

Janiina Gustafsson

# Läpimenoajan lyhentäminen Lean Six Sigma -menetelmiä käyttäen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinööriyö

4.11.2017

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Janiina Gustafsson Läpimenoajan lyhentäminen Lean Six Sigma -menetelmiä käyttäen  69 sivua + 3 liitettä 4.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Ohjaaja(t)	Yliopettaja (Metropolia AMK) Veli-Matti Taavitsainen Tuotantopäällikkö (Lohjan Maru Oy) Robert Engström
<p>Insinööriyön aiheena on supistaa tilausten läpimenoaikaa kymmeneen työpäivään ja pienentää läpimenoajan vaihtelua käyttäen Lean Six Sigma -menetelmiä. Läpimenoajalla tarkoitetaan aikaa, joka tuotteella kestää kulkea tarkasteltavan prosessin läpi. Insinööriyön kohdeyrityksenä on Lohjan Maru Oy. Työn päämääränä on tuottaa tilatut tuotteet asiakkaalle lyhyemmällä läpimenoajalla ja selkeyttää nykyisiä työnkuvia yrityksen sisällä. Tarkoituksena on käyttää enemmän Lean Six Sigma -menetelmiä yrityksessä. Näiden muutosprosessien jälkeen lopputavoitteena on vahvistaa yrityksen kilpailukykyä, hankkia täten uusia tilauksia sekä tavoitella isompaa liikevoittoa tuleville vuosille.</p> <p>Insinööriyössä käytettiin Quality Knowhow Karjalainen Oy:n koulutusmateriaalia ja muita tieteellisiä ja kirjallisia Lean Six Sigma -menetelmiä. Lean Six Sigma on systeemin, palveluketjun tai prosessin suorituskyvyn parannusmenetelmä, joka perustuu viisivaiheiseen DMAIC-prosessiin. Insinööriyössä käytiin läpi prosessivaiheet tuotteen tilauksesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Läpimenoajan lyhentämisen ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin kaikki prosessiin vaikuttavat tekijät. Tämän jälkeen tekijät laitettiin tärkeysjärjestykseen. Tiedon kerääminen ja mittaaminen aloitettiin merkittävien tekijöiden osalta. Prosesseista hankittua tietoa analysoitiin ja sen yhteydessä löydettiin merkittäviä tekijöitä, joiden vaikutus läpimenoaikaan oli merkittävä. Merkittäviksi tekijöiksi saatiin tuotannon suunnittelu ja tilauksien tekemiseen vaikuttavat tekijät. Työntekijät ehdottivat työn edetessä parannusehdotuksia, joita toteutettiin mahdollisuuksien mukaan. Osa työntekijöistä suhtautui alusta asti myönteisesti uusiin toimintatapoihin ja osa välinpitämättömästi.</p> <p>Läpimenoajan vaihtelu ja läpimenoaikaa saatiin pienennettyä huomattavasti lähtötilanteesta. Osaaminen ja kokemus Lean Six Sigmasta lisääntyi organisaatiossa. Rahallinen vaikutus liikevoittoon oli 28 000 € vuodessa. Muita projektin rahallisia ja läpimenoajan vaikutuksia ei mitattu vielä tässä vaiheessa, mutta muutosp projektin vaikutukset ovat selkeästi näkyvissä muidenkin valmistettävien tuotteiden osalta.</p>	
Avainsanat	lean, Six Sigma, läpimenoaika, DMAIC, vaihtelu

Author(s) Title	Janiina Gustafsson Reduce lead time using the Lean Six Sigma method
Number of Pages Date	69 pages + 3 appendices 4 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Instructor(s)	Veli-Matti Taavitsainen, Head of Degree Programme Robert Engström, Production Manager
<p>The goal of this Bachelor's thesis was to reduce the lead time of the orders to ten days and to reduce lead time variation using the Lean Six Sigma method. Lead time means the time it takes for the product to pass through the inspection process. The target company for the thesis is Lohjan Maru Oy. The main goal was to produce and deliver the client's purchase orders in a shorter lead time and to clarify current job descriptions in the company. The goal was to increase the utilization of Lean Six Sigma processes in the company. After the company has adopted these changes in their processes the goal is to strengthen the competitiveness of the company, acquire more orders, and aiming for bigger profits in the coming years.</p> <p>Quality Knowhow Karjalainen Oy's educational training material and Lean Six Sigma methods were utilized in the thesis. Lean Six Sigma is an improvement method for the system, service chain, or technical capacity based on a 5-step DMAIC process. Lean Six Sigma consists of two effective business improvements methods. Lean highlights and focuses on minimizing the waste and shortening of the lead time with a goal of improving customer value. Six Sigma focuses on reducing errors and deviations with the goal of improving the process and the business performance. This thesis project studied the process phases from the product order until the product delivery to the client. During the first phase of the shortening of lead time the goal was to identify all the factors influencing the process. After this the factors were prioritized. Collection and measurement of information started from the significant factors. The information acquired from the processes was then analyzed to identify significant factors affecting the lead time. Significant factors were the production planning and the factors that affect the placement of orders. As the work is being done, the workers suggested improvements that were implemented whenever possible.</p> <p>Lead time variation and led time could be reduced significantly from the baseline. Lean Six Sigma know-how and experience increased in the organization. Direct financial gain was 28 000 € a year. The project's other financial and lead time effects were not be measured at this point, but the effects of the project change on other fabricated products were clearly visible.</p>	
Keywords	Lean, Six Sigma, lead time, DMAIC, variation

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Parannusprojektin tavoitteet	2
1.2	Insinööriyön rakenne	2
2	Yrityksen, asiakkaan ja prosessien nykytilan kuvaus	3
2.1	Lohjan Maru Oy	3
2.2	Asiakas	4
2.3	Tilausprosessi	4
2.4	Suunnitteluprosessi	5
2.5	Valmistusprosessi ja laadunvarmistus	6
2.6	Pakkausprosessi	7
2.7	Toimitusprosessi	8
3	Laatu, lean ja Six Sigma	8
3.1	Laatu	9
3.1.1	Laadun ja laatumenetelmien historia	10
3.1.2	Laadun kustannukset	12
3.2	Lean-ajattelu	13
3.2.1	Leanin synty	14
3.2.2	Läpimenoaika ja Littlen laki	16
3.3	Six Sigma	18
3.3.1	Six Sigman synty	20
3.3.2	Vaihtelu	20
3.3.3	Normaalijakauma	21
3.3.4	Stabiili ja epästabiili prosessi	22
3.4	Lean ja Six Sigma	23
4	Lean Six Sigma -projektin DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä	24
4.1	Lean Six Sigma -kehitystyökalut parannusprojektissa	24
4.2	Määrittelyvaihe	27
4.3	Mittausvaihe	27
4.4	Analysointivaihe	28
4.5	Parannus	28
4.6	DMAIC-menetelmän ohjausvaihe	29

5	DMAIC-menetelmässä käytetyt työkalut insinööriyössä	30
5.1	Määrittely	30
5.1.1	Projektin valintamatriisi	30
5.1.2	Aivoriihi	31
5.1.3	Pareto	32
5.1.4	VOC	33
5.1.5	SIPOC	34
5.1.6	Kalanruotokaavio	35
5.2	Mittaus ja tilastolliset työkalut	36
5.2.1	Indikaattorit	36
5.2.2	Ohjaukortit	38
5.2.3	Ohjaus- ja toleranssirajat	41
5.2.4	Prosessin kyvykkyys ja suorituskyky	42
5.3	Analysointi	44
5.3.1	5W2H-analyysi	44
5.3.2	MINITAB-ohjelmisto	45
5.4	Parannusvaihe	46
5.4.1	Ratkaisuvalintamatriisi	46
5.4.2	Projektikatselmus	47
5.5	Ohjausvaihe	47
5.5.1	5S	47
5.5.2	Ohjaussuunnitelma	48
6	Työn kulku ja tulokset	49
6.1	Parannustoimenpiteen määrittely ja käynnistys yrityksessä	49
6.2	Läpimenoajan lyhentämisen mittaaminen projektin aikana	53
6.3	Projektin analyysivaihe ja kehitystoimien toteutus sekä ohjaus	57
6.4	Parannusprojektin vaikutus läpimenoaikaan	61
6.5	Taloudelliset vaikutukset	64
7	Yhteenveto	65
	Lähteet	67
	Liitteet	
	Liite 1. Kalanruotodiagrammi	
	Liite 2. XY-matriisi	
	Liite 3. Ratkaisumuvalintamatriisi	

## Lyhenteet

5S	5S on kehitystyökalu, jonka avulla oma työpiste organisoidaan toimivaksi. 5S:n avulla päästään eroon turhista tavaroista ja se helpottaa pitämään tarpeelliset tavarat ja koko työympäristön järjestyksessä, siistinä ja kunnossa.
Asiakas	Organisaatio tai henkilö, joka vastaanottaa tuotteen.
C <sub>pk</sub>	Suorituskykyindeksi.
CT	Cycle Time. Jaksoaika. Työn suorittamiseen ja työjonoihin kuluu aina aikaa, jota kutsutaan myös läpimenoajaksi.
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control. Määritä, mittaa, analysoi, paranna ja varmista. DMAIC on 5-vaiheinen jatkuvan parantamisen prosessi Lean Six Sigmassa.
I-mR	Individuals and Mowing Range Chart. Yksittäisen havainnon ja vaihteluvälin ohjauskortti.
Prosessi	Prosessi on joukko toisiinsa liittyviä toistuvia toimintoja ja niiden toteuttamiseen tarvittavia resursseja, joiden avulla syötteen muutetaan tuotteiksi.
SIPOC	Vuokaavio, jossa on esitetty toimittajien (S), syötteiden (I), prosessin (P), tuotosten (O) ja asiakkaiden (C) väliset suhteet.
Six Sigma	(6 $\sigma$ ) prosessin laadun tavoitemitta, suorituskykytavoite, jolla indikoidaan tavoitetta saavuttaa prosessi kuuden standardipoikkeaman keskiarvon ja alemman sekä ylemmän spesifikaatorajan välillä. Six Sigma -tasolla suorituskykyindeksi (C <sub>p</sub> ) on vähintään 2.
Työkalu	Työkalujen on apuväline, jonka tarkoituksena on saada prosessista ongelmat esiin, ja ihmisten tehtävänä on ratkoa työkalujen ja konseptien avulla esiin tulleet ongelmat.

Virhe	Aiottuun tai määriteltyyn käyttöön liittyvän vaatimuksen täyttämättä jättäminen.
VOC	Voice Of the Customer. Asiakkaan ääni. Asiakkaalta peräisin oleva tieto, josta käy ilmi hänen odotuksensa.
WIP	Work in Process. Keskeneräinen työ (KET) pitää sisällään toimitusketjun raaka-aineet, prosessin sisäiset varastot ja lopputuotteet.

## 1 Johdanto

Insinööriyössä käydään lävitse Lohjan Maru Oy:n nykytila ja tehdyt toimenpiteet tuotteiden läpimenoajan pienentämiseksi hyödyntäen apuna Lean Six Sigma -menetelmiä muun muassa SIPOC-, kalanruoto- ja 5S-työkaluja. Lisäksi insinööriyössä käsitellään tilastollisia menetelmiä. Tilastollisen datan analysointiin käytetään MINITAB-ohjelmistoa.

Tämän insinööriyön kimmokkeena olivat seuraavat Lohjan Maru Oy:ssä nousseet kysymykset: Miksi eräälle asiakkaalle tuotteiden toimitusaika kestää yhdestä päivästä jopa kolmeen kuukauteen? Toisena kysymyksenä oli: Miksi usein näyttää siltä, että käytetään paljon aikaa ongelmien korjaamiseen, mutta ei käytetä riittävästi aikaa virheiden ennaltaehkäisemiseen tekemällä asiat kerralla oikein jo ensimmäisellä kerralla? Edellä mainitut kysymykset johtivat selvittämään läpimenoajan lyhentämistä insinööriyön muodossa.

Lean Six Sigma -muutosprojekti käynnistettiin Lohjan Maru Oy:ssä syyskuussa 2016 kouluttamalla insinööriopiskelija Lean Six Sigma Green Beltiksi. Koulutus toteutettiin Lahdessa Quality Knowhow Karjalainen Oy:ssä. Koulutuksen ohjaajana toimi professori, diplomi-insinööri Eero E. Karjalainen. Tässä insinööriyössä on hyödynnetty koulutuksessa opetettuja Lean Six Sigma -menetelmiä. Insinööriyössä on käytetty suurimmaksi osakseen lähteinä suomalaisten laatuammattilaisten tulkintoja Lean ja Six Sigma -menetelmistä.

Insinööriyön muutosprojekti aloitettiin keräämällä ryhmä tuotannon työntekijöitä. Työntekijöiden kanssa käytiin läpi tuotteen läpimenoaikaan vaikuttavia tekijöitä tuotantoprosessissa. Näiden tekijöiden avulla tunnistettiin osa juurisyistä läpimenoaikaan vaikuttavista tekijöistä. Juurisyillä tarkoitetaan tekijöitä, joiden avulla selvitetään tapahtuman syntyyn oleellisesti vaikuttaneet tekijät. Prosessissa tehtiin muutoksia näihin tunnistettuihin juurisyihin. Muutostyön edetessä koulutettiin henkilökuntaa käyttämään erilaisia Lean Six Sigma -menetelmiä omassa työssään ja tätä kautta helpottamaan sekä selkeyttämään omaa toimintaa työyhteisössä.

Insinööriyön parannusprojektin kautta yrityksessä otettiin Lean Six Sigma yrityksen jokapäiväiseen toimintaan mukaan. Työntekijät pääsivät vaikuttamaan huomattavasti enemmän työtapoihin ja yrityksen eri prosesseihin omilla parannusehdotuksillaan. Lean

Six Sigma -toimintamenetelmät ovat kaiken kaikkiaan tuoneet suurta lisäarvoa yrityksen liiketoimintaan ja etenkin selkeyttäneet organisaation toimintatapoja.

### 1.1 Parannusprojektin tavoitteet

Projektin tavoitteena oli saada pienennettyä läpimenoaikaa huomattavasti nykyisestä. Lisäksi tarkoituksena oli vähentää läpimenoajan vaihtelua. Kolmas tavoitteista oli selkeyttää työtehtäviä ja lisätä ohjeistusta nykyisestä kaikilla eri osastoilla sekä saada jokaiselle työntekijälle selkeät työnkuvat ja vastualueet. Tarkoituksena oli vähentää töiden päällekkäisyyksiä ja saada toimitusketju toimimaan alusta loppuun asti ilman turhia keskeytyksiä ja odotusaikoja.

### 1.2 Insinööriyön rakenne

Tämä insinööriyö jakautuu seitsemään eri osioon: yrityksen ja asiakkaan esittelyyn sekä prosessin nykytilan kuvaukseen tilauksesta toimitukseen, kirjallisuuskatsaukseen, tutkimusmenetelmiin, työkalujen esittelyyn, työn kulkuun ja tutkimuksen tulosten esittelyyn sekä tulosten analysointiin ja johtopäätöksiin. Johdantoluvun jälkeen luvussa 2 esitellään kohdeyritys ja asiakas. Lisäksi käydään läpi prosessin lähtötilanne ennen parannusprojektin aloittamista. Luku antaa pohjan ymmärtää työssä käsiteltävää tilaus- ja toimitusprosessia ja esittelee ongelmakohdat näissä prosesseissa. Luku 3, kirjallisuuskatsaus, käsittelee laadun ja Lean Six Sigman teoriaa. Kirjallisuuskatsaus jakaantuu neljään osaan. Aluksi perehdytään laadun historiaan ja laadun aiheuttamiin kustannuksiin, seuraavaksi tutustutaan leanin teoriaan ja läpimenoaikaan, kolmas alaluku käsittelee Six Sigman syntyä, vaihtelua, satunnais- ja erityisyyttä, stabiilia ja epästabiilia prosessia sekä normaalijakaumaa, viimeisessä osiossa käsitellään Lean Six Sigman -parannusmenetelmäyhdistelmää. Luku 4, kirjallisuuskatsaus, on DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän esittely, jossa käydään läpi DMAIC-menetelmän eri vaiheet, jotka ovat: määrittely-, mittaus-, analysointi-, parannus- ja ohjausvaihe. Insinööriyössä käytetyt DMAIC-menetelmän työkalut ovat esiteltynä luvussa 5. Luvussa 6 esitellään insinööriyön kulku ja tulokset. Luku 6 jakaantuu neljään osaan. Ensimmäiseksi esitellään parannustoimenpiteiden määrittely ja projektin käynnistys yrityksessä, toisessa alaluvussa kerrotaan läpimenoajan lyhentämisen mittaamisesta insinööriyön aikana, seuraavaksi tutustutaan

parannustoimenpiteiden analyysivaiheeseen sekä kehitystoimien toteuttamiseen ja viimeisessä alaluvussa käsitellään parannustoimenpiteiden vaikutuksia läpimenoaikaan. Viimeisessä luvussa 7 esitellään työn yhteenveto, jossa on koottu yhteen työn tulokset ja johtopäätökset Lean Six Sigma -parannusprojektista.

## **2 Yrityksen, asiakkaan ja prosessien nykytilan kuvaus**

Tässä luvussa esitellään kohdeyritys ja asiakas. Lisäksi tässä osuudessa keskitytään yrityksen nykytilanteeseen ja läpimenoaikoja kasvattaviin ongelmiin eri prosessivaiheissa. Kuvataan prosessin eri osien ongelmakohdat ja käydään läpi prosessin eri vaiheet. Osiossa käydään läpi tilaus-, suunnittelu-, valmistus-, pakkaus- ja toimitusprosessit. Prosessista on rajattu pois raaka-aineiden tilaus ja tuotekehitys.

### **2.1 Lohjan Maru Oy**

Lohjan Maru Oy on 1987 perustettu kemianalan pk-yritys. Liikevaihto on noin 8,5 miljoonaa euroa vuodessa. Yrityksen pääasiallinen toiminta voidaan jakaa useaan ryhmään. Suurimmat tuotteet ovat pääosin vientiin menevät mattoteollisuuden tuotteet. Päämarkkina-alueet ovat Venäjä, Valko-Venäjä ja Viro. Omaa valmistusta löytyy usealle eri teollisuuden alalle mm. rakennuskemian tuotteet ja vesipohjaiset liimat. Rakennuskemian tuotteet ovat tyypillisesti privat label -tyyppisiä ja päätyvät lähinnä kuluttajakauppaan. Vesipohjaisten liimojen suurimmat käyttäjät löytyvät teollisuudesta. Usein tuotteita joudutaan räätälöimään asiakkaille sopiviksi. Yrityksen yksi tärkeimmistä vahvuuksista onkin asiakkaalle räätälöityjen tuotteiden suunnittelu ja valmistaminen.

Viimeisen neljän vuoden aikana on valikoimiin otettu kuumaliimojen myynti, kuumaliimalaitteiden myynti sekä viimeisimpänä kuumaliimalaitteiden huolto. Kuumaliimalaitteisiin kuuluvat ValcoMeltonin kuumaliimalaitteet sekä varaosatarjonta myös muiden merkkien kuumaliimalaitteisiin. Kuumaliimalaitteiden asiakaskunta koostuu pääosin teollisuusasiakkaista. Lisäksi tarjotaan kumppaneille sekoitus- ja pakkauspalvelua useilla eri tuotesegmenteillä. Yritys kilpailee tuotteiden ja palvelun laadulla muiden valmistajien kanssa.

## 2.2 Asiakas

Asiakkaalla tässä tarkoitetaan Lohjan Maru Oy:ssä valmistettavan tuotteen tilaajaa. Asiakkaana toimii rakennustarvikkeiden yleistukkukaupan tuotteita myyvä perheyrittys. Yrityksen asiakkaat toimivat pääosin Pohjoismaissa. Lohjan Maru Oy valmistaa asiakkaalle yli 50 erilaista tuotetta. Tuotteet ovat pääsääntöisesti tilavuuksiltaan 0,2–18 litran purkkeja. Pakkauskokoja on kahdeksan eri kokoa. Sarjakoot ovat 500–6000 litran suuruisia.

Seuraavissa alaluvuissa 2.3–2.6 kuvataan prosessin nykytilaa ennen muutosprojektin käynnistämistä yrityksessä. Nykytilassa on esitettyinä eri prosessivaiheiden ongelmat tilausprosessista toimitusprosessiin.

## 2.3 Tilausprosessi

Valmistettavalle tuotteelle on annettu toimitusajaksi kymmenen työpäivää asiakkaan antamasta tilauksesta. Läpimenoajan keskiarvo on tällä hetkellä 30 päivää tilauksesta. Asiakas tilaa tuotteita jopa useita kertoja päivässä. Asiakkaalle on annettu mahdollisuus muuttaa tilauksia omien tilauskiireellisyyksien mukaan. Tämän vuoksi asiakas voi vaihtaa jatkuvasti tilattavien tuotteiden tärkeysjärjestystä toinen toistaan kiireellisempiin tuotteisiin, jolloin jo aikaisemmin tilatut tuotteet jäävät jonoon odottamaan kiireellisempien tilausten takia. Tästä aiheutuu paljon vaihtelua läpimenoaikaan, koska tilaukset eivät tule säännöllisesti vaan eri aikaväleillä ja eri määrinä.

Tilauksia antaa kolme eri henkilöä asiakkaan puolelta Lohjan Maru Oy:lle. Nämä henkilöt eivät aina kommunikoi keskenään, mitä tilauksia ovat antaneet jo tehtäväksi Lohjan Maru Oy:lle. Tästä johtuen samoja päällekkäisiä tilauksia saattaa olla useampiakin. Usein tilaukset ovat suullisia. Kiireellisissä tapauksissa asiakkaan oma asiakas odottaa juuri tiettyä tuotetta toimitettavaksi seuraavaan lähetyksen mukana. Tästä tieto tilauksen vastaanottajalle tulee usein samana päivänä, jolloin tuotteen tulisi jo lähteä asiakkaan asiakkaalle. Asiakas antaa tilauksen suullisesti joko puhelimitse tai tavatessaan tilauksen vastaanottajan. Suullisesti annettu kiireellinen tilaus viedään heti tuotantoon tehtäväksi työksi. Kiireellinen tilaus tehdään heti, kun tuotanto- tai pakkauslaitteisto vapautuu edellisen työn alta. Nämä kiireelliset tilaukset syrjäyttävät edelliset jonossa olevat tilaukset, jolloin vanhempien tilauksien läpimenoaika kasvaa entisestään.

Joskus puhelimitse otetut tilaukset jäävät kirjaamatta varsinaisiksi tilauksiksi. Näin tapahtuu esimerkiksi, jos tilauksen vastaanottaja on ollut juuri tilausta vastaanottaessa kahvitauolla ja unohtanut kirjata tilauksen vastaanotetuksi. Monien tilauksien kohdalla luotetaan usein siihen, että tilauksen muistaa, kun palaa työpisteelle. Liian usein tilauksen vastaanottaja on unohtanut tilauksen tai tilauksen antaja on unohtanut antaa tilauksen Lohjan Maru Oy:lle. Tästä unohduksesta seuraa lisää kiirettä tuotannon puolelle, kun työ onkin yllättäen kiireellinen. Usein tällainen unohdus johtaa sanaharkkaan siitä, oliko tilaus annettu vai ei. Päälekkäisiä tilauksia on useita, ja samaa tuotetta on voitu tilata useaan kertaan eri määriä asiakkaan omille asiakkaille. Kukaan ei ole täysin tietoinen, mitä, milloin ja kuinka paljon on tilattu eri tuotteita. Varmaa on vain se, että koko ajan on kiire ja kaikkea pitäisi saada välittömästi.

## 2.4 Suunnitteluprosessi

Tulleiden kirjallisten ja suullisten tilausten perusteella tuotantopäällikkö suunnittelee perjantaisin seuraavan viikon tuotanto-ohjelman. Viikkotyölista käydään maanantaiaamuisin tuotannon työntekijöiden kanssa läpi. Työlista sisältää kaikki tehtävät työt ja tilaukset myös lukuisille muille asiakkaille. Tuotteiden valmistus toteutetaan erätuotantotyyppisesti, ja jokaiselle erälle muodostuu tuotannon suunnitteluvaiheessa yksilöllinen eränumero.

Tuotannonsuunnittelu ei toimi, koska jatkuvat muutokset viikkotyölistaan muuttavat tuotantojärjestystä. Viikkosuunnitelma romuttuu usein jo samana päivänä uusien kiireellisten töiden takia. Lisäksi tarvittavien materiaalien ja raaka-aineiden huono seuranta ja jatkuva tarvikkeiden loppuminen kesken tuotannon aiheuttavat entistä pidemmän läpimenoajan. Jatkuvasti vaihtuvat työt tuottavat ongelmia tuotannossa ja hidastavat prosessia huomattavasti. Kiireellisissä tapauksissa tuotantopäällikkö, laboratoriopäällikkö, projektipäällikkö tai toimitusjohtaja tulostavat keräyslistan tuotannolle tehtäväksi, jolloin poiketaan taas suunnitellusta viikko-ohjelmasta. Viikko-ohjelmaa voi muuttaa monta eri henkilöä. Nämä henkilöt eivät aina informoi toisiaan tuotannossa tehtävistä muutoksista. Jokainen yrittää parhaansa kiireen keskellä, mistä lopputuloksena on epäjärjestys, johon työntekijät ovat valitettavasti tottuneet.

## 2.5 Valmistusprosessi ja laadunvarmistus

Tuotettavat tuotteet valmistetaan tuotannossa tuotantoreseptiä seuraten. Tuotantoreseptistä ilmenee tuotteeseen käytettävien raaka-aineiden ja työtapojen lisäksi tuotteelle asetetut raja-arvot. Jokaisesta valmistetusta erästä mitataan tuotantoreseptin asettamat mittaukset, jotka määrittävät hyväksyttävät raja-arvot tuotteelle. Saapuvista raaka-aineista otetaan määriteltyjen tuotteiden osalta näytteet, joita verrataan valmistajan toimitamiin analyysitodistuksiin. Raaka-aineiden näytteistä mitatut arvot kirjataan eränumeroineen digitaalisesti laadunvalvonnan taulukkoon ja saapuvat raaka-aine-erät tallennetaan varastohallinnan tietokantaan eränumerotietoineen. Kirjattaessa valmistetut tuotteet varastohallinnan tietokantaan luovutetaan siihen käytetyt raaka-aineet tietokannassa kyseiselle erälle. Varastohallinnan tietokannasta voidaan nähdä eräkohtaisesti käytetyt raaka-aineet ja laadunvalvonnan tietokannasta saadaan kyseisen erän ja siihen käytettyjen raaka-aineiden analyysitulokset.

Tuotteen valmistuessa eränumero kirjataan otettuun näytteeseen, valmiin tuotantoerän tiedot kirjataan tietokantoihin eränumeroineen ja tuotteen pakkaukseen kirjataan eränumerotieto jäljitettävyyden varmistamiseksi. Yksilöllisen eränumeron perusteella valmis tuote on jäljitettävissä tuotantoreseptiin, tuotantoerästä tehtyihin mittaustuloksiin, säilytettyyn kontrollinäytteeseen sekä siihen käytettyihin raaka-aineisiin.

