

Lauri Anttila

LEAN SIX SIGMA

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Kirsi Andersson
Huhtikuu 2020

TIIVISTELMÄ

Lauri Anttila: Lean Six Sigma
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Teknisten tieteiden TkK-tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2020

Kilpailun asiakkaista ja markkinaosuuksista kasvaessa on yritysten pyrittävä kehittämään toimintaansa mahdollisimman kustannustehokkaaksi, laadukkaaksi ja luotettavaksi, jotta voidaan taata yrityksen pitkäjänteisyys. Tästä syystä on kehitetty laatufilosofia Lean Six Sigma. Siinä yhdistyvät perinteiset laatufilosofiat lean ja Six Sigma. Lean Six Sigmassa yhdistyvät leanin hukkan poistaminen ja prosessien nopeuttaminen ja Six Sigman prosessien vakauttaminen.

Six Sigma -laatufilosofian on kehittänyt televiestintäyhtiö Motorola 1980-luvun keskivaiheilla. Siinä keskeisin tavoite on kasvattaa prosessien tehokkuutta ja minimoida prosessissa tapahtuvaa vaihtelua tehden niistä vakaampia. Tuotantoprosessi on Six Sigma -tasolla, kun miljoonasta mahdollisuudesta esiintyy maksimissaan 3,4 poikkeamaa.

Lean-ajattelutavan luoja pidetään Toyotaa, joka kehitti oman tuotantojärjestelmänsä The Toyota Production Systemin (TPS) vuosien 1948-1975 aikana. Leanin keskeisin tavoite on minimoida tuotantoprosesseista arvoa tuottamaton työ ja poistaa kaikki hukka prosesseista. Tällöin voidaan tuotantoprosessit saattaa kustannustehokkaiksi ja nopeiksi.

Tämän työn tavoitteena on selvittää, mikä Lean Six Sigma -laatufilosofia on sekä mitä työkaluja ja keinoja se tarjoaa yritykselle toimintansa kehittämiseen. Ensimmäiseksi tarkastellaan Six Sigmaa ja sen toimintaperiaatteita ja työkaluja. Tämän jälkeen perehdytään leanin peruseriaatteisiin ja keinoihin, joiden avulla yritys kykenee kehittämään toimintaansa. Lopuksi käsitellään Lean Six Sigmaa ja sitä, miten lean ja Six Sigma tukevat toisiaan. Työ toteutetaan kirjallisuusselvityksenä.

Avainsanat: Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ABSTRACT

Lauri Anttila: Lean Six Sigma
Bachelor of Science Thesis
Tampere University
Bachelor's Degree Programme in Mechanical Engineering
April 2020

As competition for customers and market shares grows, companies must strive to develop their operations to be as cost-effective, high-quality and reliable as possible in order to guarantee the company's longevity. For this reason, Lean Six Sigma has been invented. It combines the traditional quality philosophies lean and Six Sigma. Lean Six Sigma provides effective tools and means to eliminate waste from the process, improve process speed, and stabilize processes.

The Six Sigma quality philosophy was developed by the telecommunications company Motorola in the mid-1980s. The main objective is to increase the efficiency of the processes and minimize the variation in the processes, making them more stable. The production process is at the Six Sigma level when there is a maximum of 3,4 deviations per million chances.

The creator of the lean quality philosophy is Toyota, who developed their own production system called The Toyota Production System (TPS) during the years 1948-1975. Lean's main objective is to minimize nonvalue added work and eliminate waste from the production processes. Then production processes can be developed to more cost-effective and faster.

The purpose of this thesis is to find out what the Lean Six Sigma quality philosophy is and what tools and means it offers the company to develop its operations. In the first chapter a literature review is carried out to find out what is Six Sigma and what tools and principles it contains. This is followed by a literature review of lean and its principles and tools. Finally, Lean Six Sigma and how lean and Six Sigma support each other are examined.

Keywords: Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. SIX SIGMA	2
2.1 DMAIC	2
2.1.1 Määritä (Define)	3
2.1.2 Mittaa (Measure)	5
2.1.3 Analysoi (Analyze)	7
2.1.4 Paranna (Improve)	9
2.1.5 Ohjaa (Control)	10
2.2 Six Sigma -roolit	11
2.2.1 Six Sigma -johtoryhmä	11
2.2.2 Sponsori (Champion)	11
2.2.3 Master Black Belt	12
2.2.4 Black Belt	12
2.2.5 Muut roolit	12
3. LEAN	14
3.1 Lean-ajattelun peruseriaatteen	14
3.1.1 Arvon määrittäminen	15
3.1.2 Arvovirran määrittäminen	15
3.1.3 Katkeamattoman virtauksen luominen	15
3.1.4 Imuohjauksen luominen	15
3.1.5 Täydellisyyden tavoittelu	16
3.2 Just in Time	16
3.2.1 Kanban	18
3.2.2 Heijunka	19
3.3 Hukat	19
3.3.1 Kuljetukset	20
3.3.2 Tarpeettomat varastot	20
3.3.3 Tarpeeton liike	21
3.3.4 Odotusaika	21
3.3.5 Ylituotanto	21
3.3.6 Yliprosessointi	21
3.3.7 Laatuvirheet	22
3.3.8 Tietotaidon hyödyntämätön potentiaali	22
3.4 Työkalut	22
3.4.1 5S	22
3.4.2 PDCA	24
3.4.3 Poka-Yoke	26
4. LEAN SIX SIGMA	28
4.1 Lean Six Sigma -projektit	29
4.2 Lean Six Sigma -roolit	32
5. YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Yksinkertaistettu versio Gantt-kaaviosta. Kuvassa x-akselilla on viikot ja y-akselilla työtehtävän nimi.....</i>	4
Kuva 2.	<i>Yksinkertaistettu versio prosessikaaviosta (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 47).</i>	5
Kuva 3.	<i>Esimerkki valvontakortista (mukaillen Keller 2011). UCL tarkoittaa ylempää valvontarajaa ja LCL alemmaa valvontarajaa.....</i>	6
Kuva 4.	<i>Esimerkki positiivisesta ja negatiivisesta korrelaatiosta (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 153).</i>	8
Kuva 5.	<i>Esimerkki syy-seurauskaaviosta (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 130).</i>	9
Kuva 6.	<i>Yksinkertaistettu esimerkki imuohjauksesta (mukaillen Pascal 2015, s.95).....</i>	17
Kuva 7.	<i>Esimerkki tuotannon kanban-kortista. (mukaillen Pascal 2015, s. 98)</i>	18
Kuva 8.	<i>Esimerkki heijunka-laatikosta (mukaillen Pascal 2015, s. 111).....</i>	19
Kuva 9.	<i>PDCA -kehitystyökalu (mukaillen Pascal 2015, s. 193)</i>	25
Kuva 10.	<i>Leanin ja Six Sigman hyödyntäminen yhdessä (mukaillen Snee 2010, s. 15).....</i>	29
Kuva 11.	<i>Prosessien kehittämisen inhimilliset ja toiminnalliset näkökulmat (mukaillen Snee 2010, s. 11).....</i>	29
Kuva 12.	<i>Lean Six Sigma -projektin valitseminen (mukaillen Snee 2010, s.13).....</i>	31
Kuva 13.	<i>Leanin, Six Sigman ja niiden yhteiset tehtävät prosessien kehittämisessä (mukaillen Snee 2010, s. 14)</i>	31

1. JOHDANTO

Yrityksien välinen kilpailu asiakkaista ja markkinaosuuksista on kovaa. Yritykset pyrkivät tuottamaan mahdollisimman laadukkaita tuotteita mahdollisimman edulliseen hintaan maksimoidakseen tuottonsa. Yrityksen toiminta pyritään saamaan mahdollisimman pitkäjänteiseksi, mikä takaa yrityksen tulevaisuuden. Tästä syystä on kehitetty Lean Six Sigma -laatufilosofia, jossa yhdistyvät perinteiset laatufilosofiat lean ja Six Sigma.

Lean Six Sigma on erilaisten työkalujen ja toimintatapojen kokonaisuus, joiden avulla yritys voi kehittää toimintaansa tehokkaammaksi ja luotettavammaksi kuin kilpailijansa. Se antaa keinot yrityksen kasvuun ja tuotettavuuden lisäämiseen. Siinä yhdistyvät Leanin prosessien nopeuttaminen ja hukan poisto sekä Six Sigman vaihtelun vähentäminen prosessista tehden siitä stabiilimman ja luotettavamman. (Arthur 2011)

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, mikä Lean Six Sigma -laatufilosofia on sekä mitä työkaluja ja keinoja se tarjoaa yritykselle toimintansa kehittämiseen. Toisessa luvussa käsitellään Six Sigmaa ja sen toimintaperiaatteita. Perehdytään sen tarjoamiin keinoihin prosesseissa tapahtuvan vaihtelun vähentämisen, DMAIC-menetelmään ja sen tarjoamiin työkaluihin toiminnan kehittämiseen. Lopuksi käsitellään vielä Six Sigman roolit ja niiden vastualueet.

Kolmannessa luvussa perehdytään leanin toimintatapoihin ja sen ajatusmaailmaan. Käsitellään erilaiset hukan muodot, joita esiintyy prosesseissa ja tarkastellaan Leanin eri työkaluja, joita yritys voi käyttää prosessien ja toimintansa tehostamiseen ja kehittämiseen. Neljännessä luvussa perehdytään Lean Six Sigmaan ja siihen, miten lean ja Six Sigma täydentävät toisiaan. Lisäksi tarkastellaan Lean Six Sigman projektirakenteita ja rooleja ja niiden vastualueita. Lopuksi yhteenveto on koottu viimeiseen lukuun.

2. SIX SIGMA

Six Sigma on laatustrategia, jonka keskeinen tavoite on minimoida prosessin eri vaiheissa tapahtuvaa vaihtelua, kasvattaa prosessien tehokkuutta sekä parantaa yritysten asettamien tavoitteiden saavuttamista. Sen perustana on prosessista kerätyn datan analysointi, asiakkaiden tyytyväisyys ja projektisuuntaisuus. (Lovric 2011, s. 1339-1340; Geng 2016)

Jokaisella Six Sigma -projektilla on oltava laadulliset ja taloudelliset tavoitteet, jotka ylin johto asettaa. Projekteilla on myös oltava sponsori (champion), joka on usein projektin omistaja, sekä black belt, joka johtaa projektin päivittäisiä tehtäviä. Black beltillä on tarvittavat taidot ja tiedot tavoitteiden saavuttamiseksi. Six Sigma -projektissa pyritään ensimmäiseksi selvittämään vaihtelun syy prosessissa. Syyn löydyttyä pyritään erilaisten työkalujen avulla vähentämään tai kokonaan poistamaan prosessin tietyssä vaiheessa tapahtuvaa vaihtelua tai poikkeamia. (Geng 2016) Jo pienetkin muutokset voivat vaikuttaa huomattavasti taloudellisesti. Vaihtelun pienentyessä myös viallisten tuotteiden määrä pienenee ja täten prosessissa tapahtuva hävikki laskee.

Six Sigman on kehittänyt televiestintäyhtiö Motorola 1980-luvun keskivaiheilla, minkä jälkeen moni muukin suuryritys on omaksunut Six Sigman omaan toimintaansa. Yhtiö havaitsi tuotteidensa vika-alttiuden prosessin eri vaiheissa ja pyrki ehkäisemään vikojen tapahtumisen jo prosessin alusta lähtien. Motorola päätti asettaa poikkeaman tapahtumisen todennäköisyydeksi lähes nolla prosenttia prosessin jokaisessa eri vaiheissa. Yhtiö tuli siihen johtopäätökseen, että prosessi on riittävän luotettava ja stabiili, kun miljoonassa mahdollisuudessa esiintyy maksimissaan 3,4 poikkeamaa. Prosessin stabilointi johti laadukkaampiin tuotteisiin ja tuotantokulujen laskuun, koska virheellisiä tuotteita valmistui vähemmän. Myös asiakastyytyväisyys nousi tuotteiden ollessa asiakkaiden odotuksien mukaisia. (Geng 2016)

2.1 DMAIC

Six Sigma käyttää ongelmanratkaisuun sekä prosessien kehittämiseen ja stabilointiin DMAIC-mallia, jonka avulla yritys ohjaa omaa toimintaansa prosessista kerätyn datan avulla. Siihen kuuluu viisi vaihetta, jotka ovat määritä (define), mittaa (measure), analysoi (analyze), paranna (improve) ja ohjaa (control). (Geng 2016) Jokaiseen vaiheeseen sisältyy monia eri työkaluja, jotka mahdollistavat laajan valikoiman ratkaisuja prosessin

kehittämiseen. Näitä ovat muun muassa ohjauskaaviot, erilaiset kokeet, prosessin suorituskykyanalyysit sekä monet muut tilastolliset työkalut (Montgomery & Woodall 2008, s. 334-336). Seuraavaksi perehdytään DMAIC-menetelmän jokaiseen vaiheeseen ja käsitellään eri vaiheiden menettelytapoja ja niissä käytettäviä työkaluja.

