÄ
SELLUTEHTAIDEN KOKONAISTEHOKKUUDEN HALLINNAN
KEHITTÄMINEN
Diplomityö

Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 5. loka-
kuuta 2016

TIIVISTELMÄ

ANTTI PERÄLÄ: Sellutehtaiden kokonaistehokkuuden hallinnan kehittäminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 79 sivua, 52 liitesivua

Marraskuu 2016

Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Talouden ja liiketoiminnan hallinta

Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä

Avainsanat: kokonaistehokkuus, tuottavuus, kokonaisvaltainen tuottava kunnosapito

Tuotannon tehokkuuden kehittäminen on tärkeä osa valmistavan teollisuuden kilpailukykyyn ylläpitoa. Yhtenä tuotannon tehokkuuden keskeisenä osa-alueena on olemassa olevan laitekapasiteetin mahdollisimman korkea hyödyntäminen. Tässä työssä tutkitaan, miten tuotantolaitteiden kokonaistehokkuutta voidaan mitata ja raportoida osastotasolla sellutehtaalla. Työssä muodostetaan ehdotus, mistä ja miten tehokkuutta tulisi mitata sekä millaisia menetelmiä kokonaistehokkuuden hallinnan kehittämiseksi tarvitaan. Työn kohdeyrityksenä on UPM ja työ rajataan yrityksen selluliiketoimintoihin Suomessa. Lähtötilanteessa tehtailla käytetään tehdastason kokonaistehokkuuden mittaamiseen tuotantolaitteiden tuotannollisen suorituskyvyn mittaamiseen kehitettyä *Overall Equipment Effectiveness(OEE)* -mittaristoa.

Työn kirjallisuuskatsaus keskittyy tuotannon tehokkuuden mittaamiseen OEE-mallin avulla, OEE-mallin alkuperäiseen käyttötarkoitukseen liittyvään TPM-konseptiin, tuotannon tehokkuuden ja tuottavuuden yhteyteen sekä sellun valmistusprosessiin yleisellä tasolla. Kirjallisuuskatsauksen jälkeen tutkimuksen pohjaksi muodostettiin lohkokaavioesitys mukana olevien tehtaiden prosesseista erojen ja yhteneväisyyksien hahmottamiseksi. Tämän jälkeen varsinaisessa tiedonkeruussa keskeisimpänä tiedonkeruumenetelmänä olivat haastattelut, joiden avulla pyrittiin selvittämään nykytilaa ja tarpeita tuotannon tehokkuuden raportoimiseksi. Tiedonkeruun pohjalta muodostettiin ehdotus, miten tehtaiden osastokohtainen kokonaistehokkuuden mittaaminen tulisi järjestää. Ratkaisuehdotuksessa keskeisimpinä vaatimuksina olivat yhtenevät mittausmenetelmät eri tehtailla sekä tehokkuuden raportoinnin tarkoituksenmukainen yksityiskohtaisuus.

Ratkaisuehdotuksessa määritellään selkeät mittauspisteet eri tehtaiden tehokkuuden mittaamiseksi osastoittain. Mittauspisteiden lisäksi ratkaisuehdotus sisältää suositukset tehokkuuden raportoimiseksi tarvittavasta järjestelmästä sekä toimintatavoista raportointijärjestelmän ympärillä. Ratkaisuehdotuksen suositusten viemiseksi käytäntöön sen sisältö tulee arvioida kaikilla mukana olevilla tehtailla ja päättää jatkotoimista järjestelmän rakentamiseksi. Tuotannon kokonaistehokkuuden mittaamisen laajentaminen osastotasolle on yksi askel kohti yksityiskohtaisempaa tehokkuuden mittaamista. Valmistusprosessi on kuitenkin monimutkainen ilmiö ja tähän toimintaympäristöön soveltuvia menetelmiä tehokkuuden kokonaisvaltaiseen mittaamiseen tulisi tutkia ja kehittää edelleen. Kokonaisvaltaiseen kokonaistehokkuuden mittaamiseen tulisi sisällyttää laitekapasiteetin lisäksi kaikki muut valmistusprosessiin tarvittavat panokset, kuten raaka-aineet ja työvoima.

ABSTRACT

ANTTI PERÄLÄ: Enhancing the management of overall effectiveness of pulp mills

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 79 pages, 52 Appendix pages

November 2016

Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management

Major: Industrial and Business Economics

Examiner: Professor Jussi Heikkilä

Keywords: overall effectiveness, productivity, Total Productive Maintenance

Improvement of production effectiveness is an essential part of competitiveness in the manufacturing industry. One of the key elements of improving production effectiveness is maximizing the utilization rate of the existing capacity. This thesis examines how the departmental overall effectiveness of the production devices can be measured and reported in a pulp mill. The proposal explains how and where the efficiency should be measured and, moreover, what kind of methods are needed for improving the management of the overall effectiveness. The case company in this study is UPM and the study concentrates on the pulp business of the company in Finland. In the initial situation, the overall effectiveness of the mills is measured on a mill level. The efficiency of the mills is measured according to the Overall Equipment Effectiveness (OEE) -framework which has been developed for measuring the production capability of the production devices.

The literature review of the thesis consists of efficiency measurement with the OEE-model, the TPM-concept, which is the original use of the OEE-model, the relationship between production efficiency and productivity, and the pulp process on a general level. After the literature review, the block diagrams of the production processes of the mills were formed to understand the similarities and differences between the mills. The main method for data collection was interviewing which aimed to clarify the initial situation and the needs for production efficiency reporting. The proposal regarding how the departmental overall efficiency measurement should be organized was constructed based on the data collected. The key requirements for the solution were congruent measurement methods for all the mills and an appropriate level of precision.

The solution includes clear measurement points for departmental efficiency measurement for each of the mills. In addition, the solution contains recommendations about the information system needed for efficiency reporting and the approach to utilizing the system. The solution suggested needs to be evaluated on a mill-level and the decision about the follow-up has to be made. The departmental efficiency measurement is one step towards more detailed efficiency measurement. However, the production process is a complex process and, therefore, suitable methods for overall efficiency measurement should be researched and developed even further in the operating environment. The overall effectiveness measurement should contain the capacity of the devices utilized in addition to all other inputs necessary for the production process, such as raw materials and labor.

ALKUSANAT

Tämän diplomityön myötä olen tutustunut jo ennestään itselleni tuttuun tehdasympäristöön uudesta näkökulmasta. Tämä on tuonut uutta syvyyttä omaan ajatteluun ja auttaa osaltaan ymmärtämään asioita paremmin eri näkökulmista sekä hahmottamaan kokonaisuutta. Uskon tämän työn tulosten hyödyttävän myös kohdeyrityksen liiketoimintaa.

Haluan kiittää kohdeyrityksessä työhöni osallistuneita rakentavasta yhteistyöstä. Heidän osallistuminen eri rooleissa on ollut välttämätöntä työn edistymisen ja valmistumisen kannalta. Kiitokset myös professori Jussi Heikkilälle sujuvasta yhteistyöstä ja työn ohjaamisesta.

Tampereella, 8.11.2016

Antti Perälä

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Työn taustat	1
1.2	Työn tavoitteet, tutkimusongelma ja rajaukset	2
1.3	Työn rakenne.....	4
1.4	Kohdeyritys	4
2.	KIRJALLISUUS	6
2.1	Total Productive Maintenance (TPM).....	6
2.1.1	”Six big losses”	10
2.1.2	Käyttöönotto.....	11
2.1.3	Raportointi	14
2.2	Overall Equipment Effectiveness (OEE)	15
2.2.1	Mittaaminen	16
2.2.2	PSK-standardin mukainen laskenta	18
2.2.3	OEE käytännössä	20
2.2.4	Muita malleja tehokkuuden mittaamiseen	21
2.3	Tuottavuus.....	21
2.3.1	Mittaaminen	23
2.3.2	Tuottavuus käytännössä	24
2.4	Selluprosessi.....	25
2.4.1	Puunkäsittely	26
2.4.2	Kuitulinja	27
2.4.3	Kuivatus	27
2.4.4	Talteenotto	28
3.	TYÖN SUORITUS	29
3.1	Tutkimuksen luonne.....	29
3.2	Tutkimuksen tavoitteet.....	31
3.3	Tiedonkeruumenetelmät.....	31
3.3.1	Aineistopohjainen tiedonkeruu	32
3.3.2	Haastattelut.....	32
3.4	Kerätyn tiedon analysointi	33
3.5	Vaatimusmäärittely järjestelmän rakentamiseksi	34
4.	TUTKIMUSAINEISTO.....	36
4.1	Prosessin mallinnus	36
4.2	Osastokohtaiset haastattelut	36
4.2.1	Kokemukset häiriöraportointisovelluksesta.....	37
4.2.2	Puunkäsittely	40
4.2.3	Kuitulinjat	42
4.2.4	Talteenotto	44
4.2.5	Kuivatuskoneet.....	46
4.2.6	Yleiset asiat	48

5.	TUTKIMUSAINEISTON ANALYSOINTI.....	53
5.1	Havainnot ja ongelmat	53
5.1.1	Raportoinnin nykytila	53
5.1.2	Häiriöraportointijärjestelmä	54
5.1.3	Tuotannon tehokkuuden tunnuslukulaskenta.....	55
5.2	Ehdotukset.....	56
6.	EHDOTUS RAPORTOINNIN JÄRJESTÄMISESTÄ	59
6.1	Raportointijärjestelmä	59
6.1.1	Järjestelmän toiminnot	59
6.1.2	Tunnuslukulaskenta	61
6.1.3	Laskentasäännöt	62
6.1.4	Tietojen esittäminen	63
6.2	Käytännöt	67
6.2.1	Tiedon tuottaminen	67
6.2.2	Tietojen tarkastaminen	67
6.3	Ehdotuksen puutteet	68
7.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	70
7.1	Ratkaisuehdotus käytännön toimenpiteistä	70
7.2	Ratkaisuehdotuksen tarkastelu	71
7.3	Jatkokehitystarpeet	73
	LÄHTEET.....	74

LIITE 1: TEHOKKUUDEN TUNNUSLUKUIEN MITTAUSPISTEET (SALAINEN)

LIITE 2: PIETARSAAREN TEHTAAN PROSESSIKAAVIOT (SALAINEN)

LIITE 3: KAUKAAN TEHTAAN PROSESSIKAAVIOT (SALAINEN)

LIITE 4: KYMIN TEHTAAN PROSESSIKAAVIOT (SALAINEN)

LIITE 5: SELLUTEHTAAN YLEINEN PROSESSIKAAVIO (LIITTEET 2-4 KORVAAVA YLEINEN KAAVIO PERIAATTEEN SELVENTÄMISEKSI)

LIITE 6: TOIMINTAMALLI RAPORTOINTIJÄRJESTELMÄN YMPÄRILLE (SALAINEN)

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Tuotannon tehokkuuden raportoinnin kehitysaskeleet</i>	3
Kuva 2.	<i>PSK-standardin mukaisten tunnuslukujen yhteenveto</i>	19
Kuva 3.	<i>Taloukasvun komponentit (mukaillen Saari 2006)</i>	22
Kuva 4.	<i>Selluprosessin periaate</i>	26
Kuva 5.	<i>Konstruktion liittäminen käytäntöön ja teoriaan (mukaillen Kasanen et al. 1993)</i>	30
Kuva 6.	<i>Erilaiset reitit lähtötilasta tavoitetilaan (mukaillen Järvinen & Järvinen 2011)</i>	30
Kuva 7.	<i>Tapahtumakirjausikkunan periaatemalli</i>	61
Kuva 8.	<i>Tehdasnäkymän taulukkomalli</i>	64
Kuva 9.	<i>Tehdasnäkymän kuvaajamalli</i>	64
Kuva 10.	<i>Osastonäkymän taulukkomalli</i>	65
Kuva 11.	<i>Osastonäkymän kuvaajamalli</i>	66
Kuva 12.	<i>Häiriöraportointikirjaukset esittävän sivun malli</i>	66

LYHENTEET JA MERKINNÄT

JIT	Just-In-Time. Johtamisfilosofia, joka pyrkii tehokkuuden parantamiseen
OEE	Overall Equipment Effectiveness, laitteiden kokonaistehokkuus
OFE	Overall Factory Effectiveness, tehtaan kokonaistehokkuus
OMP	Overall Manufacturing Performance, valmistuksen kokonaistehokkuus
ORE	Overall Resource Effectiveness, resurssien kokonaistehokkuus
PSK	Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus
SDLC	Software Development Lifecycle, ohjelmistokehityksen elinkaari
TPM	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen kunnossapito

1. JOHDANTO

Tuotannon tehokkuuden kehittäminen on välttämätöntä kilpailukyvn ja liiketoimintamahdollisuuksien säilyttämiseksi erityisesti valmistavan teollisuuden suurivolyymisilla tuotteilla (Andersson & Bellgran 2015). Menestyäkseen kilpaillussa toimintaympäristössä organisaatiolla tulee olla tehokkaat strategiat sekä kunnossapitoon että tuotantoon (Attri *et al.* 2013). Tuotannon tehokkuuden jatkuvalla kehittämisellä pyritään kasvattamaan kokonaistuottavuutta. Tuottavuus voidaan ymmärtää yksityiskohtaisempana määritelmänä tehokkuudelle, joka taas voidaan määritellä uhrausten ja tuotetun arvon suhteeksi tarkasteltavassa prosessissa (Saari 2006). Tässä työssä tuotannon tehokkuudella tarkoitetaan valmistusprosessin toteutuvaa priimalaatuista tuotosta suhteessa olemassa olevaan tuotantokapasiteettiin.

1.1 Työn taustat

Johdonmukaisen tuotannon tehokkuuden kehittämiseksi tarvitaan mahdollisimman selkeää ja faktoihin perustuvaa raportointia laitteiden käytettävyydestä ja tehokkuudesta keskeisimpien ja suurimman hyödyn tuottavien kehityskohteiden löytämiseksi (De Ron & Rooda 2005). Tavoitteena on pystyä löytämään oikeat kehityskohteet ja onnistua hyödyntämään olemassa olevat laitteet mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tuotannon tehokkuuden kehittäminen kasvattaa tuotantokykyä, joten se voidaan nähdä myös korvaavana toimenpiteenä pienelle investoinnille kapasiteettiin. Valmistavassa prosessiteollisuudessa kapasiteetti nousee yleensä isolla portaalla investointivaiheessa ja kysyntä asteittain (Stevenson 2011 s. 196). Tätä epätasapainoa voidaan hieman tasoittaa olemassa olevien laitteiden käytön tehokkuutta parantamalla.

Raportoinnin tulee olla riittävän kattavaa, ettei se ohjaa osaoptimointiin hyviä tunnuslukuja tavoiteltaessa. Tästä johtuen muun muassa laatu- ja ympäristövaikutukset tulee sisällyttää raportointiin ja vertailuihin. Tuotantolaitteen tehokkuus voidaan määritellä *Overall Equipment Efficiency* –viitekehyksen (OEE) avulla jaettuna kolmeen osa-alueeseen ja sen pohjalta keskittyä kehitystoimenpiteissä oikeisiin asioihin (Jeong & Phillips 2001). Tässä työssä tehokkuuden raportointiin luotavan mallin on tarkoitus tuottaa yleistä OEE-määrittelyä yksityiskohtaisempaa tietoa, kuten tietoa poikkeamien esiintymisestä prosessialueen sisällä.

Kehityksen seurattavuuden varmistamiseksi raportointi on oltava vertailukelpoinen ajan kuluessa. Vertailtavuuden ja uskottavuuden saavuttamiseksi määrittelyiden tulee olla selkeät raportointimenetelmien osalta. Määrittelyiden tulee myös säilyä mahdollisimman muuttumattomina ajan kuluessa. Myöhäisemmän muutostarpeen minimoimiseksi määrit-

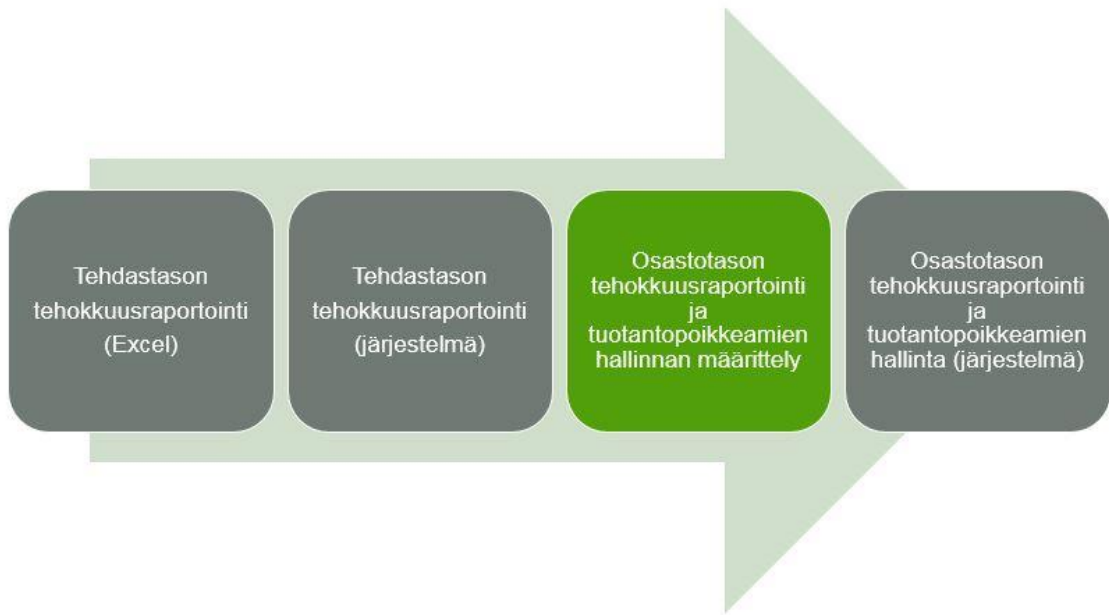
telyt tulee muodostaa mahdollisimman perustellusti ja olla valmis muuttamaan niitä alkuvaiheessa. Huomiota tulee kiinnittää erityisesti raportointimenetelmien yhteneväisyyteen eri tehtaiden välillä, sillä eri tavoin määritelty ja samoin nimetty tunnusluku voi johdattaa väärin johtopäätöksiin ja toimenpiteisiin.

Vertailukelpoisten raporttien perusteella voidaan etsiä eroja tehtaiden välillä ja pyrkiä löytämään kehitettäviä osa-alueita, joilla esimerkiksi suoriudutaan muita tehtaita heikommien. Vastaavasti myönteisesti erottuvilta osilta voidaan hyväksi havaittuja käytäntöjä pyrkiä viemään muille tehtaalle tai ainakin etsiä selittäviä tekijöitä eroille suorituskyvyssä. Tästä käytetään nimitystä vertailukehittäminen, jonka englanninkielinen termi on *benchmarking*. Vertailukehittämisessä tunnustetaan jonkun muun toimijan suoriutuvan paremmin jollain osa-alueella, ja ollaan valmiita oppimaan heiltä. Vertailua ei tarvitse rajata koskemaan vain omaa toimialaa, vaan vaihtoehtoisia toimintatapoja voi hakea mistä tahansa. Ennen parempien käytäntöjen hakemista muualta tulee tunnistaa omat heikkoudet ja vahvuudet, minkä jälkeen etsitään ja sovelletaan muualta opittuja parempia menetelmiä. (Patterson 1995).

Kun raportointiaineisto on karttunut riittävän suureksi, sen pohjalta voidaan lisäksi vertailla eri työvuorojen välisiä eroja. Tällä voidaan pyrkiä kasvattamaan käyttöhenkilökunnan vastuuta laitteiden toimintakunnan aktiivisessa seuraamisessa. Käyttöhenkilökunta käyttää koneita jatkuvasti ja on siten ensiarvoisen tärkeässä asemassa laitteiden kunnan aktiivisessa seurannassa. Aktiivisella seurannalla pystytään havaitsemaan alkavat viat ja pienentämään riskiä yllättäviin käyttökatkoihin, jotka häiritsevät tuotantoa suunniteltua keskeytystä enemmän.

1.2 Työn tavoitteet, tutkimusongelma ja rajaukset

Tämän diplomityön tavoitteena on luoda Suomessa toimiville kolmelle UPM:n sellutehtaalle yhtenevät osastokohtaiset määrittelyt ja käytännöt tuotantopoikkeamien ja tuotannon tehokkuuden raportoimiseksi. Tällä hetkellä tehtaiden tehokkuutta mitataan tehdas-tasolla ja raportit muodostetaan automaattisesti. Aiemmin tehokkuusraportit koostettiin käsityönä automaattisesti kerättyjen tietojen perusteella. Kehitysaskeleet ja tämän työn asemoituminen siihen on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tuotannon tehokkuuden raportoinnin kehitysaskleet

Määrittelyn muodostamisen pohjana käytetään OEE-viitekehystä, jonka avulla voidaan mitata tuotantolinjojen tehokkuutta eri osa-alueilla ja saadaan kokonaistehokkuudelle yksi tunnusluku. Garza-Reyes (2015) mukaan eräänä keskeisenä syynä OEE-mallin yleistymiselle valmistavassa teollisuudessa on juuri sen kyky yhdistää eri suorituskyvyn osatekijät yhdeksi tunnusluvuksi. Lopullisena, tämän työn ulkopuolelle jäävänä, tavoitteena on rakentaa nykyiseen automaatiojärjestelmään tunnuslukujen laskenta ja raportointitoiminnot kaikille prosessialueille.

Tämän tyyppiselle raportointityökalulle on nähty tarvetta ja tällä hetkellä tuotannon tehokkuutta seurataan yleisemmällä tasolla. Lisäksi eri tehtailla on erilaisia omia tehokkuusmittareita käytössä. Nyt raportointi halutaan laajentaa koskemaan koko tehdasta osastotasolla ja pyrkiä löytämään ratkaisu, joka voidaan sellaisenaan tai mahdollisimman pienillä muutoksilla ottaa käyttöön kaikilla kolmella sellutehtaalla Suomessa. Työn tarkoitukselta ja tavoitteista voidaan johtaa tutkimuskysymys:

Millaiset ovat sellutehtaan eri prosessialueiden määrittelyt osastokohtaisen kokonaistehokkuuden yhteneväiseen raportointiin?

Työn tavoite voidaan jakaa kahteen osaan: määrittelyjen luominen tunnuslukujen laskentaan ja luokitteluiden luonti tuotantopoikkeamien raportointiin. Tämän jaottelun pohjalta myös tutkimuskysymys voidaan jakaa kahteen osaan:

Miten prosessialueiden tunnusluvut lasketaan?

Miten prosessialueiden tuotantopoikkeamia seurataan?

Työ rajataan koskemaan kaikkia yrityksen Suomessa toimivia sellutehtaita. Yhtiön Uruguayssa toimiva sellutehdas sekä kaikki paperitehtaat ja muut tuotantolaitokset jäävät tämän työn ulkopuolelle. Työhön sisältyvät kolme tehdasta ovat peruseriaatteeltaan suhteellisen samanlaisia ja tästä johtuen määrittelyt pyritään rakentamaan siten, että ne soveltuvat mahdollisimman hyvin kaikille tehtaille sellaisenaan.

Työ toteutetaan yhdellä Suomen tehtaista. Määrittelyjen luonnin pohjaksi muodostetaan ensiksi kaavio koko tehtaan tuotantoprosesseista. Kaaviot luodaan olemassa olevaan teknisen dokumentoinnin pohjalta. Luotujen kaavioiden oikeellisuus varmistetaan lopuksi prosessialueista vastaavilta käyttöinsinööreiltä. Varsinaiset tehokkuuden mittaamisen määrittelyt luodaan tiiviissä yhteistyössä käyttöinsinöörejä sekä prosessinhoitajia haastellen. Tämän perusteella muodostetut määrittelyt otetaan pohjaksi ja verrataan sitä muiden tehtaiden läpikäynnin tuloksiin. Tämän menettelyn tavoitteena on varmistaa määrittelyt sopivuus kaikille tehtaille ja saada kerättyä rikkaampaa aineistoa määrittelyt lopullista muodostamista varten.

1.3 Työn rakenne

Työ jakautuu 7 eri lukuun, joista ensimmäisessä kerrotaan työn taustoista ja kohdeyrityksestä. Toinen luku sisältää työn varsinaisen teoriakatsauksen ja jakautuu aihepiireittäin neljään eri osaan. Toisen luvun kaksi ensimmäistä alalukua käsittelee työn yksityiskohtaista teoriaosuutta ja kaksi jälkimmäistä alalukua on tarkoitettu tukemaan lukijan ymmärrystä kokonaisuuden kannalta.

Luvut 3 ja 4 sisältävät tarkemman kuvauksen työn suorittamisesta sekä kerätyn aineiston ja sen läpikäynnin. Luvussa 5 analysoidaan kerättyä aineistoa ja koostetaan aineiston perusteella näkemystä siitä, millainen ratkaisun tulisi olla. Yksityiskohtainen ehdotus ja tarkat vastaukset tutkimusongelman mukaisiin ongelmiin esitetään kappaleessa 6 ja lopputuloksen onnistuneisuutta analysoidaan lopuksi kappaleessa 7.

1.4 Kohdeyritys

Työn tilaajana on UPM:n selluliiketoiminta-alueen kunnossapidon kehitysorganisaatio. UPM käyttää itsestään termiä ”Biofore-yhtiö”, jolla tarkoitetaan uusiutuvan puupohjaisen biomassan monipuolista hyödyntämistä. Keskeisessä asemassa ovat uusiutuvat raaka-aineet ja niiden kierrätettävyys. Liiketoiminnot jakautuvat kuuteen liiketoiminta-alueeseen: (UPM 2015)

- *Biorefining* muodostuu sellu-, saha- ja biopolttoaineliiketoiminnoista
- *Energy* keskittyy kilpailukykyisen ja vähäpäästöiseen energian tuotantoon sekä kaupankäyntiin fyysisen sähkön markkinoilla ja johdannaismarkkinoilla
- *Paper Asia* tuottaa Aasian kasvaviin tarpeisiin hienopaperia sekä tarramateriaaleja ja joustopakkausmateriaaleja maailmanmarkkinoille

- Paper *ENA* tuottaa sanoma- ja aikakauslehtipapereita sekä hienopapereita erilaisiin tarpeisiin
- *Plywood* valmistaa vaneria ja viilua rakentamiseen sekä teollisiin tarpeisiin
- *Raflatac* valmistaa tarralaminaattia erilaisiin etiketöintitarpeisiin

Näistä liiketoiminta-alueista *Energy*, *Paper Asia* ja *Paper ENA* muuttuivat omiksi tytäryhtiöiksi heinäkuun alusta 2016. *Raflatac* ja *Plywood* ovat olleet tähänkin asti omia tytäryhtiöitään (UPM 2016a).

Yhtiön liikevaihto oli noin 10 miljardia euroa vuonna 2015. Tuotantolaitoksia on yhteensä 13 eri maassa ja työntekijöitä yhtiön palveluksessa noin 19600. Yrityksen pääkonttori on Suomessa ja yhtiö on listattu Helsingin pörssissä, jonka kautta yhtiön osakkeiden omistus on jakautunut noin 85000 osakkeenomistajalle (UPM 2015).

Biorefining-nimen alle kuuluvaan selluliiketoimintaan kuuluu yhteensä neljä sellutehdasta, jotka tuottavat havu-, koivu- ja eukalyptussellua pehmo- ja erikoispapereiden tuottajille, kartongin valmistajille sekä erikoispapereihin ja muihin sovellutuksiin. Tehtaiden vuosittainen tuotantokapasiteetti on yhteensä 3,5 miljoonaa tonnia. Kolme yhtiön sellutehtaista sijaitsee Suomessa valmistaen sellua havu- ja koivupuista 2,2 miljoonaa tonnia vuodessa. Lisäksi yksi tehdas Uruguayssa valmistaa sellua eukalyptuksesta 1,3 miljoonaa tonnia vuodessa (UPM 2016b).

Energia- ja biopolttoaineliiketoiminnot liittyvät läheisesti selluliiketoimintaan. Sellutehtaat ovat merkittäviä uusiutuvan energian tuottajia tehden niistä yliomavaraisia energian suhteen. Lisäksi Suomen tehtaiden prosesseissa syntyvä mäntyöljy soveltuu raaka-aineeksi biodieselin valmistukseen biopolttoaineliiketoiminnoissa (UPM 2016c).

2. KIRJALLISUUS

Kokonaistehokkuuden arvioinnissa voidaan käyttää OEE-konseptin mukaista laskentata-
paa, joka soveltuu erityisen hyvin valmistavan teollisuuden tehokkuuden mittaamiseen.
Erityisesti suurivolyymiset ja suuria pääomia sitovat valmistuslaitteet soveltuvat hyvin
OEE-mittariston käyttökohteeksi. Mittaristo on luotu alun perin *Total Productive Main-
tenance* -konseptin (TPM) tulosten arvioimiseksi käytön- ja kunnossapidon yhteistyön
kehityshankkeissa. Nämä hankkeet tähtäävät käyttäjien sitouttamiseen laitteiden toimin-
takunnon aktiivisessa tarkkailussa ja ylläpitämisessä yhteistyössä kunnossapidon kanssa.
Laitteiden toimintakunnon aktiivisen ylläpidon päämääränä on käyttöasteen kasvattami-
nen ja sitoutuneen pääoman sekä työvoiman tehokkaampi hyödyntäminen. Kokonaisuus-
den kannalta tavoitteena on kasvattaa valmistustoiminnan tuottavuutta, joka tarkoittaa
yleisimmin määriteltynä panosten ja tuotosten suhdetta. Sekä TPM että OEE soveltuvat
parhaiten tarkassa kirjallisuuden mukaisessa määrittelyssä kappaletavaraa valmistavan
teollisuuden tarpeisiin. Niitä voidaan kuitenkin soveltaa myös prosessiteollisuuteen, ku-
ten selluteollisuuteen.

2.1 Total Productive Maintenance (TPM)

Organisaation tulee kehittyä kilpailijoitaan nopeammin säilyttääkseen tai tullakseen joh-
tavaksi toimijaksi omalla alallaan (Ahuja & Khamba 2008). Kilpajuoksu muodostuu eri
osa-alueista, kuten uusista teknologioista, palvelutasosta ja kustannuksista. Kaikki tekijät
yhdessä muodostavat asiakkaalle arvon, joka voidaan nähdä erotuksena sille mitä asiakas
kokee saavansa ja mitä joutuu sen saamiseksi uhraamaan. Valmistavan teollisuuden or-
ganisaation täytyy kyetä tarjoamaan kustannustehokasta valmistustoimintaa asiakastyö-
tyväisyyden ja kysynnän takaamiseksi. Valmistuskustannuksissa eräänä merkittävänä te-
kijänä voidaan pitää laitteista aiheutuvaa pääomakustannusta, jonka minimoimiseksi ka-
pasideetti tulisi käyttää mahdollisimman tehokkaasti.

Kunnossapitokustannukset nähdään usein välttämättöminä käyttökustannuksina ja ne
ovat listan kärkipäässä potentiaalisia säästökohteita etsittäessä (Khanlari *et al.* 2008,
Tsang 2002). Suuria pääomia sitovassa teollisessa toiminnassa, jossa laitteiden käytettä-
vyys ja luotettavuus ovat keskeisessä roolissa, kunnossapidon strateginen merkitys tuki-
funktiona asiakasarvon kehittämiseksi ja kilpailukyvyn parantamiseksi tulisi kuitenkin
ottaa huomioon. Kunnossapito-osasto pystyy parantamaan yrityksen kilpailukykyä koh-
distamalla panokset oikein laiteinvestointien ja olemassa olevien laitteiden huollon välille
liiketoiminnallisten tarpeiden täyttämiseksi. Nykypäivänä kunnossapitotoiminnan haas-
teina voidaan nähdä erilaiset muutokset toimintaympäristössä. Esimerkkinä tästä on mit-
takaavaedun vaikutuksen heikkeneminen organisaatioiden siirtyessä Lean, JIT ja Six-

Sigma -ohjelmiin, joissa panostetaan volyymin sijaan nopeaan reagointiin ja hävikin minimointiin. Vastaavasti kovenevat sosiaaliset odotukset ympäristön ja ihmisten suojelemiseksi sekä teknologian nopea kehittyminen ovat asettaneet haasteita erityisesti valmistavan teollisuuden kunnossapidolle. (Tsang 2002.)

Lean-valmistuksen kehitti japanilainen autonvalmistaja Toyota 1900-luvun puolivälissä ja laaja kiinnostus sitä kohtaan heräsi kirjan *The Machine That Changed The World* julkaisun jälkeen 1990. Kirjan kuvauksen mukaan Toyotan keskittyi kaikenlaisen hukan poistamiseen prosesseistaan, kun hukaksi oli määritelty kaikenlainen arvoa tuottamaton toiminta (Stevenson 2011 s. 620). Lean yhdistelee massatuotannon ja käsityön parhaita puolia valmistavan tuotannon tehokkuuden kehittämiseksi. Käsityönä tehdyssä valmistuksessa erittäin ammattitaitoiset työntekijät valmistavat juuri kuluttajan toiveiden mukaisen tuotteen yksi kerrallaan. Yksilöllisesti käsin valmistettujen tuotteiden ongelmana on kuitenkin niiden hinta. Vastaavasti massatuotannossa pyritään tuottamaan suuri määrä samanlaisia tuotteita käyttäen koneita ja koulutautumattomia työntekijöitä. Kalliiden ja huonosti häiriöitä sietävien tuotantolaitteiden tehokkaan käytön varmistamiseksi tuotannossa on ylimääräisiä puskureita niin välivarastojen kuin ylimääräisten työntekijöidenkin muodossa. Lean-tuotanto pyrkii yhdistelemään molempien tuotantomenetelmien parhaat puolet vältellen käsityön korkeita kustannuksia ja massatuotannon jäykkyyttä. Päämäärän saavuttamiseksi Leanin periaatteiden mukaisesti toimivassa yrityksessä työryhmät koostuvat moniosaavista työntekijöistä ja valmistuslaitteet ovat korkeasti automatisoituja. (Womack *et al.* 1990 s. 13.)

