



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TOIMINNANOHJAUSJÄR- JESTELMÄN DATAAN PE- RUSTUVAN TUOTANNON MITTARISTON KEHITTÄMI- NEN

TEKIJÄ: Juha Saastamoinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Juha Saastamoinen			
Työn nimi Toiminnanohjausjärjestelmän dataan perustuvan mittariston kehittäminen			
Päiväys	2.5.2019	Sivumäärä/Liitteet	37/2
Ohjaaja(t) Harri Komulainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) RD Technology Center Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää yrityksen pintakäsittelylinjalle kattava tuotannon mittaristo. Toimeksiantaja oli toimi RD Technology Center Oy, joka on konepajateollisuuden alihankintayritys. Yritys valmistaa alihankintana kaivosajoneuvoja, hitsaustuotteita sekä pintakäsittelee asiakkaiden tuotteita pulverimaalauksella. Yritys käyttää Lemonsoftin toimittamaa toiminnanohjausjärjestelmää, investoi Lean Six Sigma -kehitysprojekteihin ja käyttää DMAIC-kehitysmetodia. Nykyinen tuotannon mittaaminen on yrityksessä heikkoa, eikä tuotannonohjauksella tai kehitysprojekteilla ole käytössä luotettavaa ja toistettavaa dataa.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin mittaukseen ja mittareihin liittyviä vaatimuksia ja riskejä sekä esitettiin muutamia laajalti käytössä olevia valmiita mittaristomalleja. Työn tuloksena valmistui yrityksen käyttöön Excel Power Pivot -toiminnolla tehdyt yhdeksän pintakäsittelylinjan tuotantoa kuvaavaa graafista mittaria sekä kaksi numeerisesti esitettyä mittaria. Mittadatan koostaminen itse tilatun koostedatan sijasta sekä tuotantodatan saatavuus ja luotettavuusongelmat johtivat siihen, ettei mittaristoa saatu toteutettua siinä laajuudessa kuin alun perin oli suunniteltu.</p> <p>Nyt kehitettyjen mittareiden avulla yritys voi varautua yli viikkoa aiempaa aikaisemmin tuotannon vaihteluihin ja varata tarvittavat resurssit ajoissa käyttöönsä. Toimitusvarmuusmittareilla voidaan tarkastella toimitusvarmuuteen vaikuttavia ilmiöitä aiempaa tarkemmin: johtuuko toimitusvarmuuden aleneminen yrityksestä itsestään vai asiakas-toimittajista. Mittareista huomataan mahdollinen tuotannon ylimyynti, joka aiheuttaa toimitusvarmuuteen poikkeamia. Valmistuneet mittarit ovat jo käyttökelpoisia, mutta ne vaativat vielä viimeistelyä, jotta mitattava asia on varmasti sitä, mitä tuotantopäällikkö haluaa tietää.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyneet mittareiden pohjana olevat koostedatataulut ovat jatkossa yrityksen käytössä uusia mittareita luotaessa. Mittareita voidaan luoda, joko jatkuvaan käyttöön tai projektikohtaisiksi mittareiksi. Mittadata on analysoitavissa hyvin, kun datan koostaminen on tehty suunnitelmallisesti ja järkevästi. Koostedataan joudutaan tekemään useita apu- ja väliaikaistuloksia lopullisen mittaridatan saavuttamiseksi.</p>			
Avainsanat pintakäsittely, tuotanto, mittaus, mittari, mittaristot, kehittämisprojekti			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Juha Saastamoinen			
Title of Thesis Development of data management metrics based on ERP data			
Date	2.5.2019	Pages/Appendices	37/2
Supervisor(s) Harri Komulainen			
Client Organisation /Partners RD Technology Center Ltd			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this thesis was to develop a metrics to a company's powder coating line. The commissioner of the study was RD Technology Center Ltd. The company is a subcontracting company in the engineering industry. The company manufactures mining vehicles, welding products and powder coating products. The company uses an ERP system provided by Lemonsoft, invests to Lean Six Sigma development projects and uses a DMAIC system. The current level of measuring production is weak and a production controller or development projects do not have reliable data.</p> <p>This thesis examined requirements and risks related to measurement and gauges and presents a number of ready-made metrics models. As a result of this thesis, the company produced the graphical metrics that describes the production line. The gauges were made with the Excel Power Pivot function as well as two numerically presented meters. Collecting the passive data by myself instead of the planning ordered data collecting and the availability and reliability of the production data leads to the fact that the metrics was not implemented to the extent originally planned. With the meters developed now the company can prepare for production fluctuations and reserve the necessary resources on time more than week earlier. The reliability of delivery metrics can be used to look more closely at assessing the reliability of delivery. The metrics show a possible overselling of production which causes a deviation to the reliability of delivery. The produced metrics are already usable but they still need to be finalized.</p> <p>As a result of this thesis, data collection tables can be used by the company when creating new metrics. Measurement data can be well analyzed when data collection has been done systematically. The data collection has to perform several auxiliary and temporary results to achieve the final gauge data.</p>			
<p><b>Keywords</b> powder coating, production, gauge, metrer, metrics</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	6
3	TOIMINTAYMPÄRISTÖN KUVAUS.....	7
4	LEAN SIX SIGMA .....	11
5	LEAN SIX SIGMA JA DMAIC.....	12
6	TUOTANNON MITTADATA JA SEN KERÄÄMINEN .....	14
7	MITTARITEORIA.....	16
7.1	Hyvän mittarin kriteerit .....	17
7.2	Mittausprosessin riskit .....	18
7.3	Valmiit mittaristomallit.....	18
8	TYÖN TOTEUTUS .....	21
9	TYÖN TULOKSET .....	23
9.1	Myynnin mittari-chartit .....	24
9.2	Tuotantomittari-chartit .....	27
9.3	Toimituslaatumittari-chartit.....	30
9.4	Numeeriset mittarit .....	33
10	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	36
	LIITE 1: ALKUPERÄINEN KOOSTETUN ERP-DATAN KERÄYSSUUNNITELMA.....	38
	LIITE 2: LOPULLINEN KOOSTETAULUKKO ERP-DATASTA .....	41

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on RD Technology Center Oy. Yritys on perustettu vuonna 2012, sen toimipisteet sijaitsevat Vieremällä ja Kiuruvedellä ja se työllistää lähes 50 työntekijää. Yritys toimii asiakkaidensa alihankkijana. Sen toimiala on työkoneiden kokoonpano ja kunnostus, tuotteiden hitsaus sekä pintakäsittely pulverimaalauksella. Pintakäsittelylinjasto sijaitsee Vieremällä ja kokoonpanotilat ja hitsaamo Kiuruvedellä. Toimin yrityksessä laatuvaastaavana ja tuotannonkehitysprojekteissa yhdessä tuotantopäälliköiden ja työntekijöiden kanssa. Olen tehnyt yrityksessä myös tuoterakenteita toiminnanohjausjärjestelmään sekä ollut tuotantopäällikön sijaisena pintakäsittelylinjalla.

Tämän työn tarkoituksena on kehittää alihankintayrityksen pintakäsittelylinjalle toiminnanohjausjärjestelmän dataan perustuva tuotannon perusmittaristo. Mittarit käyttävät toiminnanohjausjärjestelmän tallentamaa SQL-dataa. Niillä voidaan tarkastella kysynnän- ja tuotantomäärien sekä toimitusvarmuuden kehittymistä aikasarjakuvaajana. Vaatimuksena on, että mittareille koostettu mittadata on nähtävillä tarkastelua varten ja data analysoitavissa tilastollisiin menetelmiin pohjautuvalla Minitab-ohjelmalla. Mittareille esitetään tunnuslukuja, käyttötarkoitus sekä arvioidaan mittareiden ja mittadatan luotettavuutta.

Yrityksen Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmä tallentaa paljon dataa. Tämän datan hyödyntäminen yrityksessä on ollut vähäistä ja ongelmallista. Toiminnanohjausjärjestelmä ei itsessään sisällä monipuolista tuotannon mittaristoa, vaan nojautuu tuotannosta luotuihin raportteihin. Raporttien perusteella kokonais kuvan saaminen tuotannosta on ollut hankalaa, eikä raporteilta saatu tieto ole suoraan analysoitavissa Minitab-ohjelmalla.

Yritys tarvitsee aiempaa parempia mittareita, koska se investoi Lean Six Sigma -kehitysprojekteihin, joissa projektin kohde ja päätökset perustuvat dataan ja sen analysointiin. Oman kokemukseni mukaan projekteista ei saada haluttua hyötyä, koska yrityksen mittaristo ei ole riittävän hyvä ja projekteissa aika menee datan käsin keräämiseen. Näin kerätty data ei välttämättä ole reliaabelia.

## 2 LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

DAX	Data Analysis Expression, Microsoftin kehittämä kaava- ja kyselykieli
DFSS	Design for Six Sigma, suunnittelumetodi
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control, Six Sigmassa käytetty kehitysmetodi
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
KPI	Key Performance Inficator, liiketoiminnan tavoitteista johdettu suorituskyvyn tunnusluku
Lean Six Sigma	Tilastotieteeseen perustuva laatujohtamisen työkalu (Karjalainen s.a. e)
Ohjauskortti	SPC:n käyttämä prosessin käyttäytymiskäyrä, ohjausrajoin (Karjalainen 2016)
Passiividata	Data kerätään mittaamalla ilman prosessin teknistä säätö (Czitrom & Spagon 1997, 63)
SPC	Statistical Process Control, tilastolliseen prosessin ohjaukseen perustuva menetelmä, pitää sisällään useita eri ohjauskortteja eli chartteja
SQL	Structure Query Language, IBM:n kehittämä kyselykieli relaatiotietokannoile

### 3 TOIMINTAYMPÄRISTÖN KUVAUS

RD Technology Center Oy:n Vieremällä sijaitseva pintakäsittelylinja on pulverimaalaustyyppinen maalauslinjasto. Tuotteet ripustetaan tuotantokelkoille ja kelkka kuljetetaan työpisteiden välillä erityisessä liukukiskostossa. Työpisteitä linjastolla on kuusi: ripustus, pesu, raepuhalluskammio, pulverointikammio, uuni sekä purku- ja pakkauspiste. Asiakkaan tuotteita ei oteta maalauslinjalla vastaan ERP-järjestelmään, vaan niille tulostetaan työmääräykset, kun tuotteet saapuvat yritykseen pintakäsiteltäviksi. Yrityksen omaa tuotevarastoa kokoonpanossa ei ole. Oletuksena on, että kaikki omaan tuotantoon valmistetut tuotteet menevät heti käyttöön.

Yrityksen käytössä oleva ERP ja tuotannossa käytössä olevan kelkkajärjestelmän yhdistäminen tuottaa ongelmia. Tuotannon perusyksikkö on tuotantokelkka, joka sisältää tuotteet, mutta käytössä oleva ERP tunnistaa tuotteet vain kappaleina. ERP-järjestelmässä tuotteiden jaottelu tuotantokelkakohtaiseksi ei ole onnistunut. Kappalekohtaiset työvaiheajat ovat määrittelemättä analysointimahdollisuuden puuttuessa. Lisäksi yhden tuotteen tuoterakenteen työvaiheet voivat sisältää sekä hitsausta, alihankintatöitä että maalausta. Tämän vuoksi tuotannon mittaaminen ja raporttien käyttö vain tietyn tuotantoyksikön osalta on ollut vaikeaa. Lisäksi tietyn tuotantoyksikön tuloksen arviointi hankaloituu, kun tuotteelle on käytössä vain yksi kokonaishinta.

Yrityksen käytössä oleva Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmä sisältää taloushallinnon, asiakkuudenhallinnan, palkka- ja henkilöstöhallinnon, logistiikan, johdon työkalut ja resurssien hallinnan osaohjelmat. Ohjelmiston avulla tuotantoa ohjataan hyödyntämällä reaaliaikaista tietoa tuotannon vaiheista ja läpimenoajoista. Tuotanto-ohjelma sisältää tuotantosuunnitelman ja työnjohdon näkymän, työntekijöiden työjonot, työajan keräämisen, työnohjauksen työntekijöille ja työajan leimauksen ja tuotantotöiden kirjaukset, tuotekonfiguroinnin ja läpimenoajan laskennan.

(Lemonsoft Oy s.a. a.)

Toiminnanohjausjärjestelmän raportit ja mittarit ovat yrityksen tuotannonohjaajien päivittäisessä käytössä. Raporteista saadaan valmistus-, toimitus- ja myyntitiedot. Kuvissa 1–2 ja kuviossa 1 on esimerkit yleisimmistä yrityksen tuotannonohjaajan käyttämistä toiminnanohjausjärjestelmän raporteista. Kuva 1 esittää tilauskantareportin, josta tuotannonohjaaja näkee tilaukset ja niiden toivotut toimituspäivät halutulta aikaväliltä.

## Tilaukanta

Ajalta: 22.04.2019 - 26.04.2019

Numero	Tilauspvm	Toimitusasiakas	Myyjä		Veroton	
<b>3837</b>	<b>31.3.2019</b>	<b>Ratesteel Oy</b>	<b>Hoffren Eeva</b>			
	<b>Koodi</b>	<b>Nimike</b>	<b>Tilattu</b>	<b>Toimittamatta Yks</b>	<b>Veroton</b>	<b>Toim.pvm</b>
	P48748_MAAL AUS	POHJAPANSSARI, ERGO, BUFFALO, WISENT, ELK, SCORPIO	10,00	10,00 kpl		26.4.2019
<b>3875</b>	<b>3.4.2019</b>	<b>Ratesteel Oy</b>	<b>Saastamoinen Juha</b>			
	<b>Koodi</b>	<b>Nimike</b>	<b>Tilattu</b>	<b>Toimittamatta Yks</b>	<b>Veroton</b>	<b>Toim.pvm</b>
	AM06019	VARUSTELAATIKKO	1,00	1,00 kpl		26.4.2019
<b>3889</b>	<b>4.4.2019</b>	<b>Ratesteel Oy</b>	<b>Hoffren Eeva</b>			
	<b>Koodi</b>	<b>Nimike</b>	<b>Tilattu</b>	<b>Toimittamatta Yks</b>	<b>Veroton</b>	<b>Toim.pvm</b>
	P59083_MAAL AUS	VARUSTELAATIKKO	1,00	1,00 kpl		25.4.2019
	P56819_MAAL AUS	TAKAKANSI	1,00	1,00 kpl		25.4.2019
	P56818_MAAL AUS	KANSILEVY	1,00	1,00 kpl		25.4.2019
<b>3897</b>	<b>5.4.2019</b>	<b>Ratesteel Oy</b>	<b>Martikainen Jussi</b>			
	<b>Koodi</b>	<b>Nimike</b>	<b>Tilattu</b>	<b>Toimittamatta Yks</b>	<b>Veroton</b>	<b>Toim.pvm</b>
	P9714	P9714 SERMI	1,00	1,00 kpl		26.4.2019
<b>3902</b>	<b>8.4.2019</b>	<b>Ratesteel Oy</b>	<b>Hoffren Eeva</b>			
	<b>Koodi</b>	<b>Nimike</b>	<b>Tilattu</b>	<b>Toimittamatta Yks</b>	<b>Veroton</b>	<b>Toim.pvm</b>
	P59083_MAAL AUS	VARUSTELAATIKKO	1,00	1,00 kpl		26.4.2019
	P56819_MAAL AUS	TAKAKANSI	1,00	1,00 kpl		26.4.2019
	P56818_MAAL AUS	KANSILEVY	1,00	1,00 kpl		26.4.2019
<b>3925</b>	<b>9.4.2019</b>	<b>Ratesteel Oy</b>	<b>Martikainen Jussi</b>			
	<b>Koodi</b>	<b>Nimike</b>	<b>Tilattu</b>	<b>Toimittamatta Yks</b>	<b>Veroton</b>	<b>Toim.pvm</b>
	AM06947	SERMI - Hydr. Fiting log gate for VLA load space	1,00	1,00 kpl		26.4.2019
	AM06953	PANKKO - VARIABLE LOAD	3,00	3,00 kpl		26.4.2019

KUVA 1. Tilaukantaraportti (Saastamoinen 2019-04-30)

Kuvassa 2 esitetystä toimituspäiväkirjasta nähdään tilausten todelliset toimituspäivämäärät ja toimitamattomat tilaukset. Toimituspäiväkirjaa tulee verrata tilaukantaraporttiin, jotta saadaan tietoa yrityksen toimitusvarmuudesta. Toimituspäiväkirjatulosteeseen voidaan valita halutut muuttujat, kuten tilausnumero, päivämäärä tai asiakas.



## Toimituspäiväkirja

Ajalta: 22.04.2019 - 24.12.2019

Tilausnumero	Päiväys	Toimitusasiakas	Tilattu Yks	Toimitettu	Toimituspv
3 750	15.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	P60353	Syöttörulla	30,00 kpl	30,00	24.4.2019
3 755	18.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	P41936_MAALA US	POHJAPANSSARI	10,00 kpl	10,00	24.4.2019
3 790	25.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	P62110_MAALA US	LETKUTELINEET	20,00 kpl	20,00	22.4.2019
3 791	25.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	P56910_MAALA US	LETKUTELINE	24,00 kpl	24,00	23.4.2019
3 798	25.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	P48748_MAALA US	POHJAPANSSARI, ERGO, BUFFALO, WISENT, ELK, SCORPIO	10,00 kpl	10,00	22.4.2019
3 811	27.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	P37661_MAALA US	PANKKOPUTKI	54,00 kpl	54,00	22.4.2019
	P59681_MAALA US	TUKILEVY	5,00 kpl	5,00	22.4.2019
3 812	27.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	270569_MAALA US	JATKOPUTKI	200,00 kpl	200,00	25.4.2019
3 819	28.3.2019	Ratesteel Oy			
	Koodi	Nimike			
	P59719_MAALA US	PUSKULEVY	2,00 kpl	2,00	24.4.2019

Kuva 2. Toimituspäiväkirja (Saastamoinen 2019-04-30)

Kuviossa 1 olevassa toimitusvarmuusraportissa toimitukset jaotellaan kolmeen ryhmään: ajallaan toimitettuihin, alle viisi päivää myöhässä toimitettuihin ja 6–15 päivää myöhässä toimitettuihin tilauksiin. Raportti tarkastelee vain kokonaisia tilauksia eikä tilausrivejä, minkä vuoksi raportti ei suoraan kerro todellista toimitusvarmuutta. Lisäksi raportista puuttuvat yli 15 päivää myöhässä toimitetut tilaukset.

## Toimitusvarmuus

Ajalta: 22.04.2019 - 24.04.2019



1. Ajallaan
2. Myöhässä alle 5 pv
3. Myöhässä alle 15 pv

KUVIO 1. Toimitusvarmuusraportti (Saastamoinen 2019-04-30)

Raportit auttavat tuotannonohjaajaa seuraamaan päivittäistä toimintaa, mutta tapahtumien kehittymistä ajan suhteen raporteista ei näe. Tieto on raporteilla esitetty ja tallennettu siten, ettei niistä

saatua informaatiota voida suoraan analysoida, vaikka raporttien tarkoitus onkin aivan toinen kuin toimittaa tietoa analysoitavaksi.

## 4 LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma -menetelmä tarjoaa keinoja yrityksen tuloksen- ja toiminnan parantamiseen. Menetelmällä voi lyhentää jakso- ja läpimenoaikoja, lisätä myyntiä, vähentää ja eliminoida tuotteissa, palveluissa ja tuotantoketjussa olevia virheitä ja vikoja sekä vähentää kustannuksia. Lean Six Sigma ei ole vain yksittäinen työkalu vaan laaja kattaus erilaisia työkaluja. Se onkin merkittävä johtamis- ja kehittämismenetelmä. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. b.)

Six Sigma on ollut olemassa 1990-luvulta lähtien. Lean ja Six Sigma yhdistettiin vuonna 2002 ja näin saatiin entistä tehokkaampi Lean Six Sigma -kombinaatio. Se yhdistää Six Sigma -laatutason ja Leanin nopeuden aiempaa tehokkaammaksi kokonaisuudeksi. Lean Six Sigma -menetelmässä yhdistyvät prosessi- ja tuoteosaaminen, ammattitaito ja tiede. Tämä mahdollistaa systemaattisen prosessin parantamisen (DMAIC) ja tuotteen suunnittelun (DFSS). Lean Six Sigma työkalujen osaava käyttö synnyttää innovaatioita. Lean-menetelmä vähentää monimutkaisuutta ja virtauttaa prosessia tunnistamalla ja eliminoimalla tuotannon hukkalähteitä. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. a; Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. e.)

Lean Six Sigma -koulutusta tarjotaan kaikkiaan viidellä eri asteella eli beltillä:

**White Belt:** Koulutuksen kesto on kaksi tuntia, ja se antaa yleistiedon henkilöille, joiden organisaatioissa aiotaan käyttää Lean Six Sigma työkaluja (HRD Finland s.a.)

**Yellow Belt:** Kesto on kaksi päivää ja aineisto 275 sivua. Koulutus ei sisällä projektia. Se antaa yleistiedon henkilöstölle, jotka toimivat Lean Six Sigma -projektitiimeissä. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. d.)






**Green Belt:** Koulutuksen kesto on kahdeksan päivää, aineisto tuhat sivua ja se sisältää kehitysprojektin. Tämä koulutusaste valmentaa Lean Six Sigma -menetelmään ja tutustuttaa tilastolliseen ongelmanratkaisuun. Koulutuksen suorittaneet voivat toimia suurissakin projekteissa Black Belt -projektitiimeissä ja johtaa myös tarkasti fokuoituja parannusprojekteja itsenäisesti. (HRD Finland s.a.)

**Black Belt:** Kesto on 23 päivää ja aineisto 3900 sivua. Koulutus valmentaa kehittäjän tilastollisen ongelmanratkaisun tietotaidon ja laatuteknologian ammattilaiseksi. Koulutuksen suorittaneet johtavat ja organisoivat jatkuvasti merkittäviä kehitys- ja parannushankkeita organisaatiossa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. d.)

**Master Black Belt:** Koulutuksen suorittaneet ovat tyypillisesti Lean Six Sigma -ammattilaisia, jotka opettavat, mentoroivat ja tarjoavat valmennusta sekä apua Black Belteille ja Green Belteille. Heillä on erittäin vahva tilastollisten menetelmien osaamistaso, tekniset taidot ja kokemus Lean Six Sig-masta. He ovat saaneet johtamiskoulutuksen ja hallitsevat muutosjohtamisen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. f.)

## 5 LEAN SIX SIGMA JA DMAIC

Lean Six Sigmaan keskeisesti liittyvän ongelmanratkaisumenetelmän DMAICin avulla on mahdollista paikantaa systeemistä prosessin suorituskykyä parantavia tekijöitä ja muuttaa niitä. DMAIC on lyhenne, joka tulee sanoista *define, measure, analyze, improve* ja *control*, suomeksi määrittely, mitaus, analysointi, parannus ja ohjaus. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. c.) Kuviossa 2 on esitetty DMAIC-ongelmanratkaisuprosessin vaiheiden nimet.

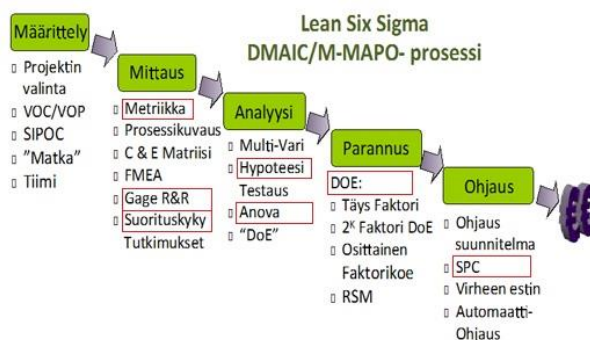
PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA		
Lean Six Sigman vaiheet	Prosessin parannus	Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu
 <b>1. MÄÄRITTELY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista ongelma</li> <li>Määrittele vaatimukset</li> <li>Aseta tavoite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat</li> <li>Määrittele tavoite/muutos visio</li> <li>Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset</li> </ul>
 <b>2. MITTAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kelpuuta ongelma/prosessi</li> <li>Viimeistele ongelma/tavoite</li> <li>Mittaa avainkohdat/inputit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittaa vaatimusten suorituskyky</li> <li>Kerää prosessin hyötysuhteen määrittäessä tarvittavaa dataa</li> </ul>
 <b>3. ANALYSOINTI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo syy-seuraus hypoteesi</li> <li>Tunnista keskeiset ydinsyyt</li> <li>Kelpuuta hypoteesit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista "paras käytäntö"</li> <li>Arvioi prosessisuunnitelmaa               <ul style="list-style-type: none"> <li>arvon/ei-arvon lisäys</li> <li>pullonkaulat/katkokset</li> <li>vaihtoehtoiset "polut"</li> </ul> </li> <li>Viimeistele vaatimuksia</li> </ul>
 <b>4. PARANNUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan</li> <li>Testaa ratkaisu</li> <li>Standardisoi ratkaisu</li> <li>Mittaa tulos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittele uusi prosessi               <ul style="list-style-type: none"> <li>haasteelliset oletukset</li> <li>käytä luovuutta</li> <li>virtausperiaate</li> </ul> </li> <li>Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit</li> </ul>
 <b>5. OHJAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskyvyn</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>

KUVIO 2. Prosessin parannus Lean Six Sigmallalla (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. c.)

Määrittelyvaiheessa tunnistetaan ongelma ja asetetaan ja rajataan tavoite. Mittausvaiheessa vahvistetaan ongelma, tunnistetaan potentiaaliset ongelman aiheuttajat ja varmistetaan mittadatan laatu. Analysointivaiheessa käytetään dataa. Kerättyä tietoa tutkitaan ja selvitetään, mitkä prosessin tekijät aiheuttavat ongelman. Parannus- ja optimointivaiheessa ratkaistaan ongelma ja testataan tekijöitä kokeellisesti. Ohjaus- ja valvontavaiheessa luodaan järjestelmä, jolla varmistetaan saavutetun tilan säilyminen parannusprojektin jälkeen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. c.)

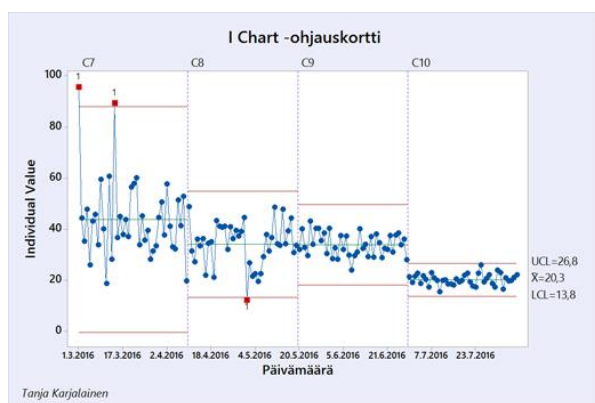
DMAIC tuo yritykseen järjestelmällisen tavan ratkaista ongelmia ja kehittää liiketoimintaa. Menetelmä perustuu seulantekniikkaan, jonka avulla edetään loogisesti kohti juurisyitä. Aluksi menetelmässä keskitytään ongelman kuvaamiseen ja syyehdokkaiden nimeämiseen. Tämän jälkeen syytekijöistä optimoidaan tekijät ja prosessia parannetaan muuttamalla tekijät optimin mukaisesti. Tuloksena saadaan entistä laadukkaampi ja parempi prosessi, lopputuote tai palvelu. (Quality Knowhow Karjalainen Oy s.a. c.)

Kuviossa 3 on esitetty merkittäviä Lean Six Sigma -projektin työkaluja. Työkaluista SPC on aikasarjakuvaaja. Kuvaajassa näkyvät prosessin ohjausraajat, jotka auttavat määrittämään prosessin stabiisuutta.



KUVIO 3. Lean Six Sigma DMAIC-prosessi (Karjalainen 2016.)

Kuviossa 4 esitetty I Chart -ohjauskortin kuvaaja on SPC-kuvaaja. Kuvaajan aikasarjasta nähdään systeemin mittausarvot, ohjausrajat ja erityissyyarvot eli poikkeamat. Ohjauskortteja ja SPC-kuvaajia voidaan käyttää esimerkiksi yritysten laadunparannustyössä.



KUVIO 4. I Chart -ohjauskortti (Karjalainen 2016.)

Kokemukseni mukaan jos projektin määrittely- ja mittausvaiheet epäonnistuvat tai ne ovat muutoin epätarkkoja tai puutteellisia olemattoman mittadatan vuoksi, kehitysprojektin onnistumisen todennäköisyys on pieni ja tulosten parannuksen suuruus kyseenalainen. Käsin kerätyssä datassa voi olla puutteita, dataan voidaan tehdä tulosten esikarsintaa, eikä näin kerätyn mittadatan oikeellisuutta eli reliabiliteettia voida varmistaa ilman suuritöistä tai jälkeenpäin joskus jopa mahdotonta uudelleenkeräystä. Yrityksellä tulee siis olla käytössä luotettavat mittadatan keräysmenetelmät ja hyvät mittarit, jotta kehitysprojektit kohdistuvat oikeasti ongelmakohtiin ja projekteista saatu hyöty voidaan mitata paremmin ja tarkemmin.

## 6 TUOTANNON MITTADATA JA SEN KERÄÄMINEN

Passiividataa kerätään, jotta voidaan nähdä prosessin ja laitteiden nykyinen suorituskyky ja löydetään mahdolliset tuotannon kehitysalueet. Dataa voidaan käyttää tuotantoprosesseissa osoittamaan vaihtelun lähteet, näytteenotto suunnitelmien arviointiin, saavuttamaan ajan myötä stabiilisuus, määrittämään, onko prosessin vaihtelu riittävän pientä, jotta prosessissa saavutetaan riittävä suorituskyky, sekä määrittämään tulevien kehitysprojektien aihealueet. (Czitrom ja Spagon 1997, XIV-XV.)

On tärkeää ymmärtää prosessien ja laitteiden nykyinen olemus ja tila, jotta niitä voidaan kehittää. Datan keräys on systemaattinen lähestymistapa analysointiin, jolla prosessien ja laitteiden nykyinen suoritustaso on saavutettu. Termi ”passiivinen” kuvaa sitä, että data kerätään ilman prosessin teknistä säätöä, pois lukien ne säädöt, jotka kuuluvat normaaleihin tuotannon toimiin. (Czitrom ja Spagon 1997, 63.)

Passiividatalle on olemassa useita käyttökohteita:

- prosessimuuttujien välisten vuorovaikutusten huomaaminen,
  - lähtötason arvion muodostaminen stabiilisuudesta ajan suhteen,
  - lähtötasoarvion muodostaminen siitä, mikä on suorituskyky prosessispesifikaatioiden suhteen,
  - vaihtelulähteen ymmärtäminen,
  - tehokkaan näytteenotto suunnitelman muodostaminen,
  - kehityskohteiden osoittaminen ja
  - optimoinnin ja kehitystoimien suunnan määrittäminen käyttäen apuna tilastollisia kokeita.
- (Czitrom ja Spagon 1997, 63.)

Tuotannon mittadataa voidaan siis hyödyntää monin tavoin. Ennen tilastollisia kokeita data voi auttaa määrittämään kokeiden kohteita, identifioimaan ne alueet, jotka vaativat kehittämistä ja osoittaa ne muuttujat, joilla kehitys saavutetaan. Tilastollisten kokeiden jälkeen dataa voidaan käyttää varmistamaan kokeiden tulos. Koostettua passiividataa voidaan hyödyntää myös prosessien suorituskyvyn määrittämisessä luotettavuuteen liittyvissä kehitystoimissa. Dataa voidaan hyödyntää myös prosessien ohjausrajojen asettamisessa laatutauluihin. Kun laatutauluja käytetään pääasiassa prosessin vaihtelun on-line valvontaan, passiividataa voidaan käyttää off-linenä vähentämään prosessin vaihtelua identifioimalla suuri joukko vaihtelun lähteitä, joita voidaan kehittää. Valvontataulujen käytön yhteydessä voidaan osoittaa prosessin kehitysmahdollisuuksia passiividatan avulla. (Czitrom ja Spagon 1997, 63.)

Suorituskykymittarit eli KPI-mittarit ovat hyviä työkaluja, kun yhtiö hakee toiminnallisia parannuksia. Tunnuslukuja sekä mittareita valitessa tulisi huomioida viisi seikkaa:

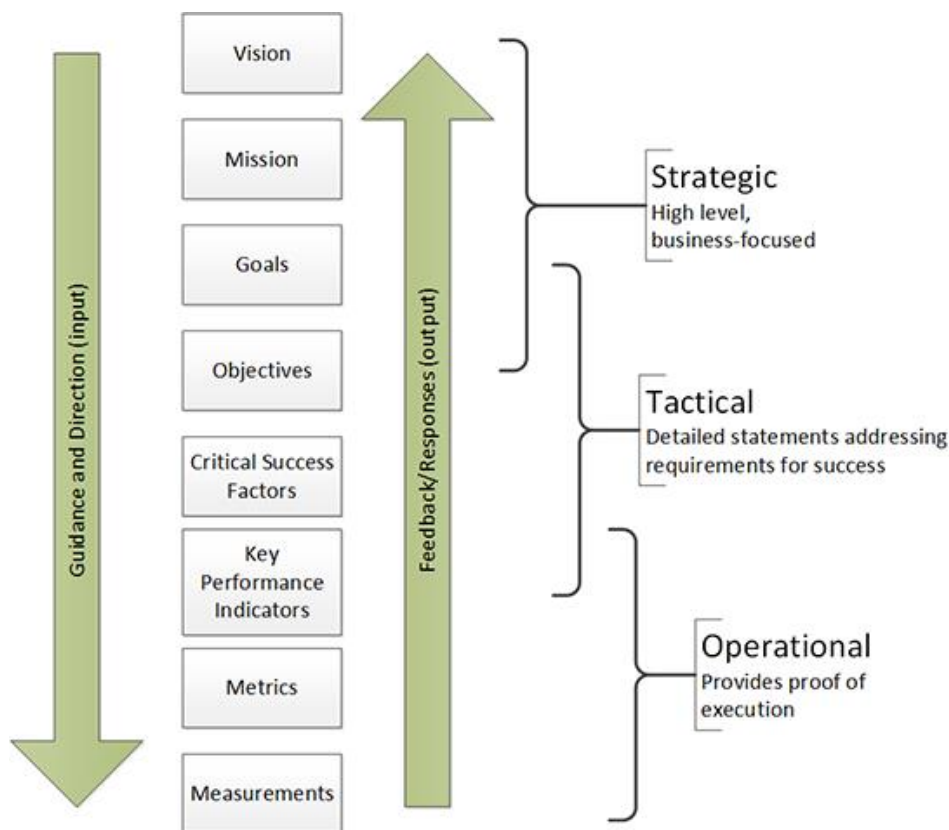
- Keskitytyään vain muutamaan tärkeään mittariin, jotta organisaatiolle ei jää epäselväksi, mitkä mittarit ovat tärkeitä.
- KPI-mittareiden tulee kertoa strategisten tavoitteiden kannalta tärkeimpien osien suorituskyvystä.

- Usein suorituskykyä mitataan vain tuloslaskelman tasolla. Yrityksessä tulee luoda mittareita, joihin työntekijät voivat suhteuttaa itsensä eikä mittari jää työntekijälle etäiseksi.
- Yrityksessä tulee varmistua siitä, että mittausjärjestelmä tuottaa ajantasaista ja luotettavaa tietoa päätöksenteon tueksi.
- Kun valitaan KPI-mittareita ja annetaan niihin liittyvät tavoitteet tietyn henkilön vastuulle, täytyy vastuuhenkilöllä olla riittävät keinot tavoitteiden saavuttamiseen. Yrityksessä tuleekin varmistua siitä, että vastuuhenkilöt voivat tehdä tarpeellisia muutoksia, jotta tavoitteet saavutetaan, jolloin on valittava sellaiset mittarit, joiden toteumaan vastuuhenkilöiden omilla toimenpiteillä on todella vaikutusta. (Piatt 2012.)

## 7 MITTARITEORIA

Yrityksen toiminnot muodostavat prosesseja, jotka tuottavat yrityksen asiakkaille tuotteita ja palveluita tiettyyn aikaan ja paikkaan, oikean määrän ja tilatun laatusena sekä sen hintaisena kuin on sovittu. Nämä erilaisten tehtävien ketjut alkavat jostakin ja päättyvät asiakkaaseen. Yrityksen tavoitteena on tehdä asiat kerralla oikein, mutta aina tämä ei onnistu. Toiminnot ovat harvoin täydellisiä. (Spiik s.a.)

Mittaria varten täytyy olla määritelty suure, jota mitataan. Mitä ei voida määritellä, sitä ei voida mitata. Valitun suureen tulee siis olla sellainen, että sitä pystyy mittaamaan. Mitä ei voida mitata, sitä ei voida hallita eli kontrolloida. Asiaa, jota ei voida hallita, ei voida parantaa, ja siten ei voida myöskään saada lisäarvoa. Mittareiden pohjana olevat mitattavat suureet ovat siis kaiken kehityksen perusta. Mitattavat suureet ja mittarit eivät kuitenkaan yksin riitä. Lisäksi tarvitaan tunnuslukuja, joita lasketaan mittareiden ja datan perusteella. Tunnusluvut ovat niitä seikkoja, jotka tuovat toimintaan hallittavuutta. Niiden tulee olla sellaisia, jotka tukevat yrityksen strategiaa. Tällöin voidaan sanoa, että hyvät mitattavat suureet, hyvät mittarit ja oikeat tunnusluvut ovat se kokonaisuus, jolla yrityksen toimintaa saadaan vietyä eteenpäin silloin, kun ne tukevat yrityksen strategiaa. Kuvio 5 havainnollistaa tätä ketjua. Mittaustulos on tuotantotoimista kerätyn toiminnan numeerinen ilmaus ja mitaaminen on suorituskykyyn liittyvää laskentaa. Mittari perustuu toistuvaan mittaamiseen. (Gray 2017.)



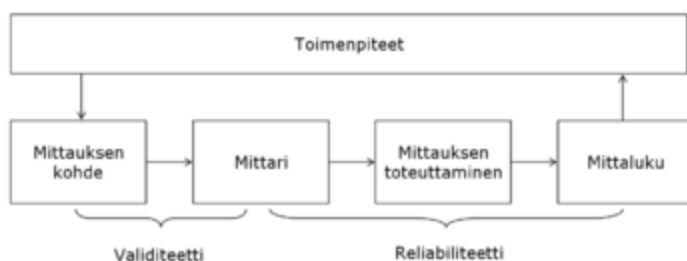
KUVIO 5. Balanced Scorecard -mekanismi (Gray 2017)



## 7.1 Hyvän mittarin kriteerit

Tunnusluvut tuotetaan yleensä mittaamalla tai arvioimalla. Mittaamisella saadaan tietoa mittauskoh- teesta ohjaustarpeita varten. Mittaamisessa on kolme vaihetta mittauksen määrittely, eli mittarin merkityksen kertominen, mittarin valinta ja kaavan muotoilu ja mittaaminen eli mittaustulosten tuot- taminen. (Saari 2006, 40.)

Jotta mittauksia voidaan järkevästi toteuttaa ja mittauksen luotettavuutta voidaan arvioida, on mit- taajalla oltava selvä käsitys mittauksen kohteesta ja tarkoituksesta ennen mittauksia. Mittauksen tar- koituksena on saada lisäarvoa ja mittaamiseen vaikuttavat tekijät hallintaan, jotta organisaatio voi varmistaa menestyksen. Mittaamisessa on erilaisia ominaisuuksia, joita analysoidaan erikseen. Kuvio 6 havainnollistaa tunnuslukujen tuottamista ja niiden käyttöä ojauksessa. (Saari 2006, 40–41.)



KUVIO 6. Tunnuslukuohjauksen periaate (Saari 2006, 41)

Mittausteoriassa on määritelty hyvän mittaamisen ominaisuudet. Niistä voidaan valita sopivat tun- nuslukuohjaukseen. Hyvän mittauksen tulee olla relevantti, validi, reliabeeli, ymmärrettävä ja edulli- nen:

- Mittauksessa on ensimmäiseksi tehtävä mittauskohteen ja mittauksen tarkoituksen määrittely. Mittaus on relevanttia, kun siitä koituu hyötyä.
- Validiteetti eli mittarin tarkkuus tarkoittaa sitä, mitaako mittari sitä, mitä sen halutaan mitatta- van.
- Mittaustulos on reliabeeli eli luotettava, jos mittauksen perusteella tehtävät päätelmät eivät vaihtele mittarin arvon erilaisilla määrittämistavoilla. Luotettavan mittauksen tuloksiin eivät vai- kuta satunnaistekijät, kuten mittaja tai mittaolosuhteet.
- Ymmärrettävä mittari on mahdollisimman yksinkertainen. Mittaustuloksen käyttäjän tulee ym- märtää mittauksen syntymekanismi.
- Hyvä mittaus tuottaa enemmän lisäarvoa kuin tuottaa kustannuksia. Mittaaminen merkitsee aina kustannuksia, ja hyötyjen tulee olla kustannuksia suurempi. (Saari 2006, 40–43.)

Toiminnanohjauksessa termeillä on paljon synonyymeja, mikä aiheuttaa sekaannusta. Kuviossa 7 esitetään yhteenveto mittauksessa käytetyistä synonyymeista.



KUVIO 7. Mittaustermien synonyymit (Saari 2006, 38.)

## 7.2 Mittausprosessin riskit

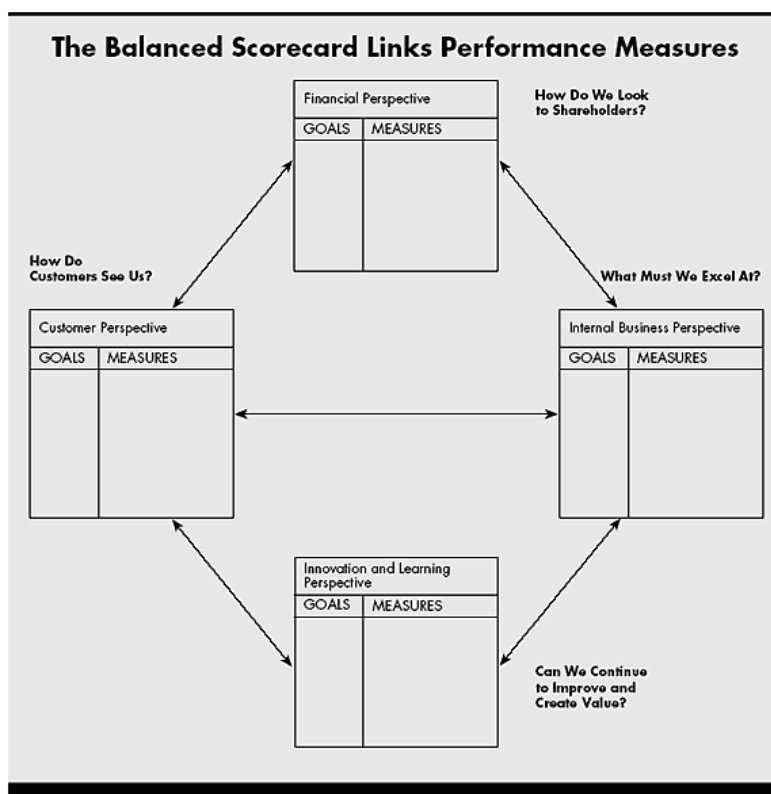
Mittaukseen kohdistuu paljon riskejä, jotka tulee ottaa huomioon. Riskit liittyvät mitattavaan kohteeseen, ilmiön tai käsitteen määrittämiseen, itse mittariin, saatuun tunnuslukuun ja tunnusluvun tulkintaan. Mittausprosessin riskejä voidaan kartoittaa validiteetin, reliabiliteetin ja relevanssin kautta. Mittauksen informaation luotettavuudesta voidaan varmistua huomioimalla mittausprosessin sisältämät riskit. (Sinervo 2011, 94–96.)

Sinervo (2011, 188) viittaa Smithiin (1995), jonka luokittelun pohjalta voidaan muodostaa seitsemän mittausprosessiin liittyvää riskiä: Tunnelinäkemyksessä keskitytään liikaa vain mitattaviin tekijöihin, jolloin toiminnan muut tärkeät tekijät unohtuvat. Osoptimoinnissa toiminnan strategia unohtuu ja keskitytään vain johdon omien tavoitteiden saavuttamiseen. Lyhytnäköisessä toiminnassa keskitytään vain lyhyen aikavälin asioihin, jolloin pitkävälin aikavälin tapahtumat jäävät huomioimatta. Tämä saattaa näkyä mittareiden tuloksissa vasta vuosien päästä. Konvergenssi tarkoittaa sitä, että keskitytään mitattavan alueen optimointiin sen sijaan, että toimintaa kehitettäisiin kokonaisuudessaan. Tylsistyminen ilmenee haluttomuutena kokeilla uusia ja innovatiivisia menetelmiä, ja pelaamisessa toimintaa muutetaan toiseksi jonkin strategisen edun saavuttamiseksi. Vääristely tuottaa taroituksellisesti virheellistä tietoa.

## 7.3 Valmiit mittaristomallit

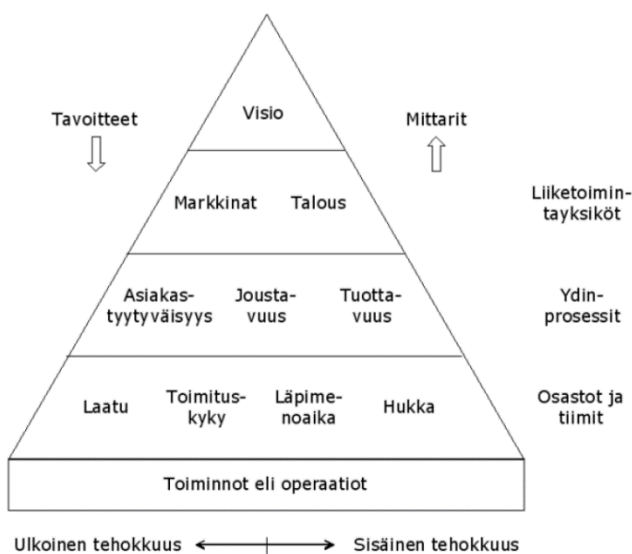
Suorituskyvyn analysointia ja johtamista varten on kehitetty useita erilaisia mittaristomalleja. Tällaisia ovat muun muassa kansainvälisesti tunnetut Balanced Scorecard, suorituskykypyramidi sekä SAKE-mittaristomalli. Kaikki nämä perustuvat yrityksen strategiaan ja oikein toteutettuna antavat selkeän kokonaiskuvan yrityksen suorituskyvystä eri osa-alueilla. (Rantanen ja Holtari 1999, 44–45.)

Balanced Scorecard on järjestelmä, jonka Kaplan ja Norton kehittivät pohjoisamerikkalaisten suuryritysten tarpeisiin vuonna 1992. Mittaristo pyrkii antamaan tasapainoitettua kuvaa suorituskyvystä. Se koostuu neljästä osa-alueesta, mikä näkyy kuviosta 8. Osa-alueita ovat taloudellisuus, asiakas, sisäiset prosessit ja innovatiivisuus ja oppiminen. Mittaristolla pyritään etsimään tasapaino näiden näkökulmien välille. (Rantanen ja Holtari 1999, 45.)



KUVIO 8. Balanced Scorecard (Kaplan ja Norton 1992, 72)

Lynch ja Cross kehittivät suorituskykypyramidin Judsonin vuonna 1990 kehittämän idean pohjalta. Mallissa on ajatuksena esittää asiakkaan tarpeet pyramidissa hierarkisesti ylhäältä alaspäin. Mittaristo on vastaavasti esitetty pyramidissa juuresta alaspäin. Pyramidi on viisitasonen alkaen yksilöstä edeten yrityksen strategiaan ja visioon. Lisäksi pyramidi on jaettu pystytasossa kahteen osaan, ulkoiseen ja sisäiseen tehokkuuteen. Kuviossa 9 on nähtävissä suorituskykypyramidin osa-alueet. (Rantanen ja Holtari 1999, 45–46.)



KUVIO 9. Suorituskykypyramidi (Lynch ja Cross 1995, 65)

SAKE on suorituskyvyn analysointijärjestelmä pkt-yrityksille. Se on Lappeenrannan teknillisen yliopiston kehittämä ilmainen Excel-pohjainen työkalu, jonka avulla yritykset voivat rakentaa itselleen kattavan suorituskykymittariston. Sovelluksen kehittäminen on aloitettu vuonna 2000 ja viimeisin päivitys on tehty vuonna 2014. SAKE-sovellus kokoaa yrityksen suorituskyvyn yhdeksi kuvaavaksi arvosa-naksi. Mittaristo sisältää enimmillään 36 mittaria, siten että mittareissa on kuusi osa-aluetta ja kuusi mittaria kutakin osa-aluetta kohden. Mittaristo perustuu suorituskykymatriisiin. (Lappeenrannan tek-nillinen yliopisto s.a.)

Rantanen ja Holtari (1999, 49–50) viittaavat Sinkin (1985) kirjassaan esittämään tekniikan yrityksen suorituskyvyn ja tuottavuuden analysointiin. Multi-Criteria Performance / Productivity Measurement Technique, suorituskykymatriisi eli tuottavuusmatriisi on Balanced Scorecardin ja suorituskykypyra-midin ohella käytetyimpiä mittaristoratkaisuja. Suorituskykymatriisi on tekniikka, jonka avulla yritys voi kehittää itse haluamansa suorituskykymittarit. Menetelmä sallii yhdistellä erilaisia mittareita. Tau-lukossa 1 on esitetty esimerkki suorituskykymatriisista.

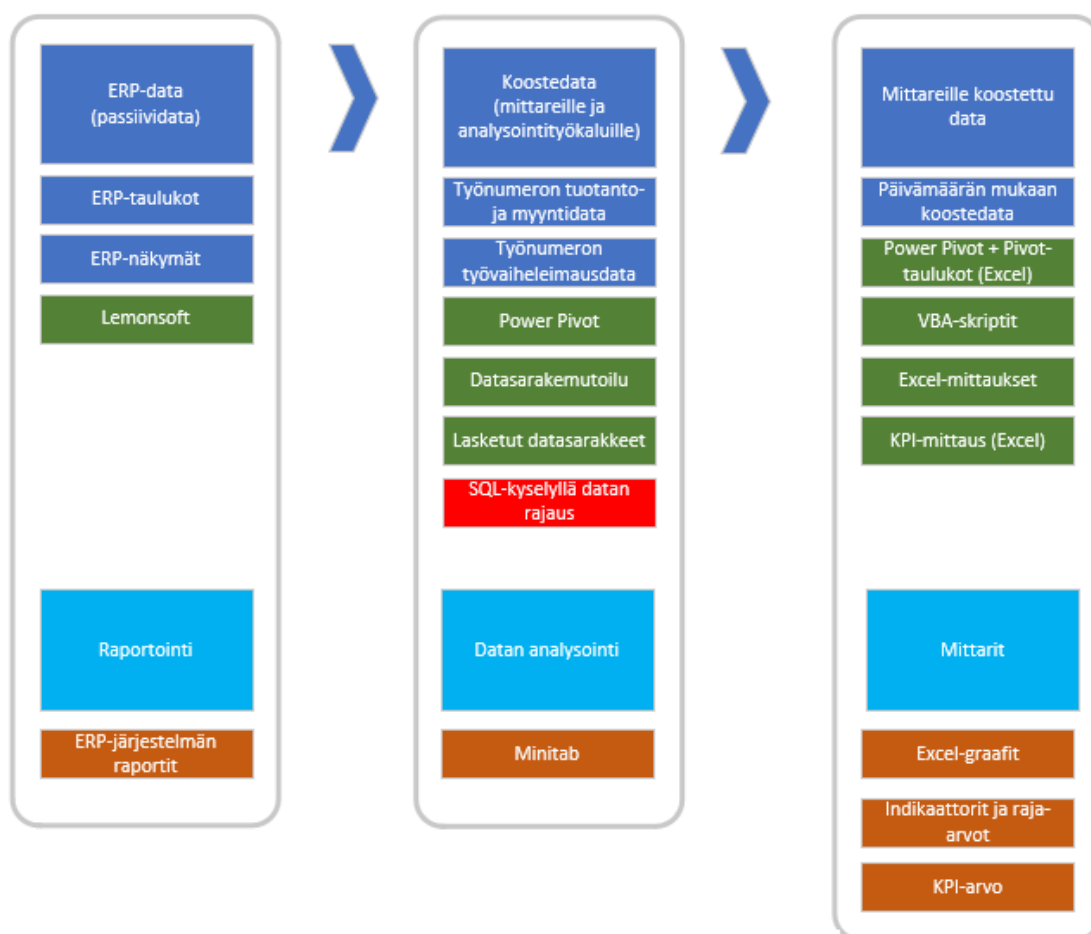
TAULUKKO 1. Esimerkki suorituskykymatriisista (Rantanen ja Holtari 1999, 50)

	Suorituskyky- tekijä					Pisteet
	Tuottavuus	Laatu	Työturvallisuus	Kannattavuus	Toimintusvarmuus	
Mittari	Valmistuneet yksiköt/työtunnit	Myyntikelpoiset yksiköt/valmistuneet yksiköt	Ommetornauksissa menetetyt työtunnit	ROI	Ajoissa toimitetut tilaukset/kaikki tilaukset	
Kauden tulokset	6325	94,1 %	214	12,8 %	95,2 %	
	8000	100 %	0	19 %	100 %	10
	7600	99 %	25	17,5 %	99 %	9
	7250	98 %	60	16 %	98 %	8
	6950	96,5 %	90	14,5 %	97 %	7
	6700	95 %	115	13 %	96 %	6
	6500	93 %	140	11 %	95 %	5
	6340	91 %	165	9 %	94 %	4
	6220	88,5 %	190	7 %	93 %	3
	6140	86 %	205	5 %	92 %	2
	6060	83 %	220	3 %	91 %	1
	5990	80 %	240	1 %	90 %	0
Vertailutulokset	3	5	1	5	5	Tulos pis-teinä
	20	25	10	15	25	Painoarvot
	60	125	10	75	125	Painotettu tulos
	Suorituskykyindeksi					<b>395</b>

## 8 TYÖN TOTEUTUS

Mittaussuunitelmaa tehdessäni oli selvää, että tuotannon passiividataa on yrityksellä runsaasti, mutta mittadataa selkeässä, koostetussa muodossa niukalti. ERP-data on hajallaan useissa eri SQL-tauluissa, joita toiminnanohjausjärjestelmän raportit ja tuotannonäkymät käyttävät. Passiividatan keräys on päivittäistä tuotannon mittadatan keräystä ERP-järjestelmällä. Sitä ei voida suoraan hyödyntää mittareissa ja analysoinneissa, vaan dataa joudutaan koostamaan.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltu koostedata mittareille on liitteessä 1. Tätä koostedatata voidaan käyttää useiden tuotannon mittareiden pohjana niin, että vain yksittäisiä lisätietoja joudutaan lisäämään myöhemmin kehitettäville mittareille. Valmis mittadatakysely tilattiin toiminnanohjausjärjestelmän toimittajalta, mutta sitä ei saatu. Tästä syystä lopulta kehitetty koostedatataulukko on alun perin suunniteltua suppeampi. Lopullinen koostedata on liitteessä 2. Tämä on kuitenkin riittävän laaja, jotta tuotannon mittareita voidaan tehdä. Kuviossa 10 on esitetty kaavio datan keräämisen vaiheista ja koostetun datan hyödyntämisestä. Ensimmäisen datan koostamisen jälkeen voidaan muodostaa Power Pivot -kuvaajia ja analysoida datataa ulkoisilla ohjelmilla. Mittareille koostettua päivämäärän mukaista dataa voidaan esittää päivämäärän mukaisilla Excel-graafeilla ja näistä muodostetuille mittareille voidaan asettaa indikaattorit ja KPI-arvot.



KUVIO 10. Datan keräämisen askeleet ja datan käyttökohteet

Toteutettavaksi on valittiin sellaisia tuotannon mittareita, jotka ovat yrityksen pintakäsittelylinjan tuotannonohjaukseen soveliaita ja joiden data on luotettavaa ja saatavilla toiminnanohjausjärjestelmästä. Työ rajautui mittadatan omatoimisen koostamisen ja datan osittaisen epäluotettavuuden vuoksi sellaisiin mittareihin, joiden data saadaan pääsääntöisesti työvaiheleimuksiin, tuotannon töihin ja töiden toimituksiin liittyvistä SQL-datatauluista. Pohjatietoa kerättiin kahdessa aiemmassa projektissa, joissa tutustuttiin käytössä olevan toiminnanohjausjärjestelmän hyötykäyttöön Power BI -alustalla. Datan koostamiskaavion muodostaminen ja mittareiden graafisen ilmeen toteutus muotoituivat työtä tehdessä.

Alkuperäinen suunnitelma oli tuottaa mittarit Microsoft Power BI Desktop -alustalle, joka oli tuttu jo aiempien projektien pohjalta. Power BI -alustalla mittadatan kerääminen eri lähteistä ja datan koostaminen on helppoa ja aikaskaalautuvan graafisen mittarin tuottaminen on vaivatonta. Power BI:n käyttämä tallennusmuoto aiheutti kuitenkin työn edetessä ongelmia, kun mittadataa analysoitiin erillisellä Minitab-ohjelmistolla, joka on tilastollisen analyysin tekemiseen tarkoitettu sovellus. Power BI:n tiedonsiirtoon käyttämä CSV-tiedostoformaatti, alustan käyttämä tietoerotinmerkki ja amerikkalaisytylinen merkintä desimaaliluvuille aiheutti sen, että Minitab ei tunnistanut kaikkia lukuja, aikamääreitä ja mittayksiköitä oikein. Datan siirron jälkeen kului runsaasti aikaa ennen kuin kerätty data lopulta oli analysoitavissa, kun yksiköt, päivämäärät ja kellonajat oli asetettu oikein. Lisäksi Power BI:n graafisten mittareiden kirjasto ei vielä syksyllä 2018 sisältänyt SPC-kuvaajaa, jota työssä oli tarkoitus vaihtelurajojen vuoksi käyttää.

Microsoftin Office 365:n Excelin sisältämällä Power Pivot -ominaisuudella voidaan hakea data samalla tavalla eri lähteistä kuin Power BI -alustalla. Excelissä käyttöön saadaan myös VBA-skriptit, ja valmiit mittarit ovat heti käytössä koko organisaatiossa ilman erillistä ohjelmaa. Lisäksi Excel-tauluissa voidaan näyttää mittarin käyttämä mittadata, jolloin voidaan varmistua datan luotettavuudesta. Power Pivot -tauluista voidaan lisäksi muodostaa aikaskaalautuvia mittareita samalla tavalla kuin Power BI -alustallakin. Tiedon siirto Excelin ja Minitabin välillä on ongelmaton. Lisäksi Exceliin voidaan ladata SPC for Excel -laajennos, jolla voidaan helposti esittää kuvaajat halutussa SPC-kuvaajassa. Power Pivot -toimintoon on rakennettu KPI-suorituskykyilmaisimet, joilla voidaan visualisoida suorituskykytietoja. Tämän vuoksi vaihdoin mittareiden kehitysalustan Power BI -alustasta Exceliin. Koska sekä Power BI että Excel Power Pivot käyttävät molemmat samaa DAX-ohjelmointikieltä, Power Pivotilla kehitetyt mittarit on helppo siirtää Power BI -alustalle. Jos myöhemmin näyttää siltä, että Power BI on parempi kehitysalusta tuottaa ja esittää mittareita, työn siirto alustalle on mahdollista.

## 9 TYÖN TULOKSET

Työn tuloksena syntyi yhdeksän graafista ja kaksi numeerista mittaria. Mittarit jakautuvat myynnin, tuotannon ja toimituslaadun mittareihin. Mittareiden mittayksikkö vaihtuu sen mukaan, mille osastolle mittari on kehitetty. Taulukossa 2 on listattu tehtyjen mittareiden osasto ja mittareiden käyttämä mittayksikkö.

TAULUKKO 2. Tehtyjen mittareiden osasto ja mittarin mittayksikkö

Käyttäjä	Mittayksikkö
Myynti	euro
Tuotanto	tuotantokelkka
Toimituslaatu	myyntirivi / työ

Tuotantokelkka on toistaiseksi stabiilein mittayksikkö, jota tuotannossa voidaan käyttää. Se ei kuitenkaan saa olla yrityksen käyttämä lopullinen mittayksikkö, mutta keskipitkällä aikavälillä riittävän luotettava tuotannon arvioimiseen. Mittayksikkö kehitettiin Lean Six Sigma -kehitysprojektissa, kun tuotantomääriä ei voitu muutoin mitata.

Myyntin mittarit ovat viivakuvioita, ja mittadata luetaan yrityksen myynnin historiasta. Data on tarkastelijan itsensä suodatettava halutulle aikavälille. Tulosta voidaan arvioida Excelin suorituskykyilmäisimellä. Seuraavaksi esitetyissä mittari-charteissa KPI-rajat ovat vielä tekijän asettamia, mutta mittareiden käyttöönoton jälkeen niiden tulee olla yrityksen johdon asettamia. Tässä esitettävistä myynnin mittareista on poistettu euromääräisyyteen viittaavat luvut ja yksiköt.

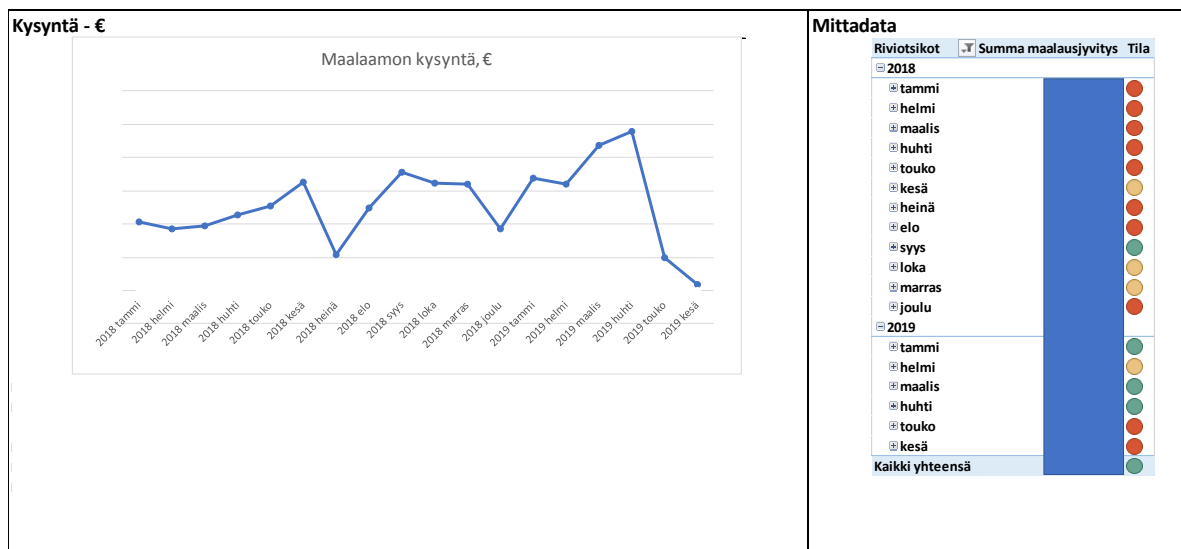
Tuotannon mittareissa käytetään SPC-kuvaajia, ja mittadata rajautuu edeltä annettujen päivämäärien välille. Yleisesti SPC-kuvaajissa kontrollirajat ovat kolmen sigman ( $\sigma$ ) vaihtelun raja-arvoja, mutta rajat asettuvat näin liian kauaksi keskiarvosta, eikä informaatioita poikkeavista arvoista saada riittävästi. Tästä syystä asetin mittareiden rajat yhden sigman vaihtelun päähän keskiarvosta, jolloin esille tulevat paremmin ne päivät, jolloin tuotannossa on jotakin poikkeavaa.

Toimitusaikalaatumittareissa tarkastellaan kolmea asiaa: tuotteiden saapumista ajoissa, keräilyn todellista ajankohtaa ERP:ssä ajoitettun ajankohdan suhteen ja tilausten eli töiden toimituspäivää asiakkaan toivoman päivän suhteen. Näiden mittareiden SPC-kuvaajissa käytin oletuksena olevaa kolmen sigman raja-arvoja. SPC-kuvaajat on tuotettu Excelin lisäosalla SPC for Excel, joka antaa perustoiminnot datan analysointiin ja kuvaajien tuottamiseen. Laajennoksella voidaan tehdä esimerkiksi Lean Six Sigma -projekteissa tarvittavat analysoinnit, testit, kokeet ja kuvaajat suoraan Excelissä.

Seuraavaksi esitän yhdeksän kehittämääni graafisista mittareista koostettua charttia. Chartit ovat kooste Excel-tilukon tiedoista ja datasta muodostetusta kuvaajasta. Mittari-charttien jälkeen esitän vielä kaksi vain numeeriseen arvoon perustuvaa mittaria. Esimerkkikuvaajiin on valittu esimerkin

vuoksi vain lyhyt tarkasteluväli, noin kuukausi. Mittadatasta on poistettu viikonloput, mutta arkipyhät on kuvattu niissä aina.

## 9.1 Myynnin mittari-chartit



KUVIO 11. Kysyntä euroissa toimituspäivän mukaan -mittari-chart

Kuviossa 11 esitetty mittari kuvaa kysynnän määrää euroissa toimituspäivän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data koko tuotantohistoriasta, ja käyttäjä voi itse valita suodattamien avulla halutun tarkasteluajavälin. KPI-arvot asetetaan johdon vaatimusten mukaisesti.

Tietoa mittarista:

Mittauskohde: Maalaamon töiden kysyntä euroissa.

Tarkoitus: Näyttää maalaamon toimitusten kysynnän euroissa.

Käyttö: Voidaan tarkastella maalaamon myynnin kehitystä valitulla aikajaksolla.

Indikaattori: Kysyntävaatimus johdon nykyisen vaatimuksen mukaan (KPI-tila).

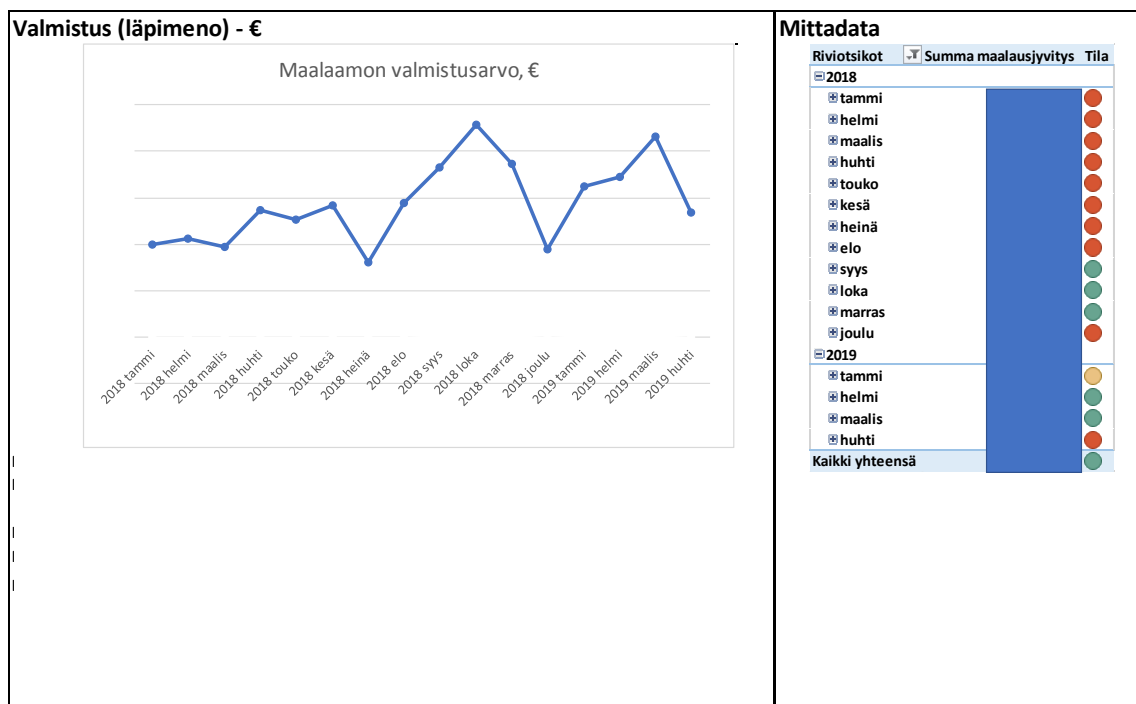
Mittadata: Tuotantoon ajoitettujen töiden toimitusten kysynnän arvo.

Luotettavuus: Yrityksen omasta hitsaamosta tulevat tuotteet ja yrityksen omaan varastoon ja kokoonpanoon valmistettavien tuotteiden arvo jyvitetty kiinteällä prosentti-osudella myyntihinnasta.

Tuotantoon ajoittamattomat työt eivät näy mittarissa.

Työtä sisältämättömät myynnit eivät näy mittarissa.





KUVIO 12. Läpimenon arvo euroissa valmistuspäivän mukaan -mittari-chart

Kuviossa 12 esitetty mittari kuvaa läpimenon määrää euroissa valmistuspäivän mukaan lasketuna. mittarille haetaan data koko tuotantohistoriasta, ja käyttäjä voi itse valita suodattimien avulla halutun tarkasteluajavälin. KPI-arvot ovat samat kuin kysyntämittarilla.

Tietoa mittarista:

Kohde: Maalaamon töiden läpimeno euroissa.

Tarkoitus: Näyttää maalaamon läpimenon arvon euroissa.

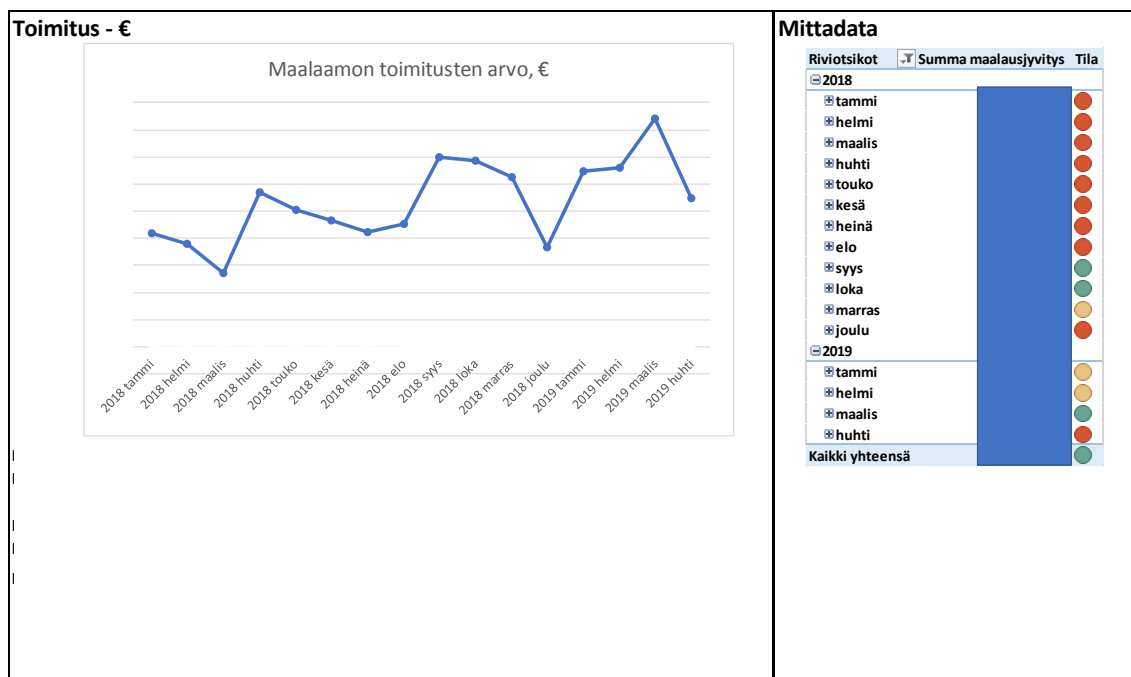
Käyttö: Voidaan tarkastella maalaamon läpimenon kehitystä valitulla aikavälillä.

Indikaattori: Läpimeno vaatimus johdon nykyisen tavoitteen mukaan (KPI-tila).

Mittadata: Tuotannosta valmistettujen töiden arvo.

Luotettavuus: Yrityksen omasta hitsaamosta tulevat tuotteet ja yrityksen omaan varastoon ja kokoonpanoon valmistettavien tuotteiden arvo jyvitetty kiinteällä prosenttiosuudella myynthinnasta.

Herkkä viimeisen työvaiheen kuittausvirheille.



KUVIO 13. Toimitusten arvo euroissa toimituspäivän mukaan -mittari-chart

Kuviossa 13 esitetty mittari kuvaa toimitusten arvoa euroissa toimituspäivän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data koko myyntihistoriasta, ja käyttäjä voi itse valita suodattimien avulla halutun tarkasteluajavälin. KPI-arvot ovat samat kuin kysyntämittarilla.

Tietoa mittarista:

Kohde: Maalaamon töiden toimitus euroissa.

Tarkoitus: Näyttää maalaamon toimitusten arvon euroissa.

Käyttö: Voidaan tarkastella maalaamon toimitusarvon kehitystä valitulla aikavälillä. Käytetään läpimenomittarin apuna.

Indikaattori: Toimitusarvovaatimus johdon nykyisen tavoitteen mukaan (KPI-tila).

Mittadata: Myyntitilauksilta toimitettujen töiden arvo.

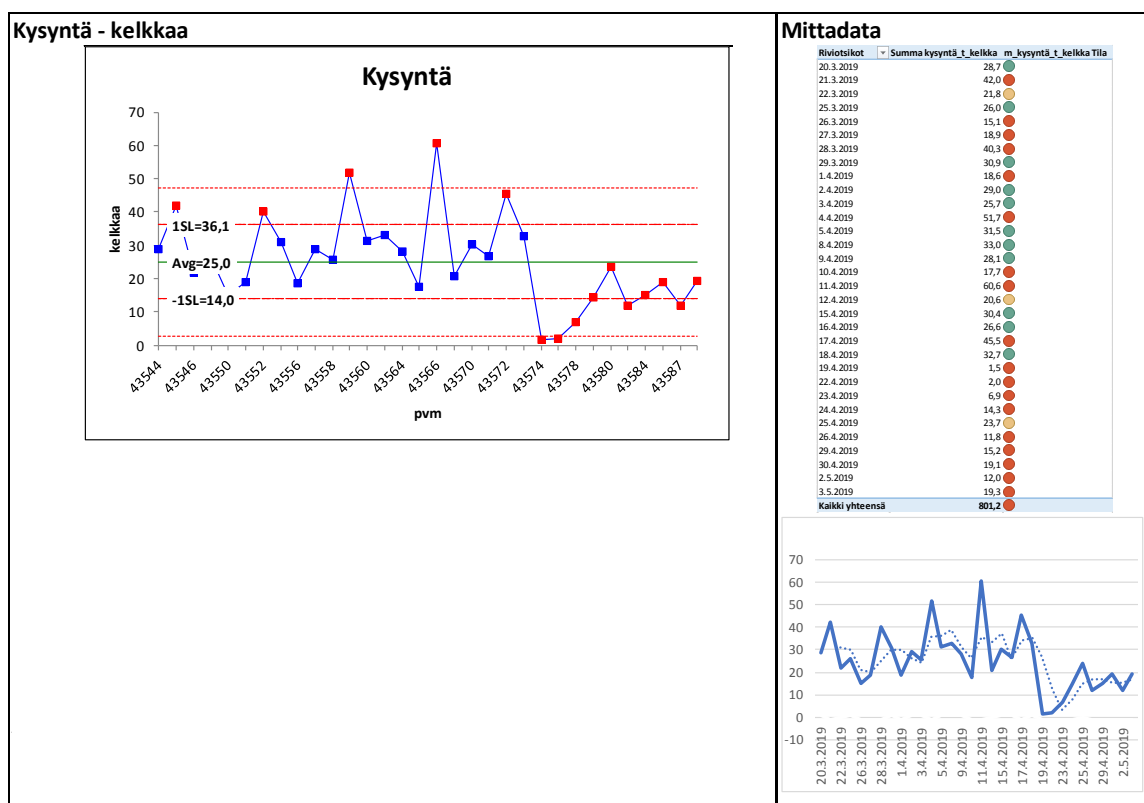
Luotettavuus: Yrityksen omasta hitsaamosta tulevat tuotteet jyvitetty kiinteällä prosentiosuudella myyntihinnasta.

Yrityksen omaan varastoon tai kokoonpanoon valmistettuja töitä ei toimiteta.

Toimituspäivä ei ole aina sama kuin valmistuspäivä.

Kuvaa heikommin tuotantoa kuin valmistusmittari.

## 9.2 Tuotantomittari-chartit



KUVIO 14. Kysyntä tuotantokelkkoina toimituspäivän mukaan mittari-chart

Kuviossa 14 esitetty mittari kuvaa kysynnän määrää toimituspäivän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data annetulle aikavälille. KPI-arvot määritetään tuotannon keskimääräisen läpimenon mukaan.

Tietoa mittarista:

**Kohde:** Maalaamon töiden kysyntä tuotantokelkkoina.

**Tarkoitus:** Näyttää maalaamon toimitusten kysynnän tuotantokelkkoina.

**Käyttö:** Voidaan tarkastella maalaamon kysynnän vaihtelua valitulla aikavälillä.

Voidaan arvioida kontrollirajojen avulla mahdollisia poikkeavia päiviä punaisten arvopisteiden avulla.

Mittarilla voidaan ennakoida kysyntäpiikkejä yli viikkon etukäteen.

**Indikaattori:** Tuotannon läpimenon tavoitetaso (KPI-taso).

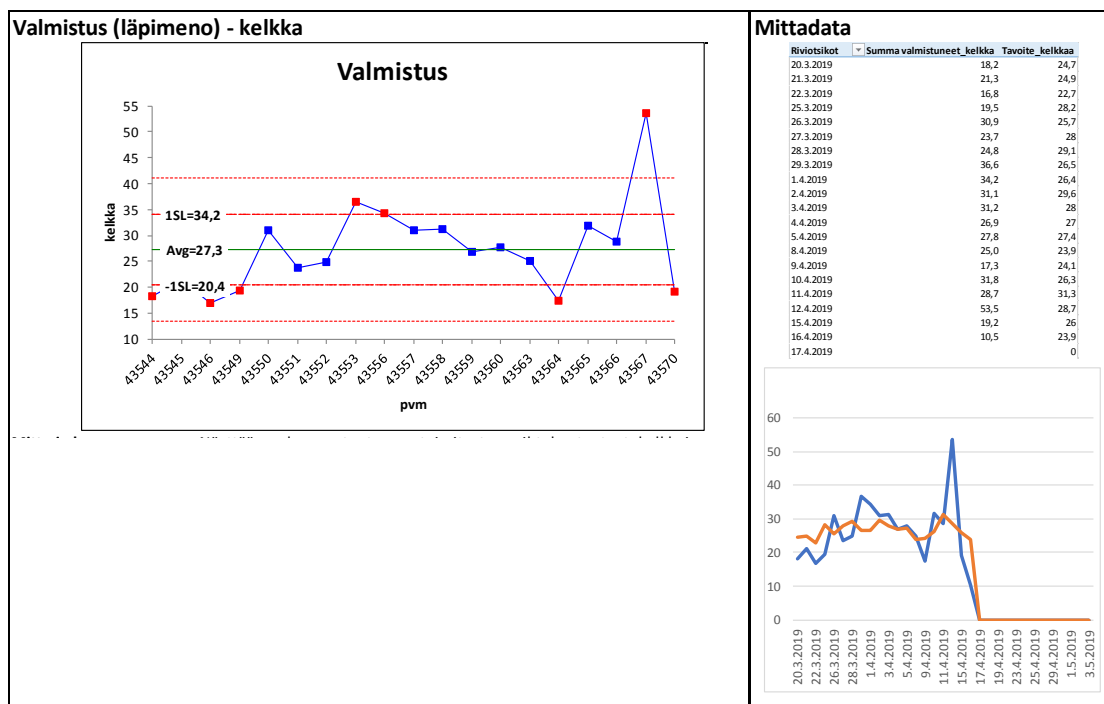
**Mittadata:** Tuotantoon ajoitettujen töiden toimitusten kysyntä tuotantokelkkoina.

**Luotettavuus:** Asiakaskysyntä ei takaa, että tuotteet ovat ajoissa pintakäsittelylinjalla.

24 tunnissa toimitettavat tuotteet kirjataan myyntitilaukselle sitten, kun tuote saapuu maalattavaksi.

Uusia tuotteita ei toistaiseksi katselmoida, joten myyntierä näille on yksi tuotantokelkka.

**Apukuvaaja:** Apukuvaajan (oikeassa alanurkassa) avulla voidaan tarkastella kolmen päivän trendiviivan avulla, voidaanko kysyntä mahdollisesti tasoittaa tuotantoon.



KUVIO 15. Tuotannon läpimeno tuotantokelkkoineen valmistuspäivän mukaan -mittari-chart

Kuviossa 15 esitetty mittari kuvaa läpimenon määrää valmistuspäivän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data annetulle aikavälille. Tavoitetasossa on huomioitu pintakäsittelylinjalla työskennelleet työntekijät ja mahdolliset ylityöt. Työntekijämäärä katsotaan niistä töihin ja pintakäsittelylinjan työvaiheille leimautuneista henkilöistä. Tavoitetasoa ei voida esittää tuleville päiville, koska yritys ei käytä toiminnanohjausjärjestelmässä työvuorosunnittelua. Mittarista on tehtävä myös työvuorokohmainen mittari, mutta vielä en saanut laskentakaavaa määrittelyksi, jotta mittari olisi ollut luotettava. Ongelmaksi koituivat työntekijöiden ylityöt, jotka venyvät toisen työvuoron puolelle. Tavoitteen laskentakaava täytyy muuttaa vuorotaso tarkemmaksi ja määrittää tavoitetaso työvuorossa käytettyjen tuntien perusteella.

Tietoa mittarista:

Kohde: Maalaamon töiden läpimeno tuotantokelkkoina.

Tarkoitus: Näyttää maalaamon tuotannon läpimenon vaihtelun tuotantokelkkoina.

Käyttö: Voidaan tarkastella tuotannon läpimenon vaihtelua valitulla aikavälillä.

Voidaan arvioida kontrollirajojen avulla mahdollisia poikkeavia päiviä punaisten arvopisteiden avulla.

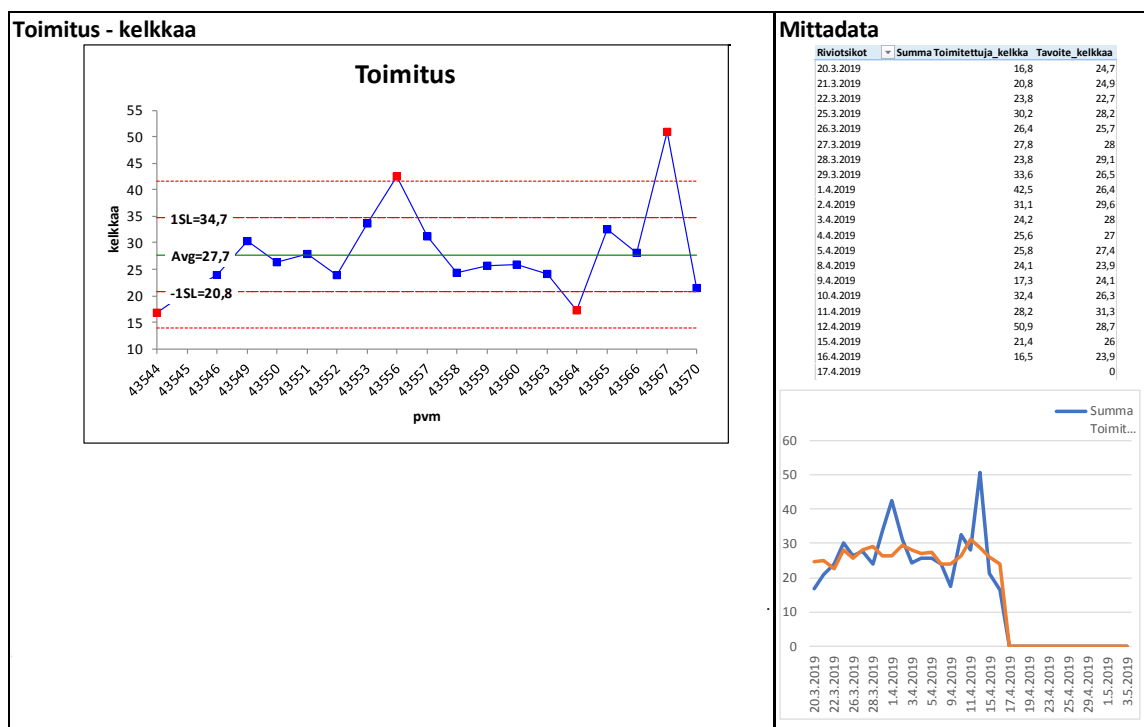
Indikaattori: Tavoitetaso läpimenoille, jossa on huomioitu työntekijämäärä ja ylityöt.

Mittadata: Tuotantoon ajoitettujen töiden valmistuminen.

Luotettavuus: Uusia tuotteita ei toistaiseksi katselmoida, joten myyntierä näille on yksi tuotantokelkka.

Koska töihin leimauksessa leimaudutaan koko yritykseen, eikä tuotanto-osastolle, näkyy työntekijä, joka tekee yhdenkin työn tuotantolinjalla, koko työvuoron tekemänä työntekijänä. Työvuorosunnittelu poistaa tämän ongelman.

Apukuvaaja: Apukuvaajassa (oikeassa alanurkassa) on sinisellä tuotannon läpimeno ja oranssilla päivittäinen tavoitetaso.



KUVIO 16. Tuotannosta toimitettujen töiden määrä tuotantokelkkoina toimituspäivän mukaan -mittari-chart

Kuviossa 16 esitetty mittari kuvaa tuotannon toimitusten määrää tuotantokelkkoina toimituspäivän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data annetulle aikavälille. Tavoitearvot ovat samat kuin läpimenomittarille.

Tietoa mittarista:

Kohde: Maalaamon töiden toimitus tuotantokelkkoina.

Tarkoitus: Näyttää maalaamon tuonnon toimitusten vaihtelun tuotantokelkkoina.

Käyttö: Mittarilla voidaan tarkastella tuotannon toimitusten vaihtelua valitulla aikavälillä ja arvioida kontrollirajojen avulla mahdollisia poikkeavia päiviä punaisten arvopisteiden avulla.

Mittari toimii tuotannon läpimenomittarin apuna.

Indikaattori: Tavoitetaso läpimenolle, jossa on huomioitu työntekijämäärä ja ylityöt.

Mittadata: Myyntitilauksilta toimitettujen töiden määrä tuotantokelkkoina.

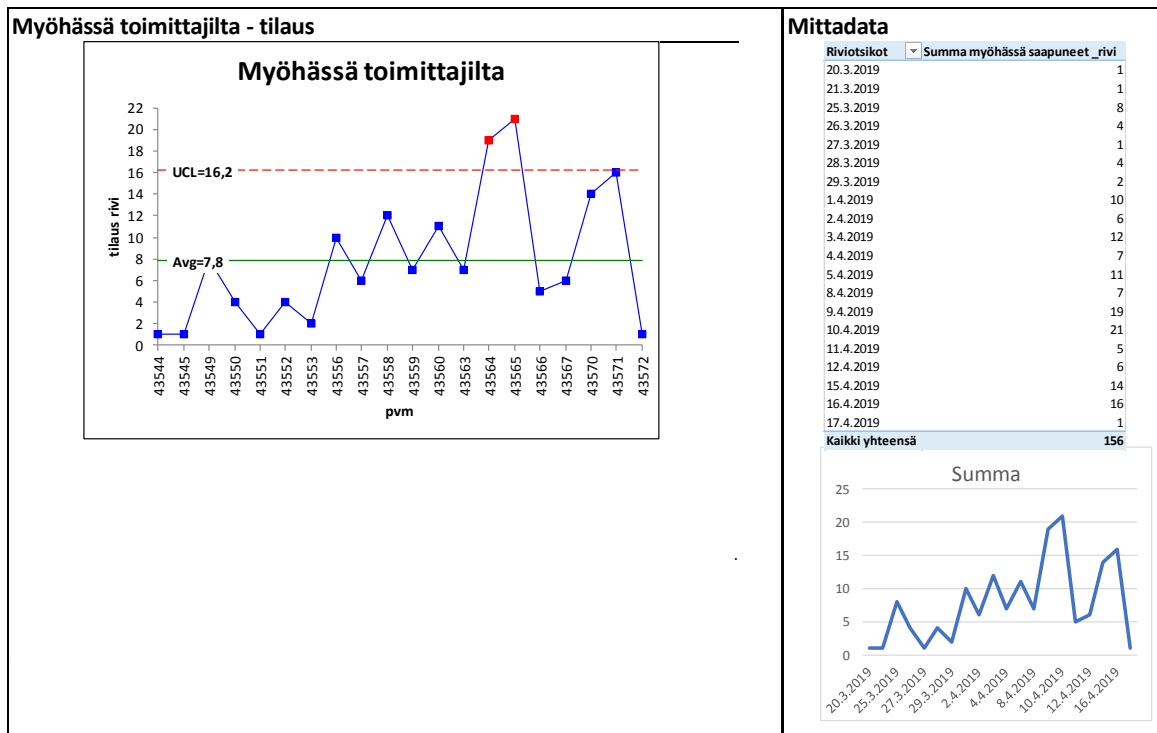
Luotettavuus: Uusia tuotteita ei toistaiseksi katselmoida, joten myyntierä näille on yksi tuotantokelkka.

Yrityksen omaan varastoon tai kokoonpanoon valmistettuja tuotteita ei toimiteta.

Toimituspäivä ei välttämättä sama kuin valmistuspäivä.

Apukuvaaja: Apukuvaajassa (oikeassa alanurkassa) on sinisellä tuotannon toimitukset ja oranssilla päivittäinen tavoitetaso.

## 9.3 Toimituslaatumittari-chartit



KUVIO 17. Myöhässä saapuvat tilaukset toimittajilta saapumispäivän mukaan -mittari-chart

Kuviossa 17 esitetty mittari kuvaa toimittajilta myöhässä saapuvien tilausten määrää työmääräyksen tulostuspäivämäärän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data annetulle aikavälille. Tilauksen saapumista indikoi työmääräyksen tulostaminen. Mittari tekee vertailun määräyksen tulostamisen ja ERP:iin ajoitetun keräilyn alkamisen välillä. Mittaria tulee muuttaa siten, että vertailu tehdään työmääräyksen tulostamisen ja toimittajan lupaaman työajan ja halutun toimituspäivän välillä. Työn keräily voi ajoittua ERP-järjestelmään liian aikaisestikin verrattuna asiakkaan lupaamaan työaikaan.

Tietoa mittarista:

Kohde: Toimittajilta myöhässä olevat tilaukset.

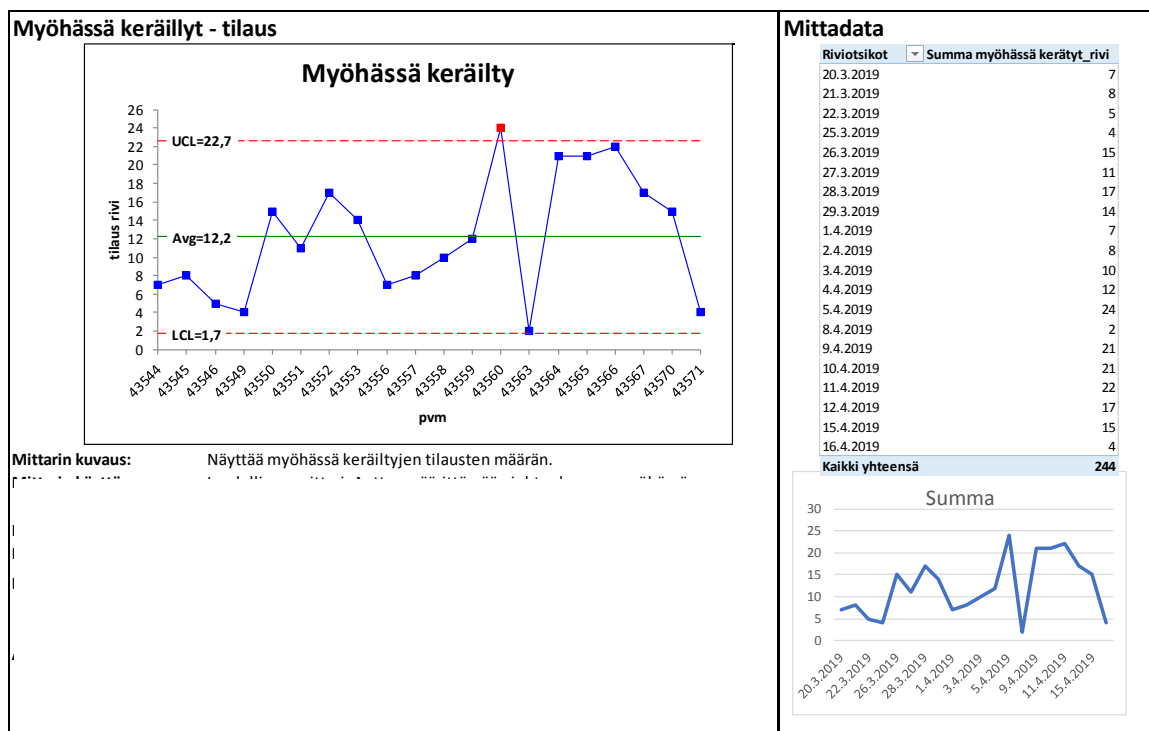
Tarkoitus: Näyttää toimittajilta myöhässä tulleiden tilausten määrän pintakäsittelylinjalla.

Käyttö: Laadullinen mittari. Auttaa määrittämään, johtuuko oma myöhässä toimittaminen toimittajien myöhästymisestä.

Indikaattori: Tavoitetaso on nolla myöhässä saapumista.

Mittadata: Töiden työmääräyksen tulostus indikoi tuotteen saapumista. Tätä verrataan ajoitettuun keräilyyn päivän tarkkuudella. Mittadatasta voidaan analysoida myöhässä olevat toimittajat ja kuinka paljon tilaukset ovat myöhässä. Laskennassa oletetaan, että asiakas toimittaa tuotteet ajoitettua keräilyä edeltävänä päivänä.

Luotettavuus: Töiden saapuminen määritetään työmääräyksen tulostamisesta. Vertailu ajoitettuun keräilyyn on huono. Tulisi verrata siihen aika-arvoon, jonka toimittaja-asiakkaat ovat pintakäsittelyyn luvanneet.



KUVIO 18. Myöhässä keräilyt tilaukset -mittari-chart

Kuviossa 18 esitetty mittari kuvaa myöhässä tuotantoon keräiltyjen tilausten määrää todellisen keräilypäivän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data annetulle aikavälille.

Tietoa mittarista:

**Kohde:** Myöhässä tuotantoon keräiltävät tilaukset.

**Tarkoitus:** Näyttää myöhässä tuotantoon keräiltyjen ja avattujen töiden tilausrivien määrän pintakäsittelylinjalla.

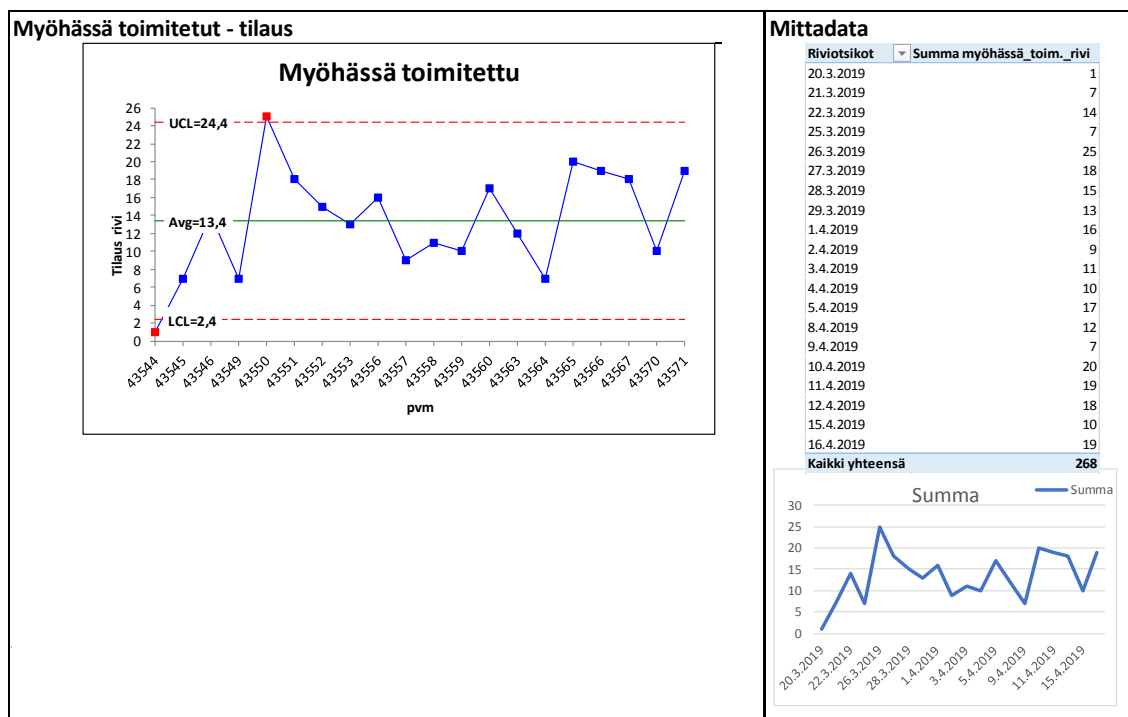
**Käyttö:** Laadullinen mittari. Auttaa määrittämään, johtuuko oma myöhässä toimittaminen keräilyn myöhästymisestä.

Mittadatasta saadaan selville, kuinka monta työtä keräillään myöhässä, päivän tarkkuudella.

**Indikaattori:** Tavoitetaso on 0 myöhässä keräiltyä.

**Mittadata:** Työvaiheilmaukset. Verrataan todellista keräilyn ajankohtaa ajoitettuun keräilyyn.

**Luotettavuus:** Töiden keräily-työvaihe kuitataan nykyisin usein vasta ripustus-työvaiheen yhteydessä.



KUVIO 19. Myöhässä toimitetut tilausrivit -mittari-chart

Kuviossa 19 esitetty mittari kuvaa myöhässä toimitettujen tilausrivien määrää todellisen toimituspäivän mukaan laskettuna. Mittarille haetaan data annetulle aikavälille. Tämä on toimituslaadun päämittari. Kuvaajasta voidaan nähdä keskimääräinen taso myöhässä toimitetuille tilausriveille ja myöhässä olevien tilausrivien vaihtelu.

Tietoa mittarista:

Kohde: Myöhässä toimitetut tilausrivit.

Tarkoitus: Näyttää myöhässä toimitettujen ja avattujen töiden tilausrivien määrän pintakä-sittelylinjalla.

Käyttö: Toimituslaadun päämittari.

Mittadatasta saadaan selville, kuinka monta työtä toimitetaan myöhässä.

Indikaattori: Tavoitetaso on nolla myöhässä toimitettua tilausriviä eli työtä.

Mittadata: Myyntitilausrivien toimitusajankohtaa verrataan pyydettyyn toimituspäivään.

Luotettavuus: Luotettava, kun myyntitilauksen rivien toimituspäivät kirjataan oikein ja toimitukset tehdään silloin, kun tilausrivi on toimitettu.



## 9.4 Numeeriset mittarit

TAULUKKO 3. Läpimenoaika (CT) -mittari

CT (h)	kpl	%	Tavoite (h)	
22,2	771		20	Keskiarvo kaikille toimituksille
71,7	720	95	62	Poistetaan epämääräiset työt (5%). (sis. myös perjantaina aloitetut ja maanantaina valmistuneet)
23,7	606	80	16	Poistetaan viikonlopun yli työstetyt. (sis. myös iltavuorossa aloitetut ja aamuvuorossa valmistuneet)
10,1	265	35	6	Poistetaan vuorokauden yli työstetyt. (sis. samanana päivänä aloitus ja valmistus)

Taulukossa 3 esitetty mittari kertoo annetun aikavälin töiden prosenttiosuuskien läpimenoaika-ajan. Mittarissa on esitetty töiden yhteismäärä. Määrä lasketaan, jos jokin tarkastelun kohteena olevista päivämääristä osuu annetulle aikavälille. Tarkasteltavia päivämääriä ovat työmääräyksen tulostuspäivä ja työn toimituspäivä.

Läpimenoaika lasketaan todellisen keräilyn alkamisesta työn valmistumiseen. Aika lasketaan minuutena. Mittarissa aika on muutettu tunneiksi paremman havainnollistamisen vuoksi. Mittari näyttää, montako työtä on valmistunut ja niiden läpimenoajan keskiarvon. Lisäksi voidaan tarkastella, kuinka suuri on tiettyjen töiden prosenttiosuuden läpimenoaika. Tarkastelun kohteena olevista töistä 95 % alittaa 64,2 tunnin läpimenoajan, 80 % alittaa 21,9 tunnin läpimenoajan ja 35 % alittaa 9,7 tunnin läpimenoajan.

TAULUKKO 4. Toimitusvarmuusmittari

<b>Toimitusvarmuus</b>		
	<b>kpl</b>	<b>%</b>
Tilausrivejä	771	
Saapuneita rivejä	742	
Toimitettuja rivejä	667	
Myöhässä saapuneet rivit	275	37
Myöhässä keräillyt rivit	406	55
Myöhässä toimitetut rivit	373	56

Taulukossa 4 esitetty mittari keroo annetun aikavälin töiden toimitusvarmuuteen liittyviä lukuja. Mittari näyttää töiden yhteismäärän, joka lasketaan samoin kuin läpimenoaika mittarissa. Mittari näyttää ajanjaksolla saapuneet ja toimitetu työt. Tärkein osa mittarista ovat myöhässä saapuneiden, myöhässä keräiltyjen ja myöhässä toimitettujen töiden määrä ja prosenttiosuus kaikista ajanjaksolla saapuneista töistä.

## 10 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tehtiin tuotannon mittareita, joiden data saatiin ERP-järjestelmästä ja joka oli tarpeeksi luotettavaa. Alun perin toiminnanohjausjärjestelmän toimittajalta tilattiin kattava valmis koostedata-algoritmi, mutta koska sitä ei saatu, jouduttiin koostedata tuottamaan itse. Datan koostaminen itse rajoitti käytettävien ERP-datataulujen määrää. Tuotannon mittareista tärkeimmät saatiin tehtyä, mutta mittareiden viimeistely on vielä tarpeen. Esimerkiksi arkipyhät tulisi pystyä suodattamaan mittadatasta halutessa pois, jotta nämä eivät vaikuttaisi vaihtelun ja keskiarvon suuruuteen. Mittaristosta puuttuvat vielä jättämämittarit päivittäin saapumatta, keräilemättä ja toimittamatta jääneiden tilausten ilmaisemiseen. Nämä tiedot ovat saatavilla datasta päivitysajankohdassa, mutta ei jatkuvana aikasarjana johtuen laskentakaavan monimutkaisuudesta. Kerätyssä datakoosteessa ei myöskään mitata esimerkiksi työlinjan työpisteiden sisäisten työjonojen pituutta. Tämä tieto olisi ensiarvoisen tärkeää linjaston kehitysprojektien kannalta.

Koska ERP ja tuotanto käyttävät toimissaan eri tuotantoyksiköitä, ERP:n käyttäessä kappaleita ja tuotannon kelkkoja, tulisi tuotatopäälliköllä olla käytössä keräilyn ohjaamista varten lista niistä tuotteista, joita linjaan voidaan kussakin työvuorossa keräillä. Yrityksen päämääränä tulee kuitenkin olla se, että tuotanto siirtyy käyttämään tuotannossa kappalemääriä, niiden tuotantoaikoja, asetusaikoja ja tuotantopisteiden kuormitusta todellisuuden mukaan, kuten ERP-järjestelmä odottaa. Näin tuotantoa voidaan ohjata työpisteiden kuormitusta seuraamalla. Tuotteiden kappaleiden tuotanto- ja asetusatjat on nyt mahdollista selvittää Minitab-ohjelmassa, kun tuotteiden työvaiheajoja voidaan analysoida ja niiden tuoterakenteiden työvaiheet on päättyneessä kehitysprojektissa asetettu vastamaan todellisuutta.

Tuoterakenteiden ja työvaiheleimausten vaikutus mittadataan on suuri. Jokainen tuoterakennetyyppi vaikuttaa siihen, että tuotteilla on mahdollisesti erilaiset valmistusprosessit, joiden data on käsiteltävä omalla tavallaan koostedatalla luotaessa. Työvaiheleimaukset ovat tuotannon mittadatan peruste, ja rakenteiden työvaiheiden ja niiden leimausten tulee olla luotettavalla tasolla tarkempia työvuoroa mittaavia mittareita kehitettäessä. Työpisteiden tulee leimata jokainen valmistuserä (tuotantokelkka) erikseen valmiiksi, jolloin mittaus saadaan tehtyä tarkemmin kuin tilauserä- tai tuotantotyökohtaisesti. Vuorosunnittelu antaisi mahdollisuuden myös tuotannon tulevan toiminnan arviointiin, joka tapahtuu nyt leimausdatan perusteella jälkikäteen mitaten. Tässä opinnäytetyössä tehtyjä mittareita voidaan laajentaa helposti myös muiden osastojen käyttöön ottaen kuitenkin huomioon tuoterakenteiden erilaisuuden.

Kokonaisvaltaisen mittariston saaminen yrityksen käyttöön vaatii yritysjohdon, järjestelmätoimittajan ja mittausteorioiden asiantuntijoiden yhteistyötä. Tämä työ voi siten toimia alkuunpanijana yrityksen mittariston kehityksessä. Tarkoituksena onkin mittareiden lisäksi esittää niitä haasteita ja vaikeuksia, joita mittariston kehittämisessä tulee eteen. Lisäksi työ osoittaa, ettei ole olemassa vain yhtä oikeaa mittaristomallia, vaan malleja on useita, joista yrityksen tulee valita itselleen sopiva.

On tärkeää, että yrityksen tuotantopäälliköillä ja johdolla on käytössään riittävän laadukkaat ja monipuoliset mittarit tuotannon kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Mittareita ei kuitenkaan saa olla liikaa, jotta ei käy epäselväksi, mitkä mittarit ovat tärkeitä. Nyt tuotettua mittaristoa voidaan tarpeen tullen laajentaa ja tarkentaa työvuorokohtaiseen mittaamiseen, kunhan datan luotettavuuteen liittyvät seikat on saatu ratkaistua.

Mielestäni tilaajayritys tarvitsee pintakäsittelylinjalleen vielä hyvät taloudelliset mittarit, tilausten kokonaisläpimenomittarin (*lead time*) ja tuotteiden prosessiaikamittarin. Näiden avulla voidaan arvioida osaston kannattavuutta ja seurata tarkemmin tuotteiden läpimenoon vaikuttavia asioita. Pintakäsittelylinjan työpisteiden työjonomittari ja erityisesti uunissa paistettujen tuotantokelkkojen aikasarjakuvaaja olisivat tarpeen linjaston kehitysprojektin kannalta. Pintakäsittelylinjan alkuosan tehokkuutta voidaan helposti arvioida uunissa paistettujen tuotantokelkkojen määrällä, mittaus eliminoi uunituksen jälkeisessä vaiheessa, eli purussa tapahtuvan vaihtelun pois. Lisäksi työvaiheikamittarit tuotteille ja työpisteiden kuormitus- ja käyttösuhdemittarit saattavat olla tarpeen.

Toiminnanohjausjärjestelmän tuottamaan dataan pohjautuvat tuotannon laatua teollisuudessa yleisesti kuvaavat PPM-luvut voidaan tuottaa yritykselle sen jälkeen, kun asiakkaiden ja toimittajien reklamaation käsittelyyn saadaan kirjattua tieto siitä, mitä tuotanto-osatoa reklamaatio koskee. Tällä hetkellä tätä tietoa ei sinne kirjata. Reklamaatiokustannuksia voidaan siten nykyisin vain arvioida ja niistä kirjataankin järjestelmään vain ne suorat kustannukset, joita asiakas reklamaatiokustannuksina veloittaa.

Opinnäytetyön tuloksena syntynyt mittareiden pohjana olevat koostedatan keräystaulut ovat jatkossa yrityksen käytössä uusia mittareita kehitettäessä joko jatkuvaan käyttöön tai projektikohtaisiksi mittareiksi. Mittadata on luettavissa ja analysoitavissa hyvin, kun datan koostaminen on tehty suunnitelmallisesti ja järkevästi. Koostedataan joudutaan tekemään useita apu- ja väliaikaistuloksia lopullisen datan saavuttamiseksi. Jokaista koosteaskelta voidaan käyttää hyväksi. Vain yksi osa datan hyötykäytöstä ovat näkyvät mittarit.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- CZITROM, VERONICA ja SPAGON, PATRICK D. 1997. Statical Case Studies for Industrial Process Improvement. ASA-SIAM-sarja. Philadelphia ja Alexandria: Society for Industrial and Applied Mathematics ja American Statistical Association.
- GRAY, EDWARD 2017. Measuring Success: An Introduction to Metrics. [Verkkojulkaisu] Informa PLC. [Viitattu 2019-04-28] Saatavissa: <https://www.thinkhdi.com/library/supportworld/2016/measuring-success-introduction-metrics.aspx>
- HRD FINLAND s.a. Organisaation kehittäminen. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://hrd.fi/moodle/course/index.php?categoryid=6>
- KAPLAN, ROBERT S. ja NORTON, DAVID P. 1992. The Bananced Scorecard – Measures that Drive Performance. Harward Business Review, January-February. Harward Business Publishing, 71–79.
- KARJALAINEN, TANJA 2016. Kymmenen tilastollista Six Sigma työkalua selitettynä. [Verkkojulkaisu] Quality Knowhow Karjalainen Oy. [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/tilastolliset-tyokalut/>
- LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO s.a. SAKE, suorituskyvyn analysointijärjestelmä pkt-yrityksille. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-29] Saatavissa: <http://www3.lut.fi/tuta/lahti/sake/index.htm>
- LEMONSOFT OY s.a. a. Toiminnanohjausjärjestelmä (ERP). [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <https://www.lemonsoft.fi/toiminnanohjausjarjestelma-erp/>
- LEMONSOFT OY s.a. b. Lemonsoft johdon raportointi. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-29] Saatavissa: <https://www.lemonsoft.fi/ohjelmakohtaiset-kuvaukset/wbi/>
- LYNCH, RICHARD L. ja CROSS KELVIN F. 1995. Measure Up!: Yardsticks for Continuous Improvement 2. painos. Malden: Blackwell Publishers.
- PIATT, JASON 2012. Five Rules for Selecting the Best KPIs to Drive Operational Improvement. [Verkkojulkaisu] Informa USA. [Viitattu 2019-04-29] Saatavissa: <https://www.industryweek.com/continuous-improvement/five-rules-selecting-best-kpis-drive-operational-improvement>
- QUALITY KNOWHOW KARJALAINEN OY s.a. a. Lean Six Sigma. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/lean-ja-six-sigma/>
- QUALITY KNOWHOW KARJALAINEN OY s.a. b. Lean Six Sigma. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/koulutus/leansixsigma/lean-six-sigma-koulutusten-vertailu/>
- QUALITY KNOWHOW KARJALAINEN OY s.a. c. Lean Six Sigma DMAIC. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/dmaic/>
- QUALITY KNOWHOW KARJALAINEN OY s.a. d. Lean Six Sigma koulutusten vertailu. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/koulutus/leansixsigma/lean-six-sigma-koulutusten-vertailu/>
- QUALITY KNOWHOW KARJALAINEN OY s.a. e. Lean Six Sigmaa vuodesta 1999. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/>
- QUALITY KNOWHOW KARJALAINEN OY s.a. f. Master Black Belt. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/mikae-tekee-lean-six-sigmasta-erilaisen/mbb/>
- RANTANEN, HANNU ja HOLTARI, JAMI 1999. Yrityksen suorituskyvyn analysointi. Lappeenrannan teknillinen yliopisto Lahden yksikkö. Opinnäytetyö.
- SAARI, SEPPO 2006. Tuottavuus. Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa. Espoo: Mido.
- SAASTAMOINEN, JUHA 2019. Kuvakaappaukset ERP-järjestelmästä.

SINERVO, LOTTA-MARIA 2011. Kunnan talouden tasapaino monitulkintaisena ilmiönä. Acta Universitatis Tamperensis 1628. Tampere: Tampereen yliopisto, johtamiskorkeakoulu.

SMITH, PETER 1995. Outcome-related Performance Indicators and Organizational Control in the Public Sector. Teoksessa J. Holloway, J. Lewis ja G. Mallory (toim.) Performance Measurement and Evaluation. Lontoo: The Open University Business School, Sage, 192–216.

SPIIK, KARL-MAGNUS s.a. Yritystoiminnan mittari, lomake A. [Viitattu 2019-04-27] Saatavissa: <http://www.spiik.fi/wp/wp-content/tiedostot/2017/06/Yritystoiminnan-mittari.pdf>

## LIITE 1: ALKUPERÄINEN KOOSTETUN ERP-DATAN KERÄYSSUUNNITELMA

## RDTC Mittaussuunnitelma

28.6.2018

## 1. Työnumero -taulu

Taulu sisältää töiden kattavat tiedot.

## 1.1 Työn yleistiedot

Työnumero	
Työn myyntitilausnumero	(suoraan tuotantoon ajettavilla töillä ei ole tilausnumeroa)
Osasto	
päätyövaihe_id	
Työntila	Työntila taulukon päivityshetkellä

## 1.2 Saapuvan tavarantoimitustiedot

Ostotilausnumero työn tuotteille	Näitähän voi olla useampi? Joten voiko tätä ottaa...
Tuotteiden odotettu saapumispäivä	Odotettu päivämäärä, jolloin kaikki nimikkeet ovat saapuvilla
Kaikki tuotteet saatavilla	Työn osalistan kaikki nimikkeet saapuneet

## 1.3 Työn päivämäärät

Työn suunniteltu aloitus	Työn ajoituksen aloitus pvm
Työn aloitus	Työnaloitus pvm
Työn valmistuminen	Työn lopetus pvm
Toimitus pvm + aika	Todellinen toimitus pvm + kellon aika
Asiakkaan toivoma toimitus	Myyntitilauksen tilausrivin toimitus pvm + kellon aika

## 1.4 Työn valmistuvan tuotteen tiedot

Tuoteryhmä	Tuotetiedoista tuoteryhmä
Tuotekoodi	product_code
Tuote nimike	Tuotteen nimike
Määrä	Työllä valmistettava määrä

Tuotannon oletusmäärä	product_units
Valmiit	Työn valmiiden kappaleiden määrä
Tekovahe	Worknumber_currentphase

### 1.5 Työaika tiedot

Aktiiviyöaika	Leimatut työtunnit työlle (poislukien passiivi työaika)
Passiiviyöaika	Leimatut työtunnit työlle (tietyn kone id:n omaavat (uuni))
std_time	Työvaiheet jotka ovat resursseja mutta jotka eivät tarvitse operaattoria rakenteen std_time
rakenteen_kokonaisaika_työlle	huomioitava rakenteen työvaiheiden aikamääreen yksikkö ja tuotemäärä (tod.näköisesti eri, kuin std_time)
Työaika	Aktiiviyöaika + passiiviyöaika
Prosessiaika	Työaika + jonoaika
Jonoaika	Leimausten välinen aika, jolloin työtä ei käsitellä
Läpimenoaika	Työn aloituksen ja lopetuksen välien aika

### 1.6 Työn kustannukset

Työkustannus	Koneiden leimausaika * konekustannus
Materiaalikustannukset	
Alihankinta kustannukset	Työvaiheiden alihankinta menot
Alihankkija	Alihankintavaiheen tekijä
Poikkeama kustannukset	Käytetään poikkeaman toteutunut -kenttää
Kokonaiskustannus	summatieto edellisistä

### 1.7 Työn tulot

Myyntitilausnumero	
Tilauspositio	
Myyntihinta	Tilausrivin myyntihinta
Poikkeamatulo	Käytetään poikkeaman arvioitua kustanne -kenttää
Virtaustulo	Myyntihinta + poikkeamatulo – työkustannusten summa – materiaalikustannus
Asiakasnumero	
Asiakas	customer_name

## 2. Työvaihe -taulu

Työvaihe taulu sisältää työvaiheiden ja leimausten tietoja

työnumero	Leimauksen työnumero
Työvaihe_id	Työvaiheen_id (workhour_id)
Toimipiste	Työntekijän toimipiste (person_office)
Osasto	Työntekijän osasto
kone_id	Leimauksen machine_id
Työpiste	machine_description
Vaihe_id	workhour_phase_id
työvaihe	workhour_description
työvuoro	workhour_workshift
työntekijän id	person_number
Operaattori	person_personname
Työvaiheen todellinen aloitusaika	workhour_date + kellon aika
Työvaiheen todellinen lopetusaika	workhour_enddate + kellon aika
ajoituksen aloitusaika	Ajoituksen määrittämä oletettu aloitusaika
ajoituksen valmistumisaika	Ajoituksen määrittämä oletettu lopetusaika
tuotekoodi	workhour_header
tuotenimike	tuotteelta saatava tieto
määrä	workhour_amount
oletusmäärä tuotantoon	tuotteelta saatava tieto
työaika	workhour_hours
rakenteen varaama vaiheaika	huomioitava aikamäärään yksikkö ja tuotemäärä
keskeytysaika	Kauanko työvaihe on ollut keskeytys tilassa (miten saadaan?)
jonoaika	Kauanko työvaihe on jonottanut (huomioitava myös pätkissä valmistuvat työvaiheet, joissa ei käytetä keskeytys vaan osavalmitusmäärää)
Työpisteen WIP	Työvaiheen aloituksen aikainen WIP työpisteelle kappaleina (Montako kappaletta oli edellisestä valmiina aloitushetkellä)
Työpisteen WIP oletusmäärillä	Työvaiheen aloituksen aikainen Työpisteen tuote WIP / oletusmäärä tuotantoon
tuntikustannus	koneen tuntikustannus
vaihekustannus	työvaiheen leimausten mukainen kustannus (leimaus summa * konekustannus)
vialliset	Työvaiheelta vialliseksi ilmoitettu tuotemäärä
tila	työvaiheen tila taulukon päivityshetkellä
tuotannon poikkeamat	työvaiheella tehtyjen poikkeamien lukumäärä (ei tuotteiden kpl määrä)



## LIITE 2: LOPULLINEN KOOSTETAULUKKO ERP-DATASTA

## Toteutettu mittaussuunnitelma

30.10.2018

**Työkooste -taulu**

Työnumero

Tuotekoodi

Nimike

Työn tuotteiden kpl määrä

Tuotteita tuotantokelkkaan

Työn tuotantokelkka määrä

Asiakas

Myyntitilausnumero

Rivi positio

Toivottu toimitus pv.

á hinta

Myyntihinta

Tuotteen hinta

Alihankinta kustannukset

Rahtikustannukset

- ei voitu toteuttaa, tätä tietoa ei tallenneta mihinkään

Materiaalikustannukset

Sisältää hitsaustyövaiheita

- tarkasteltava totuustila

Sisältää pintakäsittelytyövaiheita

- tarkasteltava totuustila

Pintakäsittelyn hinta

- jyvitetään jos sisältää hitsausta

Pintakäsittelyn kokonaistyöleimausaika

- epäluotettava tieto

Pintakäsittelyn työkulut

- epäluotettava tieto

Työn menot

- epäluotettava tieto

Maalaustyön voitto

- epäluotettava tieto

Työn ajoitettu aloitus pv.

Työn ajoitettu valmistuminen pv.

Työ avattu pv.

Työ aloitettu pv.

Työ valmistunut pv.

Työ toimitettu pv.

Valmiita tuotteita kpl

Työn edellinen toimitus

Tuon toimitusten summa kpl

Läpimenoaika pintakäsittelylinjalla (CT)

Työn tila

Työ nyt työvaiheessa

**Työvaiheleimaukset -taulu**

Työnumero

Leimaus pv

Tuotekoodi

Työpiste / kone

Työvaihe

Työvaiheen aloitusaika

Työvaiheen lopetusaika

Työvaiheen työaika -epäluotettava

Valmistusmäärä

Työvaiheen tila

Konekustannukset

Työkustannukset

Pintakäsittelylinjan työvaihe - tarkastettava totuustila

**Työntekijämäärä päivittäin**

päivämäärä

Työntekijänro

Työpäivän aloitusleimaus

Työpäivän lopetusleimaus

Leimautunut pintak. työvaiheille - tarkastettava totuustila

**Päivämäärän mukaan koostetyöt**

pvm

kysyntä, €

kerättyjen töiden arvo, €

valmistuneiden töiden arvo, €

toimitettujen töiden arvo, €

kysyntä, töitä kpl

kerättyjä, töitä kpl

valmistuneet, työt kpl

toimitetut, työt kpl

kysyntä, tuotantokelkkaa

kerättyjen töiden määrä, tuotantokelkkaa

valmistuneet, tuotantokelkkaa

toimitetut työt, tuotantokelkkaa

Työntekijöitä pintakäsittelylinjalla

Pintakäsittelylinjalla tehdyt tunnit

Pintakäsittelylinjalla tehdyt ylityöt

Päivän tavoite, tuotantokelkkoina

Myöhässä saapuneet tilaukset

Myöhässä kerätyt tilaukset

Myöhässä toimitetut tilaukset

Saapuneiden tilausten jättämä - ei vielä oikeaa kaavaa tiedolle, vain päivitys hetken tieto saadaan

Keräilyn jättämä -ei vielä oikeaa kaavaa tiedolle, vain päivitys hetken tieto saadaan

Toimitusten jättämä -ei vielä oikeaa kaavaa tiedolle, vain päivitys hetken tieto saadaan