

Jan Nummela

**TUOTANTOTEHOKKUUDEN KEHITTÄ-  
MISEN KRITEERIT TIETOJÄRJESTEL-  
MILLE VALMISTAVASSA TEOLLISUU-  
DESSA**

Kandidaatintyö  
Johtamisen ja talouden tiedekunta  
Tarkastaja: Krista Sorri  
Toukokuu 2021

# TIIVISTELMÄ

Jan Nummela: Tuotantotehokkuuden kehittämisen kriteerit tietojärjestelmille valmistavassa teollisuudessa  
Production efficiency development criteria for information systems in the manufacturing industry  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Tietojohdaminen  
Toukokuu 2021

---

Lean-ajattelu tarkoittaa filosofiaa, jonka avulla organisaatiot pyrkivät kehittämään toimintaansa eteenpäin ja vähentämään organisaatiossa olevia hukkia. Organisaation ja lean-ajattelun tukena käytetään erilaisia tietojärjestelmiä organisaation päämäärän tavoittelussa ja tuottavuuden kasvattamisessa. Jotta tietojärjestelmät pystyvät tukemaan organisaatiota, niiden pitää täyttää erilaisia kriteerejä toimiakseen optimaalisesti.

Tutkimuksen aiheena on tuotantotehokkuuden kehittämisen kriteerit tietojärjestelmille valmistavassa teollisuudessa. Tutkimuksessa tuotantotehokkuutta käsitellään lean-ajattelun näkökulmista. Näkökulmien tarkastelun kautta tutkimuksessa selvitetään erilaiset kriteerit valmistavan teollisuuden tietojärjestelmille. Kerättyjen kriteerien kautta optimaalisen järjestelmän ominaisuuksia voidaan hahmotella.

Tutkimuksen tuloksena erilaiset lean-näkökulmien kriteerit pystyttiin jakamaan oleellisuuden, huomioitavien osa-alueiden ja sovellettavan tietojärjestelmän mukaan erilaisiin tarkastelualueisiin. Näkökulmien kriittisiksi luokitellut kriteerit ja monissa eri näkökulmissa toistuvat kriteerit muodostuivat keskeisimmiksi optimaalisen tietojärjestelmän kannalta. Keskeisimpien kriteerien huomioitavat osa-alueet jakautuivat joko koko organisaatiota koskettavaksi asiaksi tai keskittyivät erityisesti järjestelmän fyysisien toimien ja järjestelmän ohjelmistototeutuksen ympärille. Koska käsiteltävät tietojärjestelmät tukevat toistensa toimintaa, pääosa kriteereistä voidaan yhdistää kaikkiin tietojärjestelmiin, joka korostaa optimaalisessa tietojärjestelmässä monimuotoista toimintaa.

Avainsanat: lean-ajattelu, tuotantotehokkuus, toiminnan kehittäminen, tietojärjestelmät, valmistava teollisuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ALKUSANAT

Tutkimus on tehty Tampereen yliopiston tietojohdamisen koulutusohjelmaan keväällä 2021. Tutkimuksen aiheena on tuotantotehokkuuden kehittäminen valmistavassa teollisuudessa tietojärjestelmien avulla. Aihe on valittu henkilökohtaisen mielenkiinnon ja aiheen ajankohtaisuuden takia.

Haluan kiittää kaikkia kandidityön tekemiseen vaikuttaneita henkilöitä. Erityisesti haluan kiittää kandidityöni ohjaajaa ja tarkastajaa, Krista Sorria, joka antoi hyviä vinkkejä ja neuvoja kandidityön kirjoituksen aikana. Haluan myös kiittää kandidiryhmääni rakentavasta palautteesta ja vertaistuesta kirjoitusprosessin aikana.

Tampereella 19.4.2021

Jan Nummela

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO .....	3
3. TUOTANTOTEHOKKUUS VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA .....	7
3.1 Tuotantotehokkuus lean-ajattelun näkökulmasta.....	7
3.2 Hukat valmistavassa teollisuudessa .....	8
3.3 Lean-ajattelu valmistavassa teollisuudessa.....	11
4. TUOTANTOTEHOKKUUDEN KEHITTÄMINEN LEAN-AJATTELULLA .....	14
4.1 Kaizen.....	14
4.2 Six Sigma.....	16
4.3 Design for Changeover (DFC).....	19
4.4 Single Minute Exchange of Die (SMED).....	21
5. TIETOJÄRJESTELMÄT .....	23
5.1 Tietojärjestelmät valmistavassa teollisuudessa .....	23
5.2 Lean-näkökulmia tukevat tietojärjestelmät.....	26
5.2.1 Transaktioiden käsittelyjärjestelmät (TPS) .....	27
5.2.2 Johtamisen tietojärjestelmät (MIS) .....	28
5.2.3 Päätöksenteon tukijärjestelmät (DSS).....	29
5.2.4 Johtotason tietojärjestelmät (ESS) .....	29
5.3 Lean-näkökulmien kriteerit tietojärjestelmille .....	30
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	33
LÄHTEET .....	37
LIITE A: KAIZEN KRITEERITÄULUKKO .....	41
LIITE B: SIX SIGMA KRITEERITÄULUKKO .....	43
LIITE C: DFC KRITEERITÄULUKKO .....	47
LIITE D: SMED KRITEERITÄULUKKO .....	49

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

DFC	engl. Design for Changeover, metodologia suunnittelulla kehittämiseksi
DSS	engl. Decision Support Systems, päätöksenteon tukijärjestelmät
ESS	engl. Executive Support Systems, johtotason tietojärjestelmät
JIT	engl. Just-in-Time, menetelmä tarpeiden täyttämiseen oikeaan aikaan
MIS	engl. Management Information Systems, johtamisen tietojärjestelmät
SMED	engl. Single Minute Exchange of Die, menetelmä asetusajojen minimoimiseksi
TPS	engl. Transaction Processing Systems, transaktioiden käsittelyjärjestelmät

# 1. JOHDANTO

Tutkimuksen tavoitteena on esittää kriteerit, jotka käytettävällä tietojärjestelmällä tulee olla, jotta tuotantotehokkuuden tukeminen olisi mahdollista ja optimaalista. Tutkimuksessa esitettävä teoriaosuus keskittyy tuotantotehokkuuden näkökulmien ja tietojärjestelmien ympärille. Tuotantotehokkuutta käsitellään tutkimuksessa lean-ajattelun näkökulmista ja tietojärjestelmien käsittelyssä keskitytään hierarkkisen nelitasoisen tietojärjestelmämallin käsittelyyn.

Tutkimuksessa käsiteltäviä aihealueita kuten tuotantotehokkuuden käsittelyä lean-ajattelun kautta ja teollisuuden tietojärjestelmiä on käsitelty yksittäisinä kokonaisuuksinaan aiemmin laajasti (Öno, Bodek, 1988, Laudon, Laudon, 2014). Aikaisemmista tutkimuksista poiketen tietojärjestelmien ja lean-ajattelun näkökulmien kriteerien välistä yhteyttä sekä optimaalisen tietojärjestelmän muodostamista kriteerien perusteella on käsitelty vähemmän, mikä puolestaan erottaa tutkimuksen aikaisemmista tutkimuksista.

Yhteiskunnassa valmistavan teollisuuden tuotantoon liittyvät ongelmat ovat korostuneet. Esimerkiksi koronarokotteiden ja tietotekniikan tuotannossa on jääty jälkeen suunnitelluista tuotantomääristä, mitkä haittaavat organisaation lisäksi esimerkiksi asiakkaita ja kokonaisia valtioita. (Lukka, 2021, Nihtinen, 2020.) Tuotannon ongelmia voidaan pyrkiä vähentämään lean-ajattelun ja tietojärjestelmien avulla. Lean-ajattelu tarjoaa keinoja organisaation kehittämiseen ja tietojärjestelmien kautta organisaation on mahdollista saavuttaa asettamiaan päämääriä ja parantaa tuottavuuttaan (Öno, Bodek, 1988, Stair, Reynolds, 2010, s. 10–64). Tietojärjestelmän tukiessa lean-ajattelun näkökulmia, optimaalinen tilanne saadaan organisaatiossa aikaiseksi. Optimaalisen tietojärjestelmän tulee tukea lean-ajattelun kriteereitä, joita tutkimuksen liitteissä on esitetty.