JIT on lyhenne sanoista Just-In-Time ja sen tarkoituksena on ajoittaa tuotannon eri toiminnot siten, että keskeneräinen tuotanto ja varasto pysyvät mahdollisimman pienenä. Laajemmin käsitettynä JIT sisältää myös kaikki muut valmistusprosessin toiminnot, kuten suunnittelun ja myynnin jälkeiset toiminnot (Stevenson 2011 s. 620). Six Sigma menetelmänä antaa työkalun häiriöiden vähentämiseksi mistä tahansa prosessista. Se on alun perin kehitetty valmistusprosessien kehittämiseen ja virheiden vähentämiseen, mutta soveltuu myös muun tyyppisten prosessien kehittämiseen. Six Sigman kuusi osa-alueita ovat asiakkaaseen keskittyminen, tietoon ja faktoihin perustuva johtaminen, keskittyminen prosessiin ja sen kehittämiseen, ennakoiva johtaminen, yhteistyö sekä täydellisuuden tavoittelu. (Desai 2010 s. 1, 9-11.)

Menestyäkseen kovassa kilpailussa ja saavuttaakseen kansainvälisen tason valmistuksen suorituskyvyn organisaatiolla tulee olla tehokkaat tuotanto- ja kunnossapitostrategiat. Kunnossapitotoimintojen tehokas integroiminen insinööriosaston ja valmistusosaston kanssa voi tuottaa merkittäviä ajallisia ja rahallisia säästöjä luotettavuuden, käytettävyyden, huollettavuuden ja suorituskyvyn kehitystyössä. (Moubray 2003, Ahuja & Khamba 2008 mukaan.) Aiemmin tukitoimintona pidetty kunnossapito nähdään nykyään strategisena osana tuotantoa huolehtien omalta osaltaan tuotantolaitteiden kyvystä täyttää niille asetetut odotukset ja tehdyt suunnitelmat (Otani *et al.* 2008, Bartz *et al.* 2014 mukaan). Perinteisesti valmistavassa teollisuudessa on ollut ”me korjaamme sen” -ajatusmaailma,

jossa kunnossapito-organisaatio huolehtii kaikista kunnossapidollisista tehtävistä. Näitä tehtäviä voidaan kuvata ”tulipalojen sammuttamiseksi” tarkoittaen tuotantolaitteiden saattamista pikaisesti toimintakuntoon niiden hajottua. (Agustiady & Cudney 2015 s. 1.) Korjaavaa kunnossapitoa kehittyneempi toimintatapa on ennakoiva kunnossapito, jossa laitteet huolletaan tarkasti määritellyin määräajoin käytönaikaisen vikaantumisen estämiseksi. Ennakoivan kunnossapidon tarve lähtee kokonaiskustannuksista, jotka ovat yleensä ennakkohuollossa käytönaikaista vikaantumista pienemmät. (McCall 1965). Lisäksi suunnittelemattomista keskeytyksistä voi aiheutua laiterikkoja ja ne voivat myöhästyttää toimituksia asiakkaille.

Korjaavassa kunnossapidossa kunnossapitohenkilöstö tekee korjaustoimenpiteiden lisäksi ennakoivaa kunnossapitoa. Siihen on kuitenkin varsin rajalliset mahdollisuudet laitteiden käyntiajan ulkopuolella. Kunnossapito kuuluu kuitenkin puhtaasti kunnossapitohenkilöstön vastuulle, eivätkä laitteiden käyttäjät osallistu siihen. Käyttäjien ainut tehtävä vikatilanteessa on kertoa kunnossapidolle laitteissa ilmenneestä viasta ja odottaa kunnes vika on korjattu. (Agustiady & Cudney 2015 s. 1.) Vastatakseen tähän tyypilliseen tehdasympäristön ongelmaan, käytön ja kunnossapidon lokeroitumiseen, japanilaiset esittelivät kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon. Se tunnetaan englanninkielisellä nimellä *Total Productive Maintenance* ja on yhtenäinen koko laitteiden eliniän kattava lähestymistapa kunnossapitoon ja laitetukeen. (Blanchard 1997.) TPM-toimintojen tehokas soveltaminen valmistavan organisaation tarpeisiin on strateginen lähestymistapa kunnossapitotoimenpiteiden tehokkuuden kehittämiseen (Attri *et al.* 2013, Dossenbach 2006) ja sitä pidetään lupaavimpana strategiana vaativilla valmistavan teollisuuden aloilla (Ahuja & Khamba 2007).

TPM-konseptin tärkeimpinä näkökohtina ovat tuotantolaitteiden tehokkuuden parantaminen ja optimaalisten organisatoristen ryhmien muodostaminen järjestelmän kunnossapitotehtäviin (Blanchard 1997). TPM pyrkii tunnistamaan ja poistamaan tehokkuushäviöitä aiheuttavat häviöt tuotantoprosessista laitekeskeisellä ja yhteistyöhön perustuvalla menetelmällä, joka pyrkii parantamaan tuotannon tehokkuutta sekä työntekijöiden tyytyväisyyttä (Ahuja & Kumar 2009). Lisäksi TPM-ohjelman tavoitteena on parantaa tuottavuutta, laatua ja toiminnan turvallisuutta sekä laskea tuotantokustannuksia (Piechnicki *et al.* 2015). Cua *et al.* (2006) ja McKone *et al.* (2001) ovat todenneet TPM-ohjelman alentavan operatiivisia kustannuksia sekä suoraan että epäsuorasti ja parantavan tuotteiden laatua. Wickramasinghe & Perera (2016) totesivat tekstiili- ja vaateteollisuutta koskevassa tutkimuksessaan TPM-ohjelman vaikuttavan positiivisesti kustannustehokkuuteen, laatuun, toimitusvarmuuteen ja tuotannon joustavuuteen.

Tavoitteiden saavuttamiseksi TPM on otettava käyttöön yrityksessä kattava kaikki toiminnot johdosta työntekijöihin. TPM koostuu Nakajiman (1988 s. 10) mukaan viidestä elementistä, jotka ovat:

- Tuotantolaitteiden tehokkuuden maksimointi

- Koko laitteiden eliniän kattava perusteellinen kunnossapito
- Käyttöönotto eri osastoilla
- Yrityksen jokaisen työntekijän osallistuminen
- Ennakoivaan kunnossapitoon kannustaminen

TPM-konseptin sisällöstä on olemassa myös erilainen, hieman laajempi, käsitys koostuen kahdeksasta peruspilarista (Japan Institute of Plant Maintenance, Rodrigues & Hatakeyama 2006 mukaan):

- Käyttäjien suorittama kunnossapito
- Hävikkitekijöiden systemaattinen tunnistaminen ja korjaaminen
- Ennakkoon suunnitellut laitteiden eliniän kattavat huoltotoiminnot
- Laadun ylläpitäminen pyrkien vikojen nollassoon
- Koulutus
- Turvallisuus- ja ympäristöasioiden huomioiminen
- Soveltaminen toimistoympäristössä
- Hallittu kehitystoiminta

Kaikkien kahdeksan osa-alueen käyttöönotto ei kuitenkaan ole välttämätöntä hyötyjen saamiseksi. Pieni tai keskisuuri yritys voi hyödyntää mallia ottamalla vain yhden tai useamman osa-alueen kerrallaan käyttöön (Jain *et al.* 2012, Jain *et al.* 2014 mukaan).

Tuotantolaitteiden tehokas käyttäminen vaatii häiriötöntä toimintaa, sillä valmistusprosessit muodostuvat usein peräkkäisistä osista ja vikaantuminen vaikuttaa väistämättä edeltäviin osaprosesseihin. Tällöin pienenkin häiriön vaikutus leviää nopeasti lamauttaen koko prosessin toiminnan. (Agustiady & Cudney 2015 s. 1.) Tästä johtuen laitteiden kunnossapito on korvaamaton toiminto valmistavan teollisuuden yrityksessä (Ahmed *et al.* 2005). Häiriöiden vaikutusta voitaisiin rajoittaa varastoimalla tuotteita varmuuden vuoksi prosessiosien välissä, mutta se ei ole oikea lähestymistapa Lean-ajattelun mukaan (Agustiady & Cudney 2015 s. 1). TPM-konseptin päämäärät valmistavan teollisuuden prosessin tehokkuuden parantamiseksi vastaavat peruseriaatteiltaan Leanin periaatteita eli se pyrkii poistamaan prosessista häiriöitä, jotka johtavat tuottamattomaan toimintaan. Leanin ja TPM:n keskinäisestä suhteesta on erilaisia mielipiteitä, mutta yleisimmin TPM mielletään Leanin yhdeksi työkaluksi (Achanga *et al.* 2006, Arashpour *et al.* 2009 s. 1, Scherrer-Rathje *et al.* 2009). TPM pyrkii hyödyntämään epävarmasti ja tehottomasti toimivissa tuotantolaitteissa olevan ”piilokapasiteetin”, johon laitteella on potentiaalia ilman ongelmia (Ahuja & Khamba 2008).

Keskeisenä osana TPM-konseptia ovat laitteiden käyttäjien suorittamat kunnossapitotehtävät, mikä laajimmin käsitettynä tarkoittaa kaikkien kunnossapitotehtävien olevan käyttäjän vastuulla (McAdam & McGeough 2000). TPM kannustaa käyttäjiä itsenäisiin kunnossapitotehtäviin, mutta edellyttää käyttäjien omaa motivaatiota ja osaamista siihen. So-

veltuva työympäristö ja edellytykset on luotava ennen TPM-mallin käyttöönottoa, ja niiden luonti on luonnollisesti johdon vastuulla. (Nakajima 1988 s. 57.) Suppeammin käsitettynä laitteiden käyttäjien tekemä kunnossapitotyö voidaan rajata koskemaan rutiinitehtäviä, jolloin kunnossapidon ammattilaiset voivat keskittyä kehitystöihin ja ennakoivan kunnossapidon tehtäviin (McAdam & McGeough 2000). Kunnossapidon korostuminen myös käyttäjien työtehtävissä on luonnollista, sillä se on tullut yhä keskeisemmäksi valmistavan teollisuuden osa-alueeksi automaation lisääntyessä. Lopputuotteen laadun voidaan nähdä riippuvan nykyään merkittävästi valmistavien laitteiden toiminnasta, kun aiemmin laadun on nähty riippuvan lähinnä valmistusprosessista. Korkeasti koneellistuksessa ja automatisoidussa valmistusprosessissa kaikki riippuu laitteista – tuottavuus, kustannukset, valmistusprosessin turvallisuus, varastotarve, valmistuva tuotanto ja laatu. (Nakajima 1988 s. 1.)

Nykyaikaiset tuotantolaitteet pystyvät toimimaan ihmistä tarkemmin toistaen samaa työvaihetta loputtomasti ja huomattavan vaativissa olosuhteissa väsymättä. Nakajiman (1988 s. 2) mukaan lisääntyvä automaatio ja miehittämätön tuotanto ei kuitenkaan tarkoita ihmisen olevan tarpeeton, sillä laitteiden toimintakunnosta huolehtiminen vaatii edelleen ihmisen työpanosta. Kehittynyt teknologia ja korkea automaatioaste vaativat tarkoitukseen soveltuvaa kunnossapito-organisaatiota henkilökunnan erikoisosaamisen hyödyntämiseksi, sillä tarvittavaa osaamista ei ole keskimääräisellä työntekijällä (Nakajima 1988 s. 2). TPM-toimintojen tarkoitus valmistavan teollisuuden yrityksen toiminnoissa on turvata laitteiden, työntekijöiden ja yrityksen kehittyminen tavoitellen tilannetta, jossa ei esiinny lainkaan laitehäiriöitä, virheitä, tarvetta työn uusimiselle tai työtapaturmia (Kwon & Lee 2004).

2.1.1 ”Six big losses”

TPM tunnistaa kuusi tekijää, jotka ovat tehokkuuden esteenä ja joita kutsutaan *six big losses* -nimityksellä. TPM tähtää näiden esteiden poistamiseen, minkä myötä tehokkuus kasvaa. Syyt ja tuotantomentyksen aiheuttajat ovat (Nakajima 1988 s. 14):

- Seisokit
 - Vikaantuminen
 - Asetukset ja säädöt eri tuotteille
- Nopeushäviöt
 - Tyhjäkäynti ja lyhyet pysähdykset
 - Toteutuneen ja suunnitellun tuotantonopeuden ero
- Laatuhäviöt
 - Laatuvirheet ja hylätty tuotanto
 - Käynnistyshäviöt ennen tuotannon vakiintumista

Kuuden hävikkitekijän lisäksi kirjallisuudesta löytyy myös laajempia määritelmiä hävikkitekijöille. *Eight major losses* -määritelmään sisältyy *six big losses* -tekijöiden lisäksi

suunnitellusta kunnossapidosta ja tuotannosuunnittelusta aiheutuvat häviöt. Tuotantolaitteista johtuvat tuotantohäviöt eivät kuitenkaan ole ainoa häviöiden lähde, vaan lisäksi tulisi huomioida ihmisten tehokkuuteen vaikuttavat tekijät. *Sixteen major losses* sisältää yhteensä 16 neljään eri osa-alueeseen kuuluvaa häviötekijää: (Ahuja & Khamba 2008)

- Laitteiden tehokkuutta haittaavat tekijät
 - Viat laitteissa
 - Säättöjen tekeminen
 - Nopeushäviöt
 - Tyhjäkäynti ja lyhyet pysähdykset
 - Työn uusintatarve
 - Käynnistyshäviöt
 - Pysähdykset kuluvien osien vaihtamiseksi
- Laitteiden käyntiaikahäviöt
 - Suunnitellut seisokit
- Työntekijöiden tehokkuutta haittaavat tekijät
 - Automatisoinnin puute
 - Työmäärän epätasapaino liukuhihnatyöskentelyssä
 - Jatkuva laitesäättöjen tarve
 - Odotusaika johtuen työn organisoinnista
 - Liikkumistarve työpisteiden välillä
- Tuotantoresurssien tehokkuutta haittaavat tekijät
 - Materiaaleista johtuvat häviöt
 - Työkalujen huonous
 - Energian tehoton käyttö

Vikojen ja keskeytysten poistamisen seurauksena laitteiden käyttöaste nousee, varastoa voidaan pienentää ja kustannukset laskevat, jolloin saavutetaan kokonaisuudessaan tuottavampi valmistusprosessi. Tarkka huolehtiminen laitteiden kunnosta saattaa lisätä kustannuksia, mutta kustannukset tulevat katetuksi kasvavan kannattavuuden myötä tuottavuuden parantuessa. (Nakajima 1988 s. 2.)

2.1.2 Käyttöönotto

Laitteiden tehokkuuden optimointi ei onnistu, mikäli kunnossapitotehtävissä luotetaan vain osaavan kunnossapitohenkilöstön hoitavan kaikki kunnossapidolliset tehtävät. Merkittävä määrä käyttämättömiä resursseja voidaan hyödyntää ottamalla laitteiden käyttäjät avuksi yksinkertaisiin ennakoivan kunnossapidon tehtäviin. Tavoitteena on tällöin luoda heille tunne laitteiden omistajuudesta, minkä myötä laitteiden kunnosta ja siisteydestä huolehtiminen tulee luontaiseksi toimintatavaksi. Työntekijät voivat suhtautua TPM-ohjelmaan, kuten muihinkin muutoshankkeisiin, ”kuukauden muutosohjelmana”, joka ei kestä kauaa. Johdon tehtävänä on kuitenkin viestiä selkeästi toimintatavan olevan kiinteä

osa yrityksen kunnossapitostrategiaa ja olla kärsivällisiä työntekijöiden asenteiden sekä arvojen muuttuessa hitaasti uuteen toimintamalliin soveltuviksi. (Tsang & Chan 2000.)

TPM:n käyttöönotto vaatii yleensä kulttuurimuutoksia yrityksessä, sillä onnistuminen vaatii vastuun siirtämistä päätöksenteosta organisaatiossa alemmille tasoille (Patterson *et al.* 1995.) Yhä useammat organisaatiot muuttavat rakennettaan perinteistä pyramidi-tyyppistä rakennetta matalammaksi, jolloin kaikkien eri tasoilla toimivien ryhmien tärkeys kasvaa. Tiimityöstä seuraavat, sekä aineelliset että aineettomat, hyödyt valmistavan teollisuuden tehtävissä ovat merkittäviä. Näitä ovat esimerkiksi tuottavuuden kasvu, kustannusten aleneminen, asiakastyytyväisyyden paraneminen ja parantunut kannattavuus. (Clifford & Sohal 1998.) Yhteistyö hyödyttää sekä työryhmän jäseniä että organisaatiota, jossa he työskentelevät. Ihmiset haluavat työskennellä yhdessä ja auttaa toisiaan, koska tuntevat olevansa osa työryhmää ja haluavat oman ryhmänsä menestyvän, jolloin yksilöiden keskinäinen kilpailu vähenee ja panostukset kohdistuvat ryhmän suoriutumiseen. Ryhmässä työskennellessään jäsenet tukevat toisiaan ja luottavat toisiinsa, jolloin he myös jakavat tietämystään muille jäsenille ja täydentävät toistensa heikkouksia omilla vahvuuksillaan. (Quick 1992 s. 13.)

Kaikille tuotannon ja kunnossapidon osastoilla työskenteleville tulee järjestää koulutus osana TPM:n käyttöönottoa työntekijätasolla. Koulutuksessa kerrotaan TPM-konseptin sisällöstä, käyttäjien ja kunnossapitajien uusista rooleista sekä ohjelmalla tavoiteltavista hyödyistä. Päämääränä on organisaatiokulttuurin muuntaminen TPM:n käyttöönottoon sopivaksi kouluttamalla käyttöhenkilökunnalle rutiininomaiset ennakoivan kunnossapidon tehtävät ja valmentamalla kunnossapitohenkilökunta avustamaan käyttäjiä konsultin ja kouluttajan roolissa. Epävarmuuden vähentämiseksi ja onnistumismahdollisuuksien kasvattamiseksi pitäisi ennen varsinaista käyttöönottoa viedä osastolla läpi pilottihanke, josta voidaan odottaa nopeasti näkyviä tuloksia. (Tsang & Chan 2000)

TPM-ohjelma voidaan ottaa käyttöön neljässä osassa, jotka ovat (Nakajima 1988 s. 56-63, Park & Han 2001):

- Valmistautuminen: Johto julkistaa päätöksen TPM-ohjelmaan lähtemisestä ja luo tarvittavan toimintaympäristön suunnitelman toteuttamiseksi. Suunnitelmassa määritellään, miten tuotantolaitteista aiheutuvaa hävikkiä pienennetään, itsenäiset kunnossapito-ohjelmat muodostetaan, laadunvalvontaa kehitetään ja koko henkilöstön kattava koulutus järjestetään
- Alustava käyttöönotto: Tuotannon työntekijät otetaan mukaan kunnossapitotoimenpiteisiin ja tarvittavat perustaidot opetetaan kaikille työntekijöille. Ennen itsenäisen työn aloittamista alustavat tehtävät tunnustetaan ja toimintatavat suunnitellaan.
- TPM käyttöönotto: Pää tavoite on tuotantolaitteiden tehokkuuden parantaminen TPM-menetelmillä. Tuotannon työntekijät osallistuvat itsenäisiin kunnossapitotöihin, mutta tarvitsevat lisäkoulutusta tehtävien suorittamiseksi

- Tilanteen vakauttaminen: Organisaation tulee vakiinnuttaa TPM-ohjelman jatkuva parantaminen osana organisaation strategiaa. Tulosten seurannasta ja tarvittavan TPM-osaamisen varmistamisesta tulee huolehtia.

TPM-ohjelma keskittyy neljään osa-alueeseen, jotka ovat itsenäiset kunnossapitotoimet sisältäen kunnossapitokäytäntöjen kehitystoiminnan, laitteiden fyysiseen tilaan pohjautuvan tiedon perusteella tehtävät laiteparannukset, ennakoiva kunnossapito ja laadun ylläpitäminen poistamalla kaikki laitteisiin liittyvät viat laitteiden tilaan pohjautuvan analyysin perusteella. Tietotarpeiden kattamiseksi ennakoivan kunnossapidon tarpeisiin tulisi kehittää kaikki TPM-toiminnot sisältävä tietojärjestelmä, jonka pohjalta voidaan tehdä laitekohtaisia päätöksiä perustuen kunnossapidosta ja suorituskyvystä kerättyyn tietoon. (Agustiady & Cudney 2015 s. 4.)

TPM:n käyttöönotto on vaativa muutosprosessi, joka monista onnistuneeksi raportoiduista tapauksista huolimatta voi myös epäonnistua. Useat epäonnistuneet toteutukset, joissa prosessi ei ole johtanut tavoiteltuihin lopputuloksiin, ovat jääneet kokonaan raportoimatta. (Ljungberg 1998.) Raportoiduissa epäonnistumisissa on usein laiminlyöty TPM-prosessia tukevien käytäntöjen kehittäminen, laaja työntekijöiden sitouttaminen ja moniosaavien työryhmien muodostaminen (Ahuja & Khamba 2008). Erityisen tärkeää on luoda jo käyttöönoton ajalle selkeä strategia ja mittarit, joita on helppo ymmärtää ja joilla voidaan todentaa prosessin vaikutukset (Agustiady & Cudney 2015 s. 2). TPM-mallin käyttöönotossa onnistuakseen yrityksen tulee olla valmis siihen, jolloin sillä ei ole seuraavia ominaisuuksia (Patterson *et al.* 1995):

- Palkanmaksun perusteena on käyttäjän koneella valmistamien tuotteiden lukumäärä
- Koneiden käyttäjät kieltäytyvät lisävastuusta
- Esimiehet eivät luota käyttäjiin laitteiden korjaustoimenpiteissä
- Kunnossapitohenkilöstö ei kehitä johtamis- ja vuorovaikutustaitojaan
- Kunnossapidon asiantuntijat näkevät TPM:n uhkaavan heidän työpaikkaansa
- Kunnossapitohenkilökunta keskittyy vain odottamaan kutsua korjaustoihin, eikä suostu jakamaan tietotaitoaan auttaakseen laitevalmistajia suunnittelussa
- Kunnossapidollisia raportteja ei analysoida
- Kunnossapito nähdään kustannuksena sen sijaan, että se nähtäisiin investointina

Yrityksen sisällä tapahtuva laitteiden suunnittelu ja valmistus ovat erittäin suotavia, koska sen myötä valmistustekniikka ja henkilöstön taidot kehittyvät ja osaaminen pysyy teknologisen kehityksen kärjessä. TPM:n periaatteet sivuuttavassa yrityksessä, jossa laitteiden suunnittelu ja valmistus hoidetaan alihankintana ja vain muutama pätevä teknikko huolehtii laitteiden tehokkaasta käytöstä, hukataan mahdollinen kilpailuetu ja edellytykset tehokkaalle kunnossapidolle ovat huonot. Perussyynä alihankinnalle on keskittyminen ydinliiketoimintaan ja sitä tukevien toimintojen jättäminen alihankkijoiden tehtäväksi,

vaikka tällainen välinpitämättömyys laitetekniikkaa kohtaan osoittaa ymmärryksenpuutetta sen tärkeyttä kohtaan nykyaikaisissa valmistusprosesseissa. (Nakajima 1988 s. 43-44.) Käytännössä nykyaikaiset laitteet vaativat kuitenkin merkittävää erikoistumista ja tästä johtuen laitteita käyttävän organisaation rooli rajoittuu yleensä yhteistyöhön laitevalmistajan kanssa suunnittelu- ja käyttöönottovaiheessa.

2.1.3 Raportointi

TPM-konseptia koskevassa kirjallisuudessa ei ole selkeästi kerrottu, miten tuotantomenetykset tulisi kerätä ja raportoida. Lisäksi useilla aloilla aktiivinen tiedonkeruu aiheuttaa vastustusta koneiden käyttäjien ja esimiesten keskuudessa. Onnistuneesta tiedonkeruujärjestelmästä ei saisi aiheutua merkittävästi lisätyötä ja sen tulisi olla tarkka. Lisäksi erilaiset käsitykset häiriöiden vaikutuksesta tuotannon tehokkuuteen vaihtelevat, mistä johtuen häiriöitä raportoidaan eri tavoin. Käyttäjien keräämän tiedon luotettavuus saattaa myös joissain tapauksissa jäädä melko alhaiseksi, esimerkiksi silloin kun häiriö on todellisuudessa johtunut käyttäjistä itsestään. (Ljungberg 1998.) Nykyään tuotantolaitosten kehittyneet automaatiojärjestelmät ovat merkittävä osa myös raportointia, sillä kaikki prosessin tilaan liittyvä mittaustieto on käytettävissä automaatiojärjestelmässä. Tietoa pystytään keräämään erittäin tarkasti, käyttäjien erilaiset käsitykset häiriöiden vakavuudesta kirjauksissa jäävät pois ja raportointi voidaan järjestää helposti. Tällöin käyttäjän tehtäväksi jää lähinnä lisätietojen ja kommenttien lisääminen kirjaukseen.

Käyttöhenkilökunnan suorittaman aktiivisen laitteiden seurannan ja raportoinnin pohjalta tavoitteena on syventää käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön yhteistyötä ja pyrkiä kehittämään yhteisvastuullisuutta korkean käyttöasteen saavuttamiseksi. Perinteisesti käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön vastuualueet ovat lokeroituneet siten, että ensimmäinen vastaa laitteiden käytöstä ja toinen laitteiden kunnosta. Parkkilan (2015 s. 13) mukaan laitteiston käyttövarmuus kasvaa kommunikoinnin lisääntymisen myötä ja erityisesti hiljaisen tiedon siirtymisen seurauksena. Lisäksi henkilöiden moniosaaminen lisää teollisessa ympäristössä laitteiden käyttövarmuutta. Teollisuusyrityksen toiminnan aktiiviseen kehittämiseen osallistuminen vahvistaa myös henkilöiden omaa osaamista. Joissain organisaatioissa on ollut nähtävissä käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön toimintojen yhdistämistä käynnissäpidoksi.

TPM:n positiivisena strategisena lopputuloksena voidaan nähdä tuotantoa häiritsevien ja hävikkiä aiheuttavien odottamattomien keskeytysten määrän väheneminen. Niiden vuosikustannukset voivat olla miljoonia dollareita vuosittain. (Gosavi 2006.) TPM pyrkii maksimoimaan tuotannon huomioiden kokonaisuuden, josta voidaan käyttää lyhennettä PQCDSM eli tuotanto, laatu, kustannukset, toimitus, turvallisuus ja ympäristö sekä moraalit. Tähän tavoitteeseen pyritään ylläpitämällä ideaalisia toimintaedellytyksiä ja hyödyntämällä laitteita tehokkaasti. Päämääränä on mahdollisimman korkea tuotannon kokonaistehokkuus, josta käytetään englanninkielistä nimitystä *Overall Equipment Effectiveness*. (Nakajima 1988 s. 13.)

2.2.1 Mittaaminen

Käytön ja kunnossapidon perinteinen erottuminen eri osastoiksi erilaisine tehtävineen vaikuttaa myös toiminnan tehokkuuden mittaamiseen. Useat yritykset ovat päätyneet mittaamaan kunnossapidon tehokkuutta vain käytettävyyden aikahäviöiden perusteella, koska sitä on pidetty käyttäjistä riippumattona mittarina. Tämä oletus ei ole missään tapauksessa oikein. (Ljungdberg 1998.) Perinteiset tuottavuuden mittarit ovat olleet käyttöaste ja tuotantomäärä, jotka mittaavat vain osittain tuotannon tehokkuutta ja ovat huonoja mittareita kertomaan, mistä ongelmat johtuvat ja mihin tulisi kohdistaa kehityspanoksia (Huang *et al.* 2003). Useat kustannuslaskennan menetelmät, yksittäiset mittarit sekä kokonaisvaltaisemmat laskentajärjestelmät, kuten toimintokustannuslaskenta (*Activity-Based Costing*), eivät huomio valmistuksen suorituskykyä suhteessa kilpailukykyyn (Bamber *et al.* 2003). Kokonaiskuvan ymmärtäminen organisaation tilasta on usein hankalaa johtuen liian suuresta määrästä erilaisia mittareita (Keegan *et al.* 1989). Erilaisten mittareiden yhdistäminen järkeväksi ja tehokkaaksi kaikki tarpeet kattavaksi kokonaisuudeksi on ongelmallista, mistä johtuen valmistuksen tehokkuuden mittaamisen menetelmät eivät ole itsestään selviä (Bamber *et al.* 2003). OEE-mittarin ja organisaation taloudellisten mittarien välinen vaikutus tulisi selvittää ymmärryksen lisäämiseksi siitä miten parantunut OEE vaikuttaa taloudellisiin tunnuslukuihin, kuten voittoon ja kustannuksiin. Yhteyden ymmärtäminen voi olla avuksi myös lisäpääomaa vaativien investointihankkeiden perustelussa ja työntekijöiden motivoinnissa tarvittavien laiteparannusten tekemiseksi. (Agustiady & Cudney 2015 s. 116)

OEE-mittarin eri luokat koostuvat aiemmin mainittujen TPM-konseptin kuuden häviötekijän vaikutuksista. Hävikkitekijöistä kaksi ensimmäistä on määritelty aikahävikiksi ja niistä lasketaan käytettävyys laitteelle. Kolmas ja neljäs tekijä ovat nopeushäviöitä, joiden avulla lasketaan toiminta-aste ja kaksi viimeistä häviötä liittyvät laadullisten häviöiden laskentaan. Käytettävyysaste huomioi hajoamisista ja säätöjen tekemisestä aiheutuvat katkot, joiden aikana laite ei ole käytettävissä tuotantoon. Toiminta-aste huomioi normaallitoimintaan sisältyvän tyhjäkäynnin ja lyhyet pysähdykset, kuten valmiiden tuotteiden poistamisen tuotantolaitteesta, jolloin laite ei käy. Laatutaso huomioi laatuun ja työvaiheen uusimiseen liittyvät toimet asiakkaan vaatiman laatutason täyttämiseksi. OEE-tunnuksluvun parantuminen kasvattaa valmistusprosessin tuotosta ja vähentää laatutason vaihtelua sekä aikatauluongelmia pienentäen varastoa, ylityötarvetta ja tarvetta työvaiheiden uusimiselle. (Agustiady & Cudney 2015 s. 112.)

OEE-laskenta vie laitteiden hyödyntämisen arvioinnin syvemmälle kuin pelkkä käyttöaste, joka huomioi ainoastaan käyntiajan suhteessa kalenteriaikaan. OEE-laskennan tuloksena syntyy tunnusluku, joka kuvaa miten suuren osan ajasta laite tuottaa laadukkaita tuotteita. OEE tulisi laskea jokaiselle tuotantoprosessin laitteelle erikseen tuotantoa rajoittavan tekijän tunnistamiseksi, jolloin sitä voidaan kehittää ja rajoittavaksi tekijäksi muodostuu jokin muu tekijä, johon kehityspanokset suunnataan seuraavaksi. Jokaisella laitteella on kuitenkin oma tehtävänsä prosessissa, joten kehityspanosten suuntaamisessa

tulee huomioida osan kriittisyys ja muutoksen vaikutus kokonaisuuden kannalta. Tavoitteena ei ole OEE-konseptin soveltaminen kaikkeen mahdolliseen, vaan sen rajaaminen koskemaan laitteita, joiden kohdalla se on järkevää. (Agustiady & Cudney 2015 s. 113.) Yksittäisen laitteen suorituskykyä ei tule kuitenkaan koskaan tarkastella muista irrallisena, koska tehtaan kokonaistehokkuus voi riippua tai olla riippumatta yksittäisestä laitteesta (Bamber *et al.* 2003). Perinteisesti OEE-laskentaa käytetään tuotannon pullonkaulojen tunnistamiseen, mutta sitä voidaan käyttää myös muualla prosessissa hukkan ja kustannusten pienentämismahdollisuuksien tunnistamiseen (Agustiady & Cudney 2015 s. 113).

Laitteen kokonaistehokkuuden tunnusluvun tavoitteena pidetään harvoin 100 %, sillä se ei mahdollista suunniteltujen kunnossapitotoimenpiteiden suorittamista ollenkaan. Yleisesti kansainvälisesti hyvänä pidetty tavoitetaso kokonaistehokkuudelle on 85 %, mutta tarkoituksenmukainen taso vaihtelee riippuen prosessin tyypistä ja ominaisuuksista. Pelkkää toteutunutta OEE-lukua tärkeämpää on ymmärtää mittarin toiminta ja taustalla vaikuttavat tekijät, joiden myötä tunnusluku on syntynyt. (Agustiady & Cudney 2015 s. 116)

Tehokas OEE-mittareiden hyödyntäminen edellyttää uskottavuutta, minkä takaamiseksi lähtötietojen tarkkuuden on oltava kunnossa. Tarkkojen tietojen saaminen edellyttää panostamista tiedonkeruumenetelmien ja käytäntöjen kehittämiseen. (Dal *et al.* 2000, Ljungberg 1998, Jeong & Phillips 2001.) OEE-mittari on selkeästi operatiivinen mittari, joka antaa luotettavaa tietoa tuotannon kehittämisen kannalta. Se ei kuitenkaan saa olla ainoa suorituskyvyn mittari, vaan lisäksi on käytettävä muita perinteisempiä mittareita kokonaiskuvan muodostamiseksi. (Dal *et al.* 2000.) OEE ei ole myöskään täydellinen valmistusprosessin kokonaistehokkuuden mittari, josta käytetään englanninkielistä termiä *Overall Manufacturing Performance* (OMP). Valmistuksen tehokkuuden mittaamisessa OEE toimii hyvin osana kokonaisuutta, mutta yksistään se on puutteellinen mittari (Jonsson & Lesshammar 1999).

