

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Imatra  
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Sorjonen Juuso Elias

# **LINJAKOHTAISTEN VAIHTOAIKAMATRIISIEN LAATIMINEN**

Opinnäytetyö 2011

## **TIIVISTELMÄ**

Juuso Sorjonen

Linjakohtaisten vaihtoaikamatriisien laatiminen, 40 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, Tuotantotalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö, 2011

Ohjaajat: lehtori Veli-Pekka Jurvanen, Saimaan ammattikorkeakoulu,  
tuotannosuunnittelija (DI) Petri Pitkänen, Fazer Makeiset Oy

Tämän työn tarkoituksena oli laatia linjakohtaiset matriisit Lappeenrannan makeistehtaan kaikista tuotevaihtoista ja niiden kestoista. Vaihtoaikojen selvittämisen tarve lähti liikkeelle halusta yhtenäistää Vantaan ja Lappeenrannan makeistehtaiden suunnittelukapasiteettien määrityskäytäntöjä.

Opinnäytetyön empiirisessä osassa hyödynnettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusotetta. Työ aloitettiin tutustumalla vaihtoaikoihin niihin liittyvän kirjallisuuden ja artikkeleiden avulla. Työn teoriaosuuden kokoamiseen käytettiin kirjallisuuden lisäksi internet-lähteitä. Empirian aineisto kerättiin pääsääntöisesti haastatteluiden avulla. Haastateltavina olivat kokeneet valmistustyöntekijät, prosessinkehittäjät, tuotannosuunnittelijat sekä osastojen esimiehet ja assistentit.

Vaihtoaikamatriisit laadittiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, johon tuotevaihtotiedot saatiin vaihtoaikataulukoiden mittaustuloksista ja esimiesten täyttämistä vaihtoaikamatriiseista. Mittaustuloksia kerättiin noin kahden kuukauden ajan eri tuotantoprosesseista. Esimiesten täyttämät vaihtoaikamatriisit perustuvat arvioituihin aikoihin.

Esimiesten täyttämät vaihtoaikamatriisit toimivat hyvinä pohjina lopullisille matriiseille. Näiden matriisien oikeellisuutta pyrittiin opinnäytetyössä arvioimaan mittaustuloksien saavutettujen vaihtoaikojen avulla. Lopulliset vaihtoaikamatriisit muotoutuivatkin tätä kautta. Analysointivaihe tehtiin yhdessä osastojen assistenttien ja kokeneiden valmistustyöntekijöiden kanssa. Analysointi vaati tietojen kriittistä tarkastelua, jotta vaihtoajat saatiin määritettyä tarkoiksi ja tiukoiksi. Lopulliset linjakohtaiset vaihtoaikamatriisit jätettiin valmistuspäälliköiden hyväksyttäväksi.

Vaihtoaikamatriisien avulla vaihtoajat saatiin erotettua suunnittelukapasiteeteista. Vaihtoaikojen eriyttäminen johtaa tulevaisuudessa myös kapasiteettien uudelleen kalkylointiin (kg/h-perusteiseksi), mutta sen tekemiseen tässä työssä ei otettu kantaa. Kapasiteettien uudelleen kalkyloinnin myötä suunnittelukäytännöt saadaan molemmilla tehtailla täysin samanlaisiksi, jolloin toimintoja on helpompi kehittää jatkossa yhteneväisesti. Vaihtoaikamatriisit muodostavat myös pohjan tulevan tuotannosuunnittelujärjestelmän standarditiedoille sekä SMED-hankkeiden läpiviennille.

Asiasanat: vaihto aika, tuotannonohjaus, kapasiteetti, tuotannosuunnittelu, SMED-hanke

## **ABSTRACT**

Juuso Sorjonen

Development of Line Based Changeover Matrices, 40 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Industrial Engineering and Management

Thesis, 2011

Tutors: Mr Veli-Pekka Jurvanen, Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Petri Pitkänen, (MSc), Production Planner, Fazer Confectionery Corporation

The purpose of this thesis was to draw up production line based matrices of all the product changeovers at Fazer candy factory in Lappeenranta. The need to unify the practices concerning the determination of planning capacity between the Vantaa and the Lappeenranta based candy factories was the driving force of this project. In order to reach this objective, we started to measure changeover times at Lappeenranta candy factory.

The empirical part of the thesis utilized both the qualitative and the quantitative approach. This project was started by studying changeover times with the help of books and articles. In addition to the literature, the source material of the theoretical part was gathered from the internet. The research material was collected mainly by interviewing experienced production workers, process developers, production planners, departmental superiors and assistants.

The changeover matrices were drawn with Excel, a spreadsheet application. The information of the product changeover times was gathered from measurement results and from the matrices which were filled in with estimated changeover times by superiors. The measurements concerning different production processes took around two months.

The matrices drawn up by the superiors provided a solid foundation for the final matrices. In order to evaluate the correctness of the superiors' matrices, their estimations were compared with the changeover measurement results. The final matrices were made up of these two methods. The analysis was done by critically examining the research material together with the departmental assistants and the experienced production workers. The final matrices were left to have approval by manufacturing managers.

As a result of this project, changeover times were separated from the planning capacity in Lappeenranta. This will lead to recalculation of the capacities (kilogram per hour based). However, this topic is not addressed in this thesis. Due to the fact that capacities will be recalculated, planning practices in Lappeenranta can become identical to those in Vantaa. This means that it will be easier in the future to develop integrated processes. The changeover matrices also provide a good foundation for the upcoming production planning systems standard information and for carrying out SMED-projects.

**Keywords:** Changeover Time, Production Management, Capacity, Production Planning, SMED-Project

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lappeenrannan makeistehtaalle vuoden 2010 syksyn ja 2011 kevään aikana. Fazerin Vantaan ja Karkkilan tehtaot jätettiin tässä työssä tarkastelun ulkopuolelle. Linjakohtaiset vaihtoaikamatriisit antavat edellytykset tuotantoprosessien tehostamiselle ja tuotanto-ohjelmien tarkemmalle suunnittelulle.

Haluan kiittää Virpi Aaltosta ja koko Fazer Makeiset Oy:tä mielenkiintoisesta ja opintoja vastaavasta opinnäytetyön aiheesta. Opinnäytetyön aloittaminen tuotantotehtaalla on yleensä haasteellista monimutkaisten prosessien ymmärtämisen takia, eikä tämä työ tehnyt poikkeusta. Haluan kiittää etenkin osastojen esimiehiä, kuten Matti Huttusta, Harri Pervalaa, Ilkka Koskista, Toni Kaljusta, Yrjö Paanasta ja Ville Harjunpäättä, jotka auttoivat minua pääsemään työssä alkuun. Matti Tapanainen ansaitsee osan kiitoksesta, sillä hän mahdollisti alun perin pääsyni Fazer Makeisille töihin kesällä 2009. Iso kiitos kuuluu tehtaan laajuisesti myös kaikille, jotka osallistuivat vaihtoaikamatriisien laatimiseen, mittaustuloksien kirjaamiseen tai vaihtoaikojen analysoimiseen jollain tavalla.

Erityiskiitokset kuuluvat opinnäytetyönohjaajilleni tuotannosuunnittelija DI Petri Pitkäselle ja lehtori Veli-Pekka Jurvaselle, joiden ansiosta työstä saatiin ehjä kokonaisuus. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni saamastani tuesta sekä etenkin tyttöystäväni Venlaa, joka jakoi kannustaa minua koko tämän pitkän prosessin ajan.

Lappeenrannassa 21.4.2011

Juuso Sorjonen

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	7
1.1 Fazer Makeiset Oy.....	8
1.2 Työn tausta ja pääongelma .....	9
1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset .....	10
1.4 Käytettävät menetelmät ja aineisto .....	11
1.5 Työn rakenne .....	11
2 TUOTANNONOHJAUS .....	12
2.1 Tuotannon kokonaistehokkuus .....	12
2.2 JOT.....	15
2.3 Läpäisy aika .....	16
2.4 Kapasiteetti .....	18
2.5 Asetusaika.....	19
3 VAIHTOAIKA.....	20
3.1 Vaihtoaikojen lyhentäminen .....	20
3.1.1 Asetukset.....	21
3.1.2 Oppimiskäyrä .....	22
3.1.3 Henkilöstön työmotivaatio.....	23
3.2 Vaihtoaikojen vaikutus kustannuksiin .....	23
3.3 Vaihtoaikojen seuranta ja standardointi .....	24
4 VAIHTOAIKAMATRIISIEN LAATIMINEN .....	25
4.1 Lähtötilanteen selvittäminen.....	25
4.2 Suunnittelu .....	26
4.2.1 Vaihtoaikamatriisi.....	26
4.2.2 Vaihtoaikataulukko .....	27
4.2.3 Vaihtoaikojen määrittäminen.....	28
4.2.4 Lopulliset asiakirjat .....	29
4.3 Toteutus.....	29
4.3.1 Kellojen kartoitus.....	29
4.3.2 Asiakirjojen jakaminen osastoille .....	30
4.3.3 Vaihtoaikamatriisien jakaminen esimiehille .....	30
4.3.4 Seurannan aloitus .....	30
4.3.5 Seurannan lopetus.....	31
4.4 Analysointi .....	31
4.4.1 Lopullisten vaihtoaikojen määrittäminen .....	31
4.4.2 Osaryhmien muodostaminen .....	32
5 KEHITTÄMISKOHTEET .....	33
5.1 Seurannan jatkaminen tulevaisuudessa .....	33
5.2 Vaihtoaikamatriisien päivitysprosessi .....	33
5.3 Vaihtoaikojen tarkistaminen .....	34
5.4 Yleiset kehittämiskohteet .....	36
6 YHTEENVETO .....	36
LÄHTEET .....	40

## LIITTEET

Liite 1 Vaihtoaikataulukko

Liite 2 Vaihtoaikamatriisi-esimerkit

## **KÄSITTEET JA LYHENTEET**

**JIT (Just-in-Time)** - Suomennetaan usein ”juuri oikeaan tarpeeseen” (JOT). JOT-menetelmä on tuotannon- ja varastonohjausmenetelmä. JOT-tuotannossa pyritään toimimaan mahdollisimman taloudellisesti ja lyhyillä läpimenoajoilla.

**KNL hävikit (Six Big Losses)** - Tuotannosta voidaan tunnistaa kuusi merkittäväntä tuotantohävikkiä, jotka jakautuvat käytettävyy-, nopeus- ja laatu-tekijöihin. Hävikit heikentävät koneiden ja laitteiden tehokkuutta.

**Lopputuote** - Asiakkaalle myytävä tuote, johon on pakattu puolivalmisteita.

**OEE (Overall Equipment Effectiveness)** - Tunnetaan Suomessa paremmin lyhenteenä KNL, joka tulee sanoista käytettävyy-, nopeus ja laatu. KNL ilmaisee tehtaan kokonaistehokkuuden selkein mittarein. KNL-menetelmän avulla pystytään tunnistamaan kuusi merkittäväntä tuotantohävikkiä.

**Priimatuote** - Laadullisesti virheetön tuote. Vain ensiluokkaiset priimatuotteet lähtevät tehtaalta eteenpäin.

**Puolivalmiste** - Valmis tuote, joka odottaa pakkausta tai pussitusta. Myös raaka-aine voi olla puolivalmiste.

**SMED (Single Minute Exchange of Die)** - SMED on koneiden ja laitteiden asetusajojen lyhentämiseen kehitetty menetelmä.

**TPM (Total Productive Maintenance)** - Tuottavassa kunnossapidossa pyritään suurimpaan kokonaistehokkuuteen eliminoimalla tuotantohävikkejä.

**Tuotemix** - Joukko erilaisia puolivalmisteita yhdessä pussissa tai pussien ja pakkauksien koko valikoima.

# 1. JOHDANTO

Vaihtoaikojen selvittämisen tarve lähti liikkeelle halusta yhtenäistää Vantaan ja Lappeenrannan makeistehtaiden suunnittelukapasiteettien määrittämisäytäntöjä. Määrittämisäytännön muuttaminen Lappeenrannan tehtaalla tuo jatkossa tarvittavaa tarkkuutta tuotannosuunnitteluun. Vaihtoaikamatriisien laatiminen oli myös välttämätöntä tulevaa tuotannosuunnittelujärjestelmää varten. Näin vaihtoajkoja päästään testaamaan manuaalisesti tuotannonohjausjärjestelmässä (ERP) jo ennen virallista implementointia, mikä on erittäin tärkeää projektin onnistumisen kannalta. Vaihtoaikamatriisit toimivat lisäksi SMED-hankkeiden pohjana, joiden tarkoituksena on tehostaa tehtaan sisäistä toimintaa. Nykyään toiminnan tehostaminen tehtailla perustuu sisäisen toimitusvarmuuden parantamiseen, mikä tarkoittaa, että osastojen on noudatettava tarkasti tuotannosuunnittelijoiden tekemiä viikko-ohjelmia. Matriisit mahdollistavatkin paremman suunnittelutarkkuuden toteuttamisen.

