

**Vihtori Hänninen**

**NIMIKKEIDEN SUOJAUSVAATIMUSTEN HUOMIOINNIN  
KEHITTÄMINEN PONSSE OYJ:LLÄ**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Joulukuu 2018**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Joulukuu 2018	<b>Tekijä/tekijät</b> Vihtori Hänninen
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> NIMIKKEIDEN SUOJAUSVAATIMUSTEN HUOMIOINNIN KEHITTÄMINEN PONSSE OYJ:LLÄ		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Kaarela ja Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 63+1
<b>Työelämäohjaaja</b> Tuomas Pasma		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli visualisoida Ponsse Oyj:n sisälogistiikan prosessia, tutkia mahdollisia nimikkeiden vaurioitumispaikkoja ja etsiä keskeisiä ongelmanaiheuttajia kokoonpanolinjalla kerätyn datan avulla. Opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää nimikkeiden suojausvaatimusten standardoinnin mahdollisuuksia.</p> <p>Opinnäytetyö alkaa tietoperustalla, jossa käsitellään Lean-ajattelua, SixSigma metodologiaa sekä tilastollisia menetelmiä, paitsi Ponssen tuotantojärjestelmän ymmärtämiseksi, myös yleisen laatutietämyksen parantamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyön empiirisessä osassa käsitellään prosessin kuvausta sekä häiriödataa, suoritettuja parannustoimenpiteitä sekä suojausvaateiden standardointia.</p>		

**Asiasanat**
**Ishikawa-diagrammi, Lean, Pareto-periaate, Prosessikuvaus.**

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> December 2018	<b>Author</b> Vihtori Hänninen
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> Development of components protection requirements observation at Ponsse Oyj		
<b>Instructor</b> Jari Kaarela and Sakari Pieskä		<b>Pages</b> 63+1
<b>Supervisor</b> Tuomas Pasma		
<p>The main goal of this aim was to make visual the inside logistic process of Ponsse Corporation. In addition, the aim was to study the possible damaging points of components and search crucial matters that cause problems in the assembly line, using the collected data. The main goal was to find out the possibilities of standardization the labels on protection demand.</p> <p>This thesis begins with a theory section in which Lean thinking, Six Sigma methodology and statistical methods are discussed. This is both to understand the production system of Ponsse as well to improve the general quality knowledge.</p> <p>In the empirical part of this the process and the data on interruptions are described. Moreover, the improvements made as well as the standardization of protective clothing are presented-</p>		

**Key words**  
**Ishikawa-diagram, Lean, Pareto-principle, Process mapping**

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

HBW High bay warehouse tarkoittaa korkeavarastoa.

CUBY SSI SHÄFERIN täysautomaatti sukkulavarasto.

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Työn taustaa .....	2
1.2 Ponsse Oyj.....	3
<b>2 LEAN AJATTELU</b> .....	<b>4</b>
2.1 Lean ajattelun perusteet .....	4
2.1.1 Arvo .....	4
2.1.2 Hukka .....	4
2.1.3 Lean-periaatteet .....	6
2.2 Historia.....	8
2.3 Talokaavio ja kolme filosofiaa .....	8
2.4 JIT.....	10
2.4.1 Tuotannonvirta-flow .....	11
2.4.2 Tehdasfysiikan lait .....	11
2.4.3 Yksiosainen virtaus .....	13
2.4.4 Kanban, imuohjaus .....	14
2.4.5 Tahtiaika .....	15
2.5 Jidoka .....	16
2.6 Kaizen.....	17
2.6.1 TWI ja Dedimingin laatuympyrä .....	17
2.6.2 Standardoidut tehtävät ja SDCA.....	18
2.6.3 Sateenvarjokonsepti.....	20
2.6.4 5S.....	22
<b>3 SIX SIGMA</b> .....	<b>23</b>
3.1 Historia.....	24
3.1.1 DMAIC.....	27
3.1.2 DFSS.....	27
<b>4 TILASTOLLISET MENETELMÄT</b> .....	<b>29</b>
4.1 Jakautuminen .....	29
4.2 Sigma .....	31
4.3 Vaihtelu .....	32
4.4 Suorituskyky.....	35
<b>5 KATSAUS TEHTAAN NYKYTILANTEESEEN</b> .....	<b>36</b>
5.1 Tutkimuksen taustat .....	36
5.2 Prosessin kuvaus.....	37
5.3 Tarkastelun rajaus .....	38
5.4 Mittarit .....	39
5.5 Materiaaliohjauksen peruseriaate.....	39
5.6 Prosessikaavio.....	40
5.7 Ishikawa-diagrammi .....	44
5.8 Häiriödatan tutkinta .....	46

5.8.1 Pareto .....	47
5.8.2 Tutkimuksen tulokset .....	47
5.9 Korjaustoimenpiteet .....	50
<b>6 TULOKSET</b> .....	<b>55</b>
6.1 Suojausmäärittelyn prosessi ja vastuut.....	55
6.2 Jatkotoimenpiteet.....	57
<b>7 YHTEENVETO</b> .....	<b>59</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>60</b>
<b>LIITTEET</b>	

LIITE 1. Virheen syntymiseen- ja paikan pohdinta

**KAAVAT**

KAAVA 1. Littlen laki.....	12
KAAVA 2. Tahtiaika .....	16
KAAVA 3. Standardipoikkeama .....	31
KAAVA 4. Ohjauksen ylä- ja alarajat .....	33
KAAVA 5. Suorituskykyvaatimukset.....	35

**KUVIOT**

KUVIO 1. Lean-periaatteet.....	6
KUVIO 2. Lean-talo .....	9
KUVIO 3. Keinot Jit-toiminnan saavuttamiseksi .....	10
KUVIO 4. Kingmanin kaavan soveltaminen .....	13
KUVIO 5. Imuohjauksen periaate .....	14
KUVIO 6. Demingin laatuympyrä.....	18
KUVIO 7. SDCA- ympyrä.....	19
KUVIO 8. Kaizen-vastuut.....	19
KUVIO 9. SDCA- ja PDCA- ympyrät.....	20
KUVIO 10. Sateenvarjo-konsepti .....	22
KUVIO 11. Dmaic-vaiheet .....	27
KUVIO 12. Histogrammimuodot .....	29
KUVIO 13. Mittaustulosten jakaantuminen normaalijakaumassa.....	31
KUVIO 14. C-kortti .....	33
KUVIO 15. I-kortti .....	34
KUVIO 16. Sigmataso .....	34
KUVIO 17. Käsittelyvirheet välillä tammikuu-kesäkuu.....	37
KUVIO 18. Sipoc-kaavio.....	39
KUVIO 19. Prosessikuvausten jaottelu .....	41
KUVIO 20. Prosessikaaviossa hyödynnettäviä perussymboleita .....	41
KUVIO 21. Uimarata-kaavio .....	42
KUVIO 22. Materiaalin kulkukaavio.....	44
KUVIO 23. Ishikawa-diagrammi.....	45
KUVIO 24. Vioittuneet juurisyyryhmittäin .....	46
KUVIO 25. Käsittelyvirheet .....	48
KUVIO 26. Rikkoutumisen vuoksi hylätyt.....	48
KUVIO 27. Hylkäykset välillä tammi-kesäkuu .....	49

KUVIO 28. Kustannusvaikuttavuus .....	50
KUVIO 29. Kesäkuun käsittelyvirheet .....	52
KUVIO 30. Suojausvaatimusten huomiointiprosessi .....	57

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Sigmataso/ DPMO .....	35
TAULUKKO 2. Erään varastonimikkeen häiriötietue .....	51
TAULUKKO 3. Kokoluokan määräytymistaulukko .....	55
TAULUKKO 4. Erityistekijätaulukko .....	55
TAULUKKO 5. Toimijoiden vastuut .....	56
TAULUKKO 6. Suojausvaatimusten yleismäärittely, karkea esimerkki .....	56

## 1 JOHDANTO

Hyvä laadullinen suorituskyky on kautta aikojen ollut avaintekijä yritysten menestyksessä, mutta 2000-luvulla sen merkitys on kasvanut suuremmaksi kuin koskaan. Kansainvälinen, siinä missä kansallinenkin kilpailu ovat tarkoittaneet monille yrityksille enenevässä määrin levotonta toimintaympäristöä. Yhä intensiivisemmän kilpailun lisäksi asiakkaiden korkeammat vaatimukset sekä teknologisen muutoksen vauhti ovat luoneet yrityksille paineita. John S. Oaklandin (2014, 3) mukaan organisaatiosta riippumatta kilpailua on kaikkialla, ja pohjimmiltaan organisaatiot kilpailevat maineellaan, oli sitten kyse laadusta, luotettavuudesta, hinnasta tai toimituksista. Oaklandin mukaan useimmat ovat ymmärtäneet, että näistä neljästä laatu on avain kilpailuedun saavuttamiseen ja että keskittymällä tähän voidaan parantaa muiden kilpailutekijöiden suorituskykyä. Miksi näin sitten on? Oaklandin mukaan laatu on yksinkertaistaen vastaamista asiakkaan tarpeisiin ja odotuksiin eli vaatimuksiin. Vaatimukset puolestaan sisältävät myös asiakkaan toimitusta, hintaa ja luotettavuutta koskevat odotukset ja tarpeet.

Tämä yksinkertaistettu määritelmä laadusta on määrittelijästään riippuen ilmaistu eri tavoin, Oakland summaa. Tunnettuja määritelmiä ovat muun muassa Josep M. Juranin ”hyödykkeen sopivuus käyttötarkoitukseensa, William Demingin ”laatu olisi suunnattava asiakkaan tarpeisiin, nykyisiin ja tuleviin” sekä Filip Crobyn ”mukautuminen vaatimuksiin ja normeihin”. (Oakland 2014, 3-5.)

Myös Barrie G Dale, Ton van der Wiele ja Jos van Iwaarden korostavat, että tapoja laadun määrittelymiseen on useita erilaisia, eikä liike-elämässä tunneta yhtä hyväksyttyä määritelmää laadulle, huolimatta esimerkiksi kansainvälisestä ISO 9000 -standardista. Lukuisista määrittelytavoista piittaamatta Dalen, Van Der Vielen ja Van Iwaardenin (2009) mukaan määritelmät voidaan jaotella joko vastaamiseen asiakkaiden vaatimuksiin ja spesifikaatioihin tai asiakkaan tyydyttämiseen ja ilahduttamiseen. (Dale, Van Der Wiele & Van Iwaarden 2009, 4-5). Kirjassaan Duran on quality by desing, Josep M Juran mainitsee, että tuotteen ominaisuudet sekä vapaus puutteista ovat kaksi merkittävintä määritelmää laadulle, eli mitä paremmat ominaisuudet ja vähemmän puutteita, sitä parempi laatu. (Juran 1992, 9.)



## 1.1 Työn taustaa

Opinnäytetyön tarkoituksena oli visualisoida Ponsse Oyj:n sisälogistiikan prosessia, tutkia mahdollisia vaurioitumispaikkoja ja etsiä keskeisiä ongelmanaiheuttajia kokoonpanolinjalla kerätyn datan avulla. Työn päätavoitteena oli selvittää nimikkeiden suojausvaatimusten standardoinnin mahdollisuuksia. Työ alkaa tietoperustalla, jossa käsitellään Lean-ajattelua, SixSigma-metodologiaa sekä tilastollisia menetelmiä. Opinnäytteessä perehdytään Ponssen tuotantojärjestelmään sen ymmärtämiseksi sekä myös yleisen laatutietämyksen parantamiseksi, vaikka työtä varten ei SixSigma-projektia perustettuakaan. Tämän jälkeen työssä käsitellään prosessin kuvausta sekä häiriödataa, suoritettuja parannustoimenpiteitä sekä suojausvaateiden standardointia. Lopuksi esittelen kehitysehdotuksia.

## 1.2 Ponsse Oyj

Ponsse Oyj on yksi maailman johtavista metsäkonevalmistajista, jonka erikoisalaa ovat tavaralajimennetelmään perustuvien metsäkoneiden tuotanto, myynti, huolto sekä tietojärjestelmät. Yritys valmistaa puunkorjuuseen tarkoitettuja harvestereita, kuljetusta varten suunnattuja kuormatraktoreita eli ajokoneita, harvesteripäitä, harvesteripää-nostureita, kuormaimia, koulutussimulaattoreita sekä Ponsse-Opti tietojärjestelmä -tuoteperhettä, paitsi koneenohjausta, niin myös työnhallintaa varten. (Ponsse 2018a.)

Ponsse Oyj:n juuret ulottuvat aina 1960-luvun lopulle saakka, jolloin metsäkoneyrittäjä Einari Vidgren totesi, että itse on metsäkone rakennettava, kun eivät toisten tekemät kovassa käytössä kestäneet. Pienen kyläpajaan Vieremälle perustettiin ensimmäinen ”metsäkonetehdas”. Alun perin Vidgren teki koneen itselleen, mutta pian kestävästä koneesta kiinnostuivat muutkin. Kiinnostus oli muutoinkin kyläläisten keskuudessa suurta, ja itse asiassa juuri kyläläisten tuumauksesta Vidgren -nimenkin tekeleelleen nappasi. Kylällä oli nimittäin tullut tunnetuksi pitkärunkoinen, harmaa ja melko hurjan- ja rumannäköinen koira, nimeltään Ponsse. ”Mikähän Ponsse tuostakin tulloo”- tuumivat kyläläiset, mihin Einari naurahti: ”Nyt on jo nimikii”. Elettiin vuotta 1970, ja Ponsse oli syntynyt. (Kellberg 2000.)

Liki 50 vuotta kestäneen Ponsse-taipaleen aikana pienestä pajasta on kehittynyt noin 1600 henkeä työllistävä pörssi-yhtiö. Yhtiöllä on 12 tytäryhtiötä ja 32 jälleenmyyjää. Vuoden 2017 liikevaihto oli yli 576 miljoonaa euroa. Ponsse Oyj:n osakkeet noteerataan NASDAQ OMX:n pohjoismaisella listalla. Kaikki PONSSE -metsäkoneet tehdään, kuten on aina tehty, Vieremällä. (Ponsse 2018b.)

Kansainvälisillä markkinoilla toimivan Ponssen asiakaslähtöistä toimintaa ohjaavat vahvasti metsäkoneyrittäjien tarpeet ja vaatimukset, joita tehokas puunkorjuu eri puolilla maailmaa asettaa. Tuotteet vastaavat laajasti vaatimuksiin, jotka vaihtelevat muun muassa puuston sekä lämpötila- ja maasto-olosuhteiden mukaan. Ponssen tehtävänä on osaltaan edistää asiakkaidensa liiketoimintaa tehokkailla ja lujilla metsäkoneilla ja -palveluilla, mikä kiteytyy asiakaslupaukseen ”a logger’s best friend”- metsäkoneyrittäjän paras ystävä. Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen on jatkuvaa työtä, joka ensi kädessä tapahtuu asiakkaiden toiveita ja tarpeita kuunnellen, mutta joka edellyttää samalla myös toimialan, metsäkoneille ja koneyrityksille, asettamien uudistumistarpeiden taukoamatonta seuraamista. (Ponsse 2018c.)

## 2 LEAN AJATTELU

Lean-ajattelu on johtamisfilosofia, joka perustuu seitsemän tuottamattoman toiminnon poistamiseen. Nämä seitsemän ovat: kuljetukset, varastot, liike, odotusaika, ylituotanto, yliprosessointi ja viallinen tuote. (Kouri 2010, 6.) Pohjimmiltaan Lean-filosofia tunnistaa ja poistaa tehottomuudet, kuten jätteen, lisäarvoa tuottamattoman kustanteen tai prosessissa ilmaantuvan tarpeettoman odotusajan, joka johtuu virheistä, ylimääräisestä tuotannosta ja muista organisaatiota laajentavista prosesseista.

Muutosten päämääränä on parantaa asiakastyytyvää ja laatua, pienentää tuotannon kustannuksia sekä lyhentää läpimenoaikoja. Tiivistetysti, tavoitteena tuottaa mahdollisimman paljon arvoa mahdollisimman pienillä resursseilla. Lean pyrkii siihen, että oikea määrä oikeita asioita saadaan oikean laaduisena oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. (Santos, Wysk & Torres 2006, 6-8; Holweg 2006, 428-432.)

### 2.1 Lean ajattelun perusteet

Oppenheimin mukaan kolme käsitettä: arvo, hukka ja ns. Lean-periaatteet muodostavat perustan Lean-ajattelun ymmärtämiseen (Oppenheim 2011,14).

#### 2.1.1 Arvo

Yksinkertaisimmillaan arvo on sitä, mitä asiakas sanoo sen olevan, minkä hän kokee tärkeäksi ja mistä on valmis maksamaan. Yksinkertaisissa sovelluksissa asiakas ilmaisee tarpeensa ja kontaktori valmistaa ja toimittaa tuotteen, joka vähintään tyydyttää ja jopa ilahduttaa asiakasta. Kuitenkin monimutkaisemmissa eri sidosryhmiä sisältävissä sovelluksissa arvon muodostaminen on haastavampaa. Oppenheimin mukaan on kriittistä, että kaikki mukana olevat prosessit keskittyvät saman arvolupauksen luomiseen. Tällöin arvomäärittelyn on oltava selkeää, yksiselitteistä ja täydellistä. (Oppenheim 2011, 14.)

#### 2.1.2 Hukka

Hukkaa kuvaillaan yleensä vastakkainasetteluna arvoa lisäävien (VA) ja ei arvoa lisäävien toimenpiteiden (NVA) välillä. Arvoa lisäävät toimenpiteet ovat toimintoja, joista asiakas on valmis maksamaan. Yleensä nämä ovat valmistusprosessin osia, josta ulostulona on konkreettinen tuote asiakkaalle. (Voehl, Harrington, Mignosa & Charron 2014, 108.)

Ei lisäarvoa tuottavat toimenpiteet (NVA), ovat toimintoja, jotka voidaan poistaa huonontamatta tuotetta tai palvelua. Nämä eivät siis lisää asiakkaan kokemaa arvoa. NVA- toimintoja on kahta päätyyppiä: toiminnot, jotka ovat olemassa prosessin huonon toiminnan tai sen huonon suunnittelun vuoksi sekä sellaiset toiminnot, jotka eivät yksinkertaisesti lisää asiakkaalle arvoa. (Voehl ym. 2014, 108; Santos ym. 2006, 6-8; Holweg 2006, 428-432.)