OEE-tunnusluvun käsitteleminen pelkkänä numerona ei riitä, vaan tuotantolaitteet tulisi nähdä kokonaisuutena, jossa yksittäisen laitteen toimintaa ei voi analysoida irrallaan muista laitteista ja prosessikokonaisuudesta. Mikään tehtaan tuotantolaitte ei toimi eristettynä muusta tehtaasta, vaan sen toiminta riippuu myös ympäristötekijöistä, kuten logistiikan toimivuudesta. Tämän vuoksi alkuperäisen OEE-mallin mukainen laitekohtainen laskenta ei ole soveltuva, vaan tehokkuuden kannalta on huomioitava koko tehtaan toiminta. Koko tehtaan kattavasta mallista käytetään nimitystä *Overall Factory Effectiveness* (OFE), jossa huomioidaan laitteiden tehokkuuden lisäksi laitteiden ja prosessiosien väliset suhteet, tiedonvaihto eri osien välillä sekä päätöksenteon ja käytännön toimenpiteet osastoilla. (Oechsner *et al.* 2003.)

OEE-mittari on puutteellinen esimerkiksi raaka-aineiden hyödyntämisen näkökulmasta, sillä se ei kykene huomioimaan oikein yli- tai alipainoisia lopputuotteita, joihin kuluu suunniteltua enemmän tai vähemmän raaka-aineita. Alkuperäisessä OEE-määritelmässä

lopputuotteen vähimmäispaino voi olla määriteltynä osatekijäksi laadun tunnusluvun laskennassa, mutta alipainoisesta tuotteesta säästöön jäävä raaka-aine ja vastaavasti laaturajan ylittävään tuotteeseen kuuluva ylimääräinen raaka-aine jää huomioimatta raaka-ainetehokkuutena. OEE-mittari ei kykene huomioimaan myöskään oikein tuotannon toimintaympäristön muita laitteiden, prosessin tai tuotantolinja tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi työnjohdon toiminnan tehokkuus, raaka-aineiden laatu ja tuotannon kustannukset ovat muuttujia, jotka vaikuttavat tuotannon tehokkuuteen, mutta vain välillisesti OEE-mittariin. (Garza-Reyes 2015.) OEE-mittarin puutteena on lisäksi sen ominaisuus ohjata mahdollisimman suureen tuotantoon riippumatta kysynnästä ja varastotilanteesta (Puvanasvaran *et al.* 2013).

Sisäisen tehokkuuden mittaamisessa on tavoitteena tunnistaa toiminnon suorituskyvyn taso. Taloudellisiin tekijöihin perustuvat mittarit voivat yksinkertaistaa erilaisten suuntausten tunnistamista ja vertailua osastojen välillä. Useat mittarit, kuten läpimenoaika, ovat kuitenkin hankalasti käytettävissä taloudellisiin tunnuslukuihin perustuvien mittausten kanssa. Laadullisten ja muuhun kuin rahamäärällisiin tunnuslukuihin perustuvat mittarit ovat kuitenkin tärkeitä täydentäviä mittareita perinteisten mittareiden rinnalla erityisesti päivittäisissä valmistavan teollisuuden sovellutuksissa, koska ne ovat joustavampia ja reagoivat nopeasti muutoksiin. (Maskell 1991, Jonsson & Lesshammar 1999 mukaan.) Rahamääräisten ja ei-rahamääräisten mittareiden sekoittaminen voi johtaa monimutkaiseen mittaristoon niin johdon kuin työntekijöidenkin tasolla, minkä estämiseksi sisäisen tehokkuuden mittaristoon tulee sisällyttää pieni määrä tarkoin valittuja mittareita molemmista ryhmistä. Lisäksi erityisesti operatiivisten mittareiden pitäisi itsessään tunnistaa ja tuottaa jatkuvia parannuksia passiivisen seurannan sijaan. (Jonsson & Lesshammar 1999)

2.2.2 PSK-standardin mukainen laskenta

PSK-standardi PSK 7903 määrittelee tunnusluvut prosessiteollisuuden tuotantolinjan ja prosessin käytettävyyden todentamiseen kokonaisvastuullista käytön ja kunnossapidon palvelusopimusta varten. Käytettävyys on tunnuslukutarkastelussa aikakäsite eikä siten sisällä tietoa toiminta-asteeseen tai laatuun liittyvistä häviöistä. Kokonaiskäytettävyys lasketaan kaavan 1 mukaan.

$$\text{Kokonaiskäytettävyys} = \frac{\text{Käyntiaika}}{\text{Käyntiaika} + \text{Seisokkiaika}} \quad (1)$$

Seisokkiaikaan lasketaan sekä suunniteltujen seisokkien kesto että häiriöistä johtuvien seisokkien kesto. Seisokin aikana mittauskohde ei ole toiminnassa. Markkinasyistä ja muista ulkoisista syistä johtuvia seisokkeja ei kuitenkaan lasketa mukaan seisokkiaikaan. Ylös- ja alasajotilanteiden osalta käyntiaika tarkennetaan toimialakohtaisesti. Toiminta-aste lasketaan kaavan 2 mukaan.

$$\text{Toiminta-aste} = \frac{\text{Tuotanto}}{\text{Tuotantokyky} \times \text{käyntiaika}} \quad (2)$$

Toiminta-aste kuvaa toteutuneen tuotantomäärän suhdetta käytettävissä olleeseen tuotantokykyyn. Tuotantokyky määritellään erikseen toimialakohtaisesti.

$$\text{Laatukerroin} = \frac{\text{Tuotanto} - \text{Hylätty tuotanto}}{\text{Tuotanto}} \quad (3)$$

Kokonaistehokkuuden laskentaan käytettävä laatukerroin lasketaan kaavan 3 mukaan. Kaavassa tarvittava hylätty tuotanto tulee määrittellä erikseen toimialakohtaisesti.

$$\text{Kokonaistehokkuus} = \text{Kokonaiskäytettävyys} \times \text{Toiminta-aste} \times \text{Laatukerroin} \quad (4)$$

Standardin määritelmän mukaan kokonaistehokkuus on kokonaiskäytettävyyden, toiminta-asteen ja laatukertoimen tulo kaavan 4 mukaan. Vaihtoehtoisesti kokonaistehokkuus voidaan laskea myös suoraan sovitun aikavälin osalta toteutuneen ja nimellistuotannon suhteena. (PSK Standardisointi 2011). Yhteenveto tunnuslukujen laskennassa käytettävistä ajoista on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. PSK-standardin mukaisten tunnuslukujen yhteenveto

Kuvasta nähdään, mihin erilaisiin osiin kalenteriaika kuluu tuotannossa. Ensimmäinen aikahävikki on ulkoisista syistä johtuvat seisokit ja toinen hävikkikohde sisäisistä syistä johtuvat seisokit. Käyntiaika on edellä mainittujen seisokkien vähentämisen jälkeen jäljelle jäävä tuotantoaika. Tämä tuotantoaika jakautuu vielä käyntiaikaan nimellinopeudella ja nimellinopeutta pienemmällä nopeudella, mikä johtaa tuotannon nopeushäviöihin. Toteutuneesta tuotannosta erotetaan lopuksi laaturajojen ulkopuolelle jäänyt tuotanto, joka on laatuhäviöitä.

2.2.3 OEE käytännössä

Tutkimukset ovat osoittaneet menestyksekkäämmäksi kokoonpanoksi OEE-mittariston käyttöön otossa eri toiminnoista muodostetun työryhmän, jonka päämääränä on kilpailukykyyn parantaminen. TPM-konseptin kaikkien kuuden hävikkityypin tehokas huomioiminen ja kokonaisvaltaisen suorituskyvyn nostaminen vaativat moniosaavaa työryhmää, josta löytyy koko valmistusjärjestelmän kattavaa osaamista parhaiden toimintatapojen ja toimenpiteiden löytämiseksi. Lisäksi työryhmällä on monipuolisen osaamisen myötä edellytykset ryhtyä suunnittelemaan korjaavia toimenpiteitä välittömästi tunnistettujen ongelmien poistamiseksi tuotannosta. Tällainen toimintamalli varmistaa myös resurssien mahdollisimman tehokkaan käytön eri osastojen kesken. (Bamber *et al.* 2003.) Perusideana on olemassa olevien tuotantolaitteiden käytön maksimointi ennen investointia lisäkapasiteettiin (Andersson & Bellgran 2015).

Tuotantoa häiritseviä laitevikoja eivät ole ainoastaan odottamattomaan pysähdykseen johtavat viat, vaan niitä tarkasteltaessa tulee huomioida myös laitteiden kulumisesta aiheutuvat pidemmät ja vaikeammat säädöt, toistuva tyhjäkäynti, lyhyet pysähdykset sekä alentunut tuotantonopeus. Varsinaiset helposti havaittavat laitteiden hajoamiset edustavat kuitenkin vain jäävuoren huippua laitevioista. Pienet viat, kuten likaisuus, hiertymät, kulumat, löyhtymiset ja vääntymiset, saattavat vaikuttaa merkityksettömiltä itsessään, mutta ovat todellinen ongelma. Näistä pienistä ongelmista voi yllättäen tulla iso ongelma niiden kasautuessa, joten viat on syytä korjata ennen niiden laajenemista. Vioista, joita ei huomata ja korjata, käytetään nimitystä piiloviat ja ne johtavat korjaamattomina hajoamiseen. (Nakajima 1988 s. 39.) Merkittävä osa tuotannon kokonaiskustannuksista aiheutuu tuotannossa tapahtuvasta hävikistä ja muista epäsuorista kuluista sekä piilokuluista (Ericsson 1997 s. 8-9). OEE-mittarit pyrkivät paljastamaan alkavat piiloviat tuotantolaitteissa (Nakajima 1988, Jonsson & Lesshammar 1999 mukaan). Vikojen estämisessä helpottavia vastatoimenpiteitä ovat (Nakajima 1988 s. 39):

- Hyvien perusedellytysten ylläpitäminen (siisteys, voitelu, kiinnitykset)
- Laitteiden käyttäminen oikein
- Kulumisten korjaaminen
- Suunnitteluvirheiden korjaaminen
- Käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen

OEE estää yksittäisten laitteiden ja tuotantolinjojen osaoptimoinnin, tarjoaa systemaattisen tavan tuotantotavoitteiden asettamiseen ja sisältää tarkoituksenmukaiset hallintatyökalut ja tekniikat tasapainoisen kuvan saamiseksi prosessin käytettävyydestä, suorituskyvystä ja laadusta (Dal *et al.* 2000, Garza-Reyes *et al.* 2010). Alsyouf (2006) on kehittänyt tasapainotetun mittariston tukifunktioiden, kuten kunnossapidon, vaikutusten arvioimiseksi strategisten päämäärien kannalta. Hän esittää kunnossapidon edustavan vähintään 14 % sijoitetun pääoman tuotto-prosentin kehityspotentialista suunnittele mattomien pysähdysten ja laatuongelmien kautta.

2.2.4 Muita malleja tehokkuuden mittaamiseen

OEE-mallista on kehitetty myös muita mittareita kokonaistehokkuuden mittaamiseen, sillä se jättää monia tuotannon tehokkuuden kannalta oleellisia asioita tehokkuusmittaamisen ulkopuolelle. Garza-Reyes (2015) listaa erilaisia OEE-mallin muunnoksista tehtyjä tutkimuksia. Seuraavat tutkimukset tähtäävät mallin laajentamiseen alkuperäisestä käytötarkoituksestaan eli TPM-toimintojen vaikutuksen arvioinnista laitetasolla tai mallin soveltamisalueen laajentamiseen:

- Sherwin 2000: Koko prosessi
- Nachiappan ja Anantharaman 2006: Tuotantolinja jatkuvatoimisessa prosessissa
- Braglia *et al.* 2009: Tuotantolinja
- Oechsner *et al.* 2003: Koko tehdas
- Ivancic 1998: Kaikki laitteet
- Raouf 1994: Kaikki tuotantolaitteet
- Muchiri ja Pintelon 2008: Koko omaisuus
- Anvari *et al.* 2010: Markkinapohjainen
- Anvari ja Edwards 2011: Integroidut laitteet
- Muthiah ja Huang 2007: Tuotannon läpimeno
- Chien *et al.* 2007: Työkaluryhmä

Lisäksi Garza-Reyes (2015) esittää OEE-mittarin puutteita täydentämään *Overall Resource Effectiveness (ORE)* -mittaria, joka huomioi perinteiseen OEE-mittariin kuuluvien komponenttien lisäksi materiaalitehokkuuden sekä prosessi- ja materiaalikustannusten muutokset.

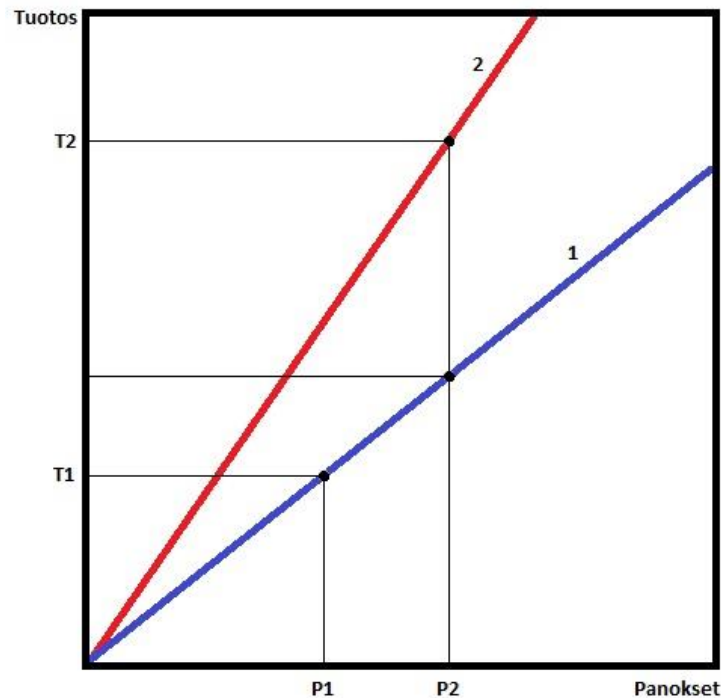
2.3 Tuottavuus

Tuottavuuden määritelmä on läheisessä yhteydessä muun muassa kannattavuuteen, talouskasvuun, tehokkuuteen, lisäarvoon, laatuun, suorituskykyyn ja tarpeeseen. Tuottavuutta ei voi tutkia irrallisena ilmiönä, vaan täytyy tunnistaa liiketaloudellisen toiminnan kokonaisuus, jonka osana se vaikuttaa. Kaiken liiketaloudellisen toiminnan taustalla vaikuttavana lähtökohtana on ihmisen tiedostetun tai tiedostamattoman tarpeen täyttäminen, mikä voi olla fyysinen tai henkinen tarve tai halu. Tarpeidensa täyttämiseksi ihminen luo erilaisia aineellisia ja aineettomia välineitä, jotka täyttävät tarpeen ja luovat siten arvoa. Tarpeen täyttäminen on tarkoitukseen luodun työkalun käyttämisestä seuraava arvo ja koettuun arvoon vaikuttaa työkalun kyky vastata tarpeeseen, johon se on tehty. (Saari 2006)

Liiketaloudellisen käyttäytymisen perusominaisuus on tehokkuuden tavoittelu eli tavoite täyttää tarve mahdollisimman hyvin mahdollisimman pienin panostuksin. Yksinkertaisuudessaan tehokkuus on luodun arvon ja tehtyjen uhrausten välinen suhde. Tehokkuus

on yleinen käsite liiketaloudellisessa toiminnassa ja se tulee määritellä tarkemmin tapauskohtaisesti. Eräitä tarkempia määritelmiä ovat tuottavuus ja kannattavuus omissa konteksteissaan. Perusideana työkalujen tehokkuuden määritelmässä on kuitenkin tavoite tuottaa arvoa enemmän kuin työkalujen valmistaminen ja käyttäminen vaativat uhrauksia, jolloin erotuksena syntyy välineen tuottama lisäarvo. (Saari 2006)

Taloukasvu on talousyhteisön saavuttaman tuotannon lisäys, mikä kuvaa kansantuotteen kasvua ja koostuu kahdesta tekijästä. Sen tekijäjinä ovat kasvavat panokset ja kasvava tuottavuus, jotka on esitetty kuvassa 3. (Saari 2006.) Kuvassa on esitetty kaksi peräkkäistä vuotta, joiden tuotokset on esitetty tasoilla T1 ja T2. Vastaavasti samaan aikaan panokset ovat olleet P1 ja P2, jolloin molemmille vuosille voidaan piirtää tuotantofunktiot A ja B. Tuottavuuteen vaikuttavat komponentit ovat nyt erotettavissa siten, että panosten kasvun myötä liikutaan vuoden 1 tuotantofunktiota kuvaavaa viivaa pitkin tasolta P1 tasolle P2. Tuottavuuden kasvun myötä samaan aikaan tuotantofunktio kuitenkin muuttuu panos/tuotos-suhteen kehittyessä ja tuotos nousee tasolta T1 tasolle T2.



Kuva 3. Taloukasvun komponentit (mukaillen Saari 2006)

Kokonaistuottavuuden kaavassa tulisi huomioida määrän lisäksi myös laadulliset tekijät, jolloin kokonaistuottavuus voidaan laskea kaavan 5 mukaan. (Saari 2006)

$$\text{Kokonaistuottavuus} = \frac{\text{Tuotoksen määrä ja laatu}}{\text{Panosten määrä ja laatu}} \quad (5)$$

Tuotantofunktion on yksinkertaisessa kahden muuttujan tapauksessa kaavan 6 muotoa, missä Q kuvaa tuotosta ja funktion muuttujina ovat pääomaa kuvaava P, työvoimaa kuvaava T sekä aikaa kuvaava t.

$$Q = F(P, T, t) \quad (6)$$

Aika on mukana funktiossa mahdollistamassa ajan kuluessa tapahtuvan teknologisen kehityksen. (Hickman 1992 s. 4.)

2.3.1 Mittaaminen

Teollisen tuotannon tuottavuuden mittaamisessa tarvittavaa panosten yhteismäärää ei voi selvittää laskemalla suoraan yhteen työtunteja, kilowattitunteja, terästonneja ja sijoitettua pääomaa. Erilaiset panokset ja tuotokset on yhteismitallistettava ennen niiden yhteenlaskua ja käytännössä ainut vaihtoehto on muuttaa ne rahamääräisiksi. Tämä tuo mukanaan uusia haasteita tuottavuuden mittaamiselle, sillä rahan arvo ei ole vakio ajan kuluessa ja rahayksikkö ei välttämättä ole paras mahdollinen tehokkuuden kehityksen mittayksikkö. (Davis 1955 s. 3-4)

Tuottavuuden mittaaminen liiketoimintaympäristössä tarkoittaa käytännössä osatuottavuuden mittaamista. Oikein tulkittuna nämä komponentit ovat kuitenkin hyviä indikaattoreita tuottavuuden kehitykselle. Osatuottavuuden mittarit ovat puutteellisia, mutta kokonaistuottavuuden logiikan ymmärtämisen myötä osatuottavuuden mittareiden tuloksia voi tulkita ja niitä voi hyödyntää käytännössä. Yksittäisen tekijän osatuottavuus tarkoittaa tuotoksen ja kyseisen panoksen välistä suhdetta. Esimerkiksi tuotoksen ja työmäärän suhde kuvaa työn tuottavuutta. Vastaavasti arvonlisäys suhteessa tuotokseen tai yksikkökustannus voivat olla käyttökelpoisia osatuottavuuden mittareita. (Saari 2006.)

Osatuottavuuden mittari ei kuitenkaan indikoi aukottomasti muutoksen johtuneen juuri kyseisestä tekijästä, sillä taustalla on lisäksi muita vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi työn tuottavuusparannus ei ole välttämättä seurausta työntekijöiden ammattitaidon kehittymisestä tai kovemmassa työskentelystä, vaan se voi olla seurausta korkeammasta kapasiteetin käytöstä tai teknologian muutoksesta seurantajaksojen välillä. Tuottavuuden mittaamista monimutkaistaa ennestään useiden tekijöiden muutokset samaan aikaan. Yksittäisen tekijän kehitys voi tällöin kompensoitua toisen osa-alueen heikkenemisellä ja tuottavuus säilyä samalla tasolla. (Panel to Review Productivity Statistics *et al.* 1979 s. 19.)

Esimerkiksi tuottavuuden yhden osa-alueen, yksikkökustannuksen, arviointiin ja vertailuun suhteessa tavoitteeseen voidaan käyttää apuna standardikustannuslaskentaa. Se antaa rahamäärällisesti mitattuna tietoa toteutuneiden ja tavoitteeksi asetettujen kustannusten välisestä erotuksesta. Standardiksi asetettu tavoitetilä sisältää sekä määrä- että hintakomponentit, minkä myötä lopputuloksena saadaan sekä määrä- että hintaerot ja saadaan käsitys mistä erot johtuvat. (Suomala *et al.* 2011)

Tuottavuuden mittaamiseen liittyy läheisesti suorituksen mittaaminen, joka on organisaation onnistumisen ja siihen vaikuttavien tekijöiden mittaamista. Kokonaisvaltainen suorituksen mittaaminen koostuu sekä rahamääräisistä että ei-rahamääräisistä mittareista,

joista ei-rahamääräinen voi olla joko määrällinen tai laadullinen mittari. Määrällinen mittari arvioi toiminnan laajuutta ja laadullinen mittari sopii vaikutusten tai kokemusten arviointiin. Määrällisten ja laadullisten mittareiden tulisi olla toisiaan täydentäviä onnistuneessa suorituskykymittaristossa. (Suomala *et al.* 2011 s. 177.) Taloudelliset mittarit, kuten käyttökate ja liikevoittoprosentti, ovat luonteeltaan seuraavia mittareita ja antavat tietoa siitä, miten toiminnassa on onnistuttu suoriutumaan. Vastaavasti ei-rahamääräiset mittarit täydentävät kokonaiskuvaa tarjoamalla välitöntä mittaustietoa ilman rahamääräisten mittareiden viivettä. (Suomala *et al.* 2011 s. 189.)

Kunnossapidon tuottavuudella on merkittävä rooli yrityksen pitkäaikaisen kannattavuuden ylläpitämisessä. Se nähdään myös yhä enemmän osana suorituskykyä laadun, turvallisuuden ja ympäristöasioiden rinnalla. Kunnossapidon suorituskyvyn mittaaminen on kuitenkin haastavaa, sillä määrällisen mittaamisen rinnalla tulisi huomioida suoritettujen kunnossapitotyön laatu- ja lauseikat. (De Groot 1995.)

2.3.2 Tuottavuus käytännössä

Työnjakoon perustuen liiketaloudelliset toiminnot voidaan jakaa valmistamiseen ja kuluttamiseen. Tässä yhteydessä valmistaminen on prosessi, jossa yhdistellään useita aineellisia ja aineettomia panoksia kulutukseen soveltuvan tuotoksen luomiseksi. Tapaa panosten yhdistelemiseksi tuotoksen aikaansaamiseksi nimitetään teknologiaksi ja se voidaan nähdä tuotantofunktiona kuvaten panosten ja tuotosten välistä yhteyttä. (Saari 2006)

Tuotos luodaan yrityksen reaali-prosessissa ja se muodostuu peräkkäisistä tuotantotapah-tumista, joissa määrällisesti ja laadullisesti erilaiset panokset yhdistetään määrällisesti ja laadullisesti erilaisiksi tuotoksiksi. Tuotokset voivat olla fyysisiä hyödykkeitä tai aineet-tomia palveluita ja usein myös niiden yhdistelmiä. Valmistajan tuotteeseen luomat omi-naisuudet merkitsevät kuluttajalle lisäarvoa, joka jaetaan rahamäärällisesti hinnan mu-kaan kuluttajalle ja valmistajalle. Lisäarvo valmistajalle on reaali-prosessin lopputulos ja suhteellisesti mitattuna se merkitsee tuottavuutta. Tulonjakoprosessi viittaa tapahtuma-sarjaan, jossa tasalaatuisten tuotteiden ja panosten yksikköhinnat vaihtelevat aiheuttaen muutoksia tulonjakoon toimitusketjussa kauppaa käyvien osapuolten välillä. Tuottavuuden kasvun seurauksena saatavat hyödyt jakautuvat yleisestä kilpailusta johtuen ketjun sisällä kaikille osapuolille ennemmin tai myöhemmin, esimerkiksi alempana myyntihin-tana kuluttajalle ja korkeampana palkkana yrityksen työntekijälle. Liiketoimintaprosessi koostuu reaali-prosessista ja tulonjakoprosessista, joten sen lopputuloksena ja menestyk-sen kriteerinä on kannattavuus, joka on onnistuneen tulonjakoprosessin osa valmistajalle. (Saari 2006)

Välineen tai työkalun suorituskyky riippuu sekä laadullisista että määrällisistä tekijöistä ja käyttöprosessista, sillä suorituskyvyn parantaminen on mahdollista toteuttaa useilla eri osa-alueilla. Sekä laatua että määrää kehitetään tyypillisesti viimeisimmän tietotaidon ja kokemusten pohjalta investointi- ja kehittämishankkeiden avulla. Vastaavasti työkalun

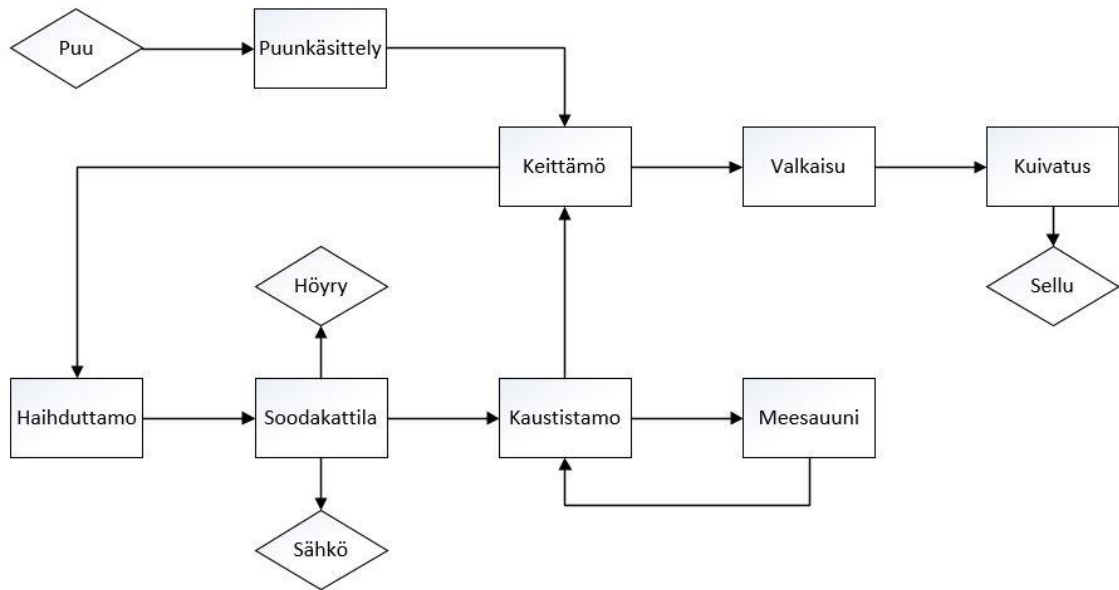
käyttöprosessi kehittyy oppimisen myötä ajan kuluessa. (Saari 2006.) Laitteen tuottavuus on yksinkertaisuudessaan siihen käytettävien panosten ja siitä saatavan lopputuloksen suhde. Kasvava tuotanto ei yksistään tarkoita parempaa tuottavuutta, vaan se riippuu kokonaisuudesta, jossa huomioidaan muun muassa laatumuutokset, kustannuskehitys ja soveltuihin toimitusaikoihin vastaaminen. Taustalla vaikuttavat lisäksi muun muassa työntekijöiden tyytyväisyys. Ilmapiiriä kehittämällä ja työoloja kohentamalla voidaan vaikuttaa työntekijöiden tyytyväisyyteen ja parantaa tuottavuutta. (Nakajima 1988 s. 12.) Tuotantolaitteen toiminnalle luodut hyvät toimintaedellytykset ja niiden ylläpitäminen eivät siis vielä riitä, vaan se on osa kokonaisuutta tuottavuuden kehittämisessä.

2.4 Selluprosessi

Sellu on puusta valmistettua paperimassaa, joka koostuu selluloosasta ja hemiselluloosasta. Sellua on useita erilaisia laatuja. Tyypillisimmin puhutaan valkaistusta ja kuivatusta massasta, joka on joko pitkäkuituista havupuista tai lyhytkuituista koivusta tai eukalyptuksesta valmistettua massaa.

Sellu valmistetaan nykyisin pääosin puusta, joka on raaka-aineena noin 90 %:ssa paperin ja kartongin tuotantoon menevästä sellusta. Sellunvalmistusprosesseja on pääpiirteittäin kaksi, kemiallinen ja mekaaninen. Mekaanisen prosessin vahvuuksia on korkea saanto ja vähäinen kemikaalien tarve. Kemiallisen sellun valmistus vaatii enemmän kemikaaleja ja vedenpuhdistusta, mutta nykyaikainen kemiallisella prosessilla toimiva sellutehdas on yliomavarainen energian suhteen. (Holik 2013 s. 72-73.)

Kemiallisen sellunvalmistuksen dominoiva menetelmä on nykyään sulfaattimenetelmä sekä valkaistun että valkaisemattoman paperin ja kartongin valmistukseen menevän sellun osalta. Sulfaattimenetelmä on erittäin energiatehokas, mutta sen varjopuolena on suhteellisen alhainen saanto ja kuitujen valkaisun hankaluus. Toisaalta keittokemikaalien tehokkaan talteenoton myötä prosessi toimii suljetulla kierrolla pienin päästöin. (Fardim 2011 s. 195)



Kuva 4. Selluprosessin periaate

Selluprosessin peruseriaate on esitetty kuvassa 4. Aluksi prosessiin tuleva puu kuoritaan ja haketetaan. Hake keitetään sellumassaksi ja valkaistaan, minkä jälkeen se kuivataan. Prosessin kemikaalikierrrossa keittämöltä tulevasta lipeestä otetaan talteen kemikaalit uudelleen käyttöä varten ja kiintoaine poltetaan. Tämän jälkeen lipeä palautetaan takaisin keittämölle.

2.4.1 Puunkäsittely

Sellutehtaan puunkäsittely-osaston tarkoitus on tuottaa keittämölle mahdollisimman tasalaatuista raaka-ainetta hakkeen muodossa. Hakkeen lisäksi puunkäsittelyn toinen tärkeä lopputuote on kuori, joka menee usein polttoon. Tulevan puuraaka-aineen laatu voi vaihdella merkittävästi, mikä asettaa puunkäsittelylle korkeita vaatimuksia tasalaatuisten lopputuotteen takaamiseksi. (KnowPulp 2016.)

Kuljetuksista vastaanotettu puu voidaan tarvittaessa varastoida ennen sen käsittelyä, mutta pyrkimyksenä on käyttää puu mahdollisimman tuoreena parhaan laadun takaamiseksi keittovaiheelle. Talviolosuhteissa kuori sulatetaan puun pinnalta ennen kuorintaa onnistuneen kuorimisen mahdollistamiseksi. Kuorinnan tavoitteena on poistaa puusta kuori jatkokäsittelyn edellyttämälle puhtaustasolle mahdollisimman pienin puuainehäviöin. Kuorimarummun jälkeen puut kulkevat pesu- ja kivenerotusrullastolle, jossa ne pestään, kuorijäämät sekä kivet ja hiekka erotetaan ja mahdolliset metallipalat poistetaan ennen haketusta, joka on puunkäsittelyn kriittisin vaihe massan laadun kannalta. Puunkäsittelystä lähtevä hake seulotaan ja varastoidaan hakekasoihin ja -siiloihin, joista se kuljetetaan keittämölle prosessin tarpeiden mukaan. (KnowPulp 2016.)

2.4.2 Kuitulinja

Kemiallisen massanvalmistuksen keittovaiheessa puuhakkeesta poistetaan kemikaalien ja lämmön avulla kuituja toisiinsa sitovaa ligniiniä pyrkien samalla säilyttämään kuidut mahdollisimman ehjinä jatkokäsittelyä varten. Keitossa käytetään yleensä 150-170 asteen lämpötilaa ja kemikaalina natriumhydroksidin ja natriumsulfidin seosta, jota kutsutaan valkolipeäksi. Sulfaattikeittoprosessi voidaan jakaa kahteen pääluokkaan, jotka ovat erä-keitto ja jatkuvatoiminen keitto. (KnowPulp 2016.)

Hakekasoilta tuleva hake keitetään laitetyypistä riippuen eräkeitämässä tai jatkuvatoimisessa keittämässä ja keittovaiheen jälkeen massa pestään siihen liuenneiden kemikaalien ja orgaanisen aineksen poistamiseksi jatkokäsittelyä varten. Lisäksi pesu vähentää valkaisukemikaalien käyttö määrää ja sen myötä jätevesiin menevien aineiden määrää, helpottaa massan käsittelyä ja parantaa massan lujuuden säilymistä happivaiheessa. (KnowPulp 2016.)