Vantaan tehtaalla kapasiteetti määritetään tuntiperusteisesti, eli se kertoo, kuinka monta kilogrammaa puolivalmistetta tuotetaan tuntia kohti (kg/h). Tässä laskentatavassa häiriöt ja odotukset ovat osa kapasiteettia, mutta vaihtoaika on erillään. Häiriöt ja odotukset ovat sellaisia tuottamattoman kapasiteetin osatekijöitä, joiden ajankohtia ja kestoja on ennalta mahdoton määrittää. Sen takia ne onkin järkevää sisällyttää suunnittelukapasiteetteihin. Lappeenrannan tehtaalla kapasiteetti määritetään puolestaan vuoroperusteisesti, eli kuinka monta kilogrammaa puolivalmistetta tuotetaan vuoroa kohti (kg/8h). Lappeenrannassa käytetyssä laskentatavassa kapasiteetti sisältää kaikki tuottavan ja tuottamattoman toiminnan osatekijät. Tuottamattomiin osatekijöihin kuuluva vaihtoaika on tämän takia osa kapasiteettia. Suunnittelukapasiteetteihin sisällytetty keskiarvoinen vaihtoaika ei anna tarkkaa informaatiota tuotannon toteutumisesta. Tarkoituksena oli kuitenkin tehdä vaihtoaika näkyväksi eli eriyttää se kokonaan kapasiteetista, kuten Vantaalla on tehty.

Monipuolistuneen tuoterakenteen seurauksena tuotantoajat ovat nykyään myös kahdeksaa tuntia lyhyempiä, jolloin vaihtoaikojen eriyttäminen kapasiteeteista

tekee vuorokohtaisesta määrittämistä sekavan. Lyhyissä tuotantoerissä vaihtoaikojen suhteellinen osuus tuotannosta kasvaa, minkä takia vaihtoaikojen tarkka määrittäminen oli erittäin tarpeellista. Lisäksi Lappeenrannassa valmistettavien puolivalmisteiden määrä on huomattavasti suurempi kuin Vantaalla. Vaihtoajat erotettiin kapasiteeteista määrittämällä tarkat linjakohtaiset vaihtoajat eri puolivalmisteiden sekä lopputuotteiden välille. Vaihtoaikojen eriyttäminen johtaa tulevaisuudessa myös kapasiteettien uudelleen kalkylointiin (kg/h-perusteiseksi), mutta sen tekemiseen tässä työssä ei otettu kantaa.

Linjakohtaiset vaihtoaikamatriisit rakennettiin esimiesten arvioimien ja mittauskeinoin saatujen vaihtoaikojen perusteella. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tarkemmin, miten lopulliset vaihtoaikamatriisit rakennettiin.

### **1.1 Fazer Makeiset Oy**

Fazer-konserni sai alkunsa vuonna 1891, jolloin sveitsiläissyntyinen Karl Fazer avasi ensimmäisen konditorialiikkeensä isänsä omistamaan kiinteistöön Kluuvikatu 3:een Helsingin keskustassa. Konserniin kuuluu nykyään kaksi liiketoiminta-aluetta, Fazer Food Services ja Fazer Leipomot sekä Makeiset. Fazer Food Services on Pohjoismaiden johtava ruokailupalveluyritys, jolla on lähes 1400 ravintolaa Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa ja Venäjällä. Yritystoimintaa on jo kahdeksassa maassa. (Fazer 2010.)

Vuonna 2010 konserni työllisti 16 573 henkilöä ja sen liikevaihto oli noin 1,5 miljardia euroa. Tärkeimmät markkina-alueet ovat Pohjoismaiden lisäksi Venäjä ja Baltian maat. Fazerin arvoihin kuuluvat asiakaslähtöisyys, laadukkuus ja yhteistyö. (Fazer 2010.)

Fazer Makeiset Oy on Suomen johtava makeisyrittäjä, joka vie makeistuotteita noin 27 maahan. Fazer on vahva toimija myös Itämeren alueella. Fazer Makeisten muodostama liikevaihto oli vuonna 2008 noin 290 miljoonaa euroa. Makeiset valmistetaan Suomessa kolmella tuotantotehtaalla: Vantaalla suklaatuotteet, Lappeenrannassa sokerimakeiset ja Karkkilassa purukumit. Vantaan tehtaalla suurin suklaabrändi on Fazerin Sininen maitosuklaa.



Lappeenrannan sokerimakeisvalikoimaan kuuluvat muun muassa lakritsi- tuotteet, marmeladit ja rakeet. Uusin aluevaltaus on ksylitolipurukumin ja - pastillien tuotesegmentillä. Vuonna 2008 Fazer hankki yritysoston yhteydessä Karkkilan purukumitehtaan. Karkkilan tunnetuimpiin tuotteisiin kuuluvat Xylident- sekä Muumi-ksylitolipurukumit. (Fazer 2010.)



Kuva 1 Lappeenrannan makeistehtaan tunnetuimmat makeistavaramerkit

Tänä vuonna Fazer viettää 120-vuotisjuhlavuottaan, minkä vuoksi monet klassikot saavat uuden ilmeen. Fazerilla on useita tunnettuja kansainvälisiä makeistavaramerkkejä, kuten Fazerin Sininen, Geisha, Dumle, Marianne, Tyrkisk Peber, Pantteri ja Xylident. (Fazer 2010.)

## 1.2 Työn tausta ja pääongelma

Fazerin toiminta on muuttunut arvoja kunnioittaen yhä enemmän asiakaslähtöisempään suuntaan. Tuotantoa on jouduttu monipuolistamaan ja muuttamaan asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. Pelkästään jo Lappeenrannan tehtaalla tuotetaan satoja erilaisia puolivalmisteita ja lopputuotteita. Erilaisten tuotemixien myötä Fazer Makeiset on joutunut sopeutumaan pienentyneiden eräkokojen lisäksi myös lisääntyneisiin tuotevaihtoihin. Tuotevaihtojen suorittaminen on jo nykypäivää, mutta niiden tehostaminen tuo omat haasteensa yrityksille. Ilman tuotevaihtojen standarditietoja ei vaihtoajoja voida tehostaa, eikä tuottamatonta aikaa voida sen takia valjastaa tuottavaksi.

Lappeenrannan makeistehtaan suunnittelukapasiteetin määrityskäytäntö poikkeaa Vantaan suklaatehtaan määrityskäytännöstä. Vantaalla kapasiteetti määritetään tuntiperusteisesti kg/h, kun taas Lappeenrannassa kg/8h eli vuoroperusteisesti. Vuoroperusteisen käytännön muuttaminen tuntiperusteiseksi edellyttää myös vaihtoaikojen eriyttämistä kapasiteeteista. Tämän opinnäytetyön taustalla oli standarditietojen kerääminen tuotevaihtoista matriisien muotoon, jotta määrityskäytännön yhtenäistäminen olisi mahdollista tältä osin. Fazer Makeisten tarve yhtenäistää määrityskäytännöt lähti liikkeelle myös tulevan tuotannosuunnittelujärjestelmän tarpeista.

Lappeenrannan makeistehtaalla ei ole aikaisemmin seurattu tuotevaihtoja kovinkaan järjestelmällisesti. Ongelmina vaihtoaikamatriisien laatimisessa ja vaihtoaikojen mittaamisessa ovat tuotevaihtojen paljous ja monipuolisuus, erilaiset tuotantoprosessit linjoilla, kerättävän datan suuri määrä sekä oikeellisuuden tarkistaminen.

### **1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset**

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena on linjakohtaisten vaihtoaikamatriisien laatiminen. Vaihtoaikamatriisien perustiedot luovat pohjan SMED-hankkeille ja uudelle tuotannosuunnittelujärjestelmälle. Matriisit auttavat myös omalta osaltaan suunnittelukapasiteettien määrityskäytäntöjen yhtenäistämässä Fazerin makeistehtaiden välillä. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena on antaa ideoita muun muassa vaihtoaikojen lyhentämiseen ja oikeellisuuden varmentamiseen sekä vaihtoaikojen päivitysprosessin toteuttamiseen. Linjakohtaiset vaihtoaikamatriisit antavat edellytykset koko tehtaan toiminnan tehostamisella.

Opinnäytetyö rajataan koskemaan vain Lappeenrannassa tapahtuvien tuotevaihtojen standarditietojen keräämistä eli lähtötilanteen selvittämistä SMED:n ensimmäisen askeleen tavoin. Työ antaa siis vain ehdotuksia vaihtoaikojen lyhentämiseen.

## **1.4 Käytettävät menetelmät ja aineisto**

Työn teoriaosuuden kokoamiseen käytetään kirjallisuuden lisäksi internet-lähteitä. Kirjallisuus jakautuu suomen- ja englanninkielisiin kirjoihin, koska pääaiheena olevasta vaihtoajasta on vielä hyvin rajallisesti tietoa saatavilla. Teoria pohjautuu perinteikkääseen tuotannonohjaukseen, jonka kokoamiseen käytetään teollisuustalouteen, logistiikkaan ja kunnossapitoon liittyvää kirjallisuutta.

Opinnäytetyön empiirisessä osassa hyödynnetään sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusotetta. Empiirisen osuuden vaihtoaikamatriisit laaditaan Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, johon tuotevaihtotiedot saadaan mittaus-tuloksista ja esimiesten täyttämistä vaihtoaikamatriiseista. Esimiesten täyttämät vaihtoaikamatriisit perustuvat arvioituihin aikoihin. Empirian aineisto kerätään pääsääntöisesti haastatteluiden avulla. Haastateltavina ovat kokeneet valmistustyöntekijät, prosessinkehittäjät, tuotannonsuunnittelijat sekä osastojen esimiehet ja assistentit. Haastattelut nousevat merkittävään asemaan varsinkin työn alkuvaiheessa sekä analysointivaiheessa, jossa lopulliset vaihtoai- katriisit rakennetaan vertailemalla tuotevaihtoista saatuja mittaus-tuloksia ja esimiesten arvioimia vaihtoajoja. Lisäksi Lappeenrannassa hyödynnetään tuotannonseurantajärjestelmää, jonka avulla voidaan saada tietoa tuote- vaihdoista kolmannesta lähteestä.

## **1.5 Työn rakenne**

Työ jakautuu selkeästi teoria- ja empiriaosuuteen. Teoria alkaa tuotannonohjauksen määritelmistä ja tavoitteista. Tuotannonohjaus etenee tuotannon kokonaistehokkuudesta loogisesti kohti asetusajoja, josta päästään itse pääaiheeseen eli vaihtoajoihin. Vaihtoajojen kohdalla keskitytään enimmäkseen tuotevaihtojen lyhentämiseen sekä niiden seurantaan ja standardointiin. Empiriaosuus on jaoteltu johdonmukaisesti neljään vaiheeseen: lähtötilanteen selvittämiseen, suunnitteluun, toteutukseen ja analysointiin.

Työn lopun kehittämiskohteissa esitellään, mitä valmiilla linjakohtaisilla vaihtoaikamatriiseilla tulisi tehdä ja miten niitä pitäisi hyödyntää. Yhteenvedo tiivistää työn tärkeimmät tutkimustulokset.