Tutkimuksessa päätutkimuskysymyksenä on ”Millaisia kriteerejä tarvitaan tietojärjestelmille tuotantotehokkuuden kehittämiseksi valmistavassa teollisuudessa?”. Päätutkimuskysymys on jaettu aiheen lähestymisen helpottamiseksi seuraaviin alatutkimuskysymyksiin:

- Mitä tuotantotehokkuus on lean-ajattelun näkökulmasta valmistavassa teollisuudessa?
- Millaisia kriteerejä lean-ajattelun näkökulmat muodostavat tietojärjestelmille?
- Mitkä ovat optimaalisen tietojärjestelmän kriteereitä?

Tutkimuksessa käsiteltävää aihetta on rajattu yleisen selvyuden parantamiseksi ja aiheen näkökulman rajaamiseksi. Tuotantotehokkuuden käsittely on rajattu lean-ajattelun ympärille, koska lean-ajattelu on yksi yleisimmistä tavoista käsitellä tuotantotehokkuutta (Hicks, 2007). Tuotantotehokkuuden käsittely on myös rajattu valmistavaan teollisuuteen suuren tietomäärän takia. Lean-ajattelun sisällä käsiteltäviä näkökulmia rajataan, jotta tutkimuksen painopiste olisi yleisemmissä lean-ajattelun näkökulmissa. Näkökulmista saatujen tietojärjestelmä kriteerien perusteella esille tuotavia tietojärjestelmiä rajataan aiheen käsittelyn suoraviivaistamiseksi.

Tutkimus on jaettu kolmeen osa-alueeseen yleisen rakenteen selventämiseksi. Tutkimuksen alussa tuotantotehokkuutta käsitellään lean-ajattelun, lean-ajattelun näkökulmien ja valmistavan teollisuuden näkökulmasta. Tutkimuksen seuraavassa osa-alueessa keskitytään käsittelemään erilaisia tietojärjestelmiä, joita hyödynnetään valmistavassa teollisuudessa. Osa-alueessa tuodaan esille myös lean-näkökulmien kriteerit, joiden perusteella käsiteltävät tietojärjestelmät rajataan. Tutkimuksen tulokset ja johtopäätökset optimaalisen tietojärjestelmän kriteereistä tuodaan esille tutkimuksen viimeisessä vaiheessa.

## 2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

Kandidaatintyö toteutetaan kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsaus tarkoittaa aiheen ympärillä olevien lähteiden tarkastelua ja aiheen ympärille rakennettua kokonaisuutta (Hirsjärvi et al., 2009). Kirjallisuuskatsauksen toteuttaminen jakautuu seitsemään eri vaiheeseen, joita ovat seuraavat:

1. tutkimuskysymysten muodostaminen
2. hyödynnettävien tietokantojen valitseminen
3. hakulausekkeiden valitseminen
4. hakukriteerien valitseminen (esim. kieli tai tekstilaji)
5. metodologisten kriteerien valinta
6. kirjallisuuskatsauksen toteuttaminen
7. saatujen tulosten yhdistäminen

Kirjallisuuskatsaus voidaan toteuttaa useista erilaisista aiheista. (Fink, 2014.) Tutkimuksessa käytettävä aineisto ja aineiston käsittelyyn vaikuttavat valinnat käydään läpi esitetyn Finkin (2014) mallin mukaisessa järjestyksessä.

Kirjallisuuskatsauksen ensimmäisenä vaiheena on tutkimuskysymysten muodostaminen. Kuten jo johdannossa tuli esille, tutkimuksen päätutkimuskysymys on ”Millaisia kriteerejä tarvitaan tietojärjestelmille tuotantotehokkuuden kehittämiseksi valmistavassa teollisuudessa?”. Päätutkimuskysymys on jaettu seuraaviin alatutkimuskysymyksiin:

- Mitä tuotantotehokkuus on lean-ajattelun näkökulmasta valmistavassa teollisuudessa?
- Millaisia kriteerejä lean-ajattelun näkökulmat muodostavat tietojärjestelmille?
- Mitkä ovat optimaalisen tietojärjestelmän kriteereitä?

Päätutkimuskysymyksen ja alatutkimuskysymysten tarkoituksena on kertoa tutkimuksen sisällöstä ja selventää tutkimuksessa tavoiteltua päämäärää.

Tutkimuksessa hyödynnetään erilaisia tietokantoja tiedon ja lähteiden hakemiseen. Tutkimuksessa käytetyimmät tietokannat ovat Andor, Google Scholar ja SpringerLink. Tiedon etsimisessä hyödynnetään järjestelmien lisäksi esimerkiksi helmenkalastusmenetelmää. Englanninkielisten termien suomentamisessa hyödynnetään MOT-sanakirjaa ja lähdeviittausten tekemisessä käytetään RefWorks-ohjelmaa.



Hakulausekkeiden valinnalla tarkoitetaan tietokannoista tiedonhaussa käytettäviä hakusanoja ja -lausekkeita. Tutkimuksessa käytetyt hakusanat keskittyvät pääasiallisesti aihepiiri-kohtaisesti keskeisimpien termien ympärille. Taulukossa 1 on esitelty tutkimuksessa käytettyjä hakusanoja eri tietojärjestelmissä. Taulukossa on tuotu esille myös hakusanoista tulevien tulosten määrät.

Taulukko 1. *Hakulausekkeet ja tietokannoista saadut tulokset*

Hakulauseke	Tietokanta	Saadut tulokset
"Lean-thinking"	Andor	15 054
	Google Scholar	52 000
	SpringerLink	1 707
"Lean-thinking" AND "efficiency*"	Andor	7 215
	Google Scholar	26 300
	SpringerLink	929
"Lean-thinking" AND "efficiency*" AND "manufacturing*"	Andor	5 552
	Google Scholar	21 500
	SpringerLink	740
("Lean-thinking" AND "information systems") AND "manufacturing industry"	Andor	471
	Google Scholar	1 670
	SpringerLink	112

Yllä olevasta taulukosta 1 nähdään, että saatuja hakutuloksia on hyvin paljon. Tulosten rajaamiseksi hakulausekkeiden lisäksi määritetään hakukriteerit, jotka rajaavat hakujen määrää. Tutkimuksessa hakukriteereitä ovat esimerkiksi Andor-järjestelmässä saatavuus verkosta, tekstin vertaisarvioitavuus ja tekstin vapaa saatavuus. Hakukriteerit eroavat järjestelmissä tarjottujen rajoitusvaihtoehtojen perusteella. Google Scholar tukee ainoastaan hakujen rajaamista ajan perusteella, jonka takia järjestelmästä on keskitytty etsimään ajallisesti uusia lähteitä tutkimukseen. Järjestelmässä haut on rajattu 2017 vuoden teoksiin ja sitä uudempiin. Haetut lähteet ovat tieteellisesti kirjoitettuja eli ne täyttävät metodologiset kriteerit. Hakulausekkeiden ja hakukriteerien perusteella saadut tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa 2.

Taulukko 2. Hakulausekkeet ja tietokannoista saadut rajatut tulokset

Hakulauseke	Tietokanta	Saadut tulokset
"Lean-thinking"	Andor	1 151
	Google Scholar	15 500
	SpringerLink	216
"Lean-thinking" AND "efficiency*"	Andor	739
	Google Scholar	9 780
	SpringerLink	133
"Lean-thinking" AND "efficiency*" AND "manufacturing**"	Andor	576
	Google Scholar	8 240
	SpringerLink	99
("Lean-thinking" AND "information systems") AND "manufacturing industry"	Andor	48
	Google Scholar	748
	SpringerLink	19

Taulukosta 2 nähdään, että hakutulosten määrä on pienentynyt, joka puolestaan helpottaa oleellisen tiedon hakemista. Tutkimuksen lopussa kerätyistä tiedosta on laadittu johdopäätökset tutkimuksen aiheen ympärille.