Pesun jälkeen massa lajitellaan keittymättömien hakepalojen, kuoren, hiekan ja mahdollisten metallinpalojen poistamiseksi. Kaikki epäpuhtaudet heikentävät lopputuotteen laatua, saattavat rikkoa prosessilaitteita ja heikentävät prosessin ajettavuutta, joten niiden poistaminen prosessin alkupäässä on suotavaa. Lajittelussa pyritään poistamaan epäpuhtaudet mahdollisimman tehokkaasti ilman priimakuituhäviöitä. (KnowPulp 2016.)

Happidelignifionnissa poistetaan keiton ja pesun jälkeen massaan jäänyttä ligniiniä hapen ja alkalien avulla. Siinä ligniini hajotetaan ja hapetetaan alkaliin liukenevaan muotoon, tuhotaan ligniinissä olevia värillisiä yhdisteitä ja poistetaan pihkaa massasta. Tehtaan päästöjen kannalta happivaiheella on merkittävä vaikutus, sillä päästöjen vähentäminen on suoraan verrannollinen ennen valkaisua poistetun ligniinin määrään. (KnowPulp 2016.)

Valkaisuvaiheessa tavoitteena on massan puhtauden ja vaaleuden parantaminen joko poistamalla tai vaalentamalla massan värillisiä aineita. Sellu valkaistaan yleensä jäännösligniiniä poistavalla menetelmällä useassa vaiheessa, joiden välillä massa pestään. Massan puhtaus paranee valkaisussa, koska viimeisten ligniinijäämien poistuessa tikkujen kuitukimput vapautuvat ja kuorijäämät liukenevat. (KnowPulp 2016.)

2.4.3 Kuivatus

Sellu kuivatetaan paalausta, kuljetusta ja varastointia varten, ellei sitä siirretä suoraan paperitehtaan käytettäväksi pumppaamalla tai kuljettimella. Kuivatuskoneen alkupäässä, viira- ja puristinosalla, vettä poistetaan massasta mekaanisesti noin 45 - 55 % kuiva-ainepitoisuuteen asti. Tämän jälkeen vedenpoisto jatkuu kuivatusosalla ulkopuolisen lämpöenergian avulla noin 90 % kuiva-ainepitoisuuteen saakka. (KnowPulp 2016.)

Kuivatuksen jälkeen selluraina leikataan arkkimuotoon leikkuriosalla ja ladotaan 250kg arkkiniipuksi. Arkkiniippu puristetaan mahdollisimman tiiviiksi ja kuljetukseen soveltuvan muotoiseksi paaliksi, joka voidaan vielä kääriä sellu- tai paperikääreeseen. Lopuksi paalit sidotaan metallilangoilla, leimataan ja ladotaan isompiin yksiköihin kuljetusta ja varastointia varten. (KnowPulp 2016.)

2.4.4 Talteenotto

Keittämöltä pesun yhteydessä erotettavasta ligniiniä sisältävästä mustalipeästä ja siihen sekoitetuista muista lisävirroista poistetaan vettä haihduttamalla polttolipeän kuiva-ainepitoisuuden nostamiseksi riittävän korkeaksi polttoa varten. Lisäksi haihduttamalla otetaan talteen puun keitossa syntyneitä sivutuotteita, joista tärkeimmät ovat suopa, metanoli ja tärpätti. (KnowPulp 2016.)

Soodakattilalla on kaksi tehtävää: keitossa käytettävien kemikaalien talteenotto ja prosessissa vapautuvan lämmön talteenotto. Haihduttamolta tuleva mustalipeä poltetaan soodakattilassa, jolloin syntyy lämpöä höyryn tuottamiseen. Tulipesän alaosaan valuva kemikaalisula liuotetaan laihavalkolipeään, jolloin syntyy viherlipeää. Soodakattilassa tuotettava höyry hyödynnetään turbiinin avulla sähköntuotannossa ja sitä käytetään prosessin eri vaiheissa lämmittämiseen. (KnowPulp 2016.)

Kaustisointi on kemikaalikierron osa, joka kuuluu niin sanottuun kalkkikiertoon. Sitä tarvitaan apuna soodakattilasta tulevan viherlipeän muuttamisessa keittoon käytettäväksi valkolipeäksi. Kaustisoinnista saatava valkolipeä sisältää kemikaalikiertoon tarvittavat aktiiviset kemikaalit, mutta siitä on erotettava kaustisointireaktion aikana muodostunut kalsiumkarbonaatti eli meesa. Meesa erotetaan selkeyttämällä valkolipeää, minkä jälkeen valkolipeä on valmista keittämön käyttöön. Regenerointiprosessiin liittyy vielä meesan pesu, joka on välttämätöntä meesan polton kannalta, sekä meesan poltossa tapahtuva kalkin regenerointi. Meesanpoltossa muutetaan kalsiumkarbonaatti eli meesa lämmön avulla uudelleen kaustisoinnissa käytettäväksi kalsiumoksidiksi. (KnowPulp 2016.)

3. TYÖN SUORITUS

Aluksi tutustuttiin Knowpulp automaation ja sellutekniikan oppimisympäristön avulla, millainen tyypillinen selluprosessi on ja luotiin tehdaskohtainen lohkokaavioesitys prosessin toiminnasta automaatiojärjestelmään laadittujen prosessikuvien avulla. Lohkokaavioita tehtiin kahdelta eri tasolta, ensimmäinen kuvaamaan koko tehdasta yleisellä tasolla ja toinen yksityiskohtaisemmalla tasolla osastokohtaisesti. Myös osastokohtaisen kaavion on tarkoitus esittää prosessista vain pääkohdat, mikä on toteutettu huomioimalla jokaiselta prosessiosalta vain tärkeimmät virtaukset. Yksityiskohtaisuudeltaan tehdasesitys on laadittu osastotasolla ja osastokohtainen esitys laitetasolla. Luodut lohkokaaviot toimivat apuvälineenä haastatteluiden aikana, eri tehtaiden erojen ymmärtämiseksi prosessin näkökulmasta ja lopullisten määrittelyiden esittämiseksi havainnollisesti.

Tutkimus keskittyy yhteen selluteollisuuden toimijaan ja tarkemmin kolmeen Suomessa sijaitsevaan tehtaaseen, joten kyseessä on tapaustutkimus. Tämä tuo tutkimuksen lopputuloksille rajoitteensa yleistettävyyden suhteen, sillä tapauksia on melko vähän. Työn tavoitteena on kuitenkin luoda ratkaisumalli juuri näiden tehtaiden toimintaan, eikä yleistettävyyttä laajemmalle pohjalle tavoitella. Varsinainen tiedonkeruu perustuu lähinnä tehtaiden henkilökuntaa koskeviin haastatteluihin, joiden tarkoituksena on kerätä tarvittava tieto prosessin toiminnasta sekä tuotannon johdosta ja tuotannon suunnittelusta yleisellä tasolla. Haastatteluiden avulla kerätyn tiedon perusteella luodaan ehdotus, miten kokonaistehokkuuden mittaaminen tulisi toteuttaa käytännössä ja millaiset olisivat raportointikäytännöt. Työssä hyödynnetään konstruktivistista tutkimusotetta, joka tähtää uuden luomiseen.

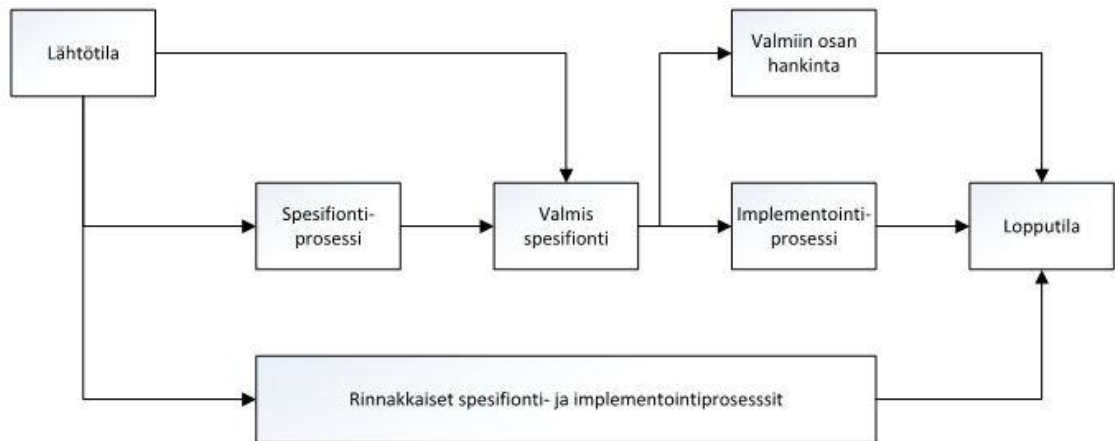
3.1 Tutkimuksen luonne

Tapaustutkimuksessa haetaan tyypillisesti vastauksia kysymyksiin ”miten” ja ”miksi”. Muita tapaustutkimuksen tyypillisiä tunnusmerkkejä ovat tutkijan vähäinen vaikutus tutkittaviin tapahtumiin ja keskittyminen ajallisesti nykyhetkeen sekä vahva side reaali maailman tapahtumiin. Tapaustutkimuksen tiedon rikkaus ja reaali maailman yhteyden mukanaan tuoma laajuus johtavat tilanteeseen, jossa kiinnostavia asioita voi olla huomattavasti enemmän kuin tutkittavia datapisteitä. (Yin 2009 s. 2.) Tapaustutkimuksen tekemisen pohjaksi tarvitaan aihepiiriä käsittelevää taustatietoa kirjallisuudesta ja näkemystä, mihin tavoitteisiin tutkimuksen myötä on tarkoitus päästä. Tapaustutkimuksessa on tärkeää lisäksi ymmärtää tulosten käyttötarkoitus ja niiden rajoitteet, sillä tapaustutkimuksen tulokset ovat harvoin yleistettävissä, varsinkaan yksittäistapauksen käsittävässä tutkimuksessa. (Yin 2009 s. 3,15.) Tapaustutkimus on suositeltu tutkimusmenetelmä nykyajassa tapahtuvien ilmiöiden tutkimiseen, kun tutkimuksen aiheen kannalta olennaiseen käyttäytymiseen ei voi vaikuttaa. Tapaustutkimuksen vahvuutena on mahdollisuus käyttää

muiden tutkimusmenetelmien tyypillisistä tekniikoista poikkeavia menetelmiä, kuten havainnointi ja haastattelut tutkittavaan ilmiöön liittyvän toiminnan yhteydessä täydennettyä perinteisimmillä tekniikoilla, kuten dokumenttilähteillä. (Yin 2009 s. 11.)



Kuva 5. Konstruktion liittäminen käytäntöön ja teoriaan (mukaillen Kasanen et al. 1993)



Kuva 6. Erilaiset reitit lähtötilasta tavoitetilään (mukaillen Järvinen & Järvinen 2011)

Konstruktiiivinen tutkimusote on tutkimusmenetelmä, jossa ratkaisua ongelmaan haetaan rakentamalla malleja, kaavioita ja suunnitelmia. Konstruktiolla tarkoitetaan yleisesti ongelman ratkaisevaa kokonaisuutta, joka eroaa selkeästi aikaisemmista ratkaisuista. Konstruktiivisen tutkimuksen ydinosa on innovointivaihe, jossa uutta ratkaisua luodaan, sillä ilman sitä tutkimusta ei ole tarpeellista jatkaa. Konstruktiivisessa lähestymistavassa sekä ongelman että ratkaisun liittäminen karttuneeseen teoreettiseen tietoon ja käytäntöön on tärkeää kuvan 5 mukaisesti. Uuden konstruktion sopivuus käytäntöön on aina hankala arvioida ennen ratkaisun käyttöönottoa, mutta sen toimivuus voidaan todentaa ottamalla ratkaisu testikäyttöön. Konstruktiivinen toimintatapa on yleinen teknisissä tieteissä, lääketieteessä ja matematiikassa. (Kasanen et al. 1993.) Konstruoinnin lähtötilanne ja sen hetkinen ajatus toivotusta tilasta on usein tunnistettavissa. Toivottu tila eli tavoitetilä on käytännössä malli siitä lopputilasta, johon konstruktioiden avulla toivotaan päästävän. Lähtötilasta voidaan pyrkiä erilaisia reittejä pitkin kohti tavoitetilää riippuen nykytilasta

ja halutusta toimintamallista. Kolme erilaista reittiä lähtötilasta tavoitetilaa on esitetty kuvassa 6. Lähtötilasta voidaan edetä suoraan olemassa olevan spesifionnin kautta toteutusvaiheeseen joko hankkimalla osa valmiina tai rakentamalla se. Mikäli spesifiointia ei ole, se tulee luoda joko ennen toteutusprosessia tai rinnakkaisena vaiheena toteutusprosessin kanssa. (Järvinen & Järvinen 2011.)

3.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksella on kaksi tutkimuskysymysten mukaista tavoitetta, joiden päämääränä on luoda kattava määrittely sellutehtaiden tehokkuuden mittaamiseksi ja sen myötä kokonaistehokkuuden hallinnan kehittämiseksi. Työn konkreettisena päämääränä on sellutehtaan osaprosessien kokonaistehokkuuden mittariston ja raportointimenetelmien määrittely OEE-konseptin peruseräiteiden mukaan. Pelkät OEE-laskennan antamat tunnusluvut käytettävyydelle, toiminta-asteelle ja laadulle eivät yksistään riitä kattavan analyysin tekemiseksi tuotannon kokonaistehokkuudesta. Tunnusluvut kertovat missä ongelmia esiintyy ja minkä tyyppisiä ne ovat, mutta eivät ota tarkemmin kantaa mitä ongelmat ovat.

OEE-tunnusluvun laskemiseksi kirjallisuus tuntee erilaisia määrittelyitä ja siitä löytyy standardeja, tosin melko väljästi määriteltynä, jolloin ne ovat sovellettavissa erilaisille toimialoille ja toimintaympäristöihin. Kirjallisuuden tarjoamat valmiit määrittelyt eivät ota kantaa mistä ja millaisilla säännöillä mittaukset tulisi suorittaa siinä määrin, että valinnat voisi tehdä puhtaasti teorian perusteella. Aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa ei ole myöskään määritelty, miten tuotantoa haittaavat poikkeamat tulisi kerätä ja raportoida. Valmiiden tarkkojen määrittelyiden puutetta voi pitää varsin luonnollisena seikkana johtuen hyvin erilaisista toimialakohtaisista tuotantoprosesseista sekä toisistaan eroavista tuotantoprosesseista myös toimialan sisällä.

Osastokohtaisten määrittelyiden luomiseksi koko tehdasprosessi tulee käydä läpi ja valita tarkoituksenmukaiset mittauspisteet, joiden avulla voidaan kerätä automaattisesti prosessin tilaa riittävällä tarkkuudella indikoivia tietoja. Laskentaperiaatteissa noudatetaan pääosin yrityksessä tällä hetkellä käytettävää laskentasäännöstöä ja sitä täydennetään standardin ulkopuolelle jääviltä osin tarkan määrittelyn luomiseksi. Määrittelyiden perusteella rakennettavan mittariston ja raportointijärjestelmän ympärille luodaan tarkoituksenmukainen toimintatapa tulosten analysoimiseksi tehokkaasti. Toimintamallin luomiseksi selvitetään nykytila ja muodostetaan ehdotus uudesta toimintamallista hyödyntäen uuden tiedonkeruujärjestelmän tuottamaa tietoa ja raportointia kokonaistehokkuuden seuraamiseksi ja kehitystarpeiden löytämiseksi.

3.3 Tiedonkeruumenetelmät

Työ rakentuu kirjallisuudessa käsitellyn teorian ja ajatusmallin päälle. Alun perin Japanissa Toyotan autotehtaalla tuotannon tehokkuuden parantamiseksi kehitettyä mallia so-

velletään hyvin erilaisen tuotantoprosessin tehokkuuden arviontiin ja kehittämiseen. Teorialähtöisen mallin soveltamiseksi käytäntöön tarvitaan kattavasti muualta hankittavaa tietoa kokonaisvaltaisen ratkaisun luomiseksi kohteena olevaan toimintaympäristöön. Myöskään aiemmin muodostettuja menetelmiä tehokkuuden mittaamiseksi yrityksessä ei tule sivuuttaa huomioitta.

Työ toteutetaan pääosin yhdellä yrityksen Suomessa sijaitsevista sellutehtaista, jonka henkilökunnasta osa toimii työssä tiedonkeruun tärkeimpänä lähteenä ja antaa pohjan muilla tehtailla suoritettavalle tiedonkeruulle. Tiedonkeruussa käytetään erilaisia menetelmiä tapauskohtaisesti sovellettuna eri tarkoituksiin. Pääosassa ovat kuitenkin haastatteluiden pohjalle rakentuvat tiedonkeruumenetelmät erilaisina käytännön toteutuksina sekä tehtaan tuotantoprosesseihin liittyvä dokumentaatio. Työssä pyritään selvittämään tutkimusongelman taustalla vaikuttavan toiminnan nykytila ja tiedonkeruun pohjalta rakentamaan ratkaisumalli nykytilan muuttamiseksi haluttuun suuntaan.

3.3.1 Aineistopohjainen tiedonkeruu

Riittävän kattavan ja tarpeeksi yleisellä tasolla pysyttelevän tehokkuuden mittaamisen määrittelyiden luomiseksi tulee prosessi tuntea pääpiirteittäin. Tämän tuntemuksen myötä ymmärrys valmistusprosessin toiminnasta on riittävällä tasolla kokonaiskuvan hahmottamiseksi ja toisaalta toimintatapojen ymmärtämiseksi. Tehtaiden toiminta rakentuu vahvasti varsinaisen valmistusprosessin ympärille alkaen tehtaan sisäisestä organisaatiokenteesta. Tuntemus prosessin perustoiminnasta on edellytyksenä haastatteluiden järjestämiseksi sujuvasti ja se auttaa kysymään oikeita asioita. Tällöin haastattelutilanteissa voidaan keskittyä varsinaiseen asiaan ja hyödyntää käytettävissä oleva aika mahdollisimman tehokkaasti.

Aineistopohjaisessa tiedonkeruussa perehdyttiin selluprosessin toimintaan yritysten ja oppilaitosten käyttöön luodun sellutekniikan KnowPulp-oppimisympäristön avulla. Oppimisympäristö antaa yleiskuvan siitä, mitä eri prosessin vaiheissa tapahtuu ja millaisia päävaihtoehtoja laitteiden ja prosessin kannalta voidaan käyttää. Käytännössä työn kohteena olevien tehtaiden valmistusprosessit ovat rakentuneet nykyiseen muotoonsa eri aikakausina investointien myötä ja ne eroavat myös toisistaan. Tehtaiden välisten valmistusprosessien erojen ymmärtämiseksi joka tehtaan toiminnasta luodaan lohkokaaavioesitys automaatiojärjestelmän prosessikaavioiden pohjalta.

3.3.2 Haastattelut

Sekä yleisen aineiston että tehdaskohtaisen aineiston pohjalta kartutetun prosessiymmärryksen ja kirjallisuuskatsauksesta saadun pohjatiedon myötä voitiin aloittaa varsinainen tiedonkeruu haastattelemalla kaikkien kolmen tehtaan tuotannosta vastaavia henkilöitä. Käytännössä tuotannosta vastaavat käyttöinsinöörit haastateltiin ja mahdollisuuksien mukaan haastattelutilaisuuksiin otettiin mukaan lisäksi muita osaston toiminnan tuntevia

henkilöitä, kuten operaattoreita, käyttömestareita ja kehitysinsinöörejä. Kokonaiskuvan ymmärtämiseksi haastatteluihin kutsuttiin mahdollisuuksien mukaan myös koko tehtaan tuotannosta vastaavia henkilöitä sekä yksittäisiä muita tuotantoa tukevia toimintoja edustavia henkilöitä. Tehtaiden organisaatiot eivät ole keskenään samanlaiset, joten haastatteluihin kutsuttujen henkilöiden valintoja oli sovellettava tapauskohtaisesti.

Haastatteluiden käytännön toteutus oli puolistrukturoitu haastattelu, jossa oli etukäteen valittu lähinnä aihepiirit, joista haastateltavan halutaan kertovan. Joitain kysymyksiä oli muotoiltu myös etukäteen, mikäli haluttiin vastauksia johonkin tiettyyn kysymykseen. Haastatteluiden kannalta huomioitava seikka on se, että kysymykset ja aihepiirit olivat periaatteessa kaikille vastaavissa tehtävissä oleville samat, mutta kaikki haastateltavat edustivat omaa osastoaan ja siten vastasivat sen osalta. Käytännössä samaa tehdasta edustavien haastateltavien kaikkia vastauksia ei siis voi vertailla keskenään, koska he vastasivat samaan kysymykseen mutta eri asiaa koskien. Yleisemmän tason kysymysten osalta vertailu on mahdollista ja eri tehtaiden samasta osastosta vastaavien kaikkia vastauksia voidaan vertailla.

Haastatteluiden sisältö jakautui yleiseen osaan ja osastokohtaiseen osaan. Yleisessä osassa selvitettiin häiriöiden ja tuotantopoikkeamien seurannan ja raportoinnin nykytilaa kyseisellä osastolla, sitä miten tilannetta tulisi kehittää jatkossa ja asenteita tämän tyyppisen seurannan aloittamiseen. Osastokohtaisessa osuudessa tavoitteena oli löytää prosessista mittauspisteet, jotka indikoivat mahdollisimman hyvin osaprosessin tilaa ja toimintaa. Mittauspisteiden valinnassa osastoista vastaaville annettiin vapaat kädet ja valintaa ohjattiin vain tarvittaessa kirjallisuudesta hankitun teoreettisen pohjatiedon perusteella.

Tiedonkeruussa ja ajatusten jalostamisessa tukeudutaan lisäksi varsinaisten haastatteluiden ulkopuolella käytyihin keskusteluihin aihepiiriin liittyen. Näihin keskusteluihin sisältyy jo haastateltujen henkilöiden kanssa käydyt keskustelut aihepiiristä ilman muodollista haastattelua sekä operaattoreiden ajatusten kerääminen heidän omassa työympäristössään. Ilman muodollista haastattelutilaisuutta kerätty tieto mahdollisimman luontevassa ympäristössä, vastaajan omalla työpisteellä, edustaa oletettavasti parhaiten henkilöiden totuudenmukaista näkemystä, mikä tuli esille myös joissain saaduissa vastauksissa. Lisäksi operaattoreita osallistavalla toimintatavalla haluttiin viestiä tällaisen kehityshankkeen olemassaolosta myös työntekijätasolle ja antaa vaikutusmahdollisuus toteutettavan järjestelmän määrittelyihin.

3.4 Kerätyn tiedon analysointi

Varsinaisia haastatteluita järjestettiin yhteensä 22 kappaletta kesä-, heinä-, elo- ja syyskuun aikana. Osa haastatteluista nauhoitettiin haastateltavan luvalla. Dokumentoituja vapaamuotoisempia keskusteluita oli yhteensä 10 kappaletta. Vapaamuotoisten keskustelui-

den aikana tärkeimmistä pääkohdista tehtiin muistiinpanot keskustelun aikana ja dokumentoitiin tarkemmin mahdollisimman pian keskustelun jälkeen. Eri tavoin dokumentoitujen haastatteluiden ja keskusteluiden lisäksi työn ohessa on käyty useita aihepiiriin liittyviä keskusteluita, erityisesti työn ohjausryhmään kuuluvien henkilöiden kanssa ja työn ohjaajan kanssa.

Kerätyn tiedon analysointi perustuu pitkälti dokumentoituihin haastatteluihin ja ne ovat työn kannalta tärkeimpänä tiedonlähteenä. Kaikki haastattelut on käyty haastattelutilaisuuden jälkeen läpi ja täydennetty dokumentaatio riittävälle tasolle. Haastatteluista muodostui käytännössä kaksi erillistä dokumentaatiota, koska koko työn kannalta keskeisessä asemassa olevaa osastokohtaista tehokkuuden mittaamisen määrittelyn sisältävää Exceltaulukkoa käytettiin haastatteluissa työkaluna täydentäen siihen haastateltavan näkemys mittaamisen järjestämisestä edustamallaan osastolla. Vastaavasti muu haastatteluiden aikana kerätty tieto dokumentoitiin tekstitiedostona erikseen. Tämä osa sisältää haastateltavien ajatuksia yleisemmällä tasolla siitä, miten raportointi tulisi järjestää ja mitkä ovat heidän omat tarpeensa tehokkuuden raportoinnin kannalta.

Pääperiaatteena oli haastateltavien mahdollisimman vähäinen ohjaileminen haastatteluiden aikana. Tästä oli kuitenkin joissain tilanteissa luovuttava aikataulullisista syistä joutuessa ja tällöin tyydyttiin testaamaan muualla aiemmin luodun määrittelyn soveltuvuus haastateltavan omaan näkemykseen. Kolmella eri tehtaalla muodostettujen määrittelyiden perusteella muodostettiin yksi yhtenevä määrittely sille mitkä olisivat parhaat käytettävissä olevat yhtenevät mittauspisteet OEE-mallin eri komponenttien mittaamiseksi osastokohtaisesti.

3.5 Vaatimusmäärittely järjestelmän rakentamiseksi

Osana työtä muodostetaan vaatimusmäärittely järjestelmän toiminnoista ottamatta kuitenkaan kantaa varsinaisiin teknisiin toteutuksiin. Tämän määrittelyn luominen voidaan nähdä yhtenä ohjelmistokehitysprojektin osana, sillä siinä luodaan vaatimukset eräänlaisen ohjelmiston toiminnasta, käytettävistä tiedoista ja vaadittavista ominaisuuksista sekä otetaan kantaa käyttöliittymän toimintaan. Dokumentaation pohjalta on mahdollista käydä keskustelua mahdollisten järjestelmätoimittajien kanssa määrittelyn toteutuskelpoisuudesta ja laatia tarjouspyynnöt. Tässä työssä katetaan ohjelmistokehitysprojektin 6 vaiheesta 2 ensimmäistä. Lisäksi työn osana muodostetaan järjestelmän ympärille ehdotus toimintamallista, jonka avulla kerätyt tiedot vahvistettaisiin ja tietoja hyödynnettäisiin aktiivisesti.

Ohjelmistokehitysprojektin voi määrittellä yksinkertaisesti joukoksi toimenpiteitä, joilla käyttäjien vaatimukset muutetaan toimivaksi ohjelmistoksi. Käytännön toteutus ei kuitenkaan aina onnistu ja ohjelmistoprojektien epäonnistuminen onkin yleisesti tunnettu ilmiö. Yleisimmin projektien epäonnistumiset johtuvat budjetin ylityksestä, myöhässä valmistumisesta tai projektista luovutaan kokonaan ennen sen valmistumista. (Tregrove &

Dwolatzky 2004.) Ohjelmistokehityksen elinkaari -prosessi (*Software Development Lifecycle*) eli SDLC kuvaa prosessin eri vaiheisiin kuuluvat tehtävät. Se koostuu yksityiskohtaisesta suunnitelmasta, miten ohjelmiston kehittäminen, ylläpitäminen ja korvaaminen tehdään. SDLC-malli koostuu tyypillisesti kuudesta vaiheesta, jotka ovat: (Stoica *et al.* 2013.)

1. Vaatimusten analysointi ja suunnittelu. Vaatimusten analysointi on SDLC-mallin tärkein vaihe, jossa kaikilta osapuolilta kerätty tieto jalostetaan suunnitelmaksi. Lisäksi tarkistetaan projektin toteutettavuus eri näkökulmista ja luodaan karkea määrittely teknisestä toteutuksesta.
2. Vaatimusmäärittely. Analyysin pohjalta luodaan selkeä määrittely ohjelmiston toteutuksesta ja ominaisuuksista, jotka tulee suunnitella ja kehittää ohjelmistokehitysprosessin aikana.
3. Ohjelmistoarkkitehtuurin suunnittelu. Vaatimusmäärittelyn pohjalta arvioidaan millainen ohjelmistoarkkitehtuuri olisi paras vaihtoehto valitusta näkökulmasta
4. Tuotekehitys. Tuotteen kehittäminen alkaa lähdekoodin luomisella määrittelyiden pohjalta.
5. Tuotetestaus. Testaaminen kuuluu osaksi jokaista SDLC-mallin vaihetta, mutta tässä testausvaiheessa ongelmat raportoidaan, etsitään ja korjataan kunnes toiminnallisuudet vastaavat vaatimusmäärittelyä.
6. Julkaisu ja ylläpito. Onnistuneen testaamisen jälkeen ohjelmisto julkaistaan käyttäjille. Ohjelmisto voidaan julkaista ensin rajatulle kohderyhmälle ja käyttäjäkokeemusten kartuttua kaikille loppukäyttäjille. Julkaisun jälkeen ohjelmiston ylläpito alkaa.

4. TUTKIMUSAINEISTO

Suoritetun tiedonkeruun pohjalta saatiin kerättyä tietoa sekä itse tuotantoprosessiin että sen ympärillä tapahtuvaan toimintaan liittyen. Nykytilasta saatiin selkeä käsitys ja eri tahojen tarpeista ja toiveista muodostui vähitellen käsitys siitä, mikä olisi oikea kehityssuunta. Haastatteluiden ja muun tiedonkeruun lomassa rakennettiin ja mallinnettiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja, jotka esiteltiin uusille haastateltaville ja he antoivat palautetta sekä kehitysideoita seuraavaa kehityskaskelta varten. Ratkaisumallien ja osastokohtaisten määrittelyiden muodostaminen etenivät rinnakkain haastatteluista ja vapaamuotoisimmista keskusteluista saadun tiedon ja palautteen perusteella.

4.1 Prosessin mallinnus

Kaikkien kolmen tehtaan tuotantoprosessi mallinnettiin lohkokaavioesitykseksi yleisen sellutehtaista saatavilla olevan perustiedon ja prosessikaavioista saatavien tietojen perusteella. Prosessikaavioiden perusteella esityksen yksityiskohtaisuuden yhtenevä käsittely on kuitenkin haasteellista prosessia tuntemattomalle henkilölle. Tämän vuoksi kaikkien prosesseista muodostettujen esitysten oikeellisuus pyrittiin tarkastuttamaan eri prosessiosista vastaavilla käyttöinsinööreillä ja heidän tekemät korjaukset päivitettiin lopullisiin kaavioihin. Lopputuloksena saatiin kolme hieman erilaista liitteiden 2-4 mukaista esitystä sellutehtaan rakenteesta siten, että jokainen kaavio esittää yhtä tutkimuksessa mukana olevaa tehdasta.

Muodostettujen kaavioiden perusteella tehtaiden voidaan todeta olevan yksityiskohtaisella eli osastokohtaisella tasolla jokseenkin erilaisia, mutta yleisellä tehdastasolla varsin samanlaisia. Tehtaan tasolla eroavuudet rajoittuvat lähinnä prosessiosien järjestykseen kuitulinjoilla, tiettyjen rinnakkaisten prosessiosien lukumäärään, joidenkin tukiosastojen osalta eroavuuksiin siinä, ovatko ne tehtaan omia, vai ulkopuolisen toimittajan prosesseja sekä varastosäiliöiden määrään ja sijoitteluun prosessissa.

4.2 Osastokohtaiset haastattelut

Ennen varsinaisia osastokohtaisia haastatteluja yhdellä prosessiosalla käytössä olevasta häiriöraportointisovelluksesta kerättiin tietoa haastattelun muodossa. Häiriöraportoinnin määrittelystä on olemassa melko kattava dokumentaatio, mutta itse sovelluksen toiminnasta ei. Tämän vuoksi haastatteluiden tavoitteena oli kartuttaa ymmärrys ensinnäkin, miten sovellus toimii ja toiseksi kerätä karttuneita kokemuksia sen käytöstä. Kerättyjä kommentteja ja kokemuksia oli siten mahdollista hyödyntää muiden osastojen haastatteluiden alustuksessa aihepiiriin ja se mahdollisti kysymyksiin vastaamisen.

Osastokohtaisten haastatteluiden käytännön toteutus järjestettiin siten, että ensin pidettiin osaston edustajan kanssa palaveri, jossa käytiin läpi, millainen järjestelmä yhdellä prosessialueella on olemassa, millaisia osastokohtaisia määrittelyitä sellaisen rakentaminen muualle vaatii ja millainen tunnuslukujen laskentajärjestelmä tämän työn tuloksena on tarkoitus rakentaa kaikille prosessialueille sekä selvitettiin tuotantopoikkeamaraportoinnin nykytilaa. Toinen tilaisuus sovittiin myöhempään ajankohtaan, jolloin haastateltavat tiesivät jo etukäteen mitä heiltä odotetaan ja he saivat vapauden ottaa haastatteluun mukaan myös muita tarpeelliseksi katsomiaan henkilöitä.

Aikataulullisista rajoituksista johtuen moniosaista toimintatapaa ei ollut mahdollista järjestää kahden muun tehtaan kohdalla, jossa kaikki haastattelut järjestettiin peräkkäisinä päivinä ja ne oli mahdollista hoitaa yhdellä vierailukerralla. Niiden kohdalla pyrittiin haastateltavia johdattamaan aiheeseen riittävästi kutsuihin liitetystä kuvauksesta tavoitteista sekä ajankohdan varmistamiseksi soitetuissa puheluissa.

Haastatteluiden sisältöä käsittelevissä seuraavissa kappaleissa haastateltavan asema sekä tilaisuuden tyyppi on merkitty koodauksella. Ensimmäinen kirjain kuvaa, onko kyseessä ollut muodollinen haastattelu vai muu keskustelu, jälkimäinen kirjain kertoo puhujan aseman organisaatiossa ja kirjaimen perässä oleva numero yksilöi vastaajan.

- H = Haastattelu
- K = Keskustelu
- I = Insinööri
- O = Operaattori
- P = Päällikkö

4.2.1 Kokemukset häiriöraportointisovelluksesta

Haastattelut aloitettiin kartoittamalla nykytilaa yhden tehtaan prosessiosalta, jossa tuotantohäiriöiden raportointisovellus on otettu käyttöön vuonna 2015.