2.1.1 Määritä (Define)

DMAIC-malli aloitetaan määrittelyvaiheella. Siinä määritetään projektin ongelma, perehdytään nykyiseen prosessiin ja tutustutaan asiakasvaatimuksiin. Jo projektin alussa luodaan projektisuunnitelma (project charter), jota päivitetään projektin edetessä. Projektisuunnitelmaan tulisi olla kirjattuna

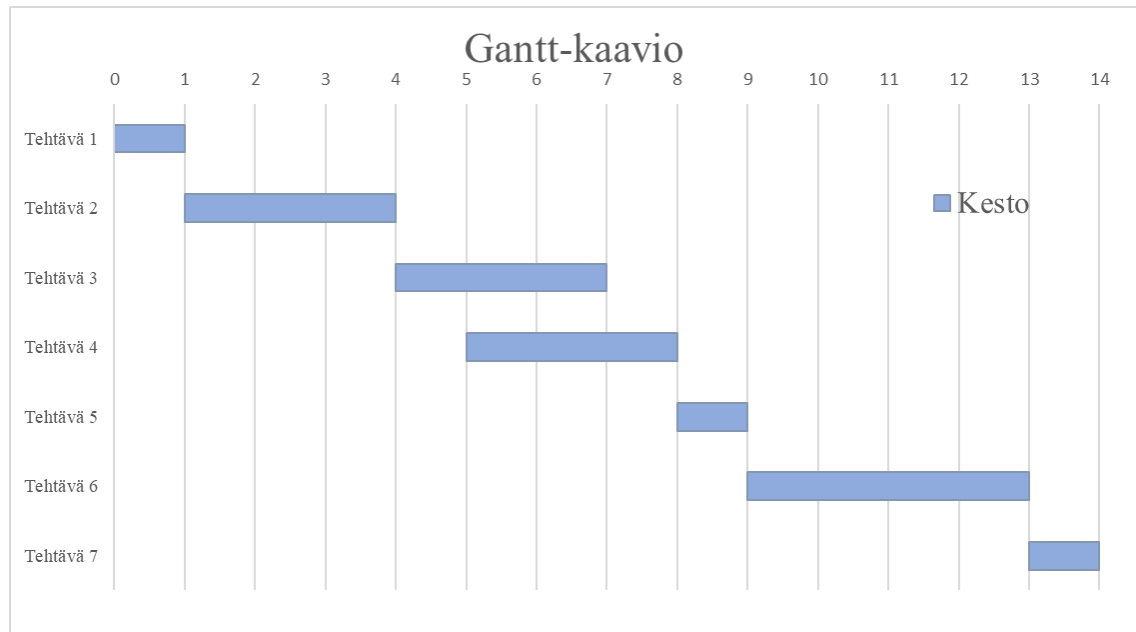
- ”ongelman kuvaus
- projektin laajuus ja kesto
- projektin lopputuloksen tuottama hyöty yritykselle
- projektin aikataulu
- projektin sidosryhmät, projektiin osallistuvat henkilöt ja projektin omistaja
- projektin aloitustapaamisen päivämäärä ja siihen osallistuvien henkilöiden allekirjoitukset
- projektin omistajan hyväksyntä (Keller 2011).”

Projektisuunnitelman avulla tiimi pystyy paremmin keskittymään keskeisiin ongelmiin ja jokaisella tiimin jäsenellä on selvä kuva projektin aikataulusta, työtehtävistä ja sen tavoitteista. Sen avulla myös vältetään kommunikaation ja johtamisen puute tiimin sisällä. (Keller 2011)

Asiakkaan vaatimuksien ja tyytyväisyyden määrittämiseen käytetään asiakkaan ääni (Voice of the Customer, VOC) -menetelmää. Se on jatkuvaa kanssakäymistä yrityksen ja asiakaskunnan välillä, ja sen avulla yritys voi tuottaa mahdollisimman laadukkaita tuotteita ja antaa parasta palvelua asiakkailleen. (Land et al. 2008, s. 188) Kanssakäyminen tapahtuu esimerkiksi haastattelujen, kyselyjen tai asiakaspalautteen avulla. Asiakkaan ääni on tärkeä menetelmä määrittämään asiakkaiden kriittiset vaatimukset yrityksen tarjoamista tuotteista tai palveluista. (Vanzant Stern 2016, s. 74)

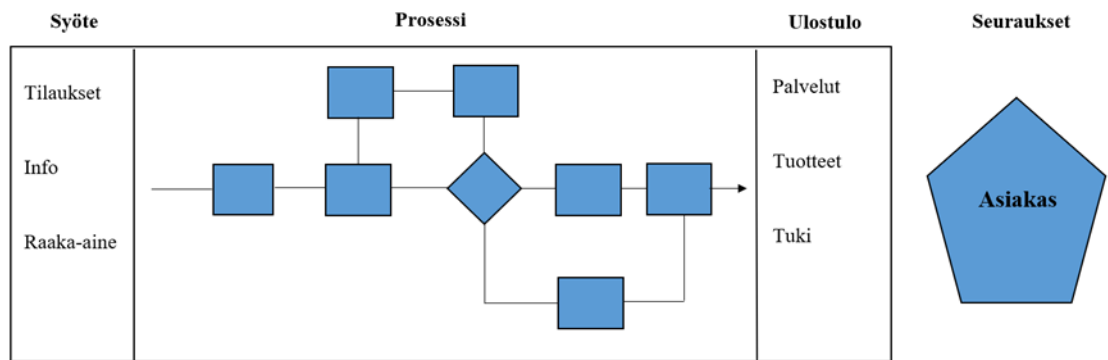
Gantt-kaaviota käytetään projektissa aikataulussa pysymiseen. Se sisältää kaikkien tärkeiden vaiheiden nimet ja aikataulut niiden esiintyvyyssjärjestyksessä. Aikataulussa pysyminen on tärkeää, koska tulevien vaiheiden suorittaminen saattaa edellyttää edellisten

vaiheiden loppuun saattamista. Tällöin aikataulusta myöhästyessä voi koko projektin aikataulu venyä. Gantt-kaavio on käytössä koko projektin elinkaaren ajan, ja sitä päivitetään projektin edetessä. (Keller 2011) Yksinkertaistettu versio Gantt-kaaviosta on esitettyä kuvassa 1.



Kuva 1. Yksinkertaistettu versio Gantt-kaaviosta. Kuvassa x-akselilla on viikot ja y-akselilla työtehtävän nimi.

Prosessin virtauksen kuvaamiseen käytetään prosessikaaviota, joka on graafinen työkalu, josta voidaan erottaa prosessin eri vaiheet. Prosessikaaviota käytetään määrittelyvaiheessa nykyisen prosessin päävaiheiden kuvaamiseen. Prosessin eri vaiheet on jaettu sidosryhmien mukaan, ja niiden väliset suhteet on kuvattuna viivoilla. (Keller 2011) Prosessikaavion tekeminen jo projektin aloitusvaiheessa helpottaa työntekoa myöhemmissä vaiheissa, sillä sen avulla voidaan määrittellä kohteet, joita mitataan mittaamisvaiheessa. Yksinkertaistettu versio prosessikaaviosta on esitettyä kuvassa 2.



Kuva 2. Yksinkertaistettu versio prosessikaaviosta (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 47).

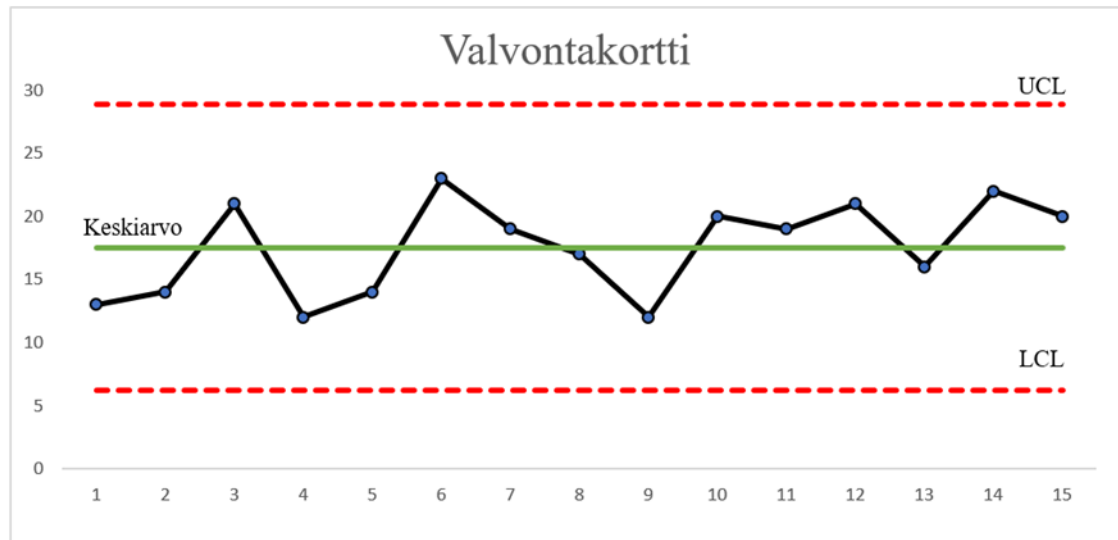
Prosessikaavio päivitetään projektin edetessä, kun prosessiin tehdään muutoksia. Prosessikaavio pitää sisällään

- ”päävaiheet
- alaprosessit
- vaiheiden rajapinnat
- input ja output
- operaattorit, laitteet, raaka-aineet
- prosessista saatava tuotos
- asiakkaat ja toimittajat (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 103-104).”

2.1.2 Mittaa (Measure)

Mallissa edetään seuraavaksi mittausvaiheeseen, jossa tärkeintä on ottaa selvälle nykyisen prosessin tila ja määritetään tärkeimmät mittauskohteet. Niihin kuuluvat esimerkiksi prosessin läpimeno- ja odotusaika, tuotteiden laatu ja sen vaihtelu sekä hävikin lukumäärä. Tärkeimpien mittauskohteiden määrittämiseen voidaan käyttää määrittämisvaiheessa tehtyä prosessikaaviota muuttaen sitä yksityiskohtaisemmaksi, jolloin saavutetaan selvempi näkemys siitä, mitä pitää mitata ja miten mittauksista saadaan luotettavia mittauksia. (Montgomery & Woodall 2008, s. 338-339; Vanzant Stern 2016, s. 81-82)

Mittausvaiheessa prosessin hajonnan tutkimiseen käytetään tilastollisia prosessin valvontakortteja (control charts), joissa käytetään jo olemassa olevaa dataa, jotta voidaan arvioida prosessin käyttäytymistä. Valvontakortti-tyyppin valinnan määrittää se, minkälaista dataa halutaan mitata. Valvontakortti sisältää ennalta määritetyt sallittavat hajonnan ylä- ja alaohjausrajat, joiden välille prosessi halutaan optimoida (Keller 2011). Esimerkki valvontakortista on esitetty kuvassa 3, jossa x-akselilla on mittauspäivä ja y-akselilla mittauksen otos.



Kuva 3. Esimerkki valvontakortista (mukaillen Keller 2011). UCL tarkoittaa ylemmää valvontarajaa ja LCL alemmaa valvontarajaa.

Valvontakorttien avulla yritys voi arvioida, kuinka suurta vaihtelua on luontaista esiintyä prosessissa (Keller 2011). Hajonnan syitä voi olla monia, esimerkiksi työvoimapula, vikaantunut laite tai inhimillinen virhe. Ohjauskortit antavat yritykselle mahdollisuuden havaita prosessissa tapahtuvat häiriöt ja ryhtyä toimeen niiden välttämiseksi tai minimoimiseen.

Mittausvaiheessa yritys pyrkii määrittämään jokaisen virhealttiin vaiheen prosessista vika- ja vaikutusanalyysin (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) avulla. Se on riskianalyysi, jonka avulla voidaan minimoida prosessissa esiintyvät virheet jo ennen niiden tapahtumista. Se mahdollistaa laadun paranemisen, vähentää kustannuksia ja kasvattaa asiakastytyvyyttä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 168-169)

Vika- ja vaikutusanalyysissä jokainen vaihe arvioidaan niiden vakavuusasteen, tapahtumisen todennäköisyyden ja havaitsemisen mahdollisuuden mukaan asteikolla 1–10. Tämän jälkeen lasketaan riskiprioriteettinumero (RPN), jossa kerrotaan jokaisen arviointi-

kriteeristön osan lukuarvo keskenään. Tämän jälkeen jokainen vaihe priorisoidaan suurimman riskiprioriteettinumeron mukaan suurimman luvun ollessa tärkeysjärjestyksessä ensimmäisenä. Priorisoinnin jälkeen määritetään toimenpiteet, joilla saadaan laskettua vaiheiden riskiprioriteettinumeroa. (Keller 2011)

Projektitiimin tulee varmistaa myös mittausvaiheessa mittaussysteemin luotettavuus mittaussysteemin analysointityökalulla (Measurement System Analysis, MSA). Mittaussysteemin epäluotettavuus voi johtaa hyvien tuotoksien hylkäämiseen tai virheellisten tuotoksien hyväksymiseen. MSA tutkii, johtuuko prosessissa tapahtuma vaihtelu mittauslaitteista tai työpisteiden operaattoreista ja se kertoo, kuinka suuri prosentti vaihtelusta on peräisin niiden virheistä. Sen avulla projektitiimi voi myös vertailla eri laitteiden tai operaattoreiden mittaustuloksia. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 142-143)

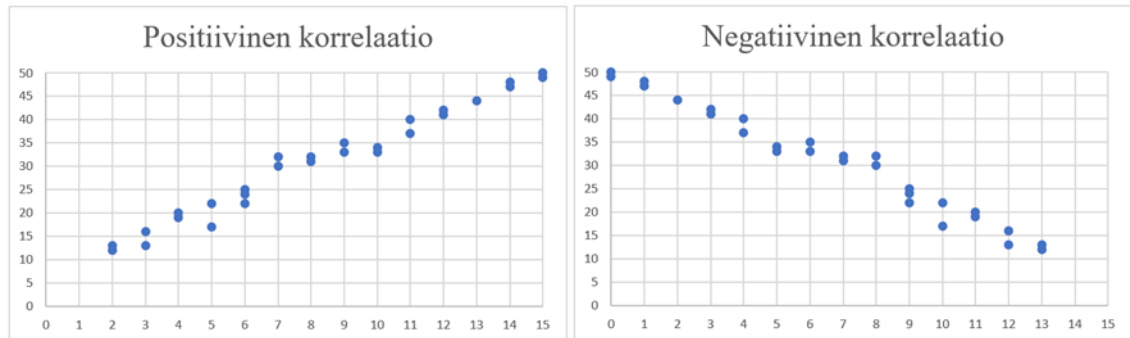
MSA jakautuu kahteen erilaiseen tutkimukseen, jotka ovat Vaihtelu R&R ja Attribuutti R&R (uusittavuus ja toistettavuus). Vaihtelu R&R -tutkimuksen avulla tiimi voi vertailla eri mittalaitteiden luotettavuutta ja määrittää prosessissa tapahtuvan vaihtelun. Sen avulla voidaan selvittää koko mittaussysteemin toistotarkkuus. Operaattorien yhdenmukaisuus ja tarkkuus työpisteillä selvitetään Attribuutti R&R -tutkimuksen avulla. Sillä määritetään, onko tarvetta työntekijöiden lisäkoulutukseen tai pitääkö työpisteiden ohjeet päivittää. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 143-144)

2.1.3 Analysoi (Analyze)

Mallin kolmas vaihe on analysointi, jossa mittaamisvaiheessa kerätystä datasta tarkastellaan prosessin stabiiliutta ja toistettavuutta. Datasta pyritään myös selvittämään ydinsyitä prosessissa tapahtuvaan vaihteluun esimerkiksi syy-seurauskaavion avulla. Ydinsyiden selvittämisen jälkeen tiimi luo hypoteesin, joka kuvaa sitä mistä prosessissa tapahtuva vaihtelu johtuu. Seuraavaksi hypoteesi tutkitaan prosessista kerätyllä datalla sekä erilaisilla tilastollisilla analyyseillä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 48)

Analysointivaiheessa pyritään määrittämään prosessin muuttujien välisiä yhteyksiä korrelaatio- ja regressioanalyysillä. Ne tuottavat annetusta datasta hajontadiagrammin, josta voidaan määrittää muuttujien välisen yhteyden. Korrelaatioanalyysin avulla voidaan vertailla inputeja, outputeja tai niitä keskenään. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 160-162) Sitä käytetään, kun tiedetään muuttujien välillä olevan selvä yhteys. Analyysissä määritetään x-akselille itsenäinen muuttuja, jonka arvoja muutetaan mittausten aikana. Y-akselilla on riippuva muuttuja, jonka arvoja tarkastellaan itsenäisen muuttujan arvoja muuttaessa. Näin voidaan selvittää muuttujien välistä yhteyttä. Muuttujien välinen korre-

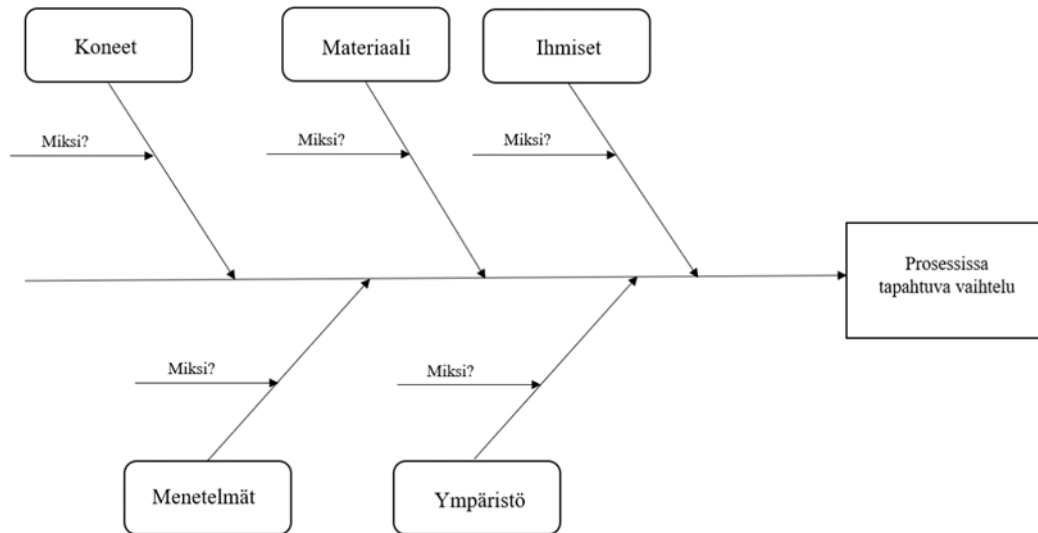
laatio voi olla negatiivista, positiivista, osittaista tai niiden välillä ei ole korrelaatiota lainkaan. (Keller 2011) Esimerkki hajontakaaviosta korrelaatioita tutkittaessa on esitettyä kuvassa 4.



Kuva 4. Esimerkki positiivisesta ja negatiivisesta korrelaatiosta (mukailten Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 153).

Regressioanalyysillä selvitetään muuttujien välistä suhdetta. Siinä hajontakaaviota muutetaan vielä lisäämällä siihen regressioyhtälö, joka on hajontakaavion pisteisiin sovitettu suora. Sen tavoitteena on tehdä ennustus todennäköisistä arvoista ja prosessin muuttujien ohjauksen vaikutuksien tunnistaminen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 160-162)

Prosessissa tapahtuvan vaihtelun ydinsyiden etsimiseen käytetään syy-seurauskaaviota (Cause&Effect Diagram, C&E). Kaavioon sijoitetaan kaikki mahdolliset vaihtelun syyt, jotka ovat yleisimmin menetelmät, materiaalit, koneet, ihmiset ja ympäristö. Näiden kategorioiden alapuolelle sijoitetaan mahdollisia vaihtelun aiheuttajia. Tämän jälkeen jokainen mahdollinen vaihtelun aiheuttaja tulisi analysoida, jotta vaihtelun juurisyy saadaan selvitettyä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 130-131) Esimerkki syy-seurauskaaviosta on esitettyä kuvassa 5.



Kuva 5. Esimerkki syy-seurauskaaviosta (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 130).

2.1.4 Paranna (Improve)

Mallissa edetään seuraavaksi parannusvaiheeseen, jossa aikaisemmissa vaiheissa löydetty vaihtelun juurisyitä pyritään konkreettisesti parantamaan vaihtelun pienentämiseksi. Prosessin parantamiseen ja juurisyiden kehittämiseen käytetään muun muassa uudelleen suunnittelua ja erilaisia kokeita. Parannusvaihe vaatii projektitiimiltä luovaa ajattelua erilaisten ratkaisujen aikaansaamiseksi. (Montgomery & Woodall 2008, s. 340)

Parannusvaiheessa prosessin ulostuloon vaikuttavien muuttujien seurausten ja yhteisvaikutuksen tarkasteluun käytetään koesuunnittelua (Design of Experiments, DOE). Sen avulla projektitiimi voi tehdä muutoksia prosessin muuttujiin, jolloin voidaan havaita ja ymmärtää prosessissa tapahtuvaa vaihtelua. Koesuunnittelussa tutkitaan vaihtelun mahdollisia aiheuttajia, jotka on määritetty DMAIC-mallin aikaisemmissa vaiheissa. Yksi koesuunnittelutyyppi on seulontakokeet, jossa pyritään määrittämään prosessiin eniten vaikuttava tekijä. Siinä hyödynnetään Pareto -periaatetta, jonka mukaan vain pieni osa tekijöistä aiheuttaa suurimman osan prosessissa tapahtuvasta vaihtelusta. Tällöin projektitiimi voi vähentää vaihtelun mahdollisia aiheuttajia ja keskittyä pienempään tekijäjoukkoon. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 157, 163).

Karakterisointikokeet on koesuunnittelutyyppi, jossa arvioidaan prosessin päätekijöitä sekä niiden yhteisvaikutuksia. Arvioinnin lopputulemana on $Y = f(x)$ yhtälö, jolla voidaan ennustaa muuttujien vaikutuksia prosessiin ja ulostuloon. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 163) Kolmas koesuunnittelutyyppi on optimointikokeet, jonka avulla pyritään

löytämään prosessin ulostulon optimiarvo ja määrittämään optimaaliset käyttöolosuhteet. (Keller 2011)

Kokeen keskeiset vaiheet ovat:

1. "Määrittele ongelma
2. Luo kokeen tavoite
3. Valitse ulostulo (vaste) muuttujat
4. Valitse sisäänmeno (riippumattomat) muuttujat
5. Valitse sisäänmenomuuttujien tasot
6. Valitse koesuunnitelma (matriisi)
7. Toteuta koe ja kokoa data
8. Analysoi data
9. Tee tilastolliset johtopäätökset
10. Toista tai kelpuuta koetulokset (konfirmaatiokoe)
11. Tee käytännön johtopäätökset
12. Toteuta ratkaisut (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 164)."

Parannusvaiheen jälkeen projektitiimillä on konkreettinen suunnitelma vaihtelun pienentämiseen prosessissa ja keinot saatujen tulosten arvioimiseen (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 52). Suunnitelma tulee käydä läpi vika- ja vaikutusanalyysin avulla, jotta voidaan kartoittaa mahdolliset riskit ja pyrkimään minimoimaan ne. Sidosryhmien välinen kommunikaatio on myös tärkeää aikataulutuksen, uusien työtehtävien sekä koulutuksen suhteen toteuttaessa parannuksia prosessiin. (Keller 2011)

2.1.5 Ohjaa (Control)

DMAIC-mallin viimeinen vaihe on ohjaus, jossa määritetään seuranta- ja ohjausjärjestelmät, joiden avulla prosessin vaihtelu saadaan ylläpidettyä halutulla tasolla (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 52). Ohjausvaiheessa luodaan valvontasuunnitelma, jossa vika- ja vaikutusanalyysistä saadut mahdolliset vaihtelun aiheuttajat kootaan yhteen ja määritetään keinot aiheuttajien mittaamiseen ja spesifioidaan toimet vaihtelun ylittäessä määritetyn tavoiterajan. Prosessia seurataan muun muassa valvontakorteilla ja työntekijät koulutetaan heidän mahdollisiin uusiin työtehtäviinsä ja -pisteisiin. (Keller 2011)

Projektin päätyttyä tiimi luo projektiraportin, johon kuuluu projektisuunnitelma, DMAIC-mallin jokainen vaihe ja niiden keskeisimmät tavoitteet ja tulokset. Lisäksi siihen lisätään projektin menot, projektin tuottamat säästöt nykyhetkellä ja tulevaisuudessa sekä prosessin nykyinen tila ja siihen liittyvät tulevaisuuden suunnitelmat. Lopuksi kirjataan neuvoja tuleviin projekteihin nykyisestä projektista opituista asioista. (Keller 2011)

2.2 Six Sigma -roolit

Yrityksen ottaessa Six Sigma -menetelmä käyttöön omassa toiminnassa sen tulee määrittää organisaation roolit ja spesifioida roolien vastualueet ja tehtävät. Niihin vaikuttavat muun muassa nykyinen henkilöstö, resurssit ja Six Sigma -tavoitteet. (Pande et al. 2014) Six Sigma laatustrategia vaatii yritykseltä monia erilaisia vastualueita sekä tehtäviä, mutta ei ole olemassa vain yhtä oikeaa tapaa organisoida yrityksen roolit Six Sigman käyttöönotossa. Seuraavaksi perehdytään Six Sigman eri rooleihin ja niiden vastuualueisiin ja tehtäviin Six Sigma -projekteissa.

2.2.1 Six Sigma -johtoryhmä

Six Sigma -johtoryhmään kuuluu usein yrityksen ylin johto, jotka suunnittelevat ja ohjaavat Six Sigma -projektia. Johtoryhmä asettaa myös projektille taloudelliset ja tuotannolliset tavoitteet. Lisäksi johtoryhmän tehtäviin kuuluu

- roolien määrittäminen
- projektien valitseminen
- resurssien jakaminen
- edistyksen arviointi
- projektitiimin tukeminen projektin elinkaaren aikana (Pande et al. 2014).

Johtoryhmän jäsenet työskentelevät usein myös projektin sponsorina, josta on kirjoitettuna enemmän alla.