Tutkimuksessa käytetyt lähteet ovat kirjoja, artikkeleita, konferenssijulkaisuja ja yleisiä määritelmiä. Lähteet ovat pääasiallisesti sähköisiä lähteitä, koska korona-aika on rajoittanut konkreettisten lähteiden saatavuutta. Esimerkkejä tutkimuksessa käytettävistä tärkeimmistä lähteistä on havainnollistettu alla olevassa taulukossa 3.

Taulukko 3. Esimerkkejä tutkimuksen keskeisimmistä lähteistä

Otsikko	Tekijä	Vuosi	Käyttö tutkimuksessa
Lean information management	Hicks, B. J	2007	Tarjoaa lähtökohdat lean-ajattelun käsittelylle.
Toyota production system	Äno, T, Bodek, N	1988	Määrittelee lean-ajattelun perustan.
Management information systems	Laudon, K.C, Laudon, J. P	2014	Määrittelee tietojärjestelmien perustan.

Principles of information systems	Stair, R, Reynolds, G	2010	Käsittelee erilaiset tietojärjestelmämallit.
-----------------------------------	--------------------------	------	--

Tutkimuksessa käytettävät lähteet jakautuvat julkaisuvuosien perusteella laajalle aikavälillä. Vanhimmat käytettävät lähteet ovat 1980-luvulta, kun taas uusimmat lähteet ovat vuodelta 2021.

## **3. TUOTANTOTEHOKKUUS VALMISTAVASSA TEOLLISUUDESSA**

Tutkimuksessa tuotantotehokkuutta käsitellään lean-ajattelun näkökulmasta. Lean-ajattelu on valittu käsittelyn pohjaksi, koska ajattelumalli on yksi yleisimmistä tavoista tavoitella organisaation tuotantotehokkuutta (Hicks, 2007). Yleisyyden lisäksi lean-ajattelulla on useita yhteyksiä valmistavaan teollisuuteen sekä näkökulman tarkastelu mahdollistaa useiden erilaisten työkalujen käytön organisaation tuotantotehokkuuden kehittämisessä (George et al., 2004, Ōno, Bodek, 1988, luku 1). Tuotantotehokkuuden käsitteleminen lean-ajattelun näkökulmasta rajaa käsiteltävää aihetta ja luo rajat tarkasteltavalle käsitteelle.

### **3.1 Tuotantotehokkuus lean-ajattelun näkökulmasta**

Lean-ajattelulla tarkoitetaan filosofiaa, jossa kehitetään organisaation toimintaa asiakaslähtöisen arvon määrittelyn kautta. Arvoa tavoitellaan erilaisten hukkien poistamisella organisaation toiminnasta sekä työvoiman motivoimisen kautta. (Sayer, Williams, 2012, s. 9–14.) Vaihtoehtoisesti määriteltynä lean-ajattelu ymmärretään organisaation prosesseja parantavana metodologiana, jossa erilaisilla työkaluilla pyritään nopeuttamaan prosessien vaiheita (Bradley, 2015, s. 4). Lean-ajattelun lopullisena tavoitteena on tuottaa asiakkaalle prosessin kautta lisää arvoa ja mahdollistaa organisaation jatkuva kehittyminen (Sayer, Williams, 2012, s. 9–14).

Tuotantotehokkuus yhdistyy lean-ajatteluun erilaisten päämäärien kautta. Lean-ajattelun päämääriä ovat tehokkuuden, laadun ja toiminnan jatkuva parantaminen organisaatiossa, jotka ovat yhdistettävissä erilaisiin lean-ajattelun periaatteisiin. (Modig et al., 2013, s. 120–141.) Koska tavoiteltavat päämäärät ovat yhdistettävissä tuotantotehokkuuteen ja sen kehittämiseen, tutkimuksessa tuotantotehokkuuden määritelmänä käytetään lean-ajattelun päämääriä. Aikaisemmin mainittuja lean-ajattelun periaatteita käsitellään luvussa 3.3.

Lean-ajattelu alkoi kehittymään Toyotan tuotantolaitoksilla 1930-luvulla. Alkuperäisesti toiminta perustui automaation hyödyntämiseen ja Just-in-time (JIT) menettelyyn, jossa tarvittavat tuotannon materiaalit ovat kokoonpanolinjalla vasta niitä tarvittaessa ja vain tarvittavissa määrin. Kehittymisen seurauksena esimerkiksi uusia lean-ajattelun näkökulmia on muodostunut, joita pystytään esimerkiksi valmistavassa teollisuudessa hyödyntämään. (Ōno, Bodek, 1988, luvut 1–2.) Tutkimuksessa valmistavalla teollisuudella

tarkoitetaan alan yrityksiä, joiden toiminta keskittyy mekaaniseen, kemialliseen, orgaanisten tai epäorgaanisten aineiden muuttamiseen uusiksi tuotteiksi riippumatta tehtävän työn muodosta. Myös tuotteiden kokoonpano lasketaan mukaan valmistavaan teollisuuteen. (Tilastokeskus 2021.)

Lean-ajattelua voidaan hyödyntää kaikessa organisaation toiminnassa. Toiminta on tehokkainta, kun ajattelumalli on sitoutettu koko organisaation toimintaan eli lean-ajattelu on käytössä organisaation toiminnoissa, organisaatioissa työskentelevien ihmisten keskuudessa sekä organisaatiokulttuurissa. Organisaation toiminnoissa tämä näkyy esimerkiksi asiakasarvoa kasvattavissa toiminnoissa kuten tuotteen kokoamisprosessissa ja organisaation säätelyprosessissa. Työntekijöiden näkökulmasta lean-ajattelu pyrkii mahdollistamaan työntekijöille hyvät työolosuhteet, jotta työpaikka kannustaisi työntekijöitä tekemään parhaansa. Kulttuuritasolla ajattelumalli puolestaan näkyy organisaation ajatusmaailmana, joka pyrkii jatkuvaan kehitykseen. (Sayer, Williams, 2012, s. 9–20.)

Lean-ajattelu ja erilaiset lean-ajatteluun liittyvät näkökulmat, kuten Kaizen ja Six Sigma, ovat yleisiä tapoja kehittää organisaation tuotantotehokkuutta. Näkökulmien keskeisinä osa-alueina on prosessien kehittäminen ja valmistettujen tuotteiden laadun parantaminen. (Hicks, 2007.) Prosessien kehittämisen kautta organisaation tuotantokapasiteettia saadaan kasvatettua ja tuotannon laatua kehittämällä viallisten tuotteiden määrää saadaan tuotannossa vähennettyä (Geng, 2015, Martinsuo et al., 2016).

Tuotantotehokkuuden kehittämistä voidaan lähteä tavoittelemaan myös esimerkiksi tuotteiden läpimenoajan lyhentämisellä sekä keskeneräisten tuotteiden varaston vähentämisellä. Valmistuksessa läpimenoajan lyhentäminen pienentää tuotteiden valmistamiseen käytettävää aikaa sekä pienentää organisaation keskeneräisen varaston kokoa. Tuotteiden jakelussa läpimenoajan lyhentäminen nostaa organisaation palvelutasoa ja lisää organisaation reagointikykyä. (Bradley, 2015.) Organisaation reagointikyvyn kehittäminen voidaan yhdistää esimerkiksi joustavuuden kehittämiseen (Hicks, 2007). Läpimenoajan lyhentämisessä voidaan käyttää lean-ajattelun SMED- ja DFC-näkökulmia (Cakmakci, Cakmakci, 2009, Reik et al., 2006). Esille tuotuja lean-ajattelun näkökulmia käsitellään luvussa 4.