Tuotteen valmistus tuotannossa tapahtuu monessa eri vaiheessa ja useassa eri työpisteessä. Tuotannossa työvaiheita on parhaimmillaan toistakymmentä valmistettavaa tuotetta kohden. Yhdenkin tuotantovaiheen keskeytys pitkittää tuotteen läpimenoaikaa. Suurin osa työvaiheista on manuaalisia, ja hyvin vähän työvaiheista on automatisoitu. Tuote valmistetaan keräyslistojen mukaan, jotka löytyvät tuotannon tietokonehuoneen korkkitaululta. Tietokoneelta luetaan viikkosuunnitelma ja pyritään noudattamaan suunnitelmaa. Työntekijä ottaa keräyslistan ja tulostaa yleensä itse tuotteen valmistusreseptin ja ryhtyy valmistelemaan tehtävää työtä ohjeistuksen mukaan. Ei-kiireellisissä tapauksissa työntekijät valitsevat korkkitaululta oman harkintansa mukaan tehtävän työn näkyvillä olevien tilauksien mukaan ja alkavat valmistaa tilattua työtä viikkosuunnitelmasta poiketen. Tuotannonohjaus on käytännössä jokaisen työntekijän omassa harkinnassa eikä työtä valvota ylemmältä tasolta. Usein suunnitellusta viikko-ohjelmasta joudutaan poikkeamaan, kun osa materiaaleista tai raaka-aineista uupuu. Hyvin harvoin tuote jää

tekemättä laitevian takia. Näiden syiden vuoksi osa tärkeistä tilauksista jää valmistamatta ajallaan ja ne suunnitellaan tehtäväksi ensi viikolla uudestaan. Aina ei kuitenkaan tiedetä tai osata ottaa huomioon tekemättä jäänyttä tai keskeneräistä työtä uutta viikkosuunnitelmaa tehtäessä. Jos työntekijä on ottanut työlistan pois korkkitaululta, niin usein viikkosuunnitelmaa tehdessä oletetaan virheellisesti, että annettu työ on tehty valmiiksi.

Valmistusprosessi on monivaiheinen, ja tuotteen valmistusreseptiä tulee noudattaa tarkoin. Tuotteen valmistuttua tuotteen laatu varmistetaan laadunvalvontalaboratoriossa. Tuote mitataan ja mittaustuloksia verrataan annettuihin tuotteen spesifikaatorajoihin. Mikäli tuote ei ole vielä raja-arvoissaan, niin se säädetään oikeisiin raja-arvoihin ennen tuotteen pakkaamista purkkeihin. Usein tuote ei ole ensimmäisellä kerralla valmis ja se vaatii vielä hienosäätöä. Hyväksymiskriteerit määrittävät tuotteille annetut raja-arvot, joiden sisällä valmiin tuotteen tulee olla. Tuotteesta mitatut arvot kirjataan tuotantolappuun ja digitaaliseen laadunvalvonnan taulukkoon. Valmiin tuotteen poiketessa tehtyjen korjausten jälkeen edelleen annetuista raja-arvoista tulee tuotteelle saada hyväksyntä kyseisen tuotteen laadunvalvonnasta vastaavalta henkilöltä, joka puumerkillään merkitsee tuotteen hyväksytyksi tuotantolappuun.

Tuotteen toleranssirajat ovat monessa tuotteessa tiukat suhteessa prosessin suorituskykyyn, minkä vuoksi tuotannossa joudutaan usein hienosäätämään tuotetta. Tuotteen hienosäätäminen tuotantovaiheessa lisää läpimenoaikaa ja kustannuksia. Tiukoilla raja-arvoilla pyritään vähentämään mahdollisten reklamaatioiden määrää ja takaamaan tuotteen laatu. Virheellisten tuotteiden läpi pääsy tuotantoketjussa asiakkaalle asti aiheuttaa suuret kustannukset reklamaatioiden muodossa. Tuotteen virhe tai vika on aina halvempi korjata mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tuotteen saavuttaessa annetut raja-arvot tuotantotilauslista toimitetaan tuotantopäällikölle ja hän arkistoi ja kirjaa listan tietojärjestelmään.

## 2.6 Pakkausprosessi

Tuote purkitetaan pakkauslinjalla ja purkit pinotaan lavalle. Valmiit lavat kelmutetaan ja viedään varastoon odottamaan lähetystä tai jätetään sellaisenaan pakkauspisteelle odottamaan toimitusta asiakkaalle. Valmiiksi pakatut tuotteet kirjataan tietojärjestelmään tehdyiksi. Valmis tuote pakataan kuljetusta varten.

Tuotannossa tehdään paljon lyhyitä sarjoja kiireellisyyden vuoksi. Lyhyet sarjat vievät kaikkineen esivalmisteluineen huomattavasti enemmän aikaa kuin pidennetyt sarjat keskimäärin pakattua purkkia kohden. Samassa keräyslistassa voi olla useita eri pakkauskojoja, jolloin pakkauslinjaa joudutaan joka kerta säätämään eri pakkaskokojen mukaan. Pakkauslinja on todellinen pullonkaula tuotannonprosessissa. Pakkauslinjalla teetetään usein ylitöitä ja pakkamaassa on koko yritys toimitusjohtajasta sihteeriiin. Kaikki joustavat, jotta asiakas saisi tarvitsemansa tilauksen ajoissa. Siitä huolimatta tilaukset ovat joskus paljon tai todella paljon myöhässä suunnitellusta aikataulusta.

## 2.7 Toimitusprosessi

Valmis tuote tuodaan varastoon odottamaan asiakkaalle toimitusta tai toimitteen suoraan pakkauspisteeltä asiakkaalle. Usein tuote on varastossa valmiina, mutta valmista keräyslistaa ei ole toimitettu tuotantopäällikölle. Tämän vuoksi tuote voi seistä useamman päivän – jopa viikkoja varastossa, vaikka se olisi voitu toimittaa suoraan asiakkaalle. Tästä johtuen toimitukset usein myöhästyvät useita päiviä. Tuote voi olla viittä vaille valmis. Tämä tarkoittaa sitä, että tuote on pakattu valmiiksi, mutta lavaa ei ole esimerkiksi kelmuttertu valmiiksi. Tämän vuoksi tuote jää tuotannon puolelle seisomaan eikä asiakas saa jo valmistettua tilaustaan.

Tuotteiden luovutus asiakkaalle tapahtuu, kun tuote on pakattu ja täyttännyt sille annetut hyväksymiskriteerit. Tuote toimitetaan asiakkaalle, mutta asiakas ei aina kuittaa tuotetta vastaanotetuksi ja Lohjan Maru Oy:n puolelta tuotetta ei kirjata toimitetuksi asiakkaalle. Lohjan Maru Oy:n puolella toimitettua tuotetta ei aina kirjata tietokantaan, jolloin tuote näyttää olevan edelleen keskeneräisten töiden listalla. Näiden asioiden jatkuva selvittely vie paljon aikaa ja läpimenoajat kasvavat päivillä – jopa viikoilla.




## 3 Laatu, lean ja Six Sigma

Tämä luku käsittelee insinööriyön aihepiirin teoriaa. Tämä kirjallinen osuus jakautuu neljään osaan. Aluksi perehdytään laadun käsitteisiin ja kustannuksiin. Seuraavaksi käsitellään leania ja läpimenoaikaa. Kolmas alaluku sisältää teoria osuuden Six Sigman syn-

nyn, prosessiin vaikuttavan vaihtelun, stabiilin- ja epästabiilin prosessin sekä normaali-jakauman osalta. Viimeisessä alaluvussa perehdytään Lean Six Sigma -parannusmenetelmäyhdistelmään.

### 3.1 Laatu

Laadulla on oma määritelmänsä, joka on vaihdellut vuosien varrella. Laatugurut ovat kirjoittaneet omat määritelmänsä niin sanotusti ajan hengessä. Kuvassa 1 on esiteltynä muutama eri laatumääritelmä muun muassa Demingin ja Juranin näkökulmasta. Yhteistä näille kaikille laadun määritelmille kuvassa 1 on sopivuus tarkoituksen mukaiseen käyttöön. Ensimmäiseksi voisi todeta, että lähestymistapa on tuoteperusteinen, onpa kysymyksessä palvelutuote tai perinteinen tuote. Toisena asiana voisi sanoa, että määritelmä painottuu asiakastyytyvyyteen, jonka parantaminen on perustana koko laatutyölle.

– <b>Deming (1940)</b> : asiakkaan nykyisten ja tulevien tarpeiden täyttämistä laadun avulla	
– <b>TQM (1950)</b> : asiakkaan odotusten täyttäminen	
– <b>Edwards (1968)</b> : kykyä tyydyttää asiakkaan tarpeet	
– <b>Juran (1989)</b> : sopivuus käyttöön tai tarkoitukseen	
– <b>Akyama (1991)</b> : se, mikä toteuttaa ostajan tarpeet	
– <b>Lillrank (1998)</b> : vaihdannassa eli transaktiossa näkyvä ominaisuus, joka vaikuttaa asiakkaan arviointeihin ja päätöksiin	

Kuva 1. Laadun määritelmät eri aikakausilta [1].

Harva ymmärtää, että laatuasiat vaikuttavat myös toimintaan, olipa kysymyksessä yritystoiminta, julkishallinto, palvelu- tai tuotanto-organisaatio. Puhutaankin tuotelaadusta ja toiminnan laadusta. Vuonna 2000 uuden laadun määritelmän kirjoitti Mikel J. Harry. Harry kirjoitti laadun määritelmäksi:

*Laatu on tuotteen tai palvelun kyky täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset sekä tuottaa valmistajalleen voittoa. Laatu tuo tyytyväisyyttä ja rahaa. [1.]*

Nykyinen Harryn kirjoittama laadun määritelmä on käyttökelpoisempi. Määritelmä sisältää sopivuuden käyttöön, asiakastyytyväisyyden ja tuo painotetusti palvelun esille. Uutena asiana tulee arvon korvaus ja ennen kaikkea se ottaa huomioon tuottajatytyväisyyden. Tuottajatytyväisyysnäkökulma on tärkeä, koska nykyään on yleistä pitkät toimittajaketjut ja riskinä on tappion tekeminen laadun kustannuksella. Nykyään painotetaan kannattavuutta ja tuottavuutta. Puhutaankin kumppanuudesta, jossa molempien, niin asiakkaan kuin toimittajan pitää pystyä tulemaan toimeen, toisin sanoen saada riittävä korvaus. [1.]

### 3.1.1 Laadun ja laatumenetelmien historia

Ennen tilastotieteellistä lähestymistapaa ongelmia ratkottiin järjen ja päättelyn avulla ilman tilastotieteellisiä työkaluja. Tällaisen lähestymistavan ongelmana oli usein, että tehtiin vääriä johtopäätöksiä. Luonnonlakien lähestymistavan tullessa edellisen tilalle alkoi yhteiskunta kehittyä vauhdilla. Elinikä kasvoi, ja päästiin keskiajan kurjuudesta tämän päivän hyvinvointiin. [2, s. 9.]

1980-luvulla laatukäsite muuttui Suomessa japanilaisten laatupiirien ja Philip Crosby'n "Laatu on ilmaista" -kirjan ansiosta. Crosby'n kirjassa käsiteltiin laatuongelmia ja ongelmanratkaisumenetelmiä. Laatu muuttui laadun tarkistuksesta laadun ohjaukseksi. [3, s. 9.]

Tilastollisen laadunvalvonnan SQC (Statistical Quality Control) -menetelmät levisivät räjähdysmäisesti koko länsimaiseen teollisuuteen maailmansotien jälkeen. SPC (Statistical Process Control) eli tilastollinen prosessinohjaus on tehokas tapa varmistaa tuotteiden yhdenmukaisuus, ja sen avulla voidaan määrittää tuotantoprosessin suorituskyky vaatimusten suhteen. [4, s. 88.]

Laatukäsitteen laajenemisen myötä on laatu käsitteenä mutkistunut, ja 1980-luvulta lähtien on TQM:ää (Total Quality Management) pyritty jäsentämään erilaisten mallien avulla. Kansainvälisten asiantuntijoiden mallit sisältävät erilaisia painotuksia, mutta niiden perussanoma ja -periaatteet ovat samankaltaisia.

Kaikki mallit nojaavat seuraaviin periaatteisiin:

1. Kerralla oikein tekeminen tuottaa vähemmän kustannuksia kuin virheiden korjaaminen.
2. Laatuongelmien ennaltaehkäisy on viisaampaa kuin niiden korjaaminen.
3. Johdolla on merkittävä asema laadun parantamisessa.
4. Koko henkilöstö on koulutettava käyttämään laadun parantamisen työkaluja.
5. Yrityksen on luotava laadunhallintastrategia.
6. Laatua on mitattava ja sitä on tarkasteltava tilastollisin menetelmin. [4, s. 88.]

1980-luvun loppupuolella nousi esille yksi vanha laadunhallinta-alue: laadunvarmistus QA (Quality Assurance). Syynä tähän oli kansainvälisen standardisointiorganisaation – ISO:n julkaisema sarja laadunvarmistusstandardeja eli niin sanotut ISO 9000 -laatu järjestelmän standardit. Laadunvarmistuksen juuret ovat muun muassa aseteollisuuden aloilla, joilla on suuria turvallisuusriskejä. Pahimmillaan voidaan menettää satoja, jopa tuhansia ihmishenkiä, jos jokin asia menee pieleen. Ennen ISO 9000 -sarjaa oli olemassa merkittävä määrä kansallisia laadunvarmistusstandardeja. Vientiyrityksillä oli valtava työ selvittää, minkä sisältöinen järjestelmästandardi missäkin maassa oli voimassa. Tähän epäkohtaan tuli ratkaisuksi monen vuoden työn tuloksena 1980-luvun puolivälissä sarja kansainvälisiä, yhteisesti hyväksytyjä laatu järjestelmästandardeja. ISO 9000:n kautta löytyi paremmin yhteinen kieli sekä kansainvälisesti, kansallisesti että yrityksen sisällä. Sen avulla saatiin yrityksen laatuasioiden perusta kuntoon. [4, s. 88–89.]

Laatumenetelmät ovat suhteellisen uusia. Laatumenetelmien kehitymisajanjakso on suunnilleen yhtä pitkä kuin teollinen ajanjakso. Laatumenetelmät eivät ole kehittyneet sattumalta, vaan nykyiset menetelmät ovat syntyneet jaksoittain. Laatukenttä muuttuu siinä missä muukin teknologia. Muuttumiseen vaikuttavat voimakkaasti tietämyksen nousu sekä teknologia, joka tukee toimintaa. [1.]

### 3.1.2 Laadun kustannukset

Laadulla on huomattava vaikutus yrityksen talouteen. Väärin tekeminen, virheelliset tuotteet, korjaus, ongelmat prosesseissa, valvonta, hylky ja takuukustannukset ovat merkittäviä laadun virhekustannuksia. Vastaavasti myös hyvän laadusta tekemisestä ja laadun kehittamisestä syntyy kustannuksia. Kaikki nämä asiat vaikuttavat yrityksen kannattavuuteen. [5.]

Laatu on toisaalta kilpailutekijä. Laadun merkitys ihmisten ostopäätöksissä lisääntyy jatkuvasti, ja hyvästä laadusta ollaan valmiita maksamaan enemmän. Laatu myös kasvattaa organisaation julkiskuvaa. Julkispalveluissa hyvälaatuiset palvelut lisäävät ihmisten valmiutta osallistua palvelujen rahoitukseen. [5.]

Laatukustannuksista keskustellaan paljon, mutta niitä on tutkittu vähän. Kustannuslaskentaa on käyty läpi perinteisten laatukustannusten osalta. Laadun laajeneminen käsittämään yrityksen kaikki prosessit, ennaltaehkäisytoimet, ympäristövaikutukset, koulutuksen ja niin edelleen on tehnyt kustannuslaskennasta erittäin kirjavaa. Lisäksi laadun vaikutus tuotteen koettuun arvoon ja myyntiin sekä yrityksen imagoon ja kilpailukykyyn on vielä pitkälti tutkimatta. Kyvykkäitä malleja laajan määritelmän mukaisista laatukustannusten laskemisesta on vaikea saada teollisuudestakaan. [5.]

Western Electric -yhtiön tarkastusosaston maineikkaisiin laadunkehittäjiin kuulunut Joseph M. Juran (1904–2008) luokittelun mukaan laatukustannuksia synnyttää

1. laatujärjestelmän kehittäminen
2. valvontakustannukset
3. sisäiset ja ulkoiset virhekustannukset.

Ennaltaehkäisevän toiminnan kustannukset syntyvät kaikkien niiden toimien aiheuttamista kustannuksista, joiden tarkoituksena on rajoittaa vikojen ja virheiden syntyminen jalostusketjussa. Lisäksi siihen kuuluvat suhdannekauden aikana toteutetut mittaukset ja analyysit. [5.]

Laadun kehittämissivaiheessa kustannuksia muodostuu laatujärjestelmän tekemisestä. Kustannukset ovat suhteellisesti suuremmat pienessä organisaatiossa, vaikka itse järjestelmän mittasuhteet ovat erilaiset. [5.]

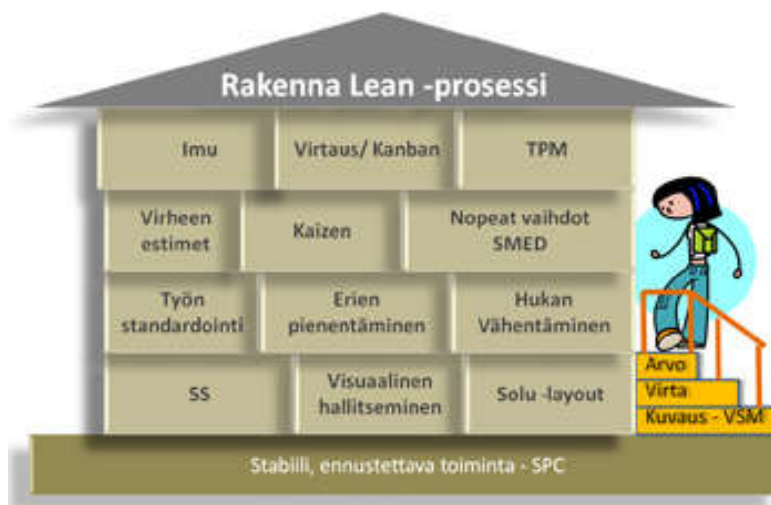
Valvontakustannukset aiheutuvat suoritetuista tarkastuksista, testeistä ja muista suunnitelmallisista arvioinneista sen määrittämiseksi, vastaako tuote sille laadittuja vaatimuksia. Palveluissa keskeiset valvontakustannukset syntyvät asiakastyön alku- ja lopputilanteen sekä työskentelyn aikaisista laatuarvioinneista ja vaikuttavuusmittauksista sekä muista laadun arviointiin kuuluvista mittauksista ja raportoinneista. [5.]

Romu eli hylky, jäte sekä uudelleen tekemisestä syntyvät kustannukset aiheuttavat sisäisiä virhekustannuksia. Nämä virhekustannukset huomataan jo ennen tuotteen toimitamista asiakkaalle. Palveluissa sisäiset virhekustannukset eivät ole samalla tavalla keskeisiä kuin tavaratuotannossa. Ulkoiset virhekustannukset ovat asiakkaan tuotteessa havaitsemien puutteiden aiheuttamia kustannuksia. Näitä menoja ovat esimerkiksi takuukorjaukset ja menetetyn maineen vaikutus myyntiin. [5.]

### 3.2 Lean-ajattelu

Lean on toiminnan filosofia, jossa käytetään erilaisia työkaluja kehitysmenetelmien läpiviemiseksi. Lean perustuu asiakasarvon kasvattamiseen ja virtauksen maksimointiin, hukkan eli menetetyn ajan poistamisella. Se on toiminta ja ajattelutapa, jossa virtausta ja jalostusarvon osuutta hyödynnetään maksimaalisesti poistamalla hukkaa. Lean lanseerataan yleensä hukkan poistomenetelmänä, vaikka sen perimmäinen tarkoitus on läpimenoajan lyhentäminen. Mikäli läpimenoaika ei lyhene, niin taloudellista parannusta ei todennäköisesti saavuteta. [6.]

Lean pitää sisällään lukuisia teorioita, konsepteja ja työkaluja, joista osa on esiteltynä kuvassa 2. Lean liitetään erilaisiin työkaluihin ja tekniikoihin kuten VSM, 5S ja Kanban. Yksi keskeisimmistä työkaluista on VSM (Value Stream Map), jota käytetään parannustarpeen konkretisoimiseen ja parannuskohteen tunnistamiseen. [6.]



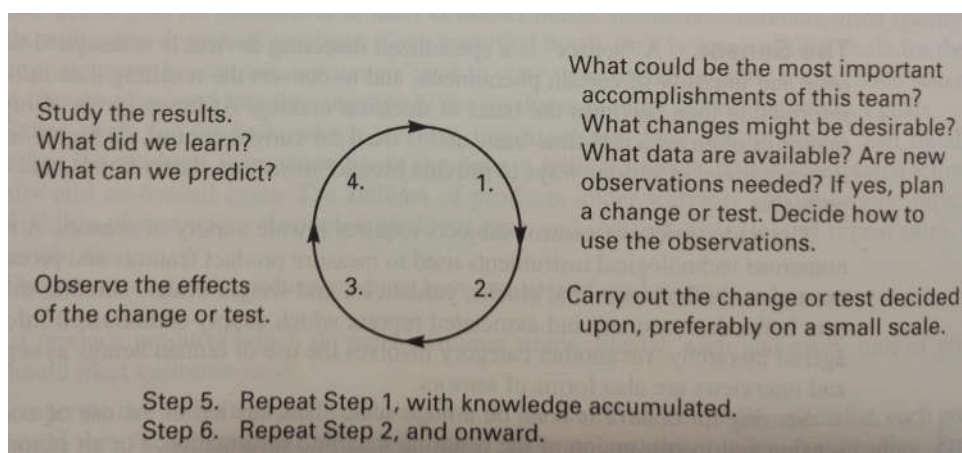
Kuva 2. Lean-prosessissa käytettäviä eri työkaluja [6].

Työkalu on apuväline, jonka tarkoituksena on saada prosessista ongelmat esiin, ja ihmisten tehtävänä on ratkoa työkalujen ja konseptien avulla esiin tulleet ongelmat. Henkilöstön tehtävänä on nostaa ongelmat esiin, ja esimiehillä täytyy olla riittävä tietotaito ongelmien ratkaisemiseksi. Tässä auttavat hyvä prosessituntemus ja hyvät ongelmanratkaisutaidot. Mikäli työkalujen ja konseptien roolia ei ymmärretä oikein, se johtaa poikkeuksetta projektin epäonnistumiseen. [6.]

### 3.2.1 Leanin synty

Lean-valmistuksen alkujuuret ovat kotoisin Japanista, missä toisen maailmansodan vaiheilla perustetun Toyota Motor Corporationin johto antoi päätuotantoinisööri Taiichi Ohnolle (1912–1990) tehtäväksi lisätä yrityksen tuottavuutta. Toyotan ongelmana oli pääoman puuttuminen lähes kokonaan ja konekannan vanhanaikaisuus. Taiichi Ohnon piti keksiä sellaisia toimenpiteitä, joilla onnistuttaisiin tekemään enemmän vähemmällä. Toyota Production Systemin kaikki ideat eivät suinkaan ole japanilaisten keksimiä. Todellisuudessa monet keskeisistä ideoista ovat paljon vanhempia. Toyotalaiset, Ohno mukaan lukien yhdistivät monia konsepteja, jotka oli keksitty jo paljon heitä aiemmin. Alkujaan Fordin tuotantoideasta 1900-luvulta lähtenyt ja kehittynyt TPS (Toyota Production System) on pohja leanille. [7.]

Amerikkalaisten laatuopettajien W. E. Demingin (1900–1993) ja J. M. Juranin (1904–2008) avulla japanilaiset tekivät laadusta ominaisuuden. Japanilaiset kehittivät laatujohtamisen toimintamalliksi. Demingin perusajatuksena on, että kaikki lähtee vaihtelun ymmärtämisestä ja että systeemejä kehittämällä vähennetään vaihtelua. Vaihtelu aiheuttaa vikoja, jotka synnyttävät hukkaa. Demingin PDCA-ympyrän avulla Deming opetti tuotantoprosessin ymmärtämisen systeeminä. Demingin PDCA-ympyrä sisältää seuraavat vaiheet, jotka ovat kuvattuina kuvassa 3: suunnittele (plan), tee (do), opi (check) ja toimi (act).



Kuva 3. Demingin PDCA-ympyrä [8, s. 4.8].

Demingin opeille perustana oli tri Walter A. Shewhartin (1891–1967) 1920–30-luvulla luoma tilastollinen prosessinohjaus (SPC). Tämä on tilastotieteeseen perustuva tekniikka. Tilastollinen ajattelu muodostuu kolmesta keskeisestä periaatteesta: 1) kaikki prosessit sisältävät eri syistä johtuvaa vaihtelua, 2) kaikki työ koostuu sarjasta keskenään sidoksissa olevia prosesseja ja 3) vaihtelun pienentäminen tarjoaa parantamisen mahdollisuuden. [7; 8, s. 4.8].

Leania ei nimitetä leaniksi siksi, että asiat on ns. riisuttu luita myöten. Lean nimen tausta on peräisin vuodesta 1987, jolloin MIT:ssä työskenteli tutkija John Krafcik (1961–). Hän oli tutkijana tiimissä, joka oli osa tutkimusohjelmaa nimeltä IMVP (International Motor Vehicle Program), tutkien eri autotehtaiden tuottavuutta. John Krafcik tarvitsi nimilapun TPS (Toyota Production System) -ilmiölle, joka parhaiten luonnehtisi, mitä tutkittava systeemi on. [7.]

Krafcik kirjoitti taululle kuvaukset tutkimustensa pääpiirteistä:

1. Tarvitaan vähemmän inhimillisiä panoksia palveluiden ja tuotteiden suunnitteluun.
2. Vaaditaan vähemmän investointeja saman kapasiteetin omaavaan tuotantoon.
3. Tuotetaan tuotteita vähäisemmällä toimitusviiolla.
4. Käytetään vähemmän eri toimittajia.
5. Aika konseptista tuotantoon, tilauksesta toimitukseen ja ongelman havaitsemisesta korjaukseen on pienempi ja vaatii vähemmän inhimillistä panosta.
6. Tarvitaan vähemmän varastoja jokaisessa prosessivaiheessa.
7. Aiheutetaan vähemmän työtapaturmia työntekijöille. [7.]

### 3.2.2 Läpimenoaika ja Littlen laki

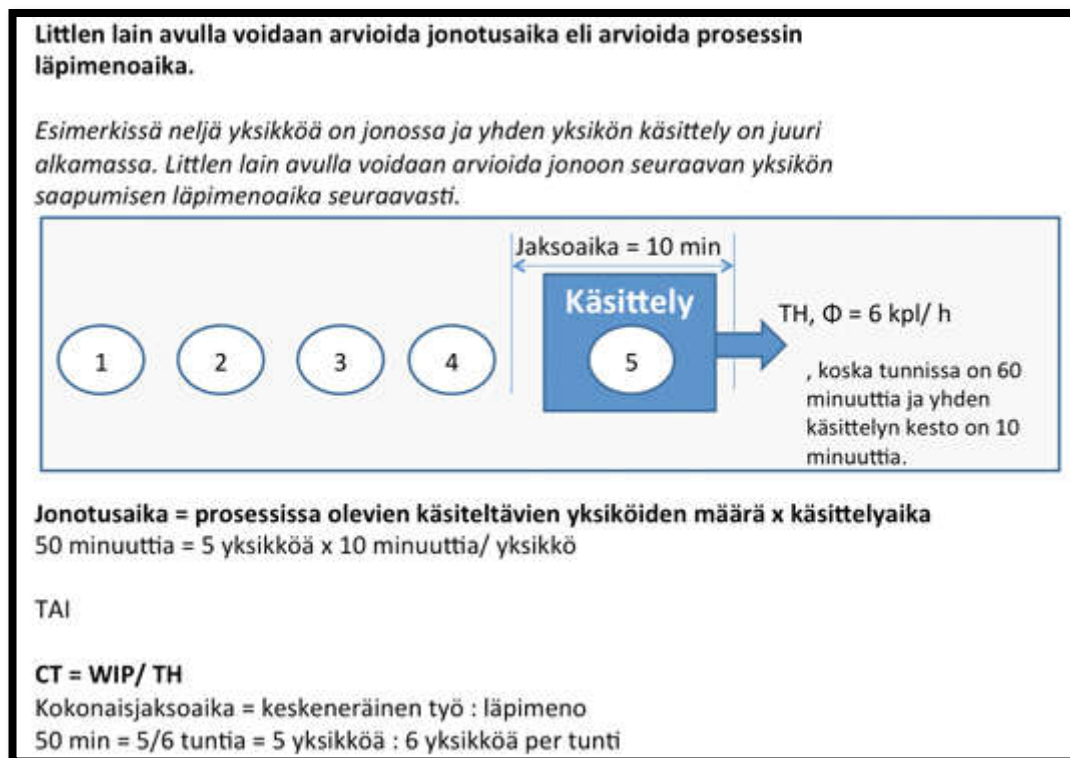
Yrityksen tehtävänä on tuottaa asiakkaille ja organisaatiolleen arvoa. Työn suorittamiseen kuluu aina aikaa, jota kutsutaan läpimenoajaksi LT (Lead Time). Läpimenoaika pitää sisällään arvoa lisäävää ja ei-arvoa lisäävää aikaa. Arvoa lisäävä aika pitää sisällään niitä asioita, joista asiakas on valmis maksamaan suoraan tai epäsuorasti. Läpimenoajan ja arvoa lisäävän ajan suhdetta kutsutaan prosessin jaksoajan tehokkuudeksi, PCE (Process Cycle Efficiency) tai virtaustehokkuudeksi. [10.]

Läpimenoajan lisääntyessä aikaa käytetään muuhunkin kuin arvon tuottamiseen asiakkaalle, jolloin resurssien käyttö ei rajoitu enää asiakastarpeeseen vaan yhä enemmän ei-arvoa lisääviin asioihin. Tuottipa työ asiakkaan silmissä arvoa tai ei, työn tekeminen tarvitsee aina resurssit. Yrityksen resursseja kulutetaan muun muassa varastojen, ajan ja tarvittavien resurssien hallintaan. Resurssien sitoutuessa ei-arvoa lisäävään työhön laskee työn tuottavuus. Tämän takia leanin keskeinen tavoite on lyhentää läpimenoaikaa virtaustehokkuuden lisäämiseksi. [10.]

Littlen laki on saanut nimensä sen kehittäjän John Littlen (1928–) mukaan. John Little esitteli kaavan vuonna 1961, joka tunnetaan Littlen lakina. Lakia pidetään tehdasfysiikan Newtonin toisena lakina. Laki sitoo yhteen kolme elementtiä: varastot WIP, läpimeno-

TH (throughput) ja jaksoajan CT (Cycle Time). Kaavasta käytettävä muoto on  $WIP=TH \times CT$ . [2, s. 84; 10.]

Kuvassa 4 on havainnollistettu prosessin läpimenoajan arviointia Littlen lain avulla. Kuvassa on esitettyä esimerkki, jossa neljä yksikköä on jonossa ja yhden yksikön käsittely on juuri alkamassa.



Kuva 4. Prosessin läpimenoajan arviointi Littlen lain avulla [9].

Littlen laki sitoo yhteen valmistus- ja palveluprosessin toiminnan ymmärtämisen kannalta kolme tärkeää elementtiä: varastot WIP (Work in Process), läpimeno TH (Throughput), jaksoaika CT (Cycle Time). Varastot eli keskeneräinen työ WIP pitää sisällään raaka-aineet, prosessin sisällä olevat komponentit, puolivalmisteet ja valmiit tuotteet prosessin aloitus- ja lopetuspuolella välissä. Jaksoaika CT tarkoittaa tarkasteltavan prosessin keskimääräistä jaksoaikaa. Jaksoaika kuvaa tyypillisesti, kuinka kauan tuotteella kestää keskimäärin kulkea koko prosessin läpi sen alkupisteestä loppupisteeseen. Toinen Littlen lain aika on läpimenoaika LT (Lead Time), joka usein sekoitetaan jaksoaikaan CT.

Läpimenoaika on kiinteä, suunnittelussa käytettävä aika. Littlen lain kaava on käyttökelpoinen stabiilissa systeemissä yksittäisen aseman, toimitusketjun, tehtaan tai palveluprosessien arvioinnissa. [2, s. 84–85; 9.]

Littlen lain käyttötapoja ovat jonon pituuden laskeminen, jaksoajan lyhennys, jaksoajan mittaaminen, suunniteltu varasto, varaston kierto ja monituotesysteemi. Jonon pituuden laskemisessa Littlen lakia sovelletaan yksittäisiin asemiin eli työpisteisiin. Lain avulla voidaan laskea odotettavissa oleva jonon pituus ja käyttöaste eli osuus, kuinka kiire asemalla on, jokaiselle asemalle erikseen linjassa. [10.]

Jaksoajan lyhennyksessä Littlen laki voidaan kirjoittaa kaavana  $CT=WIP/TH$ . Tällöin on selvää, että jaksoaika CT lyhenee pienentämällä keskeneräistä työtä WIP samalla, kun pidetään läpimenoaika TH vakiona. Jaksoajan mittaaminen on joskus vaikeaa, koska se vaatii lähtö- ja saapumisaikojen rekisteröinnin jokaiselle osalle. Sen sijaan läpimeno TH ja keskeneräinen työ WIP ovat yleensä rutiininomaisia ja helpompia seurata. Laskemalla suhde  $WIP/TH=CT$  saadaan täsmällinen epäsuora jaksoaika. [10.]

### 3.3 Six Sigma

Tilastomatematiikassa kuvataan standardipoikkeamaa kreikkalaisella kirjaimella Sigma ( $\sigma$ ) [11, s. 99]. Six Sigma ( $6\sigma$ ) on työkalu, jonka pääasiallisena ajatuksena on keskittyä prosessin vaihteluun. Se ei ole parannusohjelma, vaan suorituskyvyn parannusmenetelmä. Six Sigma perustuu tieteelliseen parannusmetodiin, jossa käytetään hyväksi tilastollista ajattelua ja tilastollisia menetelmiä. Vaihtelun pienentäminen rajoittaa hukkaa, josta seuraa virtauksen kasvaminen. Vaihtelu aiheuttaa virheitä, virheet aiheuttavat viat ja viat synnyttävät materiaalin ja ajan hukkaa. Six Sigmassa keskitytään vaihtelun minimoimiseen ja lean painottaa arvokasvattamista hukkan poistamisella. Käsitteenä Six Sigma kuvaa todella suorituskykyisen prosessin kykyä tuottaa huippulaatua. [12.]

Six Sigma -laatuasteella toimivissa prosesseissa poikkeamien lukumäärä on alle 3,4 virhettä miljoonaa virhemahdollisuutta kohti ja suorituskykyindeksi  $C_{pk}$  on 1,67. Sigma ilmaisee, kuinka kaukana mittausarvot ovat keskimäärin keskiarvosta eli kuinka paljon tarkastelevassa otoksessa on keskimäärin vaihtelua. Six Sigma ohjelmassa keskiarvon ja toleranssin väliseksi etäisyydeksi asetetaan kuusi, jolloin prosessin toimivuus on

99,99966 %, eli miljoonassa tuotteessa poikkeavia saa olla 3,4. Poikkeama eli virhe määritellään tuotteen tai palvelun poikkeamana määrätystä spesifikaatorajoista. Six Sigma koettaa pienten parannusten sijaan aiheuttaa radikaaleja muutoksia prosesseihin, koska pieniä parannuksia ei voida tilastollisesti varmentaa. Asiakkaiden tarpeet ja niiden ylittäminen ovat merkittävää sovellettaessa Six Sigma -työkaluja. Six Sigman ja menetelmien käyttö on lisääntynyt tuotteiden virheiden ja vikojen vähentämisestä yrityksen markkinointiin ja strategiaan kohteisiin. [2, s. 82; 11, s. 99–100; 12.]

Six Sigma -ohjelmalla vähennetään yrityksen virheellisiä tuotteita ja virhetoimintoja. Tällä on kaksoisvaikutus, jossa virhekustannusten määrä vähenee ja toisaalta yrityksen tehokkuus tehdä hyviä tuotteita ilman virheitä paranee. Tämä vaikutus on nähtävissä taulukossa 1. [11, s. 100.]

Taulukko 1. Huonon laadun kustannus sigma-tasoittain.

Sigma-taso	Saanto-%	Virheellisiä tuotteita (virhettä/miljoona)	Huonon laadunkustannus (myynnistä)
6	99,99966	3,4	< 1 %
5	99,977	233	5-15 %
4	99,38	6 210	15-22 %
3	93,3	66 807	25-40 %
2	69,1	308 537	> 40 %
1	30,9	690 000	

Sigmataso ollessa pieni myös saantoprosentti on pieni. Taulukosta nähdään, että mitä suuremmaksi sigmataso kasvaa, sitä pienemmäksi saantoerot tasojen välillä muuttuvat.

### 3.3.1 Six Sigman synty

Six Sigma perustuu normaalijakaumaan, joka voidaan jäljittää Carl Frederick Gaussiin (1777–1855), joka kehitti normaalijakauman konseptin. Six Sigma on mittastandardi tuotteen vaihtelulle, joka taas voidaan jäljittää 1920-luvulle, jolloin Walter Shewhart esitti, että kolme sigmaa keskiarvosta on kohta, jonka jälkeen prosessi tarvitsee korjausta. Six Sigma -ohjelma kehitettiin Motorolassa 1980-luvun puolivälissä vastamenetelmäksi japanilaisten ylivoimaiseen laatuun erityisesti puolijohde- ja elektroniikkateollisuudessa. Six Sigma -ajattelun ja konseptin luoja ovat Bill Smith, Richard Schroeder ja Mikel J. Harry. [12.]

Six Sigma on syntynyt virallisesti 1987. Insinööri Bill Smith (1929–1993) Motorolalta loi Six Sigman 80-luvun alkupuolella. Hänen tyttärensä Majorie Hook kirjoitti jokin aika sitten Six Sigmasta:

"Minusta tuntuu, että ihmiset tekevät Six Sigmasta liian monimutkaisen ja liian teknisen. Isäni ajatus oli, että on aina huomioitava ihmiset, jotka haluavat parantaa jotain. Hän halusi aina tehdä Six Sigmasta niin yksinkertaisen, että ihmiset voivat käyttää sitä." [12.]

### 3.3.2 Vaihtelu

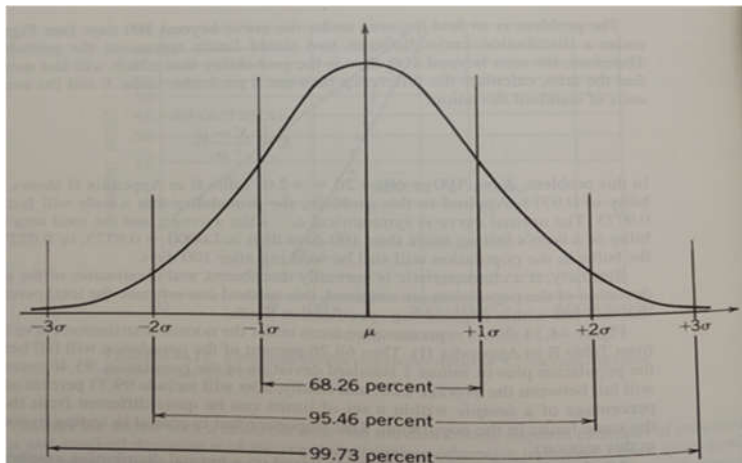
Vaihtelun pienentämiseen on ollut olemassa erilaisia konsepteja vuosien varrella. Laatu-tekniikassa vaihtelun hallinta ja pienentäminen on ollut pääaiheena jo yli kaksisataa vuotta. Vaihtelua on aina kaikkialla. Vaihtelulla on joko negatiivinen tai positiivinen vaikutus riippuen asian yhteydestä. Vaihtelu voi olla satunnaista, ei-satunnaista, ennustettavaa tai ei-ennustettavaa vaihtelua. Vaihtelu laskee aina palvelu- tai tuotantosysteemin suorituskykyä. Tätä kutsutaan yleisesti vaihtelun laiksi (law of variability).

Vaihtelu on kuin kitka, joka syö tuottavuutta ja näin vaikeuttaa asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Vaihtelu laskee aina systeemin suorituskykyä. Mitä suurempaa vaihtelu on, sitä alhaisempi on systeemin suorituskyky. Vaihtelua kohdistuu tuotantosysteemiin ulkoa- ja sisältäpäin. Asiakaskysynnästä aiheutuu vaihtelua silloin, kun tilaukset eivät tule tasaisesti vaan eri aikaväleillä eri määriä. Ominaispiirre aiheuttaa vaihtelua, kun se ei ole täysin yhdenmukainen suunnitelman kanssa. Lisäksi jaksoaika aiheuttaa vaihtelua prosessiin sekä muunnosta, jolloin ominaispiirteen tuottamisaika vaihtelee eli raaka prosessointiaika vaihtelee.

Yrityksen kysynnän täyttämiseksi tarvitaan suojautumiskeinoja vaihtelua vastaan. Vaihtelua vastaan voidaan suojautua kolmella eri tekijällä, jotka ovat ylimääräinen aika, ylimääräiset kapasiteetit ja ylimääräiset varastot. Näitä keinoja tarvitaan kysynnän ja muunnoksen kohtaamiseksi. Vaihtelun pienentyessä näitä tekijöitä voidaan niin sanotusti purkaa liiketoiminnan tuottavuuden parantamiseksi. [2, s. 9–12.]

### 3.3.3 Normaalijakauma

Todennäköisyysjakaumista yleisin on normaalijakauman tiheysfunktio. Usein prosessin ulostulot eli tuotokset seuraavat lähimain normaalijakaumaa silloin, kun prosessi on stabiilissa tilassa. Tilastomatematiikan keskeinen raja-arvolause CLT (Central Limit Theorem) mahdollistaa tämän teorian. Keskeinen raja-arvolause on satunnaismuuttujien summautumislaki, jonka avulla Gaussin käyränä tunnettu normaalijakauma muodostuu. Tämä laki pätee vain, jos prosessi on stabiili. Käyrän leveys ja korkeus riippuvat keskihajonnasta. Keskihajonta tunnetaan myös nimellä sigma tai standardipoikkeama. Lean Six Sigma -parannusprojektissa pyritään vaikuttamaan käyrän sijaintiin ja vaikuttamaan hajontaa pienentävästi. Kuvasta 5 huomataan, että mitatut tulokset keskittyvät symmetrisesti tietyn arvon ympärille, jolloin muodostuu kellonkäyrän muotoinen jakauma ns. Gaussin käyrä.



Kuva 5. Normaalijakauma mittaustuloksista [8, s. 44.36].

Kuvasta voidaan nähdä kuinka 68,26 % arvoista sijaitsee  $\pm$  yhden sigman sisällä, 95,46 % sijaitsee  $\pm$  kahden sigman välillä ja 99,73 % sijaitsee  $\pm$  kolmen sigman välillä. [2, s. 51–60.]

### 3.3.4 Stabiili ja epästabiili prosessi

Prosessiin vaihtelua aiheuttavat erityisyyt (special causes) ja satunnaissyit (common causes). Shewhart kutsui näitä vaihtelunlajeja määriteltäväksi syiksi (assignable causes) ja ei-määriteltäviksi syiksi (nonassignable causes). Tässä työssä käsitellään Demingin terminologiaa eli puhutaan erityisyyistä ja satunnaissyistä. [8, s. 4.16.] Satunnaissyitä ovat kaikki syyt, jotka ovat toistuvasti läsnä prosessissa. Poikkeamista noin 95 % johtuu itse systeemistä. Prosessin ollessa stabiilissa tilassa sisältäen vain satunnaissyitä ei voida itse prosessista osoittaa tiettyä syytä tapahtumalle vaan nämä kuuluvat systeemin kohinaan.

Erityisyyden aiheuttamista häiriöistä voidaan löytää lineaarinen syy-seuraussuhde. Vain 2–4 %:lla poikkeamista on jokin erityinen syy. [13.] Erityisyyt ovat tyypillisesti satunnaisia ja niiden alkuperäisenä syynä on usein yksittäinen tekijä. Erityisyyden tulkitseminen ja syiden poistaminen korjaustoimenpiteillä prosessista on yleensä helpompaa kuin satunnaissyiden aiheuttaman vaihtelun pienentäminen prosessista. Satunnainen vaihtelu syntyy prosessissa, jossa useat muuttujat ovat riippuvuussuhteessa toisiinsa eri olosuhteissa ja näitä olosuhteita ei tunnisteta erillisinä. Tämän vuoksi satunnaissyiden analysointi ja yksittäisten korjaustoimenpiteiden tekeminen on vaikeampaa. Erityisyyt kuuluvat laadunvalvontaan, jolloin erityisyyihin reagoidaan ja ne voidaan poistaa korjaustoimenpiteillä. Satunnaissyit kuuluvat laadun parantamisen kategoriaan, jolloin satunnaisyyden vaihtelua pienentämällä voidaan parantaa laatua. Prosessin sanotaan olevan ennustettavaa, jos prosessi on stabiilissa tilassa. Prosessin sanotaan olevan ei-ennustettavaa, jos prosessi on epästabiilissa tilassa eli sisältää erityisyyitä. Prosessi on hallinnassa tilastollisesti, kun kaikki mittatulokset ovat ohjausrajojen sisäpuolella. Ohjausrajoista on kerrottuna enemmän alaluvussa 5.2.3. Jotta prosessi olisi ohjausrajojen sisäpuolella, tulee seuraavien kohtien täyttyä:

1. Prosessi sisältää vain satunnaissyitä.
2. Prosessia ohjataan tilastollisesti.
3. Prosessi tekee parhaan mahdollisen suorituskykynsä nähden.
4. Prosessin on siedettävä vaihtelua.

## 5. Ei tehdä mitään toimenpiteitä prosessiin.

Toimenpiteiden tekeminen stabiilissa tilassa olevaan prosessiin, jossa vaihtelu on pienempää kuin kolme sigmaa, kaikki säätötoimenpiteet prosessiin lisäävät vaihtelua. Toimenpiteiden eli ylisäätämisen tekemistä stabiiliin tilaan kutsutaan tamperoinniksi (tampering) eli peukaloinniksi. W. E. Deming todisti tämän matemaattisesti vuonna 1975, mitä tapahtuu, jos stabiileja prosesseja aletaan ohjaamaan alle kolmen sigman rajoista. Tätä koetta kutsutaan Demingin suppilokokeeksi ja asiaa demonstroidaan yleensä käyttämällä suppiloa, jossa suppiloa ohjaamalla yritetään osua tiettyyn kohtaan paperia suppilosta pudotetun kuulan avulla. Suppilokokeella yritetään saada mahdollisimman pieni hajonta säätämällä suppilon paikkaa neljällä eri periaatteella, uskomuksella, kuinka kuulan aiheuttama pistekuvio paperilla tulisi pienemmäksi vaihtelun osalta. Kokeen yhteenvedoksi voidaan tiivistää seuraava: prosessia ei saa ohjata, jos mittaukset eivät osoita tilastollista erityisyyttä. [8, s. 4.16–4.17; 2, s. 44–48.]

### 3.4 Lean ja Six Sigma

Lean Six Sigma muodostaa liiketoiminnan parannusmenetelmäyhdistelmän. Lean keskittyy hukkan minimointiin ja läpimenoajan lyhentämiseen, ja Six Sigma keskittyy virheiden ja poikkeamien vähentämiseen. Six Sigma on saavuttanut kehityksessä ja soveltavuudessa eräänlaisen kehityksen huipun. Six Sigmasta on tullut kansainvälinen standardi vuonna 2011. Six Sigman suomenkielinen standardi ilmestyi 27.4.2014 ja Six Sigma tuli näin osaksi suomalaista lainsäädäntöä. Standardi ISO 13053 muodostuu kahdesta osasta. Ensimmäinen osa käsittelee Six Sigman DMAIC-menetelmän, ja toinen osa sisältää Six Sigman työkalut ja tekniikat. [14.]

Lean Six Sigma on tämän päivän kiinnostuksen keskipisteessä ympäri maailmaa. Lean ja Six Sigma liitettiin yhteen vuonna 2002 ja näin saatiin Six Sigmasta entistä tehokkaampi. Syntyi Six Sigman kolmas uudistus, joka tunnetaan nimellä Lean Six Sigma. Muodostui kombinaatio, joka yhdistää leanin nopeuden ja Six Sigma -laatutason. [15.]

Lean Six Sigma on menettelytapa, jossa yhdistyy prosessi- ja tuoteosaaminen, ammattitaito ja tiede. Tämä yhdistelmä mahdollistaa järjestelmällisesti prosessin parantamisen tai tuotteen suunnittelun. Nykyisen osaamisen jalostaminen Lean Six Sigman työkaluilla

synnyttää tuote- ja prosessiuudistuksia. Ennen puhuttiin laadusta, kun tänä päivänä puhutaan innovaatiosta. [15.]

Liiketoiminnan parannusmenetelmiä tulee ja menee jatkuvasti. Yleensä näiden elinikä on joitain vuosia, mutta leanin ja Six Sigman osalta on käynyt toisin. Leanin virallista syntymäpäivää ei ole samalla tavalla kirjattu kuin Six Sigman, mutta lean on noin 40–50 vuotta vanha. Six Sigman virallinen 30. vuosipäivä oli 15.1.2017. On kysymys kymmenistä vuosista, jonka nämä menetelmät ovat olleet elinvoimaisina. [12.]

Lean Six Sigma on muuntunut koko liiketoiminnan parannusta käsitteleväksi menetelmäksi. Lean Six Sigmassa liitetään tehokkaasti erilaiset kehitystyökalut yhteen ja menetelmät perustuvat tieteelliseen lähestymistapaan. Lean Six Sigmassa on tarkat onnistumisen mittarit. [12.]

#### **4 Lean Six Sigma -projektin DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä**

Tässä neljännessä luvussa esitellään DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä yksityiskohteisesti. Lean Six Sigman ongelmanratkaisumenetelmän, DMAIC:n, avulla löydetään systeemistä prosessin suorituskykyä parantavat tekijät, joita muutetaan radikaalisti. Lyhenne DMAIC tulee sanoista määrittely, mittaus, analysointi, parannus ja ohjaus (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Seuraavissa alaluvuissa on kuvattuina DMAIC-menetelmän määrittely-, mittaus-, analysointi-, parantamis- ja ohjausvaihe.

##### **4.1 Lean Six Sigma -kehitystyökalut parannusprojektissa**

DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä antaa järjestelmällisen tavan ratkaista ongelmia ja kehittää uusia ratkaisuja liiketoiminnan kehittämiseen. DMAIC-prosessin toimenpiteiden tavoitteena on prosessin parantuminen ja vaihtelun pienentäminen. Tässä menetelmässä ongelma ratkaistaan tilastollisesti. Ensimmäiseksi asetetaan tilastollinen ongelma, jonka jälkeen ratkaistaan se käyttäen tilastotekniikkaa. Six Sigmassa systemaattinen parantaminen toteutetaan DMAIC-prosessilla, jossa ensin parannusmahdollisuus tai ratkaistava ongelma rajataan läpimurtokohdaksi, jonka jälkeen tähän ongelmaan haetaan oikeaa ratkaisua käyttäen eri työkaluja, joita on kerätty kuvassa 6. [12.] Kuvassa on esitetty kirjaimin, mitkä työkalut ovat pakollisia (M), suositeltavia (R) tai ehdotuksia

(S) DMAIC-parannusprosessin läpiviemiseksi kussakin eri jakson vaiheissa. Kuvassa ei ole esitetty kaikkia DMAIC-projektin eri työkaluja.

Työkalu (tekniikka)	Tietosivun numero <sup>a)</sup>	Määrittely	Mittaus	Analysointi	Parantaminen	Ohjaus
Kyvykyys tai suorituskyky	20	R	R	R	R	R
CTQC	04	M	M		M	M
Asiakaskohderyhmä	05	S				
Kuvailevat tunnusluvut	19	S	S	S	S	S
Taloudellinen perustelu	01	M				R
Jana-aikataulu (Gantt-kaavio)	08	R				
Kano-malli	03	S				
Poikkeamien mahdollisuuksien tunnistaminen	04	R				
Pareto-kaavio	19	S	S	S	S	
Priorisointimatriisi	11	R			R	
Prosessin vuokaavio	10	R		S	R	
Projektin asettamisasiakirja	07	M				
Projektin katselmus	31	M	M	M	M	M
Projektin riskianalyysi	07	M				
QFD	05	R		R	R	
RACI-matriisi	28	R			R	
Palvelun tuottamisen mallintaminen	23	S	S		S	S
SIPOC	09	R			S	
Six Sigma -indikaattorit	20	M			M	
Arvoketjuanalyysi	22	R				
Hukka-analyysi	21	R	R	R		
Vertailuanalyysi	06		R		R	
Tiedonkeruusuunnitelma	16		M			
MSA	15		M	M		M
Todennäköisyysjakaumatestit (esim. normaalisuustestaus)	18		M (jatkuvalle tiedolle) R (muulle tiedolle)	M (jatkuvalle tiedolle) R (muulle tiedolle)		
Otoskoon määrittäminen	17		M	M	M	
SPC	30		R	R		R
Trendikortti	19		S			S
Samankaltaisuuskaavio	02			S		
Varianssianalyysi	24, 26			R	R	
Syy-seurauskaavio	12			R		
Koesuunnittelu	26			R	R	
Hypoteesien testaus	24			R	R	
Prosessin vika- ja vaikutusanalyysi	14			R	M	
Regressio ja korrelaatio	25			R	R	
Luotettavuus	27			R	R	
5 × Miksi? -analyysi	-			S		
Aivoriivi (brainstorming)	13				S	

Kuva 6. Six Sigman työkaluja ja niiden käyttövaiheet [15, s. 52]

DMAIC-prosessin viisi vaihetta kytkeytyvät toisiinsa muodostaen oppimiskierroksen, joka alkaa ongelmasta ja loppuu ratkaisuihin ja kehityskohteiden määrittelyyn. Tätä ajattelua voidaan rinnastaa Demingin laatuympyrään, jossa myös kierretään kehää ja pyritään jatkuvaan parantamiseen. [11, s. 101.] DMAIC on lyhennys ongelmanratkaisuprosessista, joka koostuu viidestä eri vaiheesta [17]. DMAIC-ajattelumallin prosessin viisi

vaihetta ovat seuraavat: määrittelyvaihe, mittausvaihe, analysointivaihe, parantamisvaihe ja ohjausvaihe. [11, s. 101.]

Taulukossa 2 on kirjattuna Six Sigma -projektiin liittyvien tehtävien esittäminen tiivistetysti. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa on esitetty kysymys, toisessa sarakkeessa on Six Sigma -jakso ja viimeisessä sarakkeessa on kuvaus jaksosta.

Taulukko 2. Six Sigman perusteet [16, s. 15].

<b>Kysymys</b>	<b>Six Sigman jakso</b>	<b>Kuvaus</b>
Mikä ongelma on kyseessä?	Määrittely	Määritellään käsiteltävä strateginen kysymys
Minkälainen prosessi on nyt?	Mittaus	Mitataan parannettavan prosessin tämänhetkinen suorituskyky
Mistä se johtuu?	Analysointi	Analysoidaan prosessi, jotta voidaan määritellä huonon suorituskyvyn perimmäinen syy
Mitä asialle voidaan tehdä?	Parantaminen	Parannetaan prosessia testaamalla ja tutkimalla mahdollisia ratkaisuja, joilla prosessista saadaan varmatoimisempi ja parempi
Kuinka tätä voidaan ylläpitää?	Ohjaus	Parannetun prosessin ohjaukseen perustetaan standardoitu prosessi, jota voidaan käyttää ja parantaa jatkuvasti niin, että suorituskyky pysyy samana ajan mittaan

Six Sigma -projektin tehtävät työt voidaan kuvata tiivistetysti seuraavasti:

1. Aineiston kerääminen.
2. Tiedon kerääminen aineistosta analyysin avulla.
3. Ratkaisun suunnittelu.
4. Haluttujen tulosten varmistaminen. [16, s. 15].

## 4.2 Määrittelyvaihe

Määrittely on ensimmäinen vaihe, jossa tarkoituksena on tunnistaa yrityksen ongelmat ja määrittellä projektin päämäärä, tavoitteet, resurssit, laajuus ja aikataulut. Tällä tavoin määrittellään potentiaali parantaa prosessia liiketoiminnan sekä asiakkaan näkökulmista. Lisäksi määrittellään, keiden on osallistuttava projektitiimiin projektin onnistumiseksi ja mitkä tekijät ovat kriittisiä asiakastytyvyyden kannalta. [18, s. 58–60.]

Määrittelyssä käytettäviä työkaluja on muun muassa projektin asettamisasiakirja riskianalyseineen, Six Sigma -indikaattorit, SIPOC-kaaviot, vuokaaviot, Pareto-kaaviot, CTQC-luettelo ja taloudellisen tuloksen kustannuslaskelma [16, s. 46].

Projektin tunnistamisvaiheessa tehdään päätös parannettavasta prosessista. Päätöksen tekevät prosessista vastuulliset työntekijät yhdessä johdon kanssa. Vastuista ja menettelyistä on mahdollisen laatujärjestelmän puitteissa sovittu ohjeet. Organisaatiossa on usein jatkuvasti monia prosesseja, jotka vaativat parantamista ja kehittämistä. Samalle työryhmälle voi ottaa useita merkittäviä kehittämishankkeita yhtä aikaa. Valittavan hankkeen on oltava tärkeä organisaation toiminnan ja asiakastytyvyyden kannalta. Projektin valinta voi perustua muun muassa asiakastietojärjestelmä, aivoriihi, asiakaspaute, tarkistuslistat ja mittauskortit, Pareto-analyysi, vuokaavio ja syy-seurauskaavio laatutyökaluista tehtyihin johtopäätöksiin.

## 4.3 Mittausvaihe

Mittausjakson tarkoituksena on laatia tiedonkeruusuunnitelma, kerätä tietoa, arvioida tietoa ja määrittää alustava prosessin suorituskyvyn. Mittausjaksossa tulee kerätä kaikki tieto muuttujista, joiden uskotaan vaikuttavan ratkaistavaan ongelmaan. Ennen tiedonkeruun aloittamista on arvioitava niiden mittausprosessien kyvykkyys, joista projekti on riippuvainen. Kaikkien käytettävien mittausjärjestelmien on pystyttävä antamaan tietoja vaadittavalla tarkkuus- ja toistettavuustasolla. Tämä koskettaa myös mittausprosesseja, joista saadaan diskreettiä attribuuttityypistä tietoaineistoa. Mikäli aineiston laadusta on epäilyksiä, siitä tehdyt tilastolliset analyysit eivät välttämättä pidä paikkaansa.

Mittauksessa käytettäviä työkaluja on muun muassa kaikkien projektissa käytettyjen mittausprosessien järjestelmä analyysit, tiedonkeruusuunnitelma, otoskoon määrittäminen, DPMO, todennäköisyysjakaumatestit, trendikortit, ohjauskortit, histogrammit, vaikutuksen kohteina olevien prosessien kyvykkyyks- ja suoritusanalyysit. [16, s. 46.]

#### 4.4 Analysointivaihe

Analysointivaiheessa käytetään mittauksesta kerättyä dataa. Kerättyä tietoa tutkitaan ja selvitetään, mitkä prosessin tekijät aiheuttavat ongelman. Analysoinnissa voidaan tunnistaa ne keskeiset tekijät, jotka vaikuttavat eniten prosessiin. Tässä vaiheessa selvitetään, millä tekijöillä on suurin vaikutus prosessin suorituskykyyn ja mitkä ovat taustalla olevien prosessiongelmiä tekijät. [18, s. 67–68.]

Analysointivaiheen tarkoituksena on havaita puutteet suorituskyvyn lähtötason ja tavoitteiden välillä, ymmärtää vaihtelun perimmäiset syyt ja asettaa parannusmahdollisuudet tärkeysjärjestykseen. Tämän mittausjakson aikana saatu tietoaineisto on analysoitava tarkasti käyttäen näihin soveltuvia tilastollisia menetelmiä, jotta merkitsevät KPIV-muuttajat voidaan tunnistaa, testata tai todentaa. Analysointijakson havainnot voivat muuttaa käsitystä ongelmasta ja johtaa projektin uudelleenmäärittelyyn. Kolme ensimmäistä jaksoa on toistettava, kunnes projektin määrittely on vakiintunut. [16, s. 48]

Analysoinnissa käytettäviä työkaluja on muun muassa syy-seurauskuvaajat, prosessin vika- ja vaikutusanalyysit, vikapuuanalyysi, 5 × miksi? -analyysit, mittausjärjestelmän lisäanalyysi, otoskoon määrittäminen, todennäköisyysjakaumatestit, hypoteesien testaus, varianssianalyysi, regressio- ja korrelaatioanalyysit, koesuunnittelu, luettelo merkitsevistä KPIV-muuttajista, lisäarvoa tuottavien tai hukkaa aiheuttavien asioiden tunnistaminen ja projektin katselmus. [16, s. 48.]

#### 4.5 Parannus

Parannusjakson tarkoitus on saada aikaan kestävä parannus prosessiin. Harkinnassa olevat toimenpiteet vaihtelevat käytännön toimista, kuten tiettyjen toimintojen virheiden estosta, optimointimenetelmien käyttöön ja prosessien tekemiseen epäherkiksi kohinamuuttujia vastaan koesuunnittelun avulla. Parannusjakson aikana tunnistetaan kaikki

tekijät, jotka estävät valitun ratkaisun toteuttamisen, ja poistetaan nämä esteet. Näiden tekijöiden poistaminen on määriteltävä ennen kuin prosessin muutos toteutetaan. Tämän jakson tuotoksina voi olla esimerkiksi seuraavat:

1. vastepintakokeet
2. parametrisuunnittelun kokeet
3. päivitetyn prosessin vika- ja vaikutusanalyysit
4. alkuperäisen prosessin tarkastelun kyvykkyys- tai suorituskykyindeksit
5. prosessikaavio siitä, millainen prosessin olisi nyt oltava
6. projektin katselmus. [16, s. 48–50.]

#### 4.6 DMAIC-menetelmän ohjausvaihe

Ratkaisun vaikuttavuus on vahvistettava keräämällä yhteen ja analysoimalla tuoretta tietoa. Prosessin jatkuvaan ohjaukseen on tehtävä jatkosuunnitelma, jota hyödynnetään prosessin kattamilla alueilla. [16, s. 51]

Parannettu prosessi on annettava projektin omistajan haltuun ja sille alueelle, jossa prosessia hyödynnetään, sen jälkeen, kun vaadittu prosessin parannus on osoitettu. Prosessi on auditoitava, ja auditointihavainnot katselmoitava noin puoli vuotta projektin loppumisen jälkeen. Prosessin auditoinnin päivämäärä on lyötävä lukkoon ennen prosessin luovuttamista. [16, s. 51]

Kaikki yksityiskohdat, tiedot tai muut projektin toteutuksen aikana opitut asiat on kirjattava muistiin, ja faktat niistä on välitettävä muille osa-alueille, joissa niitä pystytään käyttämään [16, s. 51.]

Ohjausvaiheen tavoitteena on

1. katselmoida, todentaa ja kelpuuttaa parannukset ohjaussuunnitelman avulla
2. turvata hyödyt esimerkiksi tuottavan kunnossapidon käyttöönotolla
3. vakiinnuttaa parannukset osaksi organisaation käytäntöjä esimerkiksi 5S-työkälulla
4. antaa palautetta ja tunnustusta ryhmätyölle [19, s. 30–33.]

## **5 DMAIC-menetelmässä käytetyt työkalut insinööriyössä**

Tässä luvussa esitellään eri työkaluja, joita käytetään tässä Lean Six Sigma -parannusprojektissa. Alaluvut ovat DMAIC-menetelmän mukaisessa järjestyksessä. Ensimmäisessä alaluvussa käydään läpi määrittelyssä käytettyjä työkaluja ja viimeisessä eli viidennessä alaluvussa on esitetty ohjauksessa käytettyjä työkaluja.

### **5.1 Määrittely**

#### **5.1.1 Projektin valintamatriisi**

Projektien tärkeysjärjestyksen määrittelyyn on olemassa useita eri tapoja. Valintamatriisia käytetään apuna projektin valinnassa. Valintamatriisiin kirjataan mahdolliset parannusprojektien aiheet. Projektin aihe voidaan valita yhdessä projektitiimin kanssa. Projektin jäsenet pisteyttävät eri projektit asteikolla 1–10 eri kriteerien mukaan. Pisteytyksen jälkeen pisteet summataan yhteen jokaisen pisteyttäjän osalta ja lopuksi voidaan laskea pisteiden keskiarvo jokaiselle projektille. Kriteereinä pisteytyksessä voivat olla muun muassa projektin merkittävyys, kiireellisyys, onnistumisen todennäköisyys ja ongelman mitattavuus. Valintamatriisiin toiseen osioon kirjataan projektien osalta kustannusvaikutusarvio. Kustannusvaikutusta arvioidaan projektin tuoton ja investoinnin osalta vuositasolla. Kustannusarvion arvioitu säästö saadaan tuoton ja mahdollisen investoinnin erotuksella. [14.]

### 5.1.2 Aivoriihi

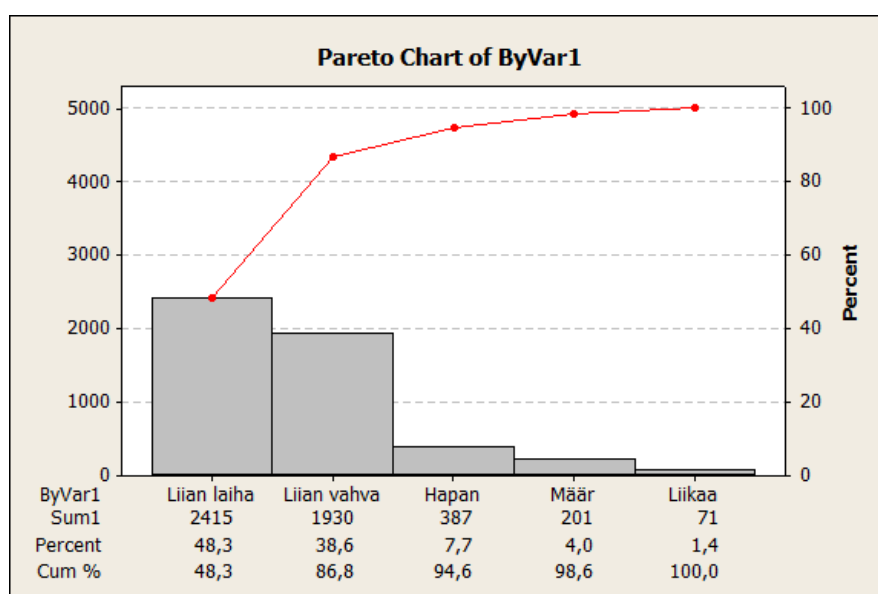
Aivoriihi eli ideapalaveri on tiimin luovuutta hyödyntävä ongelmanratkaisumenetelmä, jolla saadaan kerättyä suuri määrä ideoita hyvin lyhyessä ajassa. Kaikki julkituodut ajatukset kirjataan näyttötaululle. Erilaisia aivoriihimenettelyjä käytetään eri yhteyksissä ja eri päämäärien saavuttamiseksi. Ideapalaveri voi olla hyvin vapaamuotoinen aivoriihi, joita käytetään luovuuden herättämiseen, esimerkiksi mainosalalla sitä voidaan käyttää uuden tuotenimen keksimiseen. Tai sitten aivoriihi voi olla ohjatumpi, ja sitä käytetään silloin, kun luovuudelle on vähemmän tilaa, esimerkiksi etsittäessä tietyt kriteerit täyttävä ratkaisu. [19, s. 58.]

Aivoriihi on järjestelmällinen, mutta rento tapa johdattaa tiimin jäseniä etsimään uusia ideoita luomalla tilanne, jossa vallitsevat ennakko-oletukset ja ajattelutavat kyseenalaistetaan. Aivoriihtä käytetään DMAIC-menetelmän mittausjakson vaiheessa sekä innovointi- ja parantamisyksikön vaiheessa. Aivoriihtä voidaan käyttää aina, kun on tarvetta selvittää uusia ideoita. [19, s. 58.]

Aivoriihi etenee niin, että määritetään aihe, jota mietitään sekä asetetaan aivoriihen tulosta koskeva päämäärä. Tämän jälkeen asetetaan aika, jolloin tiimin jäsenet saavat kirjoittaa ideoita ylös. Sitten sovitaan ongelman asettelusta tai kysymyksistä, joita aivoriihessä prosessoidaan. Käsiteltävä ongelma tulee kuvata selkeästi näyttötaululla, jonka jälkeen aloitetaan työ tiiminä ja varmistetaan, että kaikki ryhmän jäsenet voivat helposti lukea kaikki syntyneet ja luetellut ajatukset. Varmistetaan, että jokainen jäsen saa vapaasti osallistua ideointiin. Yksittäinen henkilö ei saa koskaan hallita ideointikeskustelua. Osallistujat tuovat ilmi ideoitaan omalla vuorollaan, ja vuorossa oleva jäsen voi jättää kierroksen väliin, jos hänelle ei juuri sillä hetkellä tule mieleen ideaa. Keskustelun vetäjä ei saa keskeyttää osallistujia tai alkaa tulkita syntyneitä ideoita, vaan hänen tehtävänsä on tallentaa kaikki ideat näyttötaululle sellaisina kuin ne ehdotetaan. Ehdotusten jälkeen tarkastellaan, selkeytetään ja liitetään syntyneitä ideoita yhteen. Kun aivoriihi on valmis, jatketaan projektia ottamalla käyttöön muut analyysimenetelmät. [19, s. 58; 3, s. 114.]

### 5.1.3 Pareto

Sana Pareto tulee italialaisesta Vilfredo Paretosta, joka tutki tulojen jakaumaa. Hän totesi 1900-luvun alussa, että tulot pyrkivät kasautumaan. Six Sigman keskeisiä teorioita prosessidatan tulkinnessa on Pareto eli 20/80-sääntö. Pareto on pylväsdiagrammi, jossa on esitettyä numeerinen tieto suuruusjärjestyksessä. Pareton avulla tunnistetaan numeerisesta informaatiosta ne alueet, joihin panostamalla saadaan eniten hyötyä aikaiseksi. 80/20-sääntöä kutsutaan myös pareto-kaavioksi, jossa 20 % virhetyypeistä aiheuttaa 80 % kaikista virheistä. Kuvassa 7 on esitettyä Pareto-kaavio, jossa tietyt prosessiongelmat ovat ryhmiteltyinä viiteen ryhmään histogrammina. Kuvassa syntyneet prosessiongelmat ovat kuvattuina kumulatiivisena kertymänä.



Kuva 7. Pareto-kuvaaja kahvin makuun vaikuttavasta asiakaspalautteesta [10].

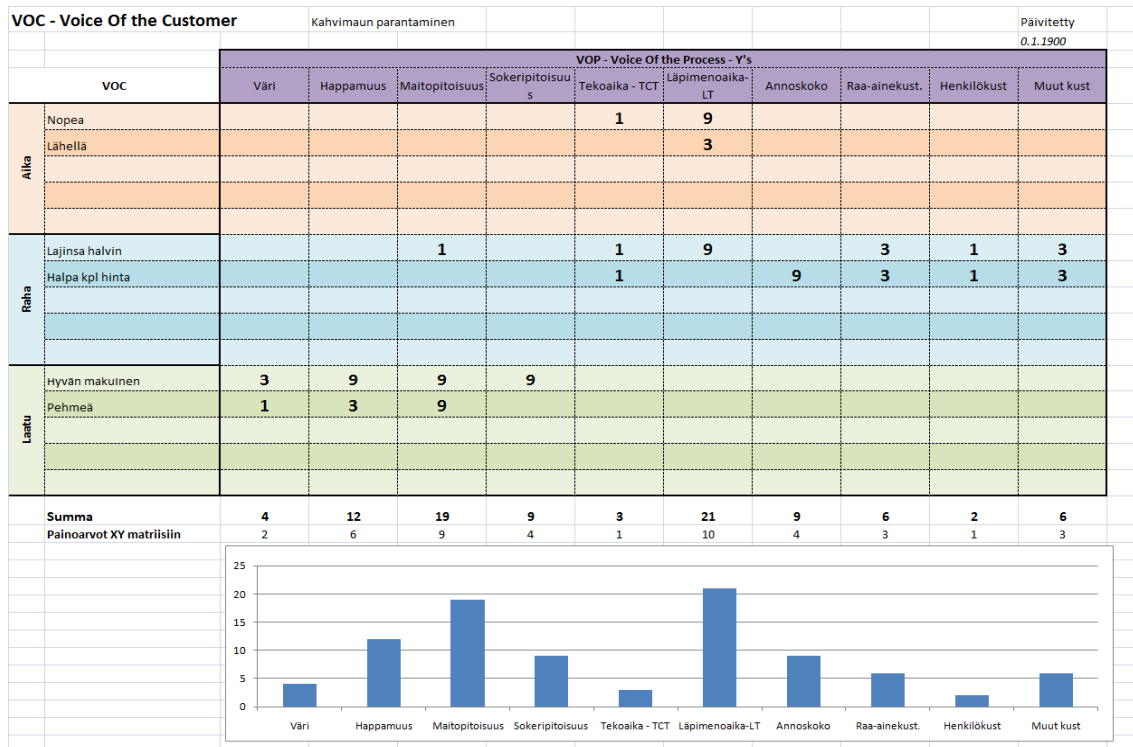
Pareto esittää ongelmien suhteellisen tärkeysjärjestyksen visuaalisessa muodossa, nopeasti, yksinkertaisesti ja helposti tulkittavasti [20].

Varianssin yhteenlaskusääntönä voidaan ilmaista tämä tilastollisesti. Ne muutokset, jotka vaikuttavat eniten, summautuvat neliöllisesti. Esimerkkinä voidaan ottaa kolme tekijää  $x$ ,  $y$  ja  $z$ , jotka vaikuttavat 4, 2 ja 1 yksikköä ulostuloon, jolloin  $4^2$ ,  $2^2$  ja  $1^2$  ja tuloksena on:  $x=16$ ,  $y=4$  ja  $z=1$ . Johtopäätöksenä saadaan, että tekijä  $x$  vaikuttaa eniten ulostuloon suurimmalla tuloksella 16. Pareto-analyysiä käytetään, kun halutaan asettaa ongelmia tärkeysjärjestykseen ja tunnistaa ongelman perussyitä. [3, s. 88–89; 4, s. 103.]

#### 5.1.4 VOC

Asiakkaan ääni VOC (Voice of Customer) on jatkuva palautekaavio Six Sigma -projektin ajan, jossa asiakkaan äänellä tarkoitetaan projektin omistajaa tai sisäistä tai ulkoista asiakasta. Tärkeää on, että projekti lähtee asiakkaan tarpeista ja odotuksista. Sen jälkeen projektin käynnissä olevat tehtävät on käytävä läpi jokaisessa jaksossa, jotta voidaan varmistua, etteivät ne ole eronneet alkuperäisistä asiakkaan odotuksista. [16, s. 15.]

Asiakkaan ääni -kaaviolla VOC tarkastellaan karkealla tasolla asiakkaan tarvetta liitettyinä tuote- ja prosessiominaisuuksiin. Samalla tehdään tarpeen perusteella korrelointi ja tuote- ja prosessiominaisuuksien priorisointi. Ensimmäisenä toteutusvaiheena matriisiin sijoitetaan vasempaan laitaan asiakkaan laatuvaatimukset CTQ (Critical To Quality) ja ylälaitaan kriittiset prosessimuuttajat CTP (Critical To Process). Tämän jälkeen tiimi käyttää parasta tietämystään ja pisteyttää näiden väliset yhteydet. Mitä suurempi on asiakkaan laatuvaatimuksen CTQ ja kriittisten prosessimuuttajien CTP välinen yhteys, niin sitä suurempi on numero ja päinvastoin. Tämän jälkeen prosessimuuttujasarakkeesta lasketaan summat ja saadaan painoarvoluku, joka antaa tärkeysjärjestyksen. Tämä tärkeysjärjestys kuvataan Pareto-kaaviolla. Painoarvoluku auttaa tiimiä keskittymään tärkeimpiin prosessimuuttujiin. Seuraavana kuvassa 8 on esitettyä esimerkki, jossa on analysoitu kahviin makuun vaikuttavia tekijöitä, jossa asteikolla yksi on heikko yhteys, asteikolla kolme on yhteys ja asteikolla yhdeksän on voimakas yhteys ulostuloon eli kahvin makuun.



Kuva 8. Asiakkaan ääni-kaavio kahvin makuun vaikuttavista tekijöistä. [10].

Kuvassa 8 olevassa esimerkissä tärkeimmiksi prosessin ulostuloiksi muodostuivat toimitusaika, maitopitoisuus ja happamuus. Nämä ovat kriittiset prosessimuuttujat CTP, joihin tulisi kiinnittää huomiota. [21.]

### 5.1.5 SIPOC

SIPOC-analyysi muuntaa tuote- ja palveluongelmat yleiseen prosessimuotoon ja samalla rajaa tutkittavan ja parannettavan prosessin. SIPOC-kaavio on visuaalinen esitys prosessista, joka edellyttää, että kaikki viisi SIPOC-osa-alueita on ilmoitettu. [19, s. 50.] Nämä viisi osa-alueita ovat

1. S – Supplier(s) eli prosessin toimittajat
2. I – Input(s) eli syötteet, joita prosessi tarvitsee toimiakseen
3. P – Process eli prosessi, normaalisti viidestä seitsemään eri prosessiaskelta

4. O – Output(s) eli prosessin tuotos
5. C – Customer(s) eli sisäiset tai ulkoiset asiakkaat.

SIPOC etenee niin, että ensimmäiseksi nimetään ja kuvataan prosessi. Toisessa vaiheessa määritetään prosessin laajuus ja kirjataan prosessin aloitus- ja lopetuskohdat. Kolmannessa askeleessa kirjataan prosessin tärkeimmät ulostulot ja määritellään keskeiset ominaisuudet asiakkaille ja se, mitkä ovat tärkeimmät vaatimukset prosessin syönteille eli inputeille. Neljännessä vaiheessa kirjataan jokaiselle prosessin ulostulolle asiakkaat. Viidennessä vaiheessa kirjataan ylös prosessin asiakasvaatimukset ulostuloille. Kuudennessa vaiheessa ilmoitetaan prosessin vaatimat sisääntulot ja se, kuinka niitä mitataan. Seitsemännessä askeleessa dokumentoidaan prosessin toimittajat ja listataan määrälliset prosessin odotukset ja viimeisessä vaiheessa tunnistetaan ja määritellään ydinprosessit viidestä seitsemään vaiheeseen. [3, s. 101.]

#### 5.1.6 Kalanruotokaavio

Syy-seurauskaavio (cause-and-effect diagram) eli kalanruotokaavio (fishbone diagram) tunnetaan myös Ishikawa-diagrammina. Kalanruotokaaviota käytetään silloin, kun etsitään ongelman juurisyitä ja vastauksia siihen, miksi prosessissa on tämä häiriö. Tämä tunnettu kalanruotoa muistuttavan kaavion on kehittänyt professori Kaoru Ishikawa vuonna 1950. Kaaviota käytetään rinnan syy-seurauskaavion kanssa. Mahdolliset syyt ryhmitellään aihealueittain.

Yleisesti käytetään seuraavaa jäsennyttä:

1. koneet ja laitteet
2. materiaalit
3. menetelmät
4. ihmiset
5. ympäristö. [4, s. 99; 8, s. 5.42.]



Indikaattorien eli mittarien tarkoitus on ilmaista prosessin suorituskyky määrällisesti. Tällä tavoin voidaan suorituskykyä verrata ja analysoida sekä voidaan selvittää siihen vaikuttavia asioita. Ongelman suuruutta voidaan mitata useilla mittareilla parannusprojektin aikana. Mittarin valitseminen riippuu tehtävästä projektista. Usein parantamistoimenpiteiden käynnistämiseen käytetään seuraavia mittareita: tuotteiden palautumisosuus, ongelmaraporttien lukumäärä ja ajantasainen toimitus. [16, s. 18.]

Indikaattori on mittari, joka on suunniteltu merkittävien muutosten seurantaan etukäteen määritellyin aikavälein. Indikaattorin todennäköisin painopiste liittyy johonkin suorituskriteeriin. Six Sigma -lähestymistavan yleisimmin käytettyjä indikaattoreita ovat prosessin tuottaman negatiivisen (tai virheellisen) tuotos- tai syötetiedon osuuden indikaattorit, kuten prosenttiosuus (%), miljoonasosat (ppm) tai virhettä miljoonaa mahdollisuutta kohti DPMO sekä prosessin kyvykkyyksindeksit tai suorituskykyindeksit, kuten  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$ ,  $P_{pk}$  tai  $z$ , prosessin keskihajontojen lukumäärä. Indeksien avulla voidaan määritellä, onko kysymys ohjausongelmasta vai suorituskykyongelmasta. Prosessin katsotaan täyttävän korkean laadun kriteerit suorituskykyindeksin ( $C_{pk}$ ) ollessa reilusti yli yhden. [2, s. 82–83; 19, s. 72.]

Käytössä on myös muita liiketoimintaindikaattoreita, kuten ajantasainen toimitus, tuotteiden palautumisosuus tai asiakasvalitusten lukumäärä, sekä laadun yleismittareita, kuten COQ, laadun kustannukset tai COPQ, huonon laadun kustannukset. Mittarit antavat Six Sigma -ryhmälle ajan mittaan tietoa prosessin suorituskyvystä ja niitä käytetään CTQC:iden, laadun kannalta kriittisten ominaisuuksien, tason ilmaisemiseen. [19, s. 72.]

Mittaamisessa ensimmäiseksi lasketaan virheiden miljoonasosat (ppm). Esimerkiksi suorituskykyindeksin ( $C_p$ ) arvon ollessa kaksi virheprosentti on alle 0,00034 % eli käytännöllisemmin alle 3,4 ppm. Tämän jälkeen lasketaan virheiden lukumäärä miljoonaa mahdollisuutta kohti tai poikkeamat, DPMO ja viimeiseksi lasketaan prosessin kyvykkyyksindeksi ( $C_p$ ). Mikäli prosesseja parannetaan jatkuvasti, niiden suoritustasot parantuvat säännöllisesti, kunnes prosenttiyksikköjen käyttö esimerkiksi 0,001 %, käy epäkäytännölliseksi. Tällöin ryhdytään käyttämään miljoonasosia, jotka ovat käytännöllisempiä. [19, s. 72.]

Lisäksi varmistetaan, että tiimi on hyvin perehtynyt tilastollisiin periaatteisiin, joiden perusteella prosessin kyvykkyyksi  $C_p$  ja  $z$  lasketaan. Ennen prosessin kyvykkyyksi  $C_p$  tai  $z$ :n laskemista tarkistetaan, että havainnot noudattavat normaalijakaumaa, koska laskelmat ovat muutoin erilaisia. [19, s. 72.]

### 5.2.2 Ohjauskortit

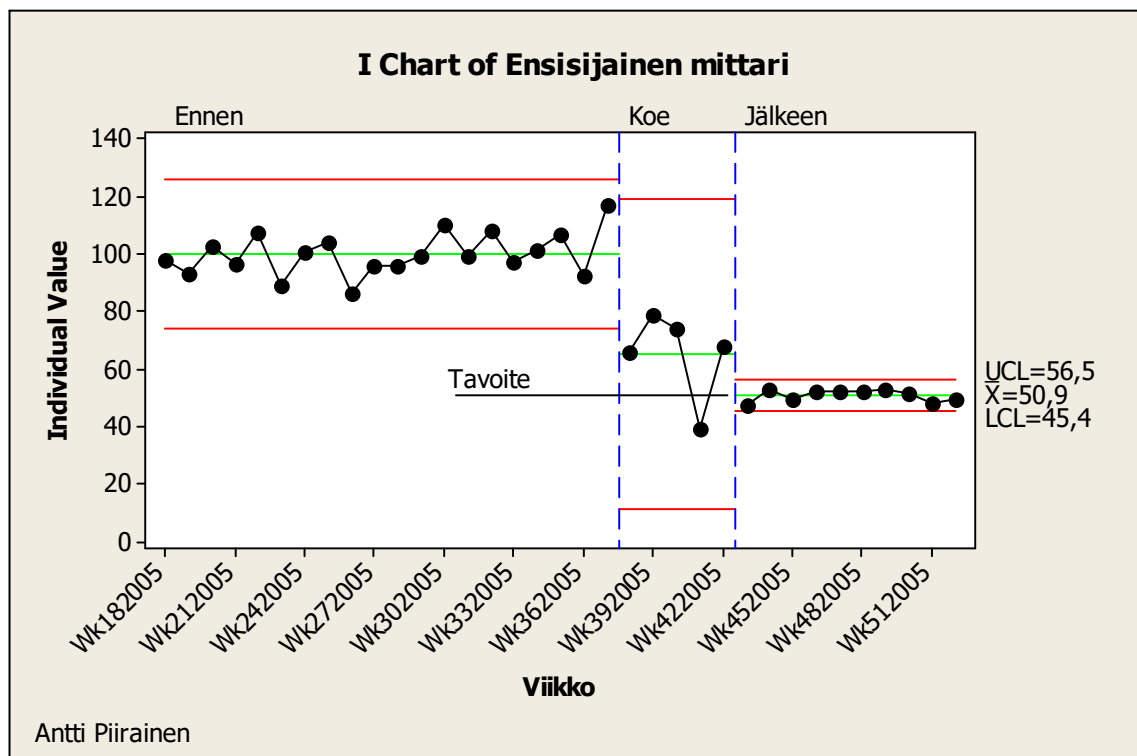
Shewhart kehitti ohjauskortit ja ensimmäinen maininta ohjauskorteista oli kirjattuna hänen muistioonsa 16.5.1924. Prosessin vaihtelua ohjataan tilastollisen prosessinohjauksen (statistical process control) työkaluilla eli ohjauskorteilla (control chart). Ohjauskorttiin kerätään prosessista dataa, jonka jälkeen havaintojen perusteella lasketaan ohjauskorttiin ohjausrajat. Shewhart loi laskentatavat tilanteisiin, joissa on käytössä vain vähän havaintoja. Tarvittavien havaintojen määrä riippuu käytettävästä ohjauskortista. Ohjauskorteissa prosessista kerätty data esitetään graafisesti. Erilaisissa ohjauskorttityypeissä ohjausrajat voidaan laskea esimerkiksi kolmen sigman etäisyytenä mittausten keskiarvosta. Laskutapoja on monia riippuen käytettävästä ohjauskortista. Ohjauskorttien avulla voidaan prosessi luokitella stabiiliin ja epästabiiliin tilaan. Ohjauskortteja voidaan kutsua myös Shewhartin ohjauskorteiksi (the Shewhart control chart). Ohjauskortteja tarvitaan luotettavan päätöksenteon pohjaksi, jotta saadaan tarvittava todistus prosessin stabiiliisuudesta. Epästabiilissa prosessissa mm. keskiarvo ja keskihajonta eivät ole tarkkoja ja täsmällisiä, jolloin käytössä olevasta datasta ei voida ennustaa prosessin ilmiötä tulevaisuudessa. Shewhart on todennut seuraavaa:

*"kun menneen kokemuksen perusteella havainnot ovat rajojen sisällä, sanotaan ilmiön olevan ohjauksessa. Tällöin voidaan ennustaa, kuinka ilmiö tulee oletettavasti käyttäytymään tulevaisuudessa". [2, s. 44–54; 8, 4.16–4.17&45.2–45.3.]*

Tilastotieteen mukaan kerätyille havainnoille voidaan laskea rajat, joiden sisään havainnoista jää tilastollisesti asetettu osuus eli ohjausrajojen sisälle jäävä osuus. Kolmen sigman ohjausrajaväli kattaa normaalijakautuneesta datasta 99,73 % kaikista havainnoista. Kuvassa 10 nähdään esimerkki hallinnassa olevan prosessin ohjauskortista. Ohjauskortissa on vihreän keskiviivan (centerline) molemmin puolin ohjausrajat (UCL ja LCL). Yläohjausraja on merkitty lyhenteellä UCL (upper control limit) ja alaohjausraja on LCL (lower control limit). Ohjausrajan ylitys ilmaisee, että on jokin vaikuttava tekijä, joka aiheuttaa tilastollisesta todennäköisyydestä poikkeavan havainnon.

Empiiristen havaintojen perusteella voidaan päätellä lähes normaalijakautuneesta datasta seuraavaa:

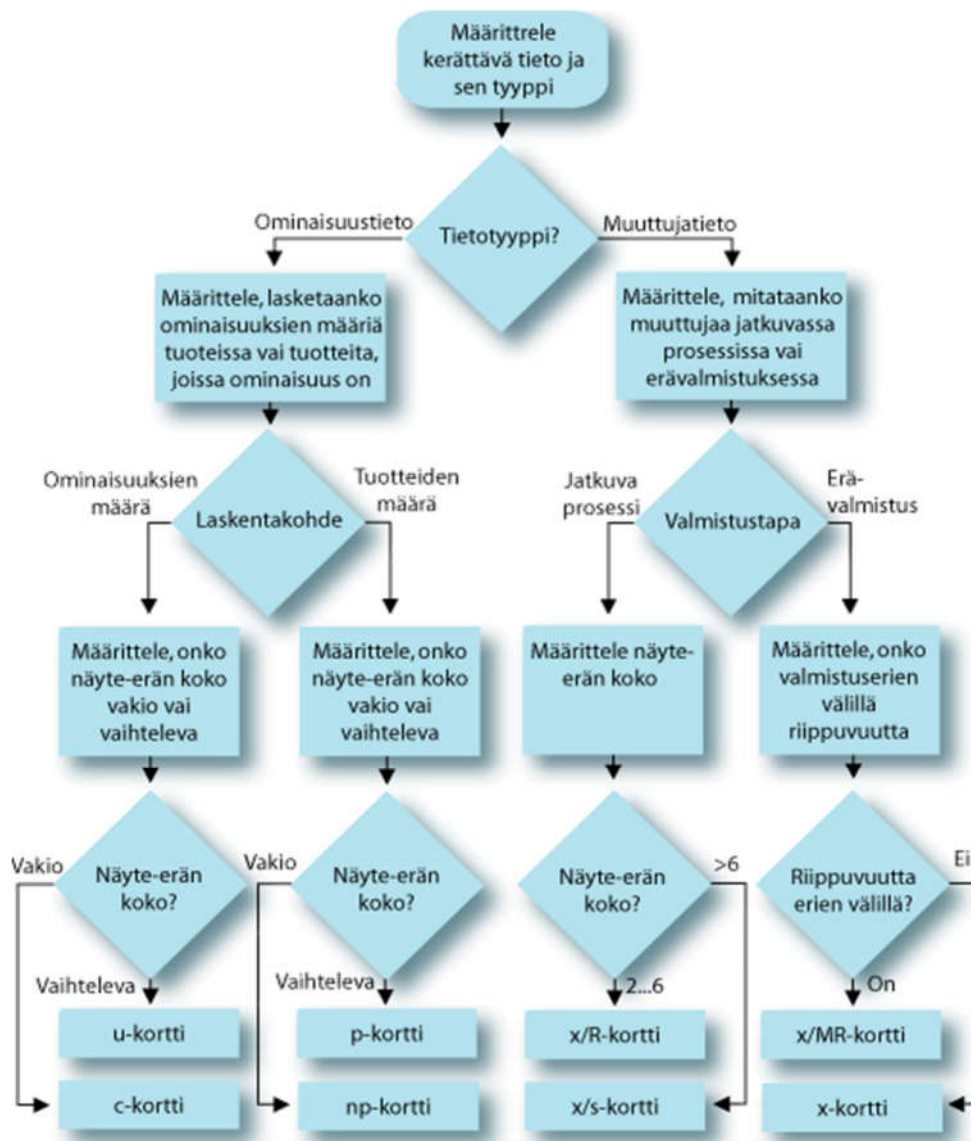
1. Data-havainnoista 60–70 % sijaitsee yhden sigman etäisyydellä keskiarvosta.
2. Havainnoista 90–98 % sijaitsee kahden sigman etäisyydellä jommallakummalla puolella keskiarvoa
3. Datasta 99–100 % sijaitsee kolmen sigman etäisyydellä keskiarvosta. [2, s. 57; 13.]



Kuva 10. Ohjausrajojen muutos ennen ja jälkeen parannusprojektin [10].

Ohjauskortit valitaan käytön mukaan, jotka Ronald J. Wheeler on luokitellut seuraaviin viiteen ryhmään: raporttiohjauskortit, säätöohjauskortit, kokeiluohjauskortit, seurantaohjauskortit ja jatkuvan parantamisen ohjauskortit. Kuvassa 11 on esitetty ohjauskortin valintakaavio, jonka mukaan ohjauskortit valitaan. Kuvassa on mainittu I-mR-kortti (Individuals and Mowing Range), joka on yksi perusohjauskorteista. Korttia käytetään

muun muassa silloin, kun prosessista tutkitaan jaksoaikoja, läpimenoa ja varastotasoja valitulla tarkasteluvälillä. [2, s. 55; 13.]



Kuva 11. Ohjauskortin valintakaavio [13].

Ohjauskortti ei sellaisenaan toimi tuotteen laadunvarmistustyökaluna. Siihen käytetään toleransseista ja spesifikaatioista määritettyjä tuoteohjausrajoja, joista on kerrottuna tarkemmin seuraavassa alaluvussa 5.2.3. Tilastollinen seuranta koskee prosessia ja sen hallintaa. Ohjauskortin esittäminen edellyttää, että prosessi on olemassa ja ohjausrajat on oikein määritetty. [13.]

### 5.2.3 Ohjaus- ja toleranssirajat

Ohjausrajat ovat esitettyinä ohjauskorteissa. Alaohjausrajan lyhenne on LCL (Lower Control Limit) ja yläohjausraja on UCL (Upper Control Limit). Nämä rajat lasketaan eri tavoin riippuen käytettävästä ohjauskortista. Ohjausrajat voidaan laskea  $\pm 3$  sigmaa havaintojen keskiarvosta prosessin suorituskyvyn ollessa kuusi sigmaa. Tämä ei pidä universaalisesti aina paikkansa vaan näissä kolmen sigman raja-arvoissa oletetaan, että data on normaalijakautunutta. Nämä kolmen sigman ohjausrajat eivät toteudu esimerkiksi, kun ”lukemat, jotka ovat lähellä fyysistä rajaansa, kuten luvut lähellä nollaa (jossa nolla-arvo on haluttu), antavat yleensä vinoutuneen jakauman”. Eli tässä tapauksessa 99,73 % tuloksista ei osu kolmen sigman rajojen sisäpuolelle keskiarvosta. [8, s. 22.15–22.19.]

Jotta ohjausrajat voidaan laskea, on tunnettava prosessin keskiarvo ja keskihajonta. Kaavassa 2 on esitettyinä laskukaavat X-kortin ohjausrajoille.

$$CL = \mu \mp 3\sigma, \quad (2)$$

jossa

$\mu$  on mittauksien keskiarvo

$\sigma$  on keskihajonta eli standardipoikkeama. [8, s. 45.11.]

Ohjausrajojen laskentatavat voidaan luokitella mitattavan datatyyppin mukaan attribuutti- ja variaabelidataan. Tässä työssä keskitytään työn luonteen vuoksi variaabelidatalle tarkoitettuihin menetelmiin. Variaabelidata voidaan jakaa diskreettiin ja jatkuvaan dataan. Diskreetti data on luokiteltavissa mm. kyllä/ei- ja hyvä/huono-dataan, kun taas jatkuvassa datassa on rajaton määrä arvoja esim. läpimenoaikaa mitattaessa. Variaabeliohjauskortteja ovat mm. R-ohjauskortti, s-ohjauskortti ja I-mR-ohjauskortti. [3, s. 171–175.]

Toleranssirajojen eli spesifikaatorajojen lyhenteet ovat USL (Upper Specification Limit) ja LSL (Lower Specification Limit). Ylätoleranssirajan (USL) ja alatoleranssirajan (LSL) avulla pyritään tyydyttämään asiakkaan vaatimukset ja odotukset. Spesifikaatiossa määritellyt ylä- ja alatoleranssiraja, jonka ylittävä tai alittava tuote on hylättävä tai muutoin erikseen muokattava ennen hyväksymistä. Toleranssirajoja voidaan laskea eri tavoilla riippuen datan luonteesta. Tilastollisten toleranssirajojen laskeminen riippuu siitä, onko

data normaalijakautunutta vai ei. Spesifikaatio voi määritellä myös vain toisen rajan, jolloin kyseessä on maksimi- tai minimiarvo. Toleranssirajat edustavat hyväksyttävän tuotteen rajoja, kun ohjausrajat taas kuvaavat prosessin sen hetkistä suorituskykyä. [8, s. 44.47–44.48; 23.]

#### 5.2.4 Prosessin kyvykkyys ja suorituskyky

Suorituskyky kuvaa prosessin kykyä täyttää määritellyt spesifikaatio- eli toleranssirajat. Suorituskyvyllä mitataan prosessin kyvykkyyttä tuottaa tuotteita, jotka pysyvät toleranssirajojen sisäpuolella. Kyvykkyysindeksejä käytetään ennustamaan prosessin suorituskykyä vertaamalla prosessin hajontaa suhteessa määritettyihin toleranssirajoihin. Lyhyen ajan kyvykkyysindeksin lyhenteet ovat maksimisuorituskykyluku ( $C_p$ , Potential Capability Index) ja suorituskykyluku ( $C_{pk}$ , Performance Capability Index). Kaavassa 3 on laskettuna lyhyen ajan maksimisuorituskykyluku  $C_p$ , joka kuvaa prosessin toleranssirajojen välistä suhdetta kuuden sigman hajontaväliin.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}, \quad (3)$$

jossa

USL            on ylätoleranssiraja

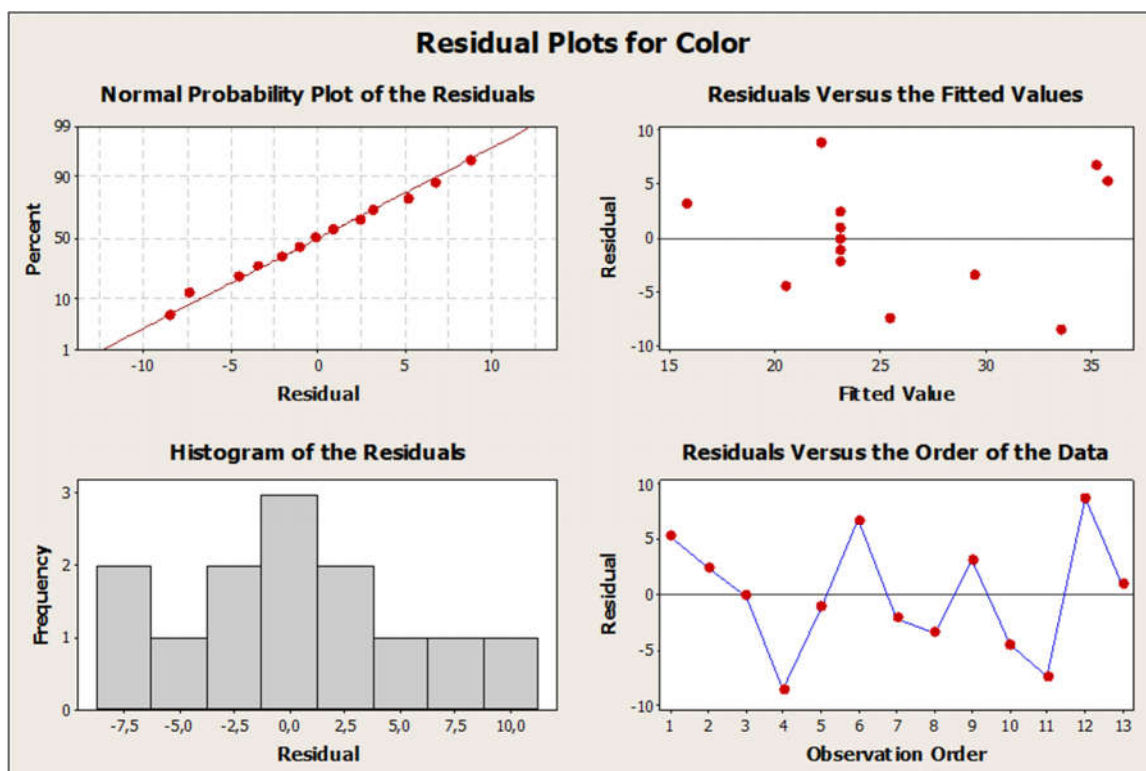
LSL            on alatoleranssiraja

$\sigma$             on keskihajonta eli standardipoikkeama.

$C_p$ -indeksin ollessa 0,5 jää toleranssirajojen ulkopuolelle 13,36 % mittaustuloksista. Suorituskykyluvun ollessa alle 1 tulee prosessia ohjata voimakkaasti paremman suorituskyvyn saavuttamiseksi. Suorituskykyindeksin ollessa 1,0 jää raja-arvojen ulkopuolelle 0,3 % tuloksista. Prosessi on tällöin haavoittuvainen pienillekin muutoksille. Suorituskykyindeksin ollessa yli 1,33 – jolloin toleranssirajojen ulkopuolelle jää enää 64 ppm tuloksista; voidaan katsoa prosessin olevan minimitasolla tavoitteesta olettaen, että toleranssirajat on määritelty oikein. Nollavirheeseen tähdättäessä  $C_p$ -indeksin tulisi olla 2,0.  $C_p$ - ja  $C_{pk}$ -indeksien ollessa saman arvoiset on prosessin tavoitearvo sama kuin keskiarvo.

Pitkän ajan kyvykkyyksindeksit ovat toimintakyky (P<sub>p</sub>) ja suoritusarvokyky (P<sub>pk</sub>). Todellisen suorituskyvyn mittaamiseen käytetään pitkän ajan kyvykkyyksindeksejä, jolloin mittausdata saattaa sisältää erikoisyyistäkin johtuvaa vaihtelua. Suorituskykyä voidaan analysoida variaabeli- tai attribuuttidatalle keräämällä joko lyhyen tai pitkän ajan dataa. Suorituskykyluvut voidaan laskea vain prosesseille, jotka ovat stabiileja ja tulokset muodostavat lähes normaalijakauman. Epästabiilit jakaumat tulee muuttaa normaaliksi ennen suorituskykyindeksien laskemista. [3, s. 145–147; 8, s. 22.15–22.18.]

Visualisointityökaluilla esitetään tietojoukon tunnusluvut tiivistetyssä muodossa sekä graafisesti että numeerisesti, kuten kuvassa 12 on kuvattuna. Analyysin tavoite on ymmärtää tekijöiden vaihtelua. Tähän voi sisältyä aineiston ositus tekijän tasojen mukaisesti.



Kuva 12. Visualisointityökaluja.

Tiedot analysoidaan tarvittaessa luokittelemalla eli osittamalla. Kaavioiden avulla voidaan havaita jonkin tekijän vaikutukset ominaisuuteen. Pääelmä voidaan varmistaa tilastollisella testillä. [19, s. 70.]

### 5.3 Analysointi

#### 5.3.1 5W2H-analyysi

5W2H-työkalua käytetään ongelmanratkaisussa ongelman rajaamiseen ja/tai parannusideoiden kehittämiseen. 5W2H-menetelmä sekoitetaan tyypillisesti 5 x miksi-analyysiin. 5W2H on ideoiden generointityökalu, jossa täsmällisten kysymysten avulla ryhmää ohjataan tarkastamaan kaikki näkökulmat. Menetelmän avulla selvitetään vastauksia seitsemään kysymykseen, jolloin asiaa tarkastellaan seitsemän näkökulman kautta. 5W2H-nimi tulee englanninkielisten kysymysten ensimmäisistä kirjaimista. Kysymykset ovat miksi (Why), mitä (What), missä (Where), kuka (Who), koska (When) sekä miten (How) ja miten paljon (How Much). Taulukossa 3 on taulukoituna 5W2H-menetelmän kysymysluettelo, jossa ensimmäisessä sarakkeessa on esitetty asia, toisessa kysymykset ja kolmannessa sarakkeessa on tarkennus kysymykseen. Menetelmällä etsitään tarkkoja vastauksia ongelmasta edellä esitettyihin kysymyksiin. Kysymyksiin vastataan samassa järjestyksessä. Kun kysymyksiin on vastattu, analysoidaan lopputulos kokonaisuutena ja tehdään päätös jatkotoimenpiteistä. [24.]

Taulukko 3. 5W2H-menetelmän kysymysluettelo [24].

Asia	5W2H kysymykset	Tarkennus
<b>Päämäärä</b>	<b>Why – Miksi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarvitaanko prosessia/ tuotetta/ palvelua</li> </ul>
<b>Aktiveetti</b>	<b>What – Mitä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minkä tyyppinen ongelma on?</li> <li>• Millainen ongelma on?</li> <li>• Mitä tapahtuu?</li> <li>• Onko meillä fyysisiä todisteita ongelmasta?</li> </ul>
<b>Paikka</b>	<b>Where – Missä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Missä ongelma havaittiin?</li> <li>• Missä ongelma esiintyy?</li> </ul>
<b>Henkilöstö</b>	<b>Who – Kuka/Ketkä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kehen ongelma vaikuttaa?</li> <li>• Kuka ensimmäisenä havaitsi ongelma? (kotona/ kentällä)</li> <li>• Kuka raportoi ongelmasta</li> </ul>
<b>Aika</b>	<b>When – Milloin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Milloin ongelmasta ensimmäisen kerran ilmoitettiin?</li> <li>• Mistä alkaen ongelmaa on esiintynyt?</li> </ul>
<b>Menetelmä</b>	<b>How – Kuinka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oletko tietoinen ongelman laajuudesta?</li> <li>• Kuinka paljon ongelma maksaa, vie aikaa tai sitoo henkilöitä?</li> </ul>
<b>Laajuus/ kustannus</b>	<b>How Much – Kuinka paljon/ usein</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikä on trendi? (erityis-/satunnaissy)?</li> <li>• Onko ongelma esiintynyt aiemmin?</li> </ul>

5W2H-menetelmän tyypilliset käyttökohteet voivat olla prosessiin, tuotteeseen tai palveluun liittyviä. Päämääränä on tutkia ja kysyä ongelmaan liittyen, mitä todella halutaan saada aikaiseksi. Menetelmän avulla voidaan selvittää, mitkä ovat ongelmanratkaisutiimin todelliset tavoitteet. Lisäksi se auttaa tiimiä tunnistamaan ongelman lähteen, generoimaan ideoita ja varmistamaan, että yhtään ideaa ei aliarvioida. Menetelmää voidaan käyttää ongelmanratkaisuprosessin eri vaiheissa. [24.]

Määrittelyvaiheessa sitä voi käyttää ongelman tai mahdollisuuden valinnassa. Nykytila-analyyseissä voidaan hyödyntää syyn tai potentiaalisen muutoskohteen tunnistamisessa tai analysoimisessa. Ratkaisu- ja parannusvaiheessa menetelmää voidaan soveltaa ratkaisun kehittämisessä tai suunnittelussa. [24.]

5W2H -menetelmä on erittäin perusteellisesti järjestetty kysymysluettelo ongelman rajaamiseksi. Menetelmä on käytännöllinen etenkin ongelman tunnistamisessa. 5W2H -menetelmä johtaa ryhmän huomion kysymysten avulla oikeaan suuntaan. Menetelmän avulla hidastetaan etenemistä ja saadaan tällä tavoin selkeä kuva ongelmasta sekä voidaan suorittaa rajaus. Tämän jälkeen ongelman kirjoittaminen on helpompaa ja täsmällisempää. 5W2H -menetelmää voidaan syventää lisäämällä analyyseihin "ON" (IS) ja "EI OLE" (ISN'T) näkökulmat. Tavoitteena on tunnistaa alueet, johon ongelma voi vaikuttaa tulevaisuudessa. Mikäli havaitaan vakavia uhkia, osataan keskittyä välittömien väliaikaisten toimenpiteiden eli laastari-toimenpiteiden kehittämiseen ennen varsinaista ongelman ratkaisemista. [24.]

### 5.3.2 MINITAB-ohjelmisto

MINITAB-ohjelman ensimmäinen versio valmistui vuonna 1972 Yhdysvalloissa, Pennsylvanian yliopistossa. MINITAB-ohjelmiston pohjana käytettiin USA:n tilastokeskuksen käyttämää Omnitab-ohjelmistoa. Tietokoneohjelmistopakettien kehittivät yliopiston tiedekunnan jäsenet. He kehittivät ohjelmiston, jotta tilastotieteistä saataisiin kiinnostavampi ja mielekkäämpi opiskelijoille. Kehittäjinä toimivat Dr. Barbara F. Ryan, Dr. Thomas J. Ryan ja Dr. Brian L. Joiner. Ohjelmasta tuli pian johtava tilastollinen ohjelma opetusikäisessä. [25.]

1990-luvun alussa yritys sitoutui kehittämään MINITAB-ohjelmistosta ohjelmistopakettien teollisille markkinoille. Nykyään voidaan tehdä vaativia laadunparannusprojekteja, jotka

ovat paljon monimutkaisempia kuin ennen. Ohjelmisto sisältää nykyään yhdistelmän tilastollisia työkaluja ja laadunparantamisen työkaluja. Suorituskykyä voidaan parantaa ilman mittavia investointeja. Johtava menetelmä Six Sigma -systemaattinen innovointi vaatii, että tehdään yhä syvällisempää datan analysointia. Tähän datan analysointiin voidaan käyttää esimerkiksi MINITAB-ohjelmistoa. MINITAB on tilasto-ohjelmisto, joka sisältää myös laadunparantamisen työkaluja. Käyttämällä apuna ohjelmistoa muutetaan prosessitiedot käyttökelpoiseksi informaatioksi, kuinka parantaa prosessia.

MINITAB -ohjelmistossa useat tärkeät ja normaalisti käytettävät tilastomenetelmät ovat saatavilla samassa paketissa. MINITAB sisältää muun muassa graafisen analyysin konseptit, perustilastot, regressioanalyysijä, ANOVA, SPC-ohjauskortit, kyvykkyysanalyysit, Gage R&R -uusittavuus, toistettavuus, lineaarisuus- ja biastutkimukset sekä attribuuttimittaussysteemin arviointiin tarkoitettut konseptit, multivaritekniikka sekä aikasarja-analyysit.

MINITAB-ohjelmaa käytetään maailmanlaajuisesti opettamisessa, opiskelussa ja laadun ja prosessien parantamisessa. MINITAB soveltuu hyvin Lean Six Sigma -projekteihin, koska niissä käytetään monia eri tilastomenetelmiä. [25; 26.]

## 5.4 Parannusvaihe

### 5.4.1 Ratkaisuvaihe

Parannusprojekteissa, joissa valittavana on useampi ratkaisu ja valinta ei ole selkeä, on suositeltavaa käyttää ratkaisuvaiheita tapaisia työkaluja. Nelikenttämatriisia, vaikuttaa – ei vaikuta ja helppo soveltaa – vaikea soveltaa, voidaan käyttää ratkaisuvaiheita matriisina. [16, s. 49.]

Ratkaisuvaiheita matriisiin kerätään tiedot vaikuttavista tekijöistä. Taulukko jakaantuu neljään eriin osioon. Ensimmäinen osioon kirjataan ne tekijät, jotka vaikuttavat paljon ulostuloon esimerkiksi läpimenoaikaan ja joita on helppo soveltaa. Toiseen osioon kirjataan ne tekijät, jotka vaikuttavat vain vähän ulostuloon ja joita on helppo soveltaa. Kolmanteen osioon kirjataan ne tekijät, jotka vaikuttavat ulostuloon, mutta niitä on vaikea soveltaa ja viimeiseen osioon kirjataan tekijät, jotka vaikuttavat ulostuloon vain vähän ja joita on vaikea soveltaa.

## 5.4.2 Projektikatselmus

Projektin yhden jakson loputtua on aika siirtyä seuraavaan jaksoon, jolloin tehdään projektin katselmus. Katselmuksen tekemistä varten pitää pyytää koolle katselmusraati, johon kuuluu projektista riippuen esimerkiksi käyttöönottopäällikkö, projektin omistaja, mestaritason mustan vyön osaaja, projektia ohjaava mustan (tai vihreän) vyön osaaja sekä tarkkailijaksi joku toinen projektista kiinnostunut johtaja. Raadille on toimitettava etukäteen kopiot kaikesta olennaisesta tiedosta, analyyseista ja raporteista. [16, s. 54.]

Projektia ohjaavan vyötason osaajan on esiteltävä pähkinänkuoressa katselmukseen mennessä suoritettu työ ja vastattava kaikkiin raadin muiden jäsenten esittämiin kyselyihin. Projektin omistajan on hyväksyttävä katselmus, kun raati on samaa mieltä siitä, että työ on toteutettu kunnollisesti ja analyysit ja päätelmät ovat oikeita. Tämän jälkeen projektissa voidaan siirtyä seuraavaan jaksoon. [16, s. 54.]

## 5.5 Ohjausvaihe

### 5.5.1 5S

5S-menetelmän nimi tulee viidestä japaninkielisestä sanasta, jotka ovat seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Vapaasti suomennettuna nämä ovat lajittelu, järjestys, siivous, säännöt ja sitoutuminen. Ensimmäisessä seiri-vaiheessa poistetaan työpisteestä kaikki työn kannalta tarpeettomat tavarat ja materiaalit. Työn tekeminen helpottuu, kun työpisteessä on vain työn kannalta välttämättömimmät tavarat ja materiaalit. Työn tekeminen helpottuu tehtävien yksinkertaistumisen myötä, tilankäyttö tehostuu sekä hankintatoimet tehostuvat.

Toisessa seiton-vaiheessa työpisteeseen jäävät tavarat sijoitetaan omille paikoilleen. Tavaroiden paikat valitaan siten, että niiden ottaminen ja palauttaminen tapahtuvat nopeasti. Tavaroiden häviäminen pienenee, kun kaikille tavaroille merkitään oma säilytyspaikka, jotta kaikki tietävät, mihin ne pitäisi palauttaa. Kolmannessa seiso-vaiheessa jokainen organisaation jäsen huolehtii omista tavaroistaan siten, että työpiste on siisti ja edustavan näköinen. Jokaiseen työpisteeseen merkitään siisteydestä vastaavan henkilö tai ryhmän jäsenten nimet. Neljännessä seiketsu vaiheessa määritellään, mitä käsite

siisteys tarkoittaa ja miten sitä arvioidaan ja mitataan. Siisteydellä tarkoitetaan myös henkilökohtaista siisteyttä.

Viimeisessä shitsuke-vaiheessa eli halu kehittyä-vaiheessa tavoitteena on muuttaa ihmisten ajattelutapaa. Shitsuke ilmenee työpaikalla siten, että työpisteen järjestys säilyy ja jopa paranee ilman, että esimiesten täytyy kiinnittää siihen huomiota. 5S-kouluttajat ovat todenneet usein, että tämän vaiheen toimissa papereita ja ohjeita ei enää tarvita, vaan tiimi ohjaa itse itseään. Kehitys on tehokkaampaa ja nopeampaa tässä vaiheessa kuin perinteisesti esimiesvoittoisesti tai tiukasti ohjeistettuna tehtynä. [11, s. 88–90.]

### 5.5.2 Ohjaussuunnitelma

Ohjaussuunnitelma eli niin kutsuttu seurantasuunnitelma on suunnitelma, joka sisältää prosessin ja sen tuloksena saatavat tuotteet. Siinä määritellään toiminnot ja niihin liittyvät tuotteeseen ja sen prosessiin käytettävät resurssit sekä niiden käyttöajankohta ja niiden käyttäjä. Suunnitelma kattaa jokaisen prosessiin kuuluvan toiminnon, ja siinä kuvataan suunnitellut mittarit sekä tuotetta että prosessia koskevan laadunvalvonnan ja mittausten osalta sekä varojen tai resurssien turvaamisen tai asianosaisten työntekijöiden taitojen ylläpitämisen osalta. Ohjaussuunnitelma on selonteko prosesseista ja järjestelmistä, joita tarvitaan, jotta tuotteen laatua on mahdollista hallita. [19, s. 90.]

Tarkoituksena on esittää ytimekkäästi yksittäisten prosessien hallintaa varten toteutetut seuranta- ja mittausratkaisut eri tavoitteita varten ja taata prosessin tuloksena syntyvän tuotteen laatu. Lisäksi tavoitteena on lisätä asiakkaiden luottamusta prosessiin, jotka saattavat edellyttää laadunseurantasuunnitelmaa. Laadunseurantasuunnitelmasta käy ilmi asiakkaalle, mitä heitä varten suunnitellussa tuotteessa ja siihen liittyvässä prosessissa seurataan. [19, s. 90.]

Ohjaussuunnitelman ensimmäisessä vaiheessa määritellään prosessiin kuuluvat toiminnot. Tarvittaessa otetaan käyttöön 5S-menetelmä. Toisessa vaiheessa jokaiselle toiminnolle luetellaan seuranta- ja mittausratkaisut, jotka ovat joko toivottavia tai tarpeellisia, jotta prosessia on mahdollista hallita. Viimeisessä vaiheessa jokaisesta seuranta- ja mittausratkaisusta kuvataan muun muassa menetelmä ja siihen liittyvä seuranta- ja mittausjärjestelmä, käytetyt poka yoke -menetelmät, ohjausaikataulut sekä tapa, jolla tiedot on tallennettu. [19, s. 90.]

## 6 Työn kulku ja tulokset

Tässä luvussa käsitellään insinööri työn kulkua ja tuloksia. Työn suorittamisen vaiheet on jaettu alaotsikoihin, joista ilmenee suoritettu työ ja sen menetelmät. Työn tavoitteena oli löytää ne tekijät, jotka vaikuttavat eniten läpimenoaikaan. Läpimenoaikaan vaikuttavia tekijöitä tutkittiin ja etsittiin ratkaisuja, joilla läpimenoaikaa saatiin lyhennettyä lähtötilanteeseen verrattuna.

### 6.1 Parannustoimenpiteen määrittely ja käynnistys yrityksessä

Parannustoimenpiteen valinnasta ja sen sisällöstä pidettiin yrityksessä aivoriihi, kuten luvussa 5.1.2 on esitetty, johon oli kutsuttu neljä työntekijää eri osastoilta yritysjohtajasta prosessityöntekijöihin sekä yrityksen omistaja. Palaverissa käytiin läpi neljä eri parannuskohdetta, jonka jälkeen mietittiin niiden tavoitteet ja saavutettava rahallinen säästö. Tiedot kirjattiin valintamatriisiin, joka on kuvattuna luvussa 5.1.1. Valintamatriisissa pohdittiin projektitiimin kanssa neljää eri parannusprojektin vaihtoehtoa. Taulukossa 4 on havainnollistettu insinööri työssä käytettyä valintamatriisia. Kuvasta nähdään, että eniten pisteitä (338) sai läpimenoajan lyhentäminen projekti ja kustannusvaikutusarvio vuositasolla (85 000 €) oli myös suurin tällä projektilla.

Taulukko 4. Lean Six Sigma -parannusprojektin valintamatriisi.

Projektit	1					2					3					4				
	Läpimenoajan lyhentäminen X asiakkaalle					Uuden pakkauspuoleen rakentaminen					xxx liiman valmistus					Dissolverpölyn käyttöasteen kasvattaminen				
Kriteerit	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Kroonisuus/jatkuvaa	5	5	5	7	2	7	10	5	5	8	8	10	5	7	1	10	10	5	8	1
Merkittävyys	6	10	10	7	5	1	10	7	5	10	9	10	10	7	8	8	9	9	8	8
Koko/ laajuus	6	6	8	6	5	8	8	6	4	7	8	7	9	7	7	9	9	8	8	7
Potentiaalisten vaikutusten mittaus	9	8	6	7	5	2	9	4	3	5	5	9	7	7	5	8	10	5	8	5
Kiireellisyys	10	9	8	9	7	1	10	4	3	10	7	10	9	6	7	5	9	6	7	8
Projektin onnistuminen	10	10	10	9	7	9	8	5	8	7	5	10	9	7	9	9	10	7	5	9
Potentiaalinen henkilöiden vastustus muutokseen	7	9	9	7	3	9	6	6	8	7	4	2	8	7	6	2	9	7	8	8
Onko kyseessä "voittajaprojekti"?	10	6	5	10	7	10	10	4	3	6	5	10	8	6	9	8	7	6	6	8
Ongelman mitattavuus	10	10	10	10	8	2	10	6	5	4	3	9	8	5	8	8	9	6	6	7
Projektin kustannus- vaikutusarvio vuositasolla	Pisteet yhteensä 338					Pisteet yhteensä 285					Pisteet yhteensä 323					Pisteet yhteensä 333				
	73	73	71	72	49	49	81	47	44	64	54	77	73	59	60	67	82	59	64	61
	Tuotto: 87 500 €					Tuotto: 10 000 €					Tuotto: 65 000 €					Tuotto: xxx				
	Panos: 2 500 €					Panos: 18 000 €					Panos: 25 000 €					Panos: xxx				
	Erotus: 85 000 €					Erotus: - 8 000 €					Erotus: 40 000 €					Erotus: #ARVO!				
	Lisätietoa laskelmista: xxx xxx					Lisätietoa laskelmista: xxx					Lisätietoa laskelmista: xx					Lisätietoa laskelmista: xxxx xxx				

Valintamatriisin pisteytyksen jälkeen valittiin parannustoimenkohde pisteytyksen ja taloudellisen tuloksen kustannuslaskelman hyödyn mukaan. Parannusprojektiksi valittiin läpimenoajan lyhentäminen X asiakkaalle. Tämän jälkeen nimettiin parannusprojektille projektiryhmä ja heidän tehtävänsä. Projektiryhmän tiiminvetäjäksi nimitettiin insinööriopiskelija, joka toimii yrityksessä tuotekehitysinsinöörinä. Projektin omistajaksi valittiin tuotantopäällikkö Robert Engström, joka vastasi projektille annettavista resursseista. Lisäksi projektitiimiin valittiin kaksi pitkään yrityksessä toiminutta prosessityöntekijää.

Projektin valinnan jälkeen käytiin yleistä keskustelua läpimenoajan lyhentämisestä. Useiden kokouksien jälkeen sovittiin tulevista jatkotoimenpiteistä ja vastuualueista. Parannusprojektin alussa kerrottiin avoimesti koko henkilökunnalle Lean Six Sigmasta ja tulevista tavoitteista. Projektin etenemisestä käytiin keskustelua joka viikko pidettävässä tuotantopalaverissa. Jokaviikkoisen projektikatsauksen avulla, kuten luvussa 5.4.2 on kerrottuna, kaikilla työntekijöillä oli mahdollisuus kertoa mielipiteensä ja ehdottaa parannustoimenpiteitä. Viikkopalaverien avulla työ sai paljon näkyvyyttä ja innokkaan alkulähdön työntekijöiden puolelta.

Työntekijöille annettiin mahdollisuus vaikuttaa projektin parannustoimenpiteisiin. Projektityöntekijöille annettiin täytettäväksi kyselylomake, jossa he saivat kertoa omia näkemyksiään ja ongelmakohtia läpimenoaikaan vaikuttavista asioista. Nämä kyselyiden tulokset olivat hyvin antoisia ja johtivat välittömästi muutamiin pieniin parannustoimenpiteisiin. Projektin kaikissa eri vaiheissa tehtiin uusia ohjeita eri osastoille ja päivitettiin vanhoja ohjeita ajantasaisiksi sen mukaan, kun epäselvyyksiä havaittiin. Etenkin tuotantoresepteihin tehtiin parannuksia ja keskeytyksien ja ongelmien syyt kirjattiin ylös.

Läpimenoaikaprojektin määrittelyvaihe aloitettiin määrittämällä prosessin nykytilan päävaiheet ja toiminnot, joiden läpi prosessi kulkee SIPOC:n avulla, josta on kerrottu kohdassa 5.1.5. Läpimenoaika prosessin nykytilaa käytiin projektiryhmän kesken läpi ja hahmoteltiin alustavasti, mitä kehitettävää nykytilassa on ja mitkä ovat projektin tavoitteet. Tavoitteiden määrittelyn avulla rajattiin, mitä toimintoja prosessiin tuli sisällyttää, jotta tavoitteet saatiin täyttymään.

Prosessikuvauksessa prosessi kuvattiin prosessivaiheittain. Prosessikuvauksen avulla yksinkertaistettiin ja havainnollistettiin läpimenoaika prosessia tuotettaville tuotteille. Lisäksi prosessikuvauksen avulla rajattiin tutkittavan prosessi ja varmistettiin, että koko

projektitiimi oli samaa mieltä prosessista ja sen vaiheista. Viimeiseksi määritettiin pakolliset prosessin vaiheet ja toiminnot. Prosessin päätoiminnot analysoitiin ja rajattiin. Päävaiheet prosessille rajattiin viiteen:

1. tilauksen käsittely
2. suunnittelu
3. valmistus
4. pakkaaminen
5. toimitus.

Kuvassa 13 on esitetty SIPOC-mallin avulla tehty prosessinkuvaus. Kuvasta nähdään toimittajien, syötteiden, prosessin, tuotosten ja asiakkaiden väliset suhteet vuokaavion avulla.

<b>SIPOC - Projektin rajaaminen</b>					
Suppliers	Parannuskohde				Customer
Lohjan Maru	Input't	Prosessi	Output't	Speksit	X
	Sisääntulot = X't		Ulostulot = Y't		
R-A toimittaja1		Tilaus	Läpimenoaika	pv	Oikea hinta
R-A toimittaja2	Tilaus		Tuote kpl	litraa	Oikea laatu
R-A toimittaja3	Tekijät	Suunnittelu	Laatu	raja-arvot	Oikea toimitusaika
R-A toimittaja4	Raaka-aineet		Raha	€/L	Oikea määrä
	Purkit	Valmistus			
	Kuljetus				
		Pakkaaminen			
		Toimitus			

Kuva 13. Prosessin rajaaminen SIPOC:n avulla.

Prosessikuvauksessa mietittiin, mitkä vaiheista on suoritettava ennen seuraavia vaiheita, joista ei voi siirtyä eteenpäin ilman tiettyjen kriteerien täyttymistä. Samalla mietittiin, mitä toiminnoista on mahdollista suorittaa rinnakkain.

Prosessin ongelmakohtia ja kehitettäviä osa-alueita analysoitiin käyttäen apuna kalanruotodiagrammia, joka on esitettyä luvussa 5.1.6. Kalanruotodiagrammin avulla kartoitettiin kaikki tekijät, jotka vaikuttivat läpimenoaikaan. Kalanruotodiagrammi auttoi aivoriiheen osallistujia muistamaan ja miettimään prosessin monimutkaisuutta. Aivoriiheen tulokset jaettiin seitsemään eri kategoriaan, joiden mukaan tekijät lajiteltiin kalanruotodiagrammiin. Kalanruotodiagrammi on esitettyä liitteessä 1.

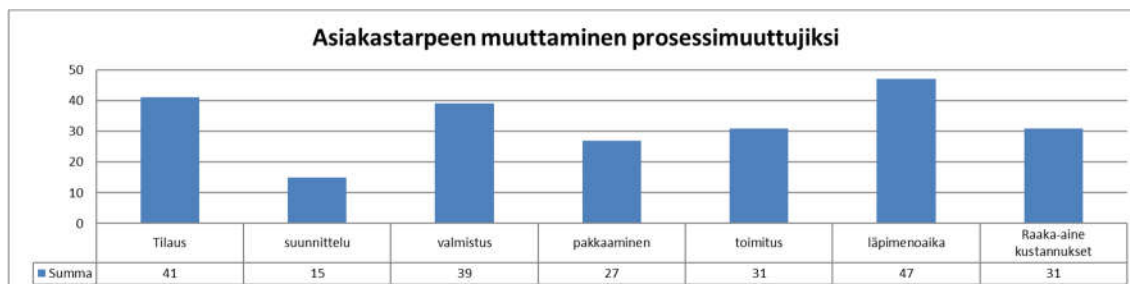
Tekijät jaettiin tämän jälkeen merkittäviin ja ei niin merkittäviin kategorioihin nelikenttä-matriisin avulla, jota kutsutaan XY-matriisiksi, josta kerrottuna enemmän luvussa 5.4.1. XY-matriisin ansiosta löydettiin heti muutamia tekijöitä, niin kutsuttuja juurisyitä, joihin tehtiin välittömästi parannustoimenpiteitä. Tehdyt muutokset olivat edullisia ja nopeita toteuttaa. XY-matriisin tulokset ovat esitettyinä liitteessä 2.

Asiakasvaatimukset kartoitettiin suurimmille tuoteryhmille yhdessä asiakkaan kanssa asiakkaan ääni-kaaviolla (VOC), josta on kerrottu luvussa 5.1.4. Taulukossa 5 on esitettyä VOC-analyysi, jossa on arvioitu tuotteen laatu-, raha- ja aikavaatimuksia ja prosessin ulostulojen välistä yhteyttä.

Taulukko 5. VOC-analyysi.

VOC - Voice Of the Customer		VOP - Voice Of the Process - Y's						
Asiakkaan kiinnostuksen kohteet		Tilaus	Suunnittelu	Valmistus	Pakkaaminen	Toimitus	Läpimenoaika	Raaka-aine kustannukset
VOC								
Aika	Nopea	9	9	9	9	3	9	1
	Lähellä, halpa rahti	3	1	9	9	9	9	9
Raha	Halpa kpl hinta	9	1	3	3	3	1	9
	Halvin kaupassa oleva tuote	9	1	3	3	3	1	9
Laatu	Raja-arvoissa	1	1	3	1	3	9	1
	Tasalaatuinen	1	1	3	1	1	9	1
	Tuote (esim. sauna collection)	9	1	9	1	9	9	1
<b>Summa</b>		<b>41</b>	<b>15</b>	<b>39</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>47</b>	<b>31</b>

Kuvassa 14 on esitettyä VOC-analyysin tulokset histogrammikuvaajana. Taulukosta nähdään, että läpimenoaika on merkittävin tekijä VOC-analyysin mukaan. Toiseksi merkittävin tekijä on tuotteen tilaaminen. Yllättävää oli huomata, että raaka-ainekustannukset olivat vasta kolmannella sijalla VOC-analyysin mukaan.



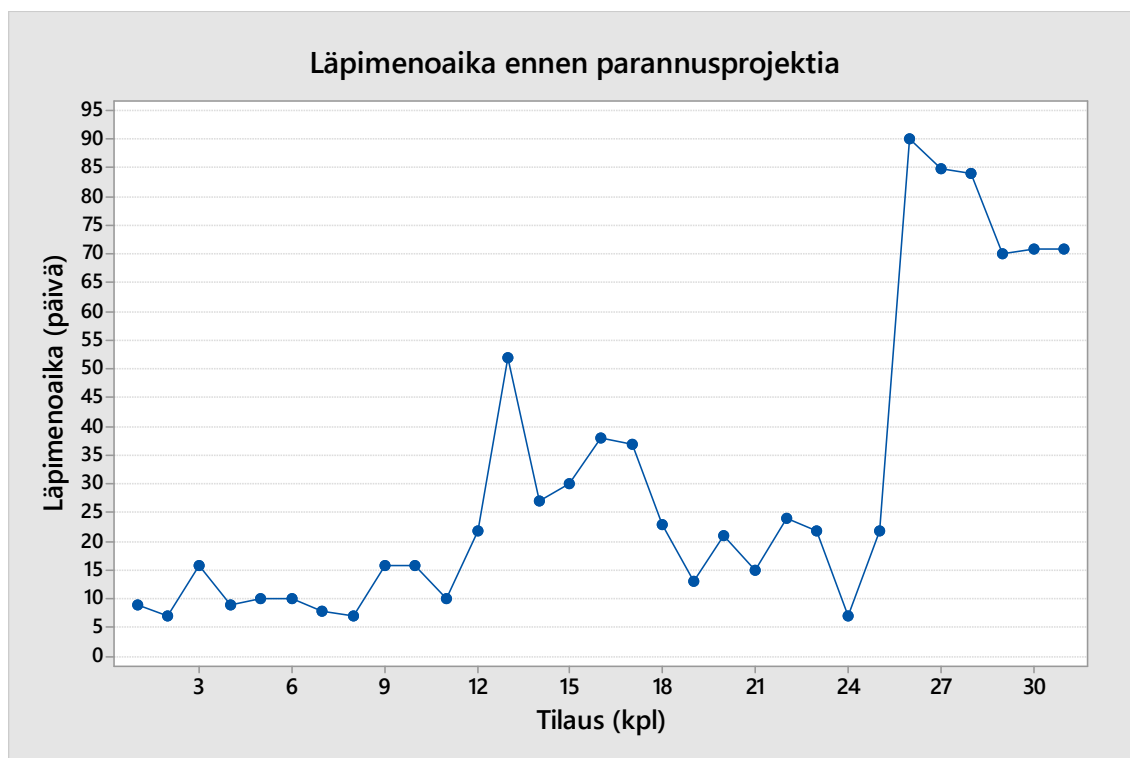
Kuva 14. Asiakastarpeen muuttaminen prosessimuuttujiksi.

Läpimenoajan vaatimukseen asetettiin tavoitearvo asiakkaan kanssa. Tavoitearvoksi asetettiin kymmenen työpäivää tilauksesta. Lohjan Maru Oy antoi asiakaslupauksen asiakkaalle toimitusajasta. Petetty asiakaslupaus vaikuttaa negatiivisesti asiakastyytyvyyteen ja sitä kautta tuleviin tilauksiin. Lohjan Maru Oy:n strategia on asiakaslähtöinen, jossa asiakkaan edut, tarpeet ja toiveet huomioidaan sellaisina kuin asiakas ne vaatii. Tyytyväisyys syntyy, kun asiakkaan palvelu ja sen tavoitteet suunnitellaan yhteistyössä asiakkaan kanssa, suunnitelmassa pysytään, toimenpiteet perustellaan ymmärrettävästi ja toimitaan johdonmukaisesti asiakasta arvostaen. Nämä asiat olivat projektin kannalta tärkeimmät, ja ne pidettiin mielessä koko projektin ajan.

## 6.2 Läpimenoajan lyhentämisen mittaaminen projektin aikana

Projektin ensisijaiseksi mittariksi valittiin läpimenoajan mittaaminen päivissä, mittareista on kerrottuna luvussa 5.2.1. Läpimenoaika mitattiin päivän tarkkuudella tilauksen saamisesta tilauksen toimitukseen asiakkaalle. Tulokset syötettiin ja analysoitiin MINITAB-ohjelmistoa käyttäen, kuten luvussa 5.3.4 on havainnollistettu. Kuvassa 15 on esitettyä graafisesti lähtötilanne toimituksen läpimenoajasta asiakkaalle ennen projektin käynnistymistä. Graafisessa esityksessä on havainnollistettu mitattujen läpimenoaikojen käyttäytyminen ajanfunktiona. Kuvasta näkyy, että läpimenoajassa on paljon vaihtelua eikä prosessi ole täysin stabiili. Läpimenoaika toimitusten välillä vaihtelee seitsemästä päi-

västä 95 päivään. Kuvan y-akselilla on viikonloput ja pyhäpäivät laskettu mukaan normaali työpäivien lisäksi. Lohjan Maru Oy:ssä työskennellään pääsääntöisesti arkipäivisin, jolloin läpimenoaika olisi voitu esittää graafisesti ilman viikonloppu- ja pyhäpäiviä.



Kuva 15. Aikajanakuvassa on graafisesti esitetty läpimenoaika tilausmäärän funktiona päivissä.

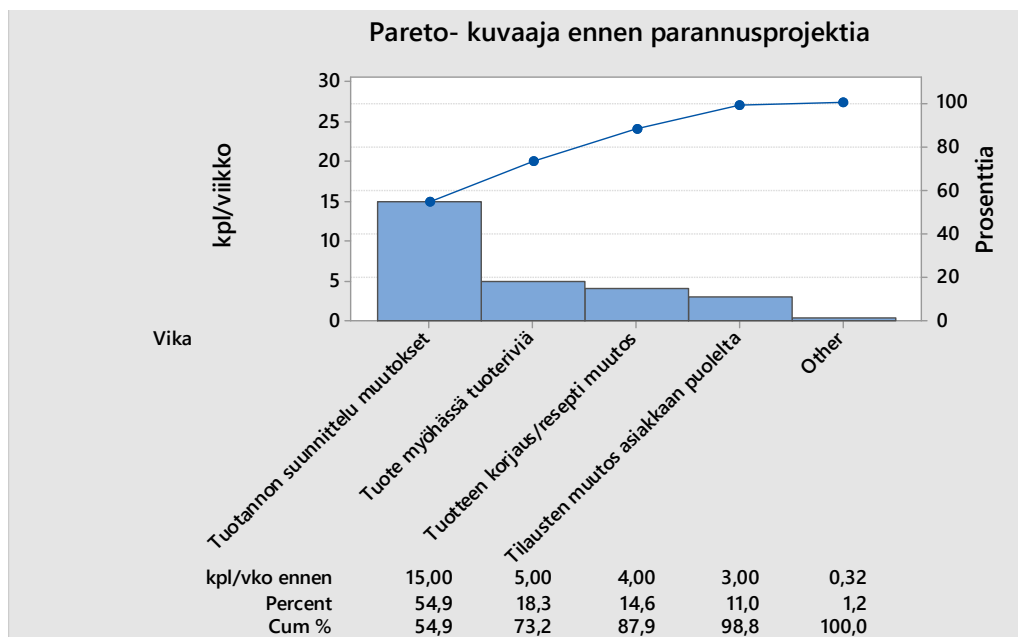
Läpimenoajan mittaaminen aloitettiin siitä, kun tilaus saatiin asiakkaalta ja lopetettiin siihen, kun tuote oli valmis tuotannossa. Läpimenoaikaan ei merkittävästi vaikuttanut tilauksen toimittaminen asiakkaalle, koska asiakas toimi samassa rakennuksessa, jossa tilattu tuote valmistettiin. Käytännössä tuotteen toimitukseen asiakkaalle meni vähemmän aikaa kuin yksi päivä. Huomioitavaa lähtötilanne kuvaan on, että toimitusaikojen mittaaminen ei ole ollut yhtä järjestelmällistä kaikilta osin kuin projektin aikana. Tämän vuoksi tulokset eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia.

Parannusprojektin läpimenoajan mittaamista varten luotiin lähtötietolomake ja tulokset kirjattiin laskentaohjelmaan. Lomakkeeseen oli määritelty tarkasti mittaamisen aloitus- ja lopetusajankohta. Lomake oli tärkeä projektin mittaamista ja dokumentointia varten. Ennen lomakkeen käyttöönottoa läpimenoaikaan vaikuttavat tiedot olivat olleet eri henkilöiden tiedossa, mutta eivät aina niiden, jotka tietoa olisivat tarvinneet. Lähtötietoja ei ollut

ennen dokumentoitu järjestelmällisesti ja vastaavaa lomaketta ei ole ollut yrityksellä käytössä. Lomake sisälsi pääosin tuotteen tilaamiseen, sen valmistamiseen sekä toimitukseen ja asiakkaaseen liittyviä tietoja. Tiedon keruu mahdollisti informaatiokulun sekä tavoitteiden mukaisen dokumentoinnin asianmukaisesti.

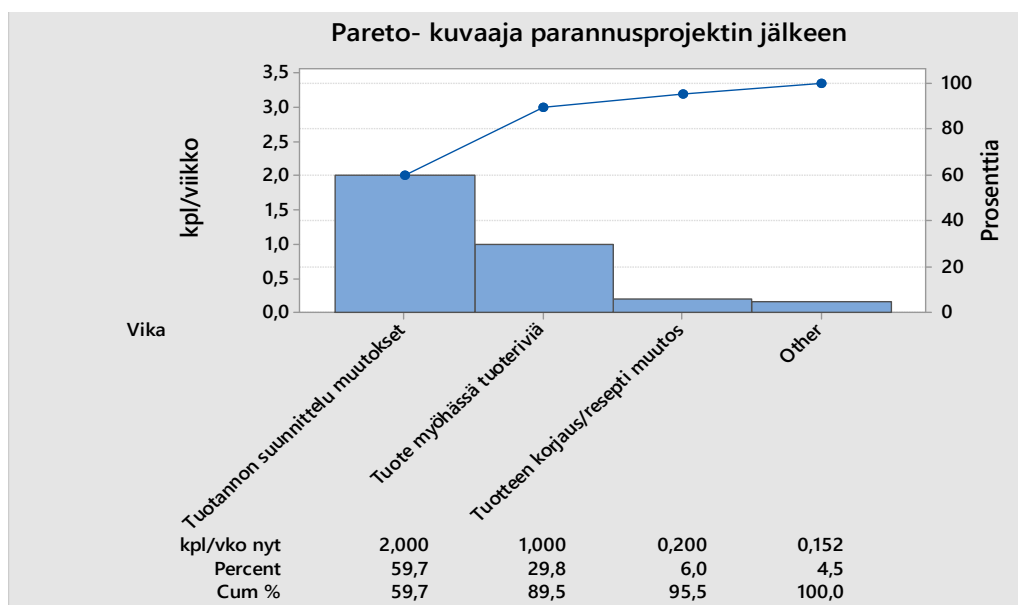
Osa lähtötietolomakkeen ilmi tuomista juurisyyistä pystyttiin käsittelemään nopeasti projektin edetessä ja korjaamaan nopealla aikataululla projektitiimin kanssa. Projektitiimin palaverien päätavoitteena oli pitää tiimiläiset tietoisina projektin etenemisestä ja tiedottaa mahdollisista muutoksista projektin edetessä.

Lähtötietolomakkeeseen kirjattiin tuotteen tilauspäivämäärä ja tuotteen valmistuminen tuotannossa. Lisätietoihin kirjattiin lisäksi mahdollinen selitys pitkittyneelle läpimenoajalle. Läpimenoajan mittarin lisäksi projektin aikana mitattiin tuotteen valmistamisesta johtuvia muutoksia, joita olivat mm. tuotteen korjaus kerrat tuotannossa. Lomakkeeseen kirjattiin kaikki tuotantomuutokset kyseisen asiakkaan osalta. Muina mittareina toimivat lisäksi tuotannonsuunnittelumuutokset, asiakkaan muutokset tilauksiin sekä reklamaatioiden määrä kyseiseltä asiakkaalta. Nämä muutoksien vaikutukset ovat kuvattuina kuvissa 16 ja 17 graafeina Pareto-kuvaajan avulla. Kuvissa on esitetty ongelmien ryhmittelyt Pareto-kuvaajana, joista on enemmän kerrottu luvussa 5.1.3. Kuvassa 16 on kuvattu lähtötilanne, kuinka monta suunnittelumuutosta tuotannossa on tehty, kuinka monta tuoteriviä tilauksesta on myöhässä, kuinka monta reseptimuutosta tuotteisiin on tehty sekä kuinka monta muutosta tilauksiin on tehty asiakkaan puolelta sekä muut viat yksikössä kappaletta per viikko.



Kuva 16. Pareto-kuvaaja ennen parannusprojektia.

Graafista nähdään ongelmien tärkeysjärjestys ja ongelmat, jotka aiheuttivat suurimman osan prosessin läpimenoajan venymisestä. Kuvaajasta nähdään, että eniten ongelmia ennen projektin aloittamista oli tuotannon suunnittelun muutoksissa, joita on peräti 15 kappaletta yhden viikon aikana. Tämä kattaa 54,9 % kaikista muutoksista tuotteen osalta.



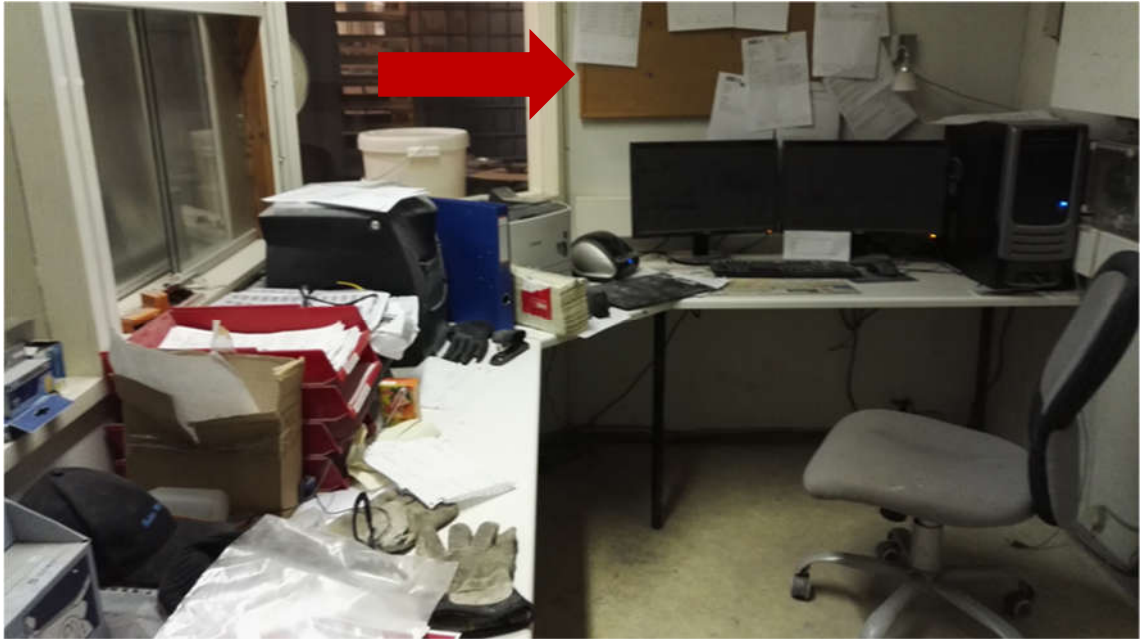
Kuva 17. Pareto-kuvaaja parannusprojektin jälkeen.

Kuvasta 17 nähdään, kuinka vikojen esiintymistiheys on laskenut lähtötilanteeseen nähden. Tuotannosuunnittelumuutokset ovat laskeneet 15 kappaleesta kahteen kappaleeseen per viikko, ja tuotteen myöhästymiset ovat laskeneet viidestä kappaleesta yhteen kappaleeseen per viikko. Kuvista on nähtävissä selkeä muutos. Virheiden määrät ovat laskeneet huomattavasti lähtötilanteeseen verrattuna. Tämä muutos oli myös selkeästi havaittavissa tuotannossa töiden sujuvuuden osalta.

### 6.3 Projektin analyysivaihe ja kehitystoimien toteutus sekä ohjaus

XY-matriisin avulla pisteytettiin vaikuttavat tekijät läpimenoaikaan asteikolla 1–10. XY-matriisista saadun prioriteettiluvun mukaan luokiteltiin vaikuttavat tekijät läpimenoaikaan nelikenttämatriisin avulla. Ne tekijät, jotka olivat nelikenttämatriisin ensimmäisessä osiossa eli tekijät, jotka vaikuttavat läpimenoaikaan ja joita oli helppo soveltaa, valittiin parannusidealistalle. Läpimenoaikaan vaikuttavat tekijät jaettiin käytännöllisyyden, nopeuden ja edullisuuden mukaan toteutettavaksi, kuten ratkaisuvälitammatriisissa liitteessä 3 on havainnollistettu. Taulukossa on esitetty 15 parannuskohdetta ja niille valitut toimenpiteet. Tämän lisäksi käytettiin 5W2H-analyysia, joka on esitelty luvussa 5.3.1. Analyysin avulla pyrittiin projektin aikana tunnistamaan juurisyyt ja valitsemaan toimenpiteistä ne, jotka juuri sillä hetkellä oli tarpeellista tehdä ja joilla voitiin rajata ongelmaa.

Ensimmäiseksi parannuskohteeksi valittiin XY-matriisin avulla muutos tuotannon suunnitteluun. Muutoksena oli, että tuotannon esimies priorisoi kerran päivässä kaikki tuotannossa valmistettavat tuotteet, tulosti tehtävien tuotteiden valmistusohjeet ja antoi työpäivän tehtävät työt prosessityöntekijöille kerran päivässä aikaisemman viikkosuunnitelman sijaan. Kuvassa 18 on esitetty tilauksien lähtökohta ennen muutosta.



Kuva 18. Avoinna olevat tilaukset korkkitaululla.

Kuvasta nähdään, kuinka tilaukset eivät olleet järjestelmällisesti järjestettyinä. Ennen tilaukset laitettiin nuppineulalla kiinni kuvassa näkyvään korkkitauluun siihen kohtaan, missä oli tilaa. Korkkitaululta prosessityöntekijä valitsi omat työnsä viikkosuunnitelman mukaan tai siitä poiketen.

Parannustoimenpiteen jälkeen tuotannon esimies suunnitteli työt noin viikoksi eteenpäin ja antoi aina vain yhden päivän työt kerralla tuotantotaululle. Tuotantotaulu on kuvattuna kuvassa 19.



Kuva 19. Avomien tilausten näkymä päiväkohtaisesti parannuksen jälkeen.

Taulusta nähdään selkeästi tehtävät työt. Magneettitaulun yläosassa on nimetty prosessityöntekijät. Nimien alle on annettu jokaiselle omat tehtävät allekkain tärkeysjärjestyksessä, joista ylimpänä olevat tehtävät ovat tärkeimmät. Punaisilla kehyksillä olevat työt ovat keskeneräisiä töitä, harmailla kehyksillä olevat työt ovat tehtäviä tuotteita ja sinisillä kehyksillä olevat työt ovat keräyslistoja valmiille tuotteille. Näiden lisäksi valkoisilla kehyksillä olevat extratyöt, ovat muita tuotannollisia töitä liittyen eri projekteihin. Tästä järjestelystä oli huomattavaa hyötyä myös muiden tuotannossa tehtävien tuotteiden osalta, joita ei kuitenkaan käsitellä tässä insinööriyössä sen tarkemmin.

Toiseksi parannuskohteeksi valittiin tilauksen vastaanotto ja käsittely. Tilauksia sai antaa vain yksi henkilö kirjallisesti aikaisemman viiden henkilön sijaan. Lisäksi asiakas sai tilata tuotteita vain kerran viikossa kirjallisesti. Tilauksen tuotannon esimies vahvisti asiakkaalle viimeistään seuraavana työpäivänä asiakkaan antamasta tilauksesta ja annettiin arvioitu toimitusaika tuotteelle. Tilausten saaminen asiakkaalta kerran viikossa helpotti töiden organisointia huomattavasti myös muiden tuotannossa tehtävien tuotteiden osalta.

Kolmantena parannuskohteena suurennettiin tuotannossa ja pakkauslinjalla tehtäviä sarjakokoja. Sarjakokoja kasvatettiin tuotannossa 1 000 litrasta jopa 6 000 litran valmistuseriksi vaihtamalla käytettävää sekoitinpataa. Sarjakokojen suurentamisen muutokset näkyivät pakkauslinjalla, jolloin yhtä tuotetta pakattiin yhtäjaksoisesti pidempään. Tämän myötä valmistuvien tuotteiden määrä kasvoi huomattavasti. Määrän kasvun vaikutus oli huomattava, koska etiketöinti ja pakkaskoneen muutokset ja säädöt veivät nykyistä vähemmän aikaa.

Neljäntenä parannuskohteena oli varaston järjestäminen ja vastuuhenkilöiden määrittäminen eri tuotteille ja työtehtäville. Varaston järjestämisen muutos on kuvattuna ennen ja jälkeen kuvissa 20 ja 21. Ennen-kuvasta 20 nähdään, kuinka varastossa tavarat on jätetty juuri siihen kohtaan, missä oli tilaa. Varastossa säilytettävillä raaka-aineilla ja tavaroilla ei ollut nimetty omia paikkoja, mikä näkyy selkeästi epäjärjestelmällisenä ja sotkuisena varastona. Varastosta oli vaikea löytää etsittäviä raaka-aineita tai tarvikkeita.

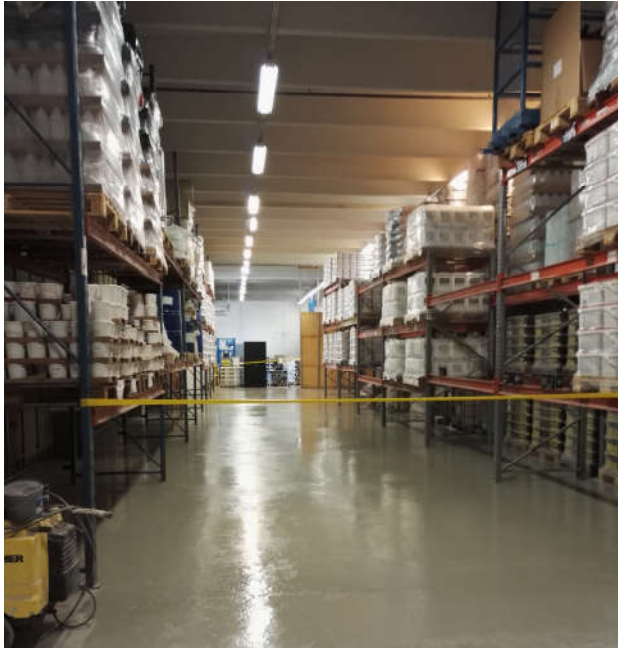


Kuva 20. Varastosta kuva ennen parannusprojektin aloittamista.

Varaston jatkuva järjestyksen muutos aiheutti paljon tuotteiden ja raaka-aineiden etsimistä, mikä vei paljon aikaa kaikelta arvolla lisäävältä työltä.

Kuvasta 21 on nähtävissä selkeä muutos tuotteiden varastoinnissa varastossa. Varasto järjestettiin osittain 5S-tyyppisesti, josta on kerrottuna luvussa 5.5.1. Varastossa lajiteltiin

ensiksi tuotteet ja tavarat tarpeellisiin ja ei-tarpeellisiin tavaroihin. Tämän jälkeen järjestettiin tavarat paikoilleen ja turhat tarvikkeet hävitettiin asianmukaisesti. Varaston järjestämisen jälkeen siivottiin varasto ja puhdistettiin lattiapinnat, jonka jälkeen lattia maalaattiin. Maalaamisen jälkeen suurimmalle osalle tavaroista nimettiin omat paikat varastosta ja nämä paikat nimettiin tarralapuilla. Viimeisessä vaiheessa varastoon nimettiin oma vastuhenkilö ylläpitämään huolta varaston järjestyksestä ja siisteydestä.



Kuva 21. Varastosta kuva lattian maalaamisen jälkeen.

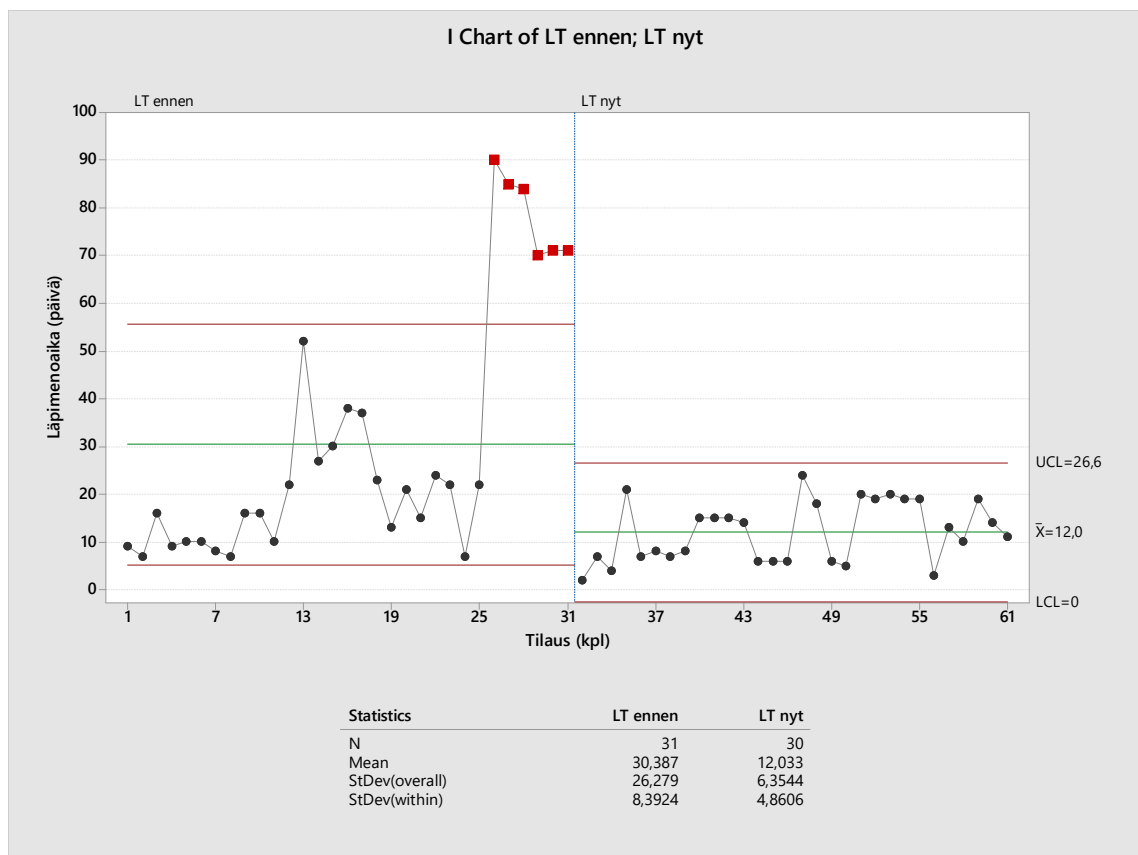
Varaston tavaroiden järjestely ja tuotteille omien paikkojen nimeäminen paransi toimintaa nopeuttamalla raaka-aineiden ja tuotteiden hakemista varastosta. Varaston lattioiden siistiminen ylimääräisistä tavaroista helpotti kulkemista tiloissa ja työskentelyä varastossa. Lisäksi lattian maalaus vähensi pölyn irtoamista lattiasta ja helpotti säännöllistä lattian puhdistusta.

#### 6.4 Parannusprojektin vaikutus läpimenoaikaan

Ennen projektin alkua läpimenoaikojen tietoja ei ollut kirjattu järjestelmällisesti tietokantoihin. Kuuden kuukauden ajalta saatiin 31 toimituksesta laskettua toimitusaika vanhojen tilausten ja toimituksien pohjalta. Projektin aikana tietoja kerättiin kolmen kuukauden

ajan, jolloin tilauksia saatiin 30 kappaletta ja niistä laskettiin läpimenoajat tilauksen saamisesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle.

Parannusprojektin lopputuloksena saatiin lyhennettyä huomattavasti läpimenoaika läh-  
tötilanteeseen nähden. Kuvassa 22 on esitetty I-mR-ohjauskortti, josta on kerrottuna  
enemmän luvussa 5.2.2. Kuvassa nähdään selkeä muutos ylä- ja alaohjausrajojen (UCL  
ja LCL) muutoksessa. I-mR -ohjauskortissa on havainnollistettu mitattujen läpimenoaiko-  
jen käyttäytyminen ajanfunktiona.



Kuva 22. I-mR-kortti, jossa läpimenoajan pienentyminen projektin aikana.

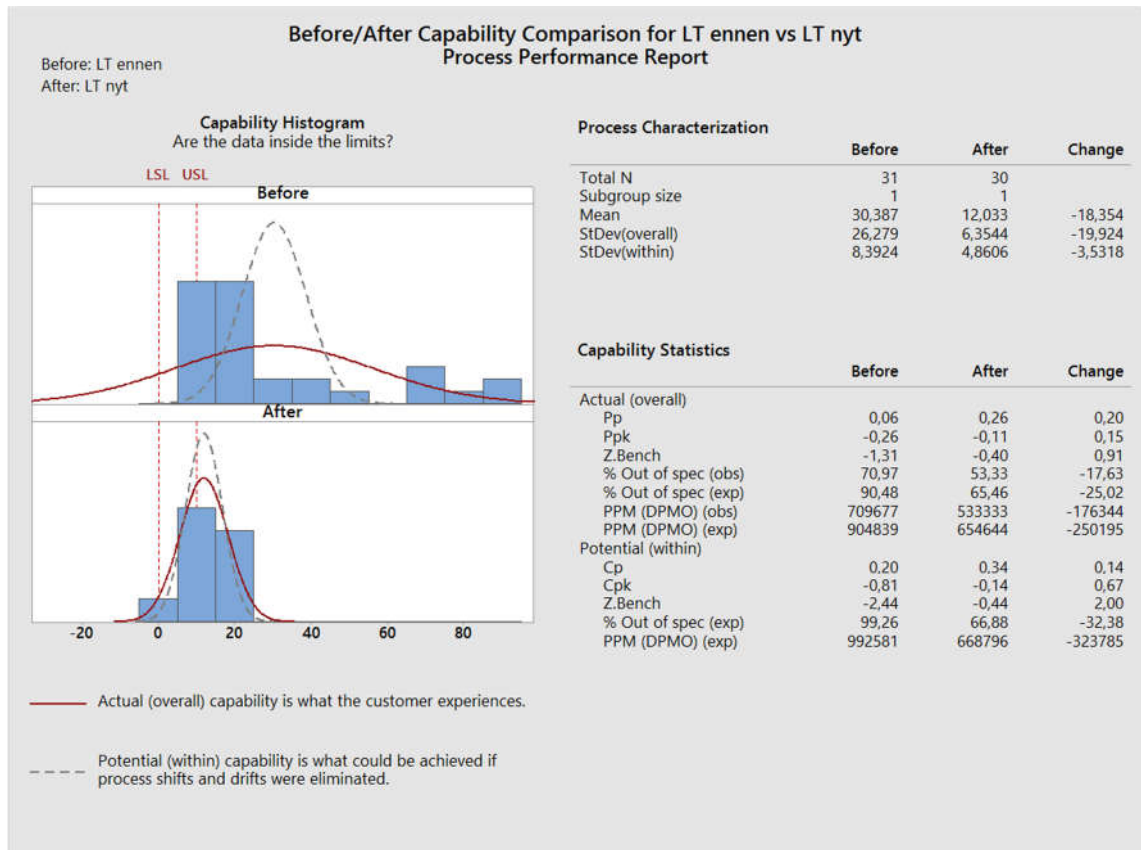
Ohjausrajat, joista on kerrottuna luvussa 5.2.3, pienenevät selkeästi projektin lopussa. Ennen parannusprojektia yläohjausraja (UCL) läpimenoajalle oli 56 päivää ja alaohjaus-  
raja (LCL) oli viisi päivää. LT ennen -kuvasta (LT, läpimenoaika) nähdään punaisilla ne-  
liöillä merkittyinä, että peräti kuusi toimitusta ylittävät laskennallisen ohjausrajan. Ohjaus-  
rajojen ylittäminen kertoo erityisyyden ilmenemisestä. Kun pisteitä jää ohjausrajojen ul-  
kopuolelle tai ne osoittavat pyrkimystä sijoittua ei-toivottuun suuntaan, voidaan olettaa,

että prosessi ei ole hallinnassa. Ohjausrajan yläpuolella olevista arvoista maksimi läpimenoajaksi saatiin tilauksen toimitukselle peräti 90 päivää. Keskiarvo läpimenoajalle oli ennen 30 päivää, kuten kuvasta 22 on analysoitavissa.

Parannusprojektin aikana yläohjausraja muuttui 56 päivästä 27 päivään ja alaohjausraja muuttui viidestä päivästä nolnaan päivään. Keskiarvo muuttui 30 päivästä 12 päivään. Tavoitearvoksi läpimenoajalle oli asetettu kymmenen työpäivää. Läpimenoajan keskiarvoksi saatiin 12 päivää. Nämä 12 päivää sisältää kymmenen arkipäivää ja yhden viikonlopun eli kaksi päivää. 12 päivästä miinustettaessa viikonlopun kaksi päivää saadaan keskiarvoksi kymmenen työpäivää. Näin ollen keskiarvallisesti tavoitearvo kymmenen työpäivää saavutettiin parannusprojektin aikana. Huomioitavaa kuvassa on, että päiviin on laskettu myös viikonlopun päivät mukaan y-akselille ja asiakkaan antama tavoitearvo kymmenen päivää on asetettu työpäivien mukaan. LT ennen -kuvassa maksimitoimitusaika oli 90 päivää, kun LT jälkeen -kuvassa maksimitoimitusaika oli 24 päivää, jolloin maksimitoimitusaika lyheni peräti 66 päivää.

Vaikka tavoitearvo kymmenen työpäivää saavutettiin keskiarvallisesti projektin lopussa, niin tästä huolimatta ei saavutettu läpimenoaika, jonka maksimitoimitusaika olisi kymmenen työpäivää. Peräti 15 eli puolet toimituksista ylittää asetetun läpimenoajan edelleen. Ennen projektin alkamista toimituksista vain yhdeksän kappaletta oli asetetun tavoitearvon sisällä. Prosessi saatiin kuitenkin ohjausrajojen sisäpuolelle, vaihtelu ja toimituksien läpimenoajan keskiarvo pienenevät huomattavasti lähtötilanteeseen nähden.

Kuvassa 23 on selkeästi nähtävissä parannusprojektin aiheuttama muutos suorituskykyanalyysin avulla, josta on kerrottu luvussa 5.2.4. Kuvan kuvaajista nähdään, kuinka histogrammin palkit ovat lähentyneet ja tiivistyneet huomattavasti alemmassa kuvassa verrattuna ylempään kuvaan eli lähtötilanteeseen. Alemmassa kuvassa data on normaalijakaantuneempaa ja prosessi on huomattavasti stabiilimpi kuin ennen projektin aloittamista. Yksikään arvoista ei ylitä ohjausrajan kolmen sigman vaihtelua, jolloin voidaan sanoa, että prosessi on stabiili. Prosessin vaihtelu on pienentynyt huomattavasti, jolloin samalla prosessin suorituskyky on parantunut.



Kuva 23. Prosessin suorituskykyanalyysi ennen ja jälkeen parannusprojektin.

Suorituskykyindeksi ( $C_{pk}$ ), josta on kerrottu luvussa 5.2.4, on suurentunut huomattavasti lähtötilanteeseen nähden. Suorituskykyluku on parantunut 0,67 yksikköä. Kuvassa prosessin suorituskyky kuvaa prosessin hajontaa suhteessa läpimenoaikaan. Koska suorituskykyindeksin ( $C_p$ ) arvo on alle yhden, niin voidaan tulos tulkita laadullisesti riittämättömäksi, jolloin sekä mittaus- että tuotantoprosessia tulisi arvioida uudelleen ongelmien poistamiseksi.

Projektin lopuksi on tarkoitus tehdä ohjaussuunnitelma, joka on esitettyä luvussa 5.2.2. Ohjaussuunnitelman tekeminen on vielä kesken, joidenkin prosessien osalta.

## 6.5 Taloudelliset vaikutukset

Parannusprojektin taloudelliset hyödyt olivat 85 000 euroa vuodessa. Suora rahallinen vaikutus liikevoittoon oli 28 000 euroa vuodessa. Tämä summa sisältää poistuneen yli-

työn tarpeen, joka oli euroissa mitattuna noin 10 000 euroa vuodessa. Lisäksi katteellisesti suora rahallinen vaikutus oli noin 18 000 euroa ei-menetettyjen tilausten muodossa. Muita projektin rahallisia ja läpimenoaika vaikutuksia ei mitattu vielä tässä vaiheessa. Parannusprojektin vaikutukset ovat kuitenkin selkeästi näkyvissä muidenkin tuotannossa valmistettavien tuotteiden osalta.

## 7 Yhteenveto

Käyttämällä Lean Six Sigma DMAIC-parannusmenetelmää saatiin läpimenoaikaan selkeä parannus. Insinööriyön alussa luvussa 1.1 määriteltiin projektin tavoitteet, jotka olivat seuraavat

- 1) lyhentää läpimenoaikaa nykyisestä
- 2) vähentää läpimenoajan vaihtelua
- 3) selkeyttää työtehtäviä ja lisätä ohjeistusta
- 4) vähentää turhia keskeytyksiä ja odotusaikoja.

Läpimenoajan laskennallinen keskiarvo lyheni 30 päivästä 12 päivään. Asiakkaan asettama läpimenoajan tavoite kymmenen työpäivää tilauksesta toteutui keskiarvollisesti projektin aikana. Läpimenoajan vaihtelu pieneni sekä ylä- ja alaohjausrajat muuttuivat merkittävästi lähtötilanteeseen nähden. Lisähuomiona voidaan sanoa, että kyseisen asiakkaan tuotteiden kausivaihtelun vuoksi oli parannusprojektin aikana enemmän tilauksia kuukaudessa kuin ennen projektin aloitusta olevalla mittausajanjaksolla. Tämä aiheutti enemmän ruuhkaa tuotannossa kuin ennen projektin aloittamista.

Työtehtävien ja ohjeistuksien lisäämisellä saatiin vähennettyä keskeytyksiä tuotannossa sekä odotusaikoja tilauksien suunnittelussa ja valmistamisessa. Lisäksi tuotannossa tapahtuneet suunnittelumuutokset per viikko vähenivät 15 kappaleesta kahteen kappaleeseen tämän asiakkaan osalta. Myöhässä olevien tuotteiden määrä viikossa muuttui vii-

destä kappaleesta yhteen kappaleeseen projektin aikana. Lisäksi tuotannossa tuotettavien tuotteiden reseptien muutokset vähenivät neljästä kappaleesta 0,2 kappaleeseen per viikko.

Parannusprojektin käytössä oleva ohjauskortti oli I-mR-kortti. Tulokset Lohjan Maru Oy:n liiketoiminnalle olivat merkittävät. Läpimenoajan lyhentyminen yhdessä vaihtelun hallinnan kanssa ovat luoneet yritykselle merkittävää etua. Lyhyempi läpimenoaika on tuonut ketteryyttä ja pienentänyt pitkää toimitusaikaa. Lyhyempi toimitusaika on vähentänyt yrityksen sisäisten ja ulkoisten asiakkaiden tarvetta varastoida tuotteita. Toimitusvarmuus on tuonut näin olleen asiakkaallekin monia etuja.

Työn taloudelliset hyödyt olivat 85 000 € vuodessa. Rahallinen vaikutus liikevoittoon oli 28 000 € vuodessa.

## Lähteet

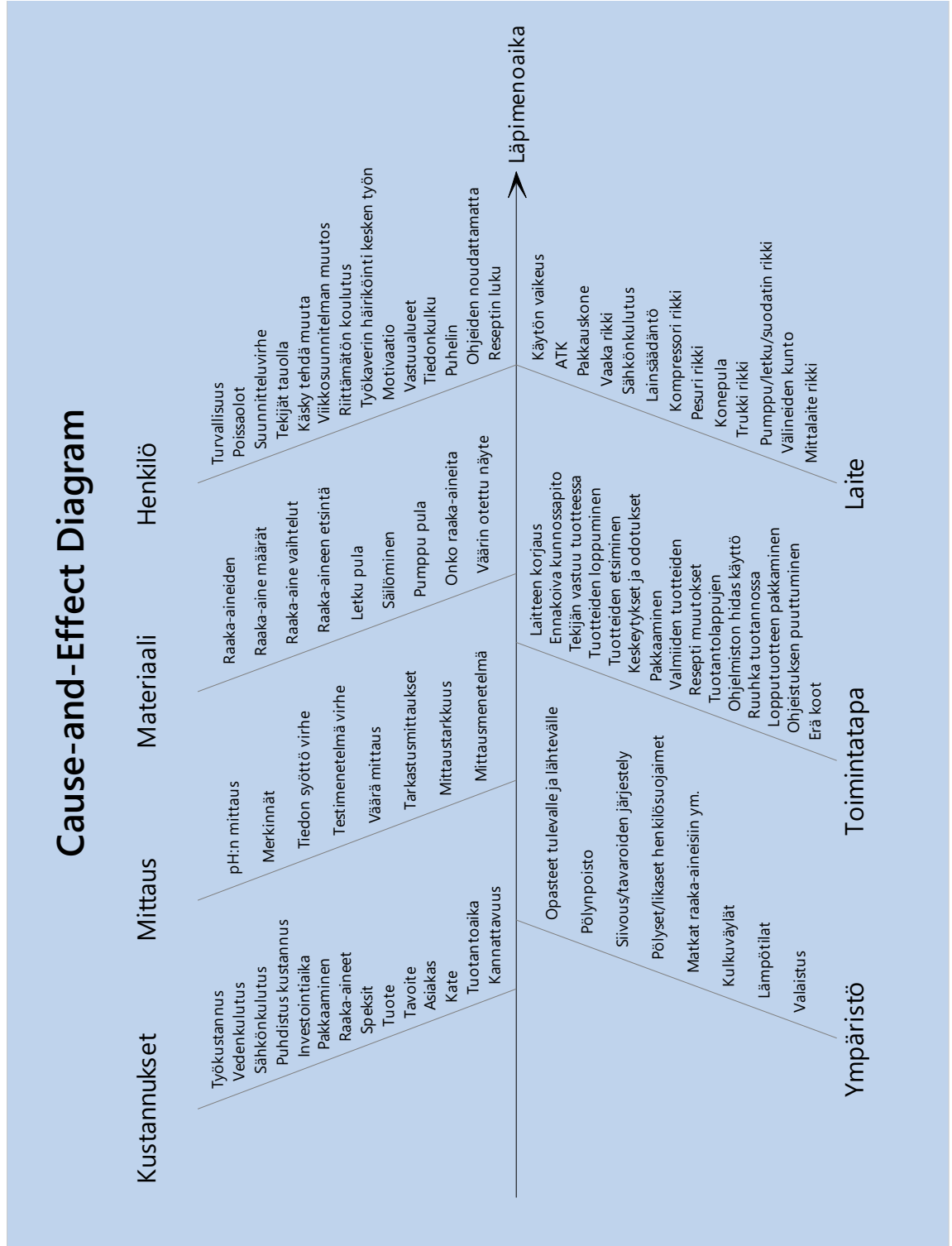
- 1 Karjalainen, Eero. 2006. Mitä laatu tarkoittaa ja kuinka on saavuttu tämän päivän laatuun. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/mitae-laatu-tarκοittaa-ja-kuinkauttu-taemaen-paeivaen-laatuun-on/>>. Päivitetty 7.8.2006. Luettu 12.10.2016.
- 2 Piirani, Antti. 2014. Vaihtelu. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- 3 Karjalainen, Tanja & Karjalainen Eero E. 2002. Six Sigma uuden sukupolven johtamis- ja laatu- menetelmä. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- 4 Kivimäki-Kuitunen, Anja & Hedman, Leena. 1997. Laatu tekevät ihmiset. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 5 Laatu kustannukset. Verkkoaineisto. Laatu kemia. <<http://www.kotiposti.net/tuurala/Laatu kustannukset.htm>>. Luettu 5.5.2017.
- 6 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Yleistä Leanista. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/>>. Luettu 15.5.2017.
- 7 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Leanin historiaa. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/leanin-historiaa/>>. Luettu 18.3.2017.
- 8 Juran, Joseph M & Godfrey, A. Blanton. 2000. Juran's Quality Handbook. New York: McGraw-Hill.
- 9 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Littlen laki. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/littlen-laki/>>. Luettu 17.7.2017.
- 10 Karjalainen, Eero 2016. Lean Six Sigma Black Belt. Opetusmateriaali. Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- 11 Järviö, J. Piispanen, T. Parantainen, T & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.
- 12 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Mitä Lean Six Sigma on. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/>>. Luettu 20.7.2017.
- 13 Tuurala, T. 2010. Prosessi, prosessiorganisaatio ja prosessin ohjaus. Verkkoaineisto. Laatuakatemia. <<http://www.kotiposti.net/tuurala/prosessit.htm>>. Luettu 22.7.2017.

- 14 Karjalainen, Eero. 2017. Professori, Quality Knowhow Karjalainen Oy, Lahti, sähköposti, 18.9.2017.
- 15 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Lean Six Sigmaa vuodesta 1999. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/etusivu/>>. Luettu 6.6.2017.
- 16 SFS-ISO 13053-1. Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 1. 2014. DMAIC-menetelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 17 Karjalainen, Eero 2016. Lean Six Sigma Green Belt. Opetusmateriaali. Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- 18 George, Mike; Rowlands, Dave & Kastle, Bill. 2004. What is Lean Six Sigma. New York: McGraw-Hill.
- 19 SFS-ISO 13053-2. Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 2. 2014. Työkalut ja tekniikat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 20 Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2016. Kymmenen tilastollista Six Sigman työkalua selitettynä. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/tilastolliset-tyokalut/>>. Päivitetty 26.10.2016. Luettu 6.6.2017.
- 21 Piiraniemi, Antti. 2009. Parannustarpeen tunnistaminen kahdeksan askeleen menetelmällä – Osa 2. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/parannustarpeen-tunnistaminen-kahdeksan-askeleen-menetelmaella-1/>>. Päivitetty 14.12.2009. Luettu 18.7.2017.
- 22 ASQ. The Global Voice of Quality. Verkkodokumentti. <<http://asqservicequality.org/glossary/sipoc-suppliers-inputs-process-outputs-customers-diagram/>>. Luettu 18.3.2017.
- 23 Laatusanasto. Verkkoaineisto. Laatuakatemia. <<http://www.kotiposti.net/tuurala/Laatusanasto.htm>>. Päivitetty 7.9.2017. Luettu 20.4.2017.
- 24 Quality Knowhow Karjalainen Oy. 5W2H -menetelmä ongelman rajaamisessa ja ratkaisemisessa. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/5w2h-menetelmae-ongelman-rajaamisessa-ja-ratkaisemisessa/>>. Päivitetty 7.5.2013. Luettu 6.7.2017.
- 25 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Minitab – palvelusektorin laadunparantamisen tehokas työkalu. Verkkoaineisto. Six Sigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/sixsigma/palvelun-six-sigma/minitabin-kaeyttoe-palvelusektorilla/>>. Luettu 5.5.2017.

26 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Minitab 18. Verkkoaineisto. <[http://www.laaututieto.fi/product\\_catalog.php?c=52](http://www.laaututieto.fi/product_catalog.php?c=52)>. Luettu 12.10.2017.

Liite 1.

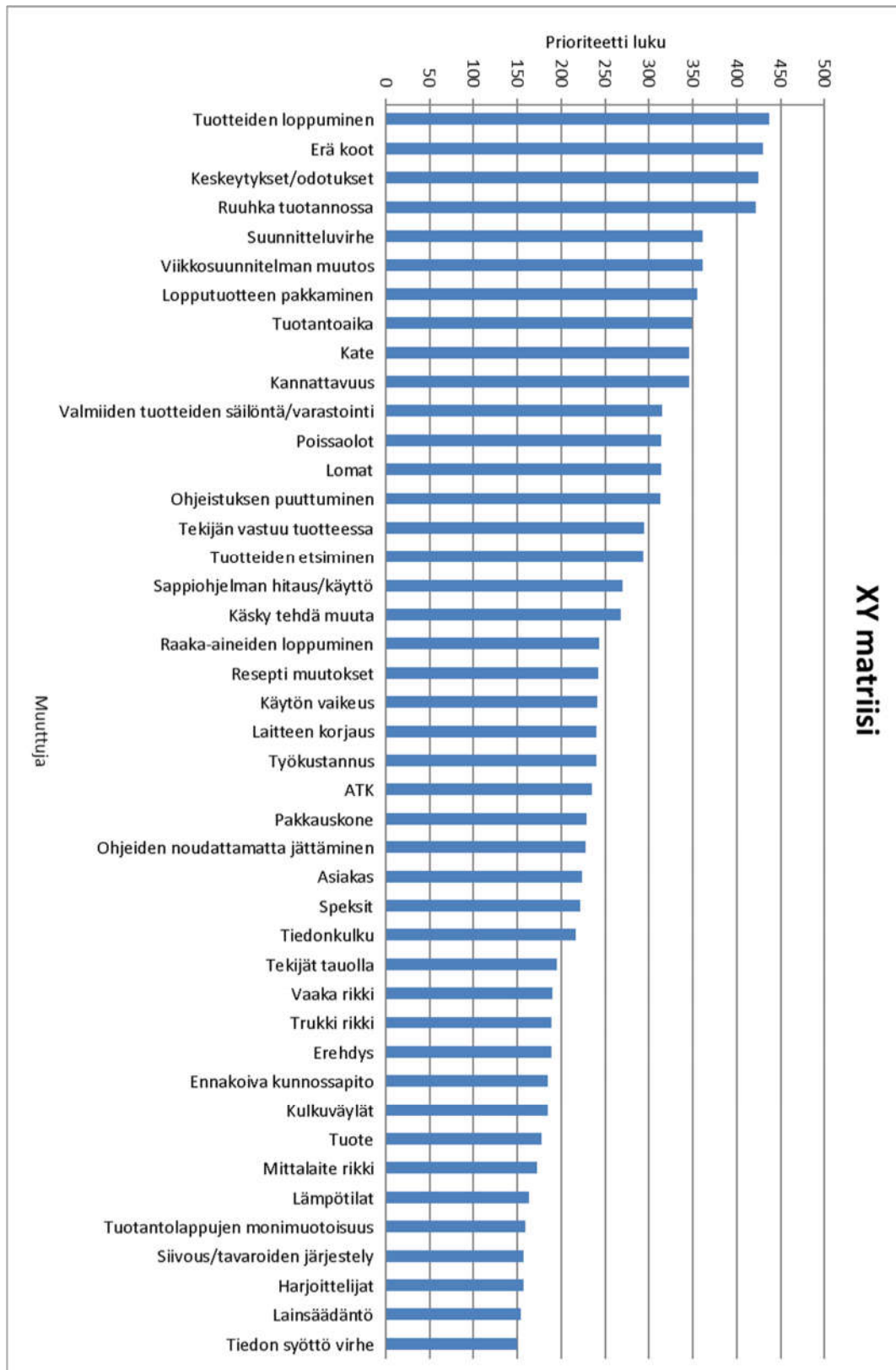
Kalanruotodiagrammi



## Liite 2.

XY-matriisi ja pylväsdiagrammi tuloksista

		Ulostulot (Y's)						
		Tilauksen vastaanotto	Suunnittelu	Valmistus	Pakkaaminen	Toimitus	Läpimenoaika	Kustannukset
Prosessi vaihe	Muuttujan nimi	Rank (1-10)						
1	Tuotteiden loppuminen	1	10	10	10	10	9	9
2	Erä koot	1	10	10	10	5	10	10
4	Keskeytykset/odotukset	5	5	10	10	8	10	10
5	Ruuhka tuotannossa	7	9	10	10	9	9	5
6	Suunnitteluvirhe	1	9	8	8	8	10	4
7	Viikkosuunnitelman muutos	1	9	8	8	8	10	4
8	Lopputuotteen pakkaminen	1	8	6	10	4	9	9
9	Tuotantoaika	1	9	8	3	1	10	10
10	Kate	10	6	2	2	8	10	10
11	Kannattavuus	10	6	2	2	8	10	10
12	Valmiiden tuotteiden säilöntä/varastointi	6	4	4	7	8	7	9
13	Poissaolot	2	7	9	7	4	8	4
14	Lomat	2	7	9	7	4	8	4
15	Ohjeistuksen puuttuminen	4	4	10	7	4	6	7
17	Tekijän vastuu tuotteessa	1	3	10	10	10	6	2
18	Tuotteiden etsiminen	1	1	10	10	8	6	5
19	Sappiohjelman hitaus/käyttö	9	9	1	1	9	7	3
20	Käsky tehdä muuta	1	1	9	9	9	6	3
21	Raaka-aineiden loppuminen	1	3	8	8	4	5	4
22	Resepti muutokset	1	5	9	5	1	7	2
24	Käytön vaikeus	2	3	9	9	1	6	2
25	Laitteen korjaus	2	2	8	8	6	4	4
26	Työkustannus	2	2	6	6	4	3	10
28	ATK	9	9	3	3	2	5	2
29	Pakkauskone	2	6	3	10	2	6	3
30	Ohjeiden noudattamatta jättäminen	1	1	7	7	5	6	4
31	Asiakas	1	10	1	2	4	2	10
32	Speksit	1	2	9	5	1	1	10
33	Tiedonkulku	6	4	6	6	5	3	2
35	Tekijät tauolla	1	1	5	6	3	6	4
36	Vaaka rikki	1	1	5	6	2	6	4
37	Trukki rikki	2	4	5	5	3	3	4
38	Erehdys	2	3	4	4	5	5	3
39	Ennakoiva kunnossapito	1	2	6	6	2	3	5
42	Kulkuväylät	1	5	6	6	2	3	2
44	Tuote	1	8	1	1	1	1	10
45	Mittalaite rikki	1	2	10	2	1	3	2
46	Lämpötilat	1	3	4	4	2	2	6
47	Tuotantolappujen monimuotoisuus	1	3	8	1	1	4	1
50	Siivous/tavaroiden järjestely	1	1	7	7	2	2	2



## Liite 3.

## Ratkaisuvalintamatriisi

Nro	Tekijä - x (prosessista)	Nykyinen tila (kuvaa nykyinen malli)	Muutos (kuvaa muutos)	Käytännöllisyys	Nopeus	Edullisuus	Valittu
1	Tilauksien päällekkäisyydet	Kaikki työt näkyvillä, ei tietoa kuka tekee mitään	Tuotannonesimies antaa kaikki työt kerran päivässä	x	x	x	x
2	Yleisohjeistus/perehdytys puuttui	Tehdään muistinvarassa, joku osaa tehdä kaikki ja osa ei osaa kokonaisprosessista kuin osaa alueen vaikka pitäisikin osata koko prosessi	Tehdään yleisohjeistus, käydään työvaiheet läpi vanhemman prosessityöntekijän kanssa	x	x	x	x
3	Tilauksen antaja	Tilauksia antoi kaikki 5 henkilöä, (asiakas sekä Lohjan Maru)	Tilauksen antaa asiakas tuotannon suunnittelijalle ja suunnittelija antaa työn tuotantoon	x	x	x	x
4	Valmistuspäivämäärän vahvistus	Toiveena, että valmis viikossa tilauksen antamisen jälkeen (pystyi antaa monta kertaa päivässä tilauksia/muutoksia). Ongelmana, että ei sovittu paljonko voidaan antaa tilauksia. Käytännössä ei vahvistusta.	Tilaus kerran viikossa kirjallisesti. Vahvistus seuraavana arkipäivänä. Sidoksissa tuoterivien määrään. Seinämaali 0,9, 2,7L jne. --> 6 tuoteriviä vaikka onkin yhtä laatua.	x	x	x	x
5	Töiden priorisointi	Maanantaisin suunnittelupalaveri viikon tölle. Ei pitänyt paikkaansa edes yhtä päivää.	Tuotannonesimies antaa kaikki työt kerran päivässä	x	x	x	x
6	Reseptien tulostus	Tuotannontyöntekijät tulostivat reseptit tilausten mukaan, myös asiakkaan myyntimies tulosti reseptejä, tuotannonesimies tulosti reseptejä ja tuotekehitys tulosti reseptejä	Tuotannonesimies antaa kaikki työt kerran päivässä resepteineen	x	x	x	x
7	Sarjakoko	Paljon pieniä sarjoja ja tuote vaihtoja/muutoksia	Suurennetaan sarjakokoja + suunnittelu	x	x	x	x
8	Tilausmäärät	Jatkuvia muutoksia, pieniä sarjoja ja koko ajan prioriteettien muutoksia kysynnän mukaan	Tuotannonesimies antaa kaikki työt kerran päivässä resepteineen ja asiakas tilaa tuotteet kerran viikossa	x	x	x	x
9	Keskeneräiset työt	Kaikki vähän aloitettu, mutta kesken ja kukaan ei tiedä mitä pitäisi ensiksi tehdä	Tuotannonesimies antaa kaikki työt kerran päivässä resepteineen	x	x	x	x
10	Mitä on tilattu	Ei tarkkaa tietoa, ei kirjanpitoa asiakkaan puolelta mitä olivat tilanneet, osa suullisesti osa kirjallisesti jne.	Tilaukset kirjallisesti kerran viikossa ja yhdeltä henkilöltä joka vastuussa tilauksista.	x	x	x	x
11	Valmistusmäärä	Pieniä valmistus määriä	Kasvatetaan valmistus määriä	x	x	x	x
12	Resepti muutokset	Jatkuvia muutoksia/säätöjä/lisäohjeistuksia	Tarkennetaan ohjeita, valmistusajat ylös, sekoitusnopeudet ym. Kuntoon --> koulutus	x	x	x	x
13	Onko etikettejä/purkkeja/korkit	Ei järjestyksessä	Järjestetään ja suunnitellaan kaikille omat paikat ja vastuuhenkilö	x	x	x	x
14	Tuotantolappujen tuominen esimiehelle ennen järjestelmään kirjausta	Jatkuvaa	Esimies syöttää laput etukäteen järjestelmään	x	x	x	x
15	Tuotantolappujen tuominen ennen tavarantoimitusta esimiehelle	Jatkuvaa	Ohjeistus, että työntekijä itse kirjaa vastaanoton järjestelmään	x	x	x	x