2.2.2 Sponsor (Champion)

Sponsor on Six Sigma -johtoryhmän jäsen ja projektitiimi raportoi projektin etenemisestä hänelle. Sponsor on usein prosessin omistaja ja hän valvoo sekä tukee tiimiä projektin edetessä ja pyrkii helpottamaan tiimin työskentelyä eliminoimalla eteen tulevat esteet.

Lisäksi sponsorin tehtäviin kuuluu

- projektin etenemisen valvonta, jotta se etenee yrityksen tavoitteiden mukaisesti
- projektien laajuuden määrittäminen
- tarpeellisten resurssien jako projektitiimille
- tiiminjäsenten informointi projektin etenemisestä (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 75).

2.2.3 Master Black Belt

Master Black Belt vastaa koko organisaation Six Sigma -tasosta ja kouluttaa sekä ohjaa Black Belttien toimintaa Six Sigma -projekteissa. Hänellä on laaja tietämys Six Sigmasta ja hänellä on keinot sen soveltamiseen käytännössä. Master Black Beltin työtehtäviin kuuluu usein myös koulutustapahtumien järjestäminen ja liiketoimintaongelmien ratkaiseminen. Master Black Beltit voivat olla myös osa-aikaisia ulkoisista yrityksistä, jotka ovat palkattu kouluttamaan organisaation henkilöstöä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 76)

2.2.4 Black Belt

Black Belt toimii Six Sigma -projekteissa ryhmänjohtajana ja raportoi projektien etenemisestä suoraan sponsorille tai ylimmälle johdolle. Hän hallitsee työkalujen käytön ja projekteissa esiintyvien esteiden ongelmienratkaisun sekä hänellä on laaja tietämys ja käytännön tietotaito Six Sigmasta. Hänen työtehtäviinsä kuuluu myös projektitiimin johtaminen ja valmentaminen, Six Sigma -metodin kouluttaminen sekä Six Sigman käyttöönoton helpottaminen organisaation sisällä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 73-74)

2.2.5 Muut roolit

Black Belttiä alempi taso on Green Belt, jolla on suhteellisen kattava koulutus Six Sigmaan ja sen työkaluihin liittyen. Green Belteillä on usein muitakin työtehtäviä, jotka eivät liity Six Sigmaan. Hän voi toteuttaa pieniä ja keskitettyjä projekteja, mutta usein hän myös toimii suurempien projektien tiimin jäsenenä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 77)

Yellow Belt tietää perusteet ja käsitteet Six Sigmasta. Hänellä on jonkinlainen tietämys ja käytännöntaito työkalujen käyttämiseen. Yellow Belt toimii Six Sigma -projekteissa tiiminjäsenenä ja tukee projektien tavoitteiden saavuttamista. Tiimin jäsenet toimivat projekteissa työvoimana analyysihin ja mittauksiin liittyen. (Pande et al. 2014) Tiimin jäsenet suorittavat normaaleja työtehtäviä ja avustavat projektissa, kun on tarpeellista (Karjalainen & Karjalainen 2002, s. 77).

3. LEAN

Lean-ajattelutavan perusta on prosessien saattaminen mahdollisimman tehokkaiksi pienentämällä läpimenoaikaa. Tämä on mahdollista minimoimalla kaikki toiminta, joka ei tuota arvoa prosessiin ja täten voidaan vähentää prosessissa syntyvää hukkaa. Lean-ajattelun tavoitteena onkin keskittyä prosessissa arvoa lisäävään toimintaan tehden siitä mahdollisimman kustannustehokkaan ja nopean. (Sisson & Elshennawy 2015, s.263; Antony et al. 2017, s. 1076)

Lean-ajattelutavan luojana pidetään Toyotaa, joka kehitti vuosien 1948–1975 aikana oman tuotantojärjestelmänsä, jonka oli nimeltään The Toyota Production System (TPS). Toyotan pyrkimys oli minimoida tuotannon läpimenoajat ja tuotannossa syntyvä hukka sekä luoda mahdollisimman joustavat tuotantolinjat, jotta muutoksien tekeminen olisi helppoa ja taloudellista. Näiden muutoksien avulla Toyota saavutti myös paremman asiakastyytyvyyden. (Liker 2004)

Toyota pyrki keskeytymättömään prosessin virtaukseen muokkaamalla prosessi siten, että virheet olivat tunnistettavissa ja niiden määrä minimoitiin. Tämä tarkoitti alkuvaiheissa tuotantolinjaston pysäyttämistä aina, kun virheitä ilmaantui, jotta voitaisiin löytää ja korjata virheiden juurisyyt. Samalla työntekijät oppivat havainnoimaan virheitä prosessissa ja osasivat toimia niiden edellyttävällä tavalla. Tämä laski tuotteiden korjaamiseen ja uudelleen työstämiseen kuluvaan aikaan huomattavasti ja nosti tuotteiden laatutasoa. (Womack et al. 2007, s. 57)

3.1 Lean-ajattelun peruseriaatteet

Lean-ajattelussa toimintaa ohjaa asiakkaan kokema arvo, joka koostuu hinnasta, laadusta ja toimitusajasta. Lisäksi lean-ajattelussa on tärkeää työntekijöiden sitoutuminen, työntekijöiden monitaitoisuus ja vastuun delegointi yrityksen sisällä. Myös kattava yhteistyö alihankkijoiden kanssa on lean-ajattelun perustana. (Hannus 1994, s. 213-216)

Womack ja Jones (2010, s. 16-28) määrittivät leanin peruseriaatteet viiteen vaiheeseen, jotka ovat arvon määrittäminen, arvovirran määrittäminen, katkeamattoman flow-prosessin luominen, imuohjauksen luominen ja täydellisyyteen pyrkiminen. Nämä peruseriaatteet on esitettyä seuraavaksi.

3.1.1 Arvon määrittäminen

Arvon määrittämisessä on keskeisintä, että asiakkaat määrittävät tuotteiden ja palveluiden arvon. Yrityksen tulisi miettiä mitä asioita asiakas pitää tuotteessa tai palvelussa tärkeänä, mitä he tarvitsevat ja paljon he ovat valmiina maksamaan siitä. Lisäksi yrityksen tulee asettaa tuotteelle tai palvelulle tavoitekustannukset resurssien ja valmistukseen tarvittavien kustannuksien perusteella. Arvon määrittäminen on lean-ajattelun kriittinen ensimmäinen askel. Kun yritys tuntee asiakkaidensa vaatimukset ja tarpeet sekä sillä on tuotteelle tai palvelulle asetettuna tavoitekustannus, on sen helpompi suunnitella omaa toimintaansa. (Womack & Jones 2010, s. 16-19, 36-37)

3.1.2 Arvovirran määrittäminen

Seuraava vaihe on arvovirran määrittäminen, joka tarkoittaa kaikkien tuotteen tai palvelun valmistusprosessissa tarvittavien työvaiheiden ja prosessien määrittämistä. Tällöin voidaan tunnistaa arvoa tuottavat ja tuottamattomat vaiheet ja poistaa arvoa tuottamattomat vaiheet prosessista. Arvovirrassa esiintyy usein kolmentyyppisiä prosesseja tai työvaiheita, jotka ovat arvoa tuottavat prosessit, arvoa tuottamattomat, mutta välttämättömät prosessit ja arvoa tuottamattomat turhat prosessit. (Womack & Jones 2010, s. 20-22)

3.1.3 Katkeamattoman virtauksen luominen

Kolmas vaihe on katkeamattoman virtauksen luominen arvovirran jäljellejääneiden vaiheiden välille. Virtauksen aikaansaaminen vaatii yritykseltä eri tehtävien ja osastojen työskentelyn uudelleen määrittämistä siten, että prosesseista saadaan poistettua hävikki, kaikki mahdollinen odotus ja prosesseissa tapahtuva takaisinvirtaus. Se myös vaatii koko yrityksen sidosryhmien välistä kommunikaatiota. Lisäksi prosessin koneiden, laitteiden ja työntekijöiden suorituskyky tulee olla vaaditulla tasolla, jotta katkeamaton virtauksen luominen on mahdollista. (Womack & Jones 2010, s. 22, 53, 61)

3.1.4 Imuohjauksen luominen

Virtauksen luomisen jälkeen seuraava vaihe on imuohjauksen luominen. Sen perusperiaatteen mukaisesti tuotteita tai palveluita ei tulisi tuottaa ennen kuin asiakkaat tarvitsevat niitä. Tällöin asiakkaiden tarve luo imun tuotantoprosesseille. Onnisuneen imuohjauksen

luomisen johdosta yritys voi pienentää varastojaan ja tuotteiden epäkuranttiusriski pienenee. Se vaatii kuitenkin prosessien katkeamattoman virtauksen, jotta asiakkaiden tarpeisiin voidaan reagoida nopeasti. (Womack & Jones 2010, s. 25, 89)

3.1.5 Täydellisyys tavoittelu

Viimeinen vaihe on jatkuva parantaminen, täydellisyys tavoittelu. Nopeuttamalla prosessien virtausta ja asiakkaiden aiheuttaman imun kasvu tuovat esille hukkaa prosesseista. Tällöin voidaan havaita prosessien kehityskohteet ja kehittää niitä. On kuitenkin tärkeää, että kehitys kohdistuu koko arvoketjuun, eikä sen yksittäisiin toimintoihin, koska suuret investoinnit yksittäisiin toimintoihin ovat turhia, jos ne tulevaisuudessa tullaan korvaamaan kokonaan toisella toiminnolla. Tärkeintä on leanin neljän ensimmäisen perusperiaatteen soveltaminen arvoketjuun, jonka jälkeen on helpompaa havaita mikä on tavoiteltu lopputulos. Kun neljä ensimmäistä perusperiaatetta on sovellettu arvoketjuun, tehdään päätökset siitä, miten arvoketjua lähdetään kehittämään ja hukkaa poistamaan. (Womack & Jones 2010, s. 27, 95)

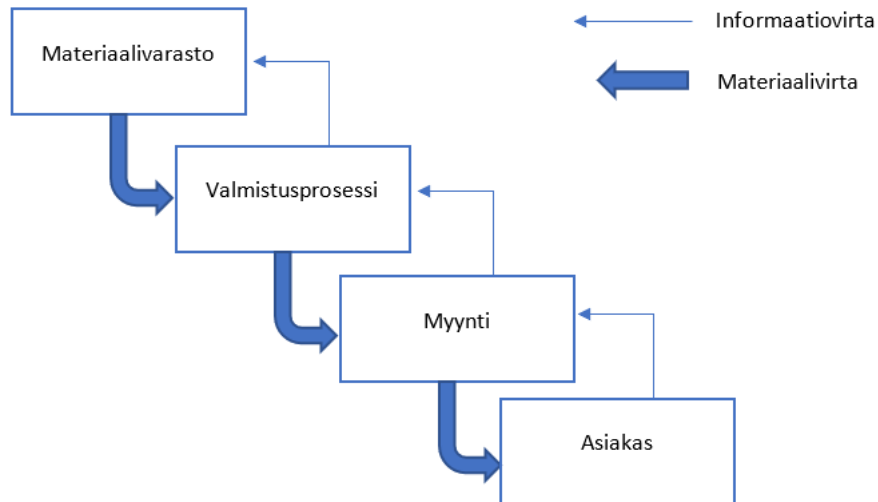
Toyota hyödynsi toiminnassaan kaizen-ajattelua, joka tarkoittaa jatkuvaa parantamista pienin askelin. Sen pohjana on koko yrityksen tietotaidon ja osaamisen hyödyntäminen kehitysprojekteissa aina johtoportaan työntekijöihin asti. Kehitysprojektit suoritetaan usein pienryhmissä ja tavoitteena on pienten jatkuvien parannusten saavuttaminen, jolloin projektit eivät vaadi suuria investointeja. Kaizen-ajattelun takana on luoda yhteiskuuluvuutta yrityksen sisällä ja pyrkimys saada työntekijät tekemään työnsä niin hyvin kuin mahdollista. Kaizen ei yksin ole työkalu jatkuvaan parantamiseen, vaan se on filosofia, jossa voidaan hyödyntää muita työkaluja yhdessä pyrkien yhteiseen tavoitteeseen. (Dellers et al. 2015)

3.2 Just in Time

Just in Time (JIT) -tuotannossa hyödykkeitä tuotetaan juuri se määrä, jonka asiakas tarvitsee ja juuri siihen aikaan, jolloin asiakas haluaa tuotteen. Toyota kehitti JIT:n 1950-luvulla ratkaisemaan ongelmia, joita olivat muun muassa markkinoiden kova kilpailu, nopeasti muuttuvat teknologiat, korkeat pääomakustannukset ja asiakkaiden vaatimusten muutokset. (Pascal 2015, s. 89)

JIT:ssä keskeisintä on imuohjaus, jossa tuotantoprosessit tuottavat kappaleita ja osia korvaamaan seuraavan vaiheen jo käytettyjä komponentteja. Tällöin siis tuotantoprosessin seuraava vaihe antaa signaalin edelliselle vaiheelle tarvittavista osista tai komponent-

teista. Se siis eroaa tavanomaisesta tuotantojärjestelmästä, jossa komponentit ”työnnetään” seuraavaan tuotantovaiheeseen ja varastoidaan, kunnes niille on käyttöä. (Zandin, 2001) Kuvassa 6 on esitettyä yksinkertaistettu esimerkki imuohjauksesta, jossa seuraava vaihe antaa informaatio-signaalin edeltävälle vaiheelle.