## **3.2 Hukat valmistavassa teollisuudessa**

Lean-ajattelussa arvon identifiointi ja arvovirtojen ymmärtäminen korostuvat, jotta organisaatiossa olevia ei arvoa tuovia toimintoja voidaan määritellä (Hicks, 2007). Arvon määrittelyä ja arvovirtojen ymmärtämistä käsitellään myöhemmin kappaleessa 3.3. Ei arvoa tuovien toimintojen poistaminen organisaation toiminnasta vaikuttaa positiivisesti

organisaation kykyyn valmistaa tuotteita (Wang, 2010, s. 1). Toiminnot, jotka eivät tuo arvoa organisaatiolle, voidaan jakaa Muda, Mura ja Muri termeihin (Sayer, Williams, 2012, s.115–120).

Muda-termillä tarkoitetaan erilaisia hukkia eli toimintoja, jotka käyttävät organisaation resursseja tuomatta lisäarvoa asiakkaalle. Muda-termi voidaan jakaa kahteen eri käsittelytyyppiin. Ensimmäisessä käsittelytyypissä toiminnot eivät tuo arvoa organisaatiolle, mutta ovat kuitenkin organisaatiolle tärkeitä toiminnan mahdollistamisen kannalta. Tyyppin kaksi toiminnot eivät tuo arvoa organisaatiolle ja eivät ole organisaatiolle välttämättömiä. Koska tyyppin yksi toiminnot ovat organisaatiolle tärkeitä, niiden eliminointi organisaation toiminnassa on vaikeampaa kuin tyyppin kaksi hukkien eliminointi. Mura-termillä tarkoitetaan toiminnan epätasaisuudesta tulevia hukkia. Hukkia syntyy laadun, hinnan tai toimituksen vaihtelevuudesta. Viimeisenä Muri-termillä tarkoitetaan ylikuormitusta, joka kohdistuu ihmisiin, laitteisiin tai järjestelmiin. Ylikuormituksella tarkoitetaan vastaavasti asioita, jotka ylittävät organisaation kapasiteetin. (Sayer, Williams, 2012, s.115–120.) Selkeyden varmistamiseksi hukista puhuttaessa ei käytetä japaninkielisiä nimiä.

Valmistavassa teollisuudessa olevat hukat voidaan jakaa seitsemän eri kategoriaan. Hukkia ovat seuraavat:

1. ylituotanto
2. odotusajat
3. kuljetukset
4. varastointi
5. yliprosessointi
6. liike organisaatiossa
7. vialliset tuotteet.

Ylituotannolla tarkoitetaan tuotteiden valmistusta ennen kuin valmistus on tarpeellista eli valmistettavaa tuotetta ei ole vielä tilattu asiakkaan toimesta. Vastaavasti ylituotantoon kuuluu organisaation toimien kehittäminen ilman lisäarvon saamista. (Melton, 2005, s. 666.) Odotusajoilla tarkoitetaan aikaa, jolloin tuotetta ei prosessoida tai tuote ei liiku organisaatiossa. Vastaavanlaisesti kuljetuksissa tuotteelle ei saada luotua lisäarvoa, jonka takia tuotteen kuljettaminen koetaan hukaksi. Kuljetusten yhteydessä tuote voi myös vahingoittua tai tuotteen laatu voi heikentyä. (Wang, 2010, s. 1.) Resurssien varastointi luokitellaan hukaksi, koska varastointi sitoo organisaation resursseja. Resursseja kuluttaa myös ylimääräinen prosessointi, koska ylimääräisen toiminnan kautta ei saada lisä-

arvoa tuotteelle. (Melton, 2005, s. 666.) Liikkeen aiheuttamalla hukilla tarkoitetaan työntekijöiden ja työlaitteiden turhaa liikkumista organisaatiossa. Viimeisenä hukiksi laskeaan vialliset tuotteet, joista seuraa organisaatiolle lisää työtä ja resurssien hukkaamista. Vialliset tuotteet vaikuttavat myös organisaation tuotteiden tarkistuksien määrään ja tuotannon kapasiteetin alenemiseen. (Wang, 2010, s. 3.)

Hukkia havaitaan kaikissa organisaation toimissa. Hukkia voidaan kategorisoida aikaisempien seitsemän luokan lisäksi useampiin kategorioihin, mutta pääasia on löytää hukkia aiheuttavan juurisyyt hukkien poistamiseksi organisaatiosta. (Melton, 2005, s. 665.) Yllä esille tulleista hukista varastoista tulevat hukat koetaan merkittävimpänä, koska varastojen koetaan peittelevän tuotannossa esiintyviä ongelmia niiden ratkaisemisen sijasta (Santos et al. 2006, s. 8). Hukkien poistamisella mahdollistetaan tuottavuuden ja laadun parantamisen lisäksi myös merkittävät kustannussäästöt organisaatioissa (Ōno, Bodek, 1988, s. 17–20).

Valmistavassa teollisuudessa esille tulleita hukkia voidaan poistaa esimerkiksi seuraavilla periaatteilla:

1. yksinkertaista
2. virtaviivaista
3. standardisoi
4. käytä visuaalisia systeemeitä
5. virheenkestävät prosessit ja tuotesuunnittelu
6. synkronisoi
7. sijoitu
8. minimoi asetusajat.

Yllä mainitut periaatteet eivät keskity yksittäisten hukkien poistamiseen vaan niiden tarkoituksena on vähentää hukkia yleisesti organisaatiossa. Samalla tavalla voidaan siis poistaa useisiin eri kategorioihin kuuluvia hukkia. (Bradley, 2015, s. 70.) Organisaation toiminnasta aiheutuvia kustannuksia voidaan minimoida myös kustannusten suunnittelun, toimitusketjun hallinnan ja yleiskustannusten alentamisen kautta (Wang, 2010, s. 2–3).

Toimintojen yksinkertaistamisella ja virtaviivaistamisella hukkien poistamisessa tarkoitetaan yleisesti prosessien yksinkertaistamista. Yksinkertaistamista voidaan toteuttaa esimerkiksi prosessien vaiheiden vähentämisellä ja toimintojen analysoimisella diagram-

mien avulla. Standardisoinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa määritellään prosessin läpiviemiseksi tehtävät asiat ja hahmotetaan prosessiin vaikuttavat tekijät. Erilaisten tekijöiden hahmottamista tukee myös visuaalisten systeemien käyttö, joissa visuaalisesti prosessissa tapahtuvat asiat esitetään ymmärtämisen helpottamiseksi. Virheenkestävillä prosesseilla tarkoitetaan prosesseja, joissa virheitä ei voida tehdä. Virheiden estäminen voidaan yhdistää visuaalisiin systeemeihin, koska visuaalisen hahmottamisen kautta virheitä voidaan estää. Organisaation synkronoinnilla tarkoitetaan toimintojen yhtenäistämistä esimerkiksi ylimääräisen tuotannon vähentämiseksi. Viimeisenä tuotannon laitteiden optimoidulla sijoittelulla ja laitteiden asetusajkojen minimoinnilla voidaan vähentää odotukseen liittyviä hukkia. (Bradley, 2015, s. 70–150.) Asetusaikoja voidaan minimoida muun muassa myöhemmin käsiteltävällä SMED-menetelmällä (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 170).

### 3.3 Lean-ajattelu valmistavassa teollisuudessa

Lean-ajattelu valmistavassa teollisuudessa voidaan määrittellä viiden eri periaatteen kautta. Periaatteita ovat seuraavat:

1. arvon määritteleminen
2. arvovirtojen tunnistaminen
3. tuotannon virtaus
4. imuohjauksen toteutus
5. täydellisyyden tavoittelu.