Automaatiojärjestelmään on rakennettu toiminnallisuus, joka kerää määriteltyjen automaatiojärjestelmän tietojen avulla tietoa häiriöiden kestosta ja laskee tuotantomienetyksen perustuen ennen häiriötä toteutuneeseen tuotantovauhtiin. Häiriö paikannetaan automaatiojärjestelmän position perusteella ja häiriön poistuttua prosessin ohjauspäätteelle avautuu ikkuna, jonka kautta operaattori luokittelee häiriön tarkemmin valitsemalla valikoiden kautta häiriön luokan ja tarkemman syyn sekä tallentaa poikkeamakirjauksen lopuksi raportointijärjestelmään. (H, I9)

Tuotantoraportointiin on yleisessä käytössä kaikilla tehtailla Pulp Diary -sovellus, jonne operaattorit ja vuoromestarit tekevät vapaamuotoisia merkintöjä työvuoron tapahtumista ja esiintyneistä ongelmista.

Pulp Diary ja häiriöraportointisovellus eivät ole päällekkäisiä järjestelmiä, vaan ennemminkin rinnakkaisia ja toisiaan täydentäviä järjestelmiä. Pulp Diary -järjestelmän kautta tehdään yleiskatsaukseen riittävät merkinnät ja se antaa mahdollisuuden vapaamuotoiseen kommentointiin ilman luokitteluita ja siinä voi tuoda esille vapaammin myös tunnetiloja. Lisäksi järjestelmään tehdään muitakin merkintöjä, jotka eivät ole aiheuttaneet tuotantomenetyksiä. Pulp Diaryyn tehtyjen merkintöjen perusteella saa nopeasti yleiskuvan tilanteesta, eikä merkintöjä ole liikaa. Viime aikoina on tullut esiin se, ettei pienistä illan, yön ja viikonlopun aikana tehdyistä korjauksista tehdä välttämättä mitään merkintää minnekään. Tällöin edes osastoista vastaavat eivät itse tiedä korjauksista mitään. Häiriöraportointijärjestelmä kuitenkin tuo systemaattisuutta myös pienempien katkojen merkintään. (H, I9)

Häiriöraportointisovellukseen tehdyn kirjauksen tietoja ei täytetä Pulp Diaryyn. Yksi merkintä tapahtumasta pitää riittää. Virallista ohjeistusta tähän ei ole annettu. (K, O1)

Järjestelmän rakentamiseksi on pitänyt muodostaa saman tyyppinen määrittely kyseiselle prosessialueelle, kuin tämän työn puitteissa on tavoitteena muodostaa kaikille prosessialueille. Olemassa olevassa järjestelmässä ei kuitenkaan ole tällä hetkellä mitään tunnuslukujen laskentatoimintoja, eikä niiden laskentaan ole tarvinnut ottaa kantaa määrittelyissä.

Alkuperäinen määrittely on tehty miettimällä sopivat seurantapisteen ja luokitteluvälit häiriöiden raportoimiseksi. Järjestelmän käyttöönoton jälkeen on tehty joitain muutoksia tarpeen mukaan. Määrittelyn luomisessa käytettiin apuna operaattoreita. (H, I9)

Häiriöraportointijärjestelmää pidettiin melko onnistuneena, vaikkakin joitain käyttöä helpottavia toimintoja siihen kaivattiin. Erityisesti prosessin ylösajotilanteita pidettiin häiriöraportoinnin suhteen hankalana, koska ylösajossa tulee tyypillisesti vielä useita katkoja ennen kuin prosessi saadaan toimimaan vakaasti.

Useiden lyhyiden, muutaman sekunnin mittaisten, häiriömerkintöjen koonti yhdeksi kirjaukseksi olisi hyvä toiminto, jolla häiriöraportointikoosteesta tulisi selkeämpi. Tällöin koko häiriöajalle saisi merkittyä helposti myös oikean syyn, sillä ylösajon aikana tulee usein vielä katkoja, niiden syy ei välttämättä ole selvillä ja operaattoreilla ei ole aikaa tehdä häiriöraportointia. Lisäksi mahdollisuus tietojen viemiseksi ulkoisen taulukkolaskentaohjelmistoon olisi tärkeä toiminto omien raporttien ja analyysien mahdollistamiseksi. (H, I9)

Tuotantokatkot voivat johtua lukuisista eri syistä, kuten prosessin häiriöistä ja erilaisista tuotantolaitteiden rikkoontumisista ja toimintahäiriöistä, eikä häiriön todellinen syy vält-

tämättä selviä ennen perusteellista selvittämistä. Yrityksellä on käytössä kunnossapitojärjestelmä, johon kaikki laitteisiin liittyvät tiedot tulisi kirjata. Laitteen vikaantuessa siitä tehdään vikailmoitus tähän järjestelmään ja kunnossapito-osasto ylläpitää laitehistoriaa järjestelmässä. Käytännössä osa häiriökirjauksista johtaa vikailmoituksen tekemiseen ja saman tapahtuman tiedot on syötettävä kahteen eri järjestelmään.

Häiriökirjaukset ja vikailmoitukset ovat kieltämättä jossain määrin päällekkäisiä, mutta häiriöraportoinnista näkee paljon helpommin koosteen häiriöistä kuin kunnossapitojärjestelmästä. Vikailmoitus oli aiemmin, edellisen kunnossapitojärjestelmän aikana, mahdollista tehdä suoraan prosessin ohjauspäätteeltä avaamalla vikaantuneen laitteen kohdalta valikko ja täyttämällä tarvittavat tiedot. Tätä ominaisuutta kaivattaisiin myös nykyiseen järjestelmään. Todellisen häiriöön johtaneen juurisyyn selvittämiseksi operaattorit ja kunnossapito tekevät yhteistyötä, minkä myötä operaattorit osaavat tehdä kirjaukset pääsääntöisesti oikein. (H, I9)

Häiriöraportointisovelluksen avulla kerättyjä tietoja hyödynnetään erilaisiin raportteihin ja osastosta vastaavien omaan seurantaan. Lisäksi operaattorit näkivät kerätyt tiedot hyödyllisinä tilanteissa, joissa jonkin prosessiosan kanssa alkaa olla toistuvia ongelmia ja sille pitäisi tehdä jotain korjaavia toimenpiteitä. Erityisesti raporttien muodostamisen kannalta kirjausten oikeellisuus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää ja häiriön aiheuttanut juurisyys ei ole välttämättä itsestäänselvyys. Tämän vuoksi kirjaukset käydään läpi ja tarkistetaan sekä tarvittaessa korjataan. Operaattoreita tulisi myös kannustaa raportointikirjausten huolelliseen täyttämiseen viestimällä tietojen todellisesta hyödyntämisestä. Yhtenä mahdollisuutena pidettiin raporttien toimittamista valvomoon tuotantolaitteiden käyttäjien ja raportointitiedon tuottajien nähtäville. Järjestelmää pidettiin pääpiirteittäin toimivana ja suurin kritiikki kohdistui järjestelmän käyttöönottoon.

Kirjaukset katsotaan läpi jälkikäteen, joskus tarkastaminen voi venyä melko pitkällekin kiireestä johtuen. Kirjauksia pääsee muokkaamaan ja poistamaan sekä prosessiohjauspäätteeltä että toimistokoneilta. Rakennetussa järjestelmässä on tällä hetkellä ehkä hieman liikaakin kohteita seurannassa, jotka eivät välttämättä tuota kirjauksille lisää sisältöä. Kerättyjä tietoja käytetään tällä hetkellä kuukausi-raporttien tekemiseen ja kirjausten avulla tehdään hieman omaa seurantaa, saadaan ongelma kiinni, jos tietyn tyyppisten kirjausten määrä alkaa kasvaa. Operaattoreiden tekemästä häiriöraportoinnista pitäisi esittää heille tuloksia, jolloin viestittäisiin tietoja oikeasti käytettävän johonkin ja kannustettaisiin huolellisuuteen häiriökirjausten teossa. (H, I9)

Kirjausten tallentaminen järjestelmään on ihan hyvä asia, sen myötä on jotain näyttävää, kun sama häiriö alkaa toistua. Muuten kerättyjä tietoja ei käytetä mihinkään, toki niitä voi katsoa, jos asia kiinnostaa. Osa häiriöistä jää luokittelematta, jos ei huvita kirjata mitään, kuten käyttäjistä itsestään johtuvat häiriöt ja tilanteissa, joissa häiriöitä ja kirjausikkunoita tulee liian paljon. Järjestelmä itsessään

on riittävän helppokäyttöinen, sillä raportoinnin pystyy hoitamaan muutamalla hiirenklikkauksella. Järjestelmän käyttöönotossa sen sijaan oli toivomisen varaa, sillä se vaan ilmestyi ja sitä piti ryhtyä käyttämään saamatta mitään koulutusta asiaan. (K, O2)

Rakennettava tunnuslukulaskenta herätti keskustelua siitä, miten erilaiset tuotannon seisokit määritellään ja huomioidaan tunnuslukujen laskennassa. Tuotannon sujuvuutta pidettiin tärkeimpänä ja katsottiin, että tunnuslukujen ohjaavan vaikutuksen tulee johtaa mahdollisimman hyvään lopputulokseen myös käytännön kannalta.

Suunnittelun ja suunnittele mattoman seisokin rajanveto on hankalaa ja suunnittelun seisakin kesto voi muuttua sen aikana. Onko myös jatko-osa suunniteltua, jos suunnitelmaa muutetaan meneillään olevan seisokin aikana? Laitteille joutuu joka tapauksessa tekemään suunniteltuja huoltoja muutaman kuukauden välein ja tällöin kuukausista ei tule vertailukelpoisia, mikäli suunniteltu huolto vaikuttaa tunnuslukujen laskentaan. Tällä hetkellä kuukausiraportoinnissa lasketaan käyntias- teeksi ja hyötysuhteeksi nimetyt tunnusluvut, joissa pakolliset seisokit ovat lasken- nassa mukana. Tällöin kannattaisi pitää laitteet käynnissä väkisin alemmalla tuo- tannolla ja korjata vasta, kun on pakko. Toimintatapa riippuu siitä, halutaanko hy- viä tunnuslukuja vai kokonaisuuden kannalta järkevää toimintaa? (H, I9)

4.2.2 Puunkäsittely

Yhdellä tehtaalla automaatiojärjestelmään on rakennettu erilaisia käyntiaika- ja häiriö- seurantalaskureita. Ne toimivat täysin automaattisesti keräten muutamista kohteista tietoa pysähdysten lukumäärästä ja pysähdysten yhteenlasketusta kestosta työvuoron ja vuoro- kauden aikana. Seurantajärjestelmä ei ota kantaa tuotantohäiriön juurisyyhyn, vaikka se kykenee luokittelemaan osan häiriöistä. Oikeansisältöisen tiedon tuottamiseksi järjestel- män helppokäyttöisyyttä pidettiin tärkeänä.

Automaatiojärjestelmässä on käyntiaikaseuranta muutamalle prosessiosan tär- keimmälle laitteelle. Seurannan avulla saadaan tietoa sekä pysähdysten lukumää- rästä että niiden kestosta. Kerättyjä tietoja on käytetty apuna, kun osaston toimin- nassa on ollut ongelmia. Muuten tietoja ei käytetä tällä hetkellä mihinkään päivit- täisessä toiminnassa. Tehtävien kirjausten määrä nousee varsin korkeaksi työvuor- on aikana, mikäli kaikki pysähdykset pitää jatkossa raportoida erikseen. (H, I5)

Häiriöraportointi-kyselyiden määrä on syytä pysyä maltillisena ja automaattisesti luokiteltavissa olevat syyt tulee luokitella ilman erillistä raportointikyselyä, kuten tuotantolinjan pysähtyessä raudanilmäisimen havaitessa rautaa syöttölinjalla. (H, I11)

OEE-malliin sisältyvälle laadun tunnusluvulle sopivien mittauspisteiden löytämistä pidettiin tällä hetkellä hankalana.

Jatkuvatoimiset laatumittaukset kuorinnan onnistumiselle ja puuhäviölle eivät ole tällä hetkellä erityisen luotettavalla tasolla, joten niiden käyttöä tunnuslukujen laskennassa on harkittava. Sen sijaan laboratoriomittaukset kertovat prosessin onnistumisesta oikeastaan kaiken, mutta ne tehdään liian harvoin tunnuslukulaskentaa varten. Hakkeen laatuarvoille on lisäksi hankala asettaa laatutavoitteita, koska lopputulos riippuu tulevan puun laadusta, kuorinnan onnistumisesta, laitetekniikasta sekä kulumien osien kunnosta. Laatuarvojen kehitystä seurataan ja tarvittaessa asiaan puututaan, mutta laitteiden käyttäjillä on suoraan melko pienet vaikutusmahdollisuudet lopputuloksen onnistuneisuuteen. (H, I5)

Tuotantolinjoilla on olemassa mittalaitteet, joiden mittaukset sopisivat tuotantomäärän ja tuotannon laadun mittaamiseen. Mittalaitteiden antamat tulokset ovat myös uskottavia, varsinkin tuotantomäärän osalta. Laadullisten mittausten tavoitteet eivät kuitenkaan ole ihan yksiselitteisiä. (H, I7)

Tunnuslukujen laskemiseksi tarvittavat määrä- ja laatumittaukset ovat tällä hetkellä heikolla tasolla. Tarvittavia mittauservoja tuottavia mittalaitteita ei ole tuotantolinjoilla olemassakaan tai niistä ei saada luotettavia arvoja. Olemassa olevat mittaukset olisi kuitenkin tavoitteena saada toimimaan luotettavasti, jolloin niitä olisi mahdollista käyttää myös tunnuslukujen laskentaan. (H, I11)

Tunnuslukulaskennalle ja erityisesti häiriöraportoinnille nähtiin tarvetta. Pitkälle automatisoidun järjestelmän uskottiin myös helpottavan raportointia. Sitä ei kuitenkaan pitäisi yrittää viedä liian pitkälle, ettei siitä tulisi liian monimutkainen. Operaattoreiden osallistaminen raportointiin nähtiin hyvänä asiana, mutta sen edellytyksenä pidettiin toimivaa ja helppokäyttöistä järjestelmää, joka ei aiheuta liikaa lisätyötä, vaan mieluummin helpottaisi nykyisiä tehtäviä. Järjestelmän onnistuneeseen käyttöönottovaiheeseen mainittiin sisältyvän myös koulutus järjestelmän käyttämiseen.

Tuotannon tehokkuuden mittaamiselle ja raportoinnille on tällä hetkellä selvästi tarvetta ja ajatus raporttien pitkälle automatisoidusta luomisesta on lupaava. Tällä tavoin päästäisiin eroon perinteisestä käsityöstä raporttien laatimisessa. (H, I11)

Järjestelmän rakentaminen on hyvä idea ja muutosvastarinta operaattoreiden puolelta sen käyttöönottamiseksi oli luultavasti aika vähäistä, koska se ei aiheuttaisi merkittävästi lisätyötä. Vikailmoitusten tekeminen saman käyttöliittymän kautta on ehdottoman hyvä ajatus. Yksi tärkeä osa tällaisen järjestelmän käyttöönottoa on kuitenkin koulutuksen järjestäminen ja se olisi parasta järjestää työvuorojen aikana valvomossa, jolloin on mahdollista kokeilla järjestelmää käytännössä. Tuotantolinjojen häiriöseurantaan ei kannata määritellä tunnuslukulaskentaa tulevien mittauspisteiden lisäksi muita, sillä kaikki merkittävät häiriöt tulevat niiden pisteiden

kautta esiin ja yleensä pyritään hallittuun tuotantolinjan pysäyttämiseen, jolloin linja pysäytetään aina samassa järjestyksessä ja automaattinen häiriöseuranta ei pysty päättämään tuotantokatkoon johtanutta laitetta automaattisesti. (H, I7)

Helppokäyttöisyys on avainasemassa järjestelmän tarkoituksenmukaisen käyttämisen kannalta. Tiedot tulisi olla täydennettävissä mahdollisimman pitkälle valikoiden kautta, jolloin ei tarvitsisi kirjoittaa omin sanoin. Raportointi-ikkunan tulee avautua päänäyttöön automaattisesti ja itse raportointi tulee sen jälkeen varmasti hoidettua. Tällä tavalla kerättyjen tietojen perusteella saadaan faktatietoa ongelmista ja nähdään, mihin menee aikaa ja sitä myötä rahaa. Ongelmiin tullaan varmasti puuttumaan paremmin. (H, O3)

4.2.3 Kuitulinjat

Tuotantomenyksistä tehdään raportointia tälläkin hetkellä tehtaan tasolla. Lisäksi osastoista vastaavat seuraavat oman osastonsa toimintaa osana päivittäistä työtään ja pyrkivät puuttumaan aikaisessa vaiheessa häiriöitä aiheuttavan osan toimintaan. Varsinaisen järjestelmän rakentamisen hyödyistä näkemykset vaihtelivat haastateltujen kesken.

Tuotantoa ja siinä esiintyviä ongelmia seurataan päivittäin tälläkin hetkellä. Tämän myötä jatkuvasti ongelmia aiheuttavat asiat nousevat melko nopeasti esiin ja niihin pyritään puuttumaan aikaisessa vaiheessa. Asioiden säännönmukainen kirjaaminen helpottaisi tätä työtä, jolloin ongelman laajuuden näkisi helposti. Tällöin näkisi yhdellä vilkaisulla mitä häiriöitä on ollut missäkin, mikä helpottaisi ainakin käyttöinsinöörien päivittäistä työtä, mutta tuskin niinkään operaattoreiden työtä. Uuden järjestelmän käyttöönotto on kuitenkin aina iso haaste. Operaattorit on juuri saatu opetettua kirjaamaan Pulp Diary –järjestelmään edes jotain ja nyt tulisi taas uusi järjestelmä. (H, I2)

Ei ole tarpeellinen järjestelmä olemassa olevien järjestelmien lisäksi, mutta halu tämän tyyppisen järjestelmän rakentamiseen on helppo ymmärtää. Sinällään ajatus johdonmukaisesta häiriötietojen keräämisestä on hyvä ja sehän tässä on se perimmäinen ajatus. Helppokäyttöisenä järjestelmä kuitenkin tuottaisi arvokasta tietoa. (H, O4)

Selluntuotannon tuotantoseuranta on aika alkukantaista tällä hetkellä verrattuna paperintuotantoon, jossa on ollut erilaisia tehokkuusmittareita jo pitkään. Niiden saaminen myös tänne alkaisi olla ajankohtaista. (H, I12)

Tuotannon näkökulmasta tämän tyyppiselle raportoinnille ei ole tarvetta, koska keskustelua ongelmista käydään muutenkin ja niiden raportointi erikseen olisi vain lisätyötä. Lisäksi kirjausten oikeellisuuden suhteen tulisi olemaan suuria haasteita,

koska kaikilla toimijoilla voisi olla pahimmassa tapauksesta erilainen näkemys todellisesta juurisyystä. Tuotannosta vastaavilla on muutenkin täysi työ pitää prosessi käynnissä, joten tämän tyyppinen raportointi ei kuulosta hyvältä idealta. (H, I13)

Raportointimenetelmien yhteneväisyyden tärkeyttä painotettiin ja seurannan yksityiskohtaisuudessa ei pitäisi mennä liian tarkalle tasolle, joka ei enää tuo mitään oleellista esiin suhteessa työmäärään. Pitkälle automatisoitua järjestelmää pidettiin hyvänä asiana, mutta ihmisen rooli häiriökirjauksissa tulee säilyttää väärän tiedon tuottamisen estämiseksi. Haasteena pidettiin kirjausten oikean sisällön varmistamista ja toimintatapaa, jolla juuri-syy loppujen lopuksi päätetään epäselvissä tilanteissa.

Toimintatavat ja laskentasäännöt tulisi olla ehdottoman yhtenevät kaikilla tehtailla, mikä on erittäin hankalaa saada toteutumaan. Eri tavoin tuotettujen tietojen olemassaolo taas on vaarallista, koska niitä vertailemalla päädyttäisiin väärin johtopäätöksiin. (H, I13)

Seurannassa ei kannata mennä liian yksityiskohtaiselle tasolle, koska suurin osa vioista havaitaan pieninä alkavina vikoina ennen niiden laajenemista ja prosessi voidaan pysäyttää hallitusti. Tällöin ei voida automaattisesti päätellä missä vika on oikeasti ollut. Automaattinen kohdistaminen johtaisi tällöin väärään tietoon ja johtopäätöksiin, joten vikakohteen täydentäminen käsin on parempi vaihtoehto. (H, I13)

Raportointimerkintöjen tekeminen mekaanisista vioista ja sähkövioista on hankalaa, koska kunnossapitopuoli hoitaa asian kuntoon, eikä välttämättä ilmoittele asiasta mitään. Kirjauksen tekeminen olisi kuitenkin operaattoreiden vastuulla ja sen joutuisi tekemään vajavaisin tiedoin. Tällöin raportointikirjauksen tekeminen oikein on hyvin hankalaa. Tiedot saa kyllä halutessaan kysymällä, joten se vaatii vain toimintatapamuutosta. Häiriöiden luokitteluvalikoihin tulisi sisällyttää käyttäjästä itsestään johtuneet häiriöt. Niitä sattuu kaikille joskus, mutta suhtautuminen niihin vaihtelee laajasti. Osa pystyy heti tunnustamaan tehneensä virheen ja osa suuttuu, jos sitä edes epäilee. (H, O4)

Paperintuotannon puolella oli aikoinaan prosessi jaettu pieniin osiin tehokkuuden mittaamista varten, mutta käytännössä se johti vain muutamien piirien todelliseen seurantaan ja muut olivat turhia. Jakoa ei kannata tehdä turhan pieniin osiin, koska prosessit ovat kuitenkin perättäisiä ja toimivat käytännössä samaan aikaan. (H, I12)

Osastokohtaisesta laskennasta huolimatta kokonaisuus tulisi huomioida raportointi- ja laskentamenettelyissä. Muualla kuin tehtaan pullonkaulaosastolla tapahtuva katko ei johda välittömästi todellisiin tuotantomennyksiin, sillä kyseinen osasto pystyy toimi-

maan katkon jälkeen tavallista suuremmalla teholla ja ajamaan menetyksen kiinni. Tehokkuusraportoinnin lopulliset päämäärät eivät olleet täysin selkeitä, eikä se mihin tietoja loppujen lopuksi tulotaisiin käyttämään. Osastoista vastaavilla on omat tarkoituksensa ja tarpeensa, mutta tarkoitus laajemmassa mittakaavassa mietitytti. Operaattorien tasolla järjestelmän käyttäjäystävällisyyttä ja helppokäyttöisyyttä korostettiin.

Varsinaisista tuotantomenetyksistä tehdään tehdastason raportointia tällä hetkellä. Tuotantomenetystappiot lasketaan kuivatuskoneilla menetetyt tuotannon perusteella, mutta se ei huomioi kokonaisuutta. Lyhyt katko kuivatuskoneella ei automaattisesti johda tuotantomenetykseen, jos kuitulinjoilla ei tarvitse hidastaa tuotantoa siitä johtuen. Menetykset tulisi laskea kuitulinjoilta valmistumatta jääneen tuotannon perusteella, sillä se on todellisuudessa menetettyä tuotantoa. Lisäksi tehdään omaa seuranta osaston toiminnasta. (H, I2)

Oikein kukaan ei osaa sanoa selluntuotannon puolella, miksi tämän tyyppistä seuranta tulisi tehdä, miten sitä tulisi seurata ja kenen sitä tulisi seurata. Mittareita tarvittaisiin kahteen eri tarkoitukseen, ylemmän tason mittarit tehtaiden vertailuun ja osastokohtaiset mittarit toiminnan kehittämiseen. Osastokohtaisissa mittareissa on tärkeää niiden riippumattomuus ulkoisista tekijöistä, johon osastolla itsellään ei ole mahdollisuutta vaikuttaa. Tehdastason mittareihin taas sopii malli, jossa mitään ei poissuljeta. (H, I12)

Tällä hetkellä on jo liian monta järjestelmään, joihin pitää kirjautua erilliseltä tietokoneelta ja kaikkiin on käytössä eri salasana. Raportointi omalta työpisteeltä ilman salasanoja parantaa käyttäjäystävällisyyttä huomattavasti. Pohjatyö on tehtävä ehdottaman hyvin järjestelmän suunnittelu- ja määrittelyvaiheessa, jolloin sen käytettävyys saadaan kuntoon ja sitä on mukava käyttää. Kuitulinjojen osalta tuotantomenetysten laskenta olisi perusteltua samaan tapaan kuin kuivatuskoneilla. (H, O4)

4.2.4 Talteenotto

Tällä hetkellä raportointia ja seuranta tehdään melko yleisellä tasolla ja ongelmiin kiinnitetään huomioita vasta, kun on pakko. Pienemmistä, lyhyitä katkoja, aiheuttavista häiriöistä saatava tieto olisi tärkeää, mutta sen käytännön kerääminen ei saisi aiheuttaa liikaa työtä. Tämän tyyppistä työkalua pidettiin nykyaikaisena ja käyttökelpoisena myös jokapäiväiseen käyttöön. Kaikkien kirjausten oikea sisältö tulisi kuitenkin varmistaa todellisen hyödyn saamiseksi.

Häiriöistä ei tällä hetkellä tehdä säännönmukaista seuranta, paitsi isoista menetyksistä, joista täytetään tuotannonmenetyskortti. Ongelmien esiintyessä menettelystä niiden kanssa on tehtävä ratkaisu, joko pysäytetään prosessi ja korjataan vika

tai mahdollisuuksien mukaan ajetaan hitaammin seuraavaan suunniteltuun huolto-
seisokkiin asti. (H, I6)

Nykyään ei kiinnitetä kovinkaan paljoa huomiota ongelmiin ennen kuin jokin on
oikeasti rikki. Myös lyhyistä ja toistuvista katkoista kerätty tieto olisi tärkeää,
mutta pelkona on se, miten äkkiä operaattorit väsyvät raportoimaan mitään, kun
jokin osan kanssa on jatkuvaa ongelmaa. (H, I6)

Osastokohtainen raportointi ja tunnuslukulaskenta alkaisi olla nykypäivää ja täl-
lainen järjestelmä olisi hyvä työkalu myös aamupalavereihin. Häiriöiden todellisen
syyin saaminen merkintöihin on kuitenkin haaste. Monikaan ei merkitse syytä, joka
johtuu käyttäjästä itsestään ja todellisen juurisyyn päättelyminen voi olla hankalaa
operaattoreiden tasolla, kun kokonaiskuvaa ei näe riittävän hyvin. Merkintöjen oi-
kean sisällön varmistamiseksi pitäisi olla jokin sovittu toimintamalli. (H, I10)

Raportointijärjestelmän yksityiskohtaisuuden ja helppokäyttöisyyden sopivaa suhdetta
painotettiin. Kaikkien automaattisesti luokiteltavissa olevien merkintöjen kirjaamista au-
tomaattisesti pidettiin tärkeänä, jolloin ne luodaan ilman raportointikyselyä. Kerättävien
tietojen todellista hyödyntämistä painotettiin erityisesti operaattoreiden tasolta, sillä he
eivät halua tuottaa raportointitietoa, jota kukaan ei käytä.

Samat seurantapisteet ovat riittävät häiriöraportointiin kuin mitä tunnuslukujen
laskentaan käytetään. Laitekapasiteetin käytölle on hankala antaa mitään maksi-
miarvoa tai tavoitetta, koska talteenoton toiminta perustuu prosessin optimointiin
lähinnä keittämön toiminnan mukaan. (H, I3)

Tässä pitäisi tavoitella täysin automaattista järjestelmää, joka kykenisi päättely-
mään itse onko kyseessä ulkoinen vai sisäinen häiriö ja huomioimaan sen tunnus-
lukujen laskennassa. Yksi mahdollisuus olisi laskea vain yhdet tunnusluvut koko
talteenotolle ilman hajottamista pienempiin osiin. Käytännössä siinä verrattaisiin
vastaanotettujen kemikaalien määrää tuotettujen kemikaalien määrään. (H, I10)

Tämän tyyppinen seuranta ei haittaa, kun seurantapisteitä ei ole kovin paljoa. Kir-
jausikkunaan olisi hyvä saada näkymään kyseisen prosessialueen historiatiedot,
jolloin siitä näkisi helposti aiemmat tapahtumat. Kerätyistä tiedoista olisi hyvä
saada kooste, vaikka kuukausittain, niitä voisi selaila rauhallisina hetkinä. Miten
kerättyjä tietoja aiotaan hyödyntää ja mitä realisoituneita hyötyjä on saavutettu ra-
portointijärjestelmällä tähän mennessä alueella, jossa se on käytössä? (K, O5)

Ylösajotilanteissa raportointitoiminto ei saisi olla häiritsemässä koko aikaa. Silloin
tulee yleensä vielä useita katkoja ennen prosessin vakiintumista ja on muutakin
tekemistä kuin raportoida syitä joka katkolle. Seurantapisteiden ja erityisesti vali-
koista löytyvien syiden tulee olla muokattavissa jälkepäin, kun käytäntö on

osoittanut luokitteluiden onnistuneisuuden. Milloin järjestelmä saadaan käyttöön? (K, O6)

Järjestelmän helppokäyttöisyys on avainasemassa tiedon tuottamisen kannalta ja sen määrittelyyn tulee kiinnittää huomiota. Esimerkiksi prosessin normaalitoimintaan liittyvät toiminnot eivät saisi aiheuttaa raportointikyselyä. Lisäksi automaattisen merkinnän generointi Pulp Diary –järjestelmään häiriökirjauksen tallennus-
hetkellä olisi hyvä ominaisuus. (H, I6)

4.2.5 Kuivatuskoneet

Kuivatuskoneiden osalta jakoa OEE-mallin mukaisesti käytettävyyteen, toiminta-asteeseen ja laatuun on ei nähty yhtä suoraviivaisena kuin muilla prosessiosilla. Käytettävyydelle ei löydy niin selkeää mittauspistettä, koska prosessi voi käydä myös osittain. Vastaavasti laadulle on hankala löytää mittausta, johon osaston oma toiminta vaikuttaisi suoraan ja jolla olisi merkitystä lopputuotteen laadun kannalta.

Käytettävyyden määritelmä kuivatuskoneella ei ole niin selkeä kuin monella muulla osastolla. Jos halutaan todellisuudessa seurata, mihin aika hukkuu, pitäisi ongelmia jaotella tarkemmin. Kuivatuskoneella on seisokki, kun koneelle ei syötetä massaa, tällöin jotain on yleensä hajonnut koneella. Ratakatkot johtuvat yleensä prosessihäiriöistä ja niissä koneen alkuosa toimii normaalisti eli massa on viiralla, mutta rata on poikki jostain kohdasta kuivatuskonetta. Kolmantena häiriötyyppinä ovat ongelmat arkkileikkurilla ja paalauslinjalla, jotka johtavat hylkyluukun avaamiseen ja massan kierrättämiseen koneella. (H, I12)

Tällä hetkellä työssä mukana olevien tehtaiden kuivatuskoneiden toimintaa raportoidaan kuukausittain yhtenevällä mallilla. Osastokohtaisten tunnuslukujen laskennassa pidettiin tärkeänä ulkoisten vaikutusten poissulkemista. Näkemykset joidenkin laskentasaäntöjen kohdalla kuitenkin vaihtelivat.

Kuivatuskoneiden raportoinnissa lasketaan tällä hetkellä toteutunutta tuotantoa, ulkoisten häiriöiden vaikutuksista johtuvaa käyntiastetta, osaston sisäisiä häiriöitä mittaavaa hyötysuhdetta sekä ratakatkojen ja hylkyluukun aukioloajan osuutta ajoajasta. (H, I12; H, I1; H, I9)

Huovanvaihtoihin kuluva aika pitäisi poissulkea käytettävyydestä, koska se on pakollinen vaihto, eikä sitä voi jättää tekemättä. Tällöin kaikista kuukausista tulisi myös vertailukelpoisia keskenään ja 100% käytettävyyteen pääseminen olisi todellisuudessa mahdollista myös pidemmällä aikavälillä. Häiriöraportointi voisi alkaa toimia vasta kun kuivatuskone on oikeasti tuotantotilassa eli radan neliöpaino ja kosteus ovat oikealla tasolla ja hylkyluukku on kiinni, jolloin rata menee leikkurin kautta paalauslinjalle. (H, I9)

Koko osastokohtaisen laskennan keskeisin asia on ulkoisten vaikutusten poistaminen laskennasta. Osastokohtaisten mittarien on oltava sellaisia, että ne kertovat omasta toiminnasta ja vertailulla muiden tehtaiden samaan osastoon päästään kiinni millä osa-alueilla olisi varaa parantaa. Tunnuslukujen laskutavat pitää olla sellaisia, että tunnusluvut ohjaavat tavoitetilan mukaiseen toimintaan. Pakolliset seisokit ovat osa normaalia prosessitoimintaa, mutta niitä ei pidä hyvittää mitenkään tunnuslukujen laskennassa. Seisokit pitäisi pyrkiä hoitamaan mahdollisimman harvoin sekä mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti, tällöin parantaminen näillä osa-alueilla pitää näkyä myös tunnusluvuissa. (H, I12)

Tunnuslukujen yhtenevä laskenta kaikilla tehtaila pitäisi tarkistaa, sillä tällä hetkellä niissä tuntuu olevan hieman eroja, jotka eivät kuitenkaan vaikuta kokonaiskuvaan. Kuukausiraportit ovat nykyisellään sisällöltään kuvaavia, mutta niiden esitystavassa olisi parantamisen varaa. Raportit voisi myös tuottaa automaattisesti, sillä tällä hetkellä ne tehdään käsin kerättyjen tietojen perusteella. (H, I1)

Yhden tehtaan kuivatuskoneella on käytössä järjestelmä, joka kykenee luokittelemaan tuotantokatkot automaattisesti ja laskemaan näiden tietojen perusteella tunnusluvut nykyiseen raportointimalliin. Järjestelmää voisi viedä vielä yhden askeleen pidemmälle, jolloin se tuottaisi myös raporttiesityksen automaattisesti. Tiedonkeruussa on oltava tarkkana ja mahdolliset virheet korjattava kerätyistä tiedoista, sillä väärä tieto on huonompi vaihtoehto kuin se, ettei ole tietoa ollenkaan.

