

Lauri Toivonen

Laatujärjestelmän luominen pienyritykselle soveltaen Lean Six Sigma -menetelmiä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

15.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Lauri Toivonen Laatujärjestelmän luominen pienyritykselle soveltaen Lean Six Sigma -menetelmiä
Sivumäärä Aika	26 sivua + 2 liitettä 15.5.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Ohjaaja(t)	Varatoimitusjohtaja Kim Danielsson Lehtori Juhatuomas Vuorisalo
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Lohjan Maru Oy:lle tarkoituksena suunnitella yritykselle laadunhallintajärjestelmää ja tutustuttaa yritys Lean Six Sigma -menetelmiin.</p> <p>Insinööri työssä keskityttiin keräämään tietoa Lean Six Sigma -menetelmistä ja niiden käytöstä, sekä kokeilemaan niiden soveltuvuutta Lohjan Maru Oy:ssä. Kokeellisessa osiossa otettiin yksi yrityksen tuotannon prosessi, johon sovellettiin hankittua tietoa. Insinööri työn aikana luotiin myös pohja yrityksen laatuksikirjalle.</p> <p>Insinööri työhön valitussa tuotannon prosessissa saatiin tehdyillä prosessimuutoksilla nostettua tuottavuutta läpivientiajan lyhentyessä. Prosessin laatua saatiin parannettua yhdenmukaistamalla työmenetelmät, sekä muuttamalla ja selkeyttämällä prosessin kulkua. Tehdyillä muutoksilla saatiin lopputuotteen laatu vaihtelut pienentymään.</p> <p>Insinööri työn aikana saatujen positiivisten tulosten perusteella yrityksessä päätettiin jatkaa Lean Six Sigma -menetelmien soveltamista yrityksen toiminnanohjaukseen. Organisaation kehityshankkeelle haettiin Tekesiltä rahoitusta ja yrityksen toimintamenetelmät tullaan kahden vuoden projektin aikana muuttamaan uuden kehitettävän mallin mukaisiksi.</p>	
Avainsanat	Laatu, laadunhallintajärjestelmä, Lean, Six Sigma

Author(s) Title	Lauri Toivonen Creating a quality system for a small enterprise using the Lean Six Sigma methods
Number of Pages Date	26 pages + x appendices 15 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Instructor(s)	Kim Danielsson, Vice President Juhatuomas Vuorisalo, Lecturer
<p>The Bachelor's project was made for Lohjan Maru Oy, in the purpose of designing a quality management system and to introduce the Lean Six Sigma methods to the company.</p> <p>During the Bachelor's project, the focus was on gathering information on the Lean Six Sigma methods and their implementation as well as on testing their applicability to Lohjan Maru Oy. During the experimental phase of the project, the gathered knowledge was applied to one manufacturing process. The Bachelor's project also included creating a base for the company's quality manual.</p> <p>In the manufacturing process chosen for the project, the implemented process changes increased productivity, as the throughput time decreased. The quality of the process was improved by standardizing the working methods and by changing and clarifying the flow of the process. The variation in the end product's quality was also decreased by the implemented changes.</p> <p>Through the positive results gathered during the Bachelor's project, the company decided to continue implementing the Lean Six Sigma methods in the company's resource planning system. Tekes was applied for funding for a workplace innovation project, and during that two-year project, the company's working methods will be changed according to the new model.</p>	
Keywords	quality, quality management system, Lean, Six Sigma

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lean Six Sigma	1
2.1	Lean Six Sigman perusteet	1
2.2	Hukka	3
2.3	Lean Six Sigma -työkaluja	4
2.3.1	5S	5
2.3.2	FMEA	6
2.3.3	DMAIC	7
2.3.4	Gage R&R	10
2.3.5	Poka-Yoke	13
2.3.6	Kanban	13
2.3.7	SIPOC	14
3	Laadunhallintajärjestelmä	15
3.1	Laadun määritelmä	16
3.2	Laadun hallinta	16
3.3	Laatukäsikirjan määritelmä	17
4	Prosessin parannus	17
4.1	Parannettava prosessi	18
4.2	Lähtötilanne	18
4.3	Prosessiin tehdyt muutokset	18
4.4	Tulokset	21
5	Yhteenveto	25
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite 1. ASQ Laatutyökalulista	
	Liite 2. Laatukäsikirjan sisällys	

Lyhenteet ja määritelmät

5S	5S-työkalun tarkoituksena on järjestellä ja standardoida työpisteet ja niiden toiminta loogisiksi, tarkoituksenmukaisiksi ja työtä helpottaviksi.
ASQ	<i>American Society for Quality</i> . Amerikan laatu yhteisö.
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> . Vapaasti suomeksi käännettynä: määrittele, mittaa, tulkitse, paranna ja hallitse. Six Sigma -työkalu tilastolliseen ongelman ratkaisuun.
DPMO	<i>Defects per million opportunities</i> . Käytetään lyhenteenä kuvattaessa kuinka monta virhettä miljoonaa mahdollisuutta kohden prosessi tuottaa.
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> . Vika- ja vaikutusanalyysi, jolla tunnistetaan eri vikojen esiintyvyys, sekä merkitsevyys ja pyritään vähentämään vikoja, sekä pienentämään niiden vaikutusta.
Gage R&R	<i>Gage repeatability and reproducibility</i> . Menetelmällä havaitaan miten hyvin mittausjärjestelmän tulokset ovat toistettavissa ja uusittavissa.
KANBAN	Tuotannonohjausmenetelmä, jonka tarkoituksena on parantaa tuotannon tuotevirtaa ja pienentää välivarastojen määrää.
LSS	<i>Lean Six Sigma</i> . Yrityksen toiminnanohjausfilosofia, jolla pyritään parantamaan kannattavuutta ja lisäämään asiakastytyvyyttä poistamalla lisäarvoa tuottamattomat tekijät ja pienentämällä toiminnan vaihtelua.
Poka-Yoke	Menetelmä jolla pyritään estämään inhimilliset virheet.
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i> . Menetelmä prosessien kuvaamiseksi.
TPS	<i>Toyota Production System</i> . Toyotan käyttämä tuotannonohjausmenetelmä.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella Lohjan Maru Oy:lle laatujärjestelmän runko, jonka pohjalta yritys voi luoda laadunhallintajärjestelmän ja myöhemmin hakea ISO 9001 -sertifikaattia yritykselle. Laatusertifikaatti itsessään ei tuo yrityksen toimintaan juurikaan kehitystä, joten lähtökohdaksi yrityksessä otettiin, että laatua parannetaan järjestelmällisesti, jonka jälkeen laatusertifikaatin saamisen edellytykset olisi pääosin täytetty ja samalla olisi kehitetty yrityksen toimintaa. Laadun hallintaan, prosessimuutoksiin ja jatkuvaan kehitykseen haettiin työkalut Lean Six Sigma -mallista. Uudella toimintatavalla saadaan järjestelmällisesti turhat lisäarvoa tuottamattomat toiminnot karsittua pois, saadaan selkeytettyä työskentelyä ja parannettua sekä seurattua laatua. Nykyisellä toimintatavalla yrityksellä ei ole varaa kasvaa isommaksi, sillä prosessien hallittavuus ei ole enää mahdollista ilman järjestelmällistä toimintaa. Lean Six Sigma -mallilla saadaan aikaan tulosparannusta, parannettua toiminnan laatua ja kehitettyä työssä viihtyvyyttä selkeytyneiden työmenetelmien takia. Insinööriyön aikana otettiin yksi yrityksen tuotannon prosessi, johon sovellettiin Lean Six Sigma -mallia, tarkoituksena parantaa prosessin tehokkuutta ja laatua.

2 Lean Six Sigma

2.1 Lean Six Sigman perusteet

Lean Six Sigma yhdistää kaksi erilaista toimintamallia yhdeksi kokonaisuudeksi. Lean-toimintamallin tarkoituksena on poistaa organisaatiosta niin sanottu hukka eli lisäarvoa tuottamaton tekijä. Six Sigma on hallinnollinen toimintamalli, jolla parannetaan laatua poistamalla prosesseista vaihtelut ja virheet käyttäen pääasiassa tilastollisia menetelmiä. Näiden yhdistelmästä saadaan organisaationlaajuinen filosofia, jonka tarkoituksena on poistaa hukkaa, sekä pyrkiä tuottamaan palveluita ja tuotteita, joissa virheellisten tuotteiden osuus on 3,4 kappaletta miljoonaa kohden. Virheitä miljoonaa mahdollisuutta kohden merkitään normaalisti lyhenteellä DPMO (Defects per million opportunities). (1, s. 10.) Tilastollinen sigma-arvo eroaa Six Sigma -arvosta 1,5 keskihajonnan verran. Kyseinen 1,5 keskihajonnan siirto tilastolliseen sigmaan nähden on lisätty Six Sigma -määrittelmään empiiristen kokemusten pohjalta, koska voidaan olettaa prosesseissa tapahtuvan luonnollista vaihtelua ajan myötä. Six Sigman arvo 3,4 kappaletta miljoonaa kohden

on siis normaalijakaumassa 4,5 sigmaa yli tai alle keskiarvon olevan osuuden summa. Prosessin sigma-taso määritellään tuotettujen virheiden mukaan (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Prosessin Six Sigma -taso tuotettujen virheiden mukaan.

Prosessin sigma taso	Tilastollinen sigma	Virhettä miljoonaa mahdollisuutta kohden
1	- 0,5	691462
1,5	0	500000
2	0,5	308538
2,5	1	158655
3	1,5	66807
3,5	2	22750
4	2,5	6210
4,5	3	1350
5	3,5	233
5,5	4	32
6	4,5	3,4

General Electric (2.) on määritellyt kuusi avainkäsitettä Six Sigmasta:

- Critical to Quality (Laadun kannalta kriittinen): Asiakkaalle tärkeimmät ominaisuudet.
- Defect (Virhe): Epäonnistuminen asiakkaan tarpeiden täyttämässä.
- Process Capability (Prosessin kyky): Mitä prosessi pystyy tuottamaan.
- Variation (Vaihtelu): Se mitä asiakas näkee ja tuntee tuotteessa.
- Stable Operations (Vakaat toiminnot): Vakailta ja ennustettavilla prosesseilla parannetaan sitä, mitä asiakas näkee ja tuntee tuotteessa.
- Design for Six Sigma (Six Sigmalle suunniteltu): Suunnittelu asiakkaiden tarpeiden täyttämiseksi ja prosessien kyvykkyyden saavuttamiseksi.

Lähtökohtana on asiakas, jonka tarpeet pyritään täyttämään. Laadun ja virheettömyyden tarkoituksena on täyttää asiakkaan tarpeet siten, ettei asiakas huomaa eroa eri tuotantoerien välillä ja prosessien kyvyn tarkoituksena on saavuttaa tämä mahdollisimman tehokkaasti.

2.2 Hukka

Erilaisten hukkien luokitteluun on olemassa erilaisia näkemyksiä, mutta sisältö niissä on kuitenkin pääasiassa kaikissa sama.

There is surely nothing quite so useless as doing with great efficiency what should not be done at all (3).

Kuten Peter F. Drucker on kirjoittanut, turhan tekeminen on tarpeetonta ja pahinta se on silloin, kun se tehdään suurella panostuksella. Tämä tiivistää hyvin sen mitä hukka on. Melko vakiintunut näkemys on ”seven wastes”, eli ”seitsemän hukkaa”, joka pohjautuu TPS:ään. Siinä hukat on luokiteltu seuraavasti (4, s. 86.):

- Transportation (Kuljetus): Osien, materiaalien ja tuotteiden kuljettamista työpisteelle/yritykselle tai sieltä pois tarvitaan, mutta jokainen kuljetus lisää riskiä tuotteiden vahingoittumiselle ja lisää kustannuksia. Turhaa kuljetusta on esimerkiksi tuotteiden siirto varastosta toiseen ja erillisestä varastosta tuotantoon/asiakkaalle.
- Inventory (Varastointi): Hukaksi luokiteltavaa varastointia on materiaalien, osien, tuotteiden ja laitteiden säilyttämistä yrityksen tiloissa, kuten esimerkiksi ylituotannosta johtuvaa varastoa, liian suuren materiaalilauksen aiheuttamaa varastoa tai vaikka vanhojen käytöstä poistettujen laitteiden varastoimista.
- Motion (Liike): Turhaa liikettä, joka ei tuo lisäarvoa tuotteelle, kuten tarpeetonta kävelyä/liikkumista tuotannon aikana.
- Waiting (Odottaminen): Työntekijä tai laite odottaa prosessin edellisen vaiheen valmistumista tai esimerkiksi raaka-ainetta, kuljetusta tai jonkin laitteen/koneen vapautumista.
- Over-processing (Ylivalmistus): Ylivalmistusta on kaikki tarpeeton työ ja työstäminen, josta asiakas ei ole valmis maksamaan tai joka ei ole asiakkaan kannalta oleellisia. Ylivalmistusta on myös asiakkaan tarpeiden täyttävien ominaisuuksien ylittäminen.
- Over-production (Ylituotanto): Kun tuotetaan enemmän kuin tarvitsee, tai ennen kuin on tarpeen.
- Defects (Virheet): Virheiden aiheuttamaa hukkaa on, kun tuote ei vastaa sille asetettuja ominaisuuksia ja sille joudutaan tekemään korjauksia, hävittämään kokonaan tai käsittelemään virheellisen tuotteen aiheuttamia asiakaspalautteita.

Näiden lisäksi joissain Lean Six Sigma näkemyksissä hukasta otetaan yhdeksi luokaksi myös ”Underutilized people”. Tämä tarkoittaa, että ihmisten kykyjä ei tunnisteta tai osata

hyödyntää tai henkilöt on asemoitu yrityksessä väärin tehtävien pariin. (1, s. 92.) Myös ”Employee behavior”, eli työntekijöiden käyttäytyminen voidaan lukea hukaksi. Tätä aiheuttaa henkilökohtainen motivaation puute työtehtäviä kohtaan ja työyhteisössä olevat asenteet toisia työntekijöitä kohtaan. Tämä johtaa alisuorittamiseen, yhteistyön välttämiseen ja sitä kautta aiheuttaa hukkaa töiden hidastumisen, puutteellisen tiedonkulun aiheuttamien turhaan tai virheellisesti tehtyjen töiden sekä hidastuneen prosessien kehittymisen muodossa. (1, s. 95–97.)

2.3 Lean Six Sigma -työkaluja

Lean Six Sigma sisältää lukuisia työkaluja prosessien parantamiseen, ylläpitoon ja seurantaan. Riippuen prosessista tai projektin tavoitteista, on oikeiden työkalujen valitseminen yksi tärkeä tekijä projektin onnistumiseksi. American Society for Quality (ASQ) on koonnut sivuilleen noin 100 laatutyökalun listan ja jaotellut ne eri aihealueisiin soveltuvuuden mukaan, lista löytyy insinööriyön liitteenä 1. (5.) Projektin eri vaiheissa on myös tarpeen käyttää eri työkaluja. Esimerkiksi DMAIC -prosessin (ks. 2.3.3 DMAIC) eri vaiheisiin soveltuvat erilaiset työkalut.

2.3.1 5S

5S-työkalun tarkoituksena on järjestellä ja standardoida työpisteet ja niiden toiminta loogisiksi, tarkoituksenmukaisiksi ja työtä helpottaviksi. Tämä työkalu koostuu viidestä eri vaiheesta (1, s. 118–122.):

- **Sort (Lajittele):** Työvaiheen tarkoituksena on lajitella kaikki työpisteellä olevat tarvikkeet ja työkalut, jättäen jäljelle vain työpisteellä oikeasti tarvittavat asiat.
- **Set-in-order (Järjestä):** Toisen työvaiheen tarkoituksena on järjestää työpisteelle jääneet tarvikkeet siten, että ne ovat helposti käytettävissä, eivät ole tiellä ja niiden käyttämiseksi ei tarvita turhaa liikettä. Kun työvaihe on valmis, jokaisen tarvikkeen sijainti pitäisi olla myös visuaalisesti merkitty, siten että jokaiselle työntekijälle on selvää, missä mitäkin tulee säilyttää. Tämän lisäksi esimerkiksi kulkuväylät voidaan merkitä lattiaan, jottei niillä alettaisi vahingossa säilyttää tavaroita. Hyvänä esimerkkinä merkinnästä voitaisiin pitää työpajaa, jossa työkaluseinälle on jokaiselle työkalulle piirretty ääriviivat, jotta niiden paikka on helppo tunnistaa. Tai yksinkertaisimmillaan työkalupakki, jossa jokainen työkalu sopii ainoastaan omalle paikalleen pakissa (ks. kuva 1).



Kuva 1. Työkaluseinä (6.) ja työkalupakki (7.), jotka noudattavat 5S menetelmää

- **Shine (Siivoa):** Kolmannessa työvaiheessa työpisteeltä poistetaan epäpuhtaudet ja roskat. Tarkoituksena on, että siistissä ympäristössä järjestys säilyy paremmin ja työpiste on käyttövalmis.
- **Standardize (Yhdenmukaista):** Neljännen työvaiheen tarkoituksena on saavuttaa tila, jossa työpisteen siisteys ja järjestys on jatkuvaa, eikä esimerkiksi kerran viikossa tai kuukaudessa tehtävä uudelleen järjestely.
- **Sustain (Ylläpidä):** Viimeisen työvaiheen ero aiempiin työvaiheisiin on se, että tässä vaiheessa ylemmältä taholta täytyy tulla tuki 5S ohjelman ylläpitämiseen. Järjestetään aikaa, resursseja ja työkaluja tämän toteuttamiseksi ja huolehditaan sen noudattamisesta.

2.3.2 FMEA

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) on riskianalyysimenetelmä, jonka avulla voidaan tunnistaa prosessin tai tuotteen eri tavat tehdä virheitä, tunnistaa virheiden seurausten vakavuus ja luoda menetelmiä virheiden estämiseksi. Suomenkielinen lyhenne FMEA:lle on VVA (vika- ja vaikutusanalyysi). FMEA-menetelmän käytössä suositaan yleisimmin FMEA-taulukkoa. Taulukon avulla on helpoin hahmottaa kriittisimmät virheet ja priorisoida muutokset sen perusteella (ks. kuva 2).

Table 1 Failure mode and effect analysis – basic table – CCP 1

FMEA table of hazardous processing methods									
Defective products									Estimated corrective actions result
Failure mode	Consequences	S	Failure causes	O	Ways of control	D	RPN	Corrective actions	S O D RPN
Can come from a possible malfunction of the filler	Due to the high technique control this case could be impossible for the most of the products. So that it is not a noticeable point	2	1) Unsuitable control equipment 2) Poor maintenance 3) Insufficient personnel skills 4) Insufficient use 5) Old machinery (Kreuzer, 1984)	5	1) More funding, better management 2) Frequent Validation 3) Completed staff training 4) Completed staff training, more funding 5) More funding, Better management	6	60	Not required	2 5 6 60
Can come from insufficient personnel skills	Even if the case of insufficient personnel skills it is not remarkable from the appearance of the final product by the customer, the most of products could not pass all control tests	6	1) No staff cooperation 2) Incomplete staff training 3) No senior management commitment/cooperation 4) Unreliable supplier	8	1) Extra funding 2) Extra funding 3) Completed management training 4) Extra control measures	3	144*	Extra control measures, Extra Funding, Better management. GMP and GLP application.	3 6 2 36

*When RPN is over 130, corrective action is required.

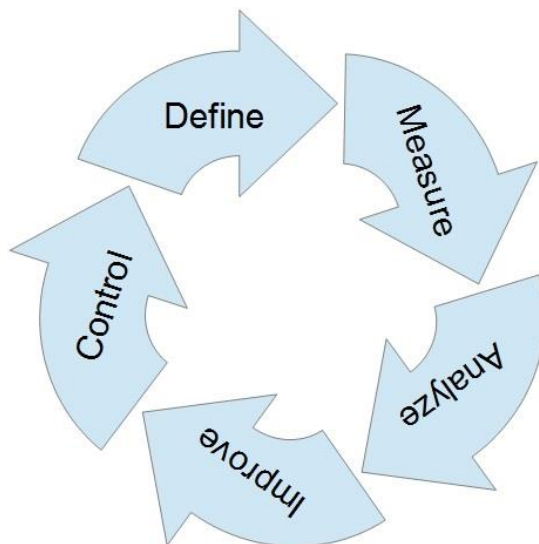
Kuva 2. FMEA-taulukko (8, s. 80).

Taulukosta löytyy tarkasteltava prosessi/tuote, erilaiset vika-mahdollisuudet, vian seuraukset, seurausten vakavuus (S, Severity), vian mahdolliset aiheuttajat, esiintymisen todennäköisyys (O, Occurrence), nykyiset kyseisen vian estävät/tunnistavat hallintamenetelmät, nykyisten menetelmien kyky havaita vika tai sen seuraus (D, Detection), riskien priorisointinumerot (RPN, Risk Priority Number), korjaavat toimenpiteet ja arvioidut korjaavien toimenpiteiden suorittamisen jälkeiset vakavuus-, todennäköisyys-, havaittavuus ja riskin priorisointiluokitukset. Näiden lisäksi taulukkoon on myös tapana lisätä korjaavien toimenpiteiden vastuuhenkilö ja toimenpiteiden aikataulu. S, O ja D luokitukset annetaan asteikolla 1–10. Vakavuus (S) luokitellaan siten, että 1 on merkityksetön ja 10 katastrofaalinen. Todennäköisyydessä (O) 1 tarkoittaa erittäin epätodennäköistä ja 10

väistämättä tapahtuvaa. Havaittavuudessa (D) 1 tarkoittaa, että vika havaitaan aivan varmasti ja 10, ettei vikaa voida havaita tai, ettei sen havaitsemiseksi ole käytössä menetelmää. Riskien priorisointinumero (RPN) lasketaan kertomalla S, O ja D. Resurssien ollessa rajalliset, RPN:n avulla voidaan priorisoida korjaavat toimenpiteet. Joissain tapauksissa taulukkoon lisätään myös vian kriittisyys ($S \times O$), joka huomioi ainoastaan vakavuuden ja todennäköisyyden. Tämän avulla on helpompi tunnistaa erittäin haitalliset viat, ilman, että niiden havaittavuus (D) vaikuttaa luokitukseen. (9, s. 26–29.)

2.3.3 DMAIC

Lyhenne DMAIC tulee sanoista Define, Measure, Analyze, Improve ja Control. Suomeksi käännettynä se voisi olla määrittele, mittaa, tulkitse, paranna ja hallitse. DMAIC on Six Sigma -työkalu tilastolliseen ongelman ratkaisuun. Menetelmässä otetaan jokin liiketoiminnan ongelma, muutetaan se tilastolliseksi ongelmaksi, etsitään paras ratkaisu tilastolliseen ongelmaan, sovelletaan sitä käytäntöön ja hallitaan uuden prosessin kriittisiä tekijöitä jatkossa. (10, s. 93.) DMAIC esitetään usein syklinä muotoisena, sillä toistamalla vaiheet päästään usein parhaaseen lopputulokseen ja tällöin saavutetaan myös jatkuvan parantamisen tila (ks. kuva 3).



Kuva 3. DMAIC-sykli

Define (määrittele) -vaiheessa muutetaan liiketoiminnan ongelma Six Sigma -kehitysprojektiksi. Määritellään ketkä ovat tärkeitä osallistujia projektin onnistumiseksi ja mitkä tekijät ovat kriittisiä prosessin asiakkaan tyytyväisyyden kannalta. Define -vaiheessa voidaan kysyä seuraavat kysymykset (10, s. 99–103):

- Mikä on tärkeää asiakkaalle?
- Mikä on tärkeää liiketoiminnalle/yrityksen strategialle?
- Mitä odotuksia muutokselta on?
- Mitä historiadataa on saatavilla?

Measure (mittaa) -vaiheessa tunnistetaan, mitkä prosessin muuttujat vaikuttavat niihin tekijöihin, jotka tuottavat asiakastyytyväisyyttä ja mitkä muuttujista ovat hallittavissa. Selvennetään prosessia ja siihen kuuluvia työvaiheita luomalla prosessikartta/malli, sekä selvitetään, mitä mahdollisia virheitä prosessissa voi käydä käyttäen hyväksi esimerkiksi FMEA:ta. Määritetään mikä prosessin kyvykkyys tulisi olla ja mitataan nykyinen kyvykkyys, jotta tiedetään, miten tulevat muutokset ovat vaikuttaneet. Lisäksi on varmistettava prosessissa käytettyjen mittareiden kyky tunnistaa muutokset suorituskyvyssä. Tässä vaiheessa voidaan esittää seuraavia kysymyksiä (10, s. 105–110):

- Mitkä ovat prosessin parhaat sisäiset käytännöt?
- Mitä vertailtavia tehokkaita prosesseja on? (Benchmarking)
- Mikä on prosessin lyhyen ja pitkän aikavälin kyvykkyys?
- Mitkä prosessin syötteet vaikuttavat mihin vasteisiin?

Analyze (tulkitse) -vaiheessa tutkitaan ja arvioidaan nykyisen prosessin vaihteluita, näiden vaihteluiden lähteitä ja mitkä lähteet ovat merkityksellisiä prosessin tehokkuuden tai toivottujen ominaisuuksien kannalta. Vaiheen lopussa projektiryhmän tulisi sopia kehitystavoitteista ja miten asiassa edetään. Tässä vaiheessa voidaan kysyä seuraavia (10, s. 111–114):

- Mitä poikkeamat suorituskyvyssä pitävät sisällään ja mitä normaali suorituskyky pitää sisällään?
- Mitä tietoa/dataa on saatavilla ja mitkä niistä ovat oleellisia?
- Onko data vaihtelevaa, vai sisältääkö se tiettyjä ominaispiirteitä?

Improve (paranna) -vaiheessa luodaan ratkaisu ongelmaan ja sen vaikutus havainnollistetaan pilotti-kokeella. Määritetään mitkä prosessin asetukset ovat parhaita, kuinka suuria vaihteluita ne saavat sisältää ja miten parannettu suorituskyky saadaan ylläpidettyä. Tämän vaiheen aikana voi esittää seuraavat kysymykset (10, s. 115–118):

- Mistä tiedetään parannusta tapahtuneen?
- Ovatko tavoitteet toteutuneet?
- Mitkä olivat olennaiset vasteisiin vaikuttaneet muuttujat?
- Mitä säästöjä saatiin aikaan?

Control (hallitse) -vaiheessa ongelman ratkaisu integroidaan osaksi prosessia. Prosesille luodaan tilastollinen seurantajärjestelmä, mitataan saavutettu prosessin kyvykkyys ja otetaan käyttöön prosessin parannetun suorituskyvyn ylläpitävä hallintajärjestelmä. Vaiheen aikana voidaan kysyä seuraavat kysymykset (10, s. 119–122):

- Miten saavutettu parannus saadaan ylläpidettyä?
- Mitä tehdään seuraavaksi?
- Mitä parannettu prosessikartta/malli sisältää?
- Voiko samaa prosessin kehitysmallia soveltaa muualla?

DMAIC-prosessin eri vaiheisiin soveltuvia tilastollisia työkaluja löytyy lukuisia ja kuhunkin vaiheeseen parhaiten soveltuvia tietoja antavan työkalun valinta on ilman aiempaa kokemusta hankalaa. Apuna voi käyttää oheisenlaista taulukkoa (ks. kuva 4).

Tool	D	M	A	I	C	Tool	D	M	A	I	C
Analysis of variance (ANOVA)		X			X	Histograms		X			X
Attributes control charts		X			X	Hypothesis testing			X		X
Basic probability concepts			X			Mean		X	X		X
Basic statistical concepts			X			Median		X	X		X
Binomial distribution			X		X	Mode		X	X		X
Chi-square test			X		X	Mutually exclusive events	X				X
Correlation coefficient			X		X	Normal distribution			X		X
Cpk—Operational (long-term) process capability		X			X	Poisson distribution			X		X
Cpk—Using the K-factor method		X	X		X	Probability theory			X		
CPU and CPL—Upper and lower process capability indices		X	X		X	Process capability analysis			X		X
Data accuracy	X	X			X	Process capability study		X	X		
Data, scale, and sources	X	X			X	Process elements, variables, and observations concepts		X			X
						Range		X	X		
						Sampling		X			X
						Six Sigma measures	X	X	X		X
						Standard deviation	X	X	X		X
						Statistical process control		X	X		X
						Statistical thinking	X	X	X		
						Variables control charts		X	X		X
						Variance	X	X	X		

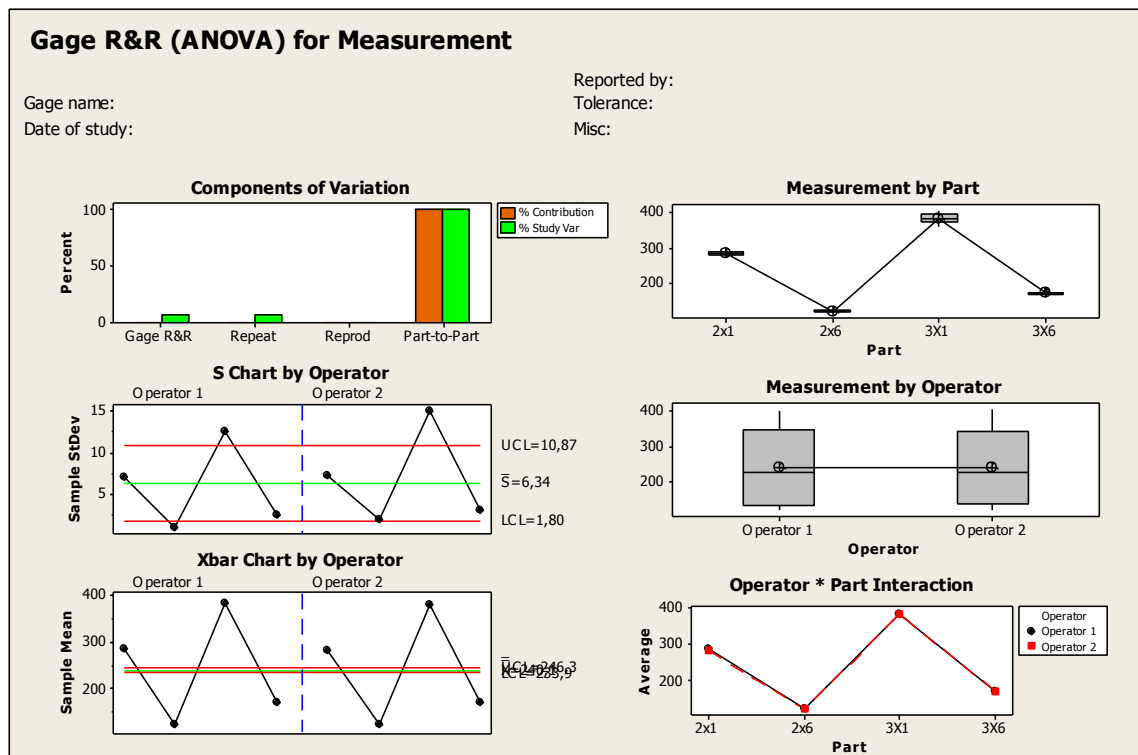
Kuva 4. DMAIC-prosessin eri vaiheissa käytettäviä työkaluja (1, s. 391–392).

Kuvan 4 taulukon antamien työkaluehdotusten perusteella saa käsityksen minkälainen tieto DMAIC-syklin eri vaiheissa on tarpeen.

2.3.4 Gage R&R

Lean Six Sigma -projektin aikana tehdään paljon tilastollisia analyysejä, joita varten tarvitaan dataa. Käytettävissä olevan datan kelvollisuudesta riippuu, kuinka tarkkoja tuloksia saadaan ja miten helposti todelliset muutokset pystytään huomaamaan mittausepä-tarkkuuden aiheuttaman kohinan seasta. Käytettyjä mittausten menetelmiä onkin syytä tarkistaa ja mahdollisesti parantaa, ennen kuin datan analysointi aloitetaan. Tulosten tarkkuutta voidaan tarkistaa Gage R&R (Gage repeatability and reproducibility) -menetelmän avulla. Menetelmällä havaitaan, miten hyvin tulokset ovat toistettavissa ja uusittavissa. Saadaan siis tietoa siitä, onko mittausmenetelmässä itsessään vaihtelua ja onko mittauksen suorittajalla vaikutusta mittaukseen. Mikäli yksittäiset operaattorit saavat sa-

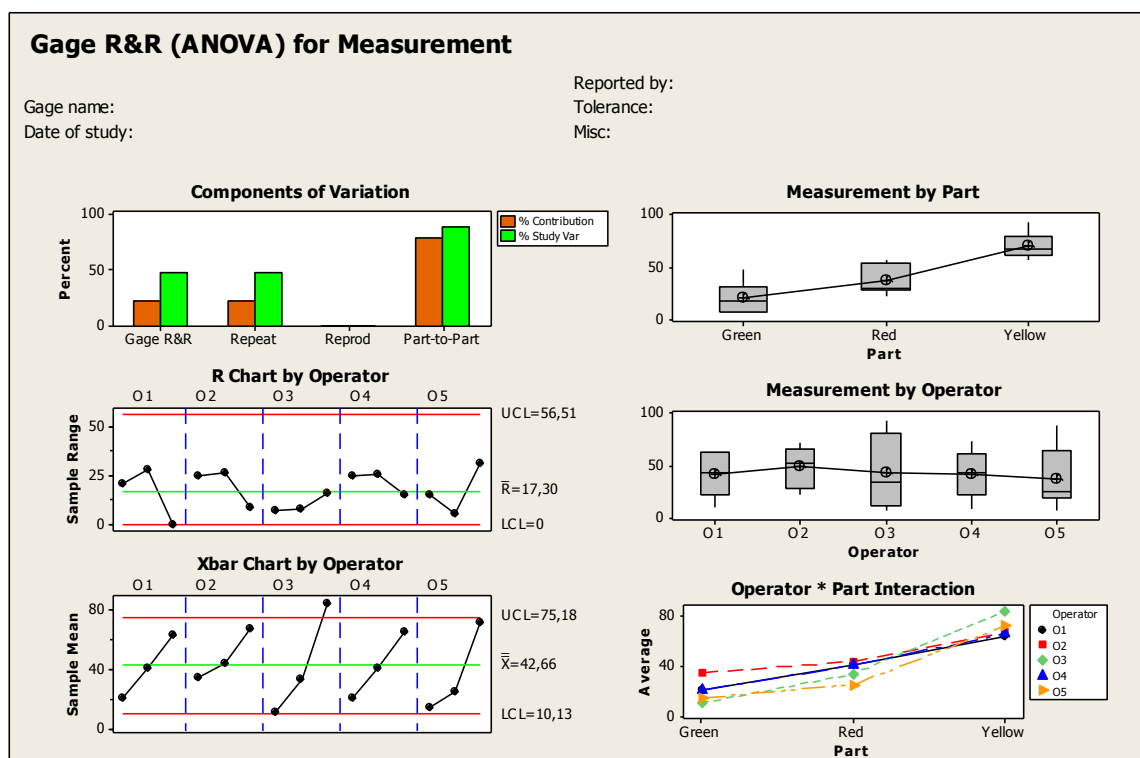
man mittauksen toistamisella vaihtelevia tuloksia omiin mittaustuloksiinsa, viittaa se mittaustulosten ongelmien. Jos eri operaattorit eivät saa uusittua saman mittauksen tuloksia toisten mittaustuloksiin nähden, vaikka hajonta operaattorin omien mittausten kesken on pieni, viittaa se operaattoreiden taitojen tai kokemuksen eroihin. Toistettavuuden ollessa huono, on tarkasteltava mittaustulosten toimivuutta ja mahdollisesti tehtävä siihen parannuksia. Uusittavuuden ollessa huono, on tarkasteltava eri operaattoreiden tapaa tehdä mittaukset, luotava yhteneväinen malli mittauksille ja koulutettava operaattorit suorittamaan mittaukset mallin mukaisesti. (9, s. 154–156.) Esimerkkinä hyvästä mittaustarkkuudesta on alla kuvaajat, joiden pohjalla on kahden operaattorin mittaustulokset neljästä eri kappaleesta, joille jokaiselle kappaleelle tehtiin kymmenen mittaustoistoa (ks. kuva 5).



Kuva 5. Gage R&R -kuvaajat hyvän mittaustarkkuuden omaavasta mittaustulosten järjestelmästä

Kuvan 5 kuvaajasta "Components of Variation" on nähtävissä, että suurin osa hajonnasta selittyy eri kappaleista (Part-to-Part), ei toistettavuudessa (Repeatability) tai uusittavuudessa (Reproducibility). Muista kuvaajista näkee esimerkiksi kuinka suuri hajonta mittaustuloksissa oli mitattua kappaletta kohden (Measurement by Part), kuinka suuri hajonta oli mitattua kappaletta kohden operaattoreittain (S Chart by Operator), mikä kaikkien mittauksien hajonta oli operaattoreittain (Measurement by Operator), kuinka suuri

kappaleiden hajonta on operaattoreittain suhteessa mittausjärjestelmän ala- ja ylärajoihin (Xbar Chart by Operator: Mitä kauempana mittaukset ala- ja ylärajoista, sitä pienemmän muutoksen mittausjärjestelmä pystyy havaitsemaan) ja miten hyvin eri kappaleiden mittausten keskiarvot seuraavat operaattoreittain toisiaan (Operator* Part Interaction: Kuvaajat ovat käytännössä päällekkäin, joten keskiarvoissa ei eroa operaattoreiden kesken). Kyseisille mittauksille saatiin Gage R&R -menetelmällä erillisten luokkien lukumääräksi (Number of Distinct Categories) 21. Tämä tarkoittaa sitä, että käytetyn mittausjärjestelmän avulla pystyttäisiin tunnistamaan 21 eri luokkaa mitattujen kappaleiden suurimman ja pienimmän arvon välillä. Mikäli mittausjärjestelmää haluttaisiin vielä kehittää, S Chart by Operator -kuvaajan perusteella hajonta vaihtelee mitattujen kappaleiden mukaan molempien mittaajien kesken samalla tavalla, joten voitaisiin tarkkailla miten mittausjärjestelmän tarkkuutta pystyttäisiin lisäämään suuremman mittaushajonnan omaavien kappaleiden kohdalla.



Kuva 6. Gage R&R -kuvaajat huonomman mittaustarkkuuden omaavasta mittausjärjestelmästä

Kuvassa 6 näkyvien kuvaajien perusteella voidaan sanoa, että kyseinen mittausjärjestelmä ei ole kovin tarkkoja tuloksia antava. Erillisten luokkien lukumääräksi saadaan kaksi, joka tarkoittaa, että mittausjärjestelmän avulla voidaan korkeintaan todeta, onko

mitattu arvo matala vai korkea. Mittausjärjestelmän tarkkuuden parantamiseksi olisi ensin tarkistettava, että mitatut kappaleet todella edustavat koko mittausaluetta, eivätkä ole samankaltaisia keskenään tai vain yhdestä kohdasta laajempaa mittausaluetta, jota olisi mittausjärjestelmällä tarkoitus tarkkailla. Mikäli jo mitatut kappaleet edustavat koko mittausaluetta, toinen vaihtoehto on lisätä mittausjärjestelmän/-laitteiston tarkkuutta toistettavuuden parantamiseksi, jotta voidaan havaita kappalekohtainen vaihtelu kyseisellä mittausalueella.

2.3.5 Poka-Yoke

Poka-Yoke eli "Mistake Proofing", on vaikeasti suomennettavissa yhdellä sanalla, mutta parhaiten sitä kuvailisi sana "virhevarma". Työkalun tarkoituksena on suunnitella työt ja työkalut siten, ettei niissä voi syntyä virhettä. Esimerkkinä kokoonpanolinjalla käytettävä kuution mallinen komponentti, johon suunnitteluvaiheessa lisättäisiin jokin väkänen tai kieleke ja sille vastine liitettävään alustaan, joka estäisi sen, ettei komponenttia voi vahingossa asentaa väärinpäin. Tämän työkalun käyttäminen on vaativampaa mitä abstraktimmasta tuotteesta on kyse, mutta lähes poikkeuksetta voidaan tehdä virheitä estäviä toimenpiteitä. (4, s. 101.)

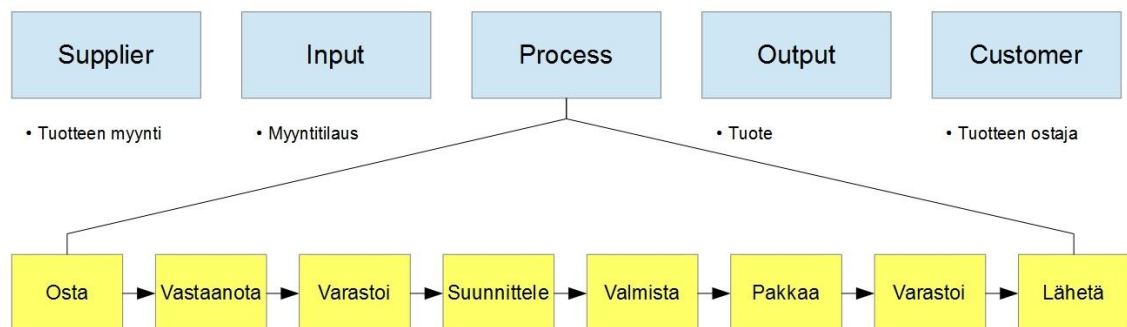
2.3.6 Kanban

Kanban voitaisiin kääntää suomeksi yksikertaisesti sanaksi "merkki". Työkalulla on tarkoitus tuoda visuaalinen viesti työntekijöille siitä, että jotain toimenpiteitä täytyy tehdä. Yleisimmin työkalua käytetään raaka-aineiden tai muiden jatkuvassa käytössä olevien varastotuotteiden saldojen pitämiseksi riittävällä tasolla, jotta ne eivät lopu kesken. Esimerkkinä kokoonpanolinja, jossa tiettyä komponenttia on pinottu päällekkäin tuotantolinjalle. Aiemmin tehtyjen analyysien perusteella on todettu komponentteja kuluvan tietty määrä tietyssä ajassa ja toimitusaika on tiedossa. Pinon taakse voidaan esimerkiksi merkitä seinään viiva siihen kohtaan, jonka alitettua on tilattava lisää komponentteja, etteivät ne lopu kesken ennen kuin uusi toimitus on tullut. Tämän työkalun tarkoituksena on estää tuotantokatkokset ja liiallinen varasto. Nykyaikana vastaava voidaan tehdä myös tietokonepohjaisesti, jolloin ohjelmoidaan varastosaldoille hälytysraja, jonka saavutettuaan lähtee automaattinen tilaus tavarantoimittajalle. Tämä toimii tietysti parhaiten tasaisen kulutuksen omaavilla tuotteilla ja luotettavilla toimittajilla. Yrityksen sisäisiä Kanban-kort-

teja käytetään usein monivaiheisissa prosesseissa yhdistämään työvaiheita jatkuvan virtauksen aikaansaamiseksi. Jos yksi prosessiyksikkö valmistaa esimerkiksi piirilevyjä erilaisille tuotteille, on Kanban-kortit yksinkertainen tapa kertoa kyseisen prosessiyksikön työntekijöille, mitä tuotteita tehdä seuraavaksi. Piirilevyjä tarvitsevista prosessiyksiköistä tulee Kanban-kortteja sillä hetkellä, kun heillä varasto alittaa tietyn rajan. Kanban-kortista ilmenee, mikä yksikkö on kyseessä, mitä piirilevyjä se tarvitsee ja kuinka paljon niitä tulee toimittaa. Tällöin piirilevyjä valmistava yksikkö tekee tuotteita vain todelliseen tarpeeseen. (1, s. 131–133.)

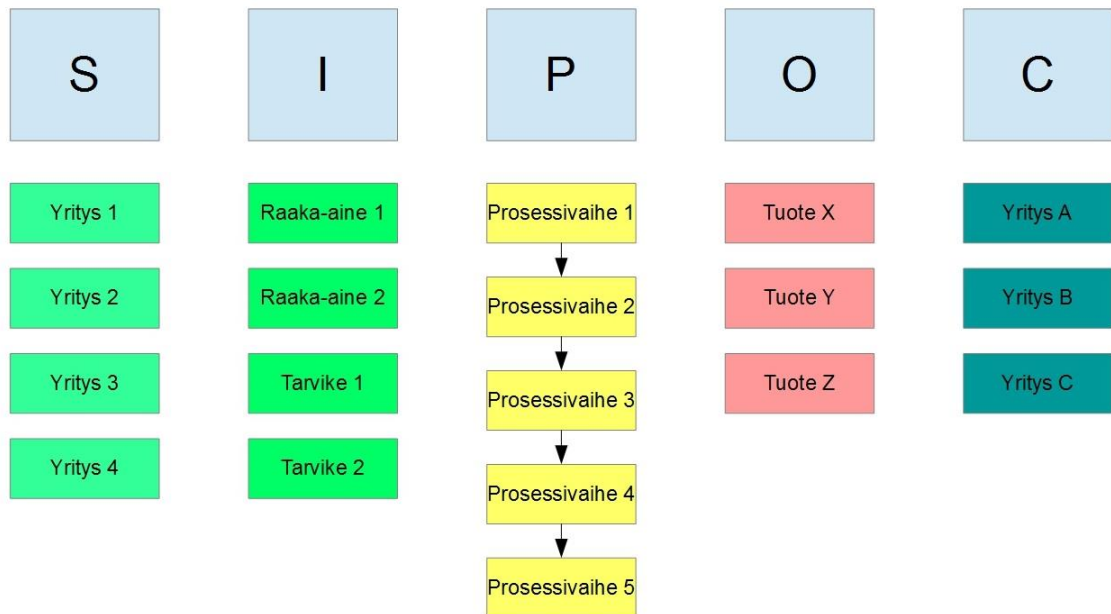
2.3.7 SIPOC

SIPOC-kaavio on korkean tason prosessikartta (ks. kuva 7). Lyhenne SIPOC tulee termeistä Supplier, Input, Process, Output ja Customer. Kaavio helpottaa prosessin kehityksessä ja yksinkertaistamisessa antamalla kuvan prosessin sen hetkisistä työvaiheista. Kun prosessin vaiheet ovat yksinkertaisesti nähtävissä, voidaan miettiä mitä tulisi tehdä sen sijasta mitä nyt tehdään. (1, s. 363–373.)



Kuva 7. SIPOC-kuvaaja yleisellä tasolla prosessin vaiheista

Kuvassa 7 on esitetty SIPOC-kaavio insinööriyön aikana käsitellystä tuotannon prosessista. Kaavio on hyvin pelkistetty, eikä sisällä yksityiskohtaisia tietoja. SIPOC-kaavio voidaan tehdä eri tavoilla riippuen millä tasolla liikutaan. Prosessista voidaan tehdä kuvaaja esimerkiksi taulukkomallisena, jossa on lueteltu jokaisen kohdan yksilöt/työvaiheet (ks. kuva 8).



Kuva 8. SIPOC-kaavio yksilöidyillä tiedoilla

Moni prosessi ei ole nykytilassaan sellainen, kuin miksi se on alun perin suunniteltu, vaan se on kehittynyt sellaiseksi ajan saatossa. Prosessia on saatettu muokata muuttuneiden tarpeiden takia tai jos on kohdattu ongelmia joiden ratkaiseminen on tuonut lisävaihteita prosessiin. Kyseiset muutokset on toteutettu yleensä lisäämällä nykyiseen prosessiin, sen sijaan että prosessi olisi mietitty kokonaan uusiksi. Moni prosessi pitää myöskin sisällään työvaihteita, joita ei enää tarvittaisi, mutta ne ovat jääneet silti osaksi prosessia. Kuvaajasta saatetaan myös huomata, että prosessin asiakas ei olekaan se, miksi se on alun perin kuviteltu. Esimerkiksi tuotantolinjan asiakkaaksi voidaan etukäteen helposti kuvitella loppuasiakas, vaikka todellinen asiakas saattaa olla jälleenmyyjä tai keskusvarasto.

3 Laadunhallintajärjestelmä

Laatujärjestelmä tai nykyisin usein käytetty termi laadunhallintajärjestelmä tarkoittaa järjestelmällistä organisaation ohjausta, jolla hallitaan toiminnan ja tuotettujen tuotteiden laatua. ISO 9000 –standardin mukaan laadunhallintajärjestelmä on asiakaslähtöinen toimintamalli, joka analysoi asiakkaan vaatimuksia ja määrittelee, sekä ohjaa sellaisia prosesseja, joiden avulla saadaan asiakas hyväksymään tuote. Laadunhallintajärjestelmän tulisi myös antaa puitteet jatkuvalla parantamisella ja näin lisätä asiakkaiden ja sidosryhmien tyytyväisyyttä. (11, s. 10–12.)

3.1 Laadun määritelmä

Laadusta puhuttaessa usein jää selvittämättä se, mitä sanalla laatu oikeasti tarkoitetaan. Voidaan sanoa, että jokaisella on oma käsityksensä sanan laatu sisällöstä. Laadun hallitsemiseksi on määriteltävä mitä laatu tarkoittaa kyseisen yrityksen kohdalla ja miten sitä voidaan mitata.

Joseph M. Juranin mukaan monista asioista, joita sana laatu kuvaa, vain kaksi on oleellisia laadunhallinnan kannalta. Ensimmäisen tyypin laatua on se, että tuotteen tai palvelun ominaisuudet vastaavat asiakkaan tarpeita ja siten tuovat asiakastyytyvyyttä. Toisen tyypin laatua on tuotteen vapaus vioista, tarkoittaen, ettei tuotteelle jouduta tekemään korjaavia toimenpiteitä tai, etteivät tuotteeseen jääneet virheelliset ominaisuudet johda tuotteen toimimattomuuteen ja asiakkaiden tyytymättömyyteen. Ensimmäisen tyypin laatua parannettaessa joudutaan usein investoimaan, jotta tuotteen laatu paranisi ja asiakkaat olisivat tyytyväisempiä tuotteeseen. Toisen tyypin laatua parannettaessa puolestaan saadaan säästöä, kun tuotteissa on vähemmän korjausta vaativia laatu-epäkohtia ja tuote aiheuttaa vähemmän korvattavia reklamaatioita. (12, s. 2.1–2.2.) Tämän insinööriyön aikana kehitetyssä tuotannon prosessissa keskityttiin toisen tyypin laadun parantamiseen.

3.2 Laadun hallinta

Laatua ei voida hallita, jos ei ole asetettu mittareita, joita seuraamalla voidaan todeta miten laadun hallinnassa on onnistuttu. Prosessista riippuen mittarin valinta voi vaihdella mittauksista mielipidekyselyihin, joten mitään yleistä jokaiseen prosessiin sopivaa laatu-mittaria ei ole olemassa. Insinööriyössä käsitellyssä prosessissa, valmistettavasta tuotteesta mitataan viskositeetti ja pH, joten näitä oli luontevaa käyttää mittareina eräkohtaisten vaihteluiden toteamiseksi ja laadun seuraamiseksi. Tuotetta myös koekäytettiin insinööriyön aikana, jotta pystyttiin toteamaan mittareiden antamien lukemien olevan linjassa tuotteen käyttäytymiseltä vaadittujen ominaisuuksien kanssa.

3.3 Laatukäsikirjan määritelmä

Laatukäsikirja sisältää normaalisti lyhyen esittelyn yrityksestä, yrityksen strategia-, toiminta- ja laatu politiikan, organisaatiokaavion ja vastualueet, kuvaukset toiminnasta, sekä menettelyohjeet tai viittaukset mistä ne löytyvät.

ISO 9001 vaatimusten mukaan laatukäsikirjan tulee sisältää seuraavat asiat:

- Laadunhallintajärjestelmän soveltamisala sekä sen mahdollisten rajausten yksityiskohdat ja perustelut
- Laadunhallintajärjestelmää varten laaditut menettelyohjeet tai viittaukset niihin
- Kuvaus laadunhallintajärjestelmän prosessien välisestä vuorovaikutuksesta

Kyseisten vaatimusten mukaan organisaation ei tule ainoastaan laatia laatukäsikirja vaan myöskin ylläpitää sitä. (13, s. 16.)

ISO 9001 -sertifiointin vaatimukset huomioiden, luotiin yritykselle laatukäsikirjan pohja, jonka sisällys löytyy insinööriyön liitteenä 2.

4 Prosessin parannus

Insinööriyön aikana otettiin yksi yrityksen tuotannon prosessi, johon sovellettiin Lean Six Sigma mallia, tarkoituksena parantaa prosessin tehokkuutta ja laatua. Malli prosessin parannukselle otettiin Lean Six Sigman DMAIC -menetelmästä, jossa ensin määritellään prosessi, mitataan nykytilanne, analysoidaan saatu data, tehdään parannuksia prosessiin ja lopuksi kontrolloidaan miten parannettu prosessi toimii.

Prosessia parannettiin neljässä eri vaiheessa, joissa standardoidaan prosessi, poistetaan hukka, lyhennetään prosessin kiertoa ja poistetaan virheiden mahdollisuuksia.

4.1 Parannettava prosessi

Parannettavassa prosessi valmistetaan sekoittamalla panos tyypisesti 1 000 litraa tuotetta, johon lisätään n. 10 kappaletta erilaisia lisäaineita. Tuotteen laadun varmistuksessa mitataan tuotteen viskositeetti ja pH, joiden tulee olla asetetuissa raja-arvoissa. Aiemmin tuotetta tehdessä on jouduttu tekemään lähes poikkeuksetta korjauksia, jotta tuote on saatu asetettujen raja-arvojen sisään ja siten on menetetty paljon tuotantoaikaa ja tuotteen valmistuksen kustannukset ovat olleet sitä kautta korkeammat kuin mitä ne voisivat olla. Prosessin parannuksessa keskityttiin siis miettimään menetelmiä, joilla tuote saataisiin valmistettua kerralla valmiiksi, tuotteiden tasalaatuisuus parantuisi, kustannukset pienentyisivät ja työn rasittavuus pienenesi.

4.2 Lähtötilanne

Tuotteen valmistusaika lähtötilanteessa vaihteli tyypillisesti 4 ja 8 tunnin välillä ja jokaiseen valmistettuun erään tehtiin keskimäärin noin 3 korjausta, jotta saavutettiin tuotteen raja-arvot. Jokainen korjaus vie tyypillisesti 20–30 minuuttia, joten ylimääräistä aikaa tuotteen valmistamiseen meni jokaisessa erässä keskimäärin 60–90 minuuttia. Tuote valmistettiin siten, että lisäaineet kerättiin, punnittiin ja annosteltiin valmistuksen edessä. Tämä tarkoitti sitä, että jokainen raaka-aine haettiin varastosta ja palautettiin takaisin varastoon kun haettiin seuraava raaka-aine.

4.3 Prosessiin tehdyt muutokset

Valmistusprosessin saamiseksi jokaiseen erään mahdollisimman yhdenmukaiseksi, siirryttiin tuotteen valmistuksessa keräämään lisäaineet valmiiksi ennen tuotteen valmistuksen aloittamista, täten keräilyyn käytetty aika on itse valmistusprosessin ulkopuolella, eikä voi aiheuttaa vaihtelua tuotantoaikaan. Vanhan mallin mukaisessa keräilyssä tunnistettiin myös selvä hukka, sillä työntekijä kävi hakemassa raaka-aineet yksitellen varastosta työpisteelle, annosteli tarvittavan määrän ja palautti jäljelle jääneet raaka-aineet varastoon. Kun keräily tehtiin yhdellä kertaa, ei työntekijän tarvitse kulkea varaston ja työpisteen väliä kuin tuodessaan raaka-aineet ja palauttaessaan tyhjän lavan varastoon. Etäisyys työpisteeltä varastoon on keskimäärin noin 50 metriä ja raaka-aineiden määrästä riippuen matka tehtiin nykyisen yhden sijaan 3–4 kertaa. Kuljettava matka lyheni

muutoksen myötä 200–300 metriä tuotettavaa erää kohden. Selkeämpi ja vähemmän tuotteiden siirtoja vaativa uusi toimintatapa vähensi työntekijöiden mielestä työn kuormittavuutta. Muutoksessa pyrittiin noudattamaan myös Poka-Yoke -menetelmää, jolla saadaan inhimilliset virheet poistettu. Lisäaineiden annostelu etukäteen pienentää virheellisen annostelun mahdollisuutta tuotannon aikana, sillä työpisteelle tuodaan vain tarvittava määrä raaka-aineita, jolloin raaka-aineiden määrän laskenta tapahtuu ennen niiden syöttämistä tuotantoon. Laskettava määrä on tällöin koko ajan nähtävissä sen sijaan, että täytyisi muistaa kuinka monta yksikköä on jo lisännyt. Käytettävää tuotantolappua muutettiin siten, että yhdenmukaista tuotantotapaa on helpompi noudattaa lisäämällä tuotantolapun informaatiota työn kulusta ja selkeyttämällä asetelua siirtämällä esimerkiksi lisättävien raaka-aineiden kilomäärät tuotteen nimen viereen, jolloin rivistä erehtymisen riski pienenee. Tuotantolappuihin korjattiin myös vanhoilla kaupananimillä olevat raaka-aineet ajan tasalle sekaannusten välttämiseksi (ks. kuva 9 ja kuva 10).

ERÄNUMEROT		VALMISTUSERÄ	
RAAKA-AINE 1		369 kg	
RAAKA-AINE 2		2,3 kg	371
RAAKA-AINE 3		2,0 kg	373
RAAKA-AINE 4		6,0 kg	379
RAAKA-AINE 5		8,0 kg	387
SEKOITTIMEN KIERROKSET n. 500 rpm			
RAAKA-AINE 6		2,30 kg	389
RAAKA-AINE 7		75 kg	464 = 3 sk
RAAKA-AINE 8		150 kg	614 = 7,5 sk
RAAKA-AINE 9		400 kg	1014 = 16 sk
RAAKA-AINE 10		250 kg	1265 = 10 sk
RAAKA-AINE 11		2,0 kg	1267

Kuva 9. Vanha resepti

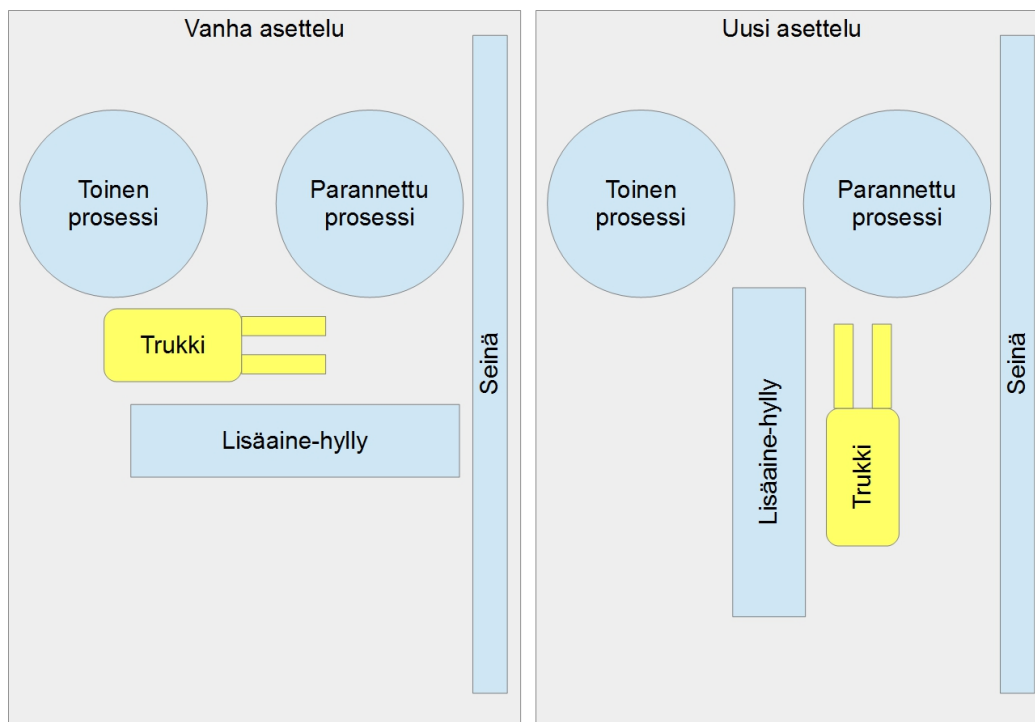
Kuvan 9 vanhassa reseptimallissa määrät olivat kaukana raaka-aineen nimestä ja mahdollisuus rivistä sekaantumiselle oli suurempi. Taulukko sisälsi myös työn suorittajan kannalta tarpeetonta tietoa, kuten kumulatiivisen määrän. Kuvan 10 uudessa reseptimallissa on määrät siirretty lähemmäs raaka-aineen nimeä ja on lisätty työn suorittamista yhdenmukaistavia ja työtä ohjeistavia tietoja.

Ohjeaika	Aloitusaika:				Tuotteen tekijä
1h 30min	Lopetusaika:				
Tuote	Kierrokset	Määrä	Annosmäärä	Lisätty määrä /eränumerot	Huomioitavaa
RAAKA-AINE 1	0	369 kg			Nosta valutusletkua taaratessa ja lopussa
RAAKA-AINE 2	200	2,3 kg	1 Astia		Käytä suppiloa. Suojakäsineet.
RAAKA-AINE 3	200	2,0 kg	1 Astia		Käytä suppiloa. Suojakäsineet.
RAAKA-AINE 4	200	6,0 kg	1 Astia		Käytä suppiloa. Suojakäsineet.
RAAKA-AINE 5	580	3,2 kg	1 Astia		Hengityssuojain. Käytä padan omaa veistä.
RAAKA-AINE 6	580	75 kg	3 Säkkiä		Hengityssuojain. Käytä padan omaa veistä.
RAAKA-AINE 7	580	150 kg	7,5 Säkkiä		Hengityssuojain. Käytä padan omaa veistä.
RAAKA-AINE 8	580	400 kg	16 Säkkiä		Hengityssuojain. Käytä padan omaa veistä.
RAAKA-AINE 9	580	250 kg	10 Säkkiä		Hengityssuojain. Käytä padan omaa veistä.
RAAKA-AINE 10	580-->900	5,5 kg	1 Astia		Käytä suppiloa. Suojakäsineet.

Kuva 10. Uusi resepti

Nestemäisten lisäaineiden kanssa otettiin käyttöön valutusluppilo, sillä esimerkiksi pak-suntajia lisättäessä on noudatettava tarkkaa valutusnopeutta, jotta paksuntaja sekoittuu tuotteeseen toivotulla tavalla. Astiasta suoraan kaatamalla valutusnopeus vaihteli, työn-tekijä oli sidottu lisäykseen koko valutuksen ajaksi ja tapaturmariski oli suurempi työntekijän joutuessa kannattelemaan astiaa pidemmän aikaa.

Tuotantoalueen asetteluun tehtiin myös muutoksia, sillä aikaisemmalla asettelulla viereinen tuotantopiste oli estetty sen aikaa kun käytettiin trukkia apuna annostelussa (ks. kuva 11).



Kuva 11. Prosessin parannuksessa tehdyt muutokset tuotantotilan asetteluun.

Tuotantotilan asettelua muuttamalla, saatiin poistettua toiselle prosessille aiheutettu hukka, jossa trukin käyttö yhdessä työvaiheessa esti työskentelyn ja tästä aiheutui turhaa odottamista.

4.4 Tulokset

Uusi tuotantotapa lyhensi maalin valmistusprosessia 4-8 tunnista noin 2-3 tuntiin. Lisäksi tuotteisiin tehtävien korjaustarpeiden määrä väheni huomattavasti. Alla olevasta taulukosta käy ilmi korjaustarpeiden vähentymisen aikaansaama työajan säästö kuukaudessa, kun tuotetta valmistetaan noin 15 erää kuukaudessa (ks. taulukko 2). Yhden tuotteen tehdyn korjauksen kestonä on käytetty laskuissa 25:tä minuuttia. Korjaukseen käytetty aika vaihtelee 20:nä minuutin ja 30:nä minuutin välillä, eli tuloksissa on käytetty 20 prosentin virhemarginaalia. Vanhalla menetelmällä tehtyjen tuotteiden korjausten keskiarvo on otettu 50:stä erästä ja uudella menetelmällä tehtyjen tuotteiden korjausten keskiarvo on otettu 14:stä erästä, eli noin kuukauden tuotannosta.

Taulukko 2. Tuotannossa tehtyjen korjausten vaikutus käytettyyn työaikaan kun valmistetaan 15 erää kuukaudessa.

	Vanha menetelmä	Uusi menetelmä
Keskimääräinen korjausten määrä per erä (kpl)	3,06	0,36
Ylimääräinen korjauksiin käytetty aika kk (min)	1148 (± 230)	134 (± 27)

Taulukon 2 tuloksista saadaan laskettua, että tehdyillä muutoksilla säästetään tuotteeseen tehtyjen korjausten osalta kuukaudessa 1 014 (± 203) minuuttia, eli noin 17 (± 3) tuntia työaika. Lisäksi kyseisen tuotteen valmistusta on tarkoitus tulevaisuudessa lisätä merkittävästi, jolloin valmistettaisiin noin 40 erää kuukaudessa (ks. taulukko 3).

Taulukko 3. Tuotannossa tehtyjen korjausten vaikutus käytettyyn työaikaan kun valmistetaan 40 erää kuukaudessa.

	Vanha menetelmä	Uusi menetelmä
Keskimääräinen korjausten määrä per erä (kpl)	3,06	0,36
Ylimääräinen korjauksiin käytetty aika kk (min)	3060 (± 612)	357 (± 71)

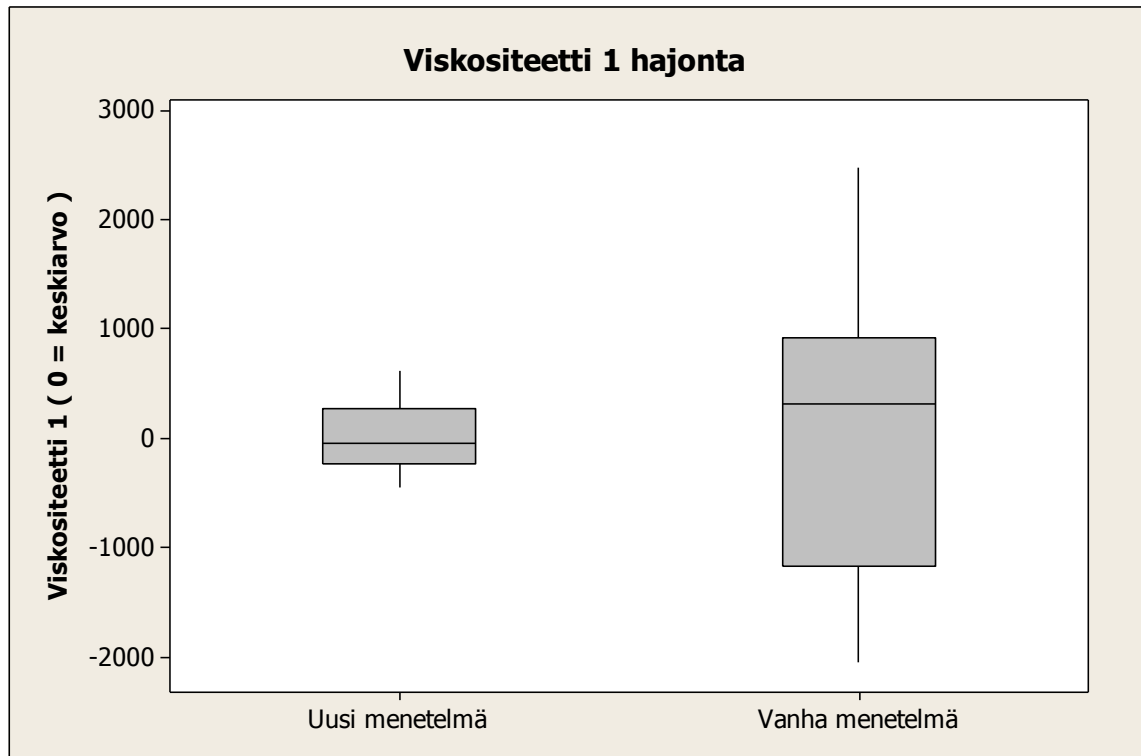
Tällöin työaika säästetään vähentyneen korjaustarpeen takia jo 45 (± 9) tuntia kuukaudessa, eli käytännössä yhden työntekijän viikoittaisen työajan verran. Uudella tuotantotavalla saadaan aikaan siis merkittävää säästöä ja lisättyä tuotantokapasiteettia.

Tuotantotapaa yhdenmukaistamalla ja selkeyttämällä saatiin korjausten vähentämisen lisäksi pienennettyä eräkohtaisia vaihteluita (ks. taulukko 4).

Taulukko 4. Vanhalla ja uudella tuotantomenetelmällä valmistetuista tuotteista mitattujen ominaisuuksien vaihtelu.

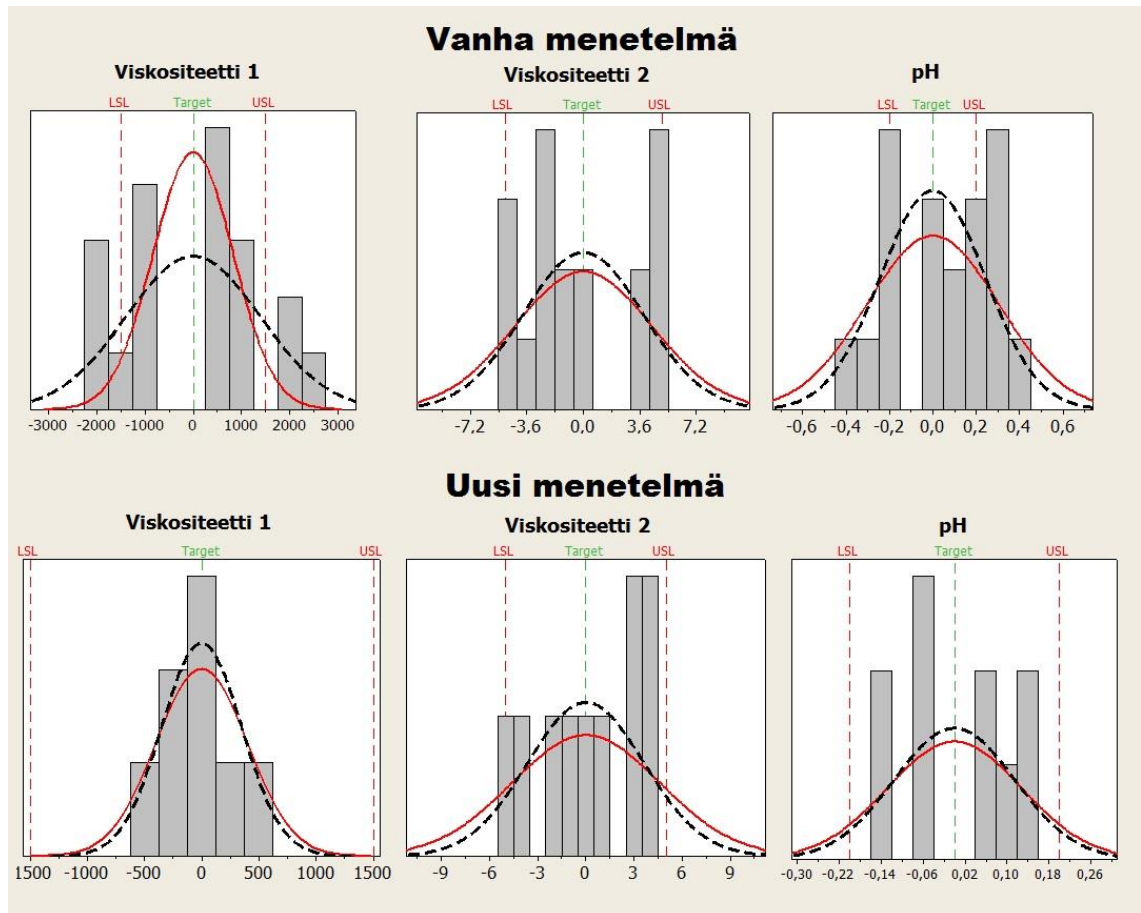
	Viskositeetti 1	Viskositeetti 2	pH
Keskihajonta vanhalla menetelmällä	1338	4	0,23
Keskihajonta uudella menetelmällä	398	3	0,11

Tehtävien tuotteiden tasalaatuisuutta saatiin parannettua tehdyillä prosessimuutoksilla ja eräkohtaiset vaihtelut pienentyivät. Erityisesti viskositeetti 1:den kohdalla saatiin huomattavasti pienennettyä vaihtelua (ks. kuva 12).



Kuva 12. Uuden ja vanhan menetelmän viskositeetti 1:n hajonta keskiarvon suhteen.

Vertailtaessa uuden ja vanhan menetelmän kesken prosessin kyvykkyyttä tuottaa vaatimuksen mukaisia tuotteita, huomataan uuden menetelmän tasalaatuisuuden olevan parempi (ks. kuva 13).



Kuva 13. Tuotteesta mitattavien arvojen hajonnat uudella ja vanhalla menetelmällä.

Kuvassa 13 olevissa kuvaajissa nähdään tuotteesta mitattavien arvojen hajonta vanhalla ja uudella menetelmällä. LSL (Lower Spec Limit) tarkoittaa tuotteelle asetettua toivottua alarajaa ja USL (Upper Spec Limit) tarkoittaa tuotteelle asetettua toivottua ylärajaa. Kummallekin menetelmälle viskositeetti 1:n raja-arvot ovat $-1\ 500 \dots 1\ 500$, viskositeetti 2:n raja-arvot ovat $-5 \dots 5$ ja pH:n raja-arvot ovat $-0,2 \dots 0,2$. Kuvaajien perusteella voidaan sanoa, että tehdyillä muutoksilla on ollut selvä parannus viskositeetin 1 ja pH:n tasallisuuteen. Viskositeetin 2 kohdalla muutoksille ei näyttäisi olleen juuri vaikutusta kumpaankaan suuntaan. Prosessissa aikaansaatuisten pienempien vaihteluiden takia on jatkossa helpompi havaita, mikäli prosessissa tapahtuu lopputuotteen ominaisuuksiin vaikuttava muutos ja siihen pystytään reagoimaan nopeammin.

5 Yhteenveto

Insinööriyössä kerättiin tietoa Lean Six Sigma -menetelmistä ja sovellettiin saatua tietoa yhteen yrityksen tuotannon prosesseista. Insinööriyön aikana luotiin myös pohja yrityksen laatukäsikirjalle.

Valittuun prosessiin tehdyt muutokset olivat erittäin onnistuneita ja antoivat selvän kuvan yritykselle, minkälaisia etuja muutoksilla on saavutettavissa. Prosessiin tehdyt muutokset vähensivät myös työntekijöiden rasitusta, vaikka läpivientiaikaa lyhennettiin. Selkeyttämällä prosessia ja poistamalla turhat liikkeet, työntekijä suorittaa työn nopeammin ja kevyemmällä rasituksella. Aikaansaatu laadun parantuminen oli huomattava, tuotteesta mitattavien arvojen hajonnan pienentyessä merkittävästi.

Ilman insinööriyöstä saatuja tietoja, ei yritys olisi ollut valmis käynnistämään laajempaa projektia, jonka tarkoituksena on soveltaa Lean Six Sigma -menetelmiä koko yrityksen toimintaan. Ennen insinööriyön aloittamista yritys oli suunnitellut hakevansa ISO 9001 -sertifikaattia, mutta siitä aiheutuvan lisätyön nähtiin olevan liian suuri kuorma yrityksen resursseihin nähden. Yrityksessä päätettiin ensin kehittää toimintaa, sekä laadunhallintaa ja siirtää sertifiointi mahdollisesti myöhemmin tehtäväksi. Lean Six Sigma -menetelmien avulla luotavan yrityksen toimintamallin kautta saadaan laadunhallintajärjestelmä, joka kehittää yrityksen toimintaa ja tulee täyttämään ISO 9001 -sertifikaatin asettamat vaatimukset, mikäli sertifikaattia halutaan projektin jälkeen hakea.

Lähteet

- 1 Voehl, Frank, Harrington, H. James, Mignosa, Chuck & Charron, Rich. 2014. The lean six sigma black belt handbook : tools and methods for process acceleration. Boca Raton, FL: CRC Press.
- 2 What Is Six Sigma? The Roadmap to Customer Impact. Verkkodokumentti. <<http://www.ge.com/sixsigma/SixSigma.pdf>>. GE publication 19991438-1. Luettu 16.12.2014.
- 3 Peter Drucker on Managerial Courage. Verkkodokumentti. <<http://hbswk.hbs.edu/archive/5377.html>>. Luettu 14.2.2015.
- 4 Tuominen, Kari. 2010. Lean - kohti täydellisyyttä : itsearviointin oppi- ja työkirja. Helsinki: Readme.fi.
- 5 Service Quality Tools. Verkkodokumentti. <asq.org/service/body-of-knowledge/tools>. Luettu 9.4.2015.
- 6 Lean Manufacturing Tool Kit. Verkkodokumentti. <<http://www.hand-songroup.com/lean-manufacturing-tool-kit>>. Luettu 13.1.2015.
- 7 KS-tools 818.1185 hylsysarja. Verkkodokumentti. <http://www.elekma.com/ks-tools_8181185>. Luettu 13.1.2015.
- 8 Arvanitoyannis, Ioannis S. & Varzakas, Theodoros H.. 2009. Failure analysis in octopus processing. International Journal of Food Science and Technology 44, s. 79–92.
- 9 Shina, Sammy G.. 2002. Six Sigma for electronics design and manufacturing. New York: McGraw-Hill.
- 10 Watson, Gregory H.. 2004. Six Sigma for Business Leaders : A Guide to Implementation. Salem, NH: Goal/QPC.
- 11 EN ISO 9000:2005. 2005. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 12 Juran, Joseph M. & Godfrey, A. Blanton. 1999. Juran's quality handbook. New York: McGraw-Hill.
- 13 EN ISO 9001:2008. 2008. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Recognition and rewards strategies/programs		X			X	X						
Regression								X	X			
Responsible, approves, supports, is informed, is consulted (RASIC) matrix (also RACI matrix)	X	X	X									
Risk assessment analysis								X				
Run chart								X	X			
Scatter plot									X			
Service level agreement (SLA)				X		X	X	X				
Social media forum (blog, FAQ)	X											
Spaghetti diagram				X				X				
Stakeholder analysis	X			X			X	X				X
Stated values: beliefs and principles					X							
Statement of work	X											
Statistical hypothesis test									X			
Storyboard				X				X				X
Strategy map						X						
Strengths, opportunities, aspirations, results (SOAR) analysis						X		X				
Strengths, weaknesses, opportunities, threats (SWOT) analysis	X	X				X		X				
Succession planning		X										
Suppliers, inputs, process, outputs, customers (SIPOC) diagram	X		X	X				X				
Survey	X	X		X	X			X	X			X
System controls and security											X	
Theory of constraints								X				
Time studies				X				X				X
Training/competency matrix		X				X					X	
Value stream map				X				X				
Vision/mission/values statements					X	X						
Voice of the customer (VOC)		X		X		X		X	X			X
Work instructions		X										
Working styles		X										
XY matrix									X			

Laatukäsikirjan sisälllys

SISÄLLYS

1. Organisaation esittely
2. Strategia ja toimintapolitiikka
3. Laatupolitiikka
4. Organisaatiokaavio
5. Vastualueet
6. Laatu
7. Resurssien hallinta
 - a. Henkilöstö
 - i. Pätevyys
 - ii. Osallistuminen ja motivaatio
 - b. Laitteet
 - c. Toimittajat ja yhteistyökumppanit
 - d. Infrastrukturi
 - e. Työympäristö
 - i. riskikartoitus
 - f. Tietämys, tieto ja teknologia
8. Prosessit
 - a. Johtaminen
 - b. Asiakkuuksien hallinta ja myynti
 - c. Tilaus-toimitus
 - d. Varaston hallinta
 - e. Ostot ja hankinnat
 - f. Tuotekehitys
 - g. Dokumenttien hallinta
9. Toiminnan seuranta
 - a. Seuranta
 - b. Mittaus
 - c. Analysointi
 - d. Katselmointi
10. Toiminnan kehittäminen
 - a. Parantaminen
 - b. Innovaatiot