Periaatteet edustavat yleisintä lähestymistapaa aihepiiriä kohtaan. Periaatteilla pyritään vähentämään organisaatioiden hukkia ja turhia toimintoja (Womack, Jones, 1996, Hicks, 2007.) Periaatteita käytettäessä edetään kerrotun järjestyksen mukaisesti (Kouri, 2010, s. 8).

#### *Periaate 1 – Arvon määritteleminen*

Arvon määrittelemisellä tarkoitetaan lean-ajattelussa arvon tunnistamista ja sen ymmärtämistä asiakkaan näkökulmasta. Arvo ei ole vakio, vaan se vaihtelee asiakkaiden välillä. Asiakkaiden vaihtelun lisäksi arvoon vaikuttaa tekijät kuten esimerkiksi aika, paikka, markkinat ja kysyntä. (Sayer, Williams, 2012, s.115–120.) Asiakkaalle tärkeiden arvojen tunnistaminen mahdollistaa toimimisen asiakkaan kanssa (Melton, 2005, s. 665).

Arvon määrittelemisen mahdollistaa arvon luonnin asiakkaalle. Arvon luonnilla tarkoitetaan sellaisten tuotteiden kehittämistä, tuottamista ja toimittamista, joita asiakas haluaa



ja joihin asiakas on valmis käyttämään resurssejaan. Arvon luomisen haasteena on asiakkaiden määrästä johtuva arvon määrittelymonimutkaisuus. (Sayer, Williams, 2012, s. 115–120.) Koska eri asiakasryhmät määrittelevät arvon eri tavoilla, erilaisia määrittelyitä ja määrittelyiden perusteella valmistettavia tuotteita on monia erilaisia. Valmistavassa teollisuudessa asiakas arvostaa esimerkiksi tuotteiden matalia kustannuksia, toiminnan luotettavuutta ja tuotteiden korkeaa laatua. (Melton, 2005, s. 665.)

### *Periaate 2 – Arvovirtojen tunnustaminen*

Arvovirtojen tunnustamisella tarkoitetaan aikaisemmin määritellyn arvon tunnustamista organisaation toiminnoista. Arvovirralla tarkoitetaan organisaation kaikkia arvoon vaikuttavia toimintoja, joita tarvitaan tuotteen myynnin, kehityksen ja valmistamisen aikaansaamiseksi. Arvovirtoja käsitellessä pyritään tunnustamaan sekä arvoa lisäävät että arvoa vähentävät toiminnot. (Wang, 2010, s. 63–64.) Asiakas hyötyy ainoastaan toiminnoista, jotka lisäävät prosessin arvoa, jonka takia lean-ajattelun mukaisesti arvoa vähentäviä toimintoja pyritään karsimaan toiminnasta (Kouri, 2010, s. 8, Sayer, Williams, 2012, s. 117).

Arvovirtojen tunnustamisen jälkeen organisaatio pystyy hyödyntämään arvovirtakarttoja. Arvovirtakartat muodostuvat tuotteiden ja tiedon virrasta organisaatioiden, toimittajien ja jakelijoiden keskuudessa. Arvovirtakarttojen avulla arvon, hukkien ja hukkien juurisyiden hahmottaminen organisaatiossa helpottuu ja arvovirtojen analysointi mahdollistuu. (Wang, 2010, s.64.)

### *Periaate 3 – Tuotannon virtaus*

Tuotannon virtauksella tarkoitetaan tuotteiden suoraviivaista kulkua aikaisemmin tunnistetun arvoketjun läpi (Kouri, 2010, s. 8). Tuotannon virtaus saa alkunsa arvovirran alusta eli asiakkaan tilauksesta, jonka jälkeen virtauksen käsittely etenee tuotteen tuotantoon ja arvon toimittamiseen asiakkaalle. Virtaukseen vaikuttaa organisaation prosessit, organisaation työntekijät ja organisaatiokulttuuri. (Melton, 2005, s. 665.)

Tuotteiden virtaus organisaatiossa pyritään optimoimaan, koska optimoinnin kautta organisaation toimintaa saadaan parannettua sekä erilaisia hukkia minimoitua (Liker, 2004). Virtauksen optimoinnissa korostuu järjestelmän suorituskyky, varastojen hallinta ja pullonkaulojen ehkäiseminen. Järjestelmän suorituskyky on suunniteltava asiakkaiden tarpeiden mukaan, koska muuten organisaatio valmistaa tuotteita varastoon. Varastojen hallinnassa korostuu varastojen minimointi, koska tuotteiden varastointi sitoo organisaation pääomaa. Tästä huolimatta organisaatiolla pitää olla varastossa tuotannossa tarvittavat raaka-aineet tuotannon mahdollistamiseksi. Pullonkauloilla tarkoitetaan organisaation prosesseja, jotka rajoittavat kriittisesti tuotannon astetta. (Melton, 2005, s. 666–667.)

Virtauksen optimoinnin kautta tuotannon laatua ja produktiivisuutta voidaan parantaa. Näiden lisäksi varastojen ylläpidosta tulevia hukkia saadaan minimoitua ja organisaation turvallisuutta parannettua. (Liker, 2004.)

#### *Periaate 4 – Imuohjauksen toteutus*

Imuohjauksella tarkoitetaan toimintatapaa, jossa tuotteita valmistetaan asiakastarpeen mukaan. Tuotteiden valmistuksen säätelyllä vähennetään ylituotantoa ja pienennetään varastoja. (Kouri, 2010, s. 9–22.)

Imuohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi Kanban-järjestelmän avulla. Kanban-termi viittaa korttiin, jolla kerrotaan jonkun organisaation osa-alueen tarvitsevan tuotetäydennyksiä. Tiedon lisäksi kortissa on kerrottu tilauksen yksityiskohdat ja tieto tilauksen määränpäästä. (Liker, 2004.) Kanban-järjestelmässä korttien avulla toteutetaan tuotannon tarvitsemat täydennykset asiakastilauksen vastaanottamisen jälkeen. Kanban-kortteja voidaan hyödyntää esimerkiksi varastoiden, välituotannon ja lopputuotteen tuotannon välisessä kommunikoinnissa. (Melton, 2005, s. 667.)

#### *Periaate 5 – Täydellisyyden tavoittelu*

Täydellisyyden tavoittelu on viimeinen lean-ajattelua määrittävistä periaatteista (Womack, Jones, 1996). Täydellisyyttä tavoitellaan arvoketjun eri toimintojen kehittämällä (Kouri, 2010, s.9). Toimintojen kehittämiseen kuuluu myös erilaisten hukkien poistaminen organisaatiosta (Sayer, Williams, 2012, s. 115–120).

Jatkuvaa kehitystä lähestytään esimerkiksi Hansei- ja Kaizen-mallien kautta. Hansei-lähestymistavalla tarkoitetaan syvällistä reflektointia, jossa pyritään tunnistamaan organisaation heikkouksia ja kehittymään reflektoinnin kautta. Vastaavasti Kaizen-lähestymistavalla tarkoitetaan organisaation jatkuvaa kehittämistä eteenpäin. (Liker, 2004.) Kaizen näkökulmaa käsitellään kappaleessa 4.1.

## 4. TUOTANTOTEHOKKUUDEN KEHITTÄMINEN LEAN-AJATTELULLA

Tuotantotehokkuuden kehittämistä käsitellään Kaizenin, Six Sigman DFC:n ja SMED:n näkökulmista. Tutkimuksessa tuotantotehokkuuden käsittely rajataan näihin näkökulmiin, koska esille tuodut näkökulmat ovat omaksutuimmat lähestymistavat lean-ajattelua kohtaan (Hicks, 2007). Vaikka tuotantotehokkuutta voidaan kehittää jo pelkästään lean-ajattelun kautta (Bradley, 2015, s. 7–22), tutkimuksen kappaleessa 4 sitä ei lähdetä käsittelemään, koska lean-ajattelua käsiteltiin jo kappaleessa 3.1. Vaihtoehtoisesti tuotantotehokkuuden kehittämistä olisi voitu tarkastella työkalujen kuten arvovirtakuvauksen ja 5S-menetelmän kautta (Hicks, 2007). Lean-ajattelun näkökulmien kautta laaditaan kriteerit kappaleessa 5 käsiteltäville tietojärjestelmille.