Kaikki operaattorien tekemät merkinnät Pulp Diary –järjestelmään eivät välttämättä ole oikein ja ne on katsottava läpi, mikäli niitä aikoo käyttää raporttien tekemiseen. Merkintöjä voi myös puuttua kokonaan, kun on kiirettä saada prosessi katkon jälkeen käyntiin ja merkintä voi unohtua. (H, I1)

Kuivatuskoneella on automaattisesti erilaisista katkoista ja häiriöistä tietoja keräävä järjestelmä olemassa. Se osaa myös luokitella häiriöt melko pitkälle ilman häiriöraportointikyselyä. Järjestelmä ei laske tuotantomenetyksiä katkoajan ja aiemman tuotantotason perusteella, kuten toisella tehtaalla käytössä oleva järjestelmä tekee. Kuivatuskoneiden kuukausiraportointiin tarvittavat tunnusluvut, käyttöasteen ja hyötysuhteen, järjestelmä laskee automaattisesti. Muihin tarkoituksiin järjestelmän keräämiä tietoja ei käytetä, mutta käytettäisiin tarvittaessa toistuvien ongelmien ratkaisussa apuna. (H, I1)

Tiedonkeruussa pitää olla tarkkana, että kerätyt tiedot ovat oikein ja kerättävää tietoa tulisi kerätä mahdollisimman aukottomasti ja miettiä onko se sopivaa kaikkien nähtävälle. Asiaa tuntemattomien ei pitäisi ryhtyä tekemään omia johtopäätöksiä kerätyn tiedon perusteella, sillä siitä saattaa puuttua jotain oleellista ja asiayhteyksiä ei välttämättä ymmärretä. (H, I1)

4.2.6 Yleiset asiat

Raportointi nähtiin resursseja vaativana työnä. Sitä pidettiin kuitenkin tärkeänä edellyttäen, että raporteille on todellinen tarve. Kaikkea mahdollista ei kannata raportoida, vaan siinä tulisi keskittyä olennaisiin tuotannon osiin. Automaattisesti luotavien raporttien uskottiin helpottavan raportointia. Raportoinnissa esitettävien tietojen oikean sisällön ja riittävän kokonaisvaltaisuuden tärkeyttä kuitenkin korostettiin.

Aiemmin raportointia tehtiin tehtaalla tarkasti ja aikojen saatossa raporttien määrä on vähentynyt samalla kun tehtaalla työskentelevien määrä on vähentynyt. Seurannassa olisi syytä mennä ehdottomasti nykytilaa tarkemmalle tasolle. Tällä hetkellä on käytännössä mahdotonta sanoa kerättävän tiedon perusteella tarkasti paljonko yhden sellutonnin valmistaminen maksaa tehtaalla, jossa tehdään useita erilaisia laatuja. Tarkkaan seurantaan tulisi ottaa vain välittömästi tuotantoon vaikuttavat osastot ja käsitellä muut tukiosastot kevyemmällä seurannalla tai kokonaan ilman seurantaa. (K, I3)

Tyypillisenä ongelmana on raporttien suuri määrä suhteessa resursseihin. Raporttien automaattinen luonti on hyvä asia ja erilaisia asioita prosessista on hieno mitailla. Resurssien rajallisuus raporttien tekemiseen ja erityisesti ajan riittämättömyys niiden lukemiseen ja analysointiin sekä taustalla vaikuttavien asioiden analysointiin johtaa siihen, että uutta raporttia seurataan hetken ja sitten se unohtuu. Tämän jälkeen kukaan ei päivitä raporttia eikä lue automaattisesti luotua raporttia. Raportteja pitäisi siis luoda todelliseen tarpeeseen, eikä tehdä mittaamista ja raportointi pelkästään raportoinnin vuoksi. (K, P3)

Raportoinnin myötä toistuvien vikojen löytäminen ja investointi- ja kehityspanosten kohdistaminen helpottuisi. Saataisiin selkeitä faktoja ongelmien löytämiseksi. Tehtaalla tiedetään melko hyvin, miten pitäisi toimia, mutta resurssien rajallisuuden myötä ajaudutaan usein toimimaan jotenkin muuten. Perusdatan automaattinen keräys joka tapauksessa tehostaisi toimintaa varmasti. (H, P1)

Näkemykset raportoinnin nykytilan riittävydestä ja tarpeesta sen kehittämiseksi vaihtelivat. Lisäksi tehtaiden eri toimintojen tarpeiden nähtiin eroavan tehokkuuden tunnuslukujen laskennassa ja tuotannon raportoinnissa. Nykytilassa ongelmana pidettiin olemassa olevien järjestelmien osalta niistä puuttuvaa ominaisuutta tietojen säännönmukaiseen luokitteluun ja tilastojen tekemisen mahdollisuutta.

Tehtaan tuotantoa seurataan tällä hetkellä kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa on seurata kuitulinjojen käyntiaikaa, jota seurataan keittämön tyypistä riippuen joko hakesyötön tai purkupumpun käyntiajasta. Toinen tapa on seurata kuivatuskoneilta valmistumatta jäänyttä tuotantoa, johon on sovittu tietyt vuorokausitavoitteet ja tavoitteita pienemmäksi jäänyt tuotanto tarkoittaa tuotantomenetystä. Tuotannon

tehokkuuden mittaamisessa oikea tapa olisi seurata tehtaan pullonkaulaosaston tuotantoa, sillä muiden osastojen häiriöt eivät johda välttämättä tuotantomenetyksiin. (H, P1)

Tehokkuuden tunnusluvut tulisi laskea osastoittain, jolloin päästäisiin koko tehtaan tehokkuuslukuja syvemmälle. Raportit tulisi luoda automaattisesti, sillä niiden tekemiseen käsin kuluu liikaa aikaa ja se on pois raporttien analysoinnista ja syiden selvittämisestä. Raporttien tekeminen opettaa aina jotain, mutta nykyresurssija on yksinkertaisesti liian vähän käsin tehtäviä raportteja varten. Automaattisesti luotavissakaan raporteissa ei ole mitään järkeä, ellei niille ole tilausta ja tarvetta. Ei siis raportointia raportoinnin vuoksi, vaan todelliseen tarpeeseen. (H, P1)

Halutaan kokemuksia muualta ennen tällaisen järjestelmän käyttöönottoa. OEE-tunnusluvuille ei oikein ole tilausta tällä hetkellä, sille niistä tulee aina melko alhaisia kolmen eri tekijän huomioimisesta johtuen. Alhaiset luvut taas johtavat välittömään masentumiseen lukuja katsoessa ja menetetyksi liikevaihdoksi saadaan niiden perusteella suuria summia. Kunnossapito-organisaatio haluaa tuotannon tehokkuuden raportteja, mutta hyödyt tuotanto-osaston näkökulmasta ovat erittäin laihat. OEE-raporttien laskennat voi automatisoida, mikäli niitä jokin taho haluaa, mutta täällä niille ei ole tarvetta. (H, P2)

Omat tuotantoon liittyvät ongelmat ovat tiedossa jo muutenkin ja niiden korjaamiseksi tehdään parhaillaan toimenpiteitä. Lisäraportointi ei palvele tuotannosta vastaavia ja ydinkysymyksenä on, miksi raportteja tulisi tehdä? Pulp Diarystä ja kuukausiraporteista on luettavissa kaikki tarvittavat tiedot. Raporttien automatisointi on parempi vaihtoehto kuin niiden käsin tekeminen, mutta tärkeintä on asioiden läpikäynti tehtaan omassa organisaatiossa juurisyyn löytämiseksi ja korjausten tekemiseksi. (H, P2)

Tehtaan raportoinnista riittäisi hakemäärät, keittämöltä valmistunut tuotanto ja kuivatuskoneille menevä tuotanto sekä vaaleusmittaukset ja menetetyt tuotantomäärät, jotka kertovat kaiken oleellisen tehtaan toiminnasta kuukausiraportointiin. Vuorokauden tapahtumien osalta tärkeintä taas on Pulp Diarystä merkinnät, joiden läpikäymisellä saa koosteen vuorokauden tapahtumista. Aamupalaverissa pitää olla jo selkeä käsitys, mitä tuotannon ongelmille tehdään ja sen jälkeen asia on ohi ja mennään seuraavaan. Tähän päivittäiseen raportointiin ei tarvita mitään erillistä raportointityökalua. (H, P2)

Pulp Diaryssä on hyvin kirjauksia ja sieltä löytyy paljon tietoa. Ongelmana on kuitenkin se, ettei tietoja saada sieltä ulos tilastoitavaan muotoon. Pulp Diary on kuitenkin vakiintunut osaksi toimintaa ja se olisi hyvä säilyttää. (H, I8)

Meillä tuotannosta vastaavilla on aika erilaiset toiveet kuin puhtaasti kunnossapitoon keskittyvällä organisaatiolla. Koemme taakkana kaikenlaisen kirjaamisen ja

raportointi, joka ei hyödytä omaa toimintaa. Raportointi tulisi olemaan kunnossapitoa varten ja he saisivat itse etsiä tarvittavat tiedot järjestelmistä. (H, I13)

Raportointijärjestelmän helppokäyttöisyyttä painotettiin ja sen nähtiin olevan keskeisessä asemassa oikeansisältöisten kirjausten varmistamiseksi. Järjestelmän tuottamille tiedoille nähtiin olevan käyttöä jokapäiväisessä työskentelyssä ja sen ympärille voisi muodostaa tietyt toimintatavat. Lisäksi raportointijärjestelmän haluttiin esittävän tiedot tiiviisti yhdessä keskitetyssä paikassa.

Häiriökirjauksia ja tunnuslukulaskentoja voisi käyttää osana aamupalavereita. Siihen tarvittaisiin valmis näkymä, joka kokoaa yhteen tarvittavat tiedot ylätasolta viimeiseltä vuorokaudelta. Tietojen määrä pitää olla sopivan pieni pääsivulla ja sen lisäksi mahdollisuus ajan salliessa yksityiskohtaisempaan käsittelyyn tarkempien näyttöjen kautta. Häiriöraportoinnin luokat ja selitteet pitää olla valikoiden kautta täydennettäviä, jolloin saadaan mahdollisuus tilastointiin ja syysummien laskentaan. Operaattoreiden tuottamat kirjaukset pitäisi käydä läpi vielä ennen niiden lopullista säilömistä, jonka jälkeen kirjauksia ei enää muuteta. Rakennettavien raportointisivujen pitäisi koota tiiviiksi kokonaisuudeksi tarvittavat tiedot, sillä tällä hetkellä tiedot ja raportit ovat melko hajallaan (H, P1)

Raportointikyselyn ajoitus on tärkeää, sillä väärällä hetkellä avautuva ikkuna johtaa sen nopeaan sulkemiseen ilman mitään tietojen täyttämistä. Erityisesti ylösajotilanteet ovat haasteellisia ja sen aikana kukaan ei tule täyttämään mitään tietoja. Ideana systemaattinen tietojen kerääminen on erittäin hyvä ajatus. Haasteena on käytännön toteutus siten, että tuotantolaitteiden käyttäjät saadaan motivoitua tuottamaan häiriökirjausten sisältöä. Järjestelmän rakentaminen pitäisi saada perustelua siten, että siitä on kaikille hyötyä ja se helpottaa myös heidän työtään. Kerättyjen tietojen toimittaminen valvomoon tuotannon työntekijöiden nähtäville on tärkeää, esimerkiksi kuukausiraportin voisi toimittaa paperiversiona kuukausittain. (H, I8)

Järjestelmän toteutus ei jää missään nimessä kiinni teknisestä toteutuksesta, vaan ehdottomasti suurimpana haasteena on sovittaa järjestelmän ja tiedonkeruun tarpeet yhteen käyttäjien toivomusten ja asenteiden kanssa. Operaattoreiden osallistaminen projektiin ja projektin tärkeyden perusteleminen heille on avainasemassa onnistumisen kannalta. (H, I8)

Raportointijärjestelmän nähtiin mahdollistavan erilaisten vertailuiden tekemisen. Tällaisen tiedon tuottamisen suhteen korostettiin mittaamisen ja raportointimenettelyiden tarkkaa yhteneväisyyttä, etteivät tuotetut tiedot johda väärin lopputuloksiin. Vertailua voidaan tehdä tehtaiden ja eri työvuorojen välillä sekä nykytilan ja toteutuneet historia vä-

lillä, mutta tarvetta tähän kyseenalaisettiin. OEE-mittaria ei pidetty täydellisenä absoluuttisen suoritustason mittaamiseen, mutta sen uskottiin kertovan kehityksen suuntaa johdonmukaisesti.

Samana tyyppistä järjestelmää tehtiin aiemmin paperintuotannon puolelle. Siellä yhteneväisyyden saaminen kaikkien tehtaiden välille oli hirvittävän vaikeaa. Yhteneväisyys on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, koska muuten vertailusta tulee vaarallista ja se johtaa väärin johtopäätöksiin. Siinä projektissa tuli esille joillain tehtailla olevan huomattava määrä erilaista raportointia, mutta loppujen lopuksi tuotannon tehokkuudessa ei ollut mitään eroa muihin tehtaisiin verrattuna. Koko raportoinnin tarpeellisuutta voidaan siis kyseenalaistaa. (H, I12)

Mahdollisuus vuorojen väliseen vertailuun kiinnostaa tiettyjä tahoja, mutta vuoro-kohtaisesti laskettuja tunnuslukuja ei voisi antaa yleiseen jakoon, vaan niiden käyttöä olisi rajoitettava. Työntekijät ja heidän osaamisensa tunnetaan aika hyvin muutenkin, joten vuoro-kohtainen laskenta ei ole kovin korkealla prioriteetilla, mutta sen seuraamiselle ei ole estettä. (H, P1)

Osastokohtaisten tunnuslukujen yhteenlaskussa on omat haasteensa. Onko ylipäänsä edes tarpeellista yrittää laskea osaston sisäistä summaa tai yrittää laskea koko tehtaan tehokkuutta osien summana? Täydellisuuden tavoittelemisen kannattaa unohtaa ja pyrkiä johdonmukaisuuteen. (H, I8)

Raportoinnin tuottamia lukuja voidaan ymmärtää hyvin eri tavoin riippuen ihmisestä ja näkökulmasta, siksi olisi hyvä idea esittää luvut esimerkiksi värikoodatuna. Vuoro-kohtaisesti lasketut tunnusluvut kiinnostavat varmasti joitain tahoja ja tällaisella järjestelmällä niihin päästäisiin kiinni helposti. Työvuorojen välisistä eroista ajotavoissa on käyty keskustelua jo aiemmin ja pyritty hakemaan yhtenäisyyttä käytäntöihin. Vuoro-kohtaiset tiedot eivät voi missään tapauksessa olla kaikkien saatavilla, mutta niiden myötä voitaisiin löytää hyviä käytäntöjä ja vastaavasti puuttua joihinkin asioihin. (H, I8)

Mittarina OEE kertoo enemmän kehityksen suuntaa kuin absoluuttista suorituskäytön tasoa. Tunnuslukujen laskennalle olisi hyvä olla vain yksi tapa konsernissa ja erityisesti samalle asialle pitää olla vain yksi tunnusluku. Ei siis kahdella eri tavalla laskettua tunnuslukua tehtaan kokonaistehokkuudelle. Käytettävyyden mittauspiste on pääsääntöisesti helppo määrittää, vaikkakin osastojen välisistä puskureista voi tulla jonkin verran epätarkkuutta. Toiminta-aste on vastaavasti vaikea johtuen kapasiteetin määrittämisen vaikeudesta eri prosessiosille. Laatu taas on lähtökohtaisesti melko yksinkertaisesti määritettävissä. (H, I8)

Oikein asetetut tavoitteet kokonaistehokkuudelle tulee olla sellaiset, ettei 100% tehokkuutta ole mahdollista saavuttaa. 90% kokonaistehokkuus on jo erittäin hyvällä tasolla ja aina voi parantaa. Jos mittareihin perustuva tosiasia on alhainen

suorituskyky, niin se on vain tunnustettava ja raportoitava sellaisena. Huonosti sujuneen kuukauden kokonaistehokkuus pitääkin näyttää huonoja lukuja. Hyvien tunnuslukujen saamiseksi ei saa riittää aika hyvä suoritus, vaan silloin pitää onnistua todella hyvin. Jokin lyhyt jakso voi jopa ylittää tavoitteet. (H, P1)

Tuotannon näkökulmasta tukiosastona toimivien prosessiosien osalta tunnuslukujen laskentaa ja häiriöiden raportointia ei nähty välttämättömänä. Tällaisten osaprosessien kannalta ainakaan kaikille OEE-mallin mukaisille tunnusluvuille ei nähty olevan käyttöä.

Tällä hetkellä puhdistamon käytettävyyttä ei raportoida mitenkään. Jäteveden käsitteilyyn liittyviä raportteja tehdään ja niihin tarvittavat tiedot on määritetty automaatiojärjestelmän raportointijärjestelmään. Raporttisivut sisältävät omiin tarkoituksiin ja viranomaistarkoituksiin tarvittavia tietoja. Puhdistamon toiminta-aste olisi mukava tietää, mutta sille ei ole juurikaan todellista käyttöä. (H, I4)

5. TUTKIMUSAINEISTON ANALYSOINTI

Haastattelujen, keskustelujen ja ratkaisumalliehdotuksiin saatujen kommenttien perusteella analysoitiin raportoinnin nykytilaa sekä häiriöraportoinnin ja tunnuslukulaskennan vaatimuksia osapuolten kannalta. Keskeisimpinä nähtyjen ongelmien ja vaatimusten sekä saatujen ehdotusten perusteella muodostettiin ehdotus ongelmien ratkaisemiseksi ja vaatimusten huomioimiseksi järjestelmän toiminnan määrittelyssä.

5.1 Havainnot ja ongelmat

Keskeisimmät havainnot olivat melko yhtenäinen näkemys tarpeesta yksityiskohtaisemalle tehokkuuden mittaamiselle ja häiriöiden raportoinnille toiminnan kehittämiseksi sekä vaatimus raportointi- ja tunnuslukujärjestelmän yksinkertaisuudesta. Ongelmana on jo tällä hetkellä tarve samojen asioiden merkitsemiselle useampaan kuin yhteen järjestelmään ja uuden järjestelmän käyttöönoton myötä pelko kolminkertaisten kirjausten tarpeesta. Eri osapuolten osallistaminen jo suunnittelu- ja käyttöönottoprosessin aikana sekä käyttäjäkoulutuksen järjestäminen on tärkeä osa prosessia ja keskeisessä asemassa onnistumisen kannalta. Lisäksi järjestelmän käyttäjäystävällisyyteen on syytä kiinnittää huomiota niin häiriökirjauksia tekevien kuin raportointitietoja hyödyntävienkin käyttäjien näkökulmasta.

5.1.1 Raportoinnin nykytila

Nykyisellään tuotantoraportointi keskittyy kuukausiraporttien ympärille. Kuukausiraportteissa koostetaan kuukauden osalta tuotantomäärät ja kerrotaan mitkä asiat ovat johtaneet mahdollisiin tuotantomenetyksiin. Kaikilla kolmella tehtaalla on hieman erilaiset raportit ja raportointikäytännöt käytössä.

Vuorokausitason raportoinnissa ja seurannassa tärkein työkalu on tehtaiden käytössä oleva Pulp Diary –järjestelmä, johon tehdään tuotantoon liittyviä merkintöjä. Järjestelmän käyttö eri tehtailla on hieman eri tasolla, mutta kaikilla tehtailla erityisesti operattorien tekemien merkintöjen määrää haluttaisiin lisätä. Tällä hetkellä merkintöjen tekemisessä ei ole selkeää linjaa siitä, mitkä asiat merkitään ja mitkä jätetään merkitsemättä. Ihmiset kokevat asiat eri tavoin ja asioiden merkitseminen jää jokaisen henkilökohtaisen harkinnan varaan. Tämän tyyppisen raportointijärjestelmän vahvuutena on käyttäjäystävällisyys merkintöjen ajankohdan kannalta, sillä merkinnän voi tehdä koska tahansa. Järjestelmän heikkoutena on kuitenkin se, ettei siihen tehtyjen merkintöjen perusteella pystytä helposti tilastoimaan tai laskemaan tietyn tyyppisiä tapahtumia.

Koekäytössä olevaa häiriöraportointisovellusta ei myöskään nähty päällekkäisenä, sillä se tuottaa merkintöjä Pulp Diaryn merkintöjä yksityiskohtaisemmalla tasolla. Näiden yksityiskohtaisten merkintöjen perusteella kokonaiskuvan hahmottaminen ei kuitenkaan ole välttämättä yhtä helppoa kuin vapaasti tekstimuodossa Pulp Diaryyn tehtyjen merkintöjen perusteella. Sekä vapaasti tekstimuodossa tehdyissä merkinnöissä että valikoiden kautta luokitelluissa merkinnöissä on omat vahvuutensa. Merkintöjä lukevien toimihenkilöiden mielestä vapaasti kirjoitettu teksti oman tunnetilan ja persoonan mukaan antaa enemmän tietoa kuin valikoiden kautta täytetty merkintä. Merkintöjä tekevät työntekijät taas kaipaivat valikkopohjaisuutta. Erityisesti kaksikielisellä alueella valmiita valikoita pidettiin parempana vaihtoehtona.

Joissakin tapauksissa sama kirjaus pitäisi tehdä jo nykyisellään kahteen eri paikkaan. Tätä varten järjestelmien välille on rakennettu toiminnallisuus, joka mahdollistaa tapahtumakirjauksen tekemisen vain Pulp Diaryyn ja siitä luodaan tarvittaessa automaattisesti vikailmoitus kunnossapitojärjestelmään. Yhteyden puutteena on kuitenkin sen yksisuuntaisuus, kunnossapitojärjestelmään merkittävät tilapäivitykset eivät välity Pulp Diaryyn ja sitä käyttävä operaattori ei siten tiedä vikailmoituksen ajankohtaista tilaa.

Kuivatuskoneiden toiminnasta tehdään kuukausittain erillinen vertailuraportti tehtaiden kesken. Raportin keskeisenä osana ovat erilaiset tunnusluvut. Tunnuslukujen on tarkoitus kertoa kahteen osaan jaettuna ulkoisista ja sisäisistä häiriöistä johtunut kuivatuskoneen seisokkiaika. Raportissa eritellään joidenkin tyyppisimpien häiriöiden lukumäärät ja niiden ajallinen osuus sekä toteutunut tuotanto. Lisäksi siihen lasketaan, mikä olisi ollut kuukauden toteutunut tuotantomäärä ilman osaston sisäisiä häiriöitä perustuen toteutuneeseen tuotantovauhtiin. Raportointikäytäntöjen täydellisestä yhteneväisyydestä ei kuitenkaan ole täyttä varmuutta tällä hetkellä.

5.1.2 Häiriöraportointijärjestelmä

Erityisesti operaattoreiden keskuudessa suhtauduttiin kriittisesti uuteen erilliseen järjestelmään, joka voisi pahimmassa tapauksessa tarkoittaa kolminkertaista raportointimerkintöjen tekemistä. Jonkin laitteen hajotessa siitä pitäisi tehdä vikailmoitus, merkintä Pulp Diaryyn ja täydentää häiriömerkintä rakennettavaan järjestelmään. Käyttäjäkokemukset olemassa olevasta häiriöraportointisovelluksesta olivat kuitenkin positiivisia ja sen kerrottiin vähentävän tarvetta Pulp Diary merkintöjen tekemiseen operaattorien keskuudessa. Järjestelmä laajempi käyttöönotto johtaisi oletettavasti kirjausten vähenemiseen Pulp Diaryssa, mitä ei missään tapauksessa haluttu toimihenkilöiden taholta.

Järjestelmän käyttäjäystävällisyydestä tulee huolehtia tarkasti, sillä ajatus lisäraportoinnista aiheuttaa operaattoreissa lähtökohtaisesti vastustusta. Riittävän helppokäyttöiseksi rakennettuna järjestelmää tulisi kuitenkin käyttämään tarkoituksenmukaisesti. Tällöin

saataisiin kerättyä arvokasta tietoa häiriöistä ja järjestelmä ohjaisi tekemään häiriömerkinnät systemaattisesti kaikista tuotantokatkoksista. Samalla käyttäjän oma harkinta merkinnän tekemisestä tai tekemättä jättämisestä poistuisi.

Joillain prosessiosilla on automaatiojärjestelmään rakennettu häiriölaskureita, mutta nämä tiedot ovat näkyvissä vain automaatiojärjestelmässä, eikä niistä kerätä historiatietoja pidemmältä aikaväliltä. Häiriötietojen järjestelmällinen kerääminen antaisi uuden työkalun ongelmiin puuttumisessa. Tällöin ongelman laajuudesta ja vakavuudesta saisi haettua viitteitä helposti ja mietittyä, miten asiaan reagoidaan. Nykyinen toimintatapa on lähempänä ongelmiin puuttumista vasta pakon edessä.

Häiriöseuranta ja nykyistä tarkempi häiriöiden raportoiminen ei ajatuksena kuitenkaan miellytä kaikkia. Yhdellä tehtaalla osa toimihenkilöistä suoraan vastustaa järjestelmän käyttöönottoa, koska sen ei uskottu tuottavan työmäärään nähden hyötyjä. Yksityiskoh-taisuudessa tulee joka tapauksessa pysyä riittävän yleisellä tasolla, koska liian tarkka raportointi ei tuota enää hyödynnettävissä olevaa tietoa ja rasittaa tuotannon työntekijöitä. Nykyistä tiiviimpi yhteistyö tuotannon ja kunnossapidon työntekijöiden välillä on välttämätöntä häiriöraportointikirjausten oikean sisällön varmistamiseksi, sillä tällä hetkellä tiedonvaihto ei ole kaikilta osin riittävällä tasolla.

Uuden järjestelmän käyttöönotto on aina haaste ja siihen pitäisi valmistautua kunnolla. Keskeisessä asemassa ovat asiasta tiedottaminen ja käyttäjäkoulutusten järjestäminen osana prosessia. Järjestelmän suunnittelu- ja käyttöönottovaiheessa tulee huomioida järjestelmää käyttävien eri osapuolten tarpeet ja tavoitteet järjestelmää kohtaan. Lisäksi järjestelmävalinnoissa pitäisi tehdä pidemmän aikavälin suunnitelmia jatkuvan muutostarpeen minimoimiseksi.

5.1.3 Tuotannon tehokkuuden tunnuslukulaskenta

Tehtaiden kokonaistehokkuudelle on jo olemassa olevat laskentamenettelyt OEE-konseptin mukaisesti. Tunnuslukujen laskennan vieminen osastotasolle ja laskentojen automaattinen toiminta ovat oikea kehityssuunta ja se kannustaa tehokkuuden parantamiseen, kunhan laskentamenettelyt ovat oikeudenmukaiset. Hyvien tunnuslukujen tavoittelun on ohjattava myös hyvään tulokseen tuotannon kannalta. Tunnusluville on oltava lisäksi käyttöä ja niiden on tuotettava käyttökelpoista tietoa. Automaattisestikaan luotavia tunnuslukuraportteja ei ole järkevää rakentaa, ellei niille ole organisaatiossa tilausta ja tarvetta.

Täysin aukottoman ja osaoptimoinnin estävän tunnuslukulaskennan määrittelemine ei ole helppoa. Todennäköisyys osaoptimoinnin mahdollisuuteen on kuitenkin pieni, kun laskentasäännöt pidetään yksinkertaisina. Yksinkertaiset säännöt helpottavat myös tunnuslukujen taustalla vaikuttavien tapahtumien ja itse tunnusluvun yhteyden ymmärtämistä. Erilaiset ajomallit vaikuttavat tunnuslukuihin väistämättä ja tunnuslukujen lasken-

tasääntöjen tulisi olla linjassa prosessin tehokkuuden kannalta. Mahdollisuudet ajomallien vaihteluun tehokkuuden tunnuslukujen kannalta koskevat lähinnä prosessiosia, joilla on selvästi pullonkaulaosaa isompi kapasiteetti. Tällöin osastolla voidaan pyrkiä jatkuvaan tasaiseen tuotantoon tai vaihdella tuotantotasoa ja pysäyttää prosessi välillä tilanteen mukaan.

Tuotannon seuranta ja raportointi tulee pitää riittävän kevyenä. Tehtaan prosesseissa on mahdollisuuksia lukemattomien erilaisten asioiden seurantaan, mutta tunnuslukujen laskentaan ei ole syytä viedä kaikkea mahdollista tietoa. Paperintuotannon tehokkuudesta on oltu kiinnostuneita jo pitkään ja paperitehtailla on otettu käyttöön erilaisia tuotannon tehokkuuteen liittyviä mittareita. Selluntuotannon puolelle vastaavien tehokkuusmittareiden rakentaminen on ajankohtaista ja perusteltua. Mittareiden tuottamia tietoja olisi mahdollista käyttää osana jokapäiväistä tuotannon johtamista, jolloin niistä olisi todellista hyötyä.

Joillain osastoilla hyvien mittauspisteiden löytäminen on vaikeaa. Käytettävyydelle löytyy yleensä mittauspiste helposti, mutta toiminta-asteelle ja laadulle hyvien mittapisteiden löytäminen voi olla vaikeaa. Tehtaiden välisistä eroista johtuen samoille prosessiarvoille ei välttämättä ole olemassa mittauksia kaikilla tehtailla, mittauksia ei pidetä luotettavana tai ne mitataan eri tehtailla eri tavoin. Kuivatuskoneiden osalta myöskään käytettävyyden mittauspiste ei ole yksiselitteinen prosessin ominaisuuksista johtuen. Toiminta-asteen tunnusluvun laskemista varten tarvittavan kapasiteetin määrittäminen eri prosessiosille ei ole helppoa. Laitteita saatetaan käyttää jatkuvasti selvästi suunnittelukapasiteetin yläpuolella ja laitteisiin on tehty erilaisia tuotantotasoa nostavia päivityksiä aikojen saatossa. Myöskään osastosta vastaavan omaan kokemukseen perustuva arvio ei ole hyvä lähtökohta, koska se heikentää merkittävästi tehtaiden välisten vertailujen uskottavuutta. Da Costa & De Lima (2002) mukaan OEE-mallin kapasiteettimääritelmä on yleisesti väärinymmärretty, eikä sille ole olemassa yksiselitteistä määritelmää.

Tunnuslukulaskentojen yhteneväisyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Eri tehtaiden välinen vertailu kiinnostaa useita tahoja ja siihen päädytään varmasti tunnuslukulaskentojen olemassaolon myötä. Epäyhtenevästi määritellyt tunnuslukujen laskennat johtaisivat tällöin virheellisiin analyysiin. Lisäksi eri henkilöt voivat ymmärtää samoja tunnuslukuja hyvin eri tavoin näkökulmasta ja omasta laskentamallin tuntemuksesta riippuen.

5.2 Ehdotukset

Tehokkuuden tunnuslukujen laskenta tulisi laajentaa tehdastasolta yksityiskohtaisemmalle tasolle koskemaan kaikkia tuotannon osaprosesseja. Kaikkien OEE-mallin mukaisen tunnuslukujen laskenta ei kuitenkaan ole tarpeellista jokaiselta prosessiosalta. Tuotannon kannalta tukiosastoiksi luokiteltavien osien kannalta erityisesti toiminta-asteen laskenta ei ole tarpeellista, sillä näiden osastojen kannalta tuotannon alhainen taso voi

olla tavoiteltavampaa kuin tuotannon korkea taso. Tämän vuoksi OEE-malli kannattaisi ottaa käyttöön kokonaisuina vain välittömästi selluntuotantoon liittyvillä osa-alueilla ja rajata mallin käyttöä tukiosastoilla. OEE-luvulle ei pitäisi asettaa selkeää tavoitearvoa tai rajaa, jonka yläpuolella tehokkuus on hyvä. Jollain osastolla tietyn tehokkuustason saavuttaminen voi vaatia huomattavasti suurempia ponnisteluita kuin toisella osastolla ja lukuja ei pitäisikään verrata keskenään. Absoluuttista tasoa tärkeämpää on kehityksen oikea suunta ja siksi hyvänä vertailukohtana voidaan pitää kyseisen osaston aikaisempaa suoritustasoa. De Ron & Rooda (2005) mukaan tuotannon tehokkuuden mittaamisen tärkeydestä ei itessään ole mitään epäselvyyttä. Heidän mukaansa erilaisia tehokkuusmittareita on käytössä lukemattomasti, mutta päätöksentekijät haluaisivat yhden selkeän mittarin.

Osastokohtaisen tuotannon tehokkuuden mittaamisen kannalta tunnusluvuissa tulisi huomioida vain sellaiset tekijät, joihin osastolla itsellään on mahdollisuus vaikuttaa. OEE-malli sisältää kuitenkin standardin mukaisena myös kaikki mittauskohteesta itsestään riippumattomat tekijät, jotka eivät ole osastosta riippuvia tekijöitä (De Ron & Rooda 2005). Käytännössä laskennassa tulisi poissulkea kaikki ulkoisista tekijöistä johtuvat tehokkuuden tunnuslukuihin vaikuttavat tekijät. Kokonaistehokkuuden kannalta kaikki muut tapahtumat tulee kuitenkin sisällyttää laskentoihin riippumatta siitä, ovatko ne etukäteen suunniteltuja tai prosessin kannalta välttämättömiä huoltoja. Tällöin säännöt laskennassa pysyvät yksinkertaisena ja tunnusluvuissa pyritään huomioimaan todellisuudessa tuotannon kokonaistehokkuus. Suorituskykymittarit tulee muodostaa hyvien perusteluiden pohjalta siten, että ne ohjaavat toimintaa oikeaan suuntaan (De Ron & Rooda 2005).

