



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (YAMK)  
Teknologiaosaamisen johtaminen

# **Kvantitatiivisten Lean Six Sigma menetelmien hyödyntäminen tilaus-toimitusprosessin kehittämisessä**

Aleksi Asikainen

Opinnäytetyö, tammikuu 2024

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Tammikuu 2024**  
**Teknologiaosaamisen johtamisen koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)  
Aleksi Asikainen

Nimeke  
Kvantitatiivisten Lean Six Sigma menetelmien hyödyntäminen tilaus-toimitusprosessin kehittämisessä

Toimeksiantaja  
Pentin Paja Oy

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda raamit kohdeyrityksen valmistamien tilausohjautuvien kappaleenkäsittelylaitteiden tilaus-toimitusprosessin tehostamiseksi ja vakioimiseksi Six Sigma -ongelmanratkaisumenetelmää apuna käyttäen. Rinnakkaisena tavoitteena oli herättää keskustelua siitä, mitä organisaatio oppii nykyisestä tavastaan toimia ja miten organisaatio voisi kehittää systemaattisesti ja kokonaisvaltaisesti toimintaansa.

Opinnäytetyössä käsiteltiin oleelliset Six Sigma -ongelmanratkaisumenetelmien periaatteet ja käsitteet sekä tilaus-toimitusprosessien avainosa-alueet. Jokaisen osa-alueen yhteydessä teoriaosuutta syvennettiin käytännön esimerkein.

Tämän tutkimustyön avulla organisaatiolla on kyvykkyys selvittää prosessiensa nykytila ja niiden sisältämät virheet, määrittää perustellut täsmätoimenpiteet prosessien tehostamiseksi ja prosessivirheiden poistamiseksi sekä tarkastella prosessin kehittämisestä syntyviä vasteita. Näiden saavutettujen kykyjen myötä kohdeyritys voi luoda esimerkiksi oman kevennetyn prosessikehittämisen toimintapolun omien tarpeidensa ja käytettävissä olevien resurssiensa mukaisesti ja sitä kautta kehittää strategista ja operatiivista toimintaansa.

Kieli  
suomi

Sivuja 60  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 8

Asiasanat  
Lean Six Sigma, tilaus-toimitusprosessien kehittäminen, prosessikehitys



**THESIS**  
**January 2024**  
**Degree Programme in technology competence management**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Aleksi Asikainen

Title  
The Utilization of Quantitative Lean Six Sigma Methods in developing the Order-to-Delivery Process

Commissioner  
Pentin Paja Oy

#### Abstract

The main aim of this thesis was to create a framework for streamlining and standardizing the order-to-delivery process of the order-driven handling positioners manufactured by the target company. The parallel goal was to spark a discussion about what the organization learns from its current way of working and how the organization could systematically and comprehensively develop its operations by using the Lean Six Sigma techniques and tools for process improvement.

In the thesis, all the most essential principles and concepts of Six Sigma problem-solving methods and the key areas of order-to-delivery processes have been comprehensively reviewed. In connection with each sub-area, the theory was deepened with practical examples.

With the help of this research work, the organization is able to identify the current state of its processes and the errors they may contain, to determine measures to make the processes more efficient and to eliminate process errors and to examine the responses arising from the development of the process. With these acquired capabilities, the target company can create, for example, its own streamlined process development path according to its own needs and available resources, and thereby develop its strategic and operational activities.

Language  
Finnish

Pages 60  
Appendices 1  
Pages of Appendices 8

Keywords  
Lean Six Sigma, development of order-to-delivery processes, process development

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet.....	6
1.2	Opinnäytetyönä tehtävä kehityshankkeen prosessikuvaus.....	6
1.3	Kriittiset tutkimuskysymykset .....	7
1.4	Opinnäytetyön rakenne, aikataulu ja rahoitus .....	8
1.5	Opinnäytetyössä hyödynnettävät tietolähteet .....	8
1.6	Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys.....	9
2	Opinnäytetyön tietoperusta .....	9
2.1	Tilaus-toimitusprosessin määritelmä ja arvoketjut .....	9
2.2	Materiaali- ja tietovirrat .....	10
2.3	Läpimenoaika .....	11
2.4	Lean-ajattelumalli prosessin kehittämisessä.....	12
2.5	Prosessit ja niiden tehokkaaseen toimintaan vaikuttavat tekijät.....	12
2.5.1	Prosessien virtaus- ja resurssitehokkuus.....	13
2.5.2	Prosessien toimintalait.....	14
2.5.3	Prosessien hukat .....	17
3	Prosessien tehostamisen menetelmät .....	18
3.1	Six Sigman käyttö prosessin virheiden poistamisessa.....	18
3.2	DMAIC-prosessin kuvaus .....	20
3.2.1	Define -jakson kuvaus .....	20
3.2.2	Measure -jakson kuvaus.....	21
3.2.3	Analyze -jakson kuvaus .....	21
3.2.4	Improve -jakson kuvaus.....	22
3.2.5	Control -jakson kuvaus .....	22
3.3	Minitab-ohjelmisto ja sen hyödyntäminen kehitysprosessissa .....	22
4	Kehitysprojektin esimäärittely ja rajaaminen .....	23
4.1	Prosessien merkittävimmät tiedetyt virheet ja niiden määrittely.....	23
4.2	Projektin rajaaminen ja toteutettavuuden arviointi .....	23
4.3	Kehitysprojektin valinta perusteluineen.....	24
5	Kehitysprojektin vaiheet .....	24
5.1	Define- eli projektin asettamis- ja määrittelyvaihe.....	24
5.2	Define -vaiheen kehittämistyökalut .....	26
5.2.1	SIPOC-prosessikaavio kehityskohteen pääprosessista.....	26
5.2.2	Prosessikaavio rajattavasta ongelmasta.....	27
5.2.3	Asiakkaalle kriittiset vaatimukset eli CTQ, CTD ja CTC kaaviot.....	27
5.2.4	Prosessin kuvaus SIPOC-yleiskaavion avulla.....	29
5.2.5	Rajattavan ongelman kuvaus SIPOC-kaavion avulla.....	31
5.2.6	Kehitystyön päämittarin asettaminen ja tavoitteiden määrittely .....	31
5.3	Measure -vaihe .....	32
5.3.1	Tiedonkeruusuunnitelman laatiminen .....	33
5.3.2	Lähtötilanteen mittaaminen ja suorituskykytarkastelu.....	34
5.3.3	Saadun mittaustiedon validointi kehityskohteeseen verraten .....	40
5.4	Analyze -vaihe .....	40
5.4.1	Tiedon riittävyyden arviointi .....	41
5.4.2	Tilastollinen prosessinohjaus SPC ja ohjauskortit.....	41
5.4.3	Aivoriihi eli ideapalaveri .....	43
5.4.4	Affiniteettikaavio.....	44

5.4.5	Puukaavio .....	45
5.4.6	Vuorovaikutussuhdekaavio .....	46
5.4.7	Vika- ja vaikutusanalyysi FMEA .....	47
5.4.8	5 x miksi tarkastelu .....	48
5.4.9	Kalanruotokaavio .....	49
5.5	Improve -vaihe .....	50
5.5.1	Kehitysideointi ja ideoiden listaaminen sekä kategorisointi.....	51
5.5.2	Kehitysideoinen seulonta ja valinta nelikenttäanalyysillä .....	51
5.5.3	Toimenpidelistan laatiminen .....	52
5.5.4	Tarkastelu toimenpiteiden vaikutuksesta prosessiin ja minikokeet ....	53
6	Tulokset .....	54
7	Pohdinta.....	55

## Liitteet

### Liite 1 Käsitteet ja lyhenteet

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön kohdeyrityksenä on Pohjois-Karjalassa toimiva kappaleenkäsittelylaitteiden ja metsänhoitotuotteiden valmistukseen keskittynyt konepajayritys. Yrityksellä on kaksi toimipistettä, ja se työllistää noin 20 henkilöä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda raamit kohdeyrityksen valmistamien tilausohjautuvien kappaleenkäsittelylaitteiden tilaus-toimitusprosessin tehostamiseksi ja vakioimiseksi kvantitatiivista Six Sigma -ongelmanratkaisumenetelmää apuna käyttäen. Prosesseja kehittämällä voidaan parantaa esimerkiksi yrityksen tuottavuutta, kilpailukykyä ja asiakastyytyväisyyttä. Lyhyempi tuotannon läpimenoaika mahdollistaa myös nopeamman reagoinnin toimintaympäristössä mahdollisesti tapahtuviin muutoksiin.

Lean Six Sigma on laatujohtamisen työkalu, jolla pyritään organisaation prosessien systemaattiseen ja tuloshakuiseseen kehittämiseen. Tarkemmin määriteltynä Six Sigma on tilastolliseen tietoon eli kvantitatiivisuuteen pohjautuva menetelmä, jonka tavoitteena on löytää, mitata ja poistaa prosesseissa piileviä virheitä. Six Sigma -prosessin avulla saadaan selvitettyä avaintekijät, jotka ohjaavat prosessin suorituskykyä. Avaintekijöitä säätämällä voidaan siis ohjata koko prosessin kyvykkyyttä. (Karjalainen 2007.)

On hyvä muistaa, Lean ja Lean Six Sigma eivät ole samoja asioita. Leanin ydinajatuksena on maksimoida asiakasarvo samalla, kun minimoidaan hukkaa. Lean Six Sigma taas on laatujohtamisen työkalu, jolla pyritään organisaation prosessien systemaattiseen ja tuloshakuiseseen kehittämiseen. Yksinkertaistetusti muotoiltuna Leanin avulla pyritään hukan eliminointiin, kun taas Six Sigma pyrkii prosessivaihtelun pienentämiseen. (Karjalainen 2007.)

Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääosin Lean Six Sigman käyttöä prosessin optimoinnissa. Leanin osalta termistöt ja periaatteet käydään läpi yleisellä tasolla, mutta niihin ei erikseen syvennyttä.

## 1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Kohdeyrityksessä ei ole aikaisemmin käytetty kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä organisaation sisäisten prosessien kehittämisessä. Aihevalinnan taustalla on tavoite kehittää kohdeyrityksen kilpailukykyä, tuottavuutta ja asiakastyytyväisyyttä. Opinnäytetyössä prosessien kehittämistä kuvataan ISO 13053-1:fi Six Sigma DMAIC -parannusprosessin mukaisesti.

Opinnäytetyössä käsitellään Lean Six Sigma -menetelmän periaatteita yleisellä tasolla, joka osaltaan auttaa kohdeyritystä ymmärtämään paremmin tilastollisten ongelmanratkaisumenetelmien hyödyntämistä päivittäisessä toiminnassa. Lopputuloksena on tarkoitus herättää keskustelua siitä, mitä organisaatio oppii nykyisestä tavastaan toimia ja miten organisaatio voisi kehittää systemaattisesti ja kokonaisvaltaisesti toimintaansa.

Opinnäytetyön merkittävämpänä tavoitteena on luoda toimintamallikuvaus tulevaisuutta varten ja pyrkiä saavuttamaan syvempi ymmärrys tiettyjen organisaation sisäisten prosessien sisältämistä virheistä. Tämän määrittelyn kautta kohdeyritys voi luoda jatkossa itsenäisesti systemaattisia menetelmiä prosessipointien eliminoinniseksi.

## 1.2 Opinnäytetyönä tehtävä kehityshankkeen prosessikuvaus

Opinnäytetyö aloitetaan yleisellä teoriaosuudella, jossa pyritään kuvaamaan ja selkeyttämään Six Sigman periaatteita sekä luomaan tilastollisiin ongelmanratkaisumenetelmiin perustuva selvitys käytettävissä olevista työkaluista organisaation prosessien tehostamiseksi ja optimoimiseksi. Tavoitteena on saavuttaa ymmärryksen taso, jolla organisaatio voi itsenäisesti määrittää, mihin yksittäiseen organisaation prosessiin kehitystoimia olisi optimaalisinta kohdentaa ja mitä kohdeyritykseen liittyviä erityispiirteitä tulee ottaa huomioon.

Opinnäytetyön avulla organisaation tulisi kyetä määrittelemään prosessit, joiden vaste organisaation toimintaan on kaikista merkittävien esimerkiksi taloudellisilta

vaikuttavuuksiltaan. Valittavien prosessien tulisi olla sellaisia, joista on saatavissa riittävästi pohja-aineistoa DMAIC-parannus sykliä varten. Parannus sykli palvelee parhaiten prosesseja, joista saadaan kerättyä suuri määrä käsiteltävää dataa. Kohdeyrityksessä valmistettavien tuotteiden varianssi on suhteellisen laaja, joten kehitysprojekti tulisi rajata suurimman volyymin omaavaan tuotteeseen.

Teoriaosuuden jälkeen aloitetaan itse parannus syklin kuvaaminen standardoitu Six Sigma DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmää noudattaen. Sykli koostuu seuraavista vaiheista: määrittelyvaihe, mittausvaihe, analyysivaihe, kehitys vaihe ja viimeisenä ohjausvaihe. Opinnäytetyöhön ei kuitenkaan sisällytetä ohjausvaihetta, sillä kohdeyrityksellä ei ole tässä vaiheessa hallussaan riittävästi tilastoitua tietoa prosesseistaan.

### **1.3 Kriittiset tutkimuskysymykset**

Tavoitteena on luoda tulevaisuuden periaatteet systemaattisten menetelmien käytöstä prosessipoikkeamien eliminoimiseksi. Tämän työn avulla kohdeyritykselle pyritään saavuttamaan kyvykkyys selvittää prosessiensa nykytila ja niiden mahdollisesti sisältämät virheet, määrittää perustellut täsmätoimenpiteet prosessien tehostamiseksi ja prosessivirheiden poistamiseksi sekä havainnoida prosessin kehittämisestä syntyviä vasteita. Näiden saavutettujen kykyjen myötä kohdeyritys voisi luoda oman kevennetyn prosessikehittämisen toimintapolun omien tarpeidensa ja käytettävissä olevien resurssiensa mukaisesti.

Opinnäytetyön ensisijaiset tutkimuskysymykset:

- Kuinka hyödyntää tilastollisia ongelmanratkaisumenetelmiä liiketoiminnassa?
- Kuinka selvitetään kohdeyrityksen prosessin- tai prosessien nykytila?
- Mitä työkaluja kohdeyrityksellä on käytettävissä prosessien tehostamiseksi?

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiä tukevat kysymykset:

- Miten kohdeyritys voi tunnistaa prosessivirheet omissa prosesseissaan?
- Miten tilaus-toimitusprosessin prosessivirheitä voidaan poistaa?
- Mitä positiivisia vasteita prosessin kehittämisellä voi olla?

#### **1.4 Opinnäytetyön rakenne, aikataulu ja rahoitus**

Opinnäytetyö koostuu tietoperustaosiosta, käytettyjen prosessikehitysmenetelmien yleiskuvauksista, kehitysprojektin esimäärittelyosion kuvauksesta, kuvauksen kehitysprojektin toteutuksesta sekä loppuyhteenvedosta pohdintoineen. Jokaisessa osa-alueessa pyritään selkeästi sekä käytännönläheisesti havainnollistamaan prosessien kehittämisen periaatteita ja käytettävissä olevia työkaluja.

Opinnäytetyö pyritään saattamaan valmiiksi vuoden 2024 loppuun mennessä. Aikataulun toteutuminen riippuu siitä, kuinka paljon kohdeyritys voi vapauttaa omia resurssejaan kehityshankkeen eteenpäinviemiseksi.

Opinnäytetyölle ei kohdenneta erillistä rahoitusta. Opinnäytetyön tekijä suorittaa työn tekemisen omalla kustannuksellaan ja omalla vapaa-ajallaan. Tarvittavista kohdeyritykseen kohdistuvista ajoittaisista resurssitarpeista neuvotellaan suoraan kohdeyrityksen kanssa.

#### **1.5 Opinnäytetyössä hyödynnettävät tietolähteet**

Six Sigman osalta on hyvin saatavilla aihetta käsittelevää kirjallisuutta sekä sähköisiä lähteitä. Opinnäytetyössä pyritään käyttämään lähteitä laaja-alaisesti ja hyödyntämään eri lähteistä saadut näkökulmat tieteellisessä arvioinnissa. Hyvinä perusteoksina mainittakoon teokset Eero ja Tanja Karjalaisen (2020) "Lean Six Sigma 2.0 ja laatuteknologia" sekä Michael Georgen vuonna 2002 kirjoittama "Lean Six Sigma".

Olen myös käynyt Lean Six Sigma green belt -koulutuksen. Koulutuksen oppimateriaalia tullaan siten hyödyntämään opinnäytetyön eri vaiheissa.

## **1.6 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys**

Opinnäytetyössä kuvattujen kehitysmenetelmien luotettavuus pohjautuu aina kerätyn prosessidatan paikkansapitävyyteen. Ei voida automaattisesti tunnistaa, mikä osuus havaitusta mittauksesta johtuu muutoksista olosuhteissa tai prosesseissa ja mikä on mittauksen omaa virhettä (Pesonen 2018). DMAIC-prosessin sisältönä Lean Six Sigma -menetelmässä on olennaisesti mittauksen ja sen virheen määrittäminen. Ilman tietoa mittauksen virheen suuruudesta on suuri riski suorittaa ohjaavia toimenpiteitä väärin perusteiden perusteella, vaikka ohjauksen teoria olisikin käytössä ja toimiva. (Pesonen 2018.)

Pohja-aineiston huolellinen laatiminen ja luotettavien mittausjärjestelyjen määrittelyt ovat avainasemassa lopputuloksen luotettavuutta arvioitaessa. Opinnäytetyössä onkin siis tärkeää kuvata myös itse mittaamiseen liittyvät periaatteet. Käytännössä kohdeyritykselle pyritään luomaan ymmärrys siitä, kuinka tärkeää mittausvaiheen onnistuminen on prosessin kehittämistä silmällä pitäen.

Opinnäytetyö toteutetaan hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti ja Karelia AMK:n määrittämiä eettisiä periaatteita noudattaen. Opinnäytetyön sisällöstä ja tuloksista tiedotetaan kaikkia liitännäisiä sidosryhmiä.

## **2 Opinnäytetyön tietoperusta**

### **2.1 Tilaus-toimitusprosessin määritelmä ja arvoketjut**

Tilaus-toimitusprosessi tai tilaus-toimitusketju määritellään sarjaksi erityyppisiä toimenpiteitä ja tapahtumia, alkaen esimerkiksi tilauksesta tuotteen suunnitteluun, valmistukseen ja lopulta päättyen tuotteen toimitukseen asiakkaan

käytettäväksi (Blanchard 2010, 3). Laajemman määritelmän mukaan tilaus-toimitusketju on ryhmä yrityksiä, joiden keskinäinen vuorovaikutus liittyy esimerkiksi tavaratoimituksiin, palveluihin, tiedonvaihtotapahtumiin sekä rahaliikenteseen ja jossa hyödykkeet siirtyvät toimittavilta yrityksiltä loppuasiakkaalle. Pelkästään toimitusketjussa tavarat kulkevat vain yhteen suuntaan raaka-ainetoimittajalta loppuasiakkaalle. Kysyntä kuitenkin antaa impulssin toimitusketjun käynnistämiseksi, joten tämäntyyppistä vaihdantaa kutsutaan tilaus-toimitusketjuksi. (Sakki 2014, 9.)

Nämä edellä mainitut ketjutetut peräkkäiset toiminnot muodostavat laajemman arvoketjun, joka käsitteenä kuvaa hyödykkeen jalostumista raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi. Arvoketju (*engl.* value chain) on tutkija Michael Porterin luoma malli yrityksen arvonmuodostusprosesseista. Yksinkertaisesti muotoiltuna jokainen arvoketjun vaihe, eli arvoketjun prosessi, kasvattaa osaltaan tuotteen arvoa mentäessä kohti valmista tuotetta. Vaikka jokainen arvoketjun vaihe lisää tuotteen arvoa, se aiheuttaa luonnollisesti vastaavasti myös kustannuksia. Tästä syystä arvoketjusta pyritään yleensä tekemään mahdollisimman yksinkertainen karsimalla siitä ne vaiheet, jotka eivät tuota lisäarvoa loppuasiakkaalle. Arvoketjumallin perimmäinen tarkoitus on siis optimoida ketjun tehokkuus sekä toisaalta minimoida syntyvät kustannukset. (Chai 2023.)

Yrityksen sisällä on myös oma sisäinen arvoketjunsä, joka on osa laajempaa ketjuverkostoa. Kohdeyrityksen osalta tällainen arvoketju voi esimerkiksi olla teräsraaka-aineen asteittainen muokkaus ja työstö valmiiksi laitteeksi sekä lopulta laitteen kuljetus asiakkaalle. Muita ketjun sisäisiä toimintoja voisivat olla esimerkiksi komponenttien hankinta, R&D-toiminta, valmistus, jakelu ja jälkimarkkinointi. (Sakki 2014, 5.)

## 2.2 Materiaali- ja tietovirrat

Yrityksen sisäisen arvoketjun muodostavia yritysten perustoimintoja ovat tulologistiikka eli saapuvat tavarat, operaatiot eli valmistus, lähtölogistiikka eli varastointi ja kuljetus asiakkaalle, myynti- ja markkinointi eli jakelukanavat ja myynnin

edistäminen sekä huolto- ja jälkimarkkinointi eli asennus, korjaus ja koulutus (Sakki 2014, 5). Näistä perustoiminnoista tulo- ja lähtölogistiikka sekä operaatiot muodostavat niin kutsutun materiaalivirran. Hyvin toimiva materiaalivirtaus mahdollistaa tuotteen lyhyen toimitusajan ja näkyä lopulta parantuneena asiakastytyväisyytenä. (Logistiikan maailma 2022.)