## **2. TUOTANNONOHJAUS**

Tuotannonohjaus ei ole erillinen toiminto, vaan se on sidoksissa myös yrityksen muihin toimintoihin. Tuotannonohjauksen avulla sovitetaan yhteen tuotantojärjestelmän eri osat, kuten esimerkiksi myynti, markkinointi, tuotanto ja logistiikka tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi. Tuotannon tavoitteet määräytyvät usein asiakkaiden tarpeista. Tuotannonohjauksella pyritään hallitsemaan yrityksen toimintaympäristössä tapahtuvia muutoksia mahdollisimman hyvin. Ohjaus sisältää toiminnan tarvitseman suunnittelun, toteutuksen, informoinnin ja valvonnan. Ohjaukseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin tekijöihin. Ulkoisiin tekijöihin, kuten asiakkaiden toivomuksiin ja suhdanteisiin ei voida kovinkaan paljon vaikuttaa. Ulkoisiin tekijöihin on vain sopeuduttava valitsemalla sopivimmat ohjausperiaatteet. Sisäisiä eli ohjattavia tekijöitä (esim. läpimenoaika ja varastojen koko) sen sijaan voidaan kehittää. Tuotannonohjauksen tavoitteena on toimituskyvyn ja kapasiteetin käyttöasteen parantaminen, vaihto-omaisuuteen sidotun pääoman pienentäminen sekä kokonaisläpäisyajan lyhentäminen. (Miettinen 1993, 23–24; Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2002, 234.)

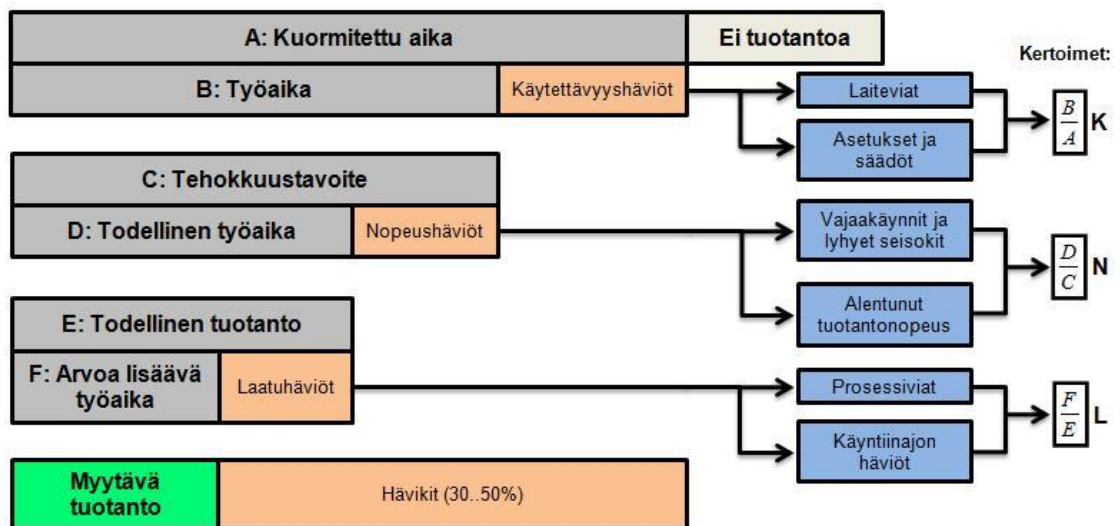
### **2.1 Tuotannon kokonaistehokkuus (OEE)**

OEE (Overall Equipment Effectiveness) on tuotannon kokonaistehokkuutta kuvaava tunnusluku. OEE-luvun avulla tuotantoprosessien, kuten laitteiden, koneiden ja tuotantolinjojen tehokkuutta voidaan seurata ja parantaa. Suomalaisittain OEE tunnetaan paremmin lyhenteenä KNL, joka tulee sanoista käytettävyys, nopeus ja laatu. KNL-menetelmän avulla monimutkaiset tuotantoprosessit saadaan muutettua yksinkertaiseen ja ymmärrettävään

tunnusluvun muotoon. Tunnusluku kertoo yritykselle sen tuotannon todellisesta tehosta. (Novotek Oy, 3.)

Kun tietyn tuotantoprosessin tehokkuus ei ole sama kuin sen nimellinen suorituskyky, niin jotain on vialla. Asian selvittämiseen käytetään KNL-menetelmää, jonka avulla voidaan tunnistaa kuusi merkittävintä tuotantohävikkiä (Six Big Losses). Hävikkejä poistetaan TPM:n (Total Productive Maintenance) avulla. TPM tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa, jonka avulla parannetaan laitteiden kokonaistehokkuutta eliminoimalla tuotannon hävikkejä. Tuotantohävikkien syyt voidaan jakaa käytettävyy-, nopeus- ja laatu-tekijöihin (Novotek Oy, 3). Hävikit eivät välttämättä johdu esimerkiksi rikkiäisestä koneesta, vaan syynä ovat erilaiset tekijät, jotka aiheuttavat koneen suorituskyvyn heikentymistä sen maksimaalisesta suorituskyvystä. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 103 & 111–112.)

Kuva 2 havainnollistaa tuotannon kokonaistehokkuuden mallia. OEE-malli sisältää tuotannon tehokkuutta pienentävät hävikkitekijät sekä OEE:n laskemiseen tarvittavat laskentakaavat.



Kuva 2 Tuotannon kokonaistehokkuuden malli (Mukaiillen Järviö ym. 2007, 104; Villanen 2009, 2)

Kuormitettu aika kuvaa suunnittelukapasiteettia, joka jakautuu myytävään tuotantoon ja hävikkeihin. Koneen tai laitteen kuormitetusta ajasta voi olla jopa yli puolet erilaisia työajan hävikkejä. Hävikit ovat osa kapasiteetin tuottamatonta aikaa, toisin kuin myytävä tuotanto, jolla tuotetaan asiakkaalle lisäarvoa. Kuva 2 osoittaa, kuinka kuusi merkittävintä tuotantohävikkiä (Six Big Losses) jakautuu käytettävyys-, nopeus- ja laatutekijöiden kesken. OEE lasketaan K-, N- ja L-kertoimen eli käytettävyys-, nopeus- ja laatu-kertoimien tulona.

Käytettävyystekijään kuuluvat seisokit, joiden takia suunniteltu tuotanto keskeytyy tietyksi ajaksi. Näistä keskeytyksistä laiteviat ovat ennalta-arvaamattomia ja saattavat kestää pitkänkin ajan, mutta vaihtoaikojen pituutta voidaan mitata ja tehostaa analysoimalla asetusprosessi sekä siihen käytettävä aika. Nopeustekijään kuuluvat kaikki ne hävikit, joiden takia tuotantonopeus on ideaalia hitaampi. Nopeushävikit voivat syntyä esimerkiksi laitteiden kuluneisuuden tai koneenkäyttäjän tehottomuuden takia. Kokonaistehokkuus voi pienentyä myös laatutekijöiden myötä. Laatutekijä ottaa huomioon kaikki ne laatuhävikit, jotka aiheutuvat laatuksittavasta tuotannosta. Yleisin laatuhävikki syntyykin, kun tuotantoprosessi ei pysty valmistamaan virheettömiä eli priimalaatuista puolivalmisteita. (Novotek Oy, 4.)

Jokainen tuotantohävikki heikentää osaltaan OEE-lukua. Näin ollen yksittäisen häviötekijän parantaminen ei voi olla ainoa tavoite, vaan jokaiseen OEE-tekijään on paneuduttava yhtä tarkasti (Novotek Oy, 5). Tuotannon kokonaistehokkuus lasketaan kaavan 1 mukaan. Kaavan alapuolella olevat laskuesimerkit kuvaavat yksittäisten OEE-tekijöiden merkitystä tuotantoprosessin kokonaistehokkuuteen 2-vuorojärjestelmässä.

$$OEE = \text{käytettävyys} \times \text{nopeus} \times \text{laatu} \quad (1)$$

$$0,90 \times 0,96 \times 0,98 = 84,7\% \quad (1)$$

$$0,90 \times 0,99 \times 0,94 = 83,8\% \quad (2)$$

Laskuesimerkki 1 kuvaa tehtaan aamuvuoroa, kun taas laskuesimerkki 2 iltavuoroa. Työvuorot näyttävät OEE-luvun perusteella lähes yhtä tehokailta. Tarkasteltaessa kuitenkin yksittäisiä OEE-tekijöitä huomataan, että vuorojen välillä on selviä eroja nopeus- ja laatuerojen välillä. Aamuvuoron tuotantoprosessi on ollut hitaampi, mutta paljon laadukkaampi kuin iltavuoron vastaava tuotantoprosessi. Tuskin mikään yritys vaihtaisi 3 % parannuksen nopeudessa 4 % huonompaan laatuun. Laskuesimerkkien tarkoituksena oli tuoda esille, ettei pelkän OEE-luvun seuraaminen riitä, vaan huomiota täytyy kiinnittää myös OEE-tekijöiden muodostumiseen. Yksittäisellä osatekijällä on suuri merkitys kokonaistehokkuuden muodostumiseen. Tuotantoprosessi on tehokas silloin, kun se saavuttaa hyvän suorituskyvyn kaikissa OEE-tekijöissä. Vaihtoajat ovat osa käytettävyyshävikkiä. Vaihtoaikojen lyhentämisellä voidaan parantaa käytettävyystekijää, mikä puolestaan vaikuttaa lopullisen OEE-luvun muodostumiseen.

OEE-tekijät antavat hyvän kuvan tuotannon tasosta lähes reaaliajassa, mikä tekee OEE:sta hyvän työkalun tehokkuuden visualisointiin (Novotek Oy, 5). Ainoana heikkoutena on, että OEE ei ota millään tavalla huomioon kustannuksia, minkä takia laskelmat saattavatkin johtaa vääriin loppupäätelmiin (Järviö 2007, 107). Tämän takia OEE-menetelmää ei voida pitää ainoana mittarina yrityksessä.

## **2.2 JOT**

JOT on suomalaisten muokkaama käsite. Lyhenne JOT tulee sanoista juuri oikeaan tarpeeseen. Alun perin tämä lyhenne pohjautuu englanninkieliseen versioon JIT (Just-in-Time), joka tarkoittaa juuri oikeassa ajassa. Toimintamalli sai alkunsa autonvalmistaja Toyotan tehtaalla Japanissa 1950-luvulla. JOT:n myötä lanseerattiin imuohjaus, joka tuli perinteisessä tuotannonohjauksessa käytetyn työntöohjauksen rinnalle. Imuohjauksessa tuotantoa kuormitetaan lopusta alkuun eli päinvastoin kuin työntöohjauksessa. Imuohjauksen lisäksi JOT-toimintaan kuuluu tuotteiden valmistaminen siten, ettei varastoja syntyisi. Tuotannonohjauksen kehittämisestä lähtenyt JOT-toimintafilosofia nähdään

kuuluvan nykyään yrityksen jokaiselle tasolle. (Tiainen 1996, 3; Hokkanen ym. 2002, 238.)

Siirtyminen JOT-suuntaiseen toimintaan vaatii yritykseltä koko strategian muutosta ja pitkäjänteistä työtä. JOT-toimintaan on saatava mukaan koko yrityksen henkilöstö ja logistinen toimitusketju. Kokonaisvaltaisella toiminnan kehittämällä voidaan saavuttaa kuitekin huomattavia hyötyjä, kuten tuotteiden läpäisyajan lyheneminen, tuottavuuden ja toimitusvarmuuden paraneminen sekä joustavamman tuotantokapasiteetin saavuttaminen. (Tiainen 1996, 12; Hokkanen ym. 2002, 240.)

JOT-filosofian ohella Toyotan autotehtaalta sai alkunsa myös SMED (Single Minute Exchange of Die) -menetelmä, jonka kehitti Shigeo Shingo. SMED on asetusajojen pienentämiseen kehitetty menetelmä, joka erottelee varsinaisen koneajan asetusajasta. SMED-menetelmä tukee JOT-toimintafilosofian toteuttamista yrityksissä. (Peltonen 1998; Sheldon 2008, 34.)