Seitsemän Shigeo Shingon tunnistamaa, tehtaita yhdistävää, hukcatekijää ovat:

- Ylituotanto. Tuotteiden tuottaminen, kun niitä ei tarvita ja suuremmissa määrin kuin vaaditaan.
- Varastot. Materiaali varastoidaan raakana, keskeneräisenä ja lopputuotteena.
- Kuljetukset. Materiaalin sisäiset siirrot.
- Virheet. Poikkeavat tuotteet, jotka häiritsevät tuottavuutta keskeyttämällä korkealaatuisten tuotteiden virtauksen.
- Prosessit. Tehtävät hyväksytään tarpeen mukaan.
- Toiminnot. Kaikki toiminnot eivät tuota lisäarvoa tuotteeseen.
- Toimettomuus. Koneiden tai tekijöiden ”luppoaika”. (Santos ym. 2006, 7-9.)

### 2.1.3 Lean-periaatteet



KUVIO 1. Lean-periaatteet. (Mukaiillen Oppenheim 2011, 44.)

Arvontuottamisprosessi ilman hukkaa voidaan Oppenheimin mukaan tiivistää kuuteen Lean-periaatteeseen seuraavasti: (KUVIO 1.)

#### **Arvo**

*”Kaappaa asiakkaan määrittelemä arvo” - Oppenheim.*

Oppenheimin mukaan asiakas määrittelee, mikä on arvoa. Asiakas voi olla ulkopuolinen tai sisäinen. Sisäinen asiakas, esimerkiksi seuraava prosessivaihe, saa toiminnan tuotoksen, mutta ei yleensä varsinaisesti maksa siitä. Ulkoinen asiakas, joka maksaa tuotteesta tai palvelusta, määrittelee toimituksen lopullisen arvon. Asiakkaan vaatimusten ymmärtäminen ja niiden täyttäminen ovatkin suurin osa tuotteen valmistamiseen tarvittavasta prosessista. (Oppenheim 2011, 17; Taghizadegan 2010, 66.)

#### **Arvovirran kartoitus**

*”Kartoita arvovirta ja poista hukka” - Oppenheim*

Kartoitusprosessin aikana tunnistetaan ja eliminoidaan kaikki NVA- toiminnot, minimoidaan kaikki arvottomat, mutta tarpeelliset toiminnot ja mahdollistetaan jäljelle jäävien toimintojen virtaus ilman pysähdyksiä, uudelleen käsittelyä tai takaisin virtausta. (Oppenheim 2011, 17,20. )

**Virtaus**

*”Luo työhön virtaus suunniteltujen ja arvoa lisäävien vaiheiden ja prosessien avulla, ilman pysähdyksiä, joutokäyntiaikaa, uudelleen käsittelyä tai takaisin virtausta” - Oppenheim*

Virtauksen optimoimiseksi tulisi tehtävät suunnitella mahdollisimman samankaltaisiksi ja lähelle yrityksen kapasiteettia. (Oppenheim 2011, 20,21.)

**Veto (Imu)**

*”Anna asiakkaiden vetää arvoa” -Oppenheim.*

Oppenheimin mukaan valmistuksessa ideaali imujärjestelmä toteutetaan JIT-periaatteiden mukaisesti. Imujärjestelmän käyttöönotto edellyttää arvon määrittämistä, arvovirran arvon kasvattamista sekä virtausarvon optimointia. (Oppenheim ym. 2011,21;Taghizadegan 2010, 67.)

**Täydellisyys**

*”Pyri kaikkien prosessien täydellisyyteen” - Oppenheim*

Tähän periaatteeseen liittyy Kaizen-käsite, jonka mukaan jatkuvaan parannukseen on pyrittävä, koska prosesseista vain muutamat, jos nekkään, saavuttavat täydellisyyden tavoitteen. (Paterson 2015, 8.) Suunnittelua ja muita prosesseja on parannettava jatkuvasti kilpailukykyyn liittyvien syiden vuoksi. (Oppenheim 2011, 22.)

**Ihmisten kunnioittaminen**

Lean-yrityksessä ihmiset ovat tärkein resurssi. Lean-yrityksessä ihminen hyväksyy korkeatasoiset työtavat. (Oppenheim 2011, 22-23.)

## 2.2 Historia

Tietävästi James Womack ja Daniel Jones esittelivät kirjassaan *Machine that changed the world* (1990), Toyotaa esimerkkinä käyttäen, uusia tapoja asiakassuhteiden, toimitusketjun, tuotekehittelyn ja tuotannon toiminnan hallitsemiseen. Kirjassa filosofiaa kutsuttiin Leaniksi. Suurimpana yksittäisenä tekijänä Lean-filosofian taustalla pidetäänkin Toyota production systemiä, jonka synty kytkeytyy 1940-luvun loppuun ja japanilaiseen autovalmistajaan, Toyotaan.

(Lai, Kee-hung & Cheng 2009, 3; Womack, Jones & Roos 1990, 323.)

Vuonna 1949 Toyota oli suurissa vaikeuksissa, kun taas Yhdysvalloissa Fordin autoteollisuus oli Henry Fordin innovaatioiden ansiosta ainakin kahdeksan kertaa tehokkaampi kuin Toyota. Tuolloin Toyotan toimitusjohtajana toiminut Kiichiro Toyoda esitti haasteen, jonka Toyotan hallituksen varapuheenjohtaja Taiichi Ohno hyväksyi. Haaste kuului vapaasti suomennettuna näin: ”Tavoitteena on saavuttaa kolmessa vuodessa sama tuotantoaste kuin Yhdysvalloissa”. Varapuheenjohtaja Ohno hyväksyi haasteen ja kehitti yhdessä teollisesti vallankumouksellisten henkilöiden kuten Shigeo Shingo ja Hiroyuki Hirano kanssa yhdysvaltalaisen supermarkettien innoittamana JIT- menetelmän, jota pidetään toisena Leanin peruspilareista. (Santos ym. 2006, 5.)

Ohno ja Shingo muotoilivat päämääränsä näin: "Antakaa oikea materiaali, täsmällisessä määrässä, täydellisellä laadulla, oikeaan paikkaan juuri ennen kuin sitä tarvitaan." Tämän tavoitteen saavuttamiseksi he kehittivät erilaisia menetelmiä, jotka paransivat liiketoimintaa. (Santos ym. 2006, 5.)

Gross ja Kenneth (2003) huomauttavat kirjassaan *Kanban made simple*, että vaikka Taiichi Ohno kehitti Kanban-strategian, se sittemmin osoittautui yhdeksi onnistuneen JIT-toteutuksen peruspilareista. JIT- valmistuksen idea oli alun perin Sakichi Toyodan, Toyota Motor Companyn perustajan keksimä. (Gross & Kenneth 2003,2.)

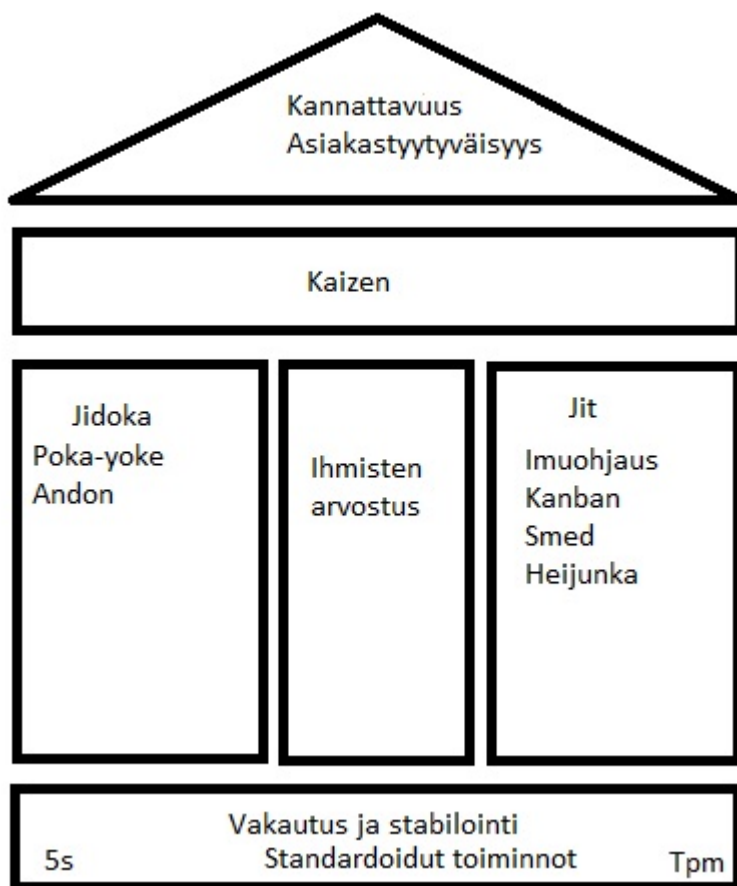
## 2.3 Talokaavio ja kolme filosofiaa

Jeffrey K. Liker (2006) kiteyttää Toyotan toimintatavan kolmeen filosofiaan: JIT, JIDOKA sekä KAI-ZEN. Toyota production system, tästä eteenpäin Tps, on yksinkertaistamisen vuoksi kuvattu ns. talokaaviolla, joka on yksi tunnetuimmista tehdasvalmistuksen symboleista. Likerin mukaan kaavio on laadittu talon malliseksi siitä syystä, että talo on rakenteellinen järjestelmä, jossa kaikki osa-alueet vaikuttavat järjestelmän vahvuuteen. Katto muodostuu matalimpien kustannusten, lyhyimmän läpime-

noajan sekä parhaan laadun päämäärästä. Peruspilarit JIT ja JIDOKA muodostavat seinät. Talon perustana on vakaus ja kaikessa toiminnassa keskiössä on ihminen. (KUVIO 2.)

(Monden 1983;Holweg 2007,431-433;Womack ym.1990, 9;Liker 2006,33-36.)

Liker korostaa, että elementtejä tärkeämpää on tapa, jolla nämä vahvistavat toisiaan. JIT pyrkii poistamaan välivarastot, siis muodostamaan yksiosaisen virtauksen, jota tahdittaa asiakkaan vaatimus, tah-tiaika. Tällainen toimintatapa paljastaa välittömästi laatuvirheet, mikä täydentää Jidokaa, jonka eräs keskeisistä ajatuksista on, ettei virheitä päästetä koskaan seuraavaan työvaiheeseen, vaan tyypillisesti linja pysäytetään. Likerin mukaan pysähdysten välttämiseksi vaaditaan taas vakautta, joka puolestaan syntyy ainoastaan jatkuvan parantamisen, Kaizenin avulla. (Liker 2006, 33-36.)



KUVIO 2. Lean-talo (mukaiillen Liker 2006, 39; Santos ym. 2006, 9.)



## 2.4 JIT

JIT on integroitu ja ongelmanratkaiseva johtamismalli, jonka tavoitteena on parantaa laatua ja helpottaa tarjonnan, tuotannon ja jakelun oikea-aikaisuutta. JIT-tuotannonohjausfilosofian ajatuksena on, että toimitusketju vastaa mahdollisimman hyvin ketjun eri osapuolien vaatimuksiin. JIT-menetelmän keskeinen pääperiaate on, että mitään ei valmisteta, ennen kuin asiakkaan tarpeen täyttäminen sitä vaatii. Koko organisaation kattava JIT vähentää varastoinvestointeja sekä ylläpitokustannuksia ja nopeuttaa pääoman kiertoa. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2005, 341; Lysons & Farrington 2006, 362.)

JIT menetelmä on tuotannon ja varastonohjausmenetelmä sekä TQM apuväline. TQM on lyhenne englanninkielisistä sanoista total, quality ja management ja tarkoittaa suomeksi kokonaisvaltaista laadun hallintaa.

Tuotannonohjausmenetelmänä JIT lisää arvoa ja poistaa hävikkiä varmistamalla, että tarvittavat resurssit ovat tuotannossa juuri oikeaan aikaan. Varastonohjausmenetelmänä JIT palvelee tuotantoa toimittamalla oikeat materiaalit ja komponentit vaadittavan laatuina ja oikean määräisinä tuotannon käyttöön. Perimmäisenä tavoitteena on poistaa kaikki odotusaika, jotta varastoarvo voidaan minimoida, tuotantoaikoja voidaan lyhentää, kysynnän muutokset voidaan käsitellä nopeasti sekä laatuongelmat voidaan paljastaa ja käsitellä. JIT-filosofian kolme keskeistä käsitettä ovat tuotannon virta, imuohjaus sekä tahti-aika. (Karjalainen & Karjalainen 2002) listaa keinoja JIT-toiminnan saavuttamiseksi. (KUVIO 3.)

(Lai ym. 2009, 9; Haverila ym. 2005, 341; Lysons & Farrington 2006, 362.)



KUVIO 3. Keinot JIT-toiminnan saavuttamiseksi. (Mukaiillen Karjalainen& Karjalainen.2002, 12)

#### 2.4.1 Tuotannonvirta-flow

Flow, suomeksi virtaus, viittaa materiaalin, informaation tai työn arvovirtaan. Virtaus on Lean-ajatuksen keskiössä siten, että raaka-aineista valmiisiin tuotteisiin kuluvan ajan lyhentäminen johtaa parhaaseen laatuun, lyhyimpään toimitusaikaan sekä pienimpiin kustannuksiin, ja samalla kun se pakottaa muiden Lean-filosofioiden ja työkalujen käyttöönottoon. (Liker 2006, 87-88.)

#### 2.4.2 Tehdasfysiikan lait

Perinteisin tehokkuuden muoto on ollut resurssitehokkuus, jolla tarkoitetaan resurssien mahdollisimman hyvää hyödyntämistä. Resurssitehokkuus mittaa, kuinka paljon määrättyä resurssia hyödynnetään tietyn ajanjakson aikana. Virtaustehokkuus puolestaan keskittyy mittaamaan sitä aikaa suhteessa läpimenoaikaan, jona virtausyksikkö saa arvoa, ja tähän Leanissa keskitytään. Keskeinen ero hyvän resurssitehokkuuden- ja virtaustehokkuuden välillä on, että resurssitehokkuutta tavoiteltaessa pyritään tarjoamaan jatkuvasti virtausyksiköitä resurssin käyttöön, kun taas virtaustehokkuutta tavoiteltaessa keskeistä on varmistaa, että virtausyksiköiden jalostamiseen, siis virtauksen ylläpitämiseen, on resursseja. (Modig & Åhlström 2016, 9,10,13,14,20-21, 27.)

Liiallinen resurssitehokkuuteen keskittyminen johtaa virtaustehokkuuden heikkenemiseen, käytännössä katsoen läpimenoaikojen pidentymiseen, mikä puolestaan synnyttää toissijaisia tarpeita. Näiden tarpeiden tyydyttäminen edellyttää puolestaan lisätyötä, joka usein koetaan ”arvokkaaksi”, mutta joka todellisuudessa olisi voitu välttää, mikäli ensisijaiset tarpeet olisi tyydytetty. Tätä ilmiötä kutsutaan tehokkuusparadoksiksi. (Modig & Åhlström 2016,48-65.)

Littlen laki selittää, miksi liiallinen resurssitehokkuuteen keskittyminen johtaa paradoksiin. Oheisen kaavan mukaan läpimenoaika muodostuu jaksoajan ja virtausyksiköiden määrän tulosta. (KAAVA 1)

$$L = \lambda W$$

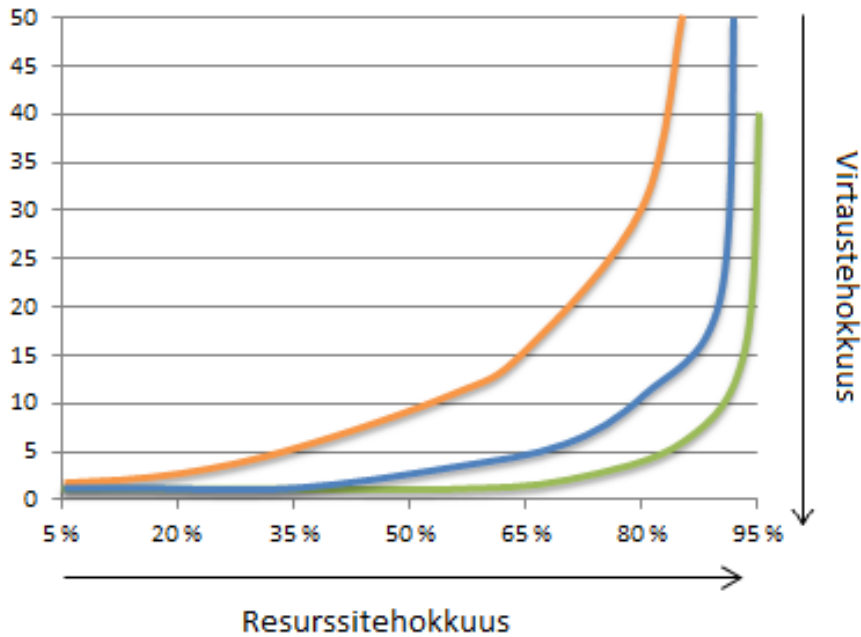
(KAAVA 1. Littlen laki)

Modigin & Åhlstömin (2016) mukaan jaksoaika, tutummin cycle time, on keskimääräinen aika, joka kahden virtausyksikön prosessista poistumisen välillä kuluu. Virtausyksiköllä puolestaan tarkoitetaan jalostuksen kohteena olevaa yksikköä. Mikäli jaksoaikaa ei lyhennetä, enemmän virtausyksiköitä tarkoittaa pitempää läpimenoaikaa. Virtausyksikköpuskurit puolestaan ovat välttämättömiä resurssitehokkuuden maksimoimiseksi, ja tämä selittää paradoksin. (Modig & Åhlström 2016, 13, 34-35.)

Virtaustehokkuuteen ja jaksoaikaan kytkeytyy myös nk. pullonkaulojen laki. Lain mukaan prosessin pisin vaihe eli pisin jaksoaika muodostaa hidasteen virtaukselle. Modig & Åhlström linjaavat kaksi syytä, miksi pullonkauloja syntyy. Ensinnäkin prosessivaiheet pitää suorittaa tietyssä järjestyksessä, ja tätä ei Modig&Åhlströmin mukaan voida välttää. Toinen syy pullonkaulojen syntymiseen on prosesseissa ilmenevä vaihtelu. Vaihtelu voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: Virtausyksiköt, resurssit ja ulkoiset tekijät. (Modig & Åhlström 2016, 40,41.)

Virtaustehokkuus syntyy siis prosesseissa. Littlen laki osoitti, että virtausyksiköiden määrän ja jaksoajan tulo muodostavat läpimenoajan. Liiallinen resurssitehokkuuteen keskittyminen johtaa virtausyksiköiden määrän kasvamiseen ja vastaavasti jaksoaikaa pidentää mm. prosesseissa esiintyvä vaihtelu. Pääsääntöisesti läpimenoajan kasvu tarkoittaa virtaustehokkuuden heikkenemistä, ellei arvoa tuotava aika kasva samalla. (Modig & Åhlström 2016, 39,40)

Vaihtelun vaikutusta virtaustehokkuuteen on kuvattu Sir John Kingmanin kaavalla, Karjalainen& Karjalainen (2002) joka selittää vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välisen yhteyden. (KUVIO 4.)



KUVIO 4. Kingmanin kaavan soveltaminen. (Mukaiillen Karjalainen& Karjalainen. 2002.)

Kun vaihtelu kasvaa tai resurssitehokkuus lähenee maksimiaan, läpimenoaika pitenee ja näin virtaustehokkuus heikkenee.

### 2.4.3 Yksiosainen virtaus

Alexander Tsigkasin 2013 mukaan Lean-virtauksen perimmäinen tavoite on saavuttaa arvovirta, jossa tilaus-perusteisen, varastoon ohjautumattoman tuotannon mahdollistamiseksi asiakkaan vuorovaikutuspiste on mahdollisimman lähellä tuotantoprosessin alkua. Päämäärä on niin kauan saavutettu, kun arvovirta mahdollistaa tai likimain mahdollistaa yksiosaisen virtauksen, mutta ei massatuotantoa, joka tyypillisesti liitetään juurikin resurssikeskeisyyteen. (Tsigkas 2013, 51, 58.)

Yksiosainen virtaus tarkoittaa sitä, että yhdessä työvaiheessa on yksi työ kerrallaan käsiteltävänä. Työvaiheen valmistuessa se siirretään seuraavan työvaiheen käsittelyyn. Yksiosaisen virtauksen etuutena erätuotantoon nähden on muun muassa nopeampi palaute, sillä laatuinformaatiota saadaan aiemmin ja kokonaisen erän hylkäämisen estämiseksi on mahdollista reagoida nopeammin. Lisäksi läpimenoaika laskee. (Liker 2004, 87-103; Santos ym. 2006,21.)

#### 2.4.4 Kanban, imuohjaus

Kanbanilla, joka on yksi Lean- tuotannon tunnetuimmista työkaluista, tarkoitetaan Toyotan kehittämää menetelmää imuohjauksen toteuttamiseksi. Sen juuret ovat 1940- ja 50-luvun taitteessa, jolloin Taiichi Ohno kehitti Kanbanit kontrolloimaan tuotantoa prosessien välillä ja toisaalta JIT- tuotannon implementoimiseksi Toyotalla. Kanban mahdollistaa imuohjatun JIT-tuotannon. Kanbanien avulla Ohno minimoi keskeneräisten töiden määrän prosessien välillä ja alensi näin varastointikustannuksia. Nykyään Toyotalla käytetään Kanbania paitsi kustannusten alentamiseen ja koneen käytön hallintaan, myös havaitsemaan esteitä virtaukselle ja mahdollisuuksia jatkuvaan parantamiseen. (Toyota 2013; Gross& Kenneth 2003,1.)

Kanban, suomeksi kommunikaatio, signaali tai kortti, on mielletty synonyymiksi kysyntäperusteiselle aikataulutukselle. Kanban- aikataulutuksessa operaattorit käyttävät visuaalisia merkkejä määrittääkseen, kuinka paljon ne kulkevat ja milloin ne pysähtyvät tai muuttuvat. Kanban- säännöt kertovat operaattoreille, mitä ongelmatilanteissa tehdään ja toisaalta kenen luokse ongelmien ilmaantuessa mennään. Kanban on yksinkertaistettuna informaatiota sisältävä kortti, jossa on tarvittavat tiedot tuotteen valmistamiseen, kokoamiseen, siirtoon ja inventaarion täyttämiseen. Se hallinnoi varastoa sekä ehkäisee ylituotantoa. Hyvin suunniteltu Kanban helpottaa myös esimiesten työskentelyä, sillä se sisältää visuaaliset indikaattorit, joista linjanaikataulutuksen tarkkailu onnistuu silmäyksellä. (Gross& Kenneth 2003, 2-3; Hobbs 2003, 28,136-138; Wilson 2010, 20.)

Imuohjatuissa prosesseissa materiaalivirta ohjautuu lähtökohtaisesti tulevan tarpeen, ei ennusteen perusteella. Uutta tuotetaan korvaamaan kulutusta. Tarve tuottaa uutta tuotetta syntyy vasta, kun tietyn kulutuksen perusteella asiakas antaa signaalin tarpeestaan. Tällöin tilausimpulssit etenevät lopusta alkuun päin. (KUVIO 5.) (Gross& Kenneth 2003, 2; Haverila ym. 2009, 422-423.)

##### Ohjausimpulssit



##### Materiaalivirta

KUVIO 5. Imuohjauksen periaate. (Mukaiillen Haverila ym. 422.)

Kanban-järjestelmissä on kolme perustyyppiä, joista jokaisella on erityinen sovellus tiettyyn tarkoitukseen. Lean- valmistuksessa Kanbanilla voi olla useita muunnelmia, jotka perustuvat spesifiseen sovellukseen:

- **In-process Kanban:** Selkeä ja näkyvä signaali, joka on sijoitettu operaation alavirran puolelle ylävirran operaatiota varten toisen takt-aikamäärän suorittamiseksi. In-process Kanban toimii myös signaalina operaattorille odottaviin töihin.
- **Single-card Kanban:** Kaksikantainen materiaalin täydennysmenetelmä, jossa käytetään kahta yhtä suurta astiaa, joiden sisältämä määrä perustuu materiaalin täyttämiseen vaadittavaan aikaan. Kun astia tyhjenee, se toimii täydennystarvesignaalinä, ja samalla toinen astia jatkaa kuluspisteen palvelemista. Tämä on yleisimmin käytetty Kanban.
- **Multiple-card Kanban:** Monikorttijärjestelmä on tekniikka, joka käyttää erillisiä signaaleja viestimään täydennyssignaalia. Erillisiä signaaleja ovat liike ja tuotanto. (Hobbs 2003, 135-138.)

#### 2.4.5 Tahtiaika

Takt time, suomeksi tahtiaika, on saksankielinen ilmaisu rytmille ja se on kriittinen termi valmistusjärjestelmien suunnittelussa. (Santos ym. 2006, 44.) Valmistuksessa tahtiaika tarkoittaa kullekin liikkuvalla tuotantolinjalla olevalla työasemalle varattua aikaa, joka sallii työasemalle osoitetun tehtävän suorittamisen niin, että koko linja voi edetä yhden aseman kerrallaan. Tahtiaika on myös verrannollinen siihen, kuinka nopeasti valmiit tuotteet tulevat tuotantolinjalta, toimitetaan asiakkaille, ja synkronoidaan asiakkaiden tilausten kanssa. Töiden kasaantumisen ja “aukkojen” välttämiseksi jokaisen työntekijän ja prosessin on suoriuduttava tehtävästä samassa tahtiajassa, muutoin linja täytyy pysäyttää kiinniotta varten. (Oppenheim 2011, 29.)

Santos ja kumppanit määrittelevät tahtiajan siten, että se on päivittäin käytettävissä oleva työaika jaetuna päivittäisellä kysynnällä. (KAAVA 2.)

Tahtiaika= Hyödynnettävissä oleva päivittäinen työaika  
Päivittäinen kysyntä

(KAAVA 2. Tahtiaika) (Santos ym. 2006,45.)

## 2.5 Jidoka

Japaninkielinen sana jidoka on usein käännetty autonomaatioksi, joka on tietävästi ainakin kaksimerkityksinen. Ensinnäkin sillä voidaan tarkoittaa laitteen itsenäistä valvontaa ja toisaalta prosessien yksinkertaista automaatiota. Jidoka voidaan määritellä myös automaatioksi ihmisen kosketuksella.

(Santos ym. 2006, 12.)

Siitä huolimatta, että JIT on luultavasti tunnetuin Toyota production systemin ominaisuuksista, Jidoka sai alkusysäyksensä jo huomattavasti tätä aiemmin, itseasiassa jo ennen Toyotan moottoriyhtiöiden perustamista. Nimittäin jo 1920-luvulla Toyota moottoriyhtiöiden perustajan Kiichiro Toyodan isä, Sakichi Toyoda kehitti automaattisia, moottoroituja kutomakoneita. Eräs Sakichin tuon aikaisista keksinnöistä oli mekanismi, joka pysäytti kutomakoneen automaattisesti, kun lanka katkesi. Tämän keksinnön katsotaan muodostaneen pohjan Jidokalle. (Liker 2006,16.)

Toyotan toimintafilosofiassa ihmisten kunnioittaminen on keskiössä, eivätkä koneet hallitse ihmistä, vaan niiden tarkoitus on helpottaa työntekijän taakkaa. Vain ihminen on kykeneväinen ajattelemaan ja ratkaisemaan ongelmia. Perinteisesti Jidokalla tarkoitetaan laadun sisään rakentamista ja laitteiden suunnittelua siten, että ne voivat työskennellä ilman ihmisen jatkuvaa läsnäoloa, mutta vikatilanteissa pysähtyvät itsestään ja tekevät hälytyksen, jolloin tarvittavat toimenpiteet tehdään välittömästi.

Jidokan avulla saavutetaan sekä laadullisia että kustannuksellisia etuja:

- Jidoka pysäyttää työn välittömästi ongelman ilmetessä, mikä estää viallisten osien valmistuksen. Samalla se suorittaa tarkastusta, korostaa ongelmien syitä, pakottaa jatkuvaan kehitykseen ja parantaa laatua. Siinä missä automaatiolla keskitytään vähentämään ihmistyötä, Jidoka-autonomaatiolla pyritään parantamaan laatua.

- Jidoka ehkäisee laitteiden vaurioitumiselta ja samalla vapauttaa ihmisresursseja koneilta, jolloin työntekijät voivat operoida useamman askareen parissa samanaikaisesti.  
(Liker 1998, 50-51; Allen, Robinson & Stewart 2001, 26; Hall 1981, 12, 40; Liker & Meier 2006, 10, 177.)

## 2.6 Kaizen

Kaizen on kokonaisvaltainen ja täydellisyyttä tavoitteleva filosofia, joka koskettaa kaikkia organisaation jäseniä. Japaninkielessä ”Kai” tarkoittaa muutosta ja ”zen” hyvää. Kaizen, suomeksi jatkuva parantaminen tai muutos parempaan, on asteittain, pienin mutta säännöllisin askelin tapahtuvaa parannusta. (Cutcher-Gershenfeld, Nitta, Barret, Belhedi, Sai-Chung Chow, Inaba, Ishino, Lin, Moore, Mothersell, Palthe, Ramanand, Strolle, & Wheaton 1998,74; Liker 2006, 26.)

Filosofian ydinajatus on asiakastyytyvyyden parantaminen prosien parantamisen kautta. Parantaminen on päättymätön prosessi, joka voi pitkällä aikavälillä tuottaa dramaattisia muutoksia. (Liker 2006, 87-88; Terence, Boeder. 2003, 72.) Mark R. Hamelin (2010, 18) mukaan yhdysvaltalaisen TWI ohjelman työskentelymetodit ja W.Edwards Demingin malli systemaattiseen ongelmanratkaisuun, niin kutsuttu Demingin laatuympyrä, luovat pohjan Kaizenille.

### 2.6.1 TWI ja Demingin laatuympyrä

#### TWI

Training with industry- ohjelma julkaistiin 1940-luvulla parantamaan sodanaikaisen tuotannon ulostuloa. Twi-ohjelmaan kuului niin kutsutut ”J” ohjelmat, joista yksi, työskentelymenetelmät muistuttavat Hamelin mukaan huomiota herättävän paljon Kaizenin ”toimi”-vaihetta. (Hamel 2010, 16-17.)

#### PDCA

Demingin laatuympyrä kuvaa Kaizenin tieteellistä metodologiaa.(KUVIO 6.) Neljävaiheisen laatuympyrän vaiheet ovat suomennettuna seuraavat:



### 1. Suunnittele- Plan

Tässä vaiheessa asetetaan kohdeprosessin päämäärät ja tunnistetaan vaadittavat parannukset päämäärien saavuttamiseksi.

### 2. Tee- Do

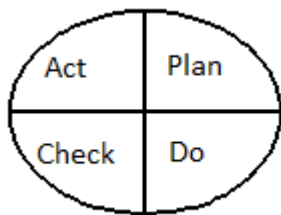
Nyt muutokset toteutetaan.

### 3. Tarkista - Check

Nyt arvioidaan kuinka toteutettu suunnitelma kuljetti kohti asetettuja päämääriä.

### 4. Toimi - Act

Edellisestä vaiheesta riippuen joko standardisoidaan ja stabiloidaan muutokset parannuksen ylläpitämiseksi tai vaihtoehtoisesti aloitetaan alusta.



KUVIO 6. Demingin laatuympyrä. (Mukaiillen Hamel 2010, 17-18.)

#### 2.6.2 Standardoidut tehtävät ja SDCA

PDCA ei ole ainut tieteellinen Kaizen-metodi. Japanissa, Toyotalla ymmärrettiin standardoinnin merkitys paitsi imujärjestelmän ja tehokkaan arvovirran perustana, myös lähtöviivana tai pohjana, joka mahdollistaa kehityksen. Likerin (2006) mukaan prosessin ajoittamisen ja tuoton ennakointi ei ole mahdollista ilman standardoituja tehtäviä. Uusi prosessi on ensin standardoitava ja stabiloitava. Tätä varten on SDCA- ympyrä, joka varmistaa standardoinnin ja stabiloinnin.(KUVIO 7.) SDCA-ympyrän vaiheet suomennettuna:

#### 1. Standardoi

Tässä vaiheessa kehitetään määrätylle prosessille standardit

#### 2. Tee

Nyt otetaan standardit käyttöön

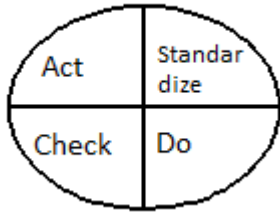
#### 3. Tarkista

Nyt arvioidaan standardien riittävyys ja se, että noudatetaanko standardeja.

#### 4. Toimi

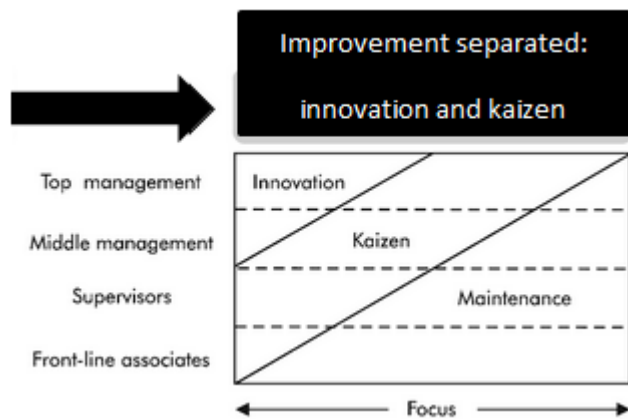
Riippuen edellisen vaiheen tuloksista, tehdään säätö- ja parannustoimenpiteitä.

(Hamel 2010, 18; Liker &Meier. 2006, 153.)



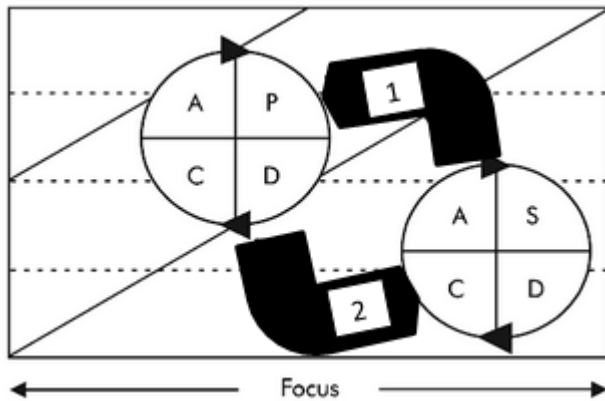
KUVIO 7. SDCA-ympyrä. (Mukaiillen Hamel 2010, 18)

Masaaki Imai (Imai 1997,3) mukaan johdolla on Kaizenin kontekstissa kaksi päätehtävää; ylläpito ja parantaminen. Ylläpito tarkoittaa toimintoja, joilla ylläpidetään olemassa olevia standardeja sekä tuetaan näiden noudattamista koulutuksen ja kurin avulla. Parantamisella tarkoitetaan puolestaan olemassa olevien standardien nostamista pienten parannusten avulla eli Kaizenia tai innovaatiota.(KUVIO 8.) Liker sen sijaan täsmentää, että vaikka länsimaisille yrityksille suunnatussa Lean- koulutuksessa vaiheittaiset muutokset ovat tyypillisesti olleet keskiössä, koska näissä yrityksissä on tätä ennen keskitytty enimmäkseen läpimurtoinnovaatioihin, voidaan Kaizenilla tarkoittaa kumpaa tahansa, läpimurtoinnovaatiota tai vaiheittaista parantamista.(Liker. 2006,26.)



KUVIO 8. Kaizen vastuut. (Mukaiillen Imai 1997, 3)

Kuten sanottu, Kaizenista puhuttaessa standardointi ja stabilointi ovat edellytyksenä parannukselle, joten PDCA itse asiassa seuraa SDCA:ta.(KUVIO 9.) Molempien samanaikainen hyödyntäminenkin on mahdollista etenkin silloin, jos kohdeprosessi on yhä standardoimatta, mutta toisaalta se vaatii myös parannustoimenpiteitä. Hamelin mukaan PDCA –ja SDCA ympyrät edustavat Kaizenin strategian ydintä (Hamel 2010,18, 21.)



KUVIO 9. SDCA- ja PDCA- ympyrät. (Mukaiillen Hamel 2010, 21)

### 2.6.3 Sateenvarjokonsepti

Vuonna 1986 julkaisemassa kirjassaan *Key To Japan's Competitive Success*, Imai esitteli Kaizenin eräänlaisena sateenvarjokonseptina japanilaisille hallintokäytännöille. (KUVIO 10.) Imain mukaan Kaizen-strategian onnistuminen edellyttää ainakin seuraavien järjestelmien ja käytänteiden olemassa-oloa:

- **TQM/TQC**

Japanilaisittain Total Quality/ Control management, suomeksi totaalinen laadun/ prosessin hallinta, on kehitetty hallinnon apuvälineeksi kilpailukyvyn ja kannattavuuden parantamiseksi kaikilla liiketoimintaosa-alueilla. Laatu on etusijalla, mutta kustannukset ja toimitus ovat myös keskeisiä osa-alueita. Totaalisuudella puolestaan viitataan siihen, että se koskee kaikkia aina ylimmästä johdosta lattiatasolle saakka. Lisäksi tällä viitataan ylimmän johdon johtajuuden ja suorituskyvyn merkitykseen menestyksekkään TQM/TQC toteuttamiselle. TQM/TQC edellyttää myös avainprosessien identifiointia, kontrollointia ja parantamista tulosten parantamiseksi.

- **TPM**

Total productive maintenance, suomeksi kokonaisvaltainen ylläpito keskittyy välineiden laadun parantamiseen. TPM pyrkii maksimoimaan laitteiston tehokkuuden ennaltaehkäisevän huoltojärjestelmän avulla. TPM koskee kaikkia tehtaassa.

- **Policy deployment**

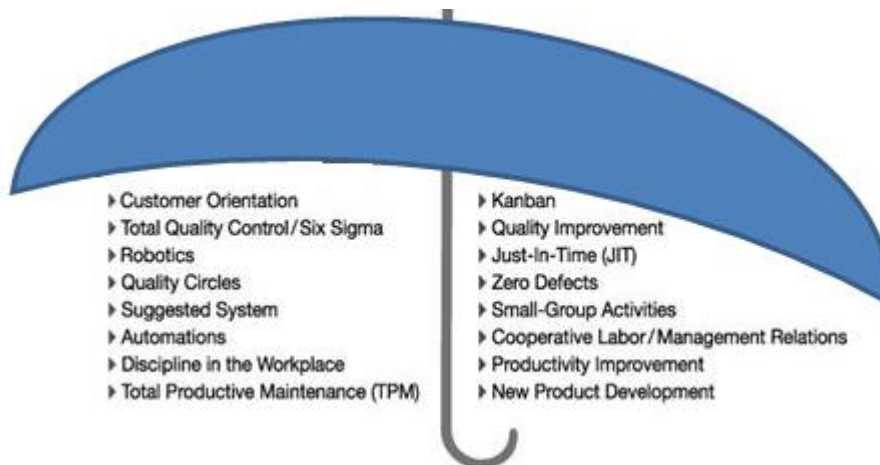
Suomeksi toimintaperiaatteiden asettelu. Jotta parannuksilla voitaisiin saavuttaa mittavia hyötyjä, on johdon linjattava selkeät tavoitteet, jotka opastavat kaikkia ja varmistavat kaikkien Kaizen-toimintojen kohdentamisen kohti tavoitetta. Ylimmän johdon on laadittava pitkántähtäimen strategia, joka pilkotaan keskipitkäksi ja lopulta vuotuisiksi strategiaksi. Johdon on myös suunniteltava strategian jalkauttaminen hallintotason kautta lattialle, jolloin sen tulee käytännössä sisältää tarkat toimintasuunnitelmat ja tehtävät.

- **The Suggest system, Quality circles**

Suomeksi ehdotusjärjestelmä. Jotta parannuksilla voitaisiin saavuttaa mittavia hyötyjä, on johdon linjattava selkeät tavoitteet, jotka opastavat ja varmistavat kaikkien Kaizen-toimintojen kohdentamisen kohti tavoitetta. Ylimmän johdon on laadittava pitkántähtäimen strategia, joka pilkotaan keskipitkäksi ja lopulta vuotuisiksi strategiaksi. Johdon on myös suunniteltava strategian jalkauttaminen hallintotason kautta kohti lattiatasoa. Toimintasuunnitelmien ja tehtävien tulisi tarkentua sitä mukaa, mitä lähempänä strategia on lattiatasoa. John. S Oaklandin (2014, 348) mukaan johdon on usein vaikea hyväksyä sitä tosiasiaa, että todelliset työn asiantuntijat ovat niitä, jotka tekevät työtä päivittäin. Työntekijöiden ehdotusten tuottamista ja toteuttamista varten kehitettiin Japanissa Teian- järjestelmä.

Japaninkielessä Teian tarkoittaa ehdotusta. Teian- järjestelmän päämääränä on kehittää työntekijöiden Kaizen-mielisyyttä sekä itsekuria. Järjestelmä kannustaa työntekijöitä tekemään nopeita, edullisia, pienen mittakaavan ratkaisuja omalla työskentelyalueellaan. Avaintekijöitä ovat kohteen selkeys ja toteutuksen nopeus, joka johtaa pieniin parannuksiin ja mahdollisesti kerryttää suuria säästöjä. Kaizen-työskentely tapahtuu tyypillisesti laatuympyröissä. Oaklandin (2014, 350) mukaan nämä laatuympyrät ovat keskeinen osa japanilaista lähestymistapaa laatuun. Laatuympyrä koostetaan samoissa työtehtävissä olevista vapaaehtoisista henkilöistä, jotka pyrkivät identifioimaan, analysoimaan ja ratkaisemaan ongelmia itsenäisesti. Kaizenin tavoitteena on varmistaa, että kaikki organisaation jäsenet ovat orientoituneita jatkuvaan parantamiseen omassa toiminnassaan sekä valmentaa heitä hyväksymään jatkuvan muutoksen.

Kaizen opettaa yksilöille muun muassa tehokasta pienryhmätyöskentelyä, ongelmanratkaisua, prosessien parantamista ja dokumentointia, tiedon kokoamista ja analysointia sekä itseohjautuvaa johtamista vertaisryhmässä. (Liker 2006, 87-88 ; Dale ym. 2009, 66-67; Oakland 2014, 348-350; Imai 1997, 7.)



KUVIO 10. Sateenvarjo-konsepti. (Mukaiillen Imai 1997, 7)

#### 2.6.4 5S

5S on japanilainen työpisteen järjestämiseen kehitetty menetelmä. Lean- järjestelmät hyödyntävät 5S:ää tahtiajan mukaisen virtauksen tueksi. Taitavasti käytettynä se tekee myös ongelmia näkyväksi. 5S-menetelmän ajatuksena on, että työskentely tapahtuu vain keskeisten elementtien läsnä ollessa. Santosin ja kumppaneiden mukaan menetelmän taustalla on Hiroyuki Hirano, joka kehitti menetelmän järjestämään ja puhdistamaan työpistettä. Yksinkertainen, mutta tehokas laatukäytäntö 5s auttaa paitsi tunnistamaan ja eliminoimaan jätteen työpisteellä myös luomaan ja ylläpitämään tuottavaa ja laadukasta ilmapiiriä organisaatiossa (Sarkar ym. 2005,2). (Santos ym. 2006, 148.)

5S-metodologia tukeutuu viiteen vaiheeseen, ja vaiheet juontuvat japaninkielisistä sanoista:

- **Seiri** eli lajittelu. Tässä vaiheessa tarpeelliset ja tarpeettomat elementit erotellaan toisistaan.
- **Seiton** eli säännöllisyys (systematisointi). Nyt tarpeelliset elementit järjestetään siten, että ne ovat kaikkien löydettävissä, käytettävissä ja ne palautuvat käytön jälkeen omille paikoilleen.
- **Seiso** eli siisteys ja puhtaus. Tässä vaiheessa siivoustoimet ovat keskiössä.
- **Seiketsu** eli standardisointi.
- **Shitsuke** eli ylläpito. Santos ym. 2006, 148.)

### 3 SIX SIGMA

Six Sigma on samalla sekä vertailumitta, että filosofia. Toisaalta se voi olla статистиikkaa, kehitysstrategiaa tai vaikkapa suorituskkytavoite. Merkitys määräytyy asianyhteyden mukaan. SixSigma -metodologian taustalla on vanha visio lähes täydellisten tuotteiden ja palveluiden tuottamisesta asiakkaalle. Asiakas on tärkein elementti, tekemisen ja parannustoimien prosesseissa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 11-19; Staphenurst 2005, 424.)

Keskeinen ajatus SixSigma -metodologiassa on vaihtelun pienentäminen eli mahdollisimman pieni standardipoikkeama. Vaihtelu aiheuttaa virheitä, ja virheet puolestaan vikoja, jotka taas synnyttävät materiaalin ja ajan hukkaa. Matemaattisesti vaihtelu ja toistettavuus liittyvät käänteisesti toisiinsa, kun vaihtelu kasvaa, toistettavuus heikkenee. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 18 ; Taghizadegan 2010, 6-8.)

Six Sigma ei ole parannusohjelma, vaan suorituskkyvyn parannusmenetelmä, jonka avulla vähennetään virheellisten tuotteiden määrää ja virhetoimintoja. Virheiden vähentyessä kustannukset pienenevät ja laatu kohoaa. Pienten parannusten sijaan Six Sigma pyrkii merkittäviin parannuksiin, ja tulokseen vaikuttavat tekijät ajatellaan jakautuvan neljälle osa-alueelle:

- Parantunut asiakastytyväisyys
- Lyhentynyt jaksoaika
- Vähentyneet viat
- Jalostusarvottoman työn väheneminen

(Dale ym. 2007, 9, 469-470; Karjalainen & Karjalainen 2002, 23-24)

Polysemiasta johtuen Six Sigman yksiselitteisen perusmääritelmän määrittäminen on haastavaa, mutta Schoder ym., (2008), kiteyttää metodologialle keskeiset piirteet seuraavasti:

”Six Sigma on järjestelmällinen rinnakkaisrakenne, jolla on tarkoitus vähentää organisatoristen prosessien variaatiota käyttämällä kehittämiseen erikoistunutta henkilöstöä, rakenteista metodia ja suorituskkyjen mittausta strategisten tavoitteiden saavuttamiseen.”(Schröder, Linderman, Liedtke & Choo 2008, 540.)

Six Sigmaa on luonnehdittu myös seuraavasti: Six Sigma on ideakeskeinen, staattinen, globaalisti suunniteltu, vertikaalisesti integroitu ja modulaarisesti rakennettu kokonaisuus, jonka päämääränä on arvon lisääminen laadun parantamisen kautta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.)

Six Sigma -konsepti tuottaa laatua kaikilla liiketoiminnan osa-alueilla: Tuotteet ja palvelut, hallinto, valmistus ja toiminnot. (Seow 2004, 273)

Prosessin puutteiden tunnistamiseksi ja poistamiseksi sekä ongelmien ratkaisemiseksi SixSigma hyödyntää laadunvarmistusmenetelmiä, määritellyn ongelmanratkaisurakenteen avulla ja siten parantaa saantoa, tuottavuutta ja vaikuttavuutta sekä asiakastyytyväisyyttä. Se perustuu paitsi laadunhallinnan vankkaan ymmärrykseen siitä, mikä merkitys vaihtelun aiheuttajien eliminoimisella on, myös lujaan tuotannon- ja kokoonpanon suunnitteluun. (Dale ym. 2007, 9, 469-470.)

### **3.1 Historia**

Alunperin vuonna 1979 Yhdysvaltalaisliikemies Philip Crosby esitti teoksessa "Quality is free" ajatuksen: Tuote joko täyttää vaatimukset tai ei täytä. Crosby uskoi, ettei laatu ole variaabeli muuttuja; Se ei tunne termistöä hyvyys, tunne, erinomaisuus tai luksus. Toisin sanoen laatu on attribuutti, verrattaessa standardiin tai mittapisteeseen: laatua joko on tai ei ole. Puhuttiin 0-virheestä. Idean ja ratkaisun välillä oli kuitenkin toistaiseksi kuilu. (Dale ym. 2007, 9.)

1980-luvulla laatutietämystä ja koulutusta painotettiin kovasti, ja laadusta tehtiin johtamisen työkalua. Samalla myös kansalliset laatupalkinnot kriteereineen tekivät tuloaan, mallina Yhdysvaltain Malcolm Baldrige-palkinto. Kehitystä siivittivät erityisesti W.Edwards Deming sekä Joseph M.Juran. Yleisesti 1980-luvulla laadun keskiössä oli Yhdysvaltain laivaston lanseeraama total quality management (TQM) sekä ensimmäinen laatujohtamisen standardi ISO9000:1987. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.)

Samoihin aikoihin, kun laatupiiri vannoi hyväksytyjen oppien nimeen, otti Six Sigma ensiaskeleensa Motorolassa, tuolloin elettiin vuotta 1984. Konseptin kehittämistarpeen taustalla oli japanilaisten ylivoimainen laatu elektroniikka- ja puolijohdeteollisuudessa. Tuolloin Motorola valmisti monimutkaisia laitteita, joissa oli runsaasti komponentteja, mikä aiheutti suuren virhemahdollisuuden tuotteeseen.

Yritys oli pyrkinyt kehittämään laatuaan, ja tätä vaativat myös asiakkaat, mikä synnytti tarvetta jatkuvalle kehitykselle.

Six Sigma- ajattelun ja -konseptin kehittivät Bill Smith, Richard Schroeder sekä Mikel J. Harry. Konseptin tarkoituksena oli kehittää avainprosesseja, tuottavuutta sekä laatua pienentäen samalla kustannuksia. Kolme vuotta myöhemmin, tammikuussa 1987 Motorola julkisti Six Sigma Quality Program-ohjelman. Ennen julkistamista yksi kolmesta kehittäjästä, jo edesmennyt insinööri Bill Smith oli tutkinut virheiden ja poikkeamien kokonaisvaikutuksia tuottavuuteen ja laatuun. Tämä tutkimus loi perustan Richard Schroederin sekä Mikel J.Harryn jatkokehitykselle, missä konkreettinen kysymys, kuinka Six Sigma saavutetaan. Vain vuotta myöhemmin Six Sigma Quality Program- ohjelman julkistamisesta Motorolalle myönnettiin USA:n presidentin lautupalkinto, Malcolm Baldrige. Kansantietoisuuteen metodi tuli viimeistään samana vuonna 1988 julkaistun kirjasen ”The Nature of Six sigma” myötä. (Dale ym. 2007, 9, 469-470.)

Six Sigma- menetelmän jatkokehitys tapahtui 1990-luvun taitteessa, jolloin Mikel J. Harry toimi ABB:n varapresidenttinä. Hänen vastuullaan oli tuolloin laatusysteemin kehittäminen. Samoihin aikoihin, 1990-luvun alussa TQM, hallitseva teoreettinen ja empiirinen paradigma laadunhallintaan, oli herättänyt suurta huomioita. Lautupalkintoja jaettiin, virheet katosivat ja laatu parani, mutta merkittäviä tulosten parannuksia ei kuitenkaan syntynyt. Asiaa päädyttiin tutkimaan, ja havaittiin, että laatu johtaminen (TQM) ei kyennyt muuttamaan yritysten tuloksia merkittävästi. Esimerkiksi Timothy Bergquist sekä Kenneth D. Ramsing toteavat artikkelissaan Measuring Performance After Meeting Award Criteria, ettei kyetä osoittamaan, ovatko lautupalkinnon voittaneet yritykset suoriutuneet muita paremmin. Alkoi laadun uudelleen arviointi, jolloin mm. Malcolm Baldrige- palkintokriteerit muuttuivat asiakas-tyytyväisyys- ja tulospainotteisiksi. Monet yritykset pyrkivät nyt yhdistämään laadun konsepteja liiketoimintarealiteetteihin, mikä osaltaan lisäsi kiinnostusta kvantitatiivista Six Sigma -menetelmää kohtaan. (Bergquist&Ramsing 2014 ;Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.)

Siinä, missä Six Sigma miellettiin toisaalla täysin uudeksi ja erilliseksi kokonaisuudeksi, toisaalla se tulkittiin TQM-hallintostrategian jatkeeksi, mikä on ymmärrettävää, sillä vaikka Six Sigma menetelmänä voidaan katsoa syntyneeksi vasta muutamia vuosikymmeniä sitten, ovat sen juuret mittastandardina huomattavasti kauempana. Six Sigma on mittastandardi vaihtelulle, joten se linkittyy 1920-luvulle, Walter A. Shewhartin kehittämään teoriaan, joka selittää kaikissa palvelu – ja teollisuusprosesseissa olevan vaihtelun. Lisäksi Six Sigma on saanut paljon vaikutteita suurilta laatuguruilta kuten



Crosby, Deming ja Juran. (Bergquist&Ramsing 2014 ; Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11; Regan 2008, 98.)

Myös Schoder ym.(2008) toteavat, että kaiken kaikkiaan Six Sigma ei suhteessa aiempiin periaatteisiin tai laatutyökaluihin ole täysin uusi, vaikka käyttöönottoprosessi ja Six Sigman rakenne ovat sinällään uusia. Tiedettävästi TQM otti laadun huomioon prosesseissa ja otti sen mukaan päätöksentekoon, mutta mitä lisää Six Sigma tuo tähän? Schoder ym., (2008) esittelivät neljä keskeistä Six Sigman tuomaa lisäystä TQM-hallintostrategiaan, jotka kuuluvat pääpiirteittäin seuraavasti:

Six Sigmassa on tarkkaan jäsennetty metodi, jonka seuraaminen on ehdotonta. Organisaatiolta vaaditaan täysi tuki ja sitoutuminen metodologian käyttämiseen. Ehdoton seuraaminen edellyttää Six Sigma-toimihenkilöiden intensiivistä koulutusta sekä metodologiaan kuuluvien työkalujen integrointia organisaation toimintaan. (Schroeder ym. 2008, 545, 548 ; Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.)

Jokaiselta Six Sigma- projektilta ja Six Sigma- kehityshenkilöltä vaaditaan yleensä taloudellisia tuloksia, esimerkiksi tuottavuuden ja säästöjen muodossa, ja tuloksia seurataan auditointien avulla. Ylipääntään Six Sigman tapa kohdistaa taloudelliset ja liiketoiminnalliset tavoitteet on lähes ainutlaatuinen. (Schroeder ym. 2008, 546, 548 ; Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.)

Six Sigma edellyttää merkittävää määrää kokoaikaisesti työskenteleviä, kehitykseen erikoistuneita ammattilaisia. Lisäksi kehitysmetodin toiminta tulee kouluttaa myös muille organisaation työntekijöille. (Schroeder ym. 2008, 546, 548 ; Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.)

Six Sigmaan liittyy metodologiaan erityisesti kehitettyjä mittareita, joiden avulla metodologian tuomat parannustulokset ja prosessin kunto voidaan konkretisoida. Tällaisia mittareita ovat mm. DPMO (defect per million opportunity) ja sigmataso. Mittarit kannustavat vaativiin, mutta realistiin tavoitteisiin ja vahvistavat prosessin parantamista. Mittareiden avulla voidaan lisäksi varmistaa asiakasvaatimusten huomiointi prosessin parannusvaiheessa. (Schroeder ym. 2008, 548 ; Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.)

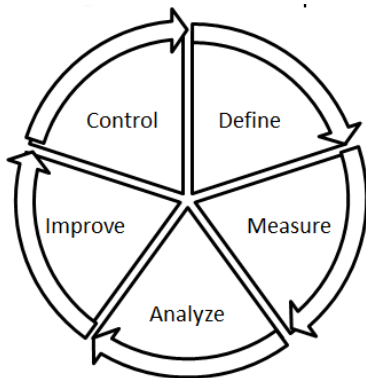
### 3.1.1 DMAIC

Dmaic edustaa Six Sigman parannusmetodologiaa. Dmaic on lyhenne, joka muodostuu englanninkielistä sanoista: Define, measure, analyze, improve ja control. (KUVIO 11.) Vaiheet sekä vaiheille ominaiset toimenpiteet ovat suomennettuna:

1. Määrittele-vaiheessa määritellään projektin päämäärät, asiakkaan vaatimukset sekä prosessit, jotka johtavat päämääriin
2. Mittaa -vaiheessa mitataan prosessin suorituskykyä ja lasketaan kyvykkyys, sigmataso
3. Analysoi- vaiheessa selvitetään prosessin nykytilan ja tavoitetilan etäisyys toisistaan, lajitellaan ongelmat tärkeysjärjestykseen sekä selvitetään juurisyitä.
4. Paranna-vaiheessa luodaan ongelmiin ratkaisuja ja ehkäistään näiden toistuminen, kunnes päämäärä saavutetaan
5. Ohjaa-vaiheessa ylläpidetään parannusta standardoinnin avulla.

Metodologian vaiheet muodostavat kehän, joka pohjautuu aiemmin käsiteltyyn Demingin PDCA- pyörään.

(Oakland 2014, 297.)



KUVIO 11. Dmaic-vaiheet. (Mukaillen Oakland 2014, 297)

### 3.1.2 DFSS

Design for Six Sigma on strategia, joka perustuu samoihin johtamisfilosofian periaatteisiin kuin SixSigma- parantamistrategia. Molempien tarkoituksena on saavuttaa suorituskykytaso, joka vastaa SixSigmaa. Keskeinen ero SixSigma -parantamisstrategian ja DFSS:n välillä on, että olemassa olevien prosessien parantamisen sijaan DFSS:ssä keskitytään suunnittelemaan tuotteet ja prosessit alusta alkaen siten, että Six Sigma- suorituskyky saavutetaan. Kapur ym. tiivistävät parannusmetodologian pääta-

voitteeksi: ”Tee oikein ja koko ajan.” DFSS päätavoite on sen sijaan: ” Suunnittele oikein heti alun alkaen”. Kokonaisuutta ajatellen asiakkaan tarpeen tyydyttäminen on luonnollisesti molempien päätavoitteena. (Kapur& Pecht 2014 ,102-104.)

DFSS on siinä mielessä parannusmetodologian jatkumo, että epäonnistunut parannusyritys johtaa usein uudelleen suunnitteluun. Toisaalta DFSS tarjoaa viitekehyksen, jonka avulla Six Sigma voidaan rakentaa sisään uusiin tuotteisiin ja prosesseihin osittain samoja työkaluja hyödyntäen kuin parannustavoiteltaessa. (Desai 2010, 59-60; Furterer 2009, 61; Kapur& Pecht 2014, 102-104.)

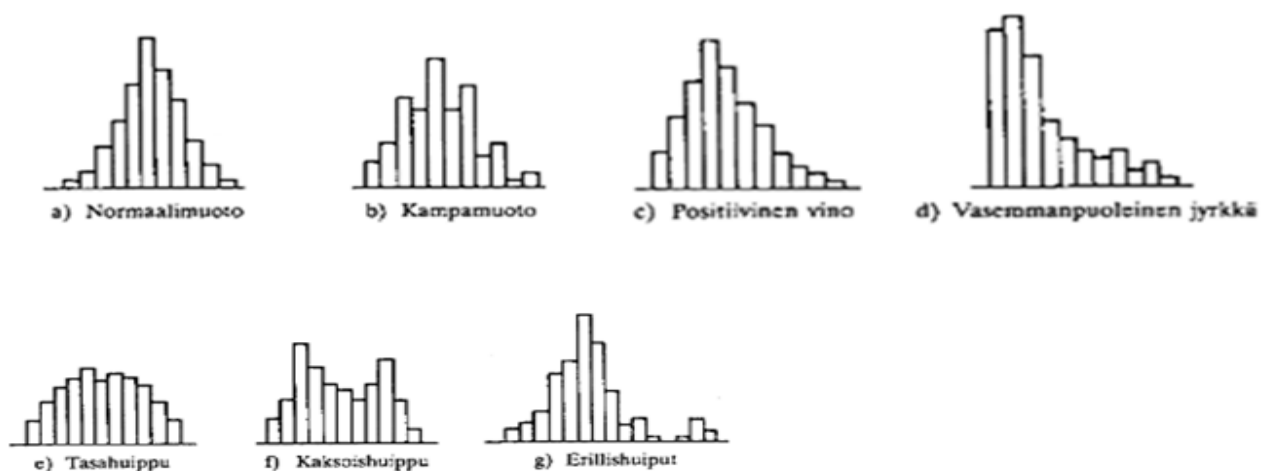
DFSS varten on olemassa useita metodologioita. Esimerkiksi Dmadv (define, measure, analyze, de-sing, verify), joka on samankaltainen kuin parantamismetodologiana hyödynnetty Dmaic, mutta sisältöään hieman poikkeava, koska parantamisen sijaan keskiössä on uuden luominen. (Desai 2010, 60-64.)

## 4 TILASTOLLISET MENETELMÄT

### 4.1 Jakautuminen

Six Sigman metodologia käyttää tilastollista teoriaa ja olettaa näin ollen, että jokainen yksittäinen tekijä voidaan kuvata tilastollisella jakautumiskäyrällä. Tyypillisesti tutkittavasta aiheesta pystytään rajaamaan joukko havaintoja, jotka omaavat numeerisia arvoja. Joukon käyttäytyminen saattaa pinnallisesti tarkasteltaessa vaikuttaa täysin sattumanvaraiselta, mutta syvällisempi tarkastelu saattaa osoittaa jonkinasteisen logiikan olemassa olon. Tapahtumien ymmärtämistä varten on olemassa lukuisasti arvojen välistä logiikkaa kuvaavia malleja ja työkaluja. (Milton & Arnold 1995, 114-115.)

Histogrammi on työkalu, jonka avulla tieto voidaan järjestää muotoon, joka tuottaa hyötyä tiedonkerääjälle. On olemassa useita eri histogrammityyppisiä, jotka ovat eroteltavissa toisistaan ja joiden tyyppin perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä tulosten jakaumasta. (KUVIO 12.) (Kume 1985, 51-52.) Histogrammien avulla voidaan muun muassa selvittää vaihteluväli, onko mitattu tieto normaalisti jakautunut vai ei, tarkasteltavan suureen suurin ja pienin arvo tai pysyvätkö tarkasteltavan suureen arvot spesifikaatorajoissaan.



KUVIO 12. Histogrammimuodot. (Mukailen Lähtenmäki & Leiviskä 1998, 26).

- a) **Normaalimuoto**, keskiarvo vaihteluvälin keskellä, esiintymistiheys keskellä suurin ja pienenee reunoille siirryttäessä asteittain.

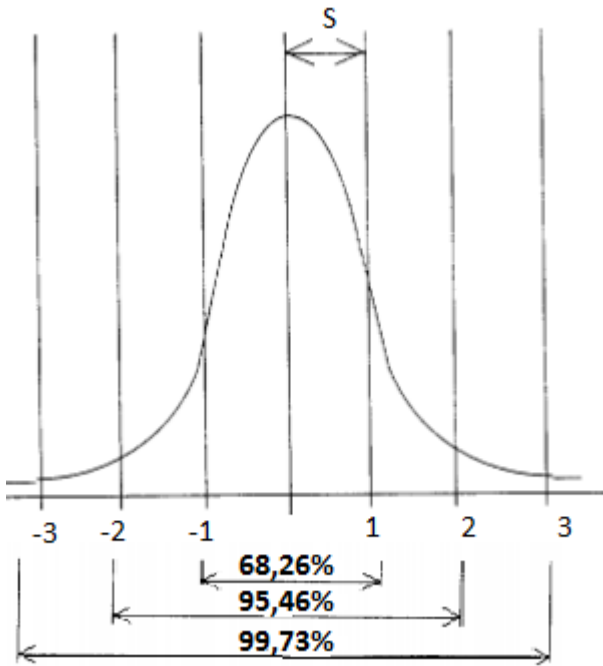
- b) **Kampamuoto**, histogrammissa joka toisessa luokassa matalampi frekvenssi. Väärään suuntaan pyöristetetyt mittausarvot tai luokasta toiseen muuttuva mittausarvojen määrä synnyttää muodon.
- c) **Positiivinen** (negatiivinen) vino, keskusta vasemmalla (oikealla) vaihteluväli on keskustaan nähden. Vasemmalle (oikealle) mentäessä frekvenssi pienenee jyrkästi tai oikealle (vasemmalle) mentäessä hitaasti. Teoreettinen ylä- tai alarajojen tai speksirajojen ohjaus aiheuttaa kyseisen muodon syntymistä.
- d) **Vasemmanpuoleinen (oikeanpuoleinen) jyrkkä**, vaihteluvälin keskustasta kaukana vasemmalla (oikealla) histogrammin keskiarvo. Frekvenssi pienenee jyrkästi vasemmalle (oikealle) ja loivasti oikealle (vasemmalle).
- e) **Tasahuippumuoto**, jokaisessa luokassa frekvenssi on likimain sama, pois lukien reunimmat luokat. Useiden jakaumien yhdistäminen, joiden keskiarvot poikkeavat toisistaan, synnyttää tasahuippumuotoa.
- f) **Kaksoishuippumuoto**, Histogrammissa frekvenssi alhainen vaihteluvälin keskellä ja huiput keskustan molemmin puolin. Muoto syntyy, kun yhdistetään kaksi eri jakaumaa, joiden keskiarvot poikkeavat toisistaan merkittävästi.
- g) **Erillishuiput**, muistuttaa normaalijakaumaa, mutta sisältää lisäksi pienen erillishuipun. Muoto esiintyy, kun mukana on muutamia arvoja eri jakaumista.

(Lähteenmäki & Leiviskä 1998, 26.)

Yleisin histogrammimuoto, normaalijakauma tai Gaussin jakauma, on jatkuva todennäköisyysjakauma, joka on todennäköisyysjakaumista tärkein todennäköisyyksien laskemisessa ja ennustamisessa. Normaalijakaumaa nimitetään Gaussin jakaumaksi, koska Carl Friedrich Gauss ja Pierre-Simon Laplace löysivät ilmiön tutkiessaan astronomisten mittavirheiden käyttäytymistä. Todellisuudessa ranskalainen matemaatikko Abraham De Moivre määritteli normaalijakauman ensimmäisen kerran jo vuonna 1733, mutta löytö ei silloin juurikaan huomiota herättänyt. (Milton & Arnold 1995, 114-115.)

Esimerkiksi suorituskyvyn mittaaminen onnistuu ainoastaan normaalisti jakautuneella otosjoukolla. Normaalisti jakautunut joukkio noudattaa Gaussin käyrän kellokäyrämuotoa. Monet luonnonilmiöt noudattavat normaalijakaumaa, ja myös Six Sigma on normaalijakaumasta johdettu toimintamalli. Normaalijakauman määrittelevät keskiarvo ja standardipoikkeama. (KUVIO 13.) Normaalijakaumassa on keskiarvoviivan molemmin puolin yhtä paljon mittausarvoja ja ne jakautuvat seuraavasti:

- +/- 1 s:n sisällä on 68,26 % kaikista mittaustuloksista
- +/- 2 s:n sisällä on 95,46 % kaikista mittaustuloksista
- +/- 3 s:n sisällä on 99,76 % kaikista mittaustuloksista.



KUVIO 13. Mittaustulosten jakaantuminen normaalijakaumassa. (Mukaiillen Lähteenmäki & Leiviskä, 4.)

Standardoidulla normaalijakaumalla eli standardinormaalijakaumalla on keskiarvo nolla ja standardipoikkeama yksi. 100% mahdollisista havainnoista sijoittuu käyrän alle. Käyrä on symmetrinen ja keskiarvon molemmat puolet kattavat 50% kokonaisalueesta. Teoreettisesti n.95% populaatiosta sisältyy  $\pm 2$  sigman alueelle. (Taghizadegan 2010. 7,11,25,26,27; Salomäki 1999, 175-180.)

## 4.2 Sigma

Sigma, standardipoikkeaman kuvaamiseen käytetty kreikkalainen kirjain, on keskimitta, joka kertoo kuinka kaukana mittaustulokset ovat keskiarvosta. Yksikertaisimmillaan Six Sigma on  $6^*$  sigma tunnusluku. (SixSigma 2018a.)

Standardipoikkeama on käytetyin mitta laatuvariaabelille ja yleisesti hyödynnetty estimaatti (KAAVA 3). Keskihajonta kuvaa keskimääräistä poikkeamaa odotusarvosta. Standardipoikkeaman on kaava, missä  $x_1, x_2, \dots, x_n$  = mittaustulokset  $n$  = otosten lukumäärä (Karjalainen & Karjalainen 2002, 18-19.)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

(KAAVA 3. Standardipoikkeama)

### 4.3 Vaihtelu

Sigma eli standardipoikkeama ei yksin esitä konkreettista näkökulmaa prosessin kunnosta. Sen sijaan Sigmataso eli vaihtelutaso, voidaan rinnastaa virheiden suhteelliseen määrään miljoonasta virheen mahdollisuudesta (DPMO), joka tuo keskihajontaa selkeämmän näkökulman prosessin virheiden tuotosta. Six Sigma on erittäin lähellä nollavirhettä, joten se on suorituskykytavoite.

(Karjalainen & Karjalainen 2002, 18-19.)

Vaihtelun määrä kertoo, kuinka suorituskykyinen prosessi on. Terminä Six Sigma kuvaa erittäin suorituskykyisen prosessin vaihtelua. Kun prosessista saadaan pienennettyä vaihtelua, se johtaa käytännössä virheiden määrän vähenemiseen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 8-11.) Vaihtelu tulee joko ulkoa tai sisältä päin. Ulkoapäin tuleva vaihtelu on kysynnän muutos määrän ja lajin suhteen. Vastaavasti sisäinen vaihtelu on materiaalin ohjauksesta ja valmistamisesta tuleva ulostulon vaihtelu määrän ja lajin suhteen. (Qk-Karjalainen 2018a.)

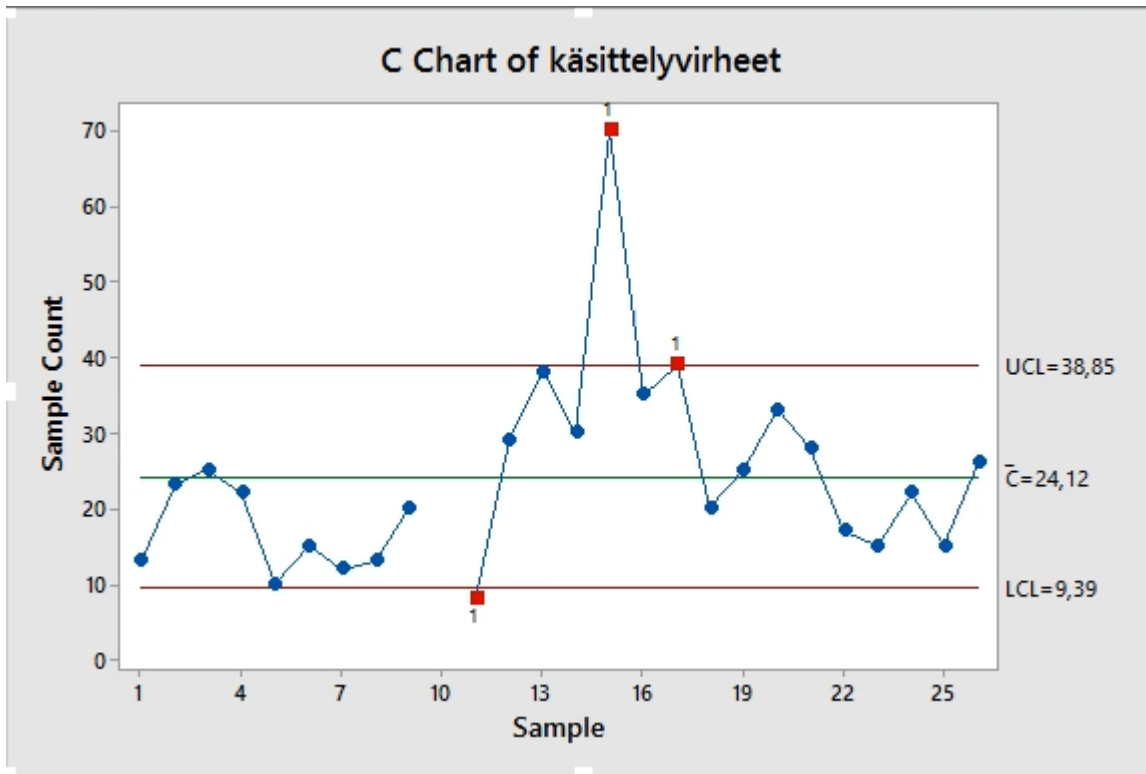
Prosessissa on aina kahdenlaista vaihtelua:

- Yleisistä syistä johtuvaa vaihtelua (common cause)
- Erityisyyvaihtelua (special cause).

Yleisistä syistä johtuva vaihtelu on täysin satunnaista ja sitä voidaan ennustaa. Se on prosessin luonnollista vaihtelua. Erityisyyvaihtelu on ei-satunnaista vaihtelua prosessissa. Se on seurausta tapahtumasta, toiminnasta tai toimintojen sarjasta. Erityisyyvaihtelun luonne ja syyt ovat erilaisia eri prosesseissa. Yleisesti on todettu, että erityisyyitä, jotka voidaan korjata paikallisesti, on 5 –15 %:ia ja yleisiä syyitä, jotka voidaan korjata systeemitasolla, on 85 – 95 %:ia.

Kuten mainittu, esimerkiksi suorituskyvyn selvittäminen onnistuu vain, jos prosessi noudattaa normaali-jakaumaa, on stabiili. Stabiilisuus puolestaan edellyttää, että prosessi on vapaa erityisyyistä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 139; Lähteenmäki&Leiviskä 1998, 5.)

Prosessin stabiilisuus voidaan tutkia ohjauskorttien avulla (KUVIO 14). Ohjauskortit eivät kerro, miksi prosessi ei ole hallinnassa, mutta niiden avulla voidaan erotella satunnais- ja erityisyyt toisistaan.



KUVIO 14.C-kortti käsittelyvirheet.

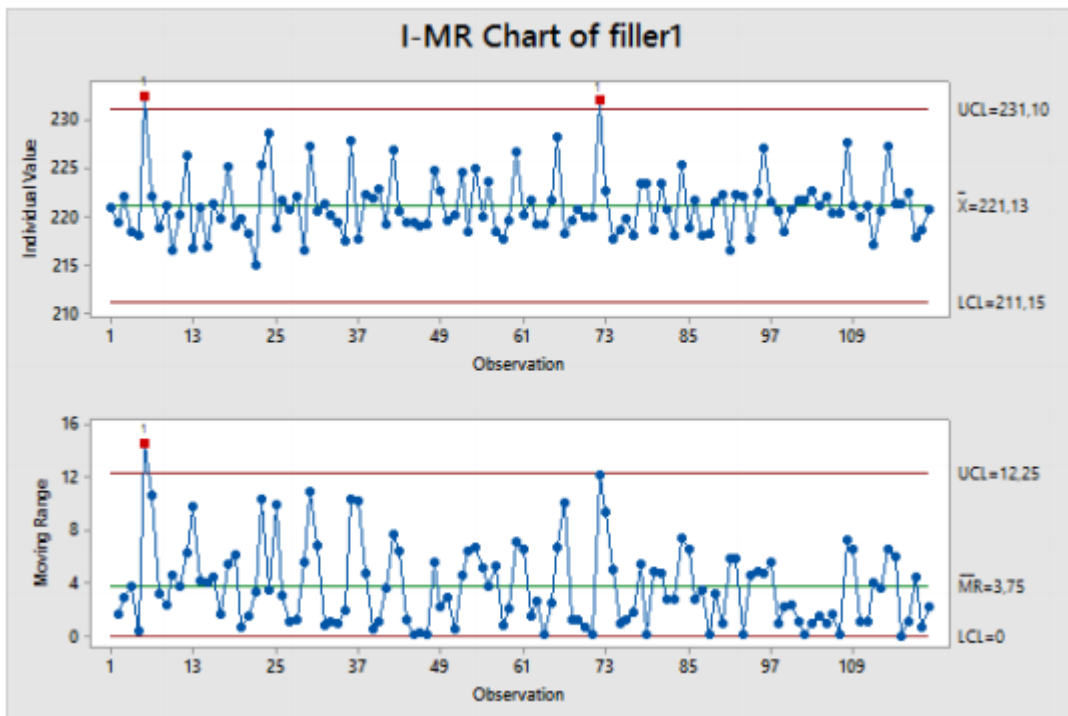
Ohjauskortteihin lasketaan ylä- ja alaohjausrajat (upper control limit, lower control limit), joiden välissä prosessin vaihtelun tulee pysyä (KAAVA 4). Ohjausrajojen perustana voidaan käyttää esimerkiksi luonnollista  $+3$  sigman rajaa. Ohjausrajoista poikkeavat tulokset kertovat erityisyyttä. (KUVIO 15.)

$$UCL = \bar{X} + 3\sigma$$

$$LCL = \bar{X} - 3\sigma$$

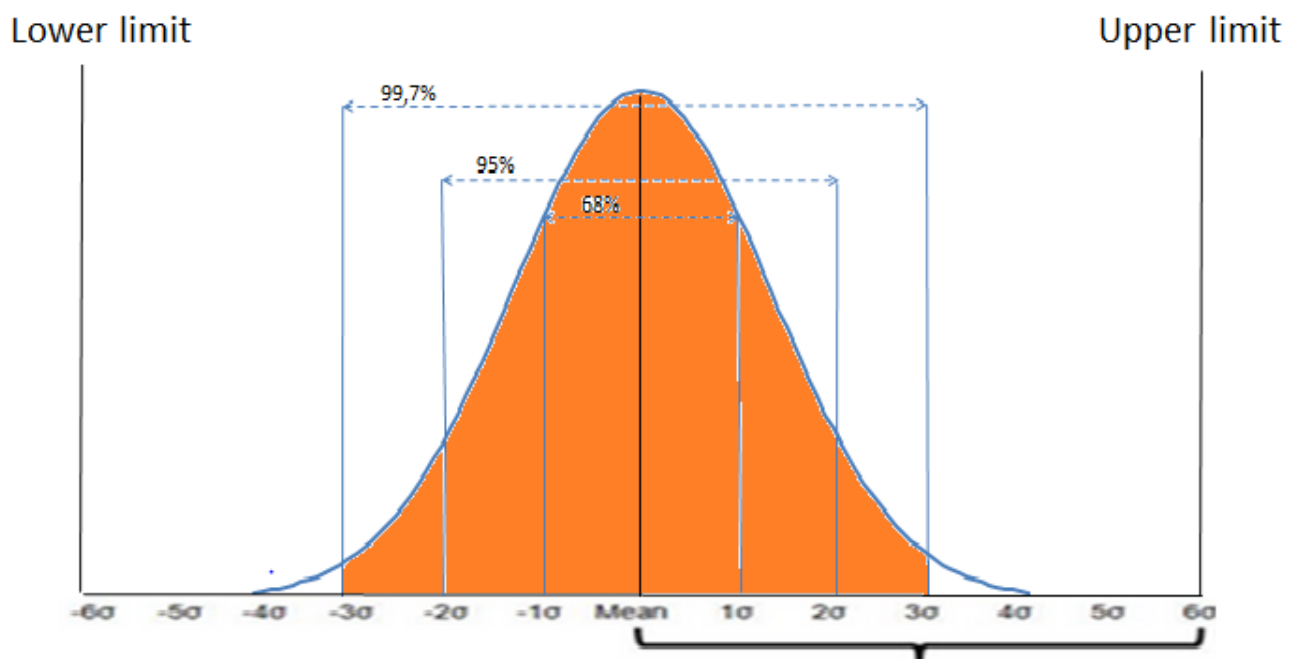
(KAAVA 4. Ohjauskortin ylä- ja alarajat)





KUVIO 15. I-kortti

Normaalijakauman käyttö mahdollistaa otosten käyttämisen prosessin kokoaikaisen toiminnan arvioimisessa. Käytännössä Sigmataso on normaalijakaumassa esiintyvä virheettömien toimintojen alue hajoitusten lukumääränä keskiarvosta laskien. (KUVIO 16.)



KUVIO 16. Sigmataso. (Mukaihen Lähtenmäki &amp; Leiviskä 1998, 4)

Sen sijaan virheellisen toiminnan todennäköisyys osuus määritellään yleisen normaalijakauman avulla. Prosessimittarille määritetään alaraja LSL (Lower Specification Limit), joka määrittää alimman hyväksyttävän arvon, ja yläraja USL (Upper Specification Limit), joka määrittää ylimmän hyväksyttävän arvon. Rajat määritellään tyypillisesti asiakasvaatimuksista. Mikäli prosessimittarin tulos ei ole määrittelyrajojen välissä, tulkitaan se virheeksi. Prosessin laatutason yltäessä Six Sigma -tasolle, poikkeamien lukumäärä on 3,4 virhettä miljoonaa mahdollisuutta kohden (DPMO). (TAULUKKO 1.) Virhemahdollisuuden olemassaolo mahdollistaa myös laatutason vertailun eri prosessien, tuotteiden palvelujen TMS. välillä, jolloin Six Sigmaa voidaan käyttää vertailumittana. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 19-20.)

TAULUKKO 1. Sigmataso/DPMO

Sigma taso	DPMO
1	690 000
2	308 537
3	66 807
4	6 210
5	233
6	3

#### 4.4 Suorituskyky

Sigmat ovat verrannollisia suorituskykyvaatimuksiin ( $C_p$ ,  $C_{pk}$ -indeksi), ja niiden molempien avulla voidaan mitata laatua.  $C_{pk}$ -indeksillä ilmaistuna Six-sigma on 1,67. (KAAVA 5). (Karjalainen & Karjalainen 2002, 19-20.)

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad \left| \quad C_{pk} = \min \left[ \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \right]$$

(KAAVA 5. Suorituskykyvaatimukset)

## 5 KATSAUS TEHTAAN NYKYTILANTEESEEN

Ponssen tehtaalla loppuvuonna 2016 käynnistynyt tehdaslaajennushanke eteni vuoden 2018 tammi-kuuhun mennessä harjannostovaiheeseen. Samalla kun Ponsella juhlittiin tuotantotilojen laajentumista 13000 neliömetrillä, juhlanaiheitta antoi myös 13000:s PONSSE-metsäkone. Ponssen historian mittavimman tehdasinvestoinnin ansiosta tuotantotilojen pinta-ala kasvoi liki 1,5-kertaiseksi käsittäen aiemman 2,7:ha sijaan 4 ha. (Ponsse 2018 d.)

Toimitusjohtaja Juho Nummelan mukaan keskittyminen voimakkaasti tavaralajimenetelmän metsäkoneiden kehittämiseen edellyttää niin ikään tuotannolta jatkuvaa kehittymistä, jotta asiakkaiden tarpeisiin vastaaminen vaativilla metsäkonemarkkinoilla on ylipäättään mahdollista. Tehdasinvestoinnin avulla Ponsse hakee korkeamman tuottavuuden- ja laatutason lisäksi joustavuutta ja työturvallisuutta. Muutoksen johdosta tehtaalla kyetään reagoimaan entistä joustavammin muutoksiin markkinatilanteissa sekä entistä joustavampaan asiakaskohtaiseen räätälöintiin sarjavalmistusolosuhteissa. (Ponsse 2018 d.)

Ensimmäisenä uusiin tiloihin muutti maaliskuussa 2018 varastotoiminnot, jonka jälkeen vuorossa oli hakkuupäiden kokoonpanolinja. Elokuussa puolestaan käynnistettiin koneiden valmistus uudella 18-vaiheisella peruskonelinjalla. Työpisteitä linjalla on yhteensä noin 100. Muutoksen myötä myös ohjaamo- ja nosturikokoonpano uudistuvat. Uuden tehtaan on kokonaisuudessaan määrä valmistua 2018 loppuun mennessä. (Leanware 2018 a.)

### 5.1 Tutkimuksen taustat

Tehdaslaajennuksen ja uuden varaston myötä otettiin käyttöön uusi varastoautomaatiojärjestelmä viikolla 10. Automaatiovarastojärjestelmä sisältää laatikkovaraston sekä korkea-lavavaraston, jotka muodostavat yhdessä merkittävän osan tehtaan varastokapasiteetista. Lavavarastopaikkoja automaatiojärjestelmässä on 3900kpl ja pientavarapaikkoja 15500kpl. Sekä korkealavavarasto että pientavaravarasto tulevat SSI Schäferiltä. Automaatiovarastojen lisäksi laajennusosaan avattiin myös perinteinen manuaalivarasto. Varaston kokonaisprosessia, mukaan lukien automaation sekä ihmiset, hallitaan Leanware Oy:n toimittaman WMS-järjestelmän avulla.

Tehtaan varastosta lähtee päivittäin 4000-7000 nimikeriviä metsäkoneiden kokoonpanoa varten. Tässä työssä tarkasteltava ongelma on kokoonpanon nimikkeistössä esiintyvä, pääsääntöisesti kosmeettinen, joskus myös toiminnallinen vaurio. Se estää nimikkeiden hyödyntämisen arvokkaassa metsäkoneessa. Yhteinen nimittäjä vaurioilla on syntytapa, (hankaantuminen, isku tms). Ongelma itsessään ei ole uusi, mutta uuden varastoautomaation käyttöönoton myötä käsittelyvirheiden määrän havaittiin alkaneen kasvaa. (KUVIO 17.)



KUVIO 17. Käsittelyvirheet välillä tammikuu-kesäkuu.

Viallinen osa aiheuttaa moninaisia vaikutuksia. Ensinnäkin asentajan työ häiriintyy, pahimmassa tapauksessa keskeytyy ja asennustyö voidaan joutua tekemään seuraavalla vaiheella. Toisekseen varastosta joudutaan ajamaan viallisen tilalle uutta nimikettä keräiltäväksi ja keräiltävä nimike joudutaan toimittamaan linjalle, mikä luonnollisesti vaatii resurssia varastolta. Mikään ei myöskään takaa, että automaatiovaraston kuljetusyksikössä muut nimikkeet ovat käyttökelpoisia. Tällöin on mahdollista, että kokoonpanolinjalle toimitetaan jälleen viallinen nimike. On myös selvää, että vialliset nimikkeet kuormittavat laatupuolen henkilöstöä. Käyttökelvottomien nimikkeiden lisäksi hukkaa syntyy siis turhien kuljetusten ja muun arvoa tuottamattoman työn muodossa ja laatu kärsii.

## 5.2 Prosessin kuvaus

Nimikkeiden kulku asennuspaikalle tapahtuu monien prosessivaiheiden kautta, jotka ovat samalla potentiaalisia vikaantumispaiikkoja. Vaiheiden hahmottaminen saattaa etenkin toimintaympäristöön ennalta vihkiytymättömälle tuntua vaikealta.

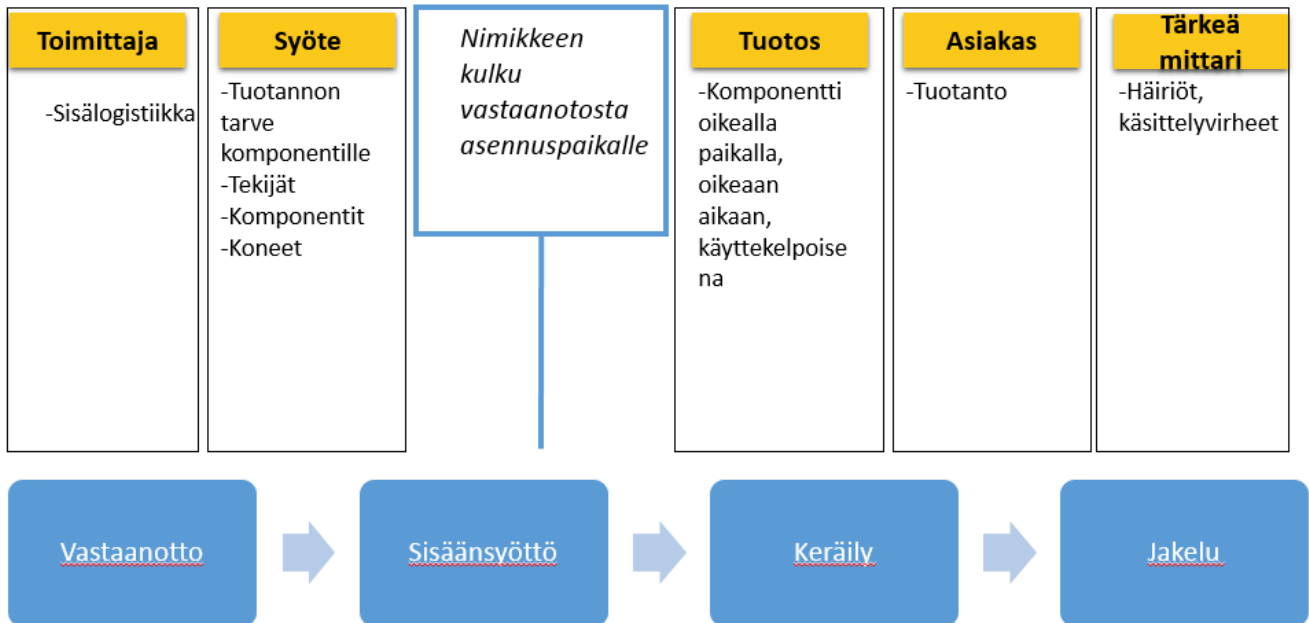
Eräs johdon ja kehittäjien työvälineistä on prosessikuvaus. Prosessikuvaukset auttavat kokonaisuuk-  
sien hallitsemisessa ja helpottavat laadunhallintaa sekä tehostamistarpeiden havaitsemista. Prosessiku-  
vauksia laadittaessa on keskeistä pitää mielessä käyttötarkoitus. Ennen kuvauksen aloittamista tulee  
tunnistaa prosessin syötteet ja tulokset sekä se, mikä on sen käyttötarkoitus, jonka jälkeen voidaan ra-  
jata kuvattava prosessi. (JHS 152, 1,3.)

### 5.3 Tarkastelun rajaus

Tarkastelun rajauksessa hyödynnettiin Sipoc-kaaviota. (KUVIO 18.) Karjaisen&Karjalaisen (2002, 15)  
mukaan Sipoc on ylätasoinen prosessikuvaus josta selviää, mitä prosessin toiminnan kannalta keskeiset  
tekijät (inputit) ovat ja ketkä nämä toimittaa. Mitä tuotteita (output) näistä inpueteista prosessin aikana  
syntyy sekä ketkä ovat prosessin asiakkaita (Karjalainen& Karjalainen 2002, 15). Keskeinen syy Si-  
pocin luomiselle oli tässä yhteydessä kriittisten prosessivaiheiden tunnistaminen sekä tarkastelun aloi-  
tus ja lopetuspisteen selkeyttäminen.

Tässä opinnäytetyössä tarkastelun kohteena oli Ponsse Oyj:n tehtaan sisälogistiikan prosessi. Tarkaste-  
lu sisältää seuraavat vaiheet; vastaanotto, sisäänsyöttö, keräily ja jakelu.

Muun muassa Ritvanen, Inkiläinen, von Bell, A ja Santala erottelevat tulologistiikan ja sisälogistiikan  
siten, että tulologistiikka kattaa toiminnot aina vastaanotosta materiaalin varastointiin saakka, kun sisä-  
logistiikalla tarkoitetaan toimintoja kuten kokoonpano tai huolto. (Ritvanen, Inkiläinen, von Bell &  
Santala. 2011, 20.) Tässä työssä ei tehdä kuitenkaan erottelua tulo- ja sisälogistiikan välillä, vaan sisä-  
logistiikalla tarkoitetaan kaikkea talon sisällä suoritettavaa materiaalin siirtoa ja varastointia.



KUVIO 18. Sipoc-kaavio

#### 5.4 Mittarit

Prosessin keskeinen mittari on tuotannon häiriöt, tarkemmin kokoonpanolinjalla kirjatut käsittelyvirheet. Käsittelyvirheelle tyypillisiä ongelmakuvauksia ovat esimerkiksi naarmut, kolhut, vaurioituneet kierteet, ynnä muut sellaiset virheet nimikkeissä, joita käsiteltäessä voi syntyä. Käsittelyvirheellä ei tässä tapauksessa tarkoiteta väärin toimitettua määrää tai väärää nimikettä, jotka kuuluvat osapuutteidensä piiriin. Käsittelyvirhe ei koske myöskään asentajan itsensä rikkomia nimikkeitä. Käsittelyvirheiden tarkastelujaksona pidettiin tammi-kesäkuuta 2018.

#### 5.5 Materiaaliohjauksen peruseriaate

Ponsen tuotantojärjestelmässä koneiden kokoonpano tapahtuu 18-vaiheisella kokoonpanolinjalla, jonka toiminta on tahtiin sidottu. Kaikki PONSSE-metsäkoneet rakennetaan tilauksesta, asiakkaan tarpeeseen räätälöitynä. Koneen rakenne muodostuu esisuunnitelluista moduuleista, jotka asiakas valitsee tilausta laadittaessa. Tilauksen jälkeen vuorossa on tuotantoon saatto, jonka jälkeen on selvillä, milloin kone valmistetaan, mitä vaiheita valmistusprosessi sisältää sekä mitä nimikkeitä kullakin vaiheella tarvitaan. Nämä tiedot siirretään wms-järjestelmään, jolloin korkealavavarastosta tavara ohjau-

tuu tuotantoaikataulun mukaisesti automaattisesti keräiltäväksi. Pientavara-automaatti puskuroidaan etukäteen ja automaatissa on keskimäärin 6000-7000 riviä valmiina odottamassa yhdistelyä.

Tavaran toimituksen periaatteena on imuohjaus, jolloin tarvesignaali ilmaistaan lopusta alkuun päin. Peruseriaatteena on, että linjalla vaiheella on yksi kärry käsittelyssä, yksi odottamassa ja kolmas on jakelupuskurissa, varastolla. Ketju käynnistyy, kun asentaja kuittaa vaiheen valmiiksi ja ottaa uuden settikärryn settipuskurista. Tällöin jakelu saa luvan toimittaa seuraavan setin linjalle. Kun jakelupuskurista kuitataan settikärry otetuksi, saa korkealavavarasto impulssin ja alkaa toimittamaan seuraavaan settiin kuuluvaa tavaraa keräiltäväksi. Kun HBW-keräily on saatu päätökseen, kuitataan vaihe valmiiksi ja näin pientavaravarasto saa impulssin ja toimittaa settiin kuuluvan pientavaralaatikon settivaunuun yhdisteltäväksi.

## **5.6 Prosessikaavio**

SALATTU





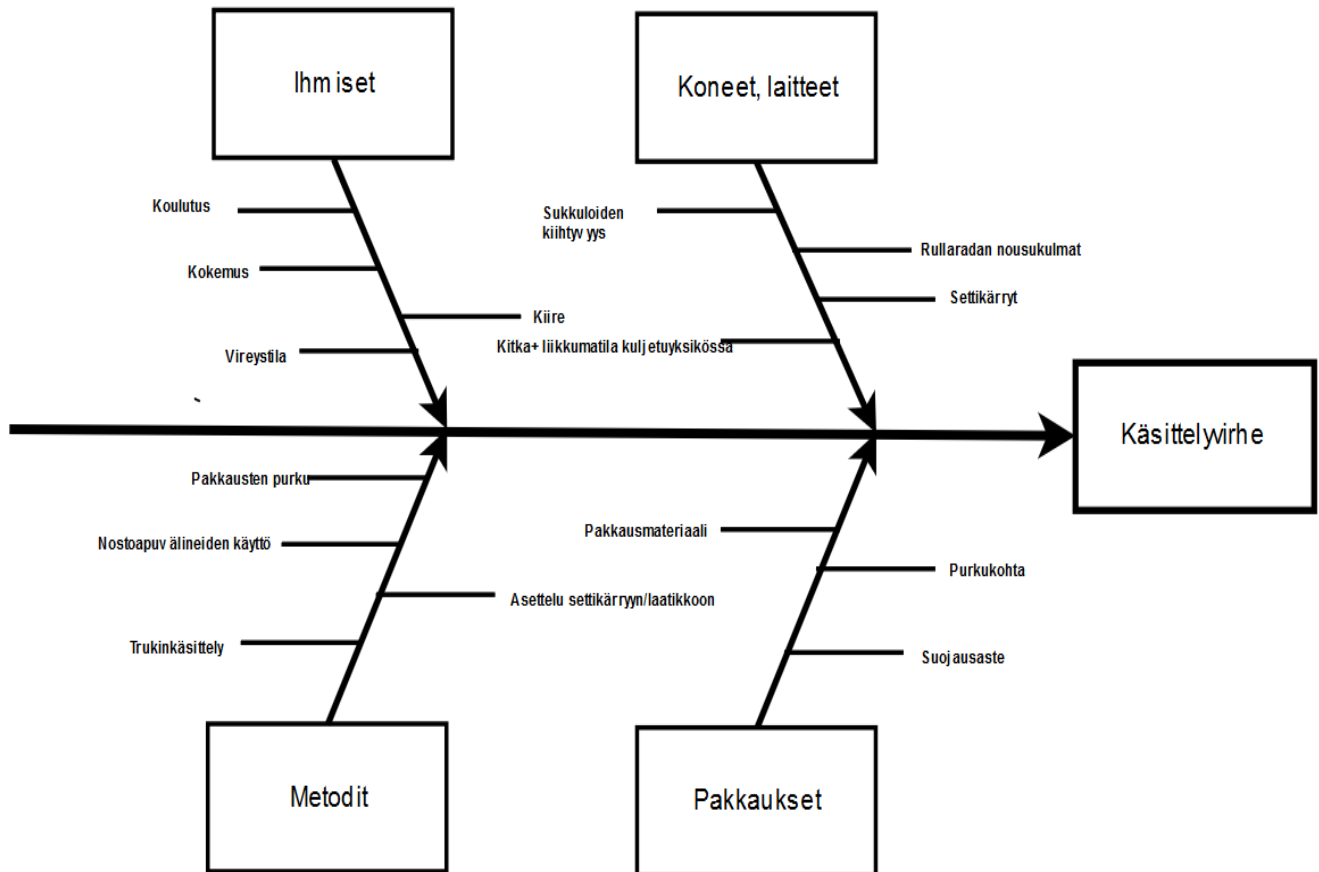




## 5.7 Ishikawa-diagrammi

Ishikawa-diagrammi, tutummin kalanruotokaavio on prosessikehittämisen työkalu, jota hyödynnetään paitsi asioiden luokitteluun myös ongelmanratkaisuun. Ongelmanratkaisussa diagrammia hyödynnetään syy-seuraussuhdein havainnoillistamisen apuvälineenä, tällöin ruodon päähän laitetaan ongelma. Ongelman asettamisen jälkeen keskeiset ongelmanaiheuttajat ryhmitellään ja laitetaan selkäruodosta lähtevien haarojen päihin ja jokaiseen ryhmään vaikuttavat syyt kirjataan haaraan. Perinteisesti Ishikawa- diagrammia laadittaessa ryhmittelyperusteena ovat esimerkiksi ihmiset, koneet, materiaalit sekä ympäristö. Juurisyyn löytämiseksi hyödynnetään usein myös niin kutsuttua 5- miksi tekniikkaa, joka yksinkertaisuudessaan perustuu “miksi?” -kysymyksen toistamiseen viisi kertaa peräjälkeen. (Taghizadegan 2010, 144-145.)

Työssä pyrittiin Ishikawa- diagrammin avulla pohtimaan ja esittämään tekijöitä, jotka vaikuttavat ulostuloon, käsittelyvirheen syntymiseen johtavia syitä, jotka vaikuttavat syntymekanismiin (hankautumiseen, putoamiseen, viiltoon yms) vaikutus. (KUVIO 23.)

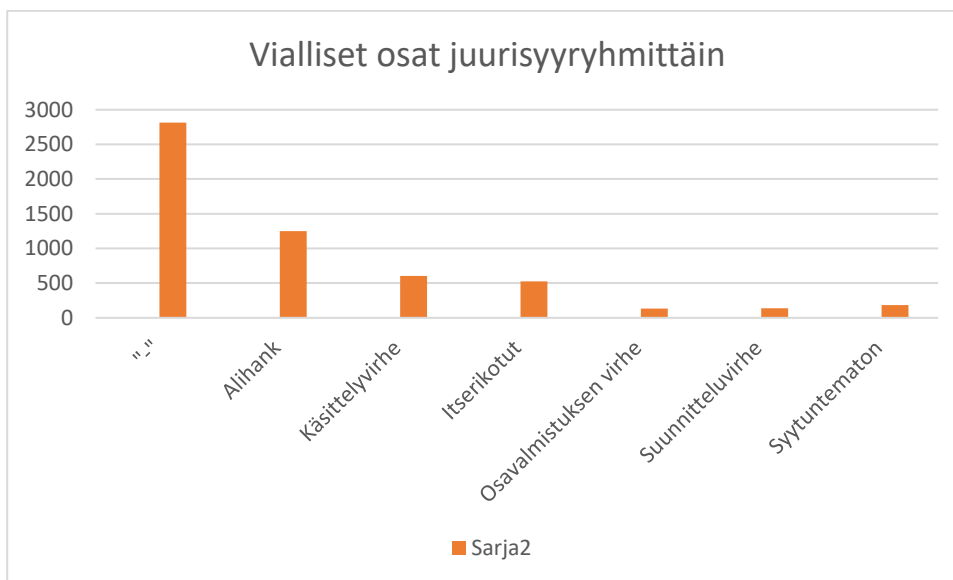


KUVIO 23. Ishikawa- diagrammi.

Vaikuttavia tekijöitä listattaessa esille nousi erityisesti sukkuloiden kiihtyvyys, rullaradan nousukulmat, kuljetusyksikön sisäpohjan kitka ja liikkumatila, nimikkeen suojaus sekä asettelu settikärryyn/laatikkoon. Näistä kaksi ensimmäistä tosin ovat tekijöitä, joihin ei lähtökohtaisesti voitu vaikuttaa, sillä keräysrivitavoitteen täyttämiseksi nopeutta ei voi laskea ja rullaratojen uudelleen muotoilu ei tietystikään tullut kysymykseen. Näiden sijasta kuljetusyksikön sisäpohjan kitka, liikkumatila, nimikkeiden suojaus sekä asettelu pientavaralaatikkoon tai lavalle osoittautuivat tekijöiksi, joihin on kohtuuden rajoissa mahdollisuus vaikuttaa. Lisäksi pyrittiin pohtimaan missä prosessivaiheessa virhe syntyy, miten ja mitkä syyt vaikuttavat virheen syntyyn. (LIITE 1.)

## 5.8 Häiriödatan tutkinta

Ponsen kokoonpanolinjalla viallisen osan vuoksi tammi-kesäkuussa 2018 kirjatuista häiriöistä noin 9% kirjattiin käsittelyvirheenä. Silmiin pistävää on ”-” kirjausten osuus. Nämä muodostavat peräti 50% kaikista kirjauksista. (KUVIO 24.) Koska juurisyytä ei ole kirjattu, virhetyypin tunnistaminen jää kirjaajan vapaasanakuvauksen varaan. Vapaasti kuvailtavia ovat vauriokuvaus sekä virheen syntykuvaus. Vapaasanakuvauksen ongelmana on laajakirjoisuus. Vauriokuvauksena saattaa olla naarmu, rokama, rallukka, raappa, viilto, kolhu, lommo tai muu vastaava tulkinnanvarainen ilmaisu. Ei ole myöskään tavatonta, että ilmaistaan ainoastaan tarve saada uusi nimike. Näin ollen ”-” kategoria, siis tunnistamaton juurisyy yhdessä vapaaselitteisen ja epämääräisen vauriokuvauksen kanssa hankaloittavat keskeisesti sisälogistiikan suorituskyvyn tarkastelua, sillä pelkän vauriokuvauksen perusteella on haastavaa tehdä erottelua asentajan virheen- ja sisälogistiikassa syntyvien vaurioiden välillä. Lisäksi tulkin-  
taa hankaloittaa se, että vapaasanakuvaukset voivat olla väärissä kentissä. Vauriokuvaukseksi on saatettu ilmoittaa esimerkiksi ”putosi lattialle” ja syntysykykuvaukseksi ”lommo”. Kirjauksia on tehty myös selkeästi väärin juurisyyryhmiin. Näin ollen voidaan todeta, että juurisyyryhmät antavat vain suurpiirteisen kuvan viallisenosan vuoksi kirjattujen häiriöiden syistä ja sisälogistiikassa syntyneiden vaurioiden määrän osoittaminen on haastavaa, ellei mahdotonta.



KUVIO 24. Vialliset osat juurisyyryhmittäin

### 5.8.1 Pareto

Pareto- analyysi on priorisointitekniikka, jonka avulla voidaan allokoida keskeisimmät ongelmanaiheuttajat. Analyysi on nimetty italialaisen ekonomin Wilfredo Pareton mukaan, joka 1890- luvulla tutkimuksissaan havaitsi, että suuri osa kansojen vauraudesta oli pienen populaation hallinnassa. 1920-luvun alussa Lorenz loi Pareton havainnoista kumulatiivisen käyrän esittämään 20% hallitsevuutta. Pareton havainto tunnetaan myös 80/20 periaatteena. Myöhemmin Josep.m Juran teki ilmiön tunnetuksi ja loi 80/20 periaatteesta säännön havaittuaan, että ilmiö toteutuu myös laatuongelmissa. Juranin säännön mukaan 20% virhetyypeistä aiheuttaa 80% virheistä. Pareto-kaaviota laadittaessa tiedot luokitellaan käyttötarkoitukseen soveltuvalla tavalla ja kunkin luokan havaintojen lukumäärä esitetään pylväsdiagrammina. Kumulatiivinen kertymä esitetään käyrän avulla. (Dale, Van Der Wiele & Van Iwaarden 2009, 355.)

### 5.8.2 Tutkimuksen tulokset

SALATTU







## **5.9 Korjaustoimenpiteet**

SALATTU









## 6 TULOKSET

### 6.1 Suojausmäärittelyn prosessi ja vastuut

Seuraava tapa perustuu varastoluokkapohjaiseen jaotteluun. Tällöin suunnittelija arvioi nimikkeelle kokoluokan 1,2 tai 3 ja jatkotoimenpiteet määräytyvät sen mukaan. Kokoluokka 3 käsittäisi sellaiset nimikkeet, jotka eivät sovellu korkealavavarastoon, eivätkä näin ollen myöskään pientavaravarastoon. Kokoluokka 1 kattaisi pientavaravarastoon sopivat nimikkeet ja kokoluokka 2 loput. (TAULUKKO 3.)

TAULUKKO 3. Kokoluokan määräytymistaulukko

	Kokoluokka 1	Kokoluokka 2	Kokoluokka 3
Huom! Vähintään 3kpl, max 10,66kg/kpl	< 560mm*360mm*200mm/ 32Kg		
Huom! Vähintään 3kpl, kappale oltava siirrettävissä käsin/nostoapuvälinein		>Kokoluokka1 < 1200*800*2000/750kg	
			>Kokoluokka 2

Kokoluokka 3 toimii itsessään perusteena pakkaussuunnittelun tarpeelle. Kokoluokat 1- ja 2 harkitaan tapauskohtaisesti kriteeristön perusteella. (TAULUKKO 4.) Mikäli nimike on monisärmäinen, siinä on pultteja/muttereita, kyseessä on pyörähdyskappale tms. Kuvaan laitetaan merkintä erityistekijöistä.

TAULUKKO 4. Erityistekijätaulukko

Särmien lukumäärä	Paino	Pultit/ mutterit
>1	>20kg	>0

Suunnittelijalta nimike etenee normaalikäytännön mukaisesti hankintaan. Uutta nimikettä perustettaessa hankinnassa tarkastetaan, löytyykö kuvasta merkintöjä kokoluokka 3- tai E.t- erityistekijöitä. (TAULUKKO 5.)

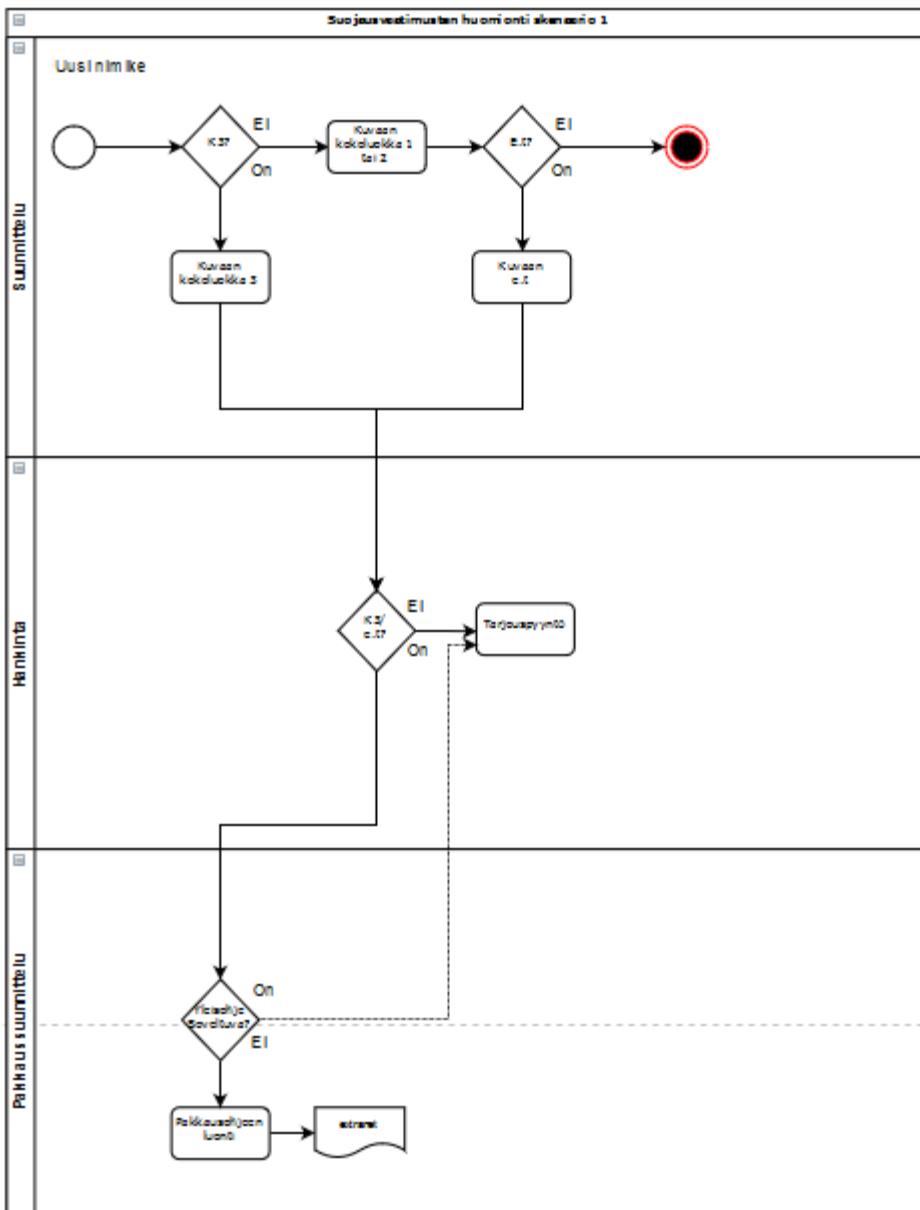
## TAULUKKO 5. Toimijoiden vastuut.

	Vastuut
Suunnittelu	Suunnittelija tekee arvion kokoluokasta, kokoluokka 3 automaattisesti pakkaussuunnitteluun. Kokoluokka 1- ja 2, tapauskohtaisesti. Jos särmikäs, muttereita/ulokkeita tai muita tekijöitä, jotka lisäävät vaurioitumisriskiä tai muulla tavoin asettaa tarpeen erityishuomioonille esimerkiksi tuentojen suhteen, niin pakkaussuunnittelijan käsittelyyn. Tällaisissa tapauksissa kuvaan lisätään E.t.
Hankinta	Hankinnan tehtävänä on nimikettä perustaessa tarkistaa, onko nimike sellainen, että se on arvioitu pakkaussuunnittelua vaativaksi, koko3 tai e. t. Hankinta vastaa myös siitä, että tällaiset nimikkeet päätyvät pakkaussuunnittelijalle.
Pakkaussuunnittelu	Pakkaussuunnittelija laatii nimikkeelle pakkausohjeen mikäli tarpeelliseksi katsoo. Pakkaussuunnittelija lisää ohjeistuksen extranettiin ja tarkentaa ohjeistusta tarpeenmukaan toimittajalle.

Mikäli merkintä on, tällöin nimikkeen tiedot laitetaan pakkaussuunnittelijalle, joka joko hyväksyy tai hylkää suunnittelutehtävän. Hyväksytyään tehtävän pakkaussuunnittelija luo ohjeistuksen ja lisää tämän portaaliin, jolloin suojausvaatimukset käyvät ilmi jo tarjouspyynnössä. Hylätty tehtävä tarkoittaa sitä, että toimittaja hyödyntää yleismääritelmää. (TAULUKKO 6.) Yleismääritelmässä voisi olla sitten tarkempaa jaottelua esimerkiksi nimikeryhmän mukaan. “kokoluokka 1+ ohjaamonvarustelu = ympärisuojaus”. Suojausvaatimusten huomiointiprosessi esitetty kuviossa 30.

## TAULUKKO 6. Suojausvaatimusten yleismäärittely, karkea esimerkki

	pintaluokka1	pintaluokka>1
kokoluokka1	Ympärisuojaus	Eristetään toisistaan
kokoluokka2	Eristetään toisistaan	



KUVIO 30. Suojusvaatimusten huomiointiprosessi.

## 6.2 Jatkotoimenpiteet

Mallia olisi lienee syytä rakentaa kahdesta suunnasta. Jonkinasteinen suojausvaateiden huomiointi etukäteen yhdistettynä tehokkaaseen syytutkintaan ja korjaustoimenpiteisiin kentällä voisi vallitsevassa tilanteessa olla sopiva lähestymistapa.



## **Juurisyytutkinnan tehostaminen**

Häiriökirjausta tulisi tarkentaa. Asentajan häiriökirjauksen kaavakkeeseen tulisi lisätä riittävän tarkkoja kuvausvaihtoehtoja ja lisäselvityskenttä. Näin siitä syystä, että mikäli juurisyytä ei tunnusteta, datan tarkastelu on haastavaa.

Nimikekohtainen häiriökertymän seurantajärjestelmä sekä selkeä prosessi tarkastus- ja korjaustoimenpiteisiin olisi varmasti paikallaan. Useamman häiriön syntyessä nimike toimitetaan automaattisesti laaduntarkastukseen ja pakkaussuunnittelija konsultoi pyydettyä. Varaston viikkopalaverissa on järkevää porukalla pohtia miksi ilmenee häiriöitä ja mitä tehtävissä.

Varastolla voisi olla käytössä esimerkiksi tarra tai erityisvalossa (inrapuna tms.) näkyvä kuittausmerkintä, josta voi vikaantumissyitä pohtiessa tarkistaa, missä prosessivaiheessa nimikkeessä oli jo selkeä virhe havaittavissa. Tällöin syntysyy tai ainakin paikka rajautuisi. Haaste olisi tietysti siinä, että kuittausmerkintä ei itsessään tee virhettä.

## **Varaston mittaristot ja laatu**

Varaston laatutyö tehdään varastossa, ja varaston suorituskykymittaristoa suunniteltaessa tulisi entistä enemmän kiinnittää huomiota laaduntuottoon. Toimitettujen rivien tai pikemminkin nimikkeiden rinnalla olisi hyvä tarkkailla lisäksi virheellisten määrää. Nykyinen järjestelmä edellyttää suurehkon määrän erilaisia, myös manuaalisia siirtelyvaiheita, jolloin virheen syntymahdollisuuksia on myös aiempaa enemmän. Vaikka osa virheistä selittyy automaatiolla, tällöinkin keskeiset muuttujat eli asettelu, suojaus, liikkumatila yms. ovat usein työntekijöiden käsissä. Perehdytyksessä tulisi kiinnittää huomiota etenkin sisäänsyöttövaiheen suojaamistyöhön, lähdelaatikon jättöasetelmaan sekä kohdelaatikon tai settikärryn pakkaamiseen. Edellä mainittuihin, etenkin cuby-sisäänsyöttöön, voisi laatia myös ohjeistusta? Yleisesti tulisi päästä yhteisymmärrykseen myös siitä, että missä vaiheessa suojaus poistetaan.

## **Prosessimalli**

Suojausvaatimusten ennalta huomioon ottaminen edellyttäneen yhtenäistä, toimivaa nimiketiedonhallintajärjestelmää. Nykyisessä tilanteessa on realistista, että suojausvaateisiin voidaan vaikuttaa tehokkaammin hankintapuolella kuin suunnittelupuolella.

## 7 YHTEENVETO

Nykyinen järjestely edellyttää runsaasti nimikkeiden siirtelyä, mikä lisää virhemahdollisuuksia ja näin ollen edellyttää entistä huolellisempia suojausjärjestelyjä.

Nimikkeiden suojausvaateiden järjestelmällinen huomioon ottaminen ilman peräpeilistä katsomista ja toisaalta pakkaussuunnittelijan kohtuutonta panosta on monimutkainen asia ja edellyttäne paitsi rajapintojen välisen kommunikaation saumattomuutta, myös tarkkaa määrittelypolitiikkaa.

Kohdeyritys oli entuudestaan tuntematon, mutta erittäin vastaanottavainen ja lämminhenkinen, mikä osaltaan helpotti työn laatimista. Vaikka merkittävää läpimurtoa ei tämän työn tiimoilta valitettavasti syntynytkään, on kuitenkin selvää, että kohdeyrityksen ”tekemisen meiningillä” ja ammattitaitoisilla tekijöillä on ratkaisu lähitulevaisuudessa vääjäämättä käsissä.

Myös opinnäytetyön aihealue oli ainakin osittain tuntematon entuudestaan, joten se tarjosi erinomaisen mahdollisuuden oppia uutta muun muassa datan käsittelystä, prosessin kuvaamisesta sekä juurisyytuskinnasta. Hyvistä opeista huolimatta on kuitenkin todettava se tosiasia, että vähäiseen kokemukseen nähden tehtävän haasteellisuus koetteli toden teolla. Vaikka kohdeyrityksessä asiat hoituvat mitä parhaiten, olivat tietyt puutteet muilta osin omiaan lisäämään ennaltaan haastavan työn kuormittavuutta, eikä vastoinkäymisiltä voitu täysin välttyä.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi oli erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen haaste, josta ennen kaikkea käy kiittäminen Ponsse Oyj:tä. Opinnäytetyön teoriaosuutta laatiessani sain verrattain kattavan kuvan laadun aihepiiristä, mitä täydensi entuudestaan kohtalaisen monipuolinen kokeellinen osuus. Koen, että monipuolisesti kehittävän opinnäytetyöprosessin päätteeksi olen entistä valmiimpi tuleviin työhaasteisiin.

## LÄHTEET

- Allen, J., Robinson, C. & Stewart, D. 2001. Lean Manufacturing: A Plant Floor Guide. Society Manufacturing Engineers
- Bergquist, T. & Ramsing, K. 2014. Measuring Performance After Meeting Award Criteria. Saata-  
vissa <https://quality-texas.org/wp-content/uploads/2014/11/Awards-and-Organizational-Success-1.pdf>. Viitattu 5.8.2018
- Burton, T. & Boeder, S. 2003. The Lean Extended Enterprise : Moving Beyond the Four Walls to Value Stream Excellence. J. Ross Publishing
- Cutcher-Gershenfeld, J., Nitta, M., Barret B, Belhedi, N., Sai-Chung Chow, S., Inaba, T., Ishino, I., Lin, W., Moore, M., Mothersell, W., Palthe, J., Ramanand, S., Strolle, M., & Wheaton, A. 1998. Knowledge-Driven Work : Unexpected Lessons from Japanese and United States Work Practices Oxford University Press
- Dale Barrie, G., Van Der Wiele, T. & Van Iwaarden J. 2009. Managing Quality. 5-painos. Wiley India
- Desai, D. 2010. Six Sigma. Mumbai: Himalaya Publishing House.
- Furterer, S. 2009. Lean sixsigma in service. Boca Raton: Crc Press inc
- Gross, J. & Kenneth, R. 2003. Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process. Newyork Amacom
- Guide For Implementing Toyota's 4ps. New York (NY). USA: McGraw-Hill Companies.
- Hall, R. 1981. Driving the productivity machine: production planning and control in Japan. Amer Production & Inventory.
- Hamel, M. 2010. Kaizen Event Fieldbook: Foundation, Framework, and standard work for effective events. Michigan. Society of Manufacturing Engineers.
- Haverila, M., Kouri I., Miettinen, A. & Uusi-Rauva, E. 2005. Teollisuustalous. 5-painos. Tampere: Infact johtamistekniikka Oy
- Haverila, M., Kouri, I., Miettinen, A. & Uusi-Rauva, E. 2009. Teollisuustalous. 6-painos. Tampere: Infact johtamistekniikka Oy

- Hobbs, D. 2003. LEAN Manufacturing Implementation : A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer. Ross Publishing, Incorporated, J.
- Holweg, M. 2006, The genealogy of lean production.
- Imai, M. 1997. Gemba Kaizen:A Commonsense, Low- Cost Approach to Management.New York. Mcgraw-hill.
- Juran, J. 1992. Juran on Quality by Desing: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services. USA. THE FREE PRESS
- Kapur, K.& Pecht, M. 2014. Reliability Engineering. New Jersey: John Wiley& Sons
- Karjalainen, E.& Karjalainen, T. 2002. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. Hollola: Quality Knowhow
- Kellberg, A. 2000: Ponsse 1970–2000, Savon savotoilta maailman markkinoille. Vieremä: Ponsse
- Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki Teknologiainfo Teknova Oy
- Kume, H.1985. Statistical Methods for Quality Improvement. Tokyo: AOTS
- Lähteenmäki, M.& Leiviskä, K. 1998. Tilastollinen prosessinohjaus: perusteet ja menetelmät. Sää-  
tötekniikan laboratorio. Raportti B. No 8. Saatavissa: <http://docplayer.fi/6485237-Tilastollinen-prosessinohjaus-perusteet-ja-menetelmat.html>.
- Lai, K. & Cheng, T.2009. Just-in-Time Logistics. Newyork; Routhledge
- Leanware 2018 a. Saatavissa <https://leanware.fi/fi/case/ponssen-tehdaslaajennus>)
- Liker, J.& Meier, D. 2006. The Toyota Way Fieldbook: a Practical
- Liker, J. 1998. Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers. 50-51
- Liker, J. 2004. The Toyota Way.New York. McGraw-Hill.
- Liker, J. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä. Readme.fi
- Lysons, K.& Farrington, B. 2006. Purchasing and Supply Chain Management. 7-painos. Kanada; Pearson Education
- Milton, J.S. & Arnold, J.C. 1995. Introduction to probability and statistics: Principles and applica-  
tions for engineering and computing sciences. New York:McGraw-Hill

- Modig, N.& Åhlström, P. 2016. Tätä on Lean. Rheologica Publishing
- Monden, Y. 1983. Toyota production system: practical approach to production management.
- Oakland, J.2014. TOTAL QUALITY MANAGEMENT AND OPERATIONAL EXCELENCE.4. UK: Routledge
- Oppenheim, B. 2011. Lean for Systems Engineering with Lean Enablers for Systems Engineering. New Jersey. Wiley&Sons
- Paterson, J.2015. Lean Auditing : Driving Added Value and Efficiency in Internal Audit. United Kingdom: John Wiley & Sons
- Ponsse. 2018 b. Sijoittajat. Saatavissa <https://www.ponsse.com/fi/sijoittajat> viitattu 20.6.2018
- Ponsse.2018 a. Tuotteet. Saatavissa <https://www.ponsse.com/fi/tuotteet>. viitattu 20.6.2018
- Ponsse.2018 c. Ponsse. Saatavissa <https://www.ponsse.com/fi/ponsse>. viitattu 20.6.2018
- Ponsse.2018 d. Ponsse. Saatavissa <https://www.ponsse.com/fi/media-arkisto/tiedotteet/ponsse-avasi-tehdaslaajennuksen>
- Qk-karjalainen 2018 a. Saatavissa <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/onko-kaikki-erilaista-vai-ei>
- Regan, G. 2008. A brief history of computing. London: Springer Science& Business Media.
- Ritvanen, V., Inkiläinen, A., von Bell, A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Suomen Huolintaliikkeiden Liitto ry, Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY ry.
- Ross, S.2009.Probability and statistics for engineers and scientists. Fourth edition. San Diego:Elsevier Academic Press. Saatavissa: <http://files.ferraz8.webnode.com/200000069-bc816bd7ae/Artigo5.pdf> viitattu 15.5.2018
- Salomäki, R. 1999. Suorituskykyiset prosessit, hyödynnä Spc. Suomi: Met
- Santos,J., Wysk,R. & Torres,J.2006. Improving Production with Lean Thinking.1-painos. New Jersey: John Wiley & Sons
- Sarkar, D. 2005. 5S for Service Organizations and Offices. USA: ASQ Quality Press.
- Schroeder, R., Linderman, K., Liedtke, C.&Choo, A.2008. Six Sigma: Definition and underlying theory. Journal of Operations Management 26. issue 4

Seow, C. 2004. Six Sigma for operational excellence. Bradford: Emerald Publishing.

SixSigma. 2018 a. Lean. Saatavissa <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/vaihtelu-ja-pdca/viitattu> 20.10.2018

Stapenhurst, T. 2005. Mastering Statistical Process Control : A Handbook for Performance Improvement Using Cases. USA: Routledge

Taghizadegan, S.2010. Essentials of Lean Six Sigma. Burlington: Elsevier Science & Technology

Tsigkas, A. 2013. The Lean Enterprise: From the Mass Economy to the Economy of One. Berlin: Springer-Verlag- Heidelberg.

Voehl, F., Harrington, H., Mignosa, C. & Charron, R. 2014. The Lean Six Sigma Black Belt Handbook. USA: Taylor & Francis Group. Boca Raton

Wilson, L. 2010. How to Implement LeanManufacturing. NewYork, USA:McGraw- Hill Companies

Womack, J.,Jones, D. & Roos, D. 1990. The machine that changed the world. New York: A Division of Simon &Schuster.

Virheen syntymiseen -ja paikan pohdinta