Kuva 6. Yksinkertaistettu esimerkki imuohjauksesta (mukaillen Pascal 2015, s.95)

JIT:ssä tuotannosta pyritään poistamaan kaikki turhat varastot tuotannosta, joka suoraan vähentää varastoihin sitoutuvia kustannuksia ja kasvattaa pääoman kiertonopeutta. JIT-tuotannossa yrityksen tuotantojärjestelmän on oltava joustava ja sen on pystyttävä reagoimaan nopeasti asiakkaiden tilauksiin ja vaatimuksiin. Tästä syystä koneiden ja laitteiden asetusajat ja työstöajat täytyy saada mahdollisimman pieniksi, joka vaatii tuotantojärjestelmän jatkuvaa kehittämistä. (Zandin 2001)

Pascalin (2015 s. 92) mukaan JIT:n neljä tärkeintä sääntöä ovat:

- ”Tuotteita ei valmisteta, jos asiakas ei ole tilannut niitä
- Kysyntä tulee tasapainottaa siten, että työ jakaantuu tasaisesti koko tehtaalla
- Kaikki tuotantoprosessit tulee liittää asiakkaan kysyntään visuaalisten työkalujen avulla
- Työntekijöiden ja koneiden joustavuus tulee maksimoida.”

Seuraavaksi käydään läpi JIT:iin liittyviä työkaluja ja metodeja, joiden avulla voidaan tehostaa sen toimivuutta tuotannossa.

3.2.1 Kanban

Kanban on yksi JIT:n tärkeimmistä tuotannonohjaustyökaluista. Siinä voidaan käyttää hyödyksi visuaalisia kortteja tai sähköisiä ilmoituksia, jotka valtuuttavat työvaiheen aloittamisen tai tuotteiden poistamisen tuotannosta. Kanban-kortit voivat sisältää informaatiota esimerkiksi osan tai tuotteen toimittajasta, asiakkaasta tai varastointipaikasta. (Pascal 2015, s. 96-97)

Tuotannossa käytettävien kanban-korttien sisältöön voi kuulua tuotteen tai osan nimi ja tunnusnumero, säilytyslaatikon tyyppi ja kapasiteetti sekä edeltävän ja seuraavan tuotantoprosessin nimi. Kanban on siis tuotannonohjaustyökalu, jonka avulla tuotantoprosessi voi antaa signaalin edeltävälle työvaiheelle tarvittavista osista tai tuotteista. Käyttämällä kanbania tuotannossa voidaan työvaiheet ja -prosessit linkittää toisiinsa siten, että tuotannossa tehdään juuri oikea määrä tuotteita ja voidaan välttyä ylituotannolta. (Zandin 2001) Esimerkki tuotannon kanban-kortista on esitettyä kuvassa 7.

Varastoalue: _____	Tunnusnumero: _____	Edeltävä työvaihe:
Osan nimi: _____		
Tuotetyyppi: _____		Seuraava työvaihe:
Kappalemäärä/säilytyslaatikko: _____	Laatikon tyyppi: _____	
Kuljetuspaikka: _____	Kortin numero: _____	

Kuva 7. Esimerkki tuotannon kanban-kortista. (mukaillen Pascal 2015, s. 98)

Jotta kanban saataisiin toimimaan tehokkaasti tuotannossa, on tärkeää pyrkiä minimoimaan virheellisten tuotteiden ja osien lukumäärää ja pyrittävä nopeasti tunnistamaan virheet, koska ne aiheuttavat lisätyötä tuotannossa ja vievät resursseja arvoa tuottavilta työvaiheilta. Lisäksi on tärkeää pitäytyä kanban-korttien käytössä ja valmistaa tuotteita ja osia vain silloin, kun seuraava työvaihe antaa sille signaalin. Kanban vaatii myös stabiilit tuotantovaatimukset, koska se ei pysty mukautumaan suuriin tuotannonvolyymien vaihteluihin. (Pascal 2015, s. 102-104)

Yksi kanbanin muodoista on 2-laatikkojärjestelmä. Siinä tuotteita tai osia säilytetään kahdessa laatikossa, joista toinen on työlaatikko, josta otetaan tuotteita tuotantoon ja toinen odottaa ensimmäisen laatikon tyhjenemistä. Kun ensimmäinen laatikko tyhjenee se toimii signaalina materiaalien tarpeesta ja toinen laatikko otetaan käyttöön. Laatikon sisältö

on suunniteltu kattamaan tuotannon tarpeen toisen laatikon täydennysjakson ajan. 2-laatikkojärjestelmällä voidaan tällöin varmistua tuotannon jatkuvuudesta ja voidaan välttyä tarpeettomilta katkoilta materiaalin puutteen takia. (Bhasin 2015, s. 95)

3.2.2 Heijunka

Heijungassa eli tuotannon tasoittamisessa pyritään tuotanto aikatauluttamaan pienempiin eräkokoihin, jotta asiakkaiden tilauksiin pystyttäisiin vastaamaan nopeammin. Siinä tuotetaan eri tuotetyyppejä tasaisesti ja pyritään välttämään liian suuria yksittäisten tuotenumikoiden valmistamista pitkäjäksoisesti. Tällöin voidaan pienentää tuotannon läpimenoaikoja ja varastoja. Lisäksi tuotannon tasoittamisen avulla yritys pystyy paremmin määrittämään henkilöstö-, laite- ja materiaalit tarpeet tietyille ajanjaksoille. Heijunka myös tukee kanbanin käyttöä, koska kanban ei kykene mukautumaan suuriin tuotannonvolyymien vaihteluihin. (Pascal 2015, s. 108-109)

Tuotannon tasapainottamiseen voidaan käyttää työkaluna heijunka-laatikkoa, joka kertoo visuaalisesti mitä valmistetaan, kuinka paljon ja milloin. Heijunka-laatikossa vaakasuorilla riveillä on tuotetyypit ja pystysuorat kolumnit kuvaavat identtisiä aikavälejä kanban-korttien asteittaiseen luovuttamiseen tuotantoon. Heijunka-laatikon avulla voidaan helpottaa tuotannon tasoittamista ja voidaan varmistua tuotannon tasaisesta kuormituksesta. (Pascal 2015, s. 111) Esimerkki heijunka-laatikosta on esitetty kuvassa 8.

Tuotetyyppi	1	2	3	4	5	6	7	8
A	A	A	A	A	A	A	A	A
B		B		B		B		B
C	C	C		C	C		C	C
D			D			D		

Kuva 8. Esimerkki heijunka-laatikosta (mukaillen Pascal 2015, s. 111)

3.3 Hukat

Lean-ajattelussa on kolme tuhlauksen muotoa, jotka ovat mura, muri ja muda. Mura tarkoittaa epätasapainoa tai epäsäännöllisyyttä, jota voidaan havaita missä tahansa yrityksen toiminnassa. Se voi olla esimerkiksi tuotannon toiminnan tai työsuoritusten vaihtelua tai kysynnästä johtuvaa vaihtelua. Se aiheuttaa hukkaa prosesseihin ja tuo esiin niiden ongelmat, esimerkiksi prosessin pullonkaulat. (Pascal 2015, s. 35)

Muri tarkoittaa ylikuormitusta tai tekemisen vaikeutta ja se kohdistuu työsuorituksen tekevään kohteeseen, esimerkiksi koneisiin tai ihmisiin. Sitä voi aiheuttaa esimerkiksi tuotannon vaihtelu, huono suunnittelu tai epäsovikat työvälineet. (Pascal 2015, s. 36)

Kolmas hukkan muoto on muda, joka tarkoittaa hukkaa eli kaikkia arvoa tuottamattomia aktiviteettejä. Lean-ajattelun kahdeksan tunnistettua hukkalajia ovat kuljetukset, tarpeettomat varastot, tarpeeton liike, odotusaika, ylituotanto, yliprosessointi, laatuvirheet sekä tietotaidon hyödyntämätön potentiaali. (Pascal 2015, s. 29-31) Seuraavaksi käsitellään nämä kahdeksan tunnistettua hukkalajia tarkemmin.

3.3.1 Kuljetukset

Kuljetuksiin liittyvään hukkaan sisältyy materiaalien tarpeeton siirtäminen, joka sisältää ihmisten, työkalujen, materiaalien ja tuotteiden tarpeettoman siirtämisen. Se voi aiheuttaa tuotteiden rikkoutumista, ylimääräistä työtä ja työntekijöiden turhaa fyysikaalista uuttamista tai jopa tuotteiden tai työkalujen hävittämistä. (Bhasin 2015, s. 4)

Lisäksi hukkaa tuo liian suurten eräkokojen käyttäminen. Pientäessä eräkokoja voidaan tuotannon virtausta kasvattaa. Hukkaa voi myös aiheuttaa esimerkiksi huono layout-suunnittelu tai liian suurten kuljetuslaitteiden käyttö. Asioiden siirtäminen on välttämätöntä, mutta se tulisi minimoida tuotannossa. (Pascal 2015, s. 32)

3.3.2 Tarpeettomat varastot

Varastojen hukka koostuu tarpeettomista raakamateriaaleista, osista, keskeneräisistä kappaleista ja valmiista tuotteista. Kun raakamateriaaleita, osia ja keskeneräisiä kappaleita ei hyödynnetä tai työstetä tuotannossa, ne vievät turhaa tilaa ja resursseja tuotantolaitoksilla ja ne kasvattavat tuotannon läpimenoaikoja. (Bhasin 2015, s. 4) Pascal (2015, s. 32-33) toteaa, että liian suurten varastojen taustalla on usein imuohjauksen puuttuminen tuotannosuunnittelussa ja tuotteita valmistetaan seuraaviin tuotantovaiheisiin liikaa tai ilman tarvetta. Tästä syystä tuotannossa tulisi olla imuohjausta, jotta tarpeettomat varastot voitaisiin minimoida ja tuottaa hyödykkeitä vain sen verran kuin on tarpeellista.

3.3.3 Tarpeeton liike

Tarpeettomaan liikkeeseen sisältyy ihmisten ja koneiden liikkeet. Se voi olla operaattoreiden turhaa liikkumista työpisteillä tai niiden välillä, operaattoreiden kurkottelua työpisteellä tai koneiden turhaa liikettä työvaiheessa. Kaikki turha liike laskee tuottavuutta tuotannossa. Operaattoreiden tarpeeton liike voi myös aiheuttaa ergonomisia ongelmia, jos työvaiheisiin liittyy toistoa ja voimankäyttöä pidemmällä aikavälillä. (Pascal 2015, s. 30) Tarpeeton liike tuotannossa voi johtua huonoista työtavoista tai -ohjeista, huonosta layoutsuunnittelusta tai huonosta prosessisuunnittelusta (Bhasin 2015, s. 4).

3.3.4 Odotusaika

Tuotannossa esiintyvään odotukseen sisältyy operaattoreiden odottaminen, että tarvittavat materiaalit tai työkalut ovat käytössä, tuotantolinjojen pysähdykset ja operaattoreiden odotus koneiden työstäessä kappaletta. Odotusta ilmenee myös silloin, kun tuotannossa on käytössä liian suuret eräkoot tai tuotteiden uudelleentyöstö hidastaa tuotantoa. Odotus ja viivästyksiset aiheuttavat tuottavuuden laskua ja pidentävät läpimenoaikoja tuotannossa. (Pascal 2015, s. 31)

3.3.5 Ylituotanto

Ylituotanto tarkoittaa sitä, että yritys valmistaa tuotteita enemmän kuin on tarpeen. Ylituotanto tuo yritykselle lisäkustannuksia muun muassa työntekijöiden palkkojen, koneiden käyttökustannuksien, materiaalien, energiankäytön ja laitteiden suhteen. Se aiheuttaa usein myös muiden lean-ajattelun hukkiensa esiintymisen. Se kasvattaa työntekijöiden työmäärää, nostaa varastojen määrää, lisää laatuvirheiden havaitsemiseen kuluvaa aikaa ja kasvattaa tarpeettomien kuljetuksien tai tavaran siirtämisen määrää. Välttämällä ylituotantoa voidaan vähentää myös muiden hukkiensa esiintymistä yrityksen toiminnassa. (Pascal 2015, s. 33)

3.3.6 Yliprosessointi

Yliprosessoinnilla tarkoitetaan tuotteen ylimääräistä modifiointia, ylimääräisiä tuotantovaiheita tai asiakkaan vaatimuksia laadukkaampien tuotteiden valmistusta. Se voi johtua huonosta kommunikaatiosta yrityksen sisällä, tehottomista prosesseista tai huonosta asiakkaiden vaatimusten tietämyksestä. Tästä syystä on tärkeää, että yritys on tietoinen

asiakkaiden vaatimuksista ja tarpeista tuotteeseen liittyen, jotta se ei käytä resurssejaan turhaan tuotetta valmistessa. (Bhasin 2015, s. 5)

3.3.7 Laatuvirheet

Tuotteiden laatuvirheet tuovat hukkaa yrityksen tuotantoprosesseihin. Laatuvirheiden korjaamiseen kuluva aika ja virheellisten tuotteiden hävittäminen tuo lisäkustannuksia ja laskevat tuotannon tuottavuutta. Lisäksi ne aiheuttavat lisätyötä työntekijöille. Laatuvirheet voivat johtua huonoista valmistusprosesseista, koneista, työntekijöiden inhimillisistä virheistä tai niiden yhteisvaikutuksesta. (Bhasin 2015, s. 4)

3.3.8 Tietotaidon hyödyntämätön potentiaali

Lean-ajattelun kahdeksas hukka on tietotaidon hyödyntämätön potentiaali, joka sisältää yrityksen, asiakkaiden ja toimittajien tietotaidon. Kun yritys tekee yhteistyötä asiakkaiden kanssa, se voi valmistaa paremmin asiakkaita tyydyttäviä tuotteita. Yhteistyö toimittajien kanssa mahdollistaa hukkien tunnistamisen tehokkaammin, koska molemmat osapuolet hyötyvät siitä. (Pascal 2015, s. 34)

Yrityksen työntekijöiden tietotaitoa hyödyntämällä se voi paremmin saada tietoonsa tuotannosta esiintyvistä hukista ja miten niitä voitaisiin poistaa prosesseista. Hyödyntämällä työntekijöiden luovuutta, ideoita ja tietotaitoa voidaan tuotantoprosesseja kehittää tehokkaammin ja tällöin myös työntekijät tuntevat oman panostuksensa olevan tärkeää yritykselle. (Bhasin 2015, s. 5)

3.4 Työkalut

Lean-ajattelu antaa suuntaviivat hukan poistoon ja toiminnan kehittämiseen. Sen tavoitteiden saavuttamiseksi on tuotettu monia erilaisia työkaluja, jotka yhdessä ja oikein käytettynä antavat mahdollisuuden yrityksen kokonaisvaltaiseen toiminnan kehittämiseen. (Bhasin 2015, s.92) Joitain työkaluja on jo esitelty työn aikaisemmissa vaiheissa, mutta alle on vielä koottu lean-ajattelun muita tärkeitä työkaluja.

3.4.1 5S

5S on työkalu, jonka avulla voidaan organisoida ja standardisoida tuotantotiloja ja työmenetelmiä. Sen kehittäjänä on Toyota, jonka mukaan siisti ja järjestyksessä oleva työpiste on kehityksen lähtökohta. (Pascal 2015, s. 44) 5S tulee japaninkielisistä sanoista

seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Suomeksi sanat ovat erottele, järjestele, puhdistista, standardisoi sekä viimeisenä ylläpidä ja kehitä edelleen. (Tuominen 2010, s. 19)

5S -metodin ensimmäinen vaihe on erotteleminen, jossa määritetään mitä tarvitaan suorasti tai epäsuorasti työtehtävien suorittamiseen ja mikä on turhaa. Turhat esineet ja asiat kuluttavat työaikaa ja vievät hylly- ja lattiatilaa. Pahimmassa tapauksessa yritys voi investoida lisää hylly- tai lattiatilaan, trukkeihin, isompiin varastoihin tai jopa palkata lisää henkilöstöä, vaikka ongelma olisi voitu kuitata 5S-työkalulla. Turhat esineet ja asiat voivat myös heikentää työturvallisuutta ja aiheuttaa kaatumis-, liukastumis- tai tippumisvaaran. Turhien esineiden ja asioiden määrittämiseen voidaan käyttää punalappu-menettelmää. Siinä turhakkeet merkitään punaisella lapulla, joka sisältää esineen luokituksen, esineen nimen ja lukumäärän, syyn merkinnälle, työosaston ja päivämäärän. Tämän jälkeen esineet viedään määritetylle säilytyspaikalle ja päätetään jatkotoimenpiteistä. (Pascal 2015, s. 45-46)

Seuraava vaihe on järjesteleminen, jossa jäljelle jääneet tarpeelliset esineet ja asiat järjestellään paikolleen siten, että voidaan minimoida ihmisten ja koneiden turha liike. Vaihe aloitetaan havainnollistamalla nykyinen layout ja suunniteltu layout, esimerkiksi piirtämällä layoutkartat. Seuraavaksi havainnollistetaan nykyisen layoutin esineet ja asiat paikoilleensa ja piirretään materiaalivirrat. Näiden tietojen perusteella ryhdytään suunnittelemaan uutta layoutia, jossa pyritään minimoidaan turhat liikkeet ja hyödyntämään hylly- ja lattiatila mahdollisimman tehokkaasti. Kun suunnitelma on valmis, aloitetaan esineiden ja asioiden organisointi ja värikoodaus. Esineiden ja asioiden säilytyspaikkojen visualisoinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi lattiamaalauksia, nimikylttejä, valokuvia ja kiinnitystauluja, joihin on merkittynä esineiden ääriviivat. Myös kävelytiet ja kuljetuslaitteiden reitit tulee merkitä esimerkiksi lattiamaalauksilla. Visualisointia varten tulee kehittää oma värikoodistandardi, jota käytetään koko tuotantolaitoksella. Tavoitteena on, että kuka tahansa kykenee löytämään tarvittavan työkalun tai esineen nopeasti ja, että työpisteen epäjärjestyksen pystyy havaitsemaan helposti. (Pascal 2015, s. 47-48)

Kolmas vaihe on puhdistaminen, jossa tulee määrittää mitä ja miten pitää siivota, kuka suorittaa siivouksen ja mikä on riittävän siistiä ja puhdasta. Vaihe aloitetaan määrittämällä kaikki kohteet, jotka pitää siivota. Lisäksi määritetään siivoustavat ja tarvittavat siivousvälineet sijoitetaan siivouskohteiden lähetyville. Määritetään myös siivousvastuut ja aikataulu. Tämän jälkeen jokaiselle siivouskohteelle luodaan tarkastuslomake, josta tarvittavat tiedot löytyy. Kun siivous on suoritettu, työntekijä kuittaa tiedon tarkastuslomakkeeseen. Puhdistuksen lisäksi on tärkeää huolehtia laitteiden ja koneiden kunnosta. Tästä syystä jokaiselle koneelle ja laitteelle luodaan myös tarkastuslomakkeet, jolloin voidaan seurata niiden kuntoa ja järjestää kunnossapitoa tai huoltoa, jos on tarpeen.

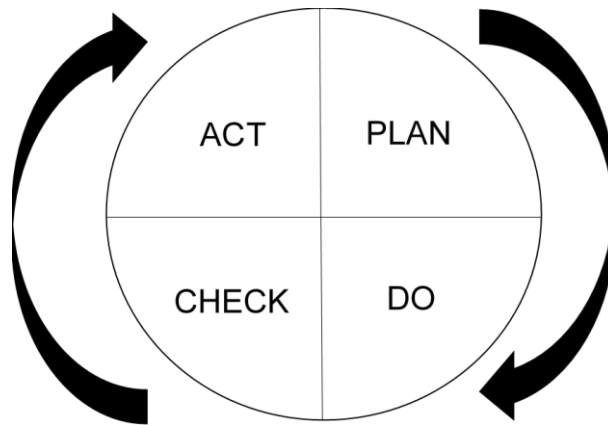
Tärkeää on lisäksi työntekijöiden oma-aloitteisuus siistiysongelmien ratkaisemisessa. Kun työntekijät pystyvät ratkaisemaan siistiysongelmien juurisyitä ja tunnistamaan virhetilanteita, voidaan kaikkien työtaakkaa keventää. (Pascal 2015, s. 49)

5S-metodin neljäs vaihe on standardisointi, jossa kehitetään kolmen ensimmäisen vaiheen toiminnoille ja työtavoille standardit, jotta voidaan varmistua 5S -metodin jatkuvuudesta. Standardien tulee olla mahdollisimman selviä, yksinkertaisia ja visuaalisia. Hyödyntämällä toimivia standardeja on epäkohtien havaitseminen helpompaa. Erottele -vaiheen standardien tulisi kertoa mitkä esineet ja asiat ovat tarpeellisia ja mitkä ei. Järjestele -vaiheen standardit kertovat esimerkiksi eri värien merkitykset, kulkureitit, vaaralliset alueet ja tarvittavat suojavarusteet. Puhdista -vaiheen standardit ilmaisevat siivoamiskohdet, siivoamistavat ja siivoamisvastuut. (Pascal 2015, s. 50-51)

Viimeinen vaihe on ylläpidä ja kehittäminen. Jotta voidaan varmistaa 5S -metodin jatkuvuus ja toimivuus, on siitä tärkeää kommunikoida yrityksen sisällä ja järjestää 5S -koulutuksia. Kommunikaatiota voidaan lisätä esimerkiksi 5S -raporttitauluilla, joissa on kuvattuna 5S -tavoitteet, nykyinen tila sekä ennen ja jälkeen kuvia uudistetuista työpisteistä tai -kohteista. Lisäksi tunnollisesta tai onnistuneesta 5S -työstä voidaan palkita työntekijöitä, mikä tuo lisämotivaatiota 5S:n edistämiseen yrityksen sisällä. (Pascal 2015, s. 52)

3.4.2 PDCA

PDCA on nelivaiheinen kehitystyökalu, jonka avulla voidaan kehittää tuotteita ja prosesseja ja tukea päätöksentekoa. Sen vaiheet ovat suunnittele (plan), toteuta (do), arvioi (check) ja paranna (act). PDCA:ssa päätöksentekoa tuetaan datan keräämisellä ja sen analysoinnilla, joka tukee virheiden minimointia. Lisäksi PDCA antaa perustan jatkuvalle parantamiselle, kun sitä hyödynnetään systemaattisesti yrityksessä. (Bushell 1992)
Kuva PDCA:sta on esitettyä kuvassa 9.



Kuva 9. PDCA -kehitystyökalu (mukaillen Pascal 2015, s. 193)

PDCA:n ensimmäinen vaihe on suunnittele, jossa tulee määrittää mikä on tavoite ja miten se saavutetaan. Ennen suunnitelman tekemistä on tärkeää, että koko projektiryhmä ymmärtää miten kehitettävä kohde tai prosessi toimii. Tällöin voidaan minimoida epätie-toisuutta, joka voi vaikuttaa projektiin sen muissa vaiheissa. Suunnitelman tulisi sisältää mittaussuunnitelman, tarvittavat mittausprosessit ja keinot tiedon jakamiseen. Lisäksi suunnitelman tulisi sisältää työnjaon projektiryhmän sisällä, projektin aikataulutuksen ja pilottihankkeen. Aikataulutukseen voidaan käyttää esimerkiksi Gantt-kaaviota, jotta voidaan varmistua projektin aikataulussa pysymisessä. (Pascal 2015, s. 194)

Toisessa vaiheessa toteutetaan pilottihanke. Ensimmäiseksi henkilöstö koulutetaan työ-tehtäviinsä, jonka jälkeen aloitetaan mittauksien suorittaminen. Mittauksia jatketaan mit-taussuunnitelman mukaisesti ja dataa kerätään analysointia varten. (Bushell 1992) Pi-lottihanke mahdollistaa suunnitellun ratkaisun tarkemman tutkimisen ilman suuria inves-tointeja ja lopullisia päätöksiä (Pascal 2015, s. 195).

Arvioi on PDCA:n kolmas vaihe, jossa kerätty mittausdata organisoidaan ja analysoi-daan. Analysoinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi kuvaajia, histogrammeja ja valvon-takortteja. Seuraavaksi projektiryhmän on analyysien perusteella tehtävä päätöksiä siitä, että onko tavoitteet saavutettu ja voidaanko edetä projektin seuraavaan vaiheeseen vai onko vielä tarvetta muutoksille. (Bushell 1992) Lisäksi on tärkeää, että projektiryhmä ei pohjusta päätöksiään ainoastaan mittausdataan, vaan myös tarkistaa miten muutokset toimivat käytännössä (Pascal 2015, s. 195)

Kun pilottihankkeen tavoitteet on saavutettu ja kehitettävän kohteen tai prosessin tulok-set ovat tavoiteltuja, aloitetaan PDCA:n viimeinen vaihe. Siinä pilottihankkeen työtavat ja -ohjeet standardisoidaan ja käynnistetään tarvittavat investointiprosessit. Lisäksi mää-ritetään toimenpiteet, kun prosessissa havaitaan häiriötä. Toimenpiteisiin tulisi sisältyä ainakin hetkelliset nopeat toimet häiriöiden poistamiseksi sekä vakinaiset toimenpiteet häiriöiden juurisyiden löytämiseksi. (Pascal 2015, s. 196)

3.4.3 Poka-Yoke

Poka-Yoke on laadunhallintakonsepti, joka tarkoittaa huomaamatonta virheiden korjausta. Poka-Yoke -tarkastuslaitteet ovat visuaalisia, yksinkertaisia, luotettavia ja halpoja, ja niiden avulla pyritään pienentämään tehtyjen virheiden määrää ja vähentämään yksilöiden tekemiä henkilökohtaisia virheitä. Niitä voidaan myös hyödyntää yksinkertaisissa ja toistuvissa työvaiheissa, jolloin voidaan vähentää työntekijöiden kuormitusta. (Santos et al. 2006, s. 77) Lisäksi Poka-Yoke -laitteiden tehtävänä on epänormaalien tilanteiden havaitseminen ennen niiden syntymistä tai niiden vaikutusten minimointi (Pascal 2015, s. 127).

Pascal (2015, s. 127-128) listasi yleisimpiä virheitä, joita tapahtuu tuotantoprosesseissa ja mitä Poka-Yoke -metodilla pyritään estämään:

1. ”puuttuvat prosessivaiheet
2. prosessivirheet
3. väärin asetetut työkappaleet
4. puuttuvat osat
5. väärä osa
6. väärä käsitelty työkappale
7. virheellinen koneen toiminta
8. säätövirheet
9. laitteita ei ole asennettu oikein
10. riittämättömästi valmistellut työkalut.”

Poka-Yoke -tarkastuslaitteet voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan. Niistä ensimmäisessä tarkastuslaitteet tarkkailevat työkappaleiden dimensioita, painoa tai muotoja esimerkiksi sensorien avulla. Tällöin voidaan varmistua työkappaleiden ja komponenttien virheettömyydestä ja, että ne täyttävät määritetyt standardit. Jos tarkastuslaite havaitsee poikkeaman, se antaa siitä ilmoituksen tai hylkää kappaleen automaattisesti. (Pascal 2015, s. 132-133)

Toisessa kategoriassa tarkastuslaitteet seuraavat sensorien avulla työvaiheiden poikkeamia. Ne voivat seurata esimerkiksi työntekijän työvaiheiden etenemistä ja pitää lukua siitä, kuinka monta työvaihetta työntekijä suorittaa työkappaleelle. Jos jokin työvaihe jää

suorittamatta tai työvaiheiden lukumäärä ei vastaa määritettyä lukuarvoa, antaa tarkastuslaite ilmoituksen tai estää työkappaleen etenemisen seuraavaan työvaiheeseen. (Pascal 2015, s. 133)

Kolmannessa kategoriassa Poka-Yoke -tarkastuslaitteet seuraavat kiinteiden ja määritettyjen lukuarvojen poikkeamia. Ne voivat esimerkiksi laskea tehtyjen kappaleiden tai vaadittujen komponenttien lukumäärää. Lisäksi ne voivat olla esimerkiksi lämpö-, paine tai voimamittareita, jolloin tarkastuslaitteet seuraavat, että työskentelyolosuhteet pysyvät määritetyn alueen sisäpuolella. Lisäksi Poka-Yoke -metodia voidaan hyödyntää työvaiheen suunnittelussa siten, että esimerkiksi kokoonpanotyövaiheessa työntekijällä on juuri oikea määrä osia ja komponentteja työvaiheen suorittamiseen. Tällöin, jos kokoonpanon jälkeen jää ylimääräisiä osia antaa se työntekijälle signaalin siitä, että on tapahtunut virhe kokoonpanossa. (Pascal 2015, s. 133-134) Edelliseen liittyen Poka-Yoke -metodia voidaan hyödyntää myös tuotesuunnittelussa suunnittelemalla tuotteet siten, että ne voidaan koota vain yhdellä tavalla, eikä virheiden tekemiseen ole mahdollisuutta (Santos et al. 2006, s. 79).

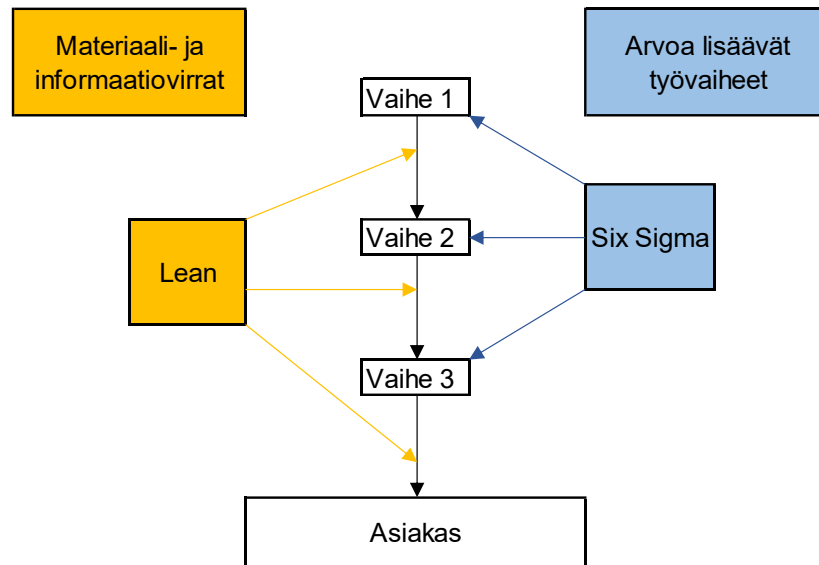
4. LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma on liiketoimintastrategia ja prosessien parannusmenetelmä, jonka avulla voidaan kehittää yrityksen tuotantoprosesseja sekä parantaa asiakastytyväisyyttä ja liiketoiminnan tuottoja. Se tarjoaa yritykselle työkalut ja menetelmät prosessien systemaattiseen kehittämiseen. (Snee 2010, s. 11)

Lean Six Sigmassa yhdistyvät leanin prosessien nopeus ja hukkan poistaminen ja Six Sigman vaihtelun vähentäminen. Lean keskittyy hukkan poistamiseen prosesseista tehden niistä yksinkertaisempia ja nopeampia, ja se pyrkii hyödyntämään pienimmän mahdollisen määrän resursseja lopputuotteen valmistamiseen. Six Sigma tarjoaa laadulliset ja tilastolliset työkalut prosessien seurantaan sekä vaihtelun ja virheiden poistamiseen työvaiheista. Yhdistämällä molemmat laatufilosofiat voidaan tehokkaammin poistaa hukkaa prosesseista tehden niistä nopeampia ja luotettavampia. Tällöin voidaan myös vastata asiakkaiden vaatimuksiin nopeammin ja parantaa asiakastytyväisyyttä. (Atmaca & Girenes 2013, s. 2108)

Lean ja Six Sigma tukevat hyvin toisiaan. Jos yritys hyödyntää toiminnassaan vain Six Sigma -laatufilosofia, se ei kykene suoraan vaikuttamaan prosessien nopeuttamiseen ja havaitsemaan hukkaa niistä. Lisäksi Six Sigmassa ei huomioida suoraan turhia varastoja ja niihin kuluvia kustannuksia. Six Sigma vaatii myös enemmän aikaa koko filosofian sisäistämiseen ja sen laadullisten ja tilastollisten työkalujen käytön oppimiseen. Toisaalta käyttämällä vain leanin oppeja ei yrityksellä ole työkaluja tai metodeja prosessien stabiloimiseen. Lisäksi leanissa ei tuoda esille mittausdatan vaihtelun merkitystä, kun sitä hyödynnetään päätöksen teossa. Leanin avulla myös hukkiin todelliset juurisyyt voivat jäädä selvittämättä, jotka pystyttäisiin selvittämään Six Sigman matemaattisilla työkaluilla. (Devane 2004, s. 8-9)

Prosesseissa syntyvän hukkan tai sen huonon suorituskyvyn juurisyyt voidaan havaita prosessien materiaali- ja informaatiovirroista tai arvoa lisäävistä työvaiheista. Kuvan 10 mukaisesti Lean Six Sigmassa materiaali- ja informaatiovirtojen hukkia pyritään poistamaan yleisesti leanin perusperiaatteiden ja työkalujen avulla, ja arvoa lisääviä työvaiheita pyritään tehostamaan ja stabiloimaan Six Sigman avulla. Huonon suorituskyvyn taustalla voi myös olla materiaali- ja informaatiovirtojen sekä arvoa lisäävien työvaiheiden hukkiin yhteisvaikutus, jolloin leanin ja Six Sigman käyttäminen samanaikaisesti mahdollistaa prosessien maksimaalisen kehittämisen ja hukkiin juurisyyden havaitsemisen. (Snee 2010, s. 15)



Kuva 10. Leanin ja Six Sigman hyödyntäminen yhdessä (mukaillen Snee 2010, s. 15)

Snee (2010, s. 11) esittää, että Lean Six Sigma on ylivertainen muihin lähestymistapoihin verrattuna, koska se yhdistää prosessien kehittämisen inhimilliset ja toiminnalliset näkökulmat. Kuvassa 11 on esitettyinä nämä näkökulmat, jotka jokainen on tärkeä osa prosessien kehittämistä.

Inhimilliset näkökulmat	Toiminnalliset näkökulmat
Tuloskeskeisyys	Prosessien kehittäminen
Johtajuus	Vaihtelun analysointi
Projektien nopeus	Hallittu lähestymistapa (DMAIC)
Asiakaslähtöisyys	Määrälliset mittaukset
Projektitiimit	Tilastolliset menetelmät ja ajattelu
Kulttuurinmuutos	Prosessijohtaminen

Kuva 11. Prosessien kehittämisen inhimilliset ja toiminnalliset näkökulmat (mukaillen Snee 2010, s. 11)

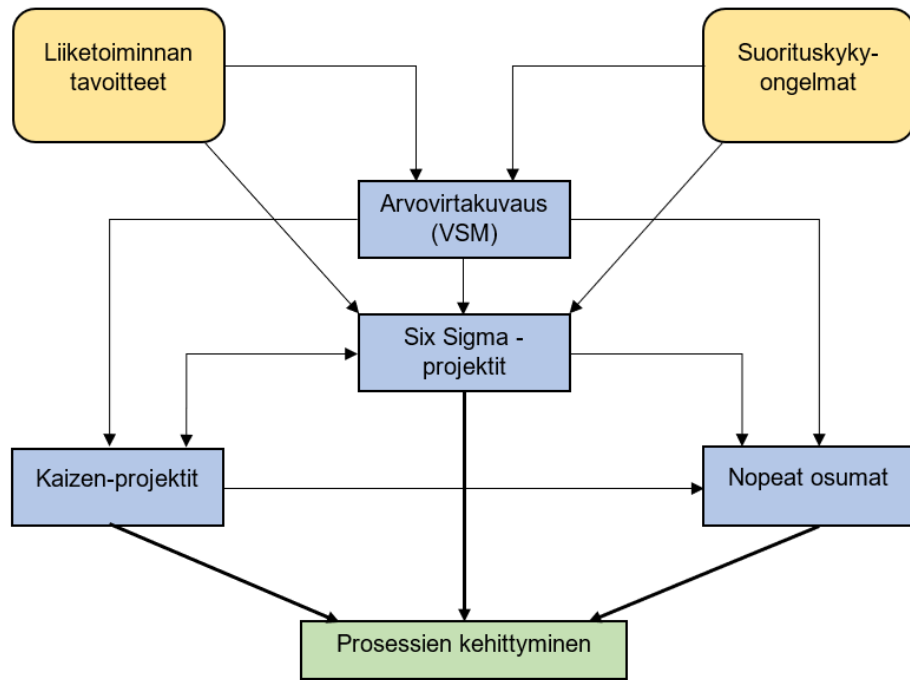
4.1 Lean Six Sigma -projektit

Jotta leanin ja Six Sigman vahvuudet voidaan hyödyntää yrityksen toiminnassa tehokkaasti, on projekteihin liittyvät valinnat erityisen tärkeitä. Ennen projektien aloittamista

yrittäjien tulisi tunnistaa oikeat kehitystyökalut ja -menetelmät, jotka sopivat parhaiten vallitsevan ongelman poistamiseksi. Lisäksi projektien valinnassa tulisi projektit priorisoida niiden liiketoiminnallisten tavoitteiden saavuttamisen, prosessien suorituskyvyn parantamisen sekä materiaali- ja informaatiovirtojen kehittämisen vaikutusten perusteella. (Snee 2010, s. 12-13)

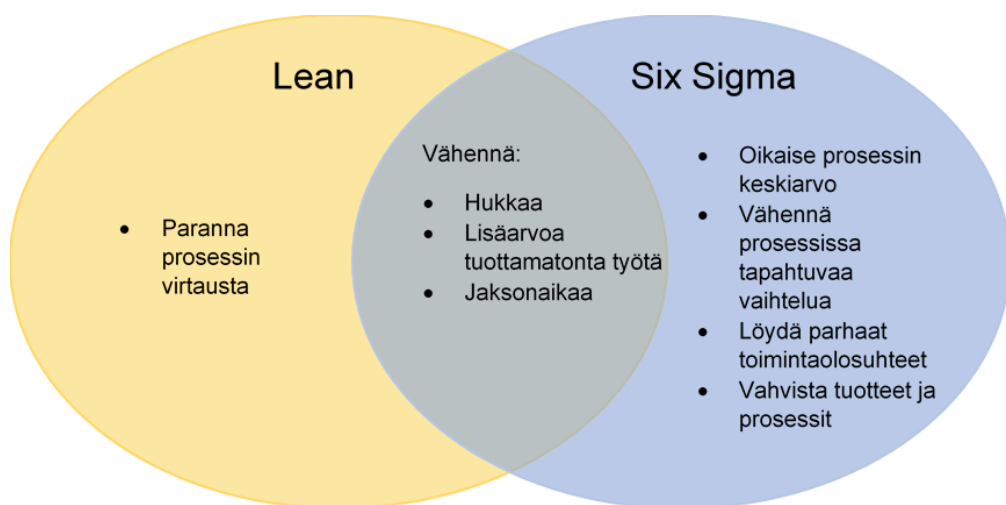
Sneen (2010, s. 13) mukaan Lean Six Sigma -projektityypit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, jotka ovat ”nopeat osumat”, kaizen- ja Six Sigma -projektit. ”Nopeat osumat” ovat nimensä mukaisesti lyhyitä projekteja, ja ne eivät vaadi suuria taloudellisia panostuksia tai resursseja niiden suorittamiseksi. Niissä ongelmien juurisyyt ovat tiedossa ja ratkaisu ongelman poistamiseksi on usein yksinkertainen. Kaizen-projektit ovat myös kohtalaisen nopeita, usein noin kuukauden kestäviä, kehitysprojekteja, joissa hyödynnetään usein leanin työkaluja ongelmien ratkaisemiseksi. Kolmas projektityyppi on Six Sigma -projektit, jotka ovat kestoiltaan melko pitkiä, jopa kolmesta kuuteen kuukautta. Six Sigma -projekteissa ongelmien juurisyyt ovat usein kompleksisempia ja ratkaisun selvittäminen vaatii tarkempaa tutkimusta. Niissä hyödynnetään Six Sigman DMAIC-mallia sekä laadullisia ja tilastollisia työkaluja, mutta apuna hyödynnetään usein myös leanin työkaluja tarpeen mukaan. Lisäksi Six Sigma -projektit voivat tuottaa kaizen-projekteja tai ”nopeita osumia” projektin edetessä. (Snee 2010, s. 13-14)

Liiketoiminnalliset tavoitteet tai prosessien suorituskykyongelmat ovat yleisimmät syyt, miksi Lean Six Sigma -projekti käynnistetään. Ne voivat suoraan tuottaa Six Sigma -projektin lähtöongelman, mutta ne voivat myös toimia syötteenä arvovirtakuvaukselle (Value Stream Mapping, VSM). (Snee 2010, s. 14) Arvovirtakuvaus on leanissa käytetty työkalu, jossa visualisoidaan tietyn prosessin tai prosessien virtausta, minkä avulla voidaan havaita prosessissa oleva hukka. Lisäksi sen avulla voidaan visualisoida prosessi-kehityksen haluttu lopputulos. (Bhasin 2015, s. 95) Arvovirtakuvauksella havaitut hukat tai ongelmat prosessissa voivat tuottaa Six Sigma -projektien lisäksi myös aiheen kaizen-projektille tai ”nopeille osumille” (Snee 2010, s. 14). Kuvassa 12 on esitetty Lean Six Sigman projektin valintaprosessin rakenne ja sen eri osien vuorovaikutus.



Kuva 12. Lean Six Sigma -projektin valitseminen (mukaillen Snee 2010, s.13)

Lean Six Sigma mahdollistaa yritykselle prosessien kokonaisvaltaisen kehittämisen ja parantamisen tarjoamalla laajan työkalu- ja konseptivalikoiman. Vallitsevan ongelman mukaisesti hyödynnetään leanin, Six Sigman tai molempien työkaluja yhdessä ongelman ratkaisemiseksi. Yrityksen henkilöstön tulee kuitenkin hallita näiden työkalujen käyttö ja osata hyödyntää niitä oikeissa tilanteissa. Tästä syystä ongelmien todellisten juurisyiden havaitseminen on tärkeää ennen toimenpiteitä, jotta voitaisiin käyttää juuri oikeita metodeja ja työkaluja ongelmien ratkaisussa. (Snee 2010, s. 14-15) Kuvassa 13 on esitettyä leanin, Six Sigman ja niiden yhteiset tehtävät prosessien kehittämisessä.



Kuva 13. Leanin, Six Sigman ja niiden yhteiset tehtävät prosessien kehittämisessä (mukaillen Snee 2010, s. 14)

4.2 Lean Six Sigma -roolit

Lean Six Sigman roolit vastaavat paljon Six Sigman roolitusta ja vastuualueita. Kuitenkin Lean Six Sigmassa työntekijöillä ja ylimmällä johdolla on tietotaitoa ja kokemusta Six Sigman lisäksi myös leanin työkaluista ja peruseriaatteista. (Devane 2004, s. 17) Kuten Six Sigmassakin on yrityksen panostettava Lean Six Sigma -filosofian luomiseen yrityksen sisällä. Sen tulee panostaa henkilöstön koulutukseen ja varmistua siitä, että yrityksen jokainen osasto mukautuu Lean Six Sigman periaatteisiin. (Taghizadegan 2006, s. 103) Taulukossa 1 on esiteltyä Lean Six Sigman kuusi keskeisintä roolia.

Taulukko 1. *Lean Six Sigman roolit (Mukaillen Devane 2004, s. 17 & Taghizadegan 2006, s. 104-106)*

Rooli	Tehtävät ja vastualueet	Lean Six Sigma sitoutuminen
Johtoryhmä	<ul style="list-style-type: none"> • Yrityksen ylimmän johdon henkilöstöä • Tarjoaa projektiryhmille tarvittavat työkalut • Valvoo projektien etenemistä ja niiden tuloksia • Varmistaa projektiryhmän esteettömän työskentelyn 	Osa-aikainen, tarpeen mukaan
Sponsori	<ul style="list-style-type: none"> • Johtaa ja valvoo yrityksen tavoitteiden täyttymistä • Toimii projektiryhmien ohjaajana • Osallistuu projektien kokouksiin 	Osa-aikainen, tarpeen mukaan
Prosessin omistaja	<ul style="list-style-type: none"> • Varmistaa prosessin hyvän suorituskyvyn • Tuntee prosessin yksityiskohtaisesti • Auttaa projektiryhmää ongelmienratkaisussa 	Prosessin koosta riippuvainen, voi olla osa-aikaisesta kokoaikaiseen
Master Black Belt	<ul style="list-style-type: none"> • Hallitsee tilastolliset analyysityökalut • Vahva kokemus Lean Six Sigma -metodien käytöstä • Hyvät johtamis- ja kommunikaatiotaidot • Ohjaa ja kouluttaa Black Beltejä • Liiketoimintastrategioiden laadinta ylimmän johdon kanssa 	Kokoaikainen
Black Belt	<ul style="list-style-type: none"> • Lean Six Sigma -projektien tekninen johtaja • Hyvät johtamis- ja kommunikaatiotaidot • Projektiryhmän johtaminen, kouluttaminen ja ohjaaminen • Vahva tietotaito Lean Six Sigma -työkalujen käytöstä 	Kokoaikainen
Green Belt	<ul style="list-style-type: none"> • Työskentelee Lean Six Sigma -projekteissa tiiminjäsenenä • Työtehtävinä esimerkiksi ongelmienratkaisu ja tilastolliset analyysit 	Osa-aikainen, projektien mukaan

5. YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tavoitteena oli selvittää, mikä Lean Six Sigma -laatufilosofia on ja mitä keinoja ja työkaluja se tarjoaa yritykselle toimintansa kehittämiseen. Työssä perehdyttiin ensimmäiseksi Six Sigmaan ja sen toimintatapoihin. Six Sigmassa keskeisenä tavoitteena on prosesseissa tapahtuvan vaihtelun minimointi, jolloin prosesseista tulee luotettavampia ja vakaampia. Sen toiminta perustuu paljon datan mittaamiseen ja analysointiin, minkä takia sen työkalut ovat suurimmalta osaltaan tilastollisia ja matemaattisia. Six Sigma käyttää ongelmanratkaisussa DMAIC-mallia, jonka avulla kehitysprojekteista saadaan standardisointuneempia ja hallitumpia. Kun jokainen kehitysprojekti käydään läpi mallin avulla, voidaan varmistua ongelman kattavasta analysoinnista ja tutkimisesta. Six Sigman projektikeskeisyyden takia on tärkeää määrittää yrityksen henkilöstön roolit ja niiden vastuualueet Six Sigma -projekteissa, jotta voidaan varmistua projektien hallitusta etenemisestä ja tavoitteiden saavuttamisesta.

Seuraavaksi tarkasteltiin leania ja sen peruseriaatteita. Siinä keskeisintä on prosesseista kaiken arvoa tuottamattomien toimintojen minimoiminen, hukkan poistaminen ja jatkuva parantaminen. Tunnistamalla leanin kahdeksan hukkaa voidaan prosesseista tehdä kustannustehokkaampia ja nopeampia. Edellä mainittuja asioita tukee leanin viisi peruseriaatetta, joiden avulla voidaan prosesseja kehittää hallitusti. Yksi leanin keskeisimmistä tavoitteista on myös prosessien virtauttaminen Just in Time -periaatteen mukaisesti, jossa pyritään luomaan imuohjaus tuotantoprosessiin. Tällöin voidaan varmistua siitä, että tuotteita valmistetaan juuri oikea määrä ja oikeaan aikaan. Lean hyödyntää prosessien kehityksessä kaizen-ajattelua, jonka perustana on pienten jatkuvien parannusten saavuttaminen. Kaizen-kehitysprojektit suoritetaan usein pienryhmissä ja niiden avulla pyritään nostamaan yhteishenkeä yrityksen sisällä.

Lopuksi käsiteltiin Lean Six Sigmaa, jossa yhdistyvät laatufilosofiat lean ja Six Sigma. Siinä yhdistyvät leanin hukkan poistaminen ja prosessien nopeuttaminen ja Six Sigman prosessien vakauttaminen. Lean ja Six Sigma tukevat hyvin toisiaan ja kompensoivat toistensa heikkouksiaan. Lean tukee Six Sigmaa tekemällä prosesseista nopeampia ja keskittyy enemmän arvoa tuottamattomien toimintojen ja hukkan poistoon. Six Sigma taas tukee leania stabiloimalla prosessit ja sen tilastollisten ja matemaattisten työkalujen ansiosta ongelmien juurisyöt voidaan helpommin selvittää. Lean Six Sigma mahdollistaa yritykselle prosessien kokonaisvaltaisen kehittämisen ja parantamisen, kun sen työkaluja ja toimintaperiaatteita hyödynnetään oikein.

LÄHTEET

- Antony, J., Snee, R. & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34(7), p. 1076.
- Arthur, J. (2011). *Lean Six Sigma Demystified*, Second Edition, McGraw-Hill, New York.
- Atmaca, E., & Girenes, S. (2013). Lean six sigma methodology and application. *Quality and Quantity*, 47(4), p. 2108
- Bhasin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing: A Holistic Approach*, Springer Verlag, Cham, pp. 4-5, 92, 95
- Bushell, S. (1992). Implementing plan, do, check and act, *The Journal for Quality and Participation*, vol. 15(5), pp. 58
- Geng, H. (2016). *Manufacturing Engineering Handbook*, Second Edition, McGraw-Hill Professional, Access Engineering, New York.
- Delers, A., Feys, B. & Probert, C. (2015). *Kaizen*. Namur: Lemaitre Publishing.
- Devane, T. (2004). *Integrating Lean Six Sigma and High-Performance Organizations*, John Wiley & Sons, pp. 8-9, 17
- Hannus, J. (1994). *Prosessijohtaminen: Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky*, 4. painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, s. 213-216
- Karjalainen, T. & Karjalainen, E. (2002). Six Sigma: Uuden sukupolven johtamis- ja laatu menetelmä, *Quality Knowhow Karjalainen, Hollolla*, s. 47-48, 73-77, 103-104, 130-131, 142-144, 153, 157, 160-164, 168-169.
- Keller, P. (2011). *Six Sigma Demystified*, Second Edition, McGraw-Hill Education LLC, New York.
- Land, S., Smith, D. & Walz, J. (2008). *Lean Six Sigma Techniques and DMAIC*, John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, pp. 188.
- Liker, J. (2004). *The Toyota way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill, New York.
- Lovric, M. (2011). *International Encyclopedia of Statistical Science*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, pp. 1339-1340.

- Montgomery, D. & Woodall, W. (2008). An Overview of Six Sigma, *International Statistical Review*, Vol. 76(3), pp. 334-336, 338-340
- Pande, P., Neuman, R. & Cavanaugh, R. (2014). *The Six Sigma Way: How to Maximize the Impact of Your Change and Improvement Efforts*, Second Edition, McGraw-Hill Education, New York.
- Pascal, D. (2015). *Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*, Third Edition, CRC Press, Florida, pp. 29-36, 44-52, 89, 92, 96-97, 102-104, 108-109, 111, 127-128, 132-134, 193-196
- Santos, J., Wysk, R. & Torres, J. (2006). *Improving production with lean thinking*. Hoboken, New Jersey: Wiley, pp. 73, 79
- Sisson, J. & Elshennawy, A. (2015). Achieving success with Lean: An analysis of key factors in Lean transformation at Toyota and beyond, *Lean Six Sigma Journal*, Vol. 6(3), p. 263.
- Snee, R. (2010). Lean Six Sigma - getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1(1), pp. 11-15
- Taghizadegan, S. (2006). *Essentials of lean six sigma*, Elsevier, Amsterdam, pp. 103-106
- Tuominen, K. (2010). Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S, Benchmarking Ltd, Helsinki, s. 19
- Vanzant Stern, T. (2016). *Lean Six Sigma*, CRC Press, New York, pp. 74, 81-82.
- Womack, J., Jones, D. & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World*, Simon and Schuster, New York, p. 57
- Womack, J. & Jones, D. (2010). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon and Schuster, New York, pp. 16-28, 36-37, 53, 61, 89, 94
- Zandin, K. B. (2001). *Maynard's Industrial Engineering Handbook*, Fifth Edition, The McGraw-Hill Companies Inc