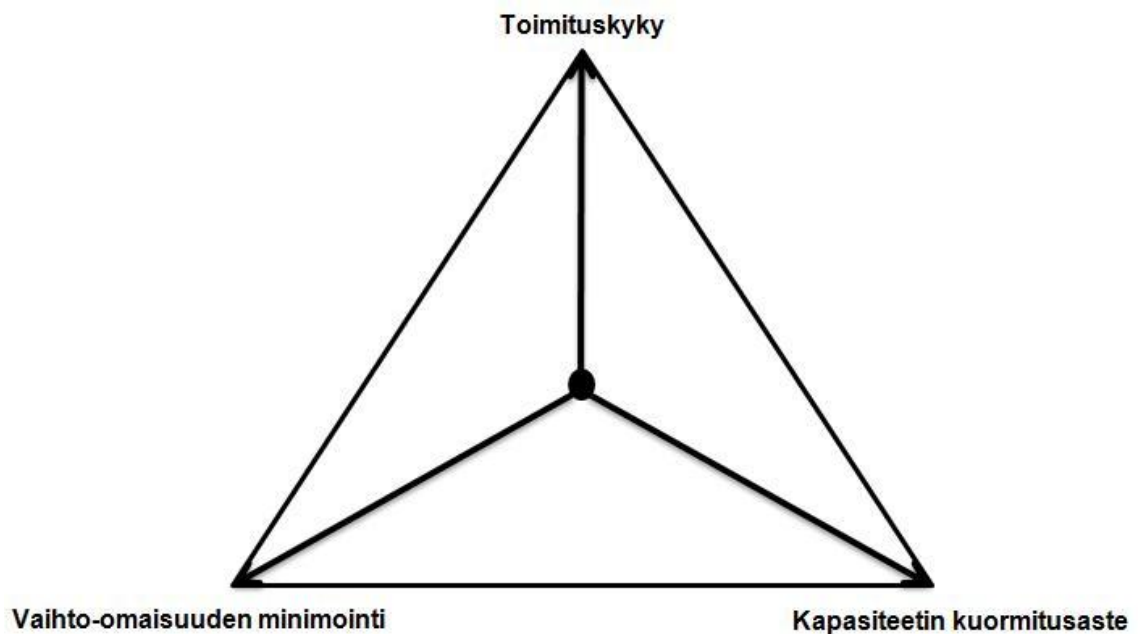
JOT-filosofian sekä SMED-hankkeiden myötä yritykset ovat alkaneet kiinnostua yhä enemmän tuotannon tehostamiseen liittyvistä asioista. Kehitystoimenpiteet painottuvat varsinkin valmistuksen läpäisy aikaan sekä asetus- ja vaihtoaikoihin. JOT-ajatus lähteekin tuottamattoman työn eliminoinnista. (Tiainen 1996, 19 & 24.)

### **2.3 Läpäisy aika**

Läpäisy aika on yksinkertainen ja tehokas tapa mitata yrityksen toiminnan tehokkuutta (Miettinen 1993, 25). Läpäisy aika voidaan jakaa yleisesti kokonaisläpäisy aikaan ja valmistuksen läpäisy aikaan. Kokonaisläpäisy aika kuvaa sitä aikaa, joka kuluu valmistuskehoituksesta asiakastoimitukseen (Hokkanen ym. 2002, 236). Valmistuksen läpäisy ajalla tarkoitetaan puolestaan aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen. Suurin osa tuotteen läpäisy ajasta on odotusaikaa. Odotusajan lisäksi läpäisy aika sisältää kuljetus-, työvaihe- ja asetusajat. (Uusi-Rauva, Haverila & Kouri 1999, 378.)



Läpäisyajan lyhentämisellä pyritään parantamaan yrityksen kilpailukykyä markkinoilla (Hokkanen ym. 2002, 238). Lyhyet läpäisyajat parantavat yrityksen toimituskykyä, helpottavat kapasiteetin suunnittelua ja vähentävät keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa. Tuotannonohjauksen ja tuotannosuunnittelun tehtävänä on sovittaa yhteen nämä keskenään ristiriitaiset perustavoitteet mahdollisimman hyvin (kuvio 1). (Uusi-Rauva ym. 1999, 379–380.)



Kuvio 1 Tuotannonohjauksen perustavoitteiden ristiriitaisuus (Uusi-Rauva ym. 1999, 381)

Läpäisyajojen lyhentyessä toimintaan ei sitoudu enää niin paljon pääomaa kuin ennen ja toisaalta nopeammilla valmistusprosesseilla ylläpidetään myös hyvää toimituskykyä. Tuotantoerät suunnitellaan siten, että tuotantoprosessit ja työntekijät ovat mahdollisimman tehokkaassa käytössä. Näin saavutetaan kapasiteetin korkea kuormitusaste. Kuvio 1 kuvaa perustavoitteiden ristiriitaisuutta. Läpäisyajojen lyhentäminen on edellytys näiden perustavoitteiden toteutumiselle. Tavoitteena on löytää harmonia tavoitteiden väliltä. (Uusi-Rauva ym. 1999, 379 & 381.)

Läpäisyajojen lyhentäminen edellyttää tuotannon eräkokojen pienentämistä sekä välivarastojen ja vaiheiden välisten jonojen poistamista. Keskeneräisen

tuotannon vähäisyys ja pienet eräkoot helpottavat kapasiteetin käytön suunnittelua. Tämä puolestaan helpottaa kuormitussuunnittelua. Pienien eräkokojen myötä tuote-erän aloittamiseksi tehtävien asetusten määrä kuitenkin kasvaa, mikä vie tehokasta tuotantoaikaa ja pienentää kuormitusastetta. Kuormitusastetta kehitetään lyhentämällä asetusaikoja. Jos tässä onnistutaan, toiminnanohjauksen perustavoitteet voidaan saavuttaa samanaikaisesti. (Uusi-Rauva ym. 1999, 381.)

Makeistoimiala on joutunut myös muokkaamaan toimintaansa yhä asiakaslähtöisempään suuntaan ja tarjoamaan yhä monipuolisempaa tuotevalikoimaa. Tämä on johtanut yhä pienempiin tuotantoeriin ja sitä kautta useampiin vaihtoihin. Niinpä vaihtoaikojen seurannalla, standardoinnilla ja lyhentämisellä on erittäin tärkeä merkitys koko tehtaan tehokkuuteen.

## **2.4 Kapasiteetti**

Läpäisyajan lisäksi yksi olennaisimmista tekijöistä tuotannosuunnittelussa on kapasiteetti, joka on tuotantokykyä kuvaava mittari (Uusi-Rauva ym. 1999, 376; Hokkanen ym. 2002, 237). Kapasiteetti ilmoittaa tuotantoyksikön enimmäissuorituskyvyn aikayksikössä (Uusi-Rauva ym. 1999, 376). Kapasiteetti pitää sisällään yrityksen resurssit, kuten henkilöstö, tuotantotilat, koneet ja laitteet sekä rahoitusresurssit. Kapasiteetti ilmaistaan eri yksiköillä. Tavallisemmin se ilmoitetaan henkilöstön työtunteina tai konetunteina. (Hokkanen ym. 2002, 237.)

Kapasiteetti jaetaan yleisesti brutto- ja nettokapasiteetteihin. Bruttokapasiteetti ilmaisee yrityksen teoreettisen valmistuskyvyn ideaalissa tilanteessa eli tilanteessa, jossa ei oteta huomioon lomia, sairauspoissaoloja, konehuoltoja, vaihtoaikoja tai muitakaan kapasiteettia verottavia häviöaikoja. Kun bruttokapasiteetista vähennetään kaikki häviöajat, saadaan nettokapasiteetti, joka voi olla huomattavasti teoreettista maksimikapasiteettia pienempi (Uusi-Rauva ym. 1999, 377; Hokkanen ym. 2002, 237). Nettokapasiteetti ilmaisee käytettävissä olevan kapasiteetin normaaleissa olosuhteissa. Kapasiteetin

käyttöaste määräytyy todellisen suorituskyvyn ja bruttokapasiteetin välisestä suhteesta. (Hokkanen ym. 2002, 237.)

Kapasiteetin yhteydessä puhutaan myös ali- ja ylikapasiteetista. Alikapasiteetissa yrityksen tilauskanta ylittää nettokapasiteetin, minkä takia yritys ei pysty vastaamaan kysynnän tarpeisiin kapasiteettinsa rajoissa. Ylikapasiteetissa tilanne on päinvastoin eli yrityksen tilauskanta on toimituskykyä alhaisempi. Tilanteiden väliltä pitäisi löytyä kultainen keskitie, sillä ali- tai ylikapasiteetti ei ole taloudellisesti kannattavaa. (Hokkanen ym. 2002, 237.)

Nykyään tehtailla keskitytään yhä enemmän bruttokapasiteettia vähentävien tuotantohävikkien, kuten asetus- ja vaihtoaikojen, näkyväksi saattamiseen. Tällä tavoin ne voidaan eriyttää kokonaan kapasiteetista, mikä puolestaan tehostaa käytössä olevaa suunnittelukapasiteettia.

## **2.5 Asetusaika**

Kapasiteettia kuluu tuotteiden valmistuksen lisäksi muun muassa asetuksien tekoon, mistä johtuen kuormitusasteet voivat jäädä mataliksi. Asetusaika koostuu toimenpiteistä, joita tehdään koneelle ennen valmistuksen aloittamista. Asetus tehdään vain kerran tuote-erän aikana. Asetusaika voidaan jakaa ulkoiseen ja sisäiseen asetusaikaan. Ulkoiseen asetusaikaan kuuluvat työkalujen ja tarvikkeiden noutaminen koneiden välittömään läheisyyteen sekä muut valmistelevat toimenpiteet, joita voidaan tehdä koneen käydessä. Sisäinen asetusaika käsittää kaikki ne toimenpiteet, jotka voidaan tehdä vain koneen seisoessa. (Uusi-Rauva ym. 1999, 385; Hokkanen ym. 2002, 239.)

Tuotannon eräkoolla on taloudellista merkitystä, sillä usein koneiden asettaminen uutta erää varten on erittäin aikaa vievää (Hokkanen ym. 2002, 239). Asetusaikojen ollessa pitkät, pienet tuote-erät eivät ole taloudellisesti kannattavia. Tämän takia eräkokojen pienentäminen edellyttää tuotannon asetusaikojen lyhentämistä. (Uusi-Rauva ym. 1999, 385.)

Pienentyneet tuotantoerät lisäävät tuotteiden välisten vaihtoaikojen osuutta kapasiteetissa. Vaihtoajat muodostuvat lähinnä tuotevaihdon yhteydessä tehdyistä ulkoisista ja sisäisistä asetuksista. Seuraavassa kappaleessa tarkastellaan tarkemmin vaihtoaikojen merkitystä tehtaan tehokkuuteen.

### **3. VAIHTOAIKA**

Nykyään samalla tuotantoprosessilla pitää pystyä valmistamaan kymmeniä erilaisia tuotteita. Asiakkaiden muuttuvat tarpeet ja yhä monipuolisemmat tuotemixit suuntaavat tuotantoa kohti pienempiä valmistuseriä. Pienempien valmistuserien myötä tuotevaihtojen määrä kasvaa, mikä puolestaan vaikuttaa tuotantoprosessin käytössä olevaan kapasiteettiin. (Uusi-Rauva 1999, 385.)

Vaihto aika käsittää kaikki ne toimenpiteet, jotka tehdään tuotevaihdon yhteydessä. Vaihto aika koostuu ulkoisten ja sisäisten asetusten lisäksi itse vaihtotoimenpiteistä. Nämä vaihtotoimenpiteet tarkoittavat esimerkiksi Lappeenrannan tehtaan raecosastolla valmiiden puolivalmisteiden tyhjentämistä koneesta puolivalmistelaatikoihin. Samalla tavalla myös koneiden täydentäminen seuraavan tuote-erän aihioilla on vaihtotoimenpide ja siten osa vaihto aikaa.

#### **3.1 Vaihto aikojen lyhentäminen**

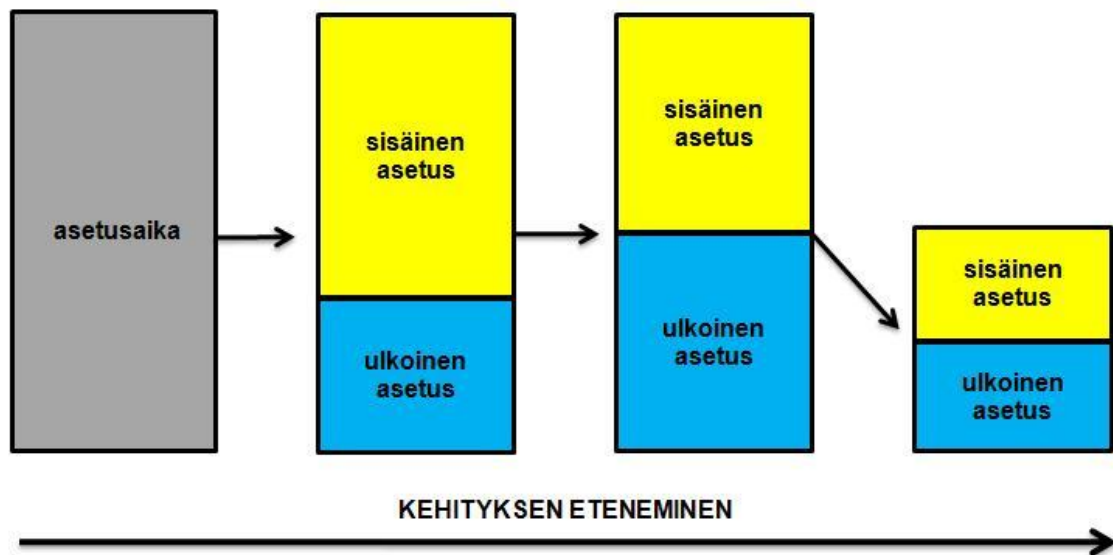
Vaihto ajan pituuteen vaikuttavat ensisijaisesti tuotevaihdon yhteydessä tehtyjen asetusten jakautuminen ulkoisiin ja sisäisiin asetuksiin. Mitä enemmän ulkoisia asetuksia on suhteessa sisäisiin asetuksiin, sitä kannattavampi ja tehokkaampi tuotevaihto on. (Sheldon 2008, 35.) Asetusten lisäksi vaihto aikaan vaikuttavat oppimiskäyrä sekä työntekijän oma motivaatio ja sitoutuminen yrityksen toimintaan.

Tuotevaihtojen pitäisi vastata kuvainnollisesti Formula ykkösten varikkokäyntiä eli ne tulisi saada yhtä nopeiksi ja järjestelmällisiksi. F1-kuskin tullessa varikolle

tallihenkilökunta tietää tarkalleen, mitä formulalle täytyy tehdä ja miten. Jokaisella on oma tehtävänsä, jolloin työn limittäminen mahdollistaa nopeamman varikkopysähdyksen. F1-varikkopysähdyksen tapaan tuotevaihdot tulisi suunnitella ja vaiheistaa huolellisesti, jotta vaihto sujuisi jouhevasti. (Trent 2008, 81.)

### 3.1.1 Asetukset

Ei ole yhtä ainoaa tapaa lyhentää vaihtoaikoja, mutta pääasiassa vaihtoaikojen lyhentäminen tapahtuu asetusajoja lyhentämällä, mikä onkin JOT:n keskeisempiä tavoitteita (Miettinen 1993, 54; Trent 2008, 80). Kuva 3 demonstroi, kuinka asetusajoja lyhennetään SMED-menetelmän avulla.



Kuva 3 Asetusaikojen lyhentäminen (Mukaillen Tiainen 1996, 80)

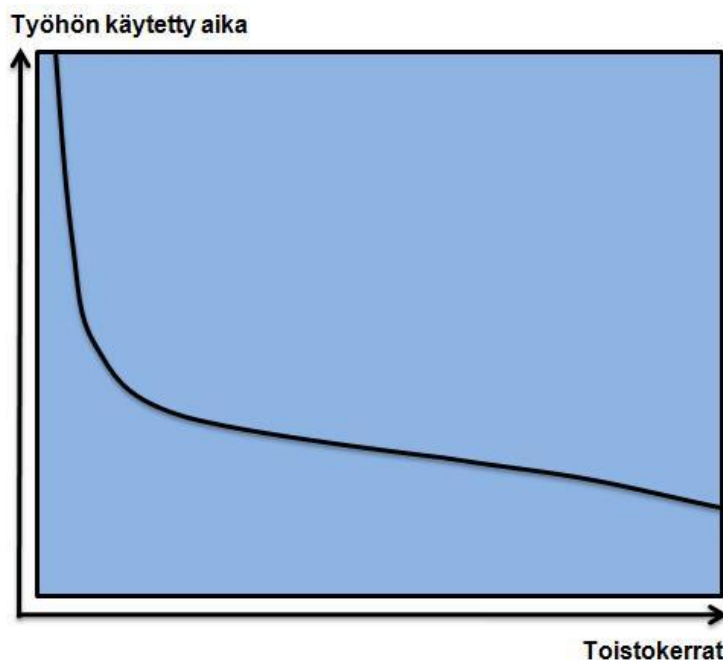
Asetusaikojen lyhentäminen lähtee liikkeelle lähtötilanteen analysoimisesta sekä tavoitteiden ja päämäärien asettamisesta. SMED-menetelmän avulla erotetaan koneen ulkoinen ja sisäinen asetus toisistaan. Tämän jälkeen siirretään sisäisiä asetuksia, joiden teko pysäyttää koneen, mahdollisimman paljon kohti ulkoisia asetuksia kuvan 3 osoittamalla tavalla. Usein on paljon sellaisia asetuksia, joita voidaan valmistella edellisen tuote-erän aikana (Uusi-Rauva 1999, 386). Kehittämistyön lopussa molempia asetuksia lyhennetään ja tehostetaan vielä tutkimusten pohjalta tapahtuvan rationalisoinnin avulla.

(Tiainen 1996, 80; Sheldon 2008, 34–35.) Rationalisoinnin tuloksena voidaan tehdä muun muassa kuvalliset vaihto-ohjeet koneiden viereen, jolloin vaihdon nopeus ei ole niin riippuvainen kokeneen prosessinhoitajan läsnäolosta.

Edellisessä kappaleessa esitellyn SMED-prosessin vaiheita seuraamalla yritys voi saavuttaa merkittäviä hyötyjä. Lyhyempien vaihtoaikojen myötä pienempien eräkokojen valmistaminen tulee edullisemmaksi ja kannattavammaksi (Hokkanen ym. 2002, 239). Tämä on tärkeää etenkin makeistoimialalla, jossa pienet eräkoot ovat välttämättömiä tuotemixien takia. Vaihtoaikojen lyhentyessä myös valmistuksen läpäisy aika lyhenee, minkä seurauksena tuotantoprosessin käytössä oleva kapasiteetin kuormitusaste kasvaa. Kokonaisuudessaan yrityksen toiminta muuttuu tehokkaammaksi ja joustavammaksi, minkä seurauksena voidaan saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä.

### 3.1.2 Oppimiskäyrä

Oppimiskäyrä perustuu siihen, että tiettyyn työhön käytetty aika laskee toistokertojen kasvaessa (Uusi-Rauva 1999, 346–347). Kuvio 2 kuvaa tyypillistä oppimiskäyrää, jossa työhön vaadittu aika pienenee tietyn prosenttimäärän mukaan aina, kun toistojen määrä on kaksinkertaistunut.



Kuvio 2 Oppimiskäyrä (Mukaiillen Uusi-Rauva 1999, 348)

Oppimiskäyrä selittyy työntekijöiden harjaantumisella työtehtävien toistuessa. Aluksi tehtävät ovat vieraita ja aikaa vieviä, mutta ajan myötä työmenetelmät ja -tavat kehittyvät ja hioutuvat vähitellen entistä paremmiksi. Lopulta tuottavuus kasvaa työntekijöiden harjaantuessa työtehtäviin. (Uusi-Rauva 1999, 347.) Tämä näkyy selvästi myös tuotteiden vaihtoajoissa. Kokenut prosessinhoitaja voi suorittaa tietyn tuotevaihdon useita minuutteja nopeammin kuin vaikkapa kesätyöntekijä.

### **3.1.3 Henkilöstön työmotivaatio**

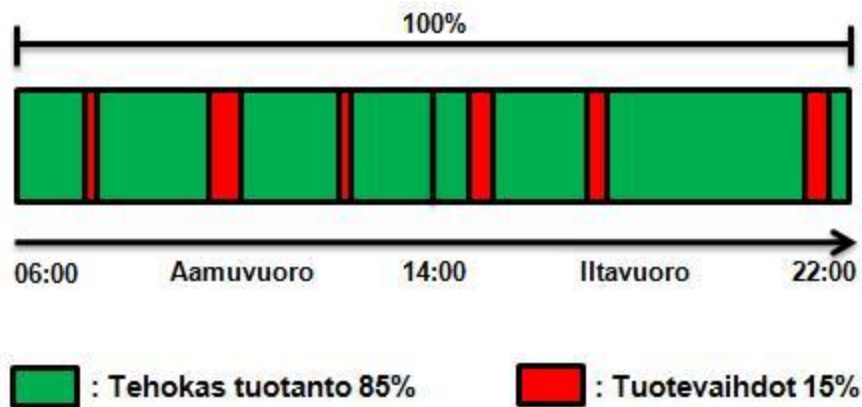
Henkilöstön työmotivaatiolla on myös tärkeä merkitys sekä yritykselle että yksittäiselle työntekijälle. Työntekijöiden motivaatio ja sitoutuneisuus ovat avainasemassa organisaation pyrkiessä parempaan tuottavuuteen. Palveluyrityksessä huono työmotivaatio heijastuu suoraan asiakaspalveluun. Tuotantolaitoksessa heikostikin motivoitunut henkilö voidaan saada tekemään oma osuutensa siten, ettei motivoitumattomuus näy asiakkaalle tulevassa tuotteessa. (Joutsenkunnas & Heikurainen 1999, 96.)

Vaikka jokainen on itse viime kädessä vastuussa omasta motivaatiostaan, niin siihen vaikuttavat ratkaisevasti myös esimies sekä yrityksen tarjoamat koulutusmahdollisuudet. Työskentely samassa tehtävässä 5-7 vuotta tuhoaa parhaankin työmotivaation, ellei tehtävä sen aikana oleellisesti muutu. Esimies voi vaikuttaa tähän työn uudelleenmuotoilulla eli esimerkiksi työkierrolla tai työn laajentamisella. Työkierron toteuttaminen voi aluksi olla hankalaa, sillä monet työntekijät suhtautuvat kielteisesti tehtävien vaihtamiseen. Onnistuessaan työkierto on kuitenkin erinomainen tapa lisätä työntekijöiden tieto- ja taitotasoa, jonka myötä myös työmotivaatio paranee. (Joutsenkunnas & Heikurainen 1999, 97 & 106.)

### **3.2 Vaihtoaikojen vaikutus kustannuksiin**

Läheskään kaikki yritykset eivät ole vielä tietoisia vaihtoaikojen merkityksestä kustannuksiin. Seuraava kuva sekä siihen liittyvät yksinkertaiset laskuesimerkit

osoittavat, kuinka suuria kustannussäästöjä voidaan saavuttaa SMED:n kaltaisilla menetelmillä.



Kuva 4 Linjakohtainen tuotantotehokkuus

$$16h \times 0,15\% = 2,4h \quad (3)$$

$$2,4h \times 0,40\% \approx 1h \quad (4)$$

$$35\text{€} / pv \times 10(\text{hlö}) \times 52vko \times 5pv / vko = 91000\text{€} \quad (5)$$

Kuva 4 kuvaa linjakohtaista tuotantotehokkuutta. Linjalla työskentelee vuoden ympäri kymmenen työntekijää joka arkipäivä. Viikonloppuisin linja seisoo. Laskuesimerkin 4 mukaan laskettuna aamu- ja iltavuoron tehokkaasta tuotantoajasta menee 2,4 tuntia tuotevaihtoihin. Jos vaihtoaikoihin menevää aikaa saadaan lyhennettyä esimerkiksi 40 prosentilla, se merkitsee tunnin säästöä henkilöstökuluissa (esimerkki 4). Työntekijöiden henkilöstökulut sosiaalikuluneen ovat keskimäärin 35€/h. Päivätasolla tuotevaihtoista johtuvat kustannukset nousevat kymmenen työntekijän osalta siten 350 euroon, mikä tekee vuositasolla peräti 91 000 euroa (esimerkki 5). Tämänkin kustannuksen voisi käyttää myytävään tuotantoon eli asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan työhön vaihtoajoja tehostamalla.

### 3.3 Vaihtoaikojen seuranta ja standardointi

Tuotevaihtojen kestoja voidaan seurata joko manuaalisesti tai erilaisten tietojärjestelmien avulla. Molemmissa tavoissa on omat heikkoutensa.



Tietojärjestelmistä saatava data on tarkkaa, mutta se ei välttämättä aina vastaa tuotanto-osastojen todellista tilannetta. Tietojärjestelmä voi esimerkiksi näyttää, että koneella valmistetaan jo seuraavaa tuote-erää, vaikka todellisuudessa kone pyörii puhdistussyistä. Manuaalisessa seurannassa korostuvat puolestaan inhimilliset mittausvirheet. Tuottamattomiin tekijöihin kuuluvien vaihtoaikojen seuranta ja standardointi on oleellista varsinkin silloin, kun vaihtoajat halutaan saada näkyväksi tuotanto-ohjelmassa, eli vaihtoajat erotetaan suunnittelussa hyödynnettävistä kapasiteeteista. Näin tuotanto-ohjelmassa saadaan eriytettyä tehokas tuotantoaika sekä tuottamattoman kapasiteetin osatekijä eli vaihtoaika.

Lisäksi vaihtoaikojen standartoinnissa pitää ottaa huomioon Parkinsonin ensimmäinen laki, jonka mukaan työ vie niin paljon aikaa kuin sille on varattu. Jos työntekijöillä on käytössä neljä tuntia vaihdon tekemiseen, siihen menee neljä tuntia. Standartoitu vaihtoaika sanelee, kuinka paljon vaihtoon käytetään aikaa. (Skärvad & Bruzelius 1992, 77.) Vaihtoaikojen seurantaa kannattaa jatkaa standardoinnin jälkeenkin.

## **4. VAIHTOAIKAMATRIISIEN LAATIMINEN**

### **4.1 Lähtötilanteen selvittäminen**

Opinnäytetyön aiheeseen perehtyminen aloitettiin tehdaskierroksella. Tehdas oli minulle entuudestaan tuttu, koska olin työskennellyt Fazerin makeistehtaalla aiemmin kahtena kesänä. Syksyllä tehty tehdaskierros oli kuitenkin huomattavasti opettavaisempi kuin mikään aiempi. Tehdaskierroksella perehdyttiin jokaiseen linjakohtaiseen tuotantoprosessiin opinnäytetyöni ohjaajan opastuksella. Tällöin valmistuksessa ja pakkaamossa olleet työntekijät tarkensivat prosessien läpikulkua. Tarkoituksena oli saada mahdollisimman paljon tietoa eri prosesseista vaihtoaikojen määrittämistä varten.

Tutustuminen aiheeseen jatkui myöhemmin tehtaan toimistotiloissa läpikäymällä muun muassa asetusajan määrittystä, JOT-filosofiaa ja SMED-

menetelmää. Tämä kyseinen menetelmä on merkittävä osa opinnäytetyön aihetta, sillä SMED:n oikealla käytöllä voidaan lyhentää huomattavasti laitteiden, koneiden ja järjestelmien asetusajoja ja sitä kautta myös läpäisyajoja. Tuotannonohjaukseen tutustuttiin myös siihen liittyvän kirjallisuuden ja artikkeleiden avulla.

Opinnäytetyön empiirisen osuuden työstäminen aloitettiin syyskuun loppupuolella. Jokaiselle osastolle lähetettiin sähköisesti yleinen tiedote, josta kävi ilmi opinnäytetyön aihe, laatija, ohjaaja, työn tarkoitus ja siitä saatava hyöty. Tällä tavoin työntekijöitä saatiin informoitua koko tehtaaneläjäisesti opinnäytetyöstä ja aikeista sen suhteen. Työn sujumuuden kannalta tarkoituksenmukainen informointi oli erittäin tärkeä asia. Työn tukemiseksi tehtiin alustava projektisuunnitelma, jota tarkennettiin aina empiirisen osuuden edetessä. Projektisuunnitelman aikataulu laadittiin viikon tarkkuudella alusta alkaen.

## **4.2 Suunnittelu**

### **4.2.1 Vaihtoaikamatriisi**

Suunnittelu aloitettiin matriisien luomisesta SMED-konseptin ensimmäisen vaiheen tavoin. Matriisien tekemistä varten selvitettiin kaikki osastokohtaiset tuotteet. Tuotannonsuunnittelijoilla oli entuudestaan kaikista tehtaaneläjä tuotteista kattava tuoteluettelo, jota lopulta käytettiin hyväksi matriisien laadinnassa. Tuotteet ovat luettelossa tuotenumeroita varustettuina ja osastokohtaisina. Matriisit oli pakko tehdä linjakohtaisina, sillä tuotevaihtoja tehdään vain linjan sisällä.

Matriisin pysty- ja vaakariville tulivat samat tuotteet täysin samassa järjestyksessä. Matriisia luetaan siten, että vaakarivillä on tuote, jota ollaan parhaillaan tekemässä ja pystyrivillä tuote, johon ollaan vaihtamassa. Tuotteita yhdistävään soluun kirjataan tuotteiden välinen vaihtoaika.

Suunnitteluvaiheessa todettiin silloisen kaakao- ja marmeladiosaston esimiehen kanssa, ettei näiden osastojen osalta vaihtoaikojen seuraaminen ollut tarkoituksenmukaista tai edes osittain mahdollista. Kaakaolla tuotevaihdot tehdään noin kuukauden välein ja vaihto kestää aina yhden vuoron ajan eli kahdeksan tuntia. Vaihtoaika on tämän seurauksena kiinteä vaihdettaessa miltä tahansa tuotteelta toiselle.

Marmeladiosastolla on kuulan ja pihlajan valmistuslinjat. Valmistuslinjaa ei vaihdeta kesken vuoron, koska puolivalmisteen tulo keittiöstä linjan loppupäähän kestää noin 1,5 tuntia ja linjalla ajetaan yleensä 1-vuorojärjestelmällä. Kuulalinjalla valmistetaan vain erivärisiä kuulia. Värien vaihtaminen kestää aina noin 15 minuuttia. Kuulat pakataan 500 gramman ja 260 gramman rasioihin. Molemmilla rasioilla on omat pakkauslinjansa. Rasiakoon vaihtaminen edellyttää siis vain työntekijöiden siirtymistä pakkauslinjalta toiselle. Tähän työpisteen vaihtamiseen menee 10–15 minuuttia. Pihlajalinjalla ajetaan puolestaan pelkkää pihlajamakeista, joten eri tuotteiden välisiä vaihtoajkoja ei edes muodostu.

Vaihtoaikamatriiseja ei laadittu myöskään kovakaramelliosaston käärintälinjan eikä raeosaston Dumouldin rummun osalta. Kovakaramelliosaston keittiön pään ajo-ohjelma määrää sen, milloin kääritään ja mitä kääritään. Yleensä tuotteet kääritään heti tuote-erän valmistuttua, minkä jälkeen aloitetaan uuden tuote-erän valmistus. Tästä syystä käärintälinjan vaihtoajoilla ei ole käytännön merkitystä. Dumouldin rakeistusrummun yhteyteen asennetaan puolestaan syöttörobotti kevään 2011 aikana, mikä nopeuttaa huomattavasti rummun täyttämistä ja täten myös vaihtoajkoja. Vaihtoaikojen seuranta Dumouldin rakeistusrummulla aloitetaan heti robotin tultua. Kaikkien muiden valmistuslinjojen osalta vaihtoaikamatriisit laadittiin.

#### **4.2.2 Vaihtoaikataulukko**

Alkuperäisen suunnitelman mukaan vaihtoaikamatriiseja piti hyödyntää myös pöytäkirjoina tuotantolinjakohtaisessa mittauksessa. Muutaman palaverin

seurauksena päädyttiin kuitenkin tekemään yksinkertaisemmat vaihtoaikataulukot, jotka olivat huomattavasti helpommat täyttää kuin matriisit.

Vaihtoaikataulukon alkuun laitettiin selkeät kirjausohjeet. Itse taulukkoon tuli kirjata päivämäärä, vaihdon kesto minuutteina ja tuotenumerot, eli se miltä tuotteelta vaihdettiin mille tuotteelle. ”Lisätietoja”-kohtaan sai kirjoittaa syistä, jotka olivat vaikuttaneet vaihdon pituuteen. Usein esimerkiksi asetustoimenpiteiden, etenkin sisäisten asetusten, tekeminen oli pidentänyt vaihtoaikaa huomattavasti. Lopullinen vaihtoaikataulukko muotoutui vasta usean korjauskerran jälkeen ja samaa taulukkopohjaa sovellettiin jokaisella tuotantolinjalla. Taulukkopohjaa on mahdollista tarkastella liitteestä 1. Poikkeuksen tekivät kuitenkin valuosastot, joissa vaihtoajoja oli seurattu jo aiemmin valmistuskirjausten yhteydessä.

Valuosastoilla tuotteen laatu säädetään spesifikaatioiden mukaiseksi tuotantoajan jo alettua. Tämän takia ensimmäiseksi valetut tuotteet ovatkin harvoin heti priimalaatuisia. Tuotantoajan lopetuksessa valukoneessa olevat valukartiot ajetaan tyhjiksi valulaudoille, minkä seurauksena syntyy epäkelvöllistä tuotetta seisoneen massan takia. Valuosastoilla mitatussa vaihtoajassa oli aikaisemmin mukana sekä koneen tyhjäksi ajaminen että laadun säätämiseen menevä aika. Viime syksynä tuotteiden vaihtoajojen mittauskäytäntö kuitenkin muutettiin ehdotukseni pohjalta alkamaan priimasta ja loppumaan priimaan. Silloin, kun tuote on laadultaan virheetöntä, puhutaan priimasta. Valuosastojen esimiehet laativat tiedotteet kyseisestä mittausmuutoksesta kaikille valuosastoille.

#### **4.2.3 Vaihtoajojen määrittäminen**

Vaihtoaikamatriisien ja -taulukoiden laatimisen ohella määritettiin, miten vaihtoajoja tulisi mitata eri valmistuslinjoilla. Linjakohtaisten vaihtoajojen määrittäminen edellytti useita vierailuja osastoilla sekä prosessien hyvää tuntemusta. Linjakohtaiset vaihtoajat määritettiin myös kaakao-, pihlaja-, kuula- ja käärintälinjan sekä Dumouldin rakeistusrummun osalta, vaikka mittausnäillä valmistuslinjoilla ei aloitettukaan missään vaiheessa. Valmistuslinjoihin

tutustuttiin esimiesten ja valmistustyöntekijöiden opastuksella. Useiden haastattelujen pohjalta laadittiin linjakohtaiset ”aloitus- ja lopetuspisteet” vaihtoajalle. Määrittäminen oli haastavaa useiden varianssien takia. Esimerkiksi pakkaamossa noteerattiin vain ne vaihdot, jotka oli suoritettu yksin ilman laitospöytä-apua, koska tämä kuvastaa parhaiten todellisia olosuhteita.

Linjakohtainen vaihtoajan mittausohje sisältää tarkan määrittelyn siitä, milloin vaihtoajan mittaus aloitetaan ja milloin se lopetetaan. Vaihtoajan mittausohje tehtiin tuotantolinjojen välittömässä läheisyydessä, jotta siinä osattiin ottaa huomioon priimavaihdon tuomat vaatimukset, eli missä kohtaa linjaa tuote todella oli priimaa. Vaihtoaikojen mittauspisteet valittiin määrittelyitä tehdessä.

#### **4.2.4 Lopulliset asiakirjat**

Lopulliset asiakirjat laadittiin koko tehtaanlaajuisesti, lukuunottamatta kaakao- ja marmeladiosastoja, joilla vaihtoaikojen seuranta ei aloitettu missään vaiheessa. Asiakirjat sisälsivät yleistä tietoa opinnäytetyöstä, yleisen vaihtoaikamäärittelyn ja täsmällisen linjakohtaisen vaihtoaikamäärittelyn. Lisäksi ne sisälsivät myös osastokohtaiset tuoteluettelot tuotantolinjoittain ja itse vaihtoaikataulukot. Suunnitteluvaiheen lopussa tarkistettiin vielä kaikkien osastojen linjakohtaiset vaihtoaikamäärittelyt esimiesten ja valmistustyöntekijöiden kanssa.

### **4.3 Toteutus**

#### **4.3.1 Kellojen kartoitus**

Ennen asiakirjojen jakamista tehtiin kellojen kartoitus, jolloin tarkistettiin että kaikilta mittauspisteiltä löytyi kello. Sekuntikelloille ei nähty tarvetta, koska mittaukset suoritettiin minuutin tarkkuudella. Näin ollen seinäkellot riittivät tähän tarkoitukseen hyvin. Lisäksi osastojen kelloista tarkastettiin, että ne olivat samassa ajassa, koska esimerkiksi lakritsilinjalla vaihtoajan mittaamisessa joutui käyttämään kahta eri kelloa.

### **4.3.2 Asiakirjojen jakaminen osastoille**

Lokakuun lopulla kokonaisvaltaiset asiakirjat jaettiin osastoille. Jakamisen yhteydessä käytiin läpi työn tarkoituksia ja siitä saatavia hyötyjä. Myös kaikkiin työntekijöiden esittämiin kysymyksiin vastattiin samalla. Näin varmistettiin, että työntekijät ovat varmasti ymmärtäneet kaikki vaihtoajan mittaamiseen liittyvät asiat.

### **4.3.3 Vaihtoaikamatriisien jakaminen esimiehille**

Esimiehille jaettiin samaan aikaan vaihtoaikamatriisit täytettäväiksi. Osastojen esimiehet kirjasivat matriiseihin tuotteiden välisiä arvioituja vaihtoajoja käyttäen hyväkseen omakohtaista kokemusta. Tarkoituksena oli saada vertailukelpoisia vaihtoajoja osastoilla kirjattujen aikojen rinnalle analysointivaihetta varten.

### **4.3.4 Seurannan aloitus**

Seuranta aloitettiin välittömästi asiakirjojen jakamisen jälkeen marraskuun 2010 alussa. Seurantaan kuului lähes päivittäinen kiertäminen osastoilla. Tällä tavoin pystyttiin kontrolloimaan kirjaamisen tekemistä. Aluksi pitikin useaan otteeseen muistuttaa vaihtoaikataulukoiden täyttämistä tietyillä osastoilla. Tosin valuosastoilla kirjaaminen oli järjestelmällistä, sillä niillä osastoilla oli ennenkin seurattu vaihtoajoja valmistuskirjausten yhteydessä. Vaihtoajojen kirjaajana toimi usein koneenhoitaja, eli esimerkiksi pakkaamossa vaihtoajan kirjasi pussituskoneen hoitaja.

Osastokierrosten ohella dataa kerättiin jatkuvasti kaikilta valuosastoilta. Tuotteiden väliset vaihtoajat laskettiin valmistuskirjausdokumentteihin merkittyjen tietojen pohjalta. Vaihtoajaka saatiin edellisen tuotteen lopetusajan ja seuraavan tuotteen aloitusajan erotuksesta. Valuosastojen vaihtoajoja kirjattiin koko syksyn ajan vaihtoaikamatriiseihin. Kaikkien muiden osastojen osalta kirjaukset tehtiin vaihtoaikamatriiseihin vasta, kun asiakirjat oli haettu.

### **4.3.5 Seurannan lopetus**

Vaihtoaikojen seuranta lopetettiin viikolla 52, jolloin kaikki asiakirjat kerättiin talteen. Myös vaihtoaikataulukoiden kirjaaminen osastoilla lopetettiin samalla viikolla. Linjakohtaisten matriisien täydentäminen asiakirjojen pohjalta aloitettiin heti vuoden 2011 alusta.

## **4.4 Analysointi**

### **4.4.1 Lopullisten vaihtoaikojen määrittäminen**

Analysointivaiheessa verrattiin keskenään esimiesten täyttämiä vaihtoaikamatriiseja ja mittaustulosten perusteella tehtyjä vaihtoaikamatriiseja. Täten vertailukelpoista tietoa oli kahdesta eri lähteestä. Mittaustuloksista laaditut vaihtoaikamatriisit jäivät osin vajaiksi. Tämä johtui lähinnä lyhyestä kahden kuukauden seuranta-ajasta ja siitä, että tiettyjen tuotteiden välisiä vaihtoja vältetään viimeiseen asti tai niitä ei kannata tehdä lainkaan kustannus- ja tehokkuussyistä.

Lopulliset vaihtoajat päätettiin osastojen assistenttien ja kokoneiden valmistustyöntekijöiden kanssa. Esimiesten täyttämät matriisit toimivat hyvinä pohjana lopullisille matriiseille. Näiden matriisien oikeellisuutta pyrittiin opinnäytetyössä arvioimaan mittauskeinoin saavutettujen vaihtoaikojen avulla. Lopulliset vaihtoaikamatriisit muotoutuivat tätä kautta. Analysointi vaati tietojen kriittistä tarkastelua, jotta vaihtoajat saatiin määritettyä tarkoiksi ja tiukoiksi.

Analysoinnin tarkoituksena oli määrittää tavoitteelliset vaihtoajat tuotteiden välille, koska tuleva tuotannosuunnittelujärjestelmä laskee optimaalisimman tuotanto-ohjelman vaihtoajat huomioiden. Lisäksi vaihtoaikoja aletaan hyödyntää manuaalisessa suunnittelussa jo ennen ohjelman käyttöönottoa. Näin ollen suunnittelukapasiteettiin asetettujen vaihtoaikojen on vastattava hyvin pitkälle osastoilla toteutuneita vaihtoaikoja.

Yleisesti valmistuslinjojen toiminta on luonteeltaan jatkuvatoimista, jolloin samaa tuotetta voidaan periaatteessa tehdä niin kauan kuin halutaan. Niinpä useimpien matriisien samaa tuotetta yhdistävään soluun tuli merkintä x. Lopullisiin matriiseihin ei merkitty myöskään välipesuja, joita saattaa syntyä tuotteen pidemmän ajon aikana, sillä välipesut ovat usein epäsäännöllisiä ja niitä on vaikea ennustaa. Lisäksi väli- ja viikkopesut voidaan määrittää tulevaan tuotannonsuunnitteluohjelmaan muuta kautta. Ainoan poikkeuksen teki raeosasto, jossa padoilla ja rummuilla valmistetut tuotteet on pakko tyhjentää laatikoihin tai altaisiin jokaisen tuote-erän jälkeen. Raeosastolla ei olekaan jatkuvatoimisia koneita, vaan tuotanto tehdään erissä.

#### **4.4.2 Osaryhmien muodostaminen**

Osaryhmien muodostaminen aloitettiin heti, kun kaikkien tuotteiden välille oli saatu vaihtoaika. Osaryhmiä muodostettiin niin puolivalmisteiden kuin lopputuotteidenkin osalta. Tarkoituksena oli löytää ominaisuuksiltaan lähellä toisiaan olevia tuotteita, sillä samankaltaisille tuotteille tehdään samat asetustoimenpiteet vaihdon aikana. Asetustoimenpiteiden ollessa samankaltaiset myös vaihtoajat ovat kestoiltaan samanpituisia. Esimerkiksi karamelliosaston box-koneella ratkaisevassa asemassa on pakkaukseen käytetty rasiakoko. Box-koneen tuotteet onkin jaettu vaihtoaikamatriisissa 320 grammaisiin ja 500 grammaisiin ryhmiin. Ryhmän sisäiset vaihdot ovat huomattavasti nopeampia kuin silloin, kun joudutaan vaihtamaan rasiakoolta toiselle. Liitteessä 2 olevat vaihtoaikamatriisi-esimerkit havainnollistavat, kuinka ryhmittely tulisi tehdä. Samankaltaiset tuotteet voidaan sijoittaa saman ryhmän alle, jolloin vaihtoajat käyttäytyvät ryhmän sisällä samalla tavalla.

Lappeenrannan makeistehtaalla tehdään satoja erilaisia tuotteita, minkä takia osaryhmien löytäminen oli välttämätöntä. Ryhmittelyn avulla lopullisista matriiseista saatiin huomattavasti selkeämpiä. Esimerkiksi pakkaamon pussituskoneiden osalta kaikki tuotteet saatiin jaettua neljään osaryhmään: kiillotettuihin, sokeroituihin, käärittyihin ja suklattuihin. Joidenkin linjojen osalta osaryhmien löytäminen oli haasteellista, jolloin matriiseista tulikin enemmän tuotekohtaisen kaltaisia. Vaikka osa tuotteista jäikin ilman ryhmää, niin tuotteet



on kuitenkin järjestetty lopullisiin vaihtoaikamatriiseihin loogisesti niiden ominaisuuksien mukaan. Uusien tuotteiden lisääminen sekä vaihtoaikojen päivittäminen on helpompaa, kun tuotteet on sijoitettu ryhmiin.

Lopulliset linjakohtaiset vaihtoaikamatriisit jätettiin valmistuspäälliköiden hyväksyttäväksi. Matriisit herättivät heti keskustelua valmistuspäälliköiden keskuudessa, mikä olikin tarkoitus. Linjakohtaiset vaihtoaikamatriisi-esimerkit ovat nähtävissä liitteessä 2.

## **5. KEHITTÄMISKOHTEET**

### **5.1 Seurannan jatkaminen tulevaisuudessa**

Nyt seuranta kannattaa ja ennen kaikkea voidaan jatkaa tulevaisuudessa, koska standarditiedot löytyvät it-järjestelmästä. Ensisijaisesti matriiseihin määritettyjen vaihtoaikojen paikkansa pitävyyden seuranta kuuluu prosessikehittäjille. Nykyisten assistenttien kannattaa olla kuitenkin seurannassa mukana, koska heillä on vankka kokemus prosesseista myös työntekijän näkökulmasta. Assistentit tietävätkin suurin piirtein, kuinka kauan kukin vaihto kestää. Tärkeintä on seurata, kohtaavatko matriiseihin merkitty vaihtoaika ja osastolla todella toteutunut vaihtoaika toisensa. Vaihtoaikamatriisien päivittäminen perustuukin tähän seurantamenetelmään.

### **5.2 Vaihtoaikamatriisien päivitysprosessi**

Vaihtoaikamatriisien päivittäminen lähtee prosessikehittäjien aloitteesta. Prosessikehittäjät seuraavat assistenttien avustuksella matriiseihin määritettyjen vaihtoaikojen todellista toteutumista osastoilla. Tässä loistavana apuna on tuotannonseurantajärjestelmä. Silloin, kun vaihtoaikojen välillä on selvä poikkeama, syy tähän pitää selvittää.

Vaihtoaikoja pitää muistaa kuitenkin tarkastella kriittisesti. Vaihtoaikamatriiseja ei voida alkaa päivittää yhden poikkeaman perusteella. Jos havaitaan kuitenkin, että jokin tuotteiden välinen vaihto tehdään systemaattisesti matriiseihin merkittävää aikaa nopeammin tai hitaammin, niin prosessinkehittäjien pitää tehdä asiasta aloite. Vaihtoajan muutosehdotus esitetään valmistuspäällikölle, joka loppujen lopuksi joko hylkää tai hyväksyy aloitteen. Tiedon hyväksytystä muutosehdotuksesta täytyy kantautua tuotannon-suunnittelijoille, jotka hoitavat tietojen päivitykset matriisien osalta. Näin viikottainen tuotannosuunnittelu pysyy ajan tasalla.

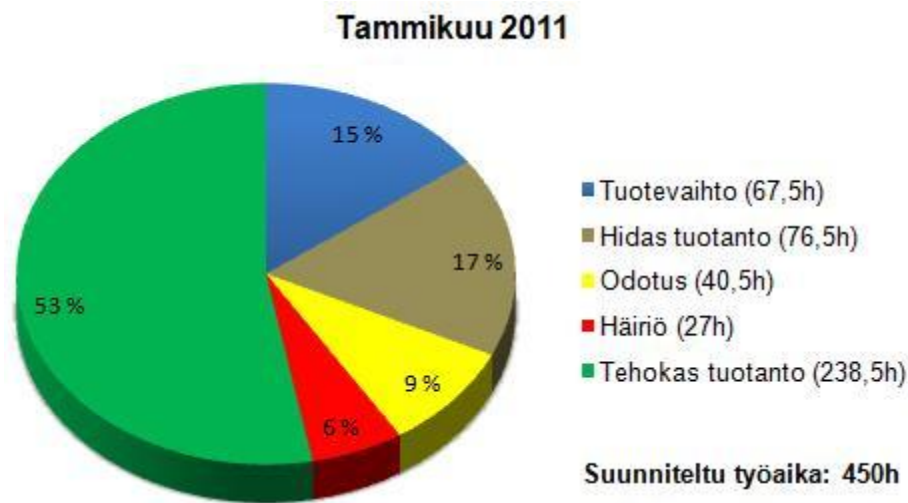
### **5.3 Vaihtoaikojen tarkistaminen**

Uuden tuotannosuunnittelujärjestelmän ja vaihtoaikamatriisien myötä tuotanto-ohjelmista saadaan tehtyä tiukat koko viikoksi, jolloin viikon loppupäähän voidaan jättää vain pakolliset lopetuspesut. Vantaan makeistehtaan tuotanto-ohjelmia ei ole tehty tiukoiksi, vaikka siellä suunnittelukapasiteetin määräyskäytäntö on ollut oikeanlainen jo vuosia. Tämä johtuu lähinnä epätarkoista vaihtoajoista, jotka ovat perustuneet vain arvioihin eivätkä todellisiin mittaustietoihin. Nyt kuitenkin Vantaallakin vaihtoajat on määritetty aiempaa tarkemmin.