OEE-mallin toiminta-asteen laskennassa tarvittavan kapasiteetin määrittäminen on lähestyttävä systemaattisesti osastojen ja tehtaiden tasavertaisen kohtelun varmistamiseksi. Sanclemente (1990) mukaan mielivaltaisesti määritetty tuotantopotentiaali ei ole riittävän hyvä menetelmä, mikäli osastojen vertailua ja osastojen vaikutusta tuotantomenetyksiin pidetään tärkeänä. Tällöin tuotantopotentiaali on hänen mukaansa määritettävä kaikille prosessiosille soveltuvalla ja yhdenvertaisella menetelmällä. Tällaiseksi menetelmäksi hän esittää toteutuneeseen tuotantoon perustuvaa menetelmää, jossa kapasiteetti määritetään tuotantotason pysyvyyskäyrältä.

OEE-tunnusluku ei itessään auta kehityskohteiden löytämisessä, vaan siihen sisältyviä komponentteja on käsiteltävä erillään oikeiden kehityskohteiden löytämiseksi (Leachman 1997). Kokonaistehokkuuden kehittämiseksi myös eri komponenttien tunnuslukujen taustalle tarvitaan kuitenkin tietoa siitä, mitkä tapahtumat ovat heikentäneet tehokkuutta. Merkittävimpien ongelmia aiheuttavien kohteiden löytämiseksi häiriötietoja on kerättävä säännönmukaisesti, tarkasti ja luokiteltuna. Tällöin syysummien laskeminen on mahdollista ja häiriöiden vaikutuksista tuotantoon saadaan faktoihin pohjautuvaa tietoa.

Käyttäjäkoulutukset tulee järjestää kaikille järjestelmää käyttäville ja sen tuottamia tietoja hyödyntäville osapuolille. Koulutuksessa on käytävä läpi itse järjestelmän käytön lisäksi

tiedonkeruumenetelmien toiminta, mitä tunnusluvut tarkoittavat ja mistä ne muodostuvat sekä tunnuslukujen rajoitukset ja tavoitteet. (Andersson & Bellgran 2015.) Koulutus on tarpeellista perustason ymmärryksen antamiseksi tunnuslukujen toiminnasta ja siitä, miten tietoja voi tulkita ja hyödyntää.

Häiriökirjausten systemaattinen kerääminen tulisi järjestää siten, että kirjaustarve ei jää tuotantolaitteiden käyttäjien harkintaan, vaan kirjaus tehdään aina tiettyjen kriteerien täytyessä. Kirjauksessa on oltava mahdollisimman tarkat tiedot tapahtumasta ja yksilöinti laitetasolle, mikäli kyseessä on välittömästi johonkin laitteeseen liittyvä toimintahäiriö. Häiriökirjausten keräämisessä on kuitenkin huomioitava operaattoreiden rajalliset resurssit ja muistettava raportoinnin olevan toissijainen tehtävä tuotannon ylläpitämisen jälkeen. Garcia *et al.* (2012) mukaan yritykset käyttävät yhä usein käsin tehtäviä kirjauksia tiedonkeruuhun kehittyneistä tietojärjestelmistä huolimatta. Tämä johtaa heidän mukaansa usein epätarkkoihin tietoihin ja monimutkaisiin menettelytapoihin. Kirjausten säännönmukaisuus ja tarkkuus ovat parhaiten varmistettavissa tehtaan automaatiojärjestelmän yhteyteen rakennettavan tiedonkeruu- ja raportointijärjestelmän avulla.

Erillisiin järjestelmiin tehtävät kirjaukset samasta tapahtumasta eivät ole nykyaikainen toimintapa. Yksi kaikki tiedot sisältävä kokonaisvaltainen järjestelmä olisi sujuvuuden kannalta paras mahdollinen. Käytännön rajoitteet tulee kuitenkin huomioida, sillä esimerkiksi automaatio- ja kunnossapitojärjestelmä ovat erillisiä ja eri tarkoituksiin käytettäviä kokonaisuuksia. Yhdenkertaisten kirjausten tekemisen mahdollistamiseksi järjestelmien välille tarvitaan liitynnät ja tiedonvaihdon tulisi olla kaksisuuntaista, jolloin tiedot pysyisivät ajantasaisina eri järjestelmissä.

6. EHDOTUS RAPORTOINNIN JÄRJESTÄMISESTÄ

Tuotannon raportointi on merkittävä osa osastoista ja tuotannosta vastaavien työtehtäviä. Raportoinnin keskittäminen yhteen järjestelmään ja sen automatisoiminen tarkoituksenmukaisella tavalla tuovat raportointiin johdonmukaisuutta ja vertailtavuutta. Tuotannon raportointi koostuu kahdesta tiiviisti toisiinsa liittyvistä osasta. Niitä ovat varsinainen raportointijärjestelmä sisältäen tiedonkeruu- ja tiedon analysointitoiminnot sekä toimintamalli raportointijärjestelmän tehokkaaseen hyödyntämiseen.

6.1 Raportointijärjestelmä

Määrittelyt sellutehtaiden osastokohtaisen tuotannon tehokkuuden mittaamiseksi kuvataan tässä kappaleessa. Laskentasäännöt on muodostettu käyttäen pohjana tehdastason tehokkuuden laskennassa käytettävää PSK-standardin mukaista OEE-laskentaa ja lisätty siihen osastokohtaista laskentaa varten jako sisäisistä ja ulkoisista syistä johtuviin seisakkeihin ja alentuneeseen tuotantonopeuteen. Laskentaperiaatteet ja seurantapisteet on muodostettu soveltumaan mahdollisimman hyvin sellaisenaan kaikille työssä mukana oleville tehtaille ja tavoitteena on rakentaa järjestelmä mahdollisimman samanlaisena näille tehtaille. Esimerkkikuvissa esiintyvät tapahtumat ja luvut eivät ole todellisia, vaan ne on tuotettu satunnaislukujen avulla havainnollistamaan asiaa.

6.1.1 Järjestelmän toiminnot

Tietojen kerääminen tehdään määriteltyjen automaatiopositioiden kautta liitteen 1 mukaisesti. Positioiden tilatietoja seurataan automaattisesti ja tarvittavat lisätiedot kerätään operaattoreilta prosessiohjauspäätteille avautuvan kuvan 7 mukaisen ponnahdusikkunan kautta. Kaikki järjestelmän tarvitsemat raja-arvot, viiveet ja muut numeeriset arvot ovat aseteltavissa järjestelmään rakennettavan asetussivun kautta. Lisäksi kyselyikkuna-toiminto on oltava kytkettävissä pois päältä tarvittaessa raportointisovelluksen parametreilla. Seurannassa olevia positioita on kolmeen eri tarkoitukseen OEE-mallin mukaisesti:

- Käytettävyys: Käyntitieto tai mittausarvon raja
- Toiminta-aste: Tuotantotaso
- Laatu: Yksi tai useampi mittaus osaston toiminnan laadulle

Käytettävyyden laskentaan määriteltyjen positioiden tilamuutoksesta 1 -> 0 tai asetetun mittausarvon rajan alituksesta avataan raportointi-ikkuna lyhyellä viiveellä. Kirjauksen loppuajaksi merkitään ajankohta, kun seurattavan position tila muuttuu takaisin 0 -> 1 tai

asetettu mittausarvoraja ylittyy ja pysyy vähintään 30 minuuttia. Toiminta-asteelle laskeaan toteutuneen tuotannon keskiarvoa 2 tunnin jaksoissa ja avataan raportointi-ikkuna, jos tuotanto on laskenut alle nimellistuotannon tai muutos edellisestä jaksosta on >10 % nimelliskapasiteetista nimelliskapasiteetin alapuolella. Kuivatuskoneen osalta tuotantolaskennassa on huomioitava hylkyluukun tila, sen ollessa auki tuotannoksi kirjataan nolla tuotantomittauksesta riippumatta. Alentuneen tuotantotason selitekirjaus päättyy uuden selitteen alkamiseen tai nimellistuotantotason ylitykseen. Saman prosessiosan ollessa seis (käytettävyysopositio = 0) tai kuivatuskoneella hylkyluukku auki, tuotantotason muutos ei johda raportointikyselyyn. Myöskään laadun tunnusluvun laskentaan määritettyjen positioiden arvojen muutokset eivät johda raportointikyselyihin.

Kaikki prosessiosan raportointikirjauskyselyt ovat pois käytöstä, kun tuotanto on alle minimituotantotason ja sen aikana tulevat uudet katkot luokitellaan automaattisesti viimeisimmän tehdyn merkinnän mukaisesti. Mikäli tapahtuman syy on pääteltävissä automaattisesti, se merkitään oikeaan luokkaan automaattisesti ilman raportointikyselyä. Tällaisia tapahtumia ovat kaikki normaaliin prosessitoimintaan kuuluvat tapahtumat osastoilla ja ne tulee määrittellä yhteistyössä osastoista vastaavien kanssa.

Ponnahdusikkunaan täydennetään automaattisesti automaatiopositio, sen selkokieline nimi (Kohde), tapahtuman selite (Tapahtuma) ja alkuaika. Käyttäjä lisää kirjaukseen toimintopaikan laitteen yksilöimiseksi sekä luokittelee tapahtuman 2-portaisen valikkorakenteen kautta. Ensimmäisen valikon kautta tapahtuma luokitellaan eri tyyppisiin laiteviikoihin, prosessitoiminnaksi eri osissa, ulkoisesta syystä johtuvaksi (kyseisen osaston ulkopuolella) tai seisokiksi. Luokittelun perusteella toisen syyvalikon kautta valitaan tarkempi määrittely tapahtumasta. Ikkunassa on lisäksi mahdollisuus täydentää kirjausta vapaan tekstikentän kautta. Luokka- ja syyvalikoiden sisältö on esitetty liitteessä 1 osastokohtaisesti. Valikoiden sisältö sekä rivien lukumäärä ovat kuitenkin muutettavissa asetussivujen kautta. Toimintopaikkanumeroiden lista haetaan ulkoisesta järjestelmästä (SAP) osastokohtaisesti ja rajataan luokkavalinnan mukaiseksi (Automaatio/Sähkö/Mekaaninen). Lisäksi kirjauksen tekijän tulee merkitä kirjaukseen tunniste merkinnän tekijän yksilöimiseksi. Myös nämä tunnisteet ovat haettavissa valmiista valikosta osastokohtaisesti ja valikon sisältö on määritettävissä asetussivujen kautta.

Tapahtumakirjaus	
Kohde:	Sammuttimen syöttöpumppu
Positio:	627153
Alkuaika:	25.9.16.13:34:05
Kirjaaja:	K434772
Tapahtuma:	Sammuttimen syöttöpumppu seis
Toimintopaikka:	45000004
Luokka:	Sähkö
Syy:	Sähkömoottorivika
Kommentti:	
Historia:	<p>Sammuttimen syöttöpumppu seis 22 9 16 13:54:25 10min Sähkö, Oikosulku</p> <p>Sammuttimen syöttöpumppu seis 22 9 16 13:57:25 10min Ulkoiset syyt, Höyrypula</p> <p>Sammuttimen syöttöpumppu seis 22 9 16 13:57:42 20min Mekaaninen, Laakerivika</p> <p>Sammuttimen syöttöpumppu seis 22 9 16 13:57:58 5min Prosessi, Tukkeentuminen</p> <p>Sammuttimen syöttöpumppu seis 22 9 16 13:58:20 8min Ulkoiset syyt, Vesipula</p>
	<input type="button" value="Kopioi tiedot"/> <input type="button" value="Muokkaa"/>
	<input type="button" value="Sulje"/> <input type="button" value="Tallenna keskeneräisenä"/> <input type="button" value="Tee vikailmoitus ja tallenna"/> <input type="button" value="Tallenna"/>

Kuva 7. Tapahtumakirjausikkunan periaatemalli

Kirjausikkunassa näkyy kyseiseltä prosessialueelta 5 viimeistä kirjausta historiatietona ja niitä pystyy tarvittaessa muokkaamaan käyttöliittymän kautta. Lisäksi uuden tapahtuman tiedoiksi voi kopioida aiemman kirjauksen tiedot ajankohtaa lukuun ottamatta. Ikkunassa on mahdollisuus tallentaa kirjaus keskeneräisenä tai poistua kirjausikkunasta tallentamatta. Keskeneräisenä tallennettu kirjaus avaa ikkunan uudelleen 15 minuutin kuluttua, jolloin tietojen täydentämistä voidaan jatkaa. Kirjauksen tallentamista voi siirtää kuitenkin korkeintaan kaksi kertaa, minkä jälkeen tallentaminen keskeneräisenä estetään. Poistuminen tallentamatta tekee kirjauksen automaattisesti kerätyillä tiedoilla ja merkitsee sen keskeneräiseksi.

Tapahtumakirjauksista muodostetaan automaattisesti vakiomuotoinen merkintä Pulp Diaryyn sisältäen kaikki tapahtumakirjauksen tiedot ja merkintään täydennetään päättymisajankohta katkon päättyessä. Prosessikuviin lisätään painike, jolla raportointi-ikkunan saa avattua käsin. Tällöin Tapahtuma-riville kirjataan automaattisesti ”Käyttäjän tekemä kirjaus” ja käyttäjä täydentää tarpeelliset rivit itse. Toiminnolla on mahdollista tehdä yleiskirjauksia Pulp Diaryyn ja vikailmoituksia ilman seurantaan määritettyjen positioiden poikkeamaa.

6.1.2 Tunnuslukulaskenta

Pääperiaatteena tunnuslukujen laskennassa on huomioida tehokkuuslukuihin vain osaston omasta toiminnasta johtuvat tekijät. Prosessi muodostuu kuitenkin perättäisistä osastoista ja erityisesti laadun tunnusluvun laskentaan määritellyt tekijät voivat riippua ainakin osittain muiden osastojen toiminnasta.

Tunnuslukujen laskennat suoritetaan työvuorotasolla, eli 8 tunnin jaksoissa mahdollistaen vertailun aamu-, ilta- ja yövuorojen välillä. Vuorokohtaisen laskennan taustalle rakennetaan lisäksi vuorokiertoaavio, jonka avulla vuorot A-E (tai 1-5) pystytään erottelemaan toisistaan ja vertaamaan vuorojen välisiä eroja. Työvuorojen vertailutietoja sisältäviä raportteja ei anneta kaikkien saataville raportointijärjestelmään, vaan sen käyttö rajataan halutuille käyttäjille.

Tunnuslukulaskentaan sisällytetään kaikki sellutehtaaseen kuuluvat osaprosessit. Pääprosessiin osalta lasketaan kaikki tunnusluvut ja siihen kuuluu:

- Puunkäsittely
- Kuitulinjat
- Talteenotto
- Kuivatuskone

Muiden osastojen osalta toiminta-asteen tunnusluku jätetään pois laskennasta johtuen osastojen roolista tuotantoa tukevana toimintona. Tällöin myöskään toiminta-asteen vaihtelut eivät johda raportointikyselyihin. OEE-luvun laskenta muodostuu pelkästään käytettävyyden ja laadun sisältävillä osastoilla näiden kahden luvun tulosta ilman toiminta-asteen tunnuslukua. Vastaavasti pelkän käytettävyyden tunnusluvun sisältäviltä osastoilta OEE-luku on suoraan sama kuin prosessiosan käytettävyys.

Raportointikirjausten perusteella poikkeamat jaotellaan sisäisiin ja ulkoisiin siten, että ulkoisten syiden aiheuttamat poikkeamat eivät heikennä osaston tunnuslukuja. Kaikki muut syyt, kuten laiterikot ja prosessiongelmat heikentävät osaston suorituskykyä. Myös seisokit ja huollot sisällytetään laskentaan ja ne siten heikentävät osaston käytettävyyttä.

6.1.3 Laskentasäännöt

Tunnuslukujen laskentakaavat noudattavat PSK-standardin mukaisia kaavoja, mutta niihin on lisätty osaston ulkopuolisista tekijöistä johtuvat häiriöt poissulkevia termejä. Kaavoissa aikaan perustuvista muuttujista t_k on laskentajakso eli kalenteriaika, t_t on tuotantoaika eli käytettävyyden mittauspisteen käyntiaika, t_{us} on ulkoisista syistä johtuva seisokkiaika ja $t_{rajoitettu}$ on ulkoisista syistä alentuneen tuotantotason kesto. Tuotantomääriin perustuvista muuttujista C on tuotantokapasiteetti ja se määritetään vuoden ajanjaksolta pysyvyydskäyrältä 90% pisteenä, T on laskentajaksolla toteutunut tuotanto, T_h on laaturajojen ulkopuolelle jäävä tuotanto, $T_{rajoitettu}$ on ulkoisista syistä alentunut tuotantotaso ja T_{um} on laskennallinen tuotantomenetys johtuen ulkoisista tuotantonopeuden rajoituksista, joka lasketaan kaavan 7 mukaan. OEE-mallin osatekijät lasketaan kaavojen 8-10 mukaan ja kokonaisluku saadaan osatekijöiden tulona tai suoraan kaavan 11 mukaan.

$$T_{um} = (C - T_{rajoitettu}) * t_{rajoitettu} \quad (7)$$

$$\text{Käytettävyys} = \frac{t_t}{t_k - t_{us}} \quad (8)$$

$$\text{Toiminta-aste} = \frac{T + T_{um}}{t_t * C} \quad (9)$$

$$\text{Laatu} = \frac{T - T_h + T_{um}}{T + T_{um}} \quad (10)$$

$$\text{OEE} = \text{Käytettävyys} * \text{Toiminta-aste} * \text{Laatu} = \frac{T - T_h + T_{um}}{C * (t_k - t_{us})} \quad (11)$$

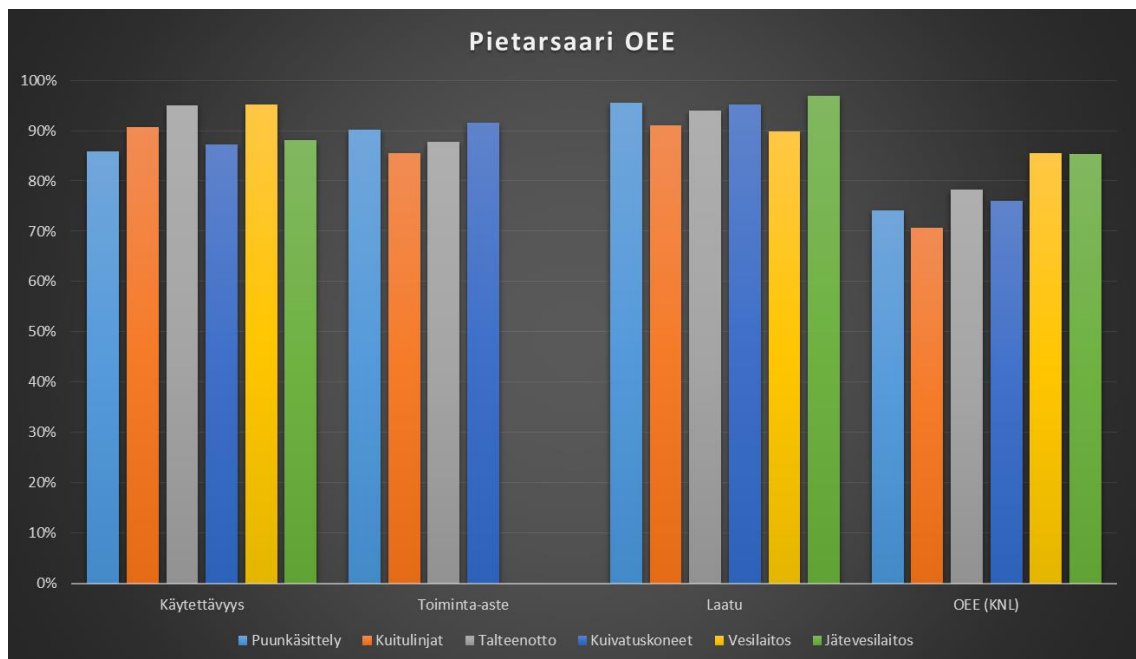
Mikäli yksittäisen tunnusluvun laskentaan on määritetty enemmän kuin yksi seuranta-piste, kaikki eri pisteet saavat saman painoarvon. Usean seurantapisteen tapauksessa tarkempi laskentatapa määräytyy osaston toiminnan mukaan ja se on määritelty liitteessä 1. Käytettävyyden osalta laskentatapoina ovat kaikkien pisteiden huomioiminen suoraan laskentaan tai pisteiden vaihtoehtoisuus, jolloin kaikkien pisteiden ei tarvitse olla aktiivisia käytettävissä-tilan indikointiin. Laadun laskennassa useita pisteitä sisältävillä prosessiosilla kaikki muuttujat saavat saman painoarvon.

6.1.4 Tietojen esittäminen

Osastokohtaiset tunnusluvut esitetään raportointijärjestelmässä kuvan 8 periaatteen mukaan. Ylätasolla esitetään tunnusluvut osastoittain ja esitettävät luvut ovat osaston sisäisistä osaprosessien tunnusluvuista alhaisimman OEE-luvun tuottavan osan luvut. Vertailuun huomioidaan kuitenkin vain käyvät linjat eli ne, joiden käytettävyyden tunnusluku on nolaa suurempi. Samalla sivulla esitetään luvut oletuksena viimeiseltä vuorokaudelta, viimeiseltä viikolta sekä liukuva 6 kuukauden keskiarvo. Vuorokausi alkaa laskennan kannalta aamuvuoron alkaessa. Vuorokausitason OEE-arvot korostetaan, jos arvo ylittää 6 kuukauden keskiarvon indikoiden oikean suuntaista kehitystä. Näytettävä vuorokausi ja pidemmän jakson lukujen aikaväli ovat muutettavissa. Vuorokausiluvut lasketaan aritmeettisena keskiarvona vuorokohtaisista luvuista ja pidempien jaksojen luvut aritmeettisena keskiarvona vuorokausiluvuista. Taulukon tiedot esitetään lisäksi kuvan 9 mukaisesti graafisena esityksenä vuorokausitietojen osalta. Kaikki tiedot ovat ladattavissa raportointijärjestelmästä ulkoiseen taulukkolaskentaohjelmaan käsiteltäväksi.

Pietarsaari						
Päivä						
pe 15. 7 .16						
	Puunkäsittely	Kuitulinjat	Talteenotto	Kuivatuskoneet	Vesilaitos	Jätevesilaitos
Käytettävyys	88,0 %	88,5 %	85,5 %	98,0 %	85,5 %	92,8 %
Toiminta-aste	96,1 %	89,0 %	88,3 %	86,6 %		
Laatu	91,2 %	91,2 %	95,2 %	95,9 %	87,1 %	86,3 %
OEE (KNL)	77,1 %	71,8 %	71,9 %	81,4 %	74,5 %	80,1 %
Viikko						
09 7 2016						
15 7 2016						
	Puunkäsittely	Kuitulinjat	Talteenotto	Kuivatuskoneet	Vesilaitos	Jätevesilaitos
Käytettävyys	91,6 %	92,0 %	90,4 %	91,8 %	89,8 %	95,8 %
Toiminta-aste	92,2 %	92,5 %	91,2 %	90,5 %		
Laatu	91,6 %	91,5 %	91,0 %	91,4 %	90,6 %	90,5 %
OEE (KNL)	77,3 %	77,9 %	75,1 %	75,9 %	81,4 %	86,6 %
6kk						
OEE (KNL)	67,7 %	72,7 %	74,0 %	68,1 %	80,8 %	72,0 %

Kuva 8. Tehdasnäkömön taulukkomalli

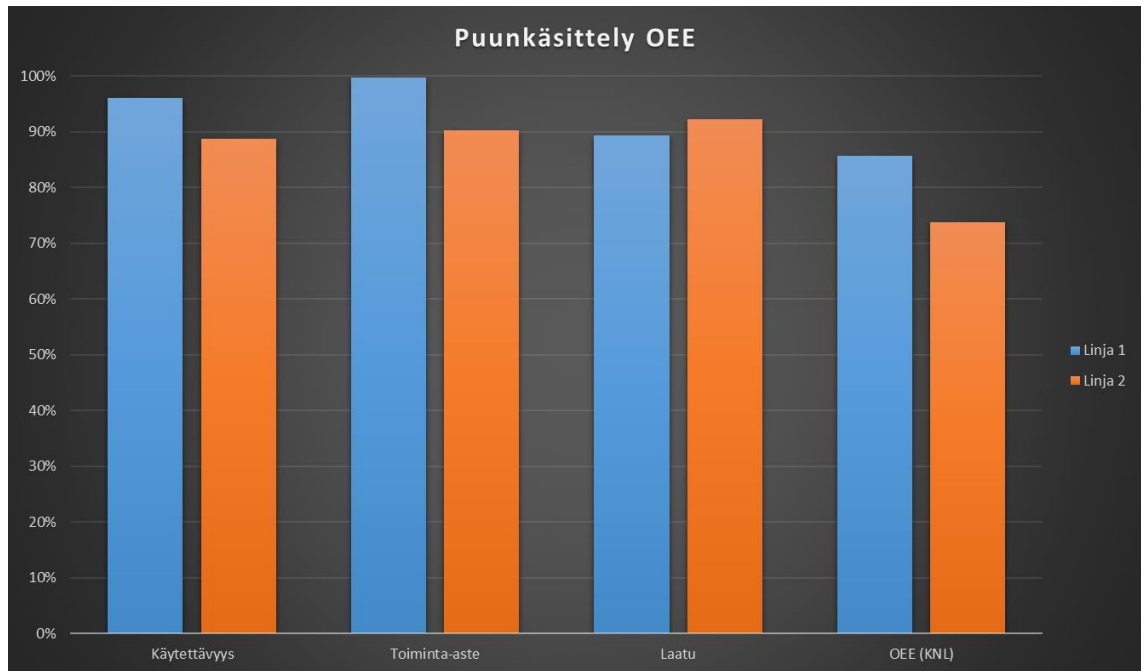


Kuva 9. Tehdasnäkömön kuvaajamalli

Tehdastaso esittävältä sivulta pääsee linkkien kautta osastokohtaiselle sivulle, jossa vastaavat arvot esitetään linjakohtaisesti kuvien 10 ja 11 mukaan taulukkona ja pylväskuvajana. Linjakohtaisista arvoista pääsee vastaavasti linkin kautta kuvan 12 mukaiselle häiriöraportointitiedot esittävälle sivulle. Kirjaukset esittäville sivuilla on toiminnot luokkaa ja syyssummien laskemiseksi halutulle aikavälille tuotantomienetyksiin perustuen. Tuotantomienetykset lasketaan katkoista 5 minuuttia ennen katkon alkua toteutuneen tuotantotason perusteella ja tuotantonopeutta rajoittavien syiden osalta kaavan 7 mukaan. Tallennettuja kirjauksia pystyy muuttamaan tämän sivun kautta ja keskeneräiseksi jääneet kirjaukset korostetaan, eikä niitä huomioida laskennassa.

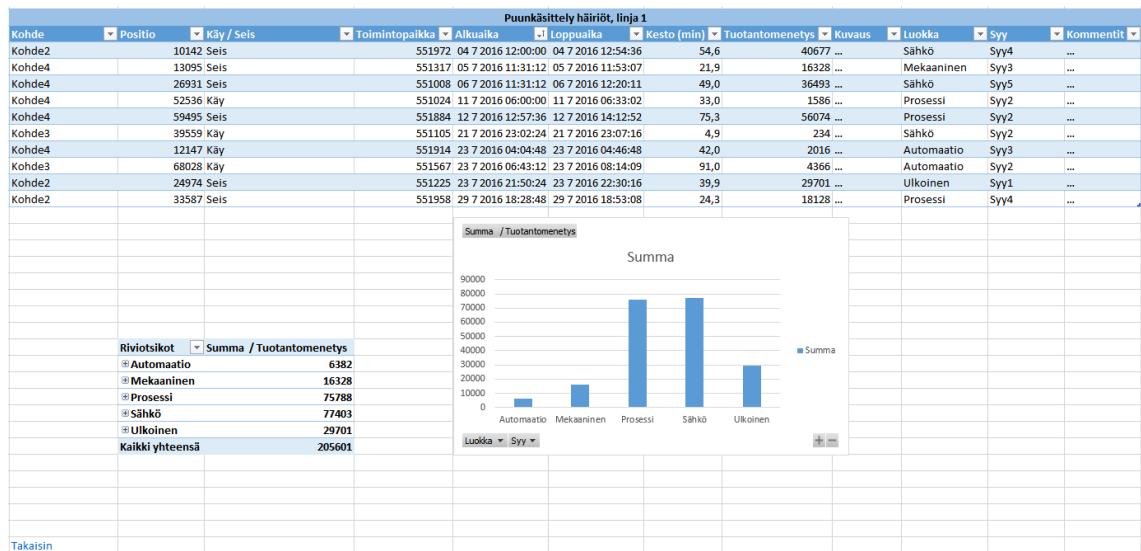
Puunkäsittely			
			Tehdastaso
Päivä			
15.07.2016			
	Linja 1	Linja 2	
Käytettävyys	94,3 %	98,3 %	
Toiminta-aste	92,0 %	86,2 %	
Laatu	97,0 %	93,7 %	Vuorokohtaiset arvot
OEE (KNL)	84,2 %	79,4 %	
Viikko			
9 7 2016			
15 7 2016			
	Linja 1	Linja 2	
Käytettävyys	93,7 %	94,3 %	
Toiminta-aste	93,7 %	93,0 %	
Laatu	94,2 %	89,6 %	
OEE (KNL)	82,7 %	78,5 %	

Kuva 10. Osastonäkymän taulukkomalli



Kuva 11. Osastonäkymän kuvaajamalli

Taulukossa ja kuvaajassa esitetään osaston sisällä tehokkuusluvut pienempinä kokonaisuuksina. Taulukossa luvut esitetään viimeisen vuorokauden ja viimeisen viikon osalta. Kuvaajaesityksessä näytetään vuorokausitason luvut viimeisen vuorokauden osalta pylväskuvaajana.



Kuva 12. Häiriöraportointikirjaukset esittävän sivun malli

Häiriöraportointisovelluksen avulla luodut häiriökirjaukset esitetään yhteenvetosivulla. Kirjaukset näkyvät osastokohtaisesti ja niistä laskettavat syysummat esitetään sekä taulukkomuodossa että graafisesti. Sivulla esitetään kaikki luodut kirjaukset, vaikka ulkoisista syistä johtuneet tapahtumat eivät vaikuta osastokohtaisiin tunnuslukuihin.

6.2 Käytännöt

Raportointijärjestelmän tarkoituksenmukaisen ja tehokkaan käytön mahdollistamiseksi järjestelmän ympärille tarvitaan lisäksi tehokkaat raportointikäytännöt liitteen 5 mukaisena kokonaisuutena. Järjestelmä itsessään ei pysty tuottamaan absoluuttisen oikeaa tietoa tai kertomaan, mihin toimenpiteisiin tuotannon tehokkuuden kehittämiseksi olisi ryhdyttävä. Järjestelmän rakenne määrittelee suoraan joitain toimintamalleja ja muut toimintatavat on mietittävä erikseen.

Järjestelmän on tarkoitus tuottaa jokapäiväiseen tuotannon seurantaan soveltuvaa tietoa ja toimia työkaluna tuotantoa häiritsevien tapahtumien seurannassa. Pidemmällä aikajänteellä tuotetun tiedon perusteella voidaan vastaavasti arvioida tehtyjen muutosten ja investointien onnistumista ja niiden vaikutuksia tehokkuudelle. Tehtaiden välillä osastokohtaisien tunnuslukujen vertailulla voidaan puolestaan pyrkiä löytämään suorituskykyeroja selittäviä tekijöitä ja pyrkiä yhteneviin toimintamalleihin parhaiden käytäntöjen osalta.

6.2.1 Tiedon tuottaminen

Järjestelmän rakenne ja häiriöraportointimalli määrittävät häiriökirjauksen tekijöiksi tuotantolaitteita ohjaavat ja valvovat operaattorit. Järjestelmä määrittelee automaattisesti, milloin käyttäjältä tarvitaan tapahtumaan liittyviä lisätietoja ja avaa kyselyikkunan ohjauspäätteelle. Varsinainen tiedonkeruu on siis täysin automaattista ja käyttäjältä tarvittavien tietojen täyttämiseen annetaan selkeä heräte, jota ei voi sivuuttaa vahingossa.

Tuotannon tapahtumien ja käyttäjän valintojen mukaan luokiteltujen kirjausten sisällön perusteella järjestelmä tuottaa tehokkuuden arvioimiseksi tarvittavaa tietoa. Saman kirjauksen perusteella tuotetaan tarvittaessa merkinnät myös muihin järjestelmiin tarvittavien toimenpiteiden aloittamiseksi. Pelkkä tiedon olemassaolo ei kuitenkaan hyödytä toimintaa mitenkään. Tiedonkeruu rasittaa operaattoreita täysin turhaan, ellei kerättyjä tietoja hyödynnetä todellisiin tarkoituksiin.