Myös tietovirta liittyy olennaisesti materiaalivirtaan. Materiaalin toimittaminen vaatii aina tietoa esimerkiksi pakkausten halutusta sisällöstä, lähettäjistä ja määränpäätistä. (Logistiikan maailma 2022.)

### 2.3 Läpimenoaika

Prosessin läpimenoaika (*engl.* cycle time) tarkoittaa prosessin alkamisen ja sen päättymisen välillä kuluva aika. Toisin sanoen kyseessä on aika, joka kuluu tuotteen tai palvelun tekemiseen, jotta se on asiakkaan käytettävissä. Läpimenoaikatarkastelu antaa yrityksille mahdollisuuden aikatauluttaa työnsä ja antaa asiakkailleen tai loppukäyttäjilleen määrääjän, johon mennessä he saavat tuotteen. Läpimenoaikaa käytetään eri toimialoilla valmistuksesta toimitusketju- ja projektihallintaan. Läpimenoajalla voidaan tarkoittaa myös kokonaisprosessin läpimenoaikaa (*engl.* lead time) joka sisältää prosessissa kuluvan kokonaisajan tilauksesta toimitukseen. (Landau 2022.)

Läpimenoaika jaotellaan yleensä kuuteen eri osakomponenttiin, jotka ovat esikäsittelyaika, käsittelyaika, odotusaika, varastointiaika, kuljetusaika ja tarkastusaika. On huomioitava, että läpimenoajan osakomponenteissa voi olla eroavaisuuksia toimialan mukaan. (Landau 2022.)

Esikäsittely- ja käsittelyajat sisältävät prosessin alkumäärittelyihin sekä itse valmistusprosessin aloittamiseen ja läpikäymiseen käytetyn ajan. Odotusajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tarvittavien resurssien hankintaan ja tuotteen tuotantoon. Varastointi- ja kuljetusaika sisältää tuotteen varastointiajan ennen toimitusta asiakkaalle sekä kuljetukseen käytetyn ajan. (Landau 2022.)

Läpimenoaika voidaan johtaa seuraavasta yksinkertaisesta kaavasta:

$LT$  (läpimenoaika) = tilauksen toimituspäivä – tilauspyynnön päivämäärä

## 2.4 Lean-ajattelumalli prosessin kehittämisessä

Yleisesti Lean toiminnalla tarkoitetaan liiketoiminnan jatkuvaa kehittämistä, joka perustuu asiakasarvon maksimointiin samalla, kun minimoidaan hukkaa. Hukkaa ovat ylituotanto, odottelu, tarpeeton siirtely, yliprosessointi, tarpeeton tai yliimitoitettu varastointi, tarpeeton liikkuminen, virheellinen tuote tai työntekijän potentiaalın hyödyntämättä jättäminen. Lean mielletään usein pelkäksi työkaluksi, jonka avulla optimoidaan läpimenoaikoja ja karsitaan prosessin turhat työvaiheet. Lean on itseasiassa kuitenkin huomattavasti isompi kokonaisuus eli kyseessä on enemmänkin johtamisfilosofia. (Lean Enterprise Institute, 2022a.)

Lean-ajattelun nähdään olevan lähtöisin Japanista, Kiichiro Toyodan ja Taiichi Ohnon kehittämistä seurantamalleista. Nämä mallit tutkivat Toyotan prosessivirtojen optimointia ja kehittämistä toisen maailmansodan jälkeen. Pohjana käytettiin Henry Fordin aikanaan ideoimaa tuotantojärjestelmää, mutta sitä muokattiin tehokkaammaksi ja sopivammaksi Toyotan käyttöön. Tätä uutta tuotantojärjestelmää alettiin nimittämään Toyota Production Systemiksi eli TPS:ksi. Tämä järjestelmä toimii perustana nykyaikaisille Lean-tuotantomalleille. (Lean Enterprise Institute, 2022b.)

## 2.5 Prosessit ja niiden tehokkaaseen toimintaan vaikuttavat tekijät

Prosessi käsitetään sarjaksi tehtäviä ja päätöksiä, jotka tuottavat lisäarvoa asiakkaalle ja eri sidosryhmille. Organisaation toiminta sisältää yleensä kymmeniä tai jopa satoja eri prosesseja, jotka nivoutuvat joko täysin tai osittain yhteen yrityksen prosessiverkostoksi. Nämä prosessit voidaan jakaa neljään eri prosessiryhmään, jotka ovat ydinprosessit, tukiprosessit, johtamisprosessit ja avainprosessit. (Tuominen & Malmberg 2011, 9-10.)

Ydinprosesseja ovat prosessit, joilla synnytetään asiakastyytyväisyys ja jotka alkavat tilausimpulssista ja päättyvät hyödykkeen toimittamiseen asiakkaalle. Näitä prosesseja ovat esimerkiksi markkinointi, tuotekehitys, valmistus, jakelu ja asiakaspalvelu. Ydinprosessit tarvitsevat tuekseen tukiprosesseja, joita ovat esimerkiksi organisaation eri alueiden johtaminen ja tiedonhallinta. Nämä prosessit siis palvelevat ydinprosesseja. Johtamisprosesseja ovat strateginen ja operatiivinen suunnittelu sekä muutos- ja kehitysjohdaminen. (Tuominen & Malmberg 2011, 9-10.)

Yrityksen menestymiseen vaikuttavia, erittäin tärkeitä prosesseja, kutsutaan avainprosesseiksi. Näitä prosesseja tulisi pyrkiä optimoimaan ja ne yleensä valitaankin kehittämistyön kohteiksi. Avainprosessit voivat kuulua mihin tahansa aiemmin mainituista prosessiryhmistä. (Tuominen & Malmberg 2011, 9-10.)

### **2.5.1 Prosessien virtaus- ja resurssitehokkuus**

Prosessin virtauksella tarkoitetaan eri materiaalien, osakomponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- tai tuotevarastoja prosessin läpi. Virtaus käynnistyy asiakkaan tilausimpulssista, jonka perusteella itse valmistus aloitetaan. Virtaus päättyy, kun tuote tai hyödyke toimitetaan asiakkaalle. Optimaalinen prosessivirtaus tuottaa pieniä sarjoja ja vain tarpeen mukaisia kappalemääriä, ilman välivarastointia. Näin ollen sidottu pääoma ja hukkatyön määrä saadaan minimoitua. Hyvin esimääritellyt, tarkoin organisoidut ja mahdollisimman pitkälle kehitetyt prosessit luovan perustan toimivalle tuotannon ja hallinnon prosessien virtaukselle. Virtaus myös pakottaa muiden Lean-työkalujen ja periaatteiden, kuten esimerkiksi ennaltaehkäisevä huollon ja laadun ohjauksen, käyttöönoton organisaatiossa. (Tuominen & Malmberg 2011, 7.)

Lean-ajattelussa pyritään korostamaan prosessien resurssi- ja virtaustehokkuuden tasapainoa. Resurssitehokkuudella pyritään kehittämään organisaation resurssien hyödyntämistä eli tuotos-panos-suhdetta, kun taas virtaustehokkuudella virtausyksikköjen etenemistä prosessissa eli jalostavan ajan osuutta kokonaisajasta. (Piirainen 2020.)

Virtausyksiköllä tarkoitetaan asiaa tai asiakasta, joka virtaa organisaation prosessien läpi ja jalostuu prosessin loppua kohti mentäessä. Prosessin virtaustehokkuus on sitä parempi, mitä enemmän virtausyksikkö jalostuu käytettävissä olevan ajan funktiona. Valmistavassa teollisuudessa virtausyksikkönä voidaan käsittää valmistettava tuote, kun taas palvelualoilla virtaavana yksikkönä on yleensä asiakas. (MCS 2020.)

Resurssitehokkuutta tavoiteltaessa pyritään varmistamaan, että resursseilla on aina riittävästi virtausyksiköitä jalostettavanaan. Virtaustehokkuuden osalta tavoitteena on pitää virtaus käynnissä eli toisin sanoen on varattava riittävästi resursseja virtausyksiköiden jalostamiseksi. Avainkysymyksenä onkin, mukauttaanko organisaation resurssit asiakkaiden tarpeisiin pohjautuen vai nähdäänkö asiakkaan sopeutuvan yrityksen resurssien määrittämiin raameihin. Tämä eroava riippuvuussuhde siis erottaa resurssi- ja virtaustehokkuuden toisistaan. (MCS 2020.)

Tehokkuuksien merkittävä painottaminen aiheuttaa epätasapainoa prosessiin. Resurssitehokkuutta korostettaessa virtaustehokkuus heikkenee, prosessin kokonaiskuva sumenee, ja prosessiin voi syntyä toissijaisia tarpeita, kuten turhaa varastointia, jotka aiheuttavat lisätyötä. Virtaustehokkuuden painottaminen taas aiheuttaa ylimääräistä kapasiteettia ja prosessin tyhjäkäyntiä. Kaikki edellä mainitut tarpeet nähdään prosessihukkana, josta tulisi pyrkiä eroon.

Hyvin toimivassa organisaatiossa resurssi- ja virtaustehokkuus ovat tasapainossa, jolloin asiakkaita voidaan palvella resurssitehokkaasti virtauksen kärsimättä. Käytännössä tällainen toiminnan taso on kuitenkin varsin vaikea saavuttaa prosessien toimintaa säätelevien lainalaisuuksien vuoksi.

### **2.5.2 Prosessien toimintalait**

Lean-toimintaa kuvaa osaltaan myös se, että useat muuttujat ovat keskenään enemmän tai vähemmän ristiriitaisia. Esimerkiksi resurssitehokkuutta nostettaessa seurauksen on usein asiakastytyvyyden lasku läpimenoaikojen

kasvaessa. On kuitenkin olemassa ohjauskeinoja, jossa näitä ristiriitaisuuksia voidaan kompensoida taustalla vaikuttavia muuttujia ja niiden riippuvuuksia tunnistamalla. (Piirainen 2020.)

Six Sigman (2023) mukaan merkittävimpänä prosessin toimintaa säätelevänä lakina nähdään Littlen jonoteoria laki, joka onkin yksi tehdasfysiikan kulmakivistä. Kaavassa valmistus- ja palveluprosessi nivoutuu yhteen kolmen tärkeän elementin kautta: varastot (WIP), läpimeno (TH) ja jaksoaika (CT). Kaavaa voidaan käyttää suhteellisen stabiilissa systeemissä yksittäisen aseman, tehtaan, toimitusketjun tai palveluprosessien tarkastelussa. Reaalimaailmassa Littlen lakia käytetään valmistus- tai palveluprosessien läpimenon määrittämiseen, jonka kaavassa esiintyvät seuraavat muuttujat: prosessille välttämättömät tarvittavat raaka-aineet ja keskeneräiset komponentit sekä valmiit lopputuotteet (WIP) ja prosessista valmistuneiden tuotteiden kappalemäärää aikayksikössä ( $\text{vuo}=\Phi$ ). (SixSigma 2023a.)

$$WIP = TH \times CT \text{ tai } CT = WIP/TH$$

$$\text{Prosessin läpimenoaika} = WIP/\Phi$$

Prosessivaihtelun, läpimenoajan ja resurssitehokkuuden välistä vuorovaikutusta kuvataan vuonna 1961 esitellyn Kingmanin yhtälön avulla, jossa tarkastellaan WIP:n kertymistä Poissonin jakauman mukaisesti vaihtelevaan kysyntään ja läpimenuun verraten. Yhtälö pohjautuu Markovin ketjuun. Tämä tarkastelu on nimetty prosessivaihtelun laiksi. (SixSigma 2023b.)

Prosessissa esiintyvät virheet johtuvat osaltaan vaihteluista, jotka syntyvät resursseista-, virtausyksiköistä- ja prosessin ulkoisista tekijöistä. Resurssivaihtelut voivat johtua esimerkiksi inhimillisistä- tai tuotantolaitteisiin liittyvistä tekijöistä. Virtausyksikkövaihtelut liittyvät esimerkiksi tuotteiden vaihteleviin valmistusaikoihin tai laadullisiin asioihin. Ulkoisina tekijöinä voivat olla esimerkiksi kausiluontoinen myynti. Edellä mainitut vaihtelut aiheuttavat poikkeamia läpimenoaikaan. (Modig & Åhlström 2013a, 40–42.)

Kingmanin yhtälössä muuttujia ovat: prosessiin vaikuttava ulkoinen vaihtelu ( $c_a$ ) ja prosessin sisäinen vaihtelu ( $c_e$ ), resurssien käytön tehokkuus ( $u$ ) ja prosessiajan ( $t_0$ ). Yhtälön tuloksena saadaan edellä esitetyn neljän elementin perusteella muodostuva jonotuksen jaksoaika. (SixSigma 2023b.)

$$\text{Jonotuksen jaksoaika} = \left( \frac{c_a^2 + c_e^2}{2} \right) \left( \frac{u}{1-u} \right) t_0$$

$c_a^2$  = neliöllinen saapumisaikavaihtelukerroin

$c_e^2$  = neliöllinen tehollinen aikavaihtelukerroin

$u$  = resurssien käyttösuhde

$t_0$  = tehollinen aika tai prosessointiaika

Prosessissa esiintyy myös prosessin osa-alueita, jotka rajoittavat prosessin tehokkuutta ja läpimenoa. Näitä osaprosesseja kutsutaan pullonkauloiksi tai prosessikapeikoiksi. Prosessi on siis yksinkertaistetusti yhtä tehokas kuin sen heikoin osa-alue. Pullonkaulaprosesseja yhdistäviä tekijöitä ovat esimerkiksi jonot kyseisen vaiheen yhteydessä ja pullonkaulaa seuraavien prosessien tehokkuuden laskeminen. Tätä tarkastelua kutsutaan prosessin pullonkaulojen laiksi. (Liuksiala 2021.)

Pullonkaulojen poistaminen on jatkuva prosessi, jossa voidaan käyttää esimerkiksi resurssien lisäämistä kyseiseen työvaiheeseen tai työvaiheen optimointia muilla keinoin. Tätä kehittämisprosessia kutsutaan termillä ToC eli Theory of Constraints. (Liuksiala 2021.)

ToC mallissa parannukseen käytetään viisiportaista kehittämispolkua:

1. **Analysoi pullonkaulan sijainti prosessissa** eli selvitä, mikä tekijä rajoittaa systeemiä saavuttamasta tavoitettaan. Käytä prosessi- ja arvovirtakuvauksia, työntutkimusta ja prosessidataa hyödyksesi. (Liuksiala 2021.)
2. **Kehitä pullonkaulaa** eli selvitä miksi pullonkaula toimii niin kuin toimii. Kiinnitä huomiota esimerkiksi koneiden käytettävyyteen ja kunnossapitoon,

jakso- ja työaikoihin, 5S:n käyttöön, standardoituun työhön, visuaaliseen ohjaukseen ja vaihtelun vähentämiseen. (Liuksiala 2021.)

3. **Alista muut prosessin vaiheet tekemällesi päätökselle** eli ohjaa muuta prosessia pullonkaulavaiheen mukaisesti (Liuksiala 2021).
4. **Poista pullonkaula** esimerkiksi investoimalla tuotantolaitteistoon tai tuotantoresurssien lisäämiseen (Liuksiala 2021).
5. **Aloita kehittämisspolku alusta** eli aloita uuden pullonkaulan etsiminen ja analysointi (Liuksiala 2021).

### 2.5.3 Prosessien hukat

Hukan vähentäminen on Lean-filosofian keskiössä. Yritysten resurssit jakaantuvat arvoa lisäävään- ja arvoa lisäämättömään hukkaan. Alan lähteissä asiakkaalle lisäarvoa tuottamattomat hukat on jaettu seitsemään eri osakomponenttiin. (Modig & Åhlström 2013, 75–76.)

Arvoa lisäämättömät hukat ovat:

1. **Tuotteiden ylituotanto** eli tuotteiden valmistaminen yli kysynnän. Tämä hukka on hukkamuodoista yleisin ja aiheuttaa välillisesti myös muita alla mainittuja hukkia prosessiin. (MFlow 2022.)
2. **Turha odottelu**, jolla tarkoitetaan esimerkiksi työkoneiden tai henkilöstöresurssin tyhjäkäyntiä työvaiheiden välillä. Odottelua voi aiheuttaa esimerkiksi työhjeistusten puutteellisuus, päätöksenteon hitaus tai sopivien tuotantovälineiden varaaminen toiselle prosessille. (MFlow 2022.)
3. **Tarpeeton siirtely**, kuten tuotteiden, tuotantovälineiden tai komponenttien liikkuttaminen tuotantolaitoksen työpisteiden välillä. Tähän hukkaan voidaan

vaikuttaa esimerkiksi optimoimalla tuotantolaitoksen layout suunnittelua. (MFlow 2022.)

4. **Yliprosessointi** eli ylimääräinen työ, joka ei itsessään tuo lisäarvoa tuotteelle. Tällaisia hukkia ovat esimerkiksi turhat prosessivaiheet. (MFlow 2022.)
5. **Tarpeeton tai ylimitoitettu varastointi** koskien esimerkiksi raaka-aineita, materiaaleja, osavalmisteita tai valmiita tuotteita. Tämä hukkalaji sitoo merkittävästi pääomaa ja luo kustannuksia. (MFlow 2022.)
6. **Tarpeettomat henkilöresurssien liikkumiset** eli esimerkiksi sopivien työkalujen etsiminen tai työvaiheeseen liittyvän tiedon hankinta. (MFlow 2022.)
7. **Virheellisten tuotteiden valmistaminen**, joiden korjaaminen aiheuttaa esimerkiksi materiaali-, työaika- ja varastointihukkaa. (MFlow 2022.)

Nykyisen näkemyksen mukaan työntekijän potentiaalin hyödyntämättä jättäminen kuuluu myös olennaisesti prosessien hukkiin, vaikka sitä ei alan kirjallisuudessa juurikaan käsitellä- tai nähdä osana hukkia. Yrityksen osaamispoolin hyödyntäminen ja työvoiman oikeanlainen sijoittelu on merkittävä tekijä organisaation tehokkuutta tarkastellessa. (MFlow 2022.)

### 3 Prosessien tehostamisen menetelmät

#### 3.1 Six Sigman käyttö prosessin virheiden poistamisessa

Six Sigma on Motorolan 1980-luvulla kehittämä prosessien kyvykkyyden parantamiseen tarkoitettu työkalu, jossa prosessia kehitetään mitattuun, faktapohjaiseen prosessidataan pohjautuen. Menetelmän filosofiassa kaikki työ on määriteltäviä prosesseiksi, joita voidaan määrittellä, mitata, analysoida, parantaa ja ohjata. Six Sigman pohjimmaisena ajatuksena on mitata prosessin vikojen määrää, jonka jälkeen niihin voidaan puuttua systemaattisella DMAIC-

virheidenpoisto ja parannussykli -menetelmällä. Tavoitteena on päästä mahdollisimman lähelle nollavirhetasoa. Menetelmän käyttö mahdollistaa prosessien suorituskyvyn merkittävän parantamisen hukkaa ja vaihtelua vähentämällä, joilla on suora korrelaatio yrityksen kilpailukykyyn sekä asiakastyytyvyyteen. (Christensen 2014, 69.)

Tilastollinen termi "sigma" tarkoittaa standardipoikkeamaa eli sitä, kuinka kaukana prosessin tämänhetkinen toiminta on ihannetasosta. Sigman tason määrittämiseen käytetään DPMO-mittaria (*engl.* Defects Per Million Opportunities), joka antaa lukeman virheistä jokaista miljoona mahdollisuutta kohden. DPMO lukeman kasvaessa sigma taso vastaavasti laskee (taulukko 1). Sigma tasot on jaoteltu yhden ja kuuden välillä. 3,5 sigman tasoa on yleisesti pidetty varsin hyvänä tasona, jolloin prosessi sisältää noin 22750 virhettä miljoonaa mahdollisuutta kohden. Ylin kuuden sigman taso (3.4 DPMO) on lähellä täydellistä prosessia, mutta käytännössä tämä taso erittäin vaikea saavuttaa. (Christensen 2014, 70.)

<b>Sigma taso ilman 1,5 <math>\sigma</math> siirtoa</b>	<b>DPMO ilman 1,5 <math>\sigma</math> siirtoa</b>	<b>Sigma taso 1,5 <math>\sigma</math> siirrolla</b>	<b>DPMO 1,5 <math>\sigma</math> siirrolla</b>
1,000	317,311	1,000	697,672
1,500	133,614	1,500	501,350
2,000	45,500	2,000	308,770
2,500	12,419	2,500	158,687
3,000	2,700	3,000	66,811
3,500	465,350	3,500	22,750
4,000	63,370	4,000	6,210
4,500	6,800	4,500	1,350
5,000	0,574	5,000	232,670
5,500	0,038	5,500	31,690
<b>6,000</b>	<b>0,002</b>	<b>6,000</b>	<b>3,400</b>

Taulukko 1. Sigma tason vastaavuus DPMO lukemaan (Six Sigma Daily 2013)

Six Sigma on standardoitu suomeksi SFS/ISO 13053–1 ja 13053–2 standardeihin. Standardi jakautuu kahteen osaan, Osa 1: DMAIC -menetelmä ja Osa 2: Työkalut ja tekniikat. (Karjalainen 2014.)

## **3.2 DMAIC-prosessin kuvaus**

DMAIC -parannussykli on Six Sigma prosessin ohjaamisen ydintyökalu, jota käytetään organisaation prosessien optimointiin ja vakauttamiseen. Menetelmä pohjautuu kerättyyn prosessidataan ja se jakautuu viiteen eri osa-alueeseen: määritä, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa. (Pyzdek 2003, 3-5.)

Prosessissa piilevä ongelma ratkaistaan systemaattisesti, ennalta määritellyssä järjestyksessä edeten. Jokaisessa osavaiheessa hyödynnetään tilastollisia tutkimusmenetelmiä ja -työkaluja. (SixSigma 2022.)

### **3.2.1 Define -jakson kuvaus**

Define -jaksossa määritellään mahdollisimman tarkasti prosessin ongelma, johon pyritään saamaan parannusta. Jakson aikana luodaan myös raamit projektin laajuudelle sekä tavoitteille. (Pyzdek 2003, 238.)

Tämän jakson kirjallisena päätuotoksena on projektin asettamiskirja, jossa kuvataan ongelma ja määritellään sen vaikutus liikevoittoon. Muita jaksolla tuotettavia kirjallisia osioita ovat esimerkiksi riskianalyysit, SIPOC-, vuo- ja Paretokaaviot, CTQC- luettelot, kustannuslaskennat sekä projektikatselmukset sekä muut projektin strategian määrittelemiseen tarkoitetut asiakirjat.

Define -jakson tavoitteena on siis ongelman määrittäminen, asiakas- ja sidosryhmätarpeiden tunnistaminen, projektihenkilöstön valinta ja tiedon visualisointi ja koonta helpommin käsiteltävään muotoon. Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia. (International Six Sigma Institute 2023a, 44.)

### 3.2.2 Measure -jakson kuvaus

Measure -jaksossa laaditaan tiedonkeruusuunnitelma, jonka pohjalta aloitetaan prosessitiedon kerääminen ja arvioiminen. Jakson aikana määritellään prosessin kehityshankkeen päämittarit ja selvitetään prosessin suorituskyvyn lähtötaso. Olennainen osa tiedonkeruuta on myös mittausprosessien kyvykkyys ja niiden arvioiminen. Jakson aikana pyritäänkin saamaan käsitys myös siitä, vastaavatko käytetyt mittausjärjestelmät asetettuja vaatimuksia tarkkuuden- ja toistettavuuden suhteen. (International Six Sigma Institute 2023a, 45.)

Jakson kirjallisina tuotoksina ovat edellä mainittujen lisäksi esimerkiksi otoskoon määrittäminen, DPMO-tarkastelu, trendi- ja ohjaukortit, todennäköisyysjakaumat, tarkasteltavan prosessin kyvykkyys- ja suorituskyky sekä projektikatselmus. Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia.

### 3.2.3 Analyze -jakson kuvaus

Analyze -jaksossa käsitellään, tilastollisia menetelmiä apuna käyttäen, prosessin suorituskyvyn lähtötason ja halutun tavoitteen välistä eroavaisuutta. Pyrkimyksenä on saavuttaa ymmärrys havaitun vaihtelun juurisyistä ja priorisoida kehityskohteet tärkeysjärjestykseen. Tätä jaksoa kuvastaa se, että analysoinnin yhteydessä kerätyt havainnot voivat merkittävästi muuttaa käsitystä ongelmasta ja sen taustavaikuttimista prosessin sisällä. Näin ollen analysointia olisikin toistettava riittävästi, kunnes projektin määrittely saadaan vakiinnutettua. (International Six Sigma Institute 2023a, 46.)

Jakson tuloksena saadaan syyseuraus analyysseja, kuten esimerkiksi prosessin vika-analyysit, vaikutusanalyysit, vikapuuanalyysi, todennäköisyysjakaumatestit, 5 × Miksi- analyysit, regressio- ja korrelaatioanalyysit ja hukka-analyysit. Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia. (Pyzdek 2003, 238-240.)

### 3.2.4 Improve -jakson kuvaus

Improve -jaksossa pyritään luomaan pysyviä parannuksia prosessiin ja toisaalta eliminoimaan esteet valittujen kehitysratkaisujen tieltä. Prosessin parannukseen voidaan käyttää esimerkiksi virheidenesto- ja optimointimenetelmiä sekä koe-suunnittelua prosessin muuttujaherkkyuden alentamiseksi. (International Six Sigma Institute 2023a, 47.)

Jakson tuloksina saadaan esimerkiksi ratkaisunvalintamatriisit, virheenestotoiminnot, vastepintakokeet, parametrisuunnittelun kokeet, päivitetyn prosessin vika- ja vaikutusanalyysit, kyvykkyyss- tai suorituskykyindeksit, päivitetyt CTQC-luettelot ja Six Sigma -indikaattorit. Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia. (Pyzdek 2003, 237-240.)

### 3.2.5 Control -jakson kuvaus

Viimeinen vaihe Lean Six Sigma DMAIC -parannusprosessissa on ohjaus, jota edeltää prosessin optimointi ja vakauttaminen halutulle tasolle. Control -jakson aikana vahvistetaan parannusprosessin tulokset auditoimalla, luodaan tarvittavat dokumentoinnit ja määritetään saavutettujen tulosten ylläpitoon tähtäävä ohjaussuunnitelma tulevaisuutta varten. (Pyzdek 2003, 237-240.)

Jakson aineistoina saadaan esimerkiksi prosessin ohjaussuunnitelmat, taloudellisen tuloksen kustannuslaskenta, projektikooste katselmusraportteineen sekä projektin asettamisasiakirjaan viittaava hyötyanalyysi. Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia. (Pyzdek 2003, 237-240.)

## 3.3 Minitab-ohjelmisto ja sen hyödyntäminen kehitysprosessissa

Lean Six Sigma DMAIC -laadunparannusprojektit ovat tilastollisen analysoinnin osalta suhteellisen työläitä toteuttaa. Minitab-ohjelmiston avulla voidaan

vapauttaa resursseja itse tutkimustyölle tilastollisten laskentatyövaiheiden sijaan. (Minitab 2021.)

Ohjelmistoa käytetään maailmanlaajuisesti tilastollisen analysoinnin aputyökäluna tuhansissa oppilaitoksissa ja organisaatioissa. Esimerkkeinä mainittakoon General Electric, Microsoft ja Toyota Motor Company. (Quality Knowhow Karjalainen 2024.)

## **4 Kehitysprojektin esimäärittely ja rajaaminen**

### **4.1 Prosessien merkittävimmät tiedetyt virheet ja niiden määrittely**

Kehitysprojektiin liittyvien prosessien merkittävimmät virheet kohdeyrityksessä liittyvät tuotteiden hetkelliseen ylituotantoon, turhaan odotteluun työvaiheiden välillä, tarpeettomaan siirtelyyn, ylimitoitettuun varastointiin, tarpeettomiin liikkumisiin ja virheellisten tuotteiden- tai osakokonaisuuksien valmistamiseen. Näihin hukkiin tulisi siis kohdentaa erityistä huomiota. (Tanninen 2022.)

Kohdeyrityksen prosessien sisältämistä virheistä ei ole olemassa tilastoitua dataa. Näkemys prosessien sisältämistä virheistä perustuukin kohdeyrityksen toimintavuosien aikana kertyneeseen empiiriseen kokemukseen. (Tanninen 2022.)

### **4.2 Projektin rajaaminen ja toteutettavuuden arviointi**

Toteutettavia kehityshankkeita tulisi lähtökohtaisesti tarkastella vähäisimmän resurssitarpeen ja parhaan hyödyn lähtökohdista. Mitkä prosessin virheet ovat helpoiten poistettavissa mahdollisimman vähin resurssein, ja mikä niiden kokonaisvaikutus prosessitehokkuuteen mahdollisesti on? Kuinka paljon voimme varata resursseja kehitysprojektien läpiviemiseksi vaikuttamatta liikaa yrityksen päivittäisten perustoimintojen suorittamiseen? (Pyzdek 2003, 188-189.)

Näiden kysymysten kautta kehitysprojekti voidaan rajata siten, että prosessin kehittämällä saadaan mahdollisimman optimaalinen panos-tuotos-suhde aikaiseksi. Rajaus tulee aina tehdä yritys- ja prosessikohtaisesti ja kehityshankkeen valinnan määrittelyssä tulee hyödyntää kaikkia yrityksen sidosryhmiä sekä heidän tarpeitaan ja näkemyksiään. (Pyzdek 2003, 189-190.)

### **4.3 Kehitysprojektin valinta perusteluineen**

Esimäärittelyvaiheen jälkeen saadaan käsitys siitä, mitä prosessin osa-alueita halutaan tai voidaan lähteä kehittämään resurssien puitteissa. Valinnan tulee siis olla sellainen, joka täyttää esimäärittelyvaiheessa määritellyt vaatimukset sekä rajauksen ja yleisen toteutettavuuden suhteen.

Valinnassa tulee myös huomioida projektin liiketoiminnalliset vaikutukset sekä arvioida, mitä projektia kehittämällä voidaan saavuttaa. Miten ja millä aikataululla projektiin käytettävät resurssit konvertoituvat takaisin? Voidaanko projektia optimoimalla parantaa esimerkiksi tehokkuutta, tuottavuutta, kilpailukykyä tai asiakastyytyvyyttä ja kuinka paljon? (Pyzdek 2003, 189-190.)

## **5 Kehitysprojektin vaiheet**

### **5.1 Define- eli projektin asettamis- ja määrittelyvaihe**

Projektin toteuttaminen aloitetaan projektin asettamisvaiheella, jossa määritellään rajaehdot ja perusrunko projektin läpiviemiselle. Tätä vaihetta kutsutaan define- eli määrittelyvaiheeksi.

Määrittelyvaiheessa kirjataan ylös esimerkiksi pääprosessin ongelmakuvaukset siihen olennaisesti liittyvine sivuprosesseineen, kehityshankkeen liiketoimintaperusteet, asiakasvaikutukset, projektin tavoitteet, projektista syntyvät haasteet

ja riskit, tarvittavat resurssit ja vastuuhenkilöt. (International Six Sigma Institute 2023a, 50-65.)

Asettamisvaiheessa tulee laatia asettamiskirja (taulukko 2). Kyseiseen dokumenttiin kirjataan ylös olennaiset vaatimukset projektin läpiviemiselle. Asettamiskirja selkeyttää kehitysprojektikonaisuuden laajuuden hahmottamista sekä projektin mahdollisia vaikutuksia organisaation toimintaan tai toimintoihin.

<b>Projektin vetäjä</b>	XXXX XXXX
<b>Johdon tukihenkilö</b>	XXXX XXXX
<b>Ongelman kuvaus</b>	Turha odottelu työvaiheiden välillä, johtuen komponenttitoimittajien- ja sisäisten prosessien viiveistä
<b>Prosessit, johon ongelma liittyy</b>	Tuotanto- ja ostoprosessit
<b>Liiketoimintaperusteet</b>	Läpimenoajan nopeutuminen, tehokkuuden parantuminen, asiakastytyväisyyden- ja pysyvyyden kehittyminen --> liiketoiminnan kehittyminen
<b>Kuka on asiakas ja mitkä ovat asiakasodotukset</b>	Konepajateollisuuden asiakkaat, asiakasodotukset kuvattu CTD, CTQ ja CTC taulukoissa
<b>Projektin tavoite ja liiketoiminnallinen hyöty</b>	Projektin tavoitteena on optimoida valmistusprosessia, jonka kautta saavutetaan etuja esimerkiksi yrityksen kilpailukykyyn-, taloudelliseen tehokkuuteen- asiakastytyväisyyteen ja asiakaspysyvyyteen liittyvissä asioissa
<b>Projektin rajaus</b>	Projekti rajataan tuotantoprosessiin ts. komponenttityötilausten optimoituun aikataulutukseen ja vaihtoehtoisten tilauskanavien hyödyntämiseen
<b>Tarvittavat resurssit</b>	Projektin vetäjä
<b>Projektin haasteet ja riskit</b>	Projektilla ei ole merkittäviä haasteita tai riskejä pl. käytetty työaika
<b>Keskeiset vaiheet ja välitavoitteet</b>	Edetään DMAIC tekniikan mukaisesti portaittain edeten, aikataulullisesti noudatetaan projektiaikataulua
<b>Projektin kustannusarvio</b>	15000e

Taulukko 2. Havainnollistava esimerkki, projektin asettamisasiakirja

Projektin asettamisasiakirjassa tulee ensisijaisesti määritellä itse ongelma kuvauksineen ja laajuuksineen sekä sen arvioidut taloudelliset vaikutukset. Muita olennaisia määrittelyjä ovat kehitysprojektin laajuus tavoitteineen, riskit,

resurssit, vastuuhenkilöt rooleineen sekä projektiin kohdennettu rajoitus. (Pyzdek 2003, 538-541.)

## 5.2 Define -vaiheen kehittämistyökalut

Define- eli määrittelyvaiheessa käytettäviä prosessin kehittämistyökaluja ovat muun muassa projektin asettamisasiakirja, prosessikaaviot, SIPOC-kaaviot, Six Sigma -indikaattorit, erityyppiset vuokaaviot, CTQC-luettelot, Pareto-kaaviot ja projektin liiketoiminnallista hyötyä indikoivat erityyppiset kustannuslaskelmat (Suomen standardoimisliitto SFS 2014a, 46). Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia.

Define -vaiheessa voidaan käyttää hyödyksi myös muita organisaatiossa saatavilla olevia asiakirjoja ja relevantteja tietolähteitä. Tarkoituksena on kohdentaa projektia ja selkeyttää alkutilanteen ymmärtämistä.

### 5.2.1 SIPOC-prosessikaavio kehityskohteen pääprosessista

Kehityskohteen prosessi kuvataan erillisellä pääprosessikaaviolla (taulukko 3). Kaavion avulla saadaan konkreettinen näkemys kehitettävästä prosessista ja siihen liittyvistä vaiheista.

Supplier - Toimittaja	Input - Syöte	Process - Toiminta	Output - Tuotos	Customer - Asiakas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> <li>Myyntiorganisaatio</li> <li>Myyntiorganisaatio</li> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tekniset vaatimukset</li> <li>Asiakkaan muut vaatimukset</li> <li>Budjettiraamit</li> <li>Resursointi</li> <li>Aikataulu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Työnjako</li> <li>Aikataulun määrittely</li> <li>Budjettitarkastelu</li> <li>Konseptisuunnittelu vaatimusmäärittelyn mukaisesti</li> <li>Yksityiskohtainen suunnittelu (tekniset ratkaisut)</li> <li>Lujuuslaskennat</li> <li>Validointi</li> <li>Hyväksytys asiakkaalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D-mallit</li> <li>Polttomallit</li> <li>Piirustukset</li> <li>Työohjeet</li> <li>Dokumentointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laitevalmistaja</li> </ul>

Taulukko 3. Havainnollistava esimerkki, kehitysprojektin prosessikaavio

Kaaviossa kuvataan prosessin kulku aina toimittajatasolta loppuasiakkaaseen. Prosessin välivaiheita ovat prosessin syötteiden-, prosessin toimintojen- ja prosessin tuotosten määrittäminen. (Pyzdek 2003, 388-392.)

## 5.2.2 Prosessikaavio rajattavasta ongelmasta

Kehitettävään ongelmaan liittyvä prosessi kuvataan erillisellä prosessikaaviolla (taulukko 4). Kaavion avulla saadaan konkreettinen näkemys prosessissa olevista ongelmista ja ongelmien poistoon liittyvistä vaiheista.

Vastuutaho	Ongelman kuvaus	Ongelman eliminointi	Toimenpiteet	Lopputulokset
<ul style="list-style-type: none"> <li>Asiakas / laitevalmistaja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Annettujen lähtötietojen puutteet, - virheelliset tiedot tai - syväymmärryksen puute</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lähtötietojen tarkastaminen, toteaminen ja vahvistaminen oikeaksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lähtötietolomakkeen luominen, jossa on huomioitu eri aspektit projektiin liittyen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vankka pohja-aineisto suunnitteluprosessin aloittamiseksi ja nopeuttamiseksi</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Toimittaja / laitevalmistaja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Viiveet komponenttitoimittajien luovuttamissa teknisissä dokumenteissa (esim. 3D-mallit) kriittisten komponenttien osalta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aikaisempi reagointi pyyntöihin ja eri kanavien hyväksikäyttö dokumenttien saamisessa, tarvittaessa toimittajan vaihto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asian tärkeyden painottaminen toimittajille ja uusien kanavien etsiminen, komponenttikirjastojen laatiminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnitteluprosessin nopeutuminen</li> </ul>

Taulukko 4. Havainnollistava esimerkki, kehitettävän ongelman prosessikaavio

Kaaviossa kuvataan prosessin kulku vastuutahosta haluttuun lopputulokseen. Prosessin välivaiheita ovat prosessissa olevan ongelman kuvaus, ongelman eliminointitavat ja käytännön toimenpiteet.

## 5.2.3 Asiakkaalle kriittiset vaatimukset eli CTQ, CTD ja CTC kaaviot

CTQ eli Critical To Quality, CTD eli Critical to Delivery ja CTC eli Critical To Cost -kaavioilla esitetään kriittiset vaatimukset laatuun-, toimitukseen ja kustannuksiin liittyen asiakkaan näkökulmasta katsottuna. Kaavioiden avulla voidaan saavuttaa ymmärrys niistä kriittisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat tuotteen menestymiseen markkinoilla ja taloudelliseen kannattavuuteen. (Hessing 2023a.)

CTQ-kaaviossa (taulukko 5) esitetään asiakkaiden toiveiden ja odotusten pohjalta kerätyt kriittiset laatuominaisuudet, jotka tuotteen tulee täyttää. Kaavion tietopohjana tulisi aina käyttää asiakkailta suoraan- tai epäsuoraan kerättyä tietoa eikä esimerkiksi olettamuksia tai yrityksen omia näkemyksiä. (Hessing 2023a.)

Asiakasvaatimus / -odotus	Vaikuttavat tekijät	CTQ
Laadukas ja pitkäikäinen kappaleenkäsittelylaite, joka vastaa asiakkaan tuotannollisiin tarpeisiin kohtuullisin kustannuksin.	Toiminnallisuus	Vääntömomentit ja nopeudet ovat oikeanlaiset Riittävät lisävarusteet ja lisäominaisuudet
	Laatu	Laitteen toiminta moitteetonta Hyvä laatuvaikutelma
	Luotettavuus	Laite toimii moitteettomasti ilman häiriöitä siinä tarkoituksessa, kun on suunniteltu.
	Tuotetuki	Valmistaja auttaa ongelmatilanteissa, opastaa laitteen käytössä koko käyttöelinkaaren ajan ja varmistaa varaosien saatavuuden.
	Päivitettävyyys ja integrointi tuotantoon	Riittävästi rajapintoja ja tyhjiä "slotteja" päivitystä varten
	Hankintakustannukset	Takaisinmaksuaika sidottuna tuotannon tehostumiseen ja työturvallisuuteen
	Käyttökustannukset	Mahdollisimman edulliset varaosat ja energiatehokkuus

Taulukko 5. Havainnollistava esimerkki, CTQ-kaavio, kappaleenkäsittelylaite

CTD-kaaviossa (taulukko 6) esitetään asiakkaiden toiveiden ja odotusten pohjalta kerätyt kriittiset toimituksiin liittyvät ominaisuudet, jotka tuotteen toimitusprosessin tulee täyttää. Kaavion tietopohjana tulisi aina käyttää asiakkailta suoraan- tai epäsuoraan kerättyä tietoa eikä esimerkiksi olettamuksia tai yrityksen omia näkemyksiä. (Hessing 2023a.)

Asiakasvaatimus / -odotus	Vaikuttavat tekijät	CTD
Pitävät toimitusajat (noin 10-12vk tilauksesta, riippuen laitteesta)	Osien ja komponenttien tilausajankohta ja luotettavat / laadukkaat toimittajat	Tilaukset tehtävä viikon kuluessa tilauksesta (käytetään vain hyviä / laadukkaita toimittajia)
	Materiaalit, osat ja komponentit "kotona"	Teräkset 4vko tilauksesta, muut 6vk tilauksesta
	Hitsauksen aloitus	Aloitettava viimeistään 5vko päästä tilauksesta (aikaa varattu 1vko)
	Koneistuksen aloitus	Aloitettava viimeistään 7vko päästä tilauksesta (aikaa varattu 1vko)
	Välikokoonpanon aloitus	Heti, kun osat palaavat koneistuksesta (aikaa varattu 1pvä)
	Pintakäsittelyn aloitus	Heti, kun välikokoonpano valmis (aikaa varattu 1vko)
	Loppukokoonpanon aloitus	Heti, kun pintakäsittely valmis (aikaa varattu 1vko)
	Laitteen saattaminen toimitusvalmiiksi	Heti, kun loppukokoonpano valmis (aikaa varattu 1pvä)

Taulukko 6. Havainnollistava esimerkki, CTD-kaavio, kappaleenkäsittelylaite

CTC-kaaviossa (taulukko 7) esitetään asiakkaiden toiveiden ja odotusten pohjalta kerätyt kriittiset kustannuksiin liittyvät ominaisuudet, jotka tuotteen tulee täyttää. Kaavion tietopohjana tulisi aina käyttää asiakkailta suoraan- tai epäsuoraan kerättyä tietoa eikä esimerkiksi olettamuksia tai yrityksen omia näkemyksiä. (Hessing 2023a).

Asiakasvaatimus / -odotus	Vaikuttavat tekijät	CTC
Laitteistojen kilpailukykyinen hintataso	Materiaalien ja komponenttien hinnat	Etsitään laadukkaat, mutta kustannustehokkaat toimittajat sekä valmistajat
	Organisaation sisäinen tehokkuus	Organisaation eri osien saumaton yhteistyö ja tehokas toiminta läpi koko ketjun
	Kustannustehokkaat tekniset ratkaisut ja valmistustekniikat	Monimutkaisten / paljon työstöä vaativien ratkaisujen välttäminen ja standardikomponenttien hyödyntäminen, "vähemmän on enemmän"
	Alihankinnan kustannukset (koneistus, pintakäs.)	Tarkasteltava mitä voidaan tehdä "kotona" ja mitä on perusteltua viedä alihankintaan + aktiivinen kilpailutus
	Riittävän laatutason määrittely	Vältettävä tekemästä "yllälaatua" kustannusten karsimiseksi ja työn tehostamiseksi.
	Rahdit	Kuljetusten yhdistäminen isommiksi eriksi ja rahtien kilpailutus
	Valmistuksen sujuvuus ja tuotannon tehokkuus	Tarkasteltava tuotannon tai tuotteiden pullonkauloja ja kehityskohteita sekä muutettava prosessia havaintojen mukaisesti
	Myyntikatteet ja verrokkihinnat	Myyntikatteiden tarkastelu ja kilpailukykyisestä hinnoittelusta huolehtiminen kilpailijoihin vrt.
Muut liiketoiminnan kustannukset	Tarkasteltava koko organisaation kulurakennetta kriittisesti sekä tehtävä tarvittavat toimenpiteet	

Taulukko 7. Havainnollistava esimerkki, CTC- kaavio, kappaleenkäsittelylaite

Kaavioiden avulla prosessien sisältämiä rakenteita ja vaatimuksia ja voidaan koota helpommin ymmärrettäviksi kokonaisuuksiksi. Tämä edesauttaa isompien kokonaisuuksien hahmottamista ja myös selkeyttää mahdollisia ongelmanratkaisuprosesseja.

#### 5.2.4 Prosessin kuvaus SIPOC-yleiskaavion avulla

SIPOC on lyhenne sanoista Supplier, Input, Process, Output ja Customer. SIPOC-yleiskaaviossa (taulukko 8) kuvataan päätason prosessin toimintaa ja sen avulla saadaan havainnollinen käsitys kehitysprojektin laajuudesta sekä sen sisältämistä rajoitteista. Rajoitteita voivat olla esimerkiksi käytettävissä oleva aika, raha tai muut resurssit. (International Six Sigma Institute 2023a, 64.)

Kaaviossa esitetään projektin syötteitä, jotka kulkevat joko sisään prosessiin tai ulospäin prosessista. SIPOC-yleiskaavion tarkoituksena on saavuttaa kollektiivinen ymmärrys prosessista ja sen kyvykkyyteen vaikuttavista elementeistä ja prosessin keskinäisistä vuorovaikutussuhteista. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 236-237.)

Supplier - Toimittaja	Input - Syöte	Process - Toiminta	Output - Tuotos	Customer - Asiakas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Myyntiorganisaatio</li> <li>• Suunnitteluorganisaatio</li> <li>• Myyntiorganisaatio</li> <li>• Suunnitteluorganisaatio</li> <li>• Osto-organisaatio</li> <li>• Ateno Oy, Kirike Oy, oma koneistamo</li> <li>• Ateno Oy, Artinet Metal</li> <li>• Oma hitsaamo</li> <li>• Kirike Oy, Kesmac Oy</li> <li>• Oma kokoonpano</li> <li>• Takomo Ikonen Oy</li> <li>• Oma kokoonpano</li> <li>• Oma kokoonpano</li> <li>• Oma kokoonpano</li> <li>• Oma kokoonpano</li> <li>• Oma kokoonpano</li> <li>• Dokumentointi org.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjousvaihe / tarjoukset</li> <li>• Tilausvahvistus</li> <li>• Mallit, DXF:t ja piirust.</li> <li>• Osien ja komponenttien tilaus</li> <li>• Leikkeet ja koneistettavat pienkomponentit</li> <li>• Särämäys</li> <li>• Hitsaus</li> <li>• Koneistus</li> <li>• Välikokoonpano</li> <li>• Pintakäsittely</li> <li>• Loppukokoonpano</li> <li>• Sähköistys</li> <li>• Tarroitus</li> <li>• Momenttitestaus</li> <li>• Pakkaus</li> <li>• Dokumentointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laitteiden valmistaminen ja koko prosessin kulku tuotannon läpi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kappaleenkäsittelylaite, pyöritysrullasto, vaakapyörittäjä tai muu vastaava laite + siihen liittyvä dokumentaatio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konepajateollisuuteen liittyvät yritykset</li> </ul>

Taulukko 8. Havainnollistava esimerkki, SIPOC-kaavio, kappaleenkäsittelylaite

Supplier- eli toimittajasarakkeeseen kirjataan tahot, jotka toimittavat resurssit, raaka-aineet, tiedostot tai muut vaaditut hyödykkeet tai toiminnot syötteitä varten. Toimittajalla tarkoitetaan siis kaikkia outputteihin eli tuotoksiin suoraan vaikuttavia tahoja. Jokaisella syötteellä voi olla eri toimittaja ja ne tulee kirjata vastaavasti taulukkoon. (Bridges 2022.)

Input- eli syötesarakkeeseen tulee kirjata resurssit, raaka-aineet, tiedostot tai muut vaaditut hyödykkeet tai toiminnot, joita esimerkiksi liiketoiminta- tai tuotantoprosessi vaatii. Kyseessä voi olla esimerkiksi koko toimintaketju tarjousvaiheesta valmiin hyödykkeen toimittamiseen. (Bridges 2022.)

Process- eli toimintasarakkeessa kuvataan yleisesti esimerkiksi liiketoiminta- tai tuotantoprosessia ja se kuvataan selkeässä muodossa. Sarakkeen sisältö tulisi siis pitää mahdollisimman yksinkertaisena. (Bridges 2022.)

Output- eli tuotossarakkeessa kuvataan konkreettisia tuotoksia, jotka voivat olla esimerkiksi tuotteita, materiaaleja, palveluja tai tietoja. Toisin sanoen kyseessä on prosessista saatava valmis hyödyke, jota pyritään hyödyntämään jatkossa. (Bridges 2022.)

Customer- eli asiakassarakkeessa määritellään asiakkaat prosessista saaduille tuotoksille. On kuitenkin muistettava, että asiakas ei välttämättä aina ole ulkoinen taho vaan se voi olla myös organisaation sisäinen toimija. (Bridges 2022.)

## 5.2.5 Rajattavan ongelman kuvaus SIPOC-kaavion avulla

Myös spesifit prosessiongelmat, joita halutaan eliminoida, voidaan kuvata aivan samoin kuin SIPOC-yleiskaaviossa. Tällöin prosessin eri vaiheita pilkotaan pienempiin kokonaisuuksiin ja niistä luodaan vastaava kaavio. Prosessin eri vaiheista ja ongelmakohdista voidaan siis tehdä tarvittava määrä kaavioita (taulukko 9), joiden avulla saadaan käsitys yksittäisten osa-alueiden toiminnasta.

Supplier - Toimittaja	Input - Syöte	Process - Toiminta	Output - Tuotos	Customer - Asiakas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Budjetti</li> <li>Tarvepäivämäärä</li> <li>Laitteiston lukumäärä</li> <li>Työkappaleen tiedot (massa, mitat, painopiste)</li> <li>Työvaiheen kuvaus (hitsaus, pintakäsittely, kokoonpano tms.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lähtötietokysely</li> <li>Toimitusaika</li> <li>Laitemäärittely</li> <li>Layout suunnittelu</li> <li>Konseptisuunnittelu</li> <li>Tarjouksen laatiminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Budjettiraamit</li> <li>Projektiakataulu</li> <li>Konseptisuunnitelma</li> <li>Layout suunnitelma</li> <li>Tarjous</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laitevalmistaja</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laitetyypin määrittely</li> <li>Lisäkselien tarve</li> <li>Tarvittavat momentit</li> <li>Tarvittava nostokyky</li> <li>Tarvittavat nopeudet</li> <li>Lisävarusteet</li> <li>Rajapinnat</li> <li>Ohjelmoitavuuden tarve</li> <li>Tehdas layout</li> <li>Alustan tiedot kiinnitystä varten</li> <li>Kiinteä vai liikuteltava</li> <li>Asiakkaan muut vaatimukset</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> <li>Asiakas / Myyntiorg.</li> </ul>				

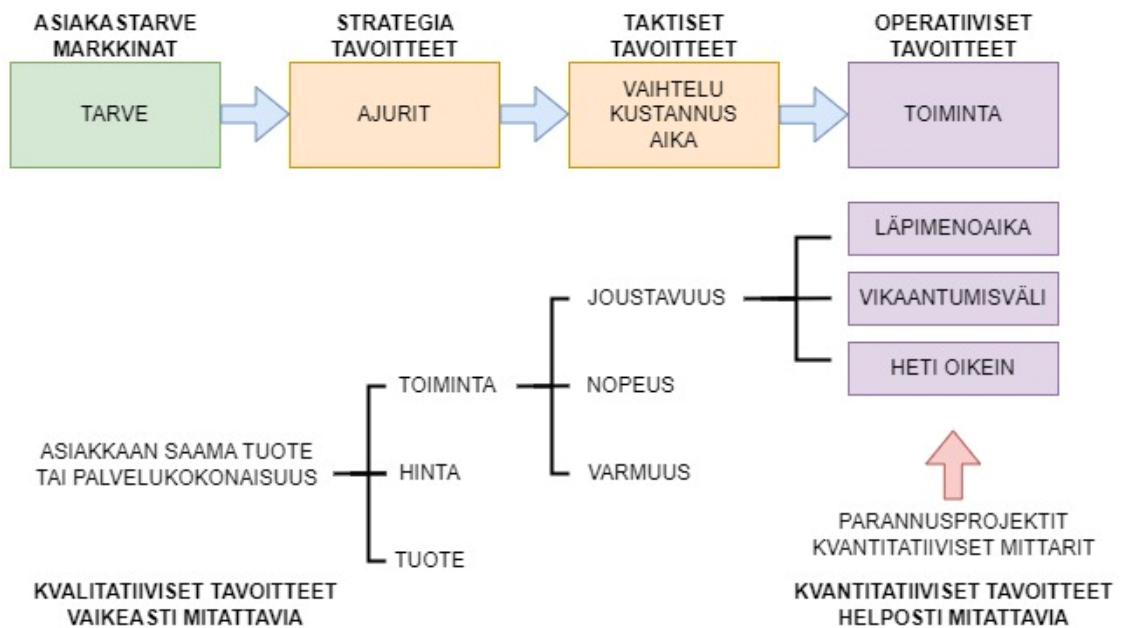
Taulukko 9. Havainnollistava esimerkki, SIPOC-kaavio, spesifi ongelmakeha

Spesifin SIPOC-kaavion avulla prosessiongelmia voidaan lohkoa entistä pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Tämä voi tietyissä tapauksissa edesauttaa isompien kokonaisuuksien hahmottamista ja selkeyttää ongelmanratkaisuprosessia.

## 5.2.6 Kehitystyön päämittarin asettaminen ja tavoitteiden määrittäminen

Aiempien tarkastelujen pohjalta organisaatio on kyvykäs asettamaan päämittarit prosessin tehokkuuden seuraamiseen ja prosessin tehokkuuden lisäämisen toteuttamiseen. Mittaamisen hyödyn ja tehokkuuden kannalta on välttämätöntä, että mittarit valitaan oikein, tulosta tekeviin tekijöihin, jotka kasvattavat kassavirtaa (kuvio 1). Liiketoiminnallisesti merkityksellisten mittausten tekeminen heikentää luontaisesti koko liiketoiminnan hyötysuhdetta ja ovat siten epätoivottava elementti. Mittausten tulee myös aina tukea organisaation strategisia tavoitteita. (Piiirainen 2011.)

## TOIMINNALLE ELINTÄRKEIDEN MITTAREIDEN TUNNISTAMINEN



Kuvio 1. Toiminnalle elintärkeiden mittareiden tunnistaminen (Piirainen 2011)

Mittausprosessit voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri luokkaan: tuloksellisiin mittareihin, balansoituihin mittareihin tai syy-seuraussuhteiden mittaamiseen. Organisaation onkin päätettävä, omiin tarpeisiinsa pohjautuen, mitä mittarointiperiaatteita halutaan käyttää. (Piirainen 2011.)

### 5.3 Measure -vaihe

Measure- eli mittausvaiheessa tulee ensisijaisesti laatia tiedonkeruusuunnitelma. Jakson aikana kerätään- ja arvioidaan tietoa, jonka perusteella voidaan määritellä prosessin suorituskyky nykytilassa. Prosessin muuttujatekijät kerätään kootusti ja arvioidaan niiden vaikutusta tai merkitystä prosessin sujuvuuteen tai haluttuun ongelma-kohtaan. (International Six Sigma Institute 2023a, 67-89.)

Oleellinen osa mittausvaihetta on mittausprosessien kyvykkyyden arviointi. Mittausjärjestelmien on pystyttävä tuottamaan dataa vaadittavalla tarkkuus- ja toistettavuustasolla, jotta analyysi olisi luotettava ja hyödynnettävissä.

Measure- eli mittausvaiheessa käytettäviä prosessin kehittämistyökaluja ovat muun muassa mittausprosessien järjestelmäanalyysit, otoskoon määrittäminen, tiedonkeruusuunnitelma, DPMO (*engl.* Defects Per Million Opportunities), trendi- ja ohjauskortit, histogrammit sekä prosessien kyvykkyyss- ja suorituskyky-analyysit. Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia. (Suomen standardoimisliitto SFS 2014a, 46.)

### 5.3.1 Tiedonkeruusuunnitelman laatiminen

Tiedonkeruusuunnitelman tarkoituksena on kehitysprojektin kohteena olevan prosessin ongelmien tunnistaminen ja sitä kautta projektille asetettujen tavoitteiden saavuttamisen varmistaminen. Toisaalta tiedonkeruulla pyritään luomaan mahdollisimman todenmukainen kuva prosessin nykytilasta, johon prosessin kehitystä voidaan myöhemmin verrata. (International Six Sigma Institute 2023a, 70-73.)

Tiedonkeruusuunnitelman keskeisiä sisältöjä ovat tiedonkeruumenetelmien-, kerättävän tiedon-, otoskoon- ja mitatun tiedon toiminnallisten määreiden määrittäminen. Tiedonkeruusuunnitelma on aina tietyllä tavalla prosessikohtainen ja se tulee määritellä prosessin sisältämien erityispiirteiden- ja tarpeiden pohjalta. Geneeristä formaattia tiedonkeruusuunnitelmalle ei siis käytännössä voida luoda. (International Six Sigma Institute 2023a, 70-73.)

Tiedonkeruussa voidaan hyödyntää jo olemassa olevia datalomakkeita, standardeja, organisaation sisäisiä- tai ulkoisia tilastollisia tietolähteitä prosessista tai esimerkiksi kokemuspohjaan perustuvaa tietoa. Tiedonkeruun sisällön kannalta on kuitenkin tärkeää, että tietoa on riittävästi saatavilla ja käytettävissä oleva tieto on dokumentoitu huolellisesti – ”kuka, mitä, missä, miten, milloin ja miksi”. Tiedon määrällä ja sen luotettavuudella on kriittinen merkitys toivotun lopputuloksen saavuttamiseksi. Tiedonkeruumenetelmien luotettavuus ja toiminta verrattuna haluttuun kontekstiin tulisi myös arvioida säännöllisesti. (International Six Sigma Institute 2023a, 74-83.)

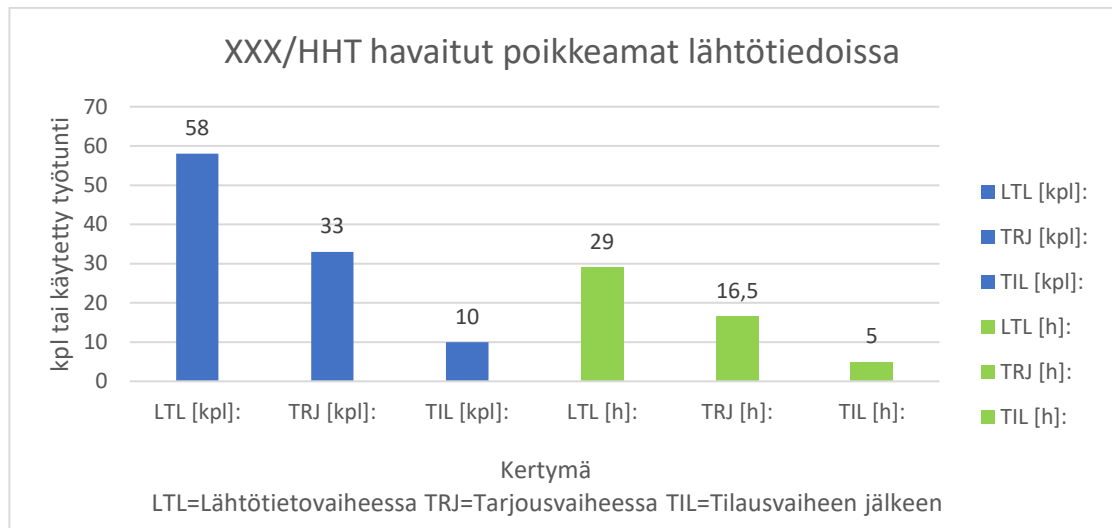
### 5.3.2 Lähtötilanteen mittaaminen ja suorituskykytarkastelu

Prosessin lähtötilanteen mittaaminen aloitetaan keräämällä prosessista saatavaa dataa ja tiedot taulukoidaan (taulukko 10). Taulukoitua dataa hyödynnetään prosessin ymmärtämiseen sekä suorituskykylukujen määrittämiseen.

KAPPALEENKÄSITTELYLAITE XXX/HHT		LTL= Lähtötietovaiheessa					
HAVAITUT POIKKEAMAT LÄHTÖTIEDOISSA		TRJ= Tarjousvaiheessa					
2023		TIL= Tilausvaiheen jälkeen					
		PRIMÄÄRIMIT. (POIKKEAMA)			SEKUNDÄÄRIMIT. (AIKA)		
SRN:	YEAR:	LTL [kpl]:	TRJ [kpl]:	TIL [kpl]:	LTL [h]:	TRJ [h]:	TIL [h]:
FP16XXX3	2023	6	2	0	3	1	0
FP16XXX4	2023	3	4	1	1,5	2	0,5
FP16XXX5	2023	8	5	0	4	2,5	0
FP16XXX6	2023	1	0	0	0,5	0	0
FP16XXX7	2023	0	0	0	0	0	0
FP16XXX8	2023	4	2	0	2	1	0
FP16XXX9	2023	1	6	1	0,5	3	0,5
FP16XX10	2023	0	0	0	0	0	0
FP16XX11	2023	3	2	1	1,5	1	0,5
FP16XX12	2023	2	0	1	1	0	0,5
FP16XX13	2023	0	0	0	0	0	0
FP16XX14	2023	0	0	1	0	0	0,5
FP16XX15	2023	12	2	0	6	1	0
FP16XX16	2023	3	1	0	1,5	0,5	0
FP16XX17	2023	2	0	2	1	0	1
FP16XX18	2023	0	0	1	0	0	0,5
FP16XX19	2023	2	4	0	1	2	0
FP16XX20	2023	8	3	0	4	1,5	0
FP16XX21	2023	1	1	1	0,5	0,5	0,5
FP16XX22	2023	2	1	1	1	0,5	0,5
<b>Kertymä sarakkeittain:</b>		<b>58</b>	<b>33</b>	<b>10</b>	<b>29</b>	<b>16,5</b>	<b>5</b>
<b>Keskiarvo</b>		2,9	1,65	0,5	1,45	0,825	0,25
<b>Keskihajonta</b>		3,26	1,87	0,61	1,63	0,94	0,30
<b>Pienin luku</b>		0	0	0	0	0	0
<b>Suurin luku</b>		12	6	2	6	2,5	1
<b>Kokonaiskeskiarvo</b>		1,68			0,84		
<b>Kokonaiskeskihajonta</b>		2,38			1,19		
<b>Kok. kertymä kpl/h/vuosi</b>		<b>101</b>			<b>50,5</b>		
<b>Tavoite kpl/h/vuosi/otos tol ±1</b>		50,5			25,75		
<b>Tavoite kpl/h/v/erä/laite tol ±0,5</b>		1,45	0,83	0,25	0,7	0,4	0,13
<b>Cp max. Suorituskyky / laite</b>		0,05	0,09	0,27	0,10	0,18	0,55
<b>Cpky suorituskyky / laite</b>		-0,10	-0,06	0,14	-0,05	0,03	0,42
<b>Cpka suorituskyky / laite</b>		0,20	0,24	0,64	0,26	0,86	0,66
<b>Cp max. Suorituskyky / otos</b>		0,14			0,28		
<b>Cpky suorituskyky / otos</b>		6,99			7,27		
<b>Cpka suorituskyky / otos</b>		-6,71			-6,71		

Taulukko 10. Havainnollistava esimerkki, mittaushavainnot ja suorituskyky

Prosessin taulukoidusta datasta voidaan myös tehdä erilaisia havainnollistavia kuvaajia ja kaavioita (kaavio 1). Tiedon visualisoiminen edesauttaa prosessin parempaa ymmärtämistä sekä sisäistämistä.



Kaavio 1. Havainnollistava esimerkki, mittaushavainnot prosessista koottuna

Prosessin suorituskyvyllä tarkastellaan yhteyttä luonnollisen prosessivaihtelun ja ennalta suunniteltujen vaatimusten, eli tuote- tai prosessispesifikaatioiden välillä ja sitä mitataan kyvykkyyksindeksillä, joka mittaa prosessivariaation tasoa ennalta määriteltyihin rajoihin verraten. Tarkastelu vastaa kysymykseen, onko prosessi vaihtelustaan huolimatta riittävän kyvykäs vastaamaan esimerkiksi asiakasvaatimukseen? (Pyzdek 2003, 471-473.)

Yleisin prosessikykyindeksi on maksimisuorituskykyindeksi  $C_p$  (engl. Potential Capability), joka tarkastelee prosessituottoa tilanteessa, jossa prosessin keskiarvo keskitetään erittelyrajojen väliin sillä oletuksella, että prosessin tuotosten jakautuminen olisi normaalijakauman mukaista. Prosessin sisältämää normaali-vaihtelua tulisi verrata esimerkiksi standardiin, tai muuhun ennalta määriteltyyn sallittuun rajaan suhteutettuna ja vaihtelu tulisi pyrkiä pitämään riittävän pienenä. (Blacksmith Consulting 2023.)

Prosessin maksimisuorituskykyluku  $C_p$ :

$$c_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad C_p \geq 1 \text{ (Sigma laatu } \geq 2 \text{)} \text{ (Quality Knowhow Karjalainen 2014)}$$

Prosessikykyindeksi Cpk (*engl.* Performance Capability) tarkastelee prosessin kykyä, kun prosessiin tehdään 1,5 sigman siirto. Cpk hyödyntää keskihajontaa ja antaa arvion prosessin kyvykkyydestä nykytilassa. (Blacksmith Consulting 2020.)

Prosessin suorituskykyluku Cpk:

$$C_{pk} = \frac{\min(\bar{X} - LSL, USL - \bar{X})}{3\sigma} \rightarrow \text{tavoite } 1,67\text{--}2,00$$

$\bar{X}$  = keskiarvo

$\sigma$  = keskihajonta

LSL = alempi spesifikaatoraja

USL = ylempi spesifikaatoraja

Ylätoleranssiraja USL (*engl.* Upper Specification Limit) sekä alatoleranssiraja LSL (*engl.* Lower Specification Limit) määrittelevät ylä- ja alarajat, joiden ulkopuolelle asettuva tuote tulee hylätä tai tarkastaa ennen hyväksymistä. Rajat tulisi asettaa siten, että prosessin voidaan nähdä olevan kontrollissa, mikäli kaikki prosessituotokset asettuvat rajojen väliin. (Blacksmith Consulting 2020.)

Termi sigma on tilastotieteellinen määre, jolla kuvataan standardipoikkeamaa. Prosessin sigmataso (taulukko 11) määrittää tuotannossa syntyneiden virheiden määrän jokaista miljoonaa mahdollisuutta kohden ja mittarina käytetään DPMO-mittarointia. DPMO-mittarin lukeman kasvaessa sigma taso vastaavasti alenee. (Master of Project Academy 2023.)

Laatu	Sigma Taso	Tarkkuus [%]	DPMO	Kommentti
Täydellinen	6	99,9997	3,4	Maailman huippua
Erinomainen	5	99,98	233	Erittäin hyvä
Hyvä	4	99,4	6210	Teollisuuden keskiarvo
Kohtalainen	3	93,3	66807	Alle keskiarvon
Kehitettävää	2	69,1	308537	Ei kilpailukykyinen

Taulukko 11. Sigma-tasot ja DPMO (Master of Project Academy 2023)

Suorituskykytarkastelu aloitetaan määrittelemällä prosessin keskiarvo ja keskimääräinen vaihteluväli, jonka jälkeen määritellään esimerkiksi asiakkaiden- tai oman organisaation vaatimukseen pohjautuvat sallitut toleranssirajat. Tämän jälkeen voidaan määritellä otoksen keskihajonta ja varsinaiset prosessin suorituskykyluvut kuvaajineen (kuvaajat 1, 2 ja 3).

Keskiarvo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$\bar{X}$  = keskiarvo  
 $X$  = havaintojen tulokset  
 $n$  = havaintojen lukumäärä

Keskihajonta (otos, sample):

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

$\sigma$  = keskihajonta  
 $\bar{X}$  = keskiarvo  
 $X_i - \bar{X}$  = poikkeama  
 $n$  = havaintojen lukumäärä

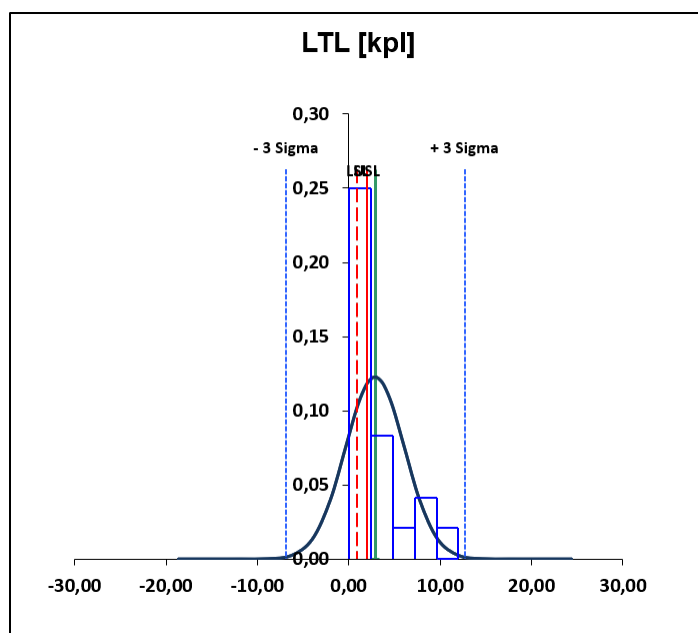
Sigma-taso:

$$Sigma - taso = \frac{\min(\bar{X} - LSL, USL - \bar{X})}{\sigma}$$

$\bar{X}$  = keskiarvo  
 $\sigma$  = keskihajonta  
 $LSL$  = alempi spesifikaatoraja  
 $USL$  = ylempi spesifikaatoraja

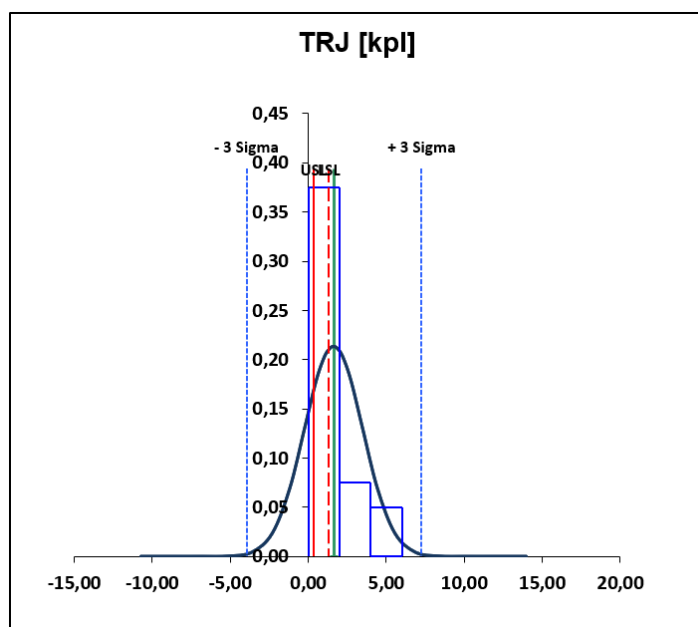
Prosessin suorituskyvystä voidaan myös tehdä erilaisia havainnollistavia jakaumakuvaajia ja -kaavioita. Tiedon visualisoiminen edesauttaa prosessin parempaa ymmärtämistä sekä sisäistämistä.

Prosessin suorituskykyä kuvaavassa Cp-kuvaajassa (kuvaaja 1) esitetään toleranssialue ja prosessista mitattujen tuotosten alueet. Kuvaajan pohja-aineistona käytetään lähtötietovaiheessa kerättyä dataa.



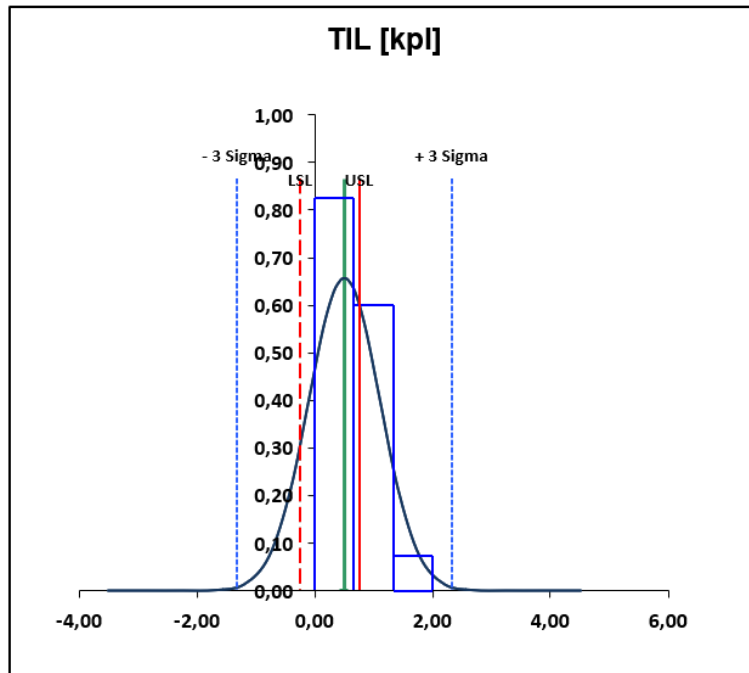
Kuvaaja 1. Toleranssialue ja prosessista mitattujen tuotosten alueet, LTL

Prosessin suorituskykyä kuvaavassa Cp-kuvaajassa (kuvaaja 2) esitetään toleranssialue ja prosessista mitattujen tuotosten alueet. Kuvaajan pohja-aineistona käytetään tarjousvaiheessa kerättyä dataa.



Kuvaaja 2. Toleranssialue ja prosessista mitattujen tuotosten alueet, TRJ

Prosessin suorituskykyä kuvaavassa Cp-kuvaajassa (kuvaaja 3) esitetään toleranssialue ja prosessista mitattujen tuotosten alueet. Kuvaajan pohja-aineistona käytetään tilausvaiheessa kerättyä dataa.



Kuvaaja 3. Toleranssialue ja prosessista mitattujen tuotosten alueet, TIL

Vaihtelu on luonnollinen osa jokaista prosessia ja sen syynä on prosessiin vaikuttavien muuttujien tarkkuuden rajoitteet ja muut luonnollista vaihtelua aiheuttavat tekijät. Tämän takia tuotantoprosessien tuotokset tuleekin pyrkiä valmistamaan määritettyjen spesifikaatioiden sallimien toleranssialueiden keskelle. (Blacksmith Consulting 2020.)

Vaihtelun systemaattinen mittaaminen ja kontrollointi on suositeltavaa jo tuotantoketjun alkupäässä. Mitä aikaisemmin kriittisiä poikkeamia aiheuttavat tekijät saadaan kiinni jalostusketjussa, sitä vähemmän tuotteen valmistamisesta aiheutuu hukkaa ja toisaalta kumulatiivisesti syntyvät virhemahdollisuudet saadaan minimoitua. (Blacksmith Consulting 2020.)

Suorituskykyisen prosessin tunnusmerkkejä ovat prosessivaihtelun mahtuminen ennalta määritelyihin vaatimuksiin. Mikäli poikkeamia ilmenee, ne tulee

luokitella yksittäisiksi erityistapauksiksi, jotka tulee käsitellä ja tutkia puuttumatta prosessiin. (Blacksmith Consulting 2020.)

### **5.3.3 Saadun mittaustiedon validointi kehityskohteeseen verraten**

Prosessin lähtötilanteen ja suorituskykyanalyysien jälkeen organisaatio on kyvykäs validoimaan kehitysprojektin ja luomaan näkemyksen kehitysprojektin vaikutuksista organisaation strategisiin tavoitteisiin. Näitä tavoitteita voivat olla esimerkiksi kassavirran-, tuottavuuden-, kilpailukyvyyn- tai asiakastyytyväisyyden kasvu tai nopeampi reagointi toimintaympäristössä tapahtuviin muutoksiin.

Näitä tietoja hyödynnetään analysointijaksossa. Analyze -jakson onnistumisen kannalta on tärkeää, että aiemmissa vaiheissa kerättyä tietoa on riittävästi ja tieto on dokumentoitu huolellisesti

## **5.4 Analyze -vaihe**

Analyze -jaksossa käsitellään, tilastollisia menetelmiä ja ongelmanratkaisutyökaluja apuna käyttäen, prosessin suorituskyvyn lähtötason ja halutun tavoitteen välistä eroavaisuutta. Pyrkimyksenä on saavuttaa ymmärrys havaitun vaihtelun juurisyistä ja priorisoida kehityskohteet tärkeysjärjestykseen. Tätä jaksoa kuvaava se, että analysoinnin yhteydessä kerätyt havainnot voivat merkittävästi muuttaa käsitystä ongelmasta ja sen taustavaikuttimista prosessin sisällä. Näin ollen analysointia olisikin toistettava riittävästi, kunnes projektin määrittely saadaan vakiinnutettua.

Jakson tuloksena saadaan syuseuraus analyysseja, kuten esimerkiksi prosessin vika-analyysit, vaikutusanalyysit, vikapuuanalyysi, todennäköisyysjakaumatestit, 5 × Miksi- analyysit, regressio- ja korrelaatioanalyysit ja hukka-analyysit. Nämä tarkastelut ja toimenpiteet edesauttavat prosessin kehittämistä ja optimointia. (Pyzdek 2003, 238-240.)

#### 5.4.1 Tiedon riittävyyden arviointi

Analyze -jakson onnistumisen kannalta on tärkeää, että aiemmissa vaiheissa kerättyä tietoa on riittävästi ja tieto on dokumentoitu huolellisesti - ”kuka, mitä, missä, miten, milloin ja miksi”. Tiedon määrällä ja sen luotettavuudella on kriittinen merkitys toivotun lopputuloksen saavuttamiseksi.

Measure- eli mittausvaiheessa määriteltyjen mittausjärjestelmien on pystyttävä tuottamaan dataa vaadittavalla määrä-, tarkkuus- ja toistettavuustasolla, jotta analyze jakson aikana tehtävä juurisyytarkastelu olisi luotettava ja hyödynnettävissä. Suositeltava otoskoko vaihtelee prosessin mukaan, mutta havaintojen stabiilisuuden toteamiseksi ja tulosten tarkkuuden optimoimiseksi tulisi käyttää vähintään 50–100 havaintoa. Organisaation onkin arvioitava tiedon käytettävyyttä ennen juurisyytarkasteluihin siirtymistä. (Quality Knowhow Karjalainen 2021.)

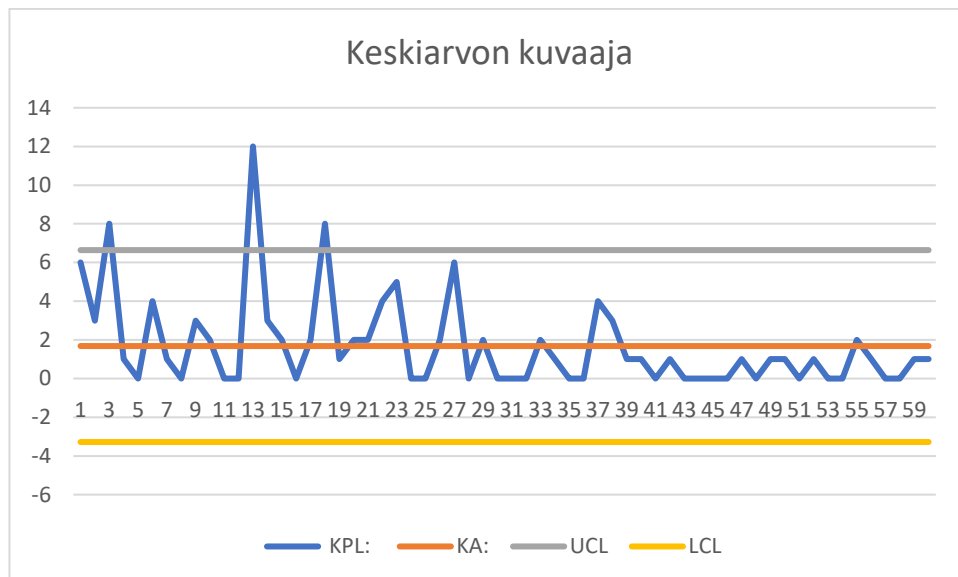
#### 5.4.2 Tilastollinen prosessinohjaus SPC ja ohjauskortit

Tohtori Walter A. Shewhartin kehittämä vaihteluluokitteluteoria ennustettavaan ja ei-ennustettavaan vaihteluun toimii SPC:n (*engl.* Statistical Process Control) eli tilastollisen prosessinohjauksen perustana. SPC:llä voidaan tunnistaa prosessin satunnais- ja erityisyyvaihtelut, jotka mahdollistavat tiedon hyödyntämisen operatiivisessa toiminnassa ja tehdä toimenpiteitä prosessin ennustettavuuden kehittämiseksi. SPC:n työkaluina toimivat ohjauskortit, jotka pyrkivät vaihtelun tunnistamisen hallintaan. (Piirainen 2014.)

Vaihtelu jaetaan satunnaisvaihteluun ja erityisyyvaihteluun. Satunnaisvaihtelu on seuraus useiden prosessimuuttujien satunnaisesta vaihtelusta ja niiden riippuvuussuhteiden vaikutuksesta prosessituotoksiin. Erityisyyvaihtelulla tarkoitetaan yksittäisen prosessimuuttujan merkittävää poikkeamaa ja sen vaikutusta prosessituotoksiin. Satunnaisvaihteluun reagoimalla kasvatamme kokonaisvaihtelua ja tällöin parannus on erittäin haasteellista, ellei mahdotonta. Erityisyyvaihteluun tulisi reagoida sillä muutoin vaihtelu kasvaa. (Piirainen 2014.)

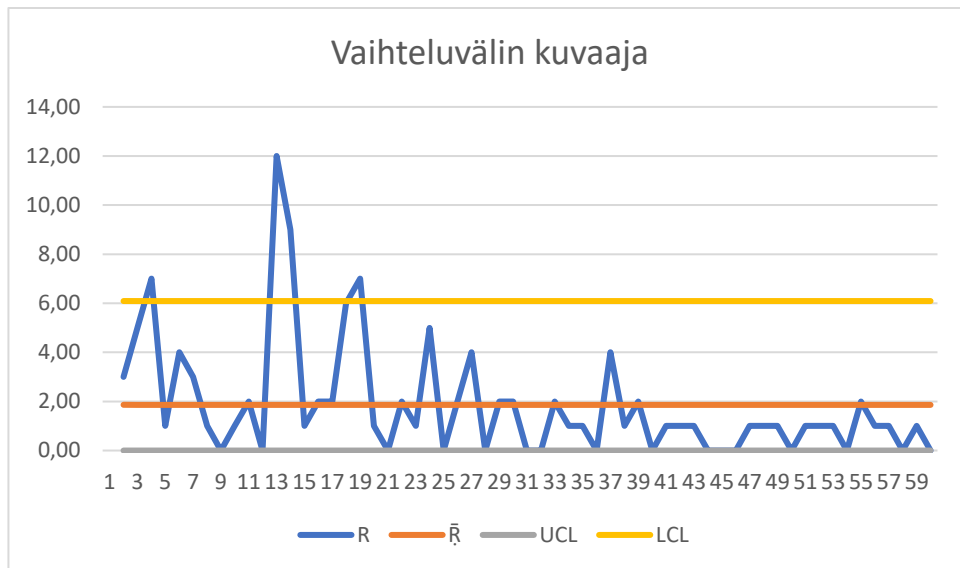
Prosessi nähdään stabiilina, mikäli vaihtelu on satunnaista ja ennustettavaa. Mikäli prosessi sisältää paljon erityissyistä johtuvaa vaihtelua, se kuvataan epästabiiliksi ja ei-ennustettavaksi. (Piirainen 2014.)

SPC-ohjauskortti (kuvio 1 ja 2) on esimerkiksi Minitab tai Excel-ohjelmistoilla luotu graafinen käyrä, jossa kuvataan prosessin havaintojen keskinäistä poikkeamaa sekä suhdetta ylempiin- ja alempiin ohjausrajoihin. Pohja-aineistona käytetään mittausvaiheessa mitattua prosessidataa.



Kuvio 1. SPC-ohjauskorttimalli, X-kortti, keskiarvon suhteessa ohjausrajoihin

Graafien hajontakäyrä tulisi pysyä mahdollisimman hyvin ohjausrajojen välissä. Mikäli käyrä ylittää tai alittaa ohjausrajat, on kyseessä poikkeama prosessin normaalivaihtelusta eli ns. erityisyytpoikkeama, johon on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tämän tyyppiset vaihtelut voivat johtua esimerkiksi laiterikoista tai muista tuotantoon liittyvistä erityisyyistä.



Kuvio 2. SPC-ohjauskorttimalli, R-kortti vaihteluvälin suhteessa ohjausrajoihin

Six Sigma kehitysprojekteissa pyritään lähtökohtaisesti operoimaan ohjausrajojen välissä eli kehittämään prosessia erityisesti normaalivaihtelun vähentämiseksi. Erityissyyppoikkeamien selvittäminen ei lähtökohtaisesti tule olla kehitysprojektien pääasiallinen tarkoitus. (Piirainen 2014.)

### 5.4.3 Aivoriihi eli ideapalaveri

Aivoriihi eli ideapalaveri on esimerkiksi mittaus- ja parannusjaksojen aikana käytettävä menetelmä innovointiin ja ongelmien ratkaisuun. Menetelmän tarkoitus on kerätä suuri määrä ideoita tai ongelmanratkaisukeinoja suhteellisen lyhyessä ajassa. Aivoriihen perusluonne on lähtökohtaisesti epäformaali ja sitä käytämällä pyritään hyödyntämään organisaation sidosryhmien luovuutta, haastamalla aiemmin käytettyjä toimintamalleja tai ennako-olettamia. Aivoriihi voi olla hyvin vapaamuotoinen tai vaihtoehtoisesti tiukemmin ohjattu riippuen aivoriihen halutusta lopputulemasta. Vapaamuotoiset aivoriihet palvelevat paremmin luovuuden herättämistä, kun taas ohjatusti toteutetussa aivoriihessä pyritään löytämään spesifi ratkaisu spesifiin ongelmaan. (Suomen standardoimisliitto SFS 2014b, 58.)

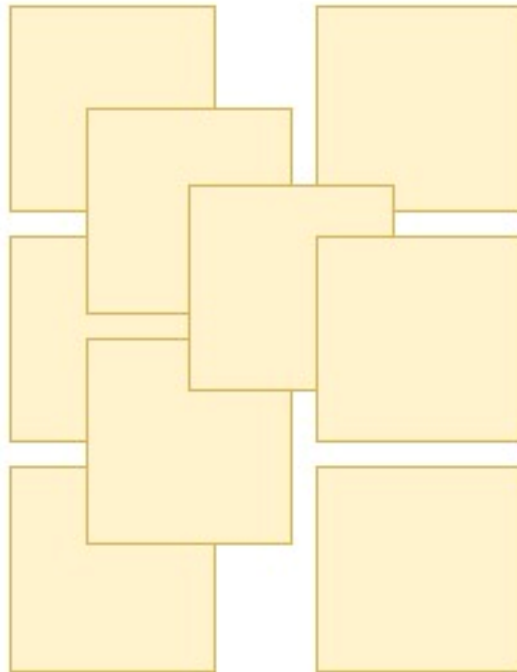
Aivoriihen osallistujamäärä on yleensä 4–12 jäsentä ja sen toteuttamiseen käytetään lyhyt aika, noin 15–20 minuuttia. Aivoriihi aloitetaan määrittelemällä ongelma tai muu aihepiiri, johon haetaan ratkaisua. Ongelma tai aihepiiri kuvataan selkeästi ja kirjoitetaan ylös kaikkien osallistujien nähtäväksi, jonka jälkeen määritellään aika, jota käytetään yksittäisen osallistujan ajatusten kirjaamiseen. Jokaisen osallistujan ideat tai ajatukset kirjataan vuorollaan näkyviin. Aivoriihen aikana keskustelua ja kertyneiden ideoiden käytettävyyden arviointia tulee välttää. Aivoriihen lopuksi, kun kaikki ideat on kerätty kootusti, kertymää tarkastellaan kollektiivisesti ja pyritään sitä kautta löytämään keinoja ongelman ratkaisemiseksi tai uusien innovaatioiden luomiseksi. (Karjalainen 2007.)

#### 5.4.4 Affiniteettikaavio

Affiniteettikaavio (taulukko 12) on professori Jiro Kawakitan kehittämä analyttinen työkalu, jota käytetään esimerkiksi aivoriihessä syntyneiden yhteisiä teemoja- tai korrelaatioita sisältävien ideoiden tai ratkaisuehdotusten järjestämiseksi omiksi alaryhmikseen. Affiniteettikaavion alaryhmiä voivat olla esimerkiksi prosessiin-, henkilöresursseihin-, laatuun-, kapasiteettiin tai vallitseviin olosuhteisiin liittyvät kehitysehdotukset. (Six Sigma Daily 2012a.)

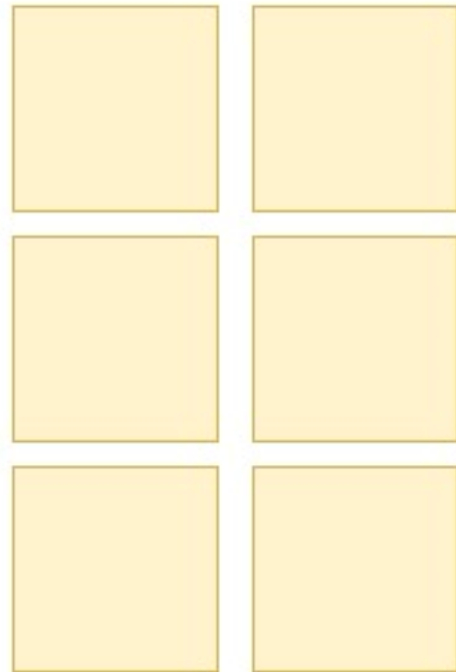
Henkilöstö	Laatu	Kapasiteetti
Koulutuksen lisääminen	Mittauslaitteiden kalibrointi	Työvaiheoptimointi
Perehdytys	Mittausjärjestelyt	Hukkien poisto
Viihtyvyyden lisääminen	Työergonomian parantaminen	Kehityshanke (kapasiteetti)
Henkilöstöedut	Tarkastus joka työvaiheessa	Resurssien kasvattaminen
Parempi palkka	Alihankintaketjun tarkastelu	Alihankintaketjun tehostaminen
Tulospalkkiot	Pintakäsittelylinjaston päivitys	Työkoneiden asteittainen uusinta
Työergonomia	Koulutuksen lisääminen	Tehdas layoutin optimointi
Osallistaminen	Kehityshanke (laatu)	Automaatiotarkastelu

Taulukko 12. Affiniteettikaaviomalli aivoriihestä saatujen ehdotusten pohjalta

**AIVORIIHESSÄ KOOTUT IDEAT****RYHMITTELYKAAVIO**

RYHMÄ 1

RYHMÄ 2

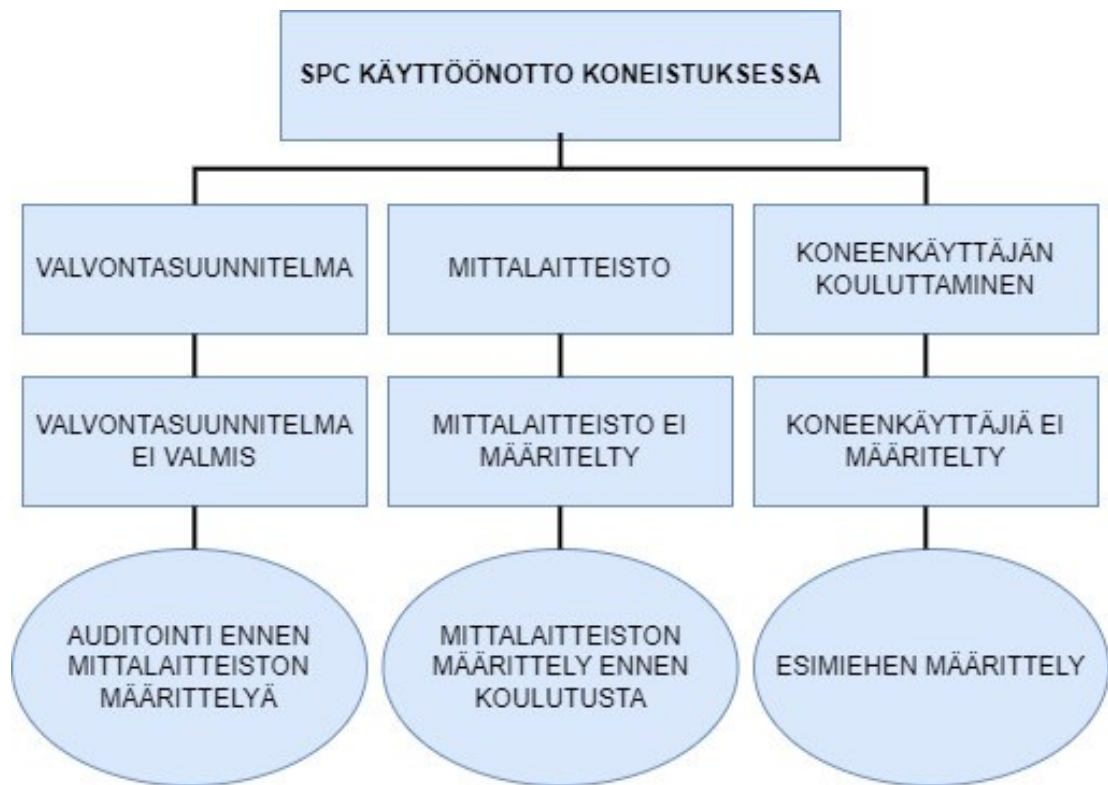


Kaavio 2. Affiniteettikaavion periaate (Karjalainen 2007)

Affiniteettikaavion perimmäinen tarkoitus on organisoida ja yhdistää prosessia koskevia kehitysajatuksia tai innovaatioita yhdeksi selkeästi luettavaksi ja järjestelmälliseksi esitykseksi, josta eri yhteydet ja suhteet saadaan selville visuaalisesti taulukoituna (kaavio 2). Tiedon visualisointi ja ryhmittely selkeyttää ja edesauttaa aiheen käsittelemistä. (Six Sigma Daily 2012a.)

#### 5.4.5 Puukaavio

Puukaavio (kaavio 3) on analyttinen ongelmanratkaisutyökalu, jossa ongelmat jaetaan yksityiskohtaisesti asteittain suurimmasta pienimpään. Puukaavion perimmäinen tarkoitus on jakaa suurempi käsite pienemmiksi yksityiskohtaisemmiksi osiksi hierarkkisesti edeten. Tiedon visualisointi ja ryhmittely selkeyttää ja edesauttaa aiheen käsittelemistä. (Six Sigma Daily 2012b.)



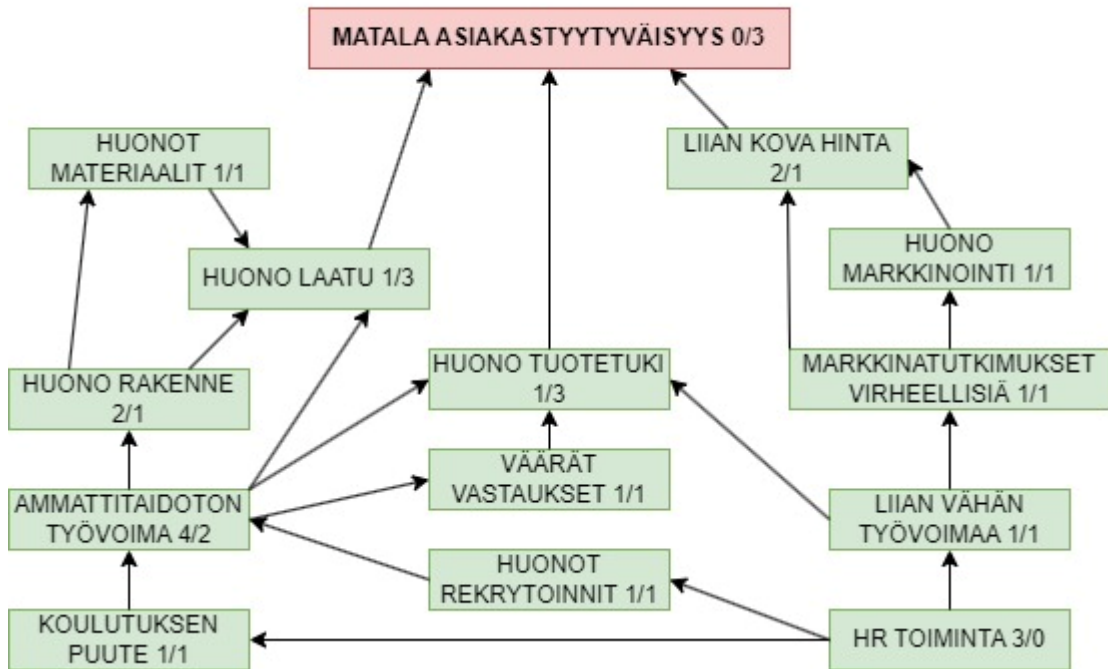
Kaavio 3. Puukaavio, SPC käyttö koneistuksessa (Six Sigma Daily 2012c)

Kaavion täyttäminen aloitetaan määrittelemällä ratkaistava ongelma tai haluttu tavoite, josta edetään hierarkkisesti esimerkiksi kysymysten ”mitä vaaditaan”, ”miksi”, ”miten” tai ”milloin” avulla eteenpäin. Kaavion täyttö lopetetaan, kun kaikki oletettavasti aihe yhteyteen liittyvät käsitteet- ja alakäsitteet on kirjattu kaavioon ylös selkeästi. (Six Sigma Daily 2012c.)

#### 5.4.6 Vuorovaikutussuhdekaavio

Vuorovaikutussuhdekaaviossa (kaavio 3) käytetään syötteinä muista ongelmanratkaisutyökaluista saatuja tuloksia. Kaavion auttaa havaitsemaan relaatioita ja vaikuttimia useiden eri käsitteiden välillä, vaikka ne olisivat keskenään perusluonteeltaan hyvin erilaisia. (Zornes 2023.)

### VUOROVAIKUTUSSUHTEET ASIAKASTYYTYVÄISYYTEEN LIITTYEN



Kaavio 3. Vuorovaikutuskaavio, asiakastyytyväisyys (Zornes 2023)

Vuorovaikutussuhdekaaviota kuvaa sen kyky visualisoida monimutkaisten prosessien keskinäisiä vaikutussuhteita ja siten selkeyttää ja edesauttaa aiheen käsittelyä. Työkalua käytetäänkin yleensä kompleksisten ongelmien ratkaisemiseen ja niiden juurisyiden selvittämiseen. Kaaviossa eniten lähteviä nuolia sisältävät tekijät voidaan määritellä juurisyiksi, kun taas eniten tulevia nuolia sisältävät tekijä juurisyytekijöiden seurauksiksi. (Zornes 2023.)

#### 5.4.7 Vika- ja vaikutusanalyysi FMEA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) eli vika- ja vaikutusanalyysi on tuotteen tai palvelun toimintavarmuuden analysointiin käytetty menetelmä, jonka avulla voidaan tutkia tuotteen ja sen sisältämien komponenttien tai eri elementtien vikaantumismahdollisuuksia, vikaantumisen seurauksia ja toimintavarmuuden parantamisen mahdollisuuksia. Analyysi tehdään ennen tuotteen tai palvelun saattamista tuotantoon tai markkinoille. FMEA:n perimmäisenä tarkoituksena on siis ennaltaehkäistä vikaantumista, tunnistaa mahdolliset

vikaantumiskohteet sekä niiden taustalla vaikuttavat tekijät ja arvioida mahdollisen vikaantumisen seurauksia. (Kankaanranta, 2015.)

Kerroin	Vaikutus (1- ei vakava; 10 - erittäin vakava)	Esiintyminen (1- erittäin harvinainen; 10 - erittäin yleinen)	Löydettävyys (1- löydettävissä helposti; 10 - ei löydettävissä)
1	Ei vaikutusta	Erittäin vähäinen: järjestelmävika epätodennäköinen <1 / 1500000	Syy tai mekanismi vikatilän aiheutumisen taustalla täysin selvítettävissä
2	Järjestelmä toimii, häiriöt minimaalisia	Matala: järjestelmävikoja suhteellisen vähän <1 / 150000	Syy tai mekanismi vikatilän aiheutumisen taustalla selvítettävissä erittäin suurella todennäköisyydellä
3	Järjestelmän suorituskyky heikentynyt	Matala: järjestelmävikoja suhteellisen vähän <1 / 15000	Syy tai mekanismi vikatilän aiheutumisen taustalla selvítettävissä suurella todennäköisyydellä
4	Järjestelmän suorituskyky heikentynyt merkittävästi	Satunnainen: satunnainen järjestelmävika <1 / 2000	Syy tai mekanismi vikatilän aiheutumisen taustalla selvítettävissä kohtalaisella todennäköisyydellä
5	Järjestelmä toimintakyvytön, ei laitteistovaurioita	Satunnainen: satunnainen järjestelmävika <1 / 400	Vikatilan aiheutumisen taustalla olevan syyn tai mekanismin selvittävyys epävarmaa
6	Järjestelmä toimintakyvytön, vähäisiä laitteistovaurioita	Satunnainen: satunnainen järjestelmävika <1 / 80	Vikatilan aiheutumisen taustalla olevan syyn tai mekanismin selvittävyys kohtalaisen epävarmaa
7	Järjestelmä toimintakyvytön, laitteiston kohtalainen vaurioituminen	Korkea: toistuva järjestelmävika <1 / 20	Vikatilan aiheutumisen taustalla olevan syyn tai mekanismin selvittävyys hyvin epävarmaa
8	Järjestelmä toimintakyvytön, laitteiston merkittävä vaurioituminen, ei muodosta turvallisuusriskejä	Korkea: toistuva järjestelmävika <1 / 8	Vikatilan aiheutumisen taustalla olevan syyn tai mekanismin selvittävyys erittäin epävarmaa
9	Järjestelmä toimintakyvytön, laitteiston täysi vaurioituminen, muodostaa turvallisuusrisikin, varoitusilmaisoin aktivoituu	Erittäin korkea: lamauttava järjestelmävika lähes väistämätön <1 / 3	Vikatilan aiheutumisen taustalla olevan syyn tai mekanismin selvittävyys lähestulkoon mahdotonta
10	Järjestelmä toimintakyvytön, laitteiston täysi vaurioituminen, muodostaa turvallisuusrisikin, varoitusilmaisoin ei aktivoituu	Erittäin korkea: lamauttava järjestelmävika lähes väistämätön <1 / 2	Todennäköistä syytä tai mekanismeja vikatilän aiheutumisen taustalla ei voida selvittää

Taulukko 13. FMEA pisteytystaulukointi (International SixSigma Institute 2023b)

FMEA analyysissa pyritään tunnistamaan kaikki tuotteen tai prosessin todennäköiset vikatilat ja ne pisteytetään RPN (*engl.* Risk Priority Number) riskiluvulla vikojen vakavuuden S (*Severity*)-, esiintymien O (*engl.* Occurrence)- ja tunnistusmahdollisuuksien (*engl.* Detectability) mukaan (taulukko 13).

$$RPN = S \times O \times D$$

Suurimman pistemäärän kerännyt kohde edustaa prioriteetiltaan tärkeintä tarkastelukohdetta. Pisteytyksessä käytetään numeroväliä 1–10, jossa kymmenen edustaa suurinta mahdollista vakavuutta, esiintymistä ja huonointa tunnistusmahdollisuutta. (International Six Sigma Institute 2023b.)

#### 5.4.8 5 x miksi tarkastelu

5 x miksi (taulukko 14) on laajasti käytetty Sakichi Toyodan 1930-luvulla kehittämä yksinkertainen ongelmien juurisyiden selvittämiseen tarkoitettu

analyysitekniikka ja -työkalu. Tekniikka perustuu peräkkäin esitettyihin ”miksi” kysymyksiin, joiden lopputulemana ongelman juurisyy paljastuu. Kysymyksiä voi ketjuttaa mielivaltaisesti siihen asti, kunnes haluttu lopputulos saavutetaan. (Kanbanize 2023.)

	Tarkasteltava ongelma	1 miksi?	2 miksi?	3 miksi?	4 miksi?	5 miksi?	Juurisyy
Mitä tapahtui?	Lähtötiedoissa havaitaan merkittäviä puutteita projektin edetessä.	Ei ole osattu kysyä oikeita kysymyksiä / asiakas ei ole tunnistanut todellista tarvetta / asiakkaalla ei ole riittävää tietotaitoa määrittelyyn.	Toimittajan- tai asiakkaan näkemys tarvittavista ominaisuuksista tai vaatimuksista ei ole riittävää sen hetkisten tietojen valossa.	Pohjatyö on tehty huonosti tai laajuudeltaan riittämättömänä / ei ole tarkasteltu eri ulottuvuuksia tarpeeksi laajasti ja yksityiskohtaisesti	Ei ole haluttu paneutua projektiin kunnolla tai resursointi on ollut riittämätöntä.	Toimihenkilöiden alhainen motivaatio, vajaa osaaminen tai huolellisuuden puute / ajankäytölliset haasteet / taloudellisten resurssien puute	Osaamistaso, resurssit, motivaatio
Miksi ongelmaa ei ole havaittu aiemmin?	Tulevat ilmi vasta myöhemmin.	Toimittajan on lähes mahdotonta ottaa selvää kaikista vaatimuksista jos asiakas ei pysty toimittamaan luotettavaa tietoa.	Asiakas tuntee itse prosessinsa parhaiten eikä siten ole pystynyt toimittamaan riittäviä tietoja.	Asiakas tuntee itse prosessinsa parhaiten ja valvoo sekä tarkastaa antamansa tietojen paikkansapitävyyttä.	Valvonnan ja tarkastuksen puute / puutteelliset resurssit.	Toimihenkilöiden alhainen motivaatio, vajaa osaaminen tai huolellisuuden puute / ajankäytölliset haasteet / taloudellisten resurssien puute	Valvonnan ja tarkastusprosessin puutteet

Taulukko 14. 5 x miksi tarkasteluesimerkki

5 x miksi tekniikan etuna on sen yksinkertaisuus ja tehokkuus. Analyysi voidaan toteuttaa nopeasti ja vaivattomasti eikä se vaadi suuria resursseja. Menetelmää voidaan soveltaa ongelmanratkaisun lisäksi esimerkiksi vianmäärityksessä tai laadun parantamisessa. (Kanbanize 2023.)

#### 5.4.9 Kalanruotokaavio

Kalanruotokaavio eli Ishikawa diagrammi (kaavio 4) on teoreetikko ja professori Kaoru Ishikawan kehittämä laatujohtamisen ja prosessikehityksen työkalu, jolla pyritään selvittämään syyvaikutussuhteita sekä ongelmien juurisyitä. Työkalulla voidaan graafisesti tunnistaa ja ryhmitellä keskeiset- tai mahdolliset syyt, jotka vaikuttavat ongelman syntyyn tai prosessin ulostuloihin. (Karjalainen 2007.)



Kaavio 4. Kalanruotokaavioesimerkki

Kaavion luominen aloitetaan määrittelemällä ongelma, johon halutaan etsiä ratkaisua. Tämän jälkeen kaavioon lisätään ongelmaan liittyvät tekijät, syyt tai aiheuttajat. Lopputuloksena saadaan graafinen ja havainnollinen esitys ongelman juurisyistä ja vaikuttimista. (Karjalainen 2007.)

## 5.5 Improve -vaihe

Improve eli parannusjakson aikana haetaan vastausta siihen, kuinka prosessimuutoksen aikaansaama parannus saadaan pysyväksi osaksi prosessia. Vaiheen aikana pyritään arvioimaan, toteuttamaan ja kehittämään analyysivaiheessa luotuja ratkaisuja, joiden tarkoituksena on poistaa prosessissa piileviä ongelmia tai haasteita pysyvästi. (SixSigma 2022.)

Ratkaisujen etsiminen voidaan toteuttaa projektihenkilöstön osaamista ja ammattitaitoa hyödyntämällä sekä suorittamalla erilaisia data-analyyskejä juurisyiden poistamiseksi. Vaiheen työkaluihin ja tekniikoihin kuuluvat esimerkiksi ongelman juurisyiden poistamiseen tai lieventämiseen liittyvien ratkaisujen arviointi, tilastollisten menetelmien käyttö, kustannushyöty analyysit, prosessitesaus prosessin input muuttujia manipuloimalla ja laadittujen parannusratkaisujen vaikutusten mittaaminen. (Hessing 2023b.)

### 5.5.1 Kehitysideointi ja ideoiden listaaminen sekä kategorisointi

Improve -vaiheen kehitysideointi voidaan toteuttaa esimerkiksi aivoriihitekniikalla. Pyrkimyksenä on kerätä mahdollisimman suuri määrä luovia ideoita (taulukko 15), joista käyttökelpoisimmat siirretään toteuttamisharkintaan esimerkiksi nelikenttäanalyysin kautta. Lähtökohtaisesti epärealistiset ideat ja ehdotukset tulee tässä vaiheessa karsia pois. (Hessing 2023b.)

	LISTAUS, KEHITYSIDEOINTIPALAUVERISSA EHDOTETUT IDEAT
1	Luodaan asiakkaan täytettävä lähtötietolomake
2	Luodaan projektikohtaiset kansiot verkkolevylle
3	Selvitetään, onko saatavilla soveltuvia PDM ohjelmistoja ja miten saataisiin käyttöön
4	Projektidokumentoinnin formaatti yhtenäiseksi kaikkien projektien välillä
5	Aletaan pitämään projektipalavereja esim. viikon välein
6	Yhtenäistetyt toimintamallit
7	Punnitaan resurssien riittävyys
8	Selkeytetään työnjakoa
9	Määritetään vastuuhenkilöt selkeämmin projekteille
10	Tehdään tarkemmat projektiaikataulut ja dokumentoidaan ne
11	Selvitetään tarkemmin henkilöstön vahvuusalueet ja jaetaan työt sen mukaan
12	Luodaan lähtötietojen tarkastuslomake
13	Kiinnitetään huomiota henkilöstön hyvinvointiin
14	Perehdytetään uudet henkilöt entistä kattavammin
15	Tarkastetaan työvälineiden ja ohjelmistojen tilanne
16	Luodaan havainnollistavat koulutusmateriaalit
17	Henkilökohtaiset tiedostosijainnit kielletään
18	Dokumentoidaan yhteydenotot
19	Ei aloiteta projektia ennen kuin kaikki lähtötiedot on selvitetty
20	Tarkennetaan tarjousten ehtoja (jälkikäteen tehtävät muutokset ovat maksullisia)

Taulukko 15. Esimerkkilistaus, kehitysideat aivoriihen jälkeen

Ideoiden listaaminen ja kategorisointi antaa hyvän lähtökohdan mahdollisten kehityskohteiden arvioinnille ja jatkojalostamiselle. Kerätyt ideat voidaan myös lajitella affiniteettikaavioon aivoriihen lopuksi, mikäli se nähdään tarpeelliseksi tiedon visualisointia ajatellen.

### 5.5.2 Kehitysideoinen seulonta ja valinta nelikenttäanalyysillä

Nelikenttäanalyysillä (taulukko 16) voidaan seuloa ja kategorisoida kehitysideoinnissa kirjattuja ideoita esimerkiksi arvioimalla niiden vaikuttavuutta prosessiin

ja tarkastelemalla yleistä toteutuskelpoisuutta resursseihin nähden. Taulukko on yksinkertainen, nopea ja helppo täyttää. (Quality Knowhow Karjalainen 2021.)

	<b>LOISTAVAT</b>	<b>LAAJEMPI KEHITYSKOHDE</b>
^	12,1,4,2,13,14,16	6,11,3
€		
v	5,7,8,9,10,15,17,18	20,19
	<b>NOPEASTI HOIDETTAVAT</b>	<b>VAARALLISET</b>
	<b>HELPPO</b>	<b>VAIKEA</b>

Taulukko 16. Esimerkkitaulukko, nelikenttäanalyysi

Nelikenttäanalyysin pohjalta voidaan valita, mitä kehityskohteita lähdetään viemään organisaatiossa eteenpäin. Toisaalta kategorisoinnin pohjalta voidaan myös seuloa liian vaikeasti toteutettavat tai muutoin liikaa resursseja sitovat ideat pois. Lähtökohtaisesti helpot ja nopeasti toteutettavat kehityskohteet tulisi toteuttaa ensisijaisesti. (Quality Knowhow Karjalainen 2021.)

### 5.5.3 Toimenpidelistan laatiminen

Nelikenttäanalyysin jälkeen voidaan toteuttaa toimenpidelista (taulukko 17), jossa määritellään vastuuhenkilöt- sekä alustavat aikataulut analyysin perusteella valittujen kehityskohteiden osalta. Malliesimerkissä on käytetty samoja värikoodituksia kuin nelikenttäanalyysissä, mikä edesauttaa kehityskohteiden priorisointia myös visuaalisella tasolla.

	KEHITYSKOHDE:	VASTUULLINEN:	VASTUU:	NEUVOJA:	TIEDOTETTAVA:
1	Luodaan asiakkaan täytettävä lähtötietolomake	AA	ST		Hallitus
2	Luodaan projekti kohtaiset kansiot verkkolevylle	AA	ST		Hallitus
3	Selvitetään onko saatavilla soveltuvia PDM ohjelmistoja ja miten saataisiin käyttöön	ST	ST	MK/OM	Hallitus
4	Projektidokumentointi formaatti	AA	ST		Hallitus
5	Aletaan pitämään projekti palaverieja esim. viikon välein	Kaikki	ST		Hallitus
6	Yhtenäistetyt toimintamallit	AA	ST		Hallitus
7	Punnitaan resurssien riittävyys	ST	ST	AA	Hallitus
8	Selkeytetään työnjakoa	ST	ST	AA	Hallitus
9	Määritetään vastuuhenkilöt selkeämmin projekteille	ST	ST		Hallitus
10	Tehdään tarkemmat projekti aikataulut ja dokumentoidaan ne	Projektivastaava	ST		Hallitus
11	Selvitetään tarkemmin henkilöstön vahvuusalueet ja jaetaan työt sen mukaan	ST	ST	AA	Hallitus
12	Luodaan lähtötietojen tarkastuslomake	AA	ST		Hallitus
13	Kiinnitetään huomiota henkilöstön hyvinvointiin	ST	ST	AA	Hallitus
14	Perehdytetään uudet henkilöt entistä kattavammin	ST	ST	AA	Hallitus
15	Tarkastetaan työvälineiden ja ohjelmistojen tilanne	RV	AA	AA	Hallitus
16	Havainnollistavat "koulutusmateriaalit"	RV	AA	AA	Hallitus
17	Henkilökohtaiset tiedostosjainnit kielletään	Myöh.			
18	Dokumentoidaan yhteydenotot	Myöh.			
19	Ei aloiteta projektia ennen kuin kaikki lähtötiedot on selvitetty	Myöh.			
20	Tarkennetaan tarjousten ehtoja siten, että jälkikäteen tehtävät muutokset ovat maksullisia	Myöh.			

Etenemistä seurataan viikkotasolla (viikkopalaverit perjantaisin siihen asti, kun hanke valmis)

## Taulukko 17. Esimerkkitaulukko, toimenpidelistaus nelikenttäanalyysin pohjalta

Toimenpidelistan avulla kehityshankkeen eteneminen saadaan implementoitua osaksi organisaation päivittäistä toimintaa. Etenemistä tulisi seurata säännöllisin väliajoin ja tiedottaa sidosryhmiä tarvittavilta osin.

### 5.5.4 Tarkastelu toimenpiteiden vaikutuksesta prosessiin ja minikokeet

Toimenpiteiden vaikuttavuustarkasteluita on perusteltua tehdä säännöllisesti kehityshankkeen edetessä. Tarkastelujen avulla saadaan viitetuloksia siitä, onko kehityshankkeen toimenpiteillä saatu aikaiseksi toivottuja vaikutuksia prosessiin.

Tässä yhteydessä voidaan toteuttaa myös minikokeita, jossa koestetaan uudet toimintamallit. Minikokeiden avulla saadaan viitteitä siitä, onko kehityshanke etenemässä haluttuun suuntaan vai tuleeko tehdä ohjaavia säätötoimenpiteitä.

## 6 Tulokset

Tutkimustyön tavoitteena oli luoda Lean Six Sigma käsikirjan tyyppinen kattava ohjeistus kohdeyrityksen valmistamien tilausohjautuvien kappaleenkäsittelylaitteiden tilaus-toimitusprosessin tehostamiseksi ja vakioimiseksi kvantitatiivista Six Sigma ongelmanratkaisumenetelmää apuna käyttäen. Rinnakkaistavoitteena oli herättää keskustelua siitä, mitä organisaatio voisi oppia nykyisestä tavastaan toimia ja miten organisaatio voisi kehittää systemaattisesti ja kokonaisvaltaisesti toimintaansa.

Opinnäytetyö alkoi ammatilliseen- sekä tieteelliseen tietoperustaan pohjautuvalla teoriaosuudella, jossa kuvattiin tilaus-toimitusprosessia sekä Lean Six Sigman olennaisia käsitteitä ja periaatteita. Tässä osa-alueessa esitettiin myös keinoja ja lähtökohtia organisaation toimintaan merkittävimmin vaikuttavien eli ns. avainprosessien määrittelemiseksi, kehityshankkeiden rajaamiseksi sekä organisaation prosessikehitystoimien kohdentamiseksi kaikista optimaalisimpiin prosessiosa-alueisiin. Teoriaosuuden jälkeen kuvattiin vaiheittain DMAIC-parannussykli, jonka yhteydessä esiteltiin havainnollisesti ja kattavasti käytettävissä olevia Lean Six Sigma työkaluja ja menetelmiä prosessien tehostamiseksi.

Tämän opinnäytetyön avulla organisaatiolla on jatkossa kyvykkyys hyödyntää tilastollisia ongelmanratkaisumenetelmiä operatiivisessa toiminnassaan, selvittää prosessiensa nykytila ja prosessien mahdollisesti sisältämät virheet, määrittää perustellut täsmätoimenpiteet prosessien tehostamiseksi ja prosessivirheiden poistamiseksi sekä havainnoida prosessin kehittämisestä syntyviä vasteita. Näiden saavutettujen kykyjen myötä kohdeyritys voi luoda oman kevennetyn prosessikehittämisen toimintapolun omien tarpeidensa ja käytettävissä olevien resurssiensa mukaisesti. Näihin edellä mainittuihin seikkoihin verraten pidän opinnäytetyötä tuloksellisesti onnistuneena sekä näen sen palvelevan hyvin kohdeyrityksen mahdollisia tarpeita tulevaisuudessa.

## 7 Pohdinta

Kovasti kilpaillussa markkinassa menestyvät ne yritykset, jotka pystyvät kehittämään toimintaansa ja tuottamaan entistä enemmän lisäarvoa asiakkaalle - kustannustason nousua välttäen. Kilpailukyvyn varmistaminen vastaisuudessakin edellyttää monesti sitä, että organisaation prosessien systemaattinen kehittäminen implementoidaan osaksi yrityksen toimintastrategiaa.

Opinnäytetyössä esitelty Lean Six Sigma on tehokas kokoelma työkaluja ja menetelmiä tilaus-toimitusprosessin optimointiin. Sen avulla organisaatiot voivat parantaa toiminnan tehokkuutta, vähentää hukkaa ja varmistaa laadukkaiden tuotteiden tai palveluiden toimituksen asiakkaille. Prosessien kartoittaminen ja arvoa tuottavien vaiheiden erottaminen hukasta auttaa organisaatiota keskittymään olennaisuuksiin. Kehitystyökalujen implementoinnilla yrityksen operatiiviseen toimintaan voidaan merkittävästi parantaa kohdeyrityksen tuottavuutta, kilpailukykyä, asiakastyytyväisyyttä ja reagointikykyä toimintaympäristössä mahdollisesti tapahtuviin muutoksiin.

On kuitenkin huomioitava, että kvantitatiivisten menetelmien käyttäminen toiminnan tehostamiseksi voi sitoa merkittävänkin määrän resursseja. Kohdeyrityksen tulisi objektiivisesti arvioida, omaako organisaatio riittävät resurssit Lean Six Sigma -toiminnan ylläpitämiseksi. Jatkuvan parantamisen periaate, joka on olennainen osa Lean Six Sigmaa, voi aiheuttaa haasteita, jos organisaatio ei ole sitoutunut jatkuvaan kehittämiseen tai jos parannuksia ei seurata ja ylläpidetä asianmukaisesti. Prosessikehitys ja sitä kautta saavutettava toiminnan tehostuminen vaatii siis organisaation kollektiivisen tahtotilan kehitystoiminnan ylläpitämiseksi.

Toisaalta Lean Six Sigman käytön haasteena voi olla myös monimutkaisuus, erityisesti kompleksisemmissä organisaatioissa, joissa on useita vuorovaikutteisia vaiheita tilauksen tekemisestä tuotteen toimittamiseen. Prosessien muuttaminen voi vaatia mittavia sekä laaja-alaisesti vaikuttavia toimenpiteitä ja aiheuttaa siten ylimääräistä kuormitusta.

Nykyisessä hieman epävarmassa markkinatilanteessa riittävien resurssien löytäminen välillisesti ja viiveellä vaikuttaviin liiketoiminnan kehittämishankkeisiin voi olla haastavaa. Riskejä voidaan toki hallita esimerkiksi lohkomalla kehityshankkeita pienempiin kokonaisuuksiin ajallisesti sekä kustannuksellisesti, jolloin jo hyvin kohtuullisilla panostuksilla voidaan saavuttaa huomattaviakin parannuksia lyhyessä ajassa. Tämä toki edellyttää prosessikehitystoimien oikeaa kohdentamista ja ymmärrystä siitä, mitä prosesseja kehittämällä saadaan paras kustannushyöty vaste käytettävien resurssien puitteissa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että Lean Six Sigma tarjoaa tehokkaan työkalun tilaus-toimitusprosessin optimointiin, mutta sen käyttöön liittyy myös haasteita. On tärkeää, että organisaatiot huomioivat nämä haasteet ja toteuttavat järjestelmällisen sekä omiin tarpeisiinsa pohjaavan lähestymistavan Lean Six Sigman käyttöön. Edelläkävijällä on kuitenkin aina etulyöntiasema kilpailijoihinsa nähden. Kehitystoiminta onkin ennen kaikkea sijoitus tulevaisuuteen ja siten yksi kriittisimmistä organisaation menestystekijöistä pitkällä tähtäimellä.

Henkilökohtaisella tasolla tämä opinnäytetyö on auttanut minua syventämään jo aiemmin omaksuttua teoretietoa Lean Six Sigmasta yhdistämällä sen käytäntöön. On myös ollut erittäin mielenkiintoista luoda uusia kyvykkyksiä kohdeyritykselle ja koenkin työn olevan implementoitavissa käytännön tasolla yrityksen päivittäiseen toimintaan organisaation tahtotilan niin salliessa.

Opinnäytetyön haasteeksi muodostui eritoten erittäin kirjava ja laaja tietoperusta sekä käytettävissä olevien lähteiden runsas määrä. Koin jossain määrin haasteeksi valita tarkoituksenmukaiset lähteet teoriaosuuden pohjaksi. Toisaalta laaja tietopohja on mahdollistanut aihepiirin käsittelyn erittäin leveällä spektrillä ja siten opinnäytetyöhön on saatu kattava lähestymiskulma tieteellisen arvioinnin kannalta. Eräänä haasteena koin myös lähtötietojen saatavuusongelmat, jotka olivat seurausta kohdeyrityksen tilastoidun data-aineiston puutteista. Koen kuitenkin, että opinnäytetyöhön saatiin silti riittävä tilastollinen tietoperusta tavoiternaameihin verrattuna.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyöni kvantitatiivisten menetelmien käytöstä tilaus-toimitusprosessin kehittämiseksi on ollut henkilökohtainen matka itseni haastamiseen, uusien taitojen omaksumiseen ja jo opittujen tietojen syventämiseen. Opinnäytetyön laatimisen aikana olen kokenut merkittävää henkilökohtaista kehitystä, ja prosessi on syventänyt ymmärrystäni tieteellisestä kirjoittamisesta ja argumentoinnista. Perehtyminen aiheeseen, ohjaajan antama konstruktivinen palaute ja itsenäinen opiskelu ovat vahvistaneet tutkimuksellista osaamistani. Olen kasvanut tutkijana sekä kirjoittajana ja tämä kokemus valmistele minua tuleviin haasteisiin niin akateemisessa maailmassa kuin työelämässäkin.

## Lähteet

- Blacksmith Consulting. 2020. Etenemissuunnitelmana Lean Six Sigma jatkuvan parantamisen strategioihin. Blacksmith Consulting Oy. [https://blacksmithconsulting.fi/application/files/8415/8711/9447/BSC\\_six\\_sigma\\_2020.pdf](https://blacksmithconsulting.fi/application/files/8415/8711/9447/BSC_six_sigma_2020.pdf). 8.8.2023.
- Blanchard, D. 2010. Supply chain management best practices. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Bridges, J. 2022. What Is SIPOC? How to Use a SIPOC Diagram. Projectmanager.com, Inc. <https://www.projectmanager.com/training/what-is-sipoc>. 6.8.2022.
- Chai, W. 2023. What is value chain? TechTarget. <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/value-chain>. 3.1.2023.
- Christensen, C. 2014. The Certified Quality Process Analyst Handbook. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Hessing, T. 2023a. Critical to X (CTX). SixSigma study guide. <https://sixsigmastudyguide.com/critical-to-x/>. 22.11.2023.
- Hessing, T. 2023b. Improve Phase (DMAIC). SixSigma study guide. <https://sixsigmastudyguide.com/improve-phase-dm>. 15.8.2023.
- International Six Sigma Institute. 2023a. Six Sigma revealed. Wollerau: International Six Sigma Institute.
- International Six Sigma Institute. 2023b. Six Sigma DMAIC Process - Improve Phase - Failure Mode Effect Analysis (FMEA). International Six Sigma Institute. [https://www.sixsigma-institute.org/Six\\_Sigma\\_DMAIC\\_Process\\_Improve\\_Phase\\_Failure\\_Mode\\_Effect\\_Analysis\\_FMEA.php](https://www.sixsigma-institute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Improve_Phase_Failure_Mode_Effect_Analysis_FMEA.php). 15.8.2023
- Kanbanize. 2023. 5 Whys: The Ultimate Root Cause Analysis Tool. Businessmap. <https://kanbanize.com/Lean-management/improvement/5-whys-analysis-tool>. 15.8.2023.
- Kankaanranta, J. 2015. Kuinka FMEA:ta sovelletaan palveluissa? Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/fmea-palveluissa/>. 15.8.2023.
- Karjalainen, E. & Karjalainen, T. 2020. Lean Six Sigma 2.0 ja Laatu teknologia. Lahti: Quality knowhow Karjalainen Oy.
- Karjalainen, E. 2007. Lean ja Six Sigma. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://sixsigma.fi/Lean-ja-six-sigma/>. 25.3.2023.
- Karjalainen, E. 2014. Lean Six Sigma ja simulointi. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://sixsigma.fi/Lean-six-sigma-ja-simulointi/>. 17.1.2024.
- Karjalainen, T. 2007. Yhdistä ideointityökaluilla luovan ajattelun eri ulottuvuudet. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/luova-ajattelu/>. 15.8.2023.
- Landau, P. 2022. What is lead time? How to calculate lead time in different industries? Projectmanager.com, Inc. <https://www.projectmanager.com/blog/lead-time-how-to-calculate>. 6.8.2022.
- Lean Enterprise Institute. 2022a. What is Lean? Lean Enterprise Institute. <https://www.Lean.org/explore-Lean/what-is-Lean/>. 16.8.2022.
- Lean Enterprise Institute. 2022b. A Brief History of Lean. Lean Enterprise Institute. <https://www.Lean.org/explore-Lean/a-brief-history-of-Lean/>. 16.8.2022.

- Liuksiala, K. 2021. Pullonkaulat ja parantaminen. SixSigma. <https://sixsigma.fi/pullonkaulat-ja-parantaminen/>. 6.3.2023.
- Logistiikan maailma. 2022. Tieto-, raha- ja materiaalivirrat. Reijo Rautauoman säätiö. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimintusketju/tieto-raha-ja-materiaalivirrat/>. 12.8.2022.
- Master of Project Academy. 2023. Six Sigma: Sigma levels. Master of Project Academy. <https://blog.masterofproject.com/sigma-level/>. 8.8.2023.
- MCS.2020. Lean ajattelu edistää tuottavuutta. MCS Oy. <https://mcs.fi/Lean-ajat-telu-edistaa-tuottavuutta/>. 6.7.2023
- MFlow. 2022. Kahdeksan hukkaa. MFlow Improvement Oy. <https://mflow.fi/kahdeksan-hukkaa/>. 16.9.2022.
- Minitab. 2021. New Version of Minitab Statistical Software Enables You to Take Your Analytics to The Next Level. Minitab, LLC. <https://www.minitab.com/en-us/company/press-releases/new-version-of-minitab-statistical-software-enables-you-to-take-your-analytics-to-the-next-level/>. 17.1.2024.
- Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean, ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Tukholma: Rheologica Publishing.
- Piirainen, A. 2011. Lean ja suorituskyvyn mittaaminen tasapainotetulla tulokortilla (Balanced Scorecard). SixSigma. <https://sixsigma.fi/Lean-ja-suorituskyvyn-mittaaminen/>. 8.7.2023.
- Piirainen, A. 2014. Tilastollinen prosessinohjaus vaihtelun tunnistamisessa. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/tilastollinen-prosessin-ohjaus-vaihtelun-tunnistamisessa/>. 19.8.2023.
- Piirainen, A. 2020. Virtaustehokkuus ja resurssitehokkuus – tuottavuuden paradoksi. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/virtaus-ja-resurssitehokkuus/>. 2.10.2022.
- Pyzdek, T. 2003. The Six Sigma Handbook. New York: McGraw-Hill Companies. Quality Knowhow Karjalainen. 2014. Prosessin ja työkoneneen säätäminen ja asettaminen – osa 3. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/prosessi-osa3/>. 17.1.2024
- Quality Knowhow Karjalainen. 2021. Lean Six Sigma Green belt kurssimateriaali. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Quality Knowhow Karjalainen. 2024. Minitab-ohjelmisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://qkk.fi/minitab-tuoteperhe/minitab-ohjelmisto/>. 17.1.2024
- Sakki, J. 2014. Tilaus-toimitusketjun hallinta: digitalisoitumisen haasteet. Vantaa: Jouni Sakki Oy.
- Six Sigma Daily. 2012a. The affinity diagram tool. Six Sigma Daily. <https://www.sixsigmadaily.com/the-affinity-diagram-tool/>. 15.8.2023.
- Six Sigma Daily. 2012b. Tree diagram definition. Six Sigma Daily. <https://www.sixsigmadaily.com/tree-diagram-definition/>. 15.8.2023.
- Six Sigma Daily. 2012c. Process Definition Program Charts. Six Sigma Daily. <https://www.sixsigmadaily.com/process-decision-program-charts-pdpc/>. 15.8.2023
- Six Sigma Daily. 2013. DPMO to Sigma level Relationship. Six Sigma Daily. <https://www.sixsigmadaily.com/dpmo-to-sigma-level-relationship/>. 17.1.2024.
- SixSigma. 2022. Mikä on DMAIC-prosessi? Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://sixsigma.fi/dmaic-3/>. 1.10.2022.

- SixSigma. 2023a. Littlen laki. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://sixsigma.fi/littlen-laki/>. 7.1.2023.
- SixSigma. 2023b. Kingmanin yhtälö. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <https://sixsigma.fi/kingmanin-yhtalo/>. 7.1.2023.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2014a. SFS-ISO 13053-1: Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 1: DMAIC-menetelmä. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2014b. SFS-ISO 13053-2: Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 2: Työkalut ja tekniikat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.
- Tanninen, S. 2022. Toimitusjohtaja. Pentin Paja Oy. Haastattelu 11.8.2022.
- Tuominen, K & Malmberg, L. 2011. Tehoa ja laatua prosessien ja virtauksen kehittämiseen: mikä erottaa menestyjät keskinkertaisista? Helsinki: Readme.fi.
- Zornes, T. 2023. Interrelationship Digraph (Network Diagram). SixSigma study guide. <https://sixsigmastudyguide.com/interrelationship-digraph-network-diagram/>. 15.8.2023.

## Käsitteet ja lyhenteet

Affiniteettikaavio	Affiniteettikaavio on professori Jiro Kawakitan kehittämä analyyttinen työkalu, jota käytetään esimerkiksi aivoriihessä syntyneiden yhteisiä teemoja- tai korrelaatioita sisältävien ideoiden tai ratkaisuehdotusten järjestämiseksi omiksi alaryhmikseen.
Aivoriihi	Aivoriihi- eli ideapalaveri on esimerkiksi mittaus- ja parannusjaksojen aikana käytettävä menetelmä innovointiin ja ongelmien ratkaisuun.
Alatoleranssiraja LSL	Alaraja, joiden ulkopuolelle asettuva tuote on hylättävä tai tarkasteltava ennen hyväksymistä.
Analyze- eli analysoi jakso	Analyze -jaksossa käsitellään, tilastollisia menetelmiä apuna käyttäen, prosessin suorituskyvyn lähtötason ja halutun tavoitteen välistä eroavaisuutta.
Arvoketju	Arvoketju eli "value chain" on tutkija Michael Porterin luoma malli yrityksen arvonmuodostusprosesseista. Yksinkertaisesti muotoiltuna jokainen arvoketjun vaihe, eli arvoketjun prosessi, kasvattaa osaltaan tuotteen arvoa mentäessä kohti valmista tuotetta.
Asettamiskirja	Asettamiskirjassa tulee ensisijaisesti määrittellä itse ongelma kuvauksineen ja laajuuksineen sekä sen arvioidut taloudelliset vaikutukset. Muita olennaisia määrittelyjä ovat kehitysprojektin laajuus tavoitteineen, riskit, resurssit, vastuuhenkilöt rooleineen sekä projektiin kohdennettu rajoitus.
Avainprosessi	Yrityksen menestymiseen vaikuttavia, erityään tärkeitä prosesseja, kutsutaan avainprosesseiksi.
Control- eli ohjaa jakso	Control -jakson aikana vahvistetaan parannusprosessin tulokset auditoimalla, luodaan tarvittavat dokumentoinnit ja määritetään saavutettujen tulosten ylläpitoon tähtäävä ohjaussuunnitelma tulevaisuutta varten.

Cp-kuvaaja	Prosessin suorituskykyä kuvaava kuvaaja
CTC kaavio	CTC- kaaviossa esitetään asiakkaiden toiveiden ja odotusten pohjalta kerätyt kriittiset kustannuksiin liittyvät ominaisuudet, jotka tuotteen tulee täyttää.
CTD kaavio	CTD- kaaviossa esitetään asiakkaiden toiveiden ja odotusten pohjalta kerätyt kriittiset toimituksiin liittyvät ominaisuudet, jotka tuotteen toimitusprosessin tulee täyttää.
CTQ kaavio	CTQ- kaaviossa esitetään asiakkaiden toiveiden ja odotusten pohjalta kerätyt kriittiset laatuominaisuudet, jotka tuotteen tulee täyttää.
Define- eli määritä jakso	Define -jaksossa määritellään mahdollisimman tarkasti prosessin ongelma, johon pyritään saamaan parannusta. Jakson aikana luodaan myös raamit projektin laajuudelle sekä tavoitteille.
DMAIC	DMAIC -parannussykli on Six Sigma prosessin ohjaamisen ydintyökalu, jota käytetään organisaation prosessien optimointiin ja vakauttamiseen. Menetelmä pohjautuu kerättyyn prosessidataan ja se jakautuu viiteen eri osa-alueeseen: määritä, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa.
DPMO	Sigman tason määrittämiseen käytettävä mittari, joka antaa lukeman virheistä jokaista miljoona mahdollisuutta kohden.
Erytyisyympoikkeama	Prosessin normaalivaihtelusta poikkeava poikkeama. Tämän tyyppiset vaihtelut voivat johtua esimerkiksi laiterikoista tai muista tuotantoon liittyvistä erityisyyistä.
Erytyisyyvaihtelu	Erytyisyyvaihtelulla tarkoitetaan yksittäisen prosessimuuttujan merkittävää poikkeamaa ja sen vaikutusta prosessituotoksiin.
Hukka	Hukkaa ovat ylituotanto, odottelu, tarpeeton siirtely, yliprosessointi, tarpeeton tai ylimoitettu varastointi, tarpeeton liikkuminen, virheellinen tuote tai työntekijän potentiaalin hyödyntämättä jättäminen.
Improve- eli paranna jakso	Improve -jaksossa pyritään luomaan pysyviä parannuksia prosessiin ja toisaalta

	eliminoimaan esteet valittujen kehitysratkaisujen tieltä.
Input	Resurssit, raaka-aineet, tiedostot tai muut vaaditut hyödykkeet tai toiminnot, joita esimerkiksi liiketoiminta- tai tuotantoprosessi vaatii.
Johtamisprosessi	Organisaation ydinprosesseja palveleva tukiprosessi.
Kalanruotokaavio eli Ishikawa diagrammi	Teoreetikko ja professori Kaoru Ishikawan kehittämä laatujohtamisen ja prosessikehityksen työkalu, jolla pyritään selvittämään syyvaikutussuhteita sekä ongelmien juursyitä.
Kingmanin yhtälö	Prosessivaihtelun, läpimenoajan ja resurssitehokkuuden välistä vuorovaikutusta kuvaava yhtälö, jossa tarkastellaan WIP:n kertymistä Poissonin jakauman mukaisesti vaihtelevaan kysyntään ja läpimenoon verraten. Yhtälö pohjautuu Markovin ketjuun.
Kvantitatiivinen	Tilastoituun tietoon pohjautuvuus.
Lean	Leanin ydinajatuksena on maksimoida asiakasarvo samalla, kun minimoidaan hukkaa.
Lean Six Sigma	Laatujohtamisen työkalu, jolla pyritään organisaation prosessien systemaattiseen ja tuloshakuiseen kehittämiseen.
Littlen jonoteoria laki	Prosessin toimintaa säätelevä laki. Littlen lakia käytetään valmistus- tai palveluprosessien läpimenoajan määrittämiseen (TH), jonka kaavassa esiintyvät seuraavat muuttujat: prosessin valmistamiseen tarvittavat raaka-aineet ja keskeneräiset komponentit sekä valmiit lopputuotteet (WIP) ja prosessista valmistuneiden asioiden kappalemäärää per aikayksikkö ( $\text{vuo}=\Phi$ )
Läpimenoaika	Aika, joka kuluu tuotteen tai palvelun tekemiseen, jotta se on asiakkaan käytettävissä.
Maksimisuorituskykyindeksi Cp	Tarkastelee prosessituottoa tilanteessa, jossa prosessin keskiarvo keskitetään eritelyrajojen väliin sillä oletuksella, että prosessin tuotosten jakautuminen olisi normaalijakauman mukaista.

Markovin ketju	Stokastinen prosessi, jossa uusi tila riippuu vain edellisestä tilasta.
Materiaalivirta	Tulo- ja lähtölogistiikan sekä operaatioiden muodostama virta.
Measure- eli mittaa jakso	Measure -jaksossa laaditaan tiedonkeruusuunnitelma, jonka pohjalta aloitetaan prosessitiedon kerääminen ja arvioiminen. Jakson aikana määritellään prosessin kehityshankkeen päämittarit ja selvitetään prosessin suorituskyvyn lähtötaso.
Minitab	Tilastollisen analysoinnin aputyökalu.
Nelikenttäanalyysi	Nelikenttäanalyysillä voidaan seuloa ja kategorisoida kehitysideoinnissa kirjattuja ideoita esimerkiksi arvioimalla niiden vaikuttavuutta prosessiin ja tarkastelemalla yleistä toteutuskelpoisuutta resursseihin nähden.
Ohjausraja	Rajat, joiden välissä prosessivaihtelu pyritään pitämään.
Output	Prosessista saatava valmis hyödyke, jota pyritään hyödyntämään jatkossa.
Prosessi	Joukko toisiinsa sidottuja toimintoja ja niihin liittyviä resursseja, joiden avulla prosessisyötteen voidaan muuttaa tuotteiksi.
Prosessiaika ( $t_0$ )	Kingmanin yhtälön osakomponentti, joka kuvaa prosessiaikaa.
Prosessien toimintalait	Prosessin toimintaa säätelevät lait tehdasfysiikassa.
Prosessikaavio	Prosessin kuvaamiseen käytettävä kaavio.
Prosessin maksimisuorituskyky $C_p$	Tarkastelee prosessituottoa tilanteessa, jossa prosessin keskiarvo keskitetään erittelyrajojen väliin sillä oletuksella, että prosessin tuotosten jakautuminen olisi normaalijakauman mukaista.
Prosessin sisäinen vaihtelu ( $C_e$ )	Kingmanin yhtälön osakomponentti, joka kuvaa sisäistä vaihtelua.
Prosessin suorituskyky $C_{pk}$	Tarkastelee prosessin kykyä, kun prosessia siirretään 1,5 sigmalla. $C_{pk}$ hyödyntää keskihajontaa ja antaa arvion prosessin kyvykkyyden nykytilasta.

Prosessivirtaus	Prosessin virtauksella tarkoitetaan materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- tai tuotevarastoja prosessin läpi. Virtaus käynnistyy asiakkaan tilausimpulssista, jonka perusteella itse valmistus aloitetaan. Virtaus päättyy, kun tuote tai hyödyke toimitetaan asiakkaalle.
Pullonkaula (prosessika-peikko)	Prosessin osa-alue, joka rajoittavat prosessin tehokkuutta ja läpimenoa.
Puukaavio	Analyttinen ongelmanratkaisutyökalu, jossa ongelmat jaetaan yksityiskohtaisesti asteittain suurimmasta pienimpään.
Päämittari	Prosessin tehokkuuden seuraamiseen ja prosessin tehokkuuden lisäämisen yhteydessä käytettävä mittari. Mittaamisen hyödyn ja tehokkuuden kannalta on välttämätöntä, että mittarit valitaan oikein - tulosta tekeviin tekijöihin - jotka kasvattavat kassavirtaa.
Resurssien käytön tehokkuus (u)	Kingmanin yhtälön osakomponentti, joka kuvaa resurssien käytön tehokkuutta.
Resurssitehokkuus	Resurssitehokkuudella pyritään kehittämään organisaation resurssien hyödyntämistä eli tuotos - panos suhdetta.
Satunnaisvaihtelu	Seuraus useiden prosessimuuttujien satunnaisesta vaihtelusta ja niiden riippuvuus-suhteiden vaikutuksesta prosessituotoksiin.
Sigma-taso	Määrittää tuotannossa syntyneiden virheiden määrän jokaista miljoonaa mahdollisuutta kohden ja mittarina käytetään DPMO-mittarointia.
SIPOC	SIPOC- (lyhenne sanoista "Supplier", "Input", "Process", "Output" ja "Customer") yleiskaaviossa kuvataan päätason prosessin toimintaa ja sen avulla saadaan havainnollinen käsitys kehitysprojektin laajuudesta sekä sen sisältämistä rajoitteista.
SPC (Statistical Process Control)	Tilastollisen prosessinohjauksen perusta. SPC:llä voidaan tunnistaa prosessin satunnais- ja erityisyysvaihtelut, jotka mahdollistavat tiedon hyödyntämisen operatiivisessa toiminnassa ja tehdä toimenpiteitä prosessin ennustettavuuden kehittämiseksi. SPC:n työkaluina toimivat ohjauskortit.

SPC-ohjauskortti	SPC-ohjauskortti on esimerkiksi Minitab ohjelmistolla luotu graafinen käyrä, jossa kuvataan prosessin havaintojen keskinäistä poikkeamaa sekä suhdetta ylempiin- ja alempiin ohjausrajoihin. Pohja-aineistona käytetään mittausvaiheessa mitattua prosessidataa.
Stabiili prosessi	Prosessi nähdään stabiilina, mikäli vaihtelu on satunnaista ja ennustettavaa.
Stokastisuus	Stokastisilla prosesseilla tarkoitetaan ajassa sattumanvaraisesti eteneviä todellisuuden prosesseja kuvaavia matemaattisia prosesseja.
Tehdasfysiikka	Tehdasfysiikalla pyritään luomaan ennustettava toiminta eri operaatioiden välillä siten, että toimintaa pystytään ohjaamaan ja tarvittaessa optimoimaan haluttuun suuntaan.
Tiedonkeruusuunnitelma	Tiedonkeruusuunnitelman keskeisiä sisältöjä ovat tiedonkeruumenetelmien-, kerättävän tiedon-, otoskoon- ja mitatun tiedon toiminnallisten määreiden määrittäminen. Tiedonkeruusuunnitelma on aina tietyllä tavalla prosessikohtainen ja se tulee määrittellä prosessin sisältämien erityispiirteiden ja tarpeiden pohjalta.
Tietovirta	Materiaalivirtaan liittyvä virta. Materiaalin toimittaminen vaatii aina tietoa esimerkiksi pakkausten halutusta sisällöstä, lähettäjästä ja määränpäästä.
Tilaus-toimitusprosessi	Sarja erityyppisiä toimenpiteitä ja tapahtumia, alkaen esimerkiksi tilauksesta tuotteen suunnitteluun, valmistukseen ja lopulta päättyen tuotteen toimitukseen asiakkaan käytettäväksi.
Toimenpidelista	Esimerkiksi nelikenttäanalyysin jälkeen toteutettava toimenpidelista, jossa määritellään vastuuhenkilöt- sekä alustavat aikataulut analyysin perusteella valittujen kehityskohteiden osalta. Toimenpidelistan avulla kehityshankkeen eteneminen saadaan implementoitua osaksi organisaation päivittäistä toimintaa.
Tukiprosessit	Organisaation prosessiverkoston alaryhmä.

Ulkoinen vaihtelu ( $c_{a,}$ )	Kingmanin yhtälön osakomponentti, joka kuvaa ulkoista vaihtelua.
Vaihtelu	Prosessiin liittyvä, ulkoisista tai sisäisistä tekijöistä johtuva, eriäväisyys eri toimintojen tai tuotteiden välillä. Vaihtelu on ei-toivottu ominaisuus prosessissa.
Validointi	Validointi eli vahvistaminen on prosessi, jossa varmistutaan siitä, että prosessin kohde täyttää sille asetetut kriteerit.
Vika- ja vaikutusanalyysi eli FMEA	Tuotteen tai palvelun toimintavarmuuden analysointiin käytetty menetelmä, jonka avulla voidaan tutkia tuotteen ja sen sisältämien komponenttien tai eri elementtien vikaantumismahdollisuuksia, vikaantumisen seurauksia ja toimintavarmuuden parantamisen mahdollisuuksia. Analyysi tehdään ennen tuotteen tai palvelun saattamista tuotantoon tai markkinoille.
Virtaustehokkuus	Virtausyksikköjen eteneminen prosessissa eli jalostavan ajan osuus kokonaisajasta. Prosessin virtaustehokkuus on sitä parempi, mitä enemmän virtausyksikkö jalostuu käytettävissä olevan ajan funktiona.
Vuo	Prosessista valmistuneiden yksiköiden kappalemäärää per aikayksikkö.
Vuorovaikutussuhdekaavio	Vuorovaikutussuhdekaavion tarkoitus on auttaa havaitsemaan relaatioita ja vaikuttimia useiden eri käsitteiden välillä, vaikka ne olisivat keskenään perusluonteeltaan hyvin erilaisia. Vuorovaikutussuhdekaaviota kuvaa sen kyky visualisoida monimutkaisten prosessien keskinäisiä vaikutussuhteita ja siten selkeyttää ja edesauttaa aiheen käsittelemistä. Työkalua käytetäänkin yleensä kompleksisten ongelmien ratkaisemiseen ja niiden juurisyiden selvittämiseen.
Ydinprosessit	Ydinprosesseja ovat prosessit, joilla synnytetään asiakastytyväisyys ja jotka alkavat tilausimpulssista ja päättyvät hyödykkeen toimittamiseen asiakkaalle. Näitä prosesseja ovat esimerkiksi markkinointi, tuotekehitys valmistus, jakelu ja asiakaspalvelu.

Ylätoleranssiraja USL	Yläraja, jonka ulkopuolelle asettuva tuote on hylättävä tai tarkasteltava ennen hyväksymistä.
WIP	Little lakiin liittyvä laskentakaavan osa, joka pitää sisällään toimitusketjun raaka-aineet, prosessin sisäiset varastot ja lopputuotteet.
5 x miksi	Sakichi Toyodan 1930-luvulla kehittämä yksinkertainen ongelmien juurisyiden selvittämiseen tarkoitettu analyysitekniikka ja -työkalu. Tekniikka perustuu peräkkäin esitettyihin ”miksi” kysymyksiin, joiden lopputulemana ongelman juurisyy paljastuu. Kysymyksiä voi ketjuttaa mielivaltaisesti siihen asti, kunnes haluttu lopputulos saavutetaan.