Ongelmana molemmilla tehtailla on edelleen vaihtoaikojen oikeellisuuden varmentaminen. Varmentaminen on tärkeä tehdä testausvaiheessa ennen uuden tuotannosuunnittelujärjestelmän implementointia. Tällä pyritään varmistamaan, että uuteen järjestelmään syötetyt perustiedot ovat tarkkoja. Ohjelman antama data on juuri niin tarkkaa kuin siihen syötetyt perustiedot. Manuaalisessa testausvaiheessa pyritään minimoimaan myös mahdolliset ohjelmointivirheet.

Vaihtoaikojen varmentamista varten vaihtoja tulisi seurata varsinkin kriittisillä osastoilla, kuten esimerkiksi valuosastoilla, vähintään kuukauden ajan. Vaihtoaikojen seuranta tapahtuisi tuotannoseurantajärjestelmän avulla. Tuotannoseurantajärjestelmästä löytyy tarkat tilastot kapasiteetin

osatekijöiden jakautumisesta osastokohtaisesti. Seuraava kuvio havainnollistaa valuosasto x:n kapasiteetin jakautumista tammikuun osalta.



Kuvio 3 Valuosasto x:n kapasiteetin osatekijät tammikuussa 2011

Tuotannonseurantajärjestelmän ohella tammikuun tuotevaihtoja seurattaisiin manuaalisesti merkitsemällä jokainen tuotanto-ohjelmassa toteutuva vaihto Exceliin. Näihin vaihtoajat määräytyisivät linjakohtaisista vaihtoaikamatriiseista. Exceliin kerätyt vaihtoajat laskettaisiin yhteen kumulatiivisesti ja verrattaisiin vaihtojen suhdetta kokonaistuotantoaikaan, jossa huomioitaisiin vuoroprofiilit ja vapaapäivät. Näin saataisiin laskettua vaihtojen prosentuaalinen osuus kokonaistuotantoajasta lopullisten matriisien avulla. Tämän prosenttiluvun tulisi vastata mahdollisimman lähelle tuotannonseurantajärjestelmän vastaavaa lukua. Tämä tapa ei anna tarkkaa tietoa tuotekohtaisista vaihtoajoista, mutta sillä saataisiin hyvä kuva siitä, ovatko vaihtoajat keskiarvoisesti määritetty oikein. Lisäksi tämä seurantatapa ei veisi suhteettoman paljon aikaa.

Kuvio 3 osoittaa valuosasto x:n tammikuun vaihtojen prosentuaaliseksi osuudeksi 15 % koko kapasiteetista. Jos Excelistä tammikuun osalta saatu prosentuaalinen osuus vastaa mahdollisimman hyvin tätä 15 %, voidaan todeta, että linjakohtaisesti vaihtoaikamatriiseihin määritetyt vaihtoajat pitävät melko hyvin paikkansa. Vertailua varten tarvittava data kannattaa kerätä tulevien viikkojen ajo-ohjelmista, jolloin tilanteen seuraaminen on reaaliaikaista ja dataa on helpompi poimia tuotannonseurantajärjestelmästä. Tämän varmentamis-

menetelmän lisäksi uutta kapasiteetin määrittämisäytäntöä tulisi koekäyttää nykyisen määrittämisäytännön rinnalla SAP-järjestelmässä. Näin pystyttäisiin testaamaan, antaako uusi kapasiteetin määrittämisäytäntö tarkempia tuloksia verrattuna vanhaan kapasiteetin määrittämisäytäntöön. Tässä ratkaisevaan asemaan nousee linjakohtaisiin vaihtoaikamatriiseihin määritettyjen vaihtoaikojen oikeellisuus.

#### **5.4 Yleiset kehittämiskohteet**

Ilman lähtötilanteen analysointia on vaikea lähteä kehittämään mitään. Nyt kuitenkin jokaiselle linjalle laaditut vaihtoaikamatriisit antavat tarvittavan pohjan SMED-hankkeiden läpiviennille Lappeenrannan makeistehtaalla. SMED-hankkeiden käynnistäminen pitäisikin aloittaa yhteisvoimin koko tehtaalla. Kovakaramelliosastolla ja pakkaamossa kehittämistoimenpiteitä on jo aloitettu, mutta muiden osastojen osalta hankkeet ovat vasta alussa.

SMED-hankkeiden tulisi keskittyä vaihtojen nopeuttamiseen muuttamalla sisäisiä asetuksia ulkoisiksi sekä tekemällä kuvallisia vaihto-ohjeita koneiden viereen kokeneiden prosessinhoitajien avustuksella. Laajemman koulutuksen ja kuvallisten ohjeiden avulla linjojen toiminta ei ole enää niin riippuvainen kokeneista työntekijöistä. Täytyy muistaa, että pääsääntöisesti vaihtoaikojen nopeuttaminen ja sitä kautta toimintojen tehostaminen lähtee työntekijöiden motivaatiosta. Fazerin pitääkin panostaa tulevaisuudessa vielä enemmän työntekijöidensä kouluttamiseen, sillä monipuoliset taidot lisäävät mahdollisten työtehtävien määrää. Lisäksi ei pidä unohtaa työympäristöjen viihtyvyyden parantamista.

## **6. YHTEENVETO**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia linjakohtaiset vaihtoaikamatriisit Lappeenrannan makeistehtaalle. Vaihtoaikamatriisien avulla vaihtoajat saadaan erotettua kapasiteeteista. Kapasiteettien uudelleen kalkyloinnin myötä

suunnittelukäytännöt saadaan molemmilla tehtailla täysin samanlaisiksi, jolloin toimintoja on helpompi kehittää jatkossa yhteneväisesti. Vaihtoaikamatriisit muodostavat myös pohjan tulevan tuotannonsuunnittelujärjestelmän standarditiedoille sekä SMED-hankkeiden läpiviennille.

Vaihtoaikojen seuranta tehtailla on tänä päivänä erittäin tärkeää. Vain seurannan ja standardoinnin avulla asetusajojen nopeuttamiseen voidaan puuttua. Asetusaikojen nopeuttamisella on yhteys läpäisyajan lyhentämiseen, minkä takia ratkaisevassa asemassa onkin mahdollisimman monen sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi asetukseksi. Toiminnan aikajänteiden lyhentämisestä onkin tullut yksi keskeisemmistä tuotannon kehittämisen tavoitteista.

Vaihtoaikojen erottaminen kapasiteeteista tuo jatkossa tarvittavaa tarkkuutta ja näkyvyyttä tuotannonsuunnitteluun. Tehottomat prosessinosat ovat näin ollen helpompi havaita ja sitä kautta karsia kokonaan pois. Muiden tuottamattomien osatekijöiden kuin vaihtoaikojen eriyttäminen kapasiteeteista ei ole mahdollista. Varsinkin kriittisten osastojen, kuten pakkaamon ja valuosastojen, vaihtoaikojen määrittäminen oli erittäin tärkeää, sillä näillä kyseisillä osastoilla vaihtoaikojen suhteellinen osuus on suuri lyhyissä tuotantoajoissa.

Työn suunnittelu aloitettiin vaihtoaikamatriisien ja -taulukoiden laatimisesta. Tässä vaiheessa todettiin, ettei vaihtoaikoja aleta seurata kaakao-osaston, marmeladiosaston, kovakaramelliosaston käärintälinjan eikä Dumouldin rakeistusrummun osalta. Suunnitteluvaihe jatkui linjakohtaisten vaihtoaikojen määrittämisellä, minkä tuloksena syntyivät linjakohtaiset vaihtoajan mittausohjeet. Näin muodostuivat lopulliset asiakirjat. Suunnitteluvaiheen jälkeen asiakirjat jaettiin osastojen ja vaihtoaikamatriisit esimiesten täytettäväksi. Seurannan aikana valvottiin vaihtoaikataulukoiden täyttämistä sekä kerättiin dataa valuosastoilta. Vaihtoaikojen seuranta lopetettiin viikolla 52.

Analysointivaiheessa vertailtiin mittaustulosten perustella tehtyjä vaihtoaikamatriiseja ja esimiesten täyttämiä vaihtoaikamatriiseja keskenään. Analysointi tehtiin osastojen assistenttien ja kokoneiden valmistustyöntekijöiden

kanssa. Lopullisten vaihtoaikojen määrittämisen ohella tehtiin myös ryhmittelyä linjakohtaisten matriisien sisällä. Ryhmittelyn avulla vaihtoaikamatriiseista tulikin huomattavasti selkeämpiä. Lopulliset linjakohtaiset vaihtoaikamatriisit jätettiin valmistuspäälliköiden hyväksyttäväksi helmikuun 2011 lopussa.

Vaihtoaikamatriisit antavat edellytykset Lappeenrannan makeistehtaan sisäisen toimitusvarmuuden parantamiseen suunnittelutarkkuuden osalta. Tämä ei yksin riitä, vaan myös osastoilla pitää noudattaa äärimmäisen tarkasti tuotanto-ohjelmiin suunniteltuja ajoja. Vaihtoaikamatriisit antavat työntekijöillekin tietyn tavoitetason, johon on pyrittävä. Ilman minkäänlaisia tavoitetasoja työnteko osastoilla jää helposti tehottomammaksi kuin se voisi olla.

Tarkempien vaihtoaikamatriisien laatiminen olisi ajallisesti ottanut vuoden päivät. Tähän syynä ovat matriisien monimuotoisuus ja suuri lukumäärä. Useimmat vaihtoajat perustuvatkin vain arvioihin, joita tehtiin tuoteryhmittelyiden perusteella. Omat haasteensa matriisien rakentamiselle toi myös useiden varianssien sekä priimavaihdon tuomien vaatimusten huomioiminen. Kehittämiskohteissa annettiin kuitenkin ohjeita vaihtoaikojen varmentamiseksi, ja vaihtoaikojen seuranta onkin syytä jatkaa systemaattisena. Työ antaa hyvän pohjan lähteä kehittämään toimintaa SMED-hankkeen mukaisesti.

## **KUVAT**

Kuva 1 Lappeenrannan makeistehtaan tunnetuimmat makeistavamerkit, s. 9

Kuva 2 Tuotannon kokonaistehokkuuden malli, s. 13

Kuva 3 Asetusaikojen lyhentäminen, s. 21

Kuva 4 Linjakohtainen tuotantotehokkuus, s. 24

## **KUVIOT**

Kuvio 1 Tuotannonohjauksen perustavoitteiden ristiriitaisuus, s. 17

Kuvio 2 Oppimiskäyrä, s. 22

Kuvio 3 Valuosasto x:n kapasiteetin osatekijät tammikuussa 2011, s. 35

## **KAAVAT**

Kaava 1 Tuotannon kokonaistehokkuus, s. 14

## LÄHTEET

Fazer 2010. <http://www.fazer.fi/> (Luettu 6.4.2011)

Hokkanen, S. Karhunen, J & Luukkainen, M. 2002. Johdatus logistiseen ajatteluun. Jyväskylä: Kopiojyvä Oy.

Joutsenkunnas, T & Heikurainen, P. 1999. Esimiehenä palveluyrityksessä. Toinen painos. Porvoo: WSOY.

Järviö, J. Piispa, T. Parantainen, T & Åström, T. 2007. Kunnossapito. Neljäs uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Novotek Oy. Tietopaketti kokonaistehokkuudesta.  
<http://www.novotek.fi/downloads/OEEbrochurefi.pdf> (Luettu 9.3.2011)

Peltonen, A. 1998. Tuottava tehdas.  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html>  
(Luettu 22.3.2011)

Sheldon, D. 2008. Lean Materials Planning and Execution. Florida: J. Ross Publishing.

Skärvad, P-H & Bruzelius, L. 1992. Speed management - tehokkuutta, laatua ja tuottavuutta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Tiainen, J. 1996. JOT tie tulevaisuuteen ja menestykseen. Kuhmo: Kuhmon Kirjapaino Oy.

Trent, R. 2008. End-to-End Lean Management. Florida: J. Ross Publishing.

Uusi-Rauva, E. Haverila, M & Kouri, I. 1999. Teollisuustalous. Kolmas painos. Tampere: Tammer-Paino.

Villanen, H. 2009. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus OEE.  
[http://www.hannuvillanen.fi/Tuotantokoneiden\\_kokonaistehokkuus\\_OEE.pdf](http://www.hannuvillanen.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf)  
(Luettu 22.3.2011)