6.2.2 Tietojen tarkastaminen

Tietojen oikeellisuus on varmistettava mahdollisimman pian kirjausten tuottamisen jälkeen ennen tapahtuman tietojen unohtumista. Osastoista vastaavilla on paras käsitys osaston toiminnasta kokonaisuutena ja parhaat edellytykset tietojen sisällön tarkastamiseen. Raportointijärjestelmä ei ole yhtä tiiviisti yhteydessä osastoista vastaavien työtehtäviin

kuin operaattorien työtehtäviin. Tällöin se ei kykene myöskään ohjaamaan tietojen tarkastamiseen, kuten se pystyy tietojen täydentämisen osalta. Tietojen läpikäynti on siis tältä osin vapaaehtoisella pohjalla, mutta niiden päivittäinen hyödyntäminen koko tehtaan aamupalavereissa ohjaisi käymään kirjaukset läpi etukäteen. Oikein tehdyiksi varmistetut poikkeamakirjaukset tuottaisivat tällöin oikeat luvut osastojen tehokkuudelle ja tehokkuuslukujen avulla yhdellä katsauksella nähtäisiin, onko tapahtumia tarpeellista käsitellä tarkemmin joltain osastolta tai osa-alueelta.

Häiriökirjauksen lopullinen luokittelu ei ole aina itsestään selvää, vaan se voi vaatia tarkempaa käsittelyä ennen lopullista päätöstä. Tyypillisenä keskustelun kohteena on esimerkiksi tuotantokatkon aiheuttaneen syyn kohdennus itse tuotantoprosessiin ja sen ohjaamiseen tai tuotantolaitteisiin ja niiden kunnossapitoon. Osapuolet eivät ole asiasta välttämättä samaa mieltä läpikäynnin jälkeenkään, mutta jokin lopullinen ratkaisu asiaan tarvitaan. Keskustelut kohdentamisesta voitaisiin tarvittaessa käydä aamupalavereiden yhteydessä ja päättää, miten kirjaus lopulta tehdään. Tämän käsittelyn jälkeen kirjauksista tulisi lopullisia ja niitä ei enää muutettaisi.

6.3 Ehdotuksen puutteet

Tunnuslukujen laskenta on haasteellista rakentaa siten, että se ohjaisi toimintaa aukottomasti aina haluttuun suuntaan. Tällöin laskentoihin ei pitäisi pystyä vaikuttamaan millään muilla kuin todellisesti tehokkuuteen vaikuttavilla toimenpiteillä. Kaikki osaoptimoinnin mahdollisuudet olisi poissuljettava ja estettävä laskentojen mahdollinen manipulointi toimenpiteillä, jotka tähtäävät vain parempien tunnuslukujen saamiseen. Tässä työssä muodostettujen laskentaperiaatteiden osalta on pyritty yksinkertaiseen säännöstyöhön, jolloin laskennan toiminta on helppo ymmärtää ja optimoinnin mahdollisuudet olisivat mahdollisimman pienet.

Tehtaiden välillä tai useamman samanlaisen osaston käsittävän tehtaan sisällä vertailu vastaavien osastojen välillä ei ole välttämättä tasapuolista. Osaston kapasiteetti määritetään ehdotuksen mukaan toteutuneen tuotantotason pysyvyyssäyrältä. Tällä tavalla määritetty kapasiteetti ei välttämättä korreloi teknisesti käytettävissä olevan kapasiteetin kanssa, mikäli jokin muu osasto on tuotannon pullonkaula ja rajoittaa kaikkien osastojen tuotantotasoa. Menetelmä johtaa siihen, että sama tunnuslukujen taso voi olla helpommin saavutettavissa reilusti kapasiteettia omaavalla osastolla kuin itse pullonkaulana toimivalla osastolla, vaikka tunnuslukujen valossa osastot toimivat yhtä hyvin. Tämä johtaa myös siihen, että reilusti kapasiteettia omaavan osaston kannattaisi pyrkiä mahdollisimman tasaiseen tuotantoon, jolloin pysyvyyssäyrän piste asettuu mahdollisimman alas ja korkea toiminta-asteen tunnusluku on helpompi saavuttaa päivittäin.

Kerättyjen tietojen lopullisesta tallennuspaikasta ei ole selvyttä, eikä siihen oteta kantaa ratkaisuehdotuksessa. Tietojen säilytyspaikka ja siihen liittyvät järjestelmät riippuvat

osaltaan myös järjestelmätoimittajan ratkaisuista. Järjestelmäriippumattomuutta ja tietojen säilyttämistä yrityksen omissa tietojärjestelmissä pidettiin kuitenkin järkevämpänä vaihtoehtona kuin pilvipalvelu-tyyppistä ratkaisua. Myöskään kerättyjen tietojen arkistointi pitkältä aikaväliltä ei ole otettu kantaa ratkaisuehdotuksessa.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli ratkaisuehdotuksen muodostaminen sellutehtaan kokonaistehokkuuden osastokohtaiseen mittaamiseen ja raportointiin. Osastokohtaisen mittaamisen ja nykyistä tarkemman seuraamisen tavoitteena on tiivistää käytön ja kunnossapidon yhteistyötä kokonaisuuden kannalta parhaan lopputuloksen tavoittelemiseksi. Lähtötilanteessa tehokkuutta mitattiin koko tehtaan tasolta ja tätä haluttiin kehittää yksityiskohtaisemmalle tasolle. Tehdastasolla tehokkuuden mittaaminen noudatti OEE-mallin mukaista jakoa käytettävyyteen, toiminta-asteeseen ja laatuun PSK-standardin mukaisilla laskentasäännöillä. Lähtökohtana oli OEE-mallin ja käytettävän PSK-standardin säilyttäminen myös osastokohtaisien tunnuslukujen laskennoissa.

Ratkaisun muodostamiseksi tutustuttiin aihepiiriä käsittelevään kirjallisuuteen ja itse tuotantoprosessin toimintaan. Näistä saadun perusymmärryksen myötä aloitettiin tiedonkeruu mukana olleilla kolmella tehtaalla. Tiedonkeruu perustui lähinnä haastatteluihin ja keskusteluihin tehokkuuden raportoinnin nykytilasta ja siitä, miten sen mittaaminen ja raportointi tulisi järjestää osastokohtaisella tasolla. Ratkaisun muodostamisessa pyrittiin yhteneväisiin määrittelyihin mukana olleiden tehtaiden kesken, jolloin tehokkuuden tunnusluvuista tulisi mahdollisimman vertailukelpoisia.

Työn tuloksena muodostettiin ehdotus siitä, miten sellutehtaan kokonaistehokkuuden mittaamista, raportointia ja hallintaa voidaan kehittää UPM:n Suomen sellutehtailla. Työn osana luotu ja dokumentoitu ehdotus raportointijärjestelmästä on yksityiskohtaisuudeltaan tasolla, joka mahdollistaa tarjouskyselyiden tekemisen mahdollisille järjestelmätoimittajille dokumentaation pohjalta. Ehdotus järjestelmän ympärille muodostettavasta toimintamallista on pyritty muodostamaan siten, että nykyisten ja opittujen käytäntöjen muutostarve olisi mahdollisimman pieni.

7.1 Ratkaisuehdotus käytännön toimenpiteistä

Kokonaistehokkuuden mittaaminen tulee laajentaa koko tehtaan tasolta osastotasolle ja se tulee automatisoida niiltä osin, kun se on helposti toteutettavissa. Osastokohtainen tehokkuuden mittaaminen ja raportointi on kuitenkin otettava käyttöön kaikilta osin vain suoranaisesti tehtaan päätuotteen valmistamiseen liittyvillä osastoilla. Menettelyllä varmistetaan raportoinnin keveys tuotannosta vastaaville, sillä raportointi on joka tapauksessa toissijainen tehtävä ja itse tuotantoprosessista huolehtiminen on sitä tärkeämpää. Tukiosastojen osalta raportointi otetaan käyttöön vain osittain ja näiden osastojen osalta tuotetaan tietoa yleisemmällä tasolla.

Raportointitiedon tuottamisen kannalta keskeisessä asemassa ovat laitteiden käyttäjät. Heitä motivoidaan aikaisempaa yksityiskohtaisemman tiedon tuottamiseen luomalla heidän työtään helpottava käyttöliittymä prosessinohjauspäätteille. Tämän käyttöliittymän kautta he pystyvät tekemään eri järjestelmiin tallennettavien tietojen syöttämisen omalta työpisteeltään poistumatta ja muihin järjestelmiin kirjautumatta. Järjestelmään rakennetaan toiminnot, jotka ohjaavat laitteiden käyttäjiä raportointitiedon tuottamiseen, kun siihen on tarvetta.

Automaattisesti kerättyjen tietojen ja raportointityökalun avulla tuotetun tiedon perusteella lasketaan tehokkuuden tunnusluvut automaattisesti sisältäen myös selitteet tunnuslukujen taustalle. Raportointijärjestelmän ympärille tarvitaan tarkoituksenmukainen toimintamalli tietojen oikeellisuuden tarkistamiseksi ja vahvistamiseksi sekä tietojen hyödyntämiseksi. Toimintamallissa tehtävät jaetaan siten, että tuotantolaitteiden käyttäjät tuottavat tiedot, osastoista vastaavat tarkistavat tietojen oikeellisuuden ja tarvittaessa kirjausten sisällöstä keskustellaan tehtaamamupalavereissa. Tuotettuja tietoja ja tehokkuuden tunnuslukuja hyödynnetään päivittäin osana aamupalavereja, jolloin niiden perusteella on yhdellä silmäyksellä nähtävissä kuluneen vuorokauden tilanne osastoittain. Pidemmällä aikavälillä tunnuslukuja ja tapahtumakirjauksia voidaan hyödyntää kehitys- ja investointitarpeiden arviointiin.

7.2 Ratkaisuehdotuksen tarkastelu

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan tarkastella kahdesta eri näkökulmasta, jotka ovat reliabiliteetti ja validiteetti. Reliabiliteetti viittaa tiedonkeruumenetelmien ja tiedon analysointimenetelmien tuottamien tulosten johdonmukaisuuteen. Validiteetti puolestaan tarkoittaa tulosten luotettavuutta ja toistettavuutta. (Saunders et al. 2009 s. 156-157.)

Tässä työssä haastattelut olivat keskeisessä asemassa tiedonkeruussa ja haastattelutilaisuudet pyrittiin järjestämään käytännön järjestelyjen osalta haastateltavan kannalta helpoksi. Ajankohdat pyrittiin valitsemaan siten, että haastattelutilaisuudesta ei olisi kiire pois. Haastattelutilaisuuksissa hyödynnettiin puolistrukturoitua haastattelumenetelmää ja niissä pyrittiin mieluummin keskusteluun kuin asioiden kuulustelemiseen. Lisäksi haastattelun aikana saatettiin keskustella mistä tahansa muistakin aiheista niiden noustessa esiin. Edellä mainituista toimenpiteistä huolimatta vastauksista tehdyt johtopäätökset ja itse vastausten sisältö eivät korreloi täydellä varmuudella haastateltujen todellisiin näkemyksiin. Haastateltavilla saattaa olla erilaisia vastausten taustalla vaikuttavia tarkoituksia, jotka ohjaavat vastauksia tiettyyn suuntaan. Kaikki haastatteluissa saadut vastaukset ovat kuitenkin nimettömiä, mikä todennäköisesti parantaa vastausten ja ajatusten yhteneväisyyttä. Itse haastattelutilaisuudessa vastauksen nimettömyyttä olisi kuitenkin voinut korostaa enemmän.

Työn validiteettia arvioitaessa yhtenä osa-alueena on alkutilanteessa asetetun ongelman, siitä muodostetun tutkimuskysymyksen ja saadun tuloksen yhteyden arviointi. Käytännössä arvioidaan sitä, vastaako saatu tulos asetettuun kysymykseen. Tutkimuskysymykseksi asetettiin työn alussa: *Millaiset ovat sellutehtaan eri prosessialueiden määrittelyt osastokohtaisen kokonaistehokkuuden yhteneväiseen raportointiin?* Työn tuloksena saatiin melko yksityiskohtainen suunnitelma raportointijärjestelmästä, listaus tehokkuuden tunnuslukujen mittauspisteistä tuotantoprosessissa, ehdotus tunnuslukujen laskentäsäännöistä ja ehdotus raportointijärjestelmän ympärille tarvittavasta toimintamallista. Tältä osin tulosten voidaan sanoa vastaavan tutkimuskysymykseen. Toisena validiteetin osa-alueena voidaan arvioida tulosten toistettavuutta, eli sitä päädyttäisiinkö tutkimuksen toistamisella samaan lopputulokseen. Työssä on käytetty konstruktivistista tutkimusotetta, eli rakennettu erilaisia konstruktioita ongelman ratkaisemiseksi ja testattu näiden sopivuutta tarkoitukseen. Käytännössä testaaminen on tehty esittelemällä muodostettu ehdotus työn ohjausryhmälle ja uusille haastateltaville, jotka ovat kommentoineet ratkaisua ja ehdottaneet siihen muutos- ja parannusehdotuksia. Menetelmän johtaa väistämättä satunnaisuuteen siihen, millaista reittiä konstruktioit ovat rakentuneet ja miten lopulliseen konstruktioon on päädytty. Myös työn aikataulu tuo omat rajoitteensa siihen, miten monta erilaista konstruktioita voidaan rakentaa ja sen toimivuutta testata ennen lopulliseen konstruktioon hyväksymistä ratkaisuksi. Tutkimuksen toistamisella päädyttäisiin luultavasti erilaista reittiä lopulta hyvin samanlaiseen tulokseen, sillä se ratkaisee tällä hetkellä raportoinnin keskeisimpänä pidetyt ongelmat.

Alustava ratkaisuehdotus esiteltiin yhden työssä mukana olleen tehtaan käyttöinsinööreille sekä kunnossapidon edustajille. Esittelyn yhteydessä heille annettiin mahdollisuus vaikuttaa lopullisiin määrittelyihin ja toimintoihin. Joitain tiettyihin osastoihin liittyviä erityispiirteitä nousi esiin tässä vaiheessa ja ne huomioitiin lopullisessa ratkaisuehdotuksessa. Järjestelmän toimintoja ja toimintamallin osatehtäviä pidettiin onnistuneina. Järjestelmän käyttöönoton ei uskottu aiheuttavan merkittävää muutosvastarintaa ja sen nähtiin parantavan raportoinnin tarkkuutta nykyisestä. Järjestelmän uskottiin parantavan raportoinnin tarkkuutta ja ohjaavan myös pienten tuotantohäiriöiden tarkempaan raportointiin, mikä on selkeä parannus nykytilaan. Tällä hetkellä useiden pienten häiriöiden tiedetään jäävän kokonaan kirjaamatta järjestelmiin.

Järjestelmän rakentamisesta ei ole kuitenkaan tällä hetkellä päätöstä olemassa ja ehdotusta ei ole esitelty asiasta päättävälle henkilölle. Ehdotuksen mukaisen ratkaisun toteutuskelpoisuus ei siis ole tältä osin arvioitavissa. Ratkaisun tekninen toteutettavuus sen sijaan on arvioitu mahdollisen järjestelmätoimittajan puolesta tarjouspyynnön yhteydessä ja todettu siltä osin toteutuskelpoiseksi. Raportointijärjestelmä tarvitsisi suunnitelman mukaisena toteutuksena liityntöjä erilaisten olemassa olevien järjestelmien välille ja näiden liityntöjen rakentamista tulee selvittää tarkemmin yhteistyössä eri järjestelmätoimittajien kanssa. Kaikilla työssä mukana olleilla tehtaila ei ollut myöskään halua kehittää

tuotannon tehokkuuden raportointia yksityiskohtaisemmalle tasolle. Yhtenevät raportointimenettelyt ja vertailtavuus olivat keskeisiä vaatimuksia rakennettavalle järjestelmälle, mitkä eivät toteudu täysimääräisinä, mikäli järjestelmää ei otetaan käyttöön kaikilla kolmella tehtaalla.

7.3 Jatkokehitystarpeet

Ratkaisuehdotuksen mukainen tuotannon tehokkuuden mittaristo käsittää pelkästään olemassa olevan laitekapasiteetin hyödyntämisen tason. Todellinen tuotannon kokonaistehokkuus käsittää kuitenkin huomattavasti muitakin tekijöitä. Työn kirjallisuuskatsauksesakin sivuttuja muita malleja ja niihin sisällytettyjä muita tuotannon tehokkuuden osatekijöitä on lukuisia. Lisäksi OEE-mallissa eri osatekijät saavat yhtä suuren painoarvon riippumatta niiden todellisesta merkityksestä tuotannon kannalta. Lisäksi tiettyihin tuotantolinjoihin liittyvänä erityispiirteenä on useiden eri laatujen tuottaminen samalla linjalla. Tällöin lajinvaihdon vaikutukset tunnuslukuihin tulisi määritellä erikseen.

Osastokohtainen tehokkuuden mittaaminen on yksi askel kohti yksityiskohtaisempaa tehokkuuden mittaamista taustalla vaikuttavien tekijöiden löytämiseksi. Seuraava luonnollinen jaottelu osaston sisällä olisi jako erillisiin kunnossapidollisiin ja tuotannollisiin tunnuslukuihin. Tämän tarpeellisuutta ja oletettujen hyötyjen suhdetta aiheutuvaan lisätööhön tulisi ainakin selvittää. Samalla tehokkuuden tunnuslukujen osalta yrityksessä käytettävien nimitysten yhteneväisyys tulisi tarkistaa. Lähes samaa tarkoittavia termejä on olemassa useita ja niillä on hieman erilaisia merkityksiä. Nimityksille ei kuitenkaan ole olemassa kirjallisuudessakaan yhtenevää linjaa, vaan niitä käytetään mielivaltaisesti.

Tehokkuuden mittaamista ja sen tuloksena syntyvien tunnuslukujen ohjaavaa vaikutusta ei ole liitetty tässä työssä millään tavalla yhtiön strategiaan. Kirjallisuuskatsauksessa nousi esiin tunnuslukujen olevan tapa viedä strategia käytäntöön. Tämän vuoksi yhtenevä linja olisi tarpeen ja asiaa tulisi tarkastella jo ennen ehdotuksen mahdollista hyväksyntää ja sen viemistä käytäntöön.

LÄHTEET

- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., Nelder, G. (2006) Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17 No. 4 pp. 460 -471
- Agustiady, T. K., Cudney, E. A. (2015) *Total productive maintenance - strategies and implementation guide*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group
- Ahmed, S., Hassan, M.H., Taha, Z. (2005) TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 11 No. 1, pp. 19-42
- Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S. (2007) An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No. 4, pp. 338-52.
- Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S. (2008) Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25 No. 7 pp. 709-756
- Ahuja, I.P.S., Kumar, P. (2009) A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 15 No. 3 pp. 241 - 258
- Alsyouf, I. (2006) Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 2, pp. 133-49
- Andersson, C., Bellgran, M. (2015) On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 35 pp. 144–154
- Arashpour, M. R., Enaghani, M. R., Karimi, M (2009) *The relationship between Lean and TPM*. Msc thesis, University of Borås, Sweden
- Attri, R., Grover, S., Dev, N., Kumar, D. (2013) Analysis of barriers of total productive maintenance (TPM). *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, Vol. 4 No. 4 pp. 365–377
- Bamber, C.J., Castka, P., Sharp, J.M., Motara, Y. (2003) Cross-functional team working for OEE. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 3 pp. 223-238
- Bartz, T., Siluk, J.C.M., Bartz A.P.B. (2014) Improvement of industrial performance with TPM implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 20 No. 1 pp. 2-19

- Blanchard, B. S. (1997) An enhanced approach for implementing total productive maintenance in the manufacturing environment. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3 No. 2 pp. 69-80
- Clifford, G. P., Sohal, A. S. (1998) Developing self-directed work teams. *Management Decision*, Vol. 36 No. 2 pp. 77-84
- Cua, K. O., McKone-Sweet, K. E., Schroeder, R. G. (2006) Improving performance through an integrated manufacturing program. *The Quality Management Journal*, Vol. 23 No. 3 pp. 45-60
- Da Costa, S. E. G., De Lima, E. P. (2002) Uses and misuses of the 'Overall Equipment Effectiveness' for production management. *Engineering Management Conference, 2002. IEMC '02. 2002 IEEE International*, Vol. 2 pp. 816-820
- Dal, B., Tugwell, P., Greatbanks, R. (2000) Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20 No. 12 pp. 1488-1502
- Davis, Hiram S. (1955) *Productivity accounting*. Philadelphia: University of Pennsylvania Pr.
- De Groote, P. (1995) Maintenance performance analysis: a practical approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1 No. 2 pp. 4-24
- De Ron, A. J., Rooda, J. E. (2005) Equipment effectiveness: OEE revisited. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 18 No. 1 pp. 190-196
- Desai, D. K. (2010) *Six Sigma*. Mumbai: Himalaya Publishing House
- Dossenbach, T. (2006) Implementing total productive maintenance. *Wood and Wood Products*, Vol. 111 No. 2 pp. 29-32
- Ericsson, J. (1997) *Disruption analysis - An important tool in Lean production (PhD thesis)*. Lund: Department of Production and Materials Engineering, Lund University
- Fardim, P. (2011) *Chemical pulping part 1. Fibre chemistry and technology*. Helsinki: Paper Engineers' association / Paperi ja Puu Oy
- Garcia, M-P., Santos, J., Arcelus, M., Viles, E. (2012) A framework based on OEE and wireless technology for improving overall manufacturing operations. *Advances in Production Management Systems. Value Networks: Innovation, Technologies, and Management* pp. 132-139 Berlin: Springer

Garza-Reyes, J. A. (2015) From measuring overall equipment effectiveness (OEE) to overall resource effectiveness (ORE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 21 No. 4 pp. 506-527

Garza-Reyes, J. A., Eldridge, S., Barber, K. D., Soriano-Meier, H. (2010) Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 No. 1 pp. 48-62

Gosavi, A. (2006) A risk-sensitive approach to total productive maintenance. *A Journal of the International Federation of Automatic Control*, Vol. 42 No. 8, pp. 1321-1330

Hickman, B. G. (1992) *International productivity and competitiveness*. New York: Oxford University Press

Holik, H. (2013) *Handbook of paper and board*. Hoboken: Wiley

Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., Su, Q., Razzak, M. A., Bodhale, R., Robinson, D. E. (2003) Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis. *International Journal of Production Research*, Vol. 41 No. 3 pp. 513-527

Jain, A., Bhatti, R., Singh, H. (2014) Total productive maintenance (TPM) implementation practice: A literature review and directions. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 7 No. 3 pp. 293-323

Jeong, K.-Y., Phillips, D. T. (2001) Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 No. 11 pp. 1404-1416

Jonsson, P., Lesshammar, M. (1999) Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 No. 1 pp. 58-78

Järvinen, P., Järvinen, A. (2011) *Tutkimustyön metodeista*. Tampere: Opinajan kirja

Kasanen, E., Lukka, K., Siitonen, A. (1993) The constructive approach in management accounting research. *Journal of Management Accounting Research*, Vol. 5 pp. 243-264

Keegan, D. P., Eiler, R. G., Jones, C. R. (1989) Are your performance measures obsolete?. *Management Accounting*, Vol. 70 No. 12 pp. 45-50

Khanlari, A., Mohammadi, K., Sohrabi, B. (2008) Prioritizing equipments for preventive maintenance (PM) activities using fuzzy rules. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 54 No. 2 pp. 169-184

KnowPulp, (2016) *Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö*. Saatavilla rajoitustusti[viitattu 27.7.2016]: <http://www.knowpulp.com>

Kumar, J., Soni, V.K., Agnihotri, G. (2014) Impact of TPM implementation on Indian manufacturing industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 63 No. 1 pp. 44-56

Kwon, O., Lee, H. (2004) Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10 No. 4 pp. 263-272

Leachman, R. C. (1997) Closed-loop measurement of equipment efficiency and equipment capacity. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 10 No. 1 pp. 84-97

Ljungberg, Ö. (1998) Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18 No. 5 pp. 495-507

Mahadevan, S. (2004) Automated simulation analysis of overall equipment effectiveness metrics. Msc thesis, Department of Mechanical, Industrial and Nuclear Engineering of the College of Engineering, University of Cincinnati

McAdam, R., McGeough, F. (2000) Implementing total productive maintenance in multi-union manufacturing organizations - Overcoming job demarcation. *Total Quality Management*, Vol. 11 No. 2 pp. 187-197

McCall, J. J. (1965) Maintenance policies for stochastically failing equipment: A survey. *Management Science*, Vol. 11 No. 5 pp. 493-524

McKone, K. E., Schroeder, R. G., Cua, K. O. (2001) The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, Vol. 19 No. 1 pp. 39-58

Nachiappan, R.M., Anantharaman, N. (2006) Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17 No. 7 pp. 987-1008

Nakajima, S. (1988) *Introduction to total productive maintenance*. Cambridge: Productivity Press

Oechsner, R., Pfeffer, M., Pfitzner, L., Binder, H., Müller, E., Vonderstrass, T. (2003) From overall equipment efficiency (OEE) to overall fab effectiveness (OFE). *Material Science in Semiconductor Processing*, Vol. 5 No. 4 pp. 333-339

Panel to Review Productivity Statistics, Committee on National Statistics, Assembly of Behavioral and Social Sciences (1979) *Measurement and interpretation of productivity*. National Academies Press

- Park, K.S., Han, S.W. (2001) TPM – total productive maintenance: impact on competitiveness and a framework for successful implementation. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, Vol. 11 No. 4 pp. 287–386
- Parkkila, L. (2015) Käytön ja kunnossapidon yhdistäminen käynnissäpidoksi. Lapin AMK:n julkaisuja Sarja B. Raportit ja selvitykset 26/2015
- Patterson, J. G. (1995) *Benchmarking basics*. Boston, US: Course Technology / Cengage Learning, ProQuest ebrary.
- Patterson, J. W., Kennedy, W. J., Fredendall, L. D. (1995) Total productive maintenance is not for this company. *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 36 No. 2 pp. 61-64
- Piechnicki, A. S., Sola, A. V. H., Trojan, F. (2015) Decision-making towards achieving world-class total productive maintenance. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 35 No. 12 pp. 1594 - 1621
- PSK Standardisointi, (2011) Käytettävyyden todentaminen prosessiteollisuudessa, PSK7903. PSK Standardisointiyhdistys ry
- Puvasvaran, P., Teoh, Y.S., Tay C.C. (2013) Consideration of demand rate in Overall Equipment Effectiveness (OEE) on equipment with constant process time. *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 6 No. 2 pp. 507-524
- Quick, T. L. (1992) *Successful team building*. New York: Amacom
- Rodrigues, M., Hatakeyama, K. (2006) Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 179 pp. 276-279
- Saari, S. (2006) Productivity theory and measurement in business. 2006 European Productivity Conference, Finland
- Sanclemente, M. R. (1990) Analysis of downtime and equipment slowback key to mill optimization. *Pulp & Paper*, Vol. 64 No. 7 pp. 131-134
- Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A. (2009) *Research methods for business students*. Harlow: Pearson Education Limited
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T.A., Deflorin, P. (2009) Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*, Vol. 52, No. 1 pp. 79–88
- Stevenson, W.J. (2011) *Operations management*. New York: McGraw-Hill/Irwin
- Stoica, M., Mircea, M., Ghilic-micu, B. (2013) Software development: Agile vs. traditional. *Informatica Economică*, Vol. 17 No. 4 pp. 64-76

Suomala, P., Manninen, O., Lyly-Yrjänä, J. (2011) *Laskentatoimi johtamisen tukena*. Helsinki: Edita

Trengove, E., Dwolatzky, B. (2004) A software development process for small projects. *International Journal of Electrical Engineering Education*, Vol. 41 No. 1 pp. 10-27

Tsang, A. H. C. (2002) Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8 No. 1 pp. 7-39

Tsang, A. H.C., Chan, P.K. (2000) TPM implementation in China: A case study. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17 No. 2 pp. 144-157

UPM, (2015) Vuosikertomus 2015. Saatavilla[viitattu 7.6.2016]: <http://user-fudicvo.cld.bz/UPM-vuosikertomus-2015>

UPM, (2016a) UPM muuttaa yhtiörakennettaan Suomessa. Saatavilla[viitattu 6.6.2016]: <http://www.upm.fi/UPM/Uutishuone/uutiset/Pages/UPM-muuttaa-yhtiorakennettaan-Suomessa---001-Thu-26-May-2016-11-03.aspx>

UPM, (2016b) UPM Selluliiketoiminta. Saatavilla[viitattu 3.6.2016]: <http://www.upm.fi/Liiketoiminnot/upm-selluliiketoiminta/Pages/default.aspx>

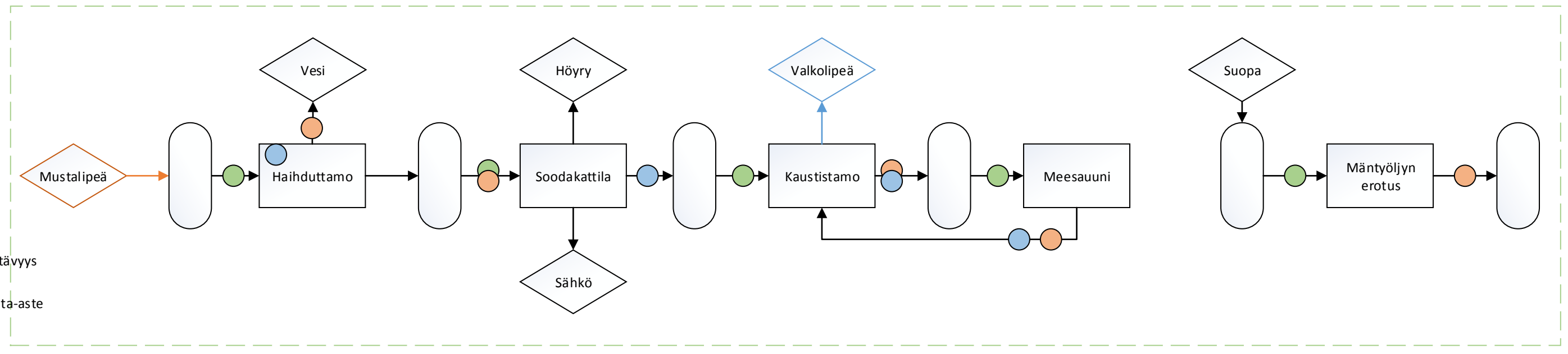
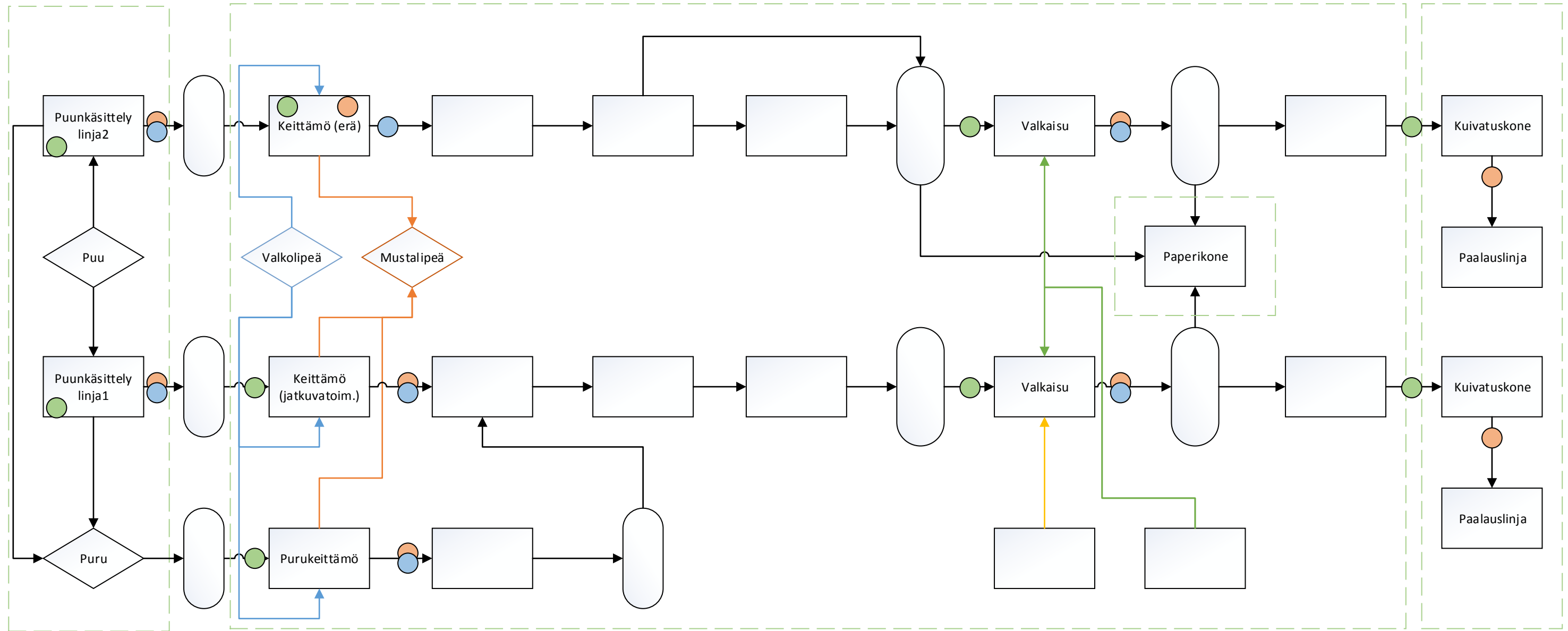
UPM, (2016c) UPM Pulp, Who we are. Saatavilla[viitattu 7.6.2016]: <http://www.upmpulp.com/about-upm-pulp/who-we-are/Pages/Default.aspx>

Wickramasinghe, G. L. D., Perera, A. (2016) Effect of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 27 No. 5 pp. 713 - 729

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (1990) *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates, HarperCollins

Yin, R. K. (2009) *Case study research: Design and methods*. Thousand Oaks, CA: Sage

Yleiskaavio



- Käytettävyys
- Toiminta-aste
- Laatu