### 4.1 Kaizen

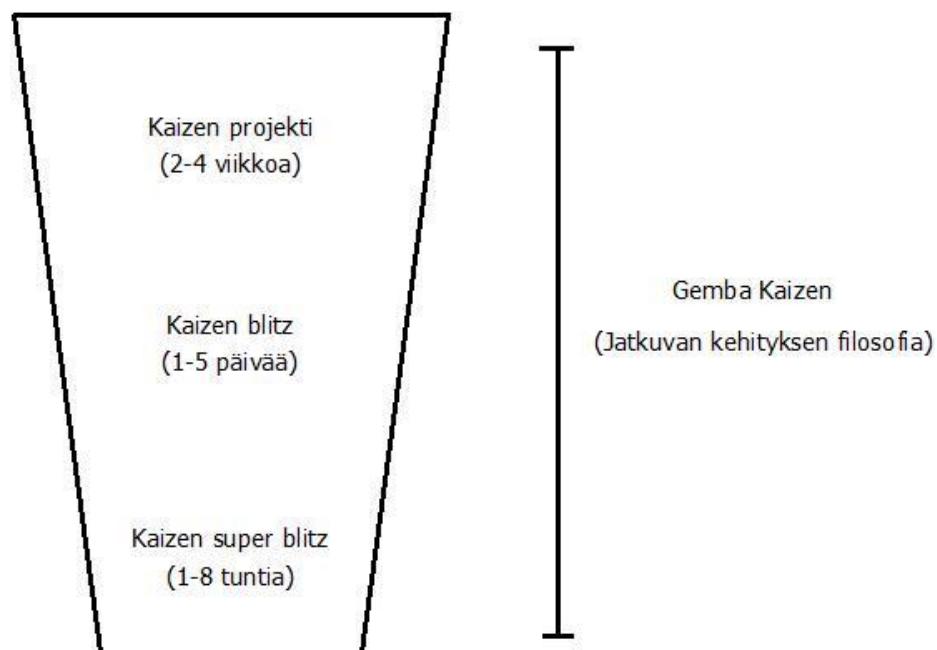
Kaizen termillä tarkoitetaan ”kehittämistä” (Dalton, 2018, s. 175–176). Lean-ajattelun yhteydessä Kaizen on yhdistettävissä toimintatapaan, jossa pyritään jatkuvaan ja inkrementaaliseen toiminnan kehittämiseen organisaatiossa. Jatkuvalle kehittämiselle tarkoitetaan pieniä ja tasaisia parannuksia, joilla pyritään arvon maksimoimiseen ja hukkien minimointiin. Tasaisilla parannuksilla pyritään saavuttamaan merkittäviä etuja organisaatiolle pitkällä ajanjaksolla. Kaizen voidaan myös määritellä lean-ajattelun ulkopuoliseksi prosessiksi, joka on keino tavoitella organisaation kehittämistä lean-ajattelun periaatteiden mukaisesti. (Burton, Terence, Boeder, 2003, s. 71–74.)

Kaizen termiä kuvataan parantamisen periaatteena. Tämä periaate voidaan jakaa kolmeen Kaizenia ja jatkuvaa kehitystä määrittelevään periaatteeseen. (Berger, 1997.) Periaatteita ovat seuraavat:

- Kaizen on prosessorientoitunutta eli prosesseja pitää pyrkiä kehittämään jatkuvasti (Imai, 1986, s. 16–17).
- Pysyvää kehitystä voidaan saavuttaa vain yhdistämällä innovaatiot mukaan jatkuvan kehityksen tavoitteluun (Imai, 1986, s. 6–7).
- Kaizen on ihmisorientoitunutta ja se perustuu ihmisten haluun parantaa laatua ja arvoa organisaatiossa (Imai, 1986, s. 40).

Proessorientoitunutta näkökulmaa tarkastellessa organisaation johdon pitää keskittyä luotettavien ja toimivien prosessien luomiseen, joista automaattisesti seuraa hyviä tuloksia. Luotettavien ja toimivien prosessien lisäksi prosessien mittaaminen korostuu ensimmäisessä periaatteessa, jotta kehitysprosessin tarkastelu mahdollistuu. Pysyvän kehityksen tavoittelussa pienet työstandardien parannukset korostuvat jatkuvan kehittämisen yhteydessä. Ihmisorientoituneessa näkökulmassa organisaation jäsenten osallistuminen korostuu, jotta kaikki organisaation henkilöt pääsisivät osaksi jatkuvaa kehitystä. Viimeisen periaatteen kohdalla ihmisten sisäinen motivaatio organisaation kehittämisessä korostuu. (Berger, 1997.)

Kaizenia voidaan käsitellä projekti- ja prosessiluontoisina tapahtumina organisaation toiminnassa (Burton, Boeder, 2003, s. 77–78). Kaizen-tapahtumalla tarkoitetaan organisaation jäsenten tapaamista, jossa pyritään yksittäisen organisaation osa-alueen kehittämiseen (Smith, Hawkins, 2004, s. 138). Kaizen-tapahtumista muodostuvaa kokonaisuutta kuvataan termillä Gemba Kaizen, joka tarkoittaa filosofiaa jatkuvasta kehityksestä (Burton, Boeder, 2003, s. 78). Gemba Kaizenia ja siihen liittyviä Kaizenin toteuttamisen muotoja on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 1. Kuvassa Kaizenin toteuttamisen muodot ovat listattu tapahtumien keston perusteella.



**Kuva 1.** Kaizenin toteutusmuodot (muokattu lähteestä Burton, Boeder, 2003, s. 78)

Kaizen projektit ovat 2–4 viikkoa kestäviä Kaizen tapahtumia, jotka keskittyvät arvoa lisäävien aktiviteettien kehittämiseen organisaation arvovirrassa. Projektien toteutuksessa käytetään toiminnan ylittävää työryhmää. Projektit valitaan resursseja säästään

organisaatiolle tärkeiden strategisten tavoitteiden perusteella. (Burton, Boeder, 2003, s. 78.)

Prosessiluonteiset tapahtumat ovat työntekijäpainotteisia nopeita projekteja, joilla pyritään vähentämään hukkaa organisaatiossa. Prosessiluonteiset tapahtumat voidaan jakaa Kaizen blitz- ja Kaizen super blitz-tapahtumiin. Kaizen blitz-tapahtuma on 1–5 päivän mittainen projekti, jossa tarkoituksena on luoda havaittuun organisaation ongelmaan ratkaisu. Kaizen super blitz-tapahtuma vastaavasti on samankaltainen ongelman ratkaisuprosessi, mutta super blitz-tapahtumassa aikaa on käytössä vain 1–8 tuntia. Menetelmää käytetään esimerkiksi vaaratilanteiden ja tuotannon ongelmien yhteydessä. (Burton, Boeder, 2003, s. 78–79.)

Erialaisten toteutustapojen lisäksi Kaizen tuo jatkuvan kehittämisen osaksi työntekijän arkea, jonka ansiosta kehitysideoiden määrä päivittäisessä toiminnassa kasvaa. Työntekijöiden ollessa osa kehitysprosessia organisaation uudistaminen helpottuu, joka omalta osaltaan mahdollistaa organisaation tehokkaan uudistamisen. (Burton, Terence T., Boeder, 2003, s. 75.) Työntekijöiden osallistaminen näkyy esimerkiksi työntekijöiden osallistumisena organisaation kehitystilaisuuksiin ja uusien käytänteiden muodostumisena organisaatiossa (Maurer, Hirschman, 2013, luku 1).

Kaizenin avulla organisaatiossa esimerkiksi tuotteiden laadun parantaminen ja uusien tuotteiden kehittäminen helpottuu. Koska organisaation työntekijät otetaan mukaan organisaation kehittämiseen, työntekijöiden työmoraalia saadaan nostettua ja työterveydenhuollon kustannuksia laskettua. (Maurer, Hirschman, 2013, luku 1.) Jatkuvien uudistusten kautta organisaation tuottavuutta saadaan kehitettyä 20–50 prosenttia ja varastoja pienennettyä 20–80 prosenttia (Burton, Boeder, 2003, s. 75).

## 4.2 Six Sigma

Six Sigmalla tarkoitetaan projektipainotteista lähestymistapaa, jolla pyritään lean-ajattelussa esille tulleiden hukkiin ja tuotannon vikojen poistamiseen. Six Sigmassa toimintaa lähestytään laadun kehittämisen näkökulmasta, jonka aikaansaamiseksi Six Sigmassa keskitytään prosessin vaihtelun vähentämiseen ja laitteistojen vikojen minimointiin. (Montgomery, Woodall, 2008.) Six Sigma voidaan määritellä myös liiketoimintaprosessiksi, joka mahdollistaa organisaation kehittymisen arkipäiväisiä toimintoja mittaamalla ja kehittämällä toimintoja eteenpäin. Hukkiin poistamisella ja laadun parantamisella pyritään asiakastyytyväisyyden parantamiseen ja pitkäaikaiseen menestymiseen. Vaikka organisaation tuotantotehokkuuteen ja tuotteiden laatuun voidaan vaikuttaa pelkästään

lean-ajattelun avulla, ilman Six Sigman implementointia organisaatio ei saavuta samaa laadun tasoa, kuin Six Sigmaa käytettäessä. (Geng, 2015, luku 37.)

Six Sigma sai alkunsa Motorola-yhtiöstä vuonna 1986. Six Sigma kehitettiin valmistettavien tuotteiden laadun parantamiseksi ja virheellisten tuotteiden vähentämiseksi organisaatiossa. (Montgomery, Woodall, 2008.) Organisaatiossa huomattiin, että tuotteet, joissa valmistusvirheitä ei ollut, epäonnistuivat harvoin tuotteina käyttäjän näkökulmasta. Vastaavasti tuotteet, joissa oli ollut virheitä tuotannon aikana ja joita oli näiden virheiden takia jatkokäsitelty, epäonnistuivat useammin asiakkaan käytössä. Huomion perusteella haluttiin kehittää prosessi, joka mahdollistaa tuotteiden valmistamisen erilaisissa prosesseissa ilman tuotantovirheitä. Virheiden minimoimiseksi Six Sigmassa keskitytään tuotteiden valmistusprosesseihin, joita pyritään kehittämään haluttujen laatutavoitteiden saavuttamiseksi. (Geng, 2015, luku 37.)

Six Sigman kehittyminen menetelmänä jaetaan kolmen eri sukupolven käsittelyyn. Ensimmäinen sukupolvi keskittyi vikojen poistamiseen ja vaihtelun vähentämiseen tuotteiden valmistuksen yhteydessä. Menetelmän kehittyessä vikojen poistamisen ja vaihtelun vähentämisen lisäksi toiminta pyrittiin sitomaan organisaatiolle hyödyllisiin hankkeisiin ja parantamaan näin organisaation taloudellista puolta. Viimeisen sukupolven kohdalla edellisten päämäärien lisäksi menetelmään kytkeytyi tavoite tuoda arvoa organisaation omistajille esimerkiksi työpaikkojen säilyttämisen ja laajentumisen kautta. (Montgomery, Woodall, 2008.)

Six Sigmaa toteutetaan projektiluontoisesti organisaatiossa. Yhden projektin kesto on keskimäärin 4–6 kuukautta. (Montgomery, Woodall, 2008.) Jotta projektia voidaan nimittää Six Sigma-projektiksi, toteutettavan parannushankkeen tulee tukea organisaation ja ylimmän johdon asettamia strategisia tavoitteita (Geng, 2015, luku 37). Projektit voivat keskittyä erilaisiin osa-alueisiin kuten uusien tuotteiden kehittämiseen, järjestelmien toiminnan parantamiseen tai organisaation ajankäytön tehostamiseen (Pande et al., 2000).

Projektien hallitsemiseksi työroolit jaetaan strategisiin ja taktisiin rooleihin. Strategisissa rooleissa vaikuttavat projektin johtohahmot ja taktisessa roolissa toimii varsinainen projektiryhmä. Projektin ylempi johto vaikuttaa projektiryhmän toimintaan valitsemalla projektin prioriteetit ja tavoitteet sekä valitsemalla keskuudestaan mestarin ja mustan vyön omaavan henkilön, joiden kautta varmistetaan projektin eteenpäin. Valittu mestari on myös mukana projektin määrittelyssä. (Geng, 2015, luku 37.) Mestariksi pääseminen edellyttää vyöjärjestelmän mukaista koulutusta Six Sigmasta (Montgomery, Woodall, 2008).

Projektien yhteydessä hyödynnetään DMAIC-menetelmää, joka perustuu sykliseen kehittämiseen, jossa järjestelmien mittausdataa käytetään ongelman ratkaisemiseksi (Geng, 2015, luku 37). DMAIC-menetelmässä ongelmaa tarkastellaan viidessä eri vaiheessa, joissa eteneminen tapahtuu pääasiallisesti lineaarisesti. Vaiheita ovat seuraavat:

1. määritä
2. mittaa
3. analysoi
4. kehitä
5. kontrolloi.

Menetelmä mahdollistaa tehokkaan lähestymistavan ongelmien ratkaisuun. Menetelmän määrittelyvaiheessa tarkoituksena on identifioida havaittu kehitysmahdollisuus ja määrittää kriittiset asiakasominaisuudet. Määrittelyn jälkeen kehitysmahdollisuutta pyritään mittaamaan taustatietojen saamiseksi. Mittausdatan perusteella määritetään kehityskohteen sigma-taso. (Montgomery, Woodall, 2008.) Sigma-tasolla tarkoitetaan tilastolliseen analyysiin perustuvaa tasoa, joka kuvaa virheellisten tuotteiden, kriittisen laadun ja asiakkaiden vaatimusten välistä yhteyttä (Geng, 2015, luku 37). Analysoimisvaiheessa saadun datan pohjalta pyritään selvittämään kehitysmahdollisuuden ympärillä olevien ongelmien juurisyyt. Ongelmille pyritään kehittämään useita erilaisia ratkaisuja, joista paras valitaan parantamaan järjestelmän suorituskykyä. Ratkaisun implementoinnin jälkeen järjestelmän käyttösuunnitelmia ja virhealttiutta pyritään kehittämään parhaan lopputuloksen saamiseksi. (Montgomery, Woodall, 2008.) Mallin loppuun kuuluu standardointivaihe sekä institutionaalinen vaihe, joissa saatuja etuja ja kerättyjä tietoja pyritään hyödyntämään koko organisaatiossa (Geng, 2015, luku 37). Six Sigma projekteissa voidaan käyttää useita erilaisia työkaluja apuna kuten variaatioanalyysiä ja monimutkaisuusanalyysiä (George et al., 2004).

Six Sigman käyttöönotto mahdollistaa erilaisia etuja organisaatiolle. Hyötyjä ovat esimerkiksi seuraavat:

1. luo jatkuvaa menestystä
2. asettaa organisaatiolle ja organisaation työntekijöille tavoitteita
3. arvioi asiakkaiden arvoa organisaatiolle
4. nopeuttaa muutosten tekoa organisaatiossa
5. kannustaa oppimaan

6. suorittaa strategisen muutoksen organisaatiossa.

Listatut edut perustuvat projektiluontoiseen kehittämiseen DMAIC-menetelmän mukaisesti. (Pande et al., 2000.) Projekteista saatavia etuja arvioidaan taloudellisen hyödyn näkökulmasta organisaatiota tai kirjanpitoyksikköä tarkastellen (Montgomery, Woodall, 2008).

### 4.3 Design for Changeover (DFC)

Design for changeover (DFC) tarkoittaa metodologiaa, jossa organisaation toimintaa pyritään kehittämään suunnittelun avulla tuotteiden, laitteiden, työkalujen ja systeemien näkökulmista (Mileham et al., 1999). Changeover-termillä tarkoitetaan tehtäväkokonaisuutta, jossa kaikki tehtävät tulee olla tehty, jotta tuotannossa valmistettavaa tuotetta voidaan vaihtaa. Tuotannossa esimerkiksi koneiden asetusajoja on pyritty pienentämään Single minute of exchange of die-menetelmällä (SMED), mutta ilman syvällistä suunnittelua menetelmää ei voida hyödyntää täysin. (Reik et al., 2006, s. 1225–1226.) SMED-menetelmää käsitellään tarkemmin luvussa 4.4. McIntoshin mukaan (2001) tuotannossa kilpailukyvyyn kriteerit ovat laajentuneet. Tämän seurauksena hinnan ja kustannustehokkuuden lisäksi uudet kriteerit kuten laatu, tuotteiden erilaisuus ja nopea tuotekehitys korostavat DFC:n merkitystä organisaatioissa. (McIntosh, 2001, s. 2.)

Changeover-prosessi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: vanhan tuotteen lopetusvaiheeseen, järjestelyvaiheeseen ja uuden tuotteen aloitusvaiheeseen. Changeover-prosessia voidaan myös tarkastella siihen vaadittavien ominaisuuksien suhteen eli ohjaimien, elementtien ja aktiviteettien suhteen. Tuotannossa käytettävillä ohjaimilla tarkoitetaan systeemien käyttämiä työkaluja, joita käytetään systeemin sopeuttamiseen markkinoiden tai ympäristön muuttuessa. Elementtien käsittelyllä tarkoitetaan taas jakoa välttämättömien ja ei välttämättömien tehtävien välillä changeover-prosessissa. Tehtävien jakamisella saadaan selville kehitystä vaativat tehtävät. Viimeisenä aktiviteeteilla tarkoitetaan tehtäviä, joita voi esiintyä elementtien yhteydessä, kuten esimerkiksi laitteen purkaminen. (Reik et al., 2006, s. 1227–1231.)

Organisaation changeover-tehtäväkokonaisuutta voidaan parantaa ja nopeuttaa kahdella eri tavalla. Organisaatio voi pyrkiä kehittämään jo olemassa olevaa järjestelmää jatkuvan kehittämisen kautta tai organisaatio voi päättää suunnitella ja toteuttaa kokonaan uuden järjestelmän. Vanhan järjestelmän kehittäminen on prosessina nopeampaa ja halvempaa uuden järjestelmän kehittämiseen verrattuna, mutta uuden järjestelmän



kautta saatavat aikaparannukset ovat merkittävimpiä. (Mileham et al., 1999.) Kehittämishalintaan vaikuttaa organisaatiossa toimivat ihmiset, organisaatiokäytännöt, tuotettavat tuotteet ja käytössä olevat tuotantoprosessit (Reik et al., 2006, s. 1226).

Design for changeover-metodologia tarjoaa aikasäästöjen lisäksi laadullisia ja kestäviä parannuksia organisaatiolle. Laadullisilla parannuksilla kuvataan laitteiden käyttötarkkuutta, joka vaikuttaa aikaisemmin kerrottuihin prosessin vaiheisiin. Laadullisten parannusten kautta vaiheiden aikana esille tulleita lean-ajattelun mukaisia hukkia saadaan vähennettyä. (Reik et al., 2006, s. 1226–1229.) Kestävillä parannuksilla tarkoitetaan pysyviä parannuksia organisaatiossa, joita saadaan jatkuvan kehittämisen kautta (Mileham et al., 1999).

Design for changeover-prosessin eteneminen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa keskitytään strategiseen näkökulmaan, jossa tarkastellaan erityisesti tilannetta organisaation tulevaisuuden kannalta. (Mileham et al., 1999.) Tarkoituksena on kartoittaa taloudellisten etujen lisäksi muita parannuksista saatavia globaaleita tavoitteita (Fernihough et al., 1994). Strategisen vaiheen päätyttyä siirrytään valmisteluvaiheeseen, jossa tarkoituksena on laatia operationaalinen strategia ja valita kehitettävät kohteet. Valmisteluvaiheesta edetään suunnitelman toteuttamiseen, jonka jälkeen toiminnan kehittämistä jatketaan jatkuvan parantamisen avulla. (Mileham et al., 1999.)

Prosessin edetessä erilaisia asioita täytyy huomioida laitteiden, työkalujen ja järjestelmien suunnittelua ajatellen. Näitä asioita seuraavat:

- turvallisuus: työkalut laitteissa kiinni ja organisaatio vartioitu
- sijainti: laitteet ja työkalut sijoiteltu oikein
- laitteiden asetukset: käyttöparametrit vastaavat haluttua laatua
- työkalujen liikkuminen: työkalujen saatavuus taattu
- siivous: tuotantolaitteet pysyvät puhtaina
- saatavuus: operaattoreiden mahdollista toimia laitteiden yhteydessä.

Yllä esillä olevat periaatteet toimivat normeina kaikissa suunnittelukohteissa. Samat asiat pitää huomioida vanhaa järjestelmää kehitettäessä, että uutta järjestelmää rakennettaessa. (Mileham et al., 1999.) Design for changeoverin tueksi on myös laadittu joukko sääntöjä, jotka tukevat joustavan järjestelmän suunnittelua. Näiden sääntöjen pääpiirteet ovat seuraavat:

1. painon vähentäminen rakenteista

2. asioiden yksinkertaistaminen
3. laitteiden standardointi
4. turvallisuus laitteiden rakenteissa
5. laitteiden optimaaliset sijainnit ja säädöt
6. liikkeiden ja käsittelyn tarkkuus tuotannossa
7. sammutettujen laitteiden toiminnot
8. konelinjojen hallinta.

Säännöt on tarkoitettu uusien järjestelmien suunnittelemista varten. (Reik et al., 2006, s. 1226–1228.) Sääntöjä on hyödynnetty esimerkiksi organisaatioiden pakkaustoiminnassa, jossa tuotantotehokkuuteen vaikuttavia pysyviä vähennyksiä on saatu aikaan jopa 50 prosenttia (Mileham et al., 1999).

#### **4.4 Single Minute Exchange of Die (SMED)**

Single minute exchange of die (SMED) tarkoittaa teoriaa ja teorian ympärillä käytettäviä työvälineitä, jotka pyrkivät minimoimaan prosessissa olevat asetusajat (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 168–169). Asetusajalla tarkoitetaan aktiviteettejä, jotka pitää suorittaa tietyn tuotteen valmistamisen aloittamiseksi (da Silva, Godinho Filho, 2019). Asetusajat halutaan minimoida useiden tuotevariaatioiden tuottamisen ja toimitusaikojen nopeuttamiseksi (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 168–169). Asetusajat käsitetään lean-ajattelussa hukiksi, jonka takia ne myös halutaan minimoida (Ōno, Bodek, 1988, s. 17–20). Menetelmä kehitettiin 1950-luvulla valmistavan teollisuuden tarpeisiin pullonkaulojen minimoimiseksi (Shingo, 1985, s. 21). SMED-menetelmää voidaan käyttää vanhan järjestelmän kehittämiseen tai uuden järjestelmän suunnitteluun (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171).

Asetusaikojen pienentäminen jaetaan sisäiseen ja ulkoiseen vaiheeseen. Sisäisellä vaiheella tarkoitetaan operaatioita, jotka voidaan suorittaa vain koneen ollessa poissa käytöstä. Tällainen toimenpide voi olla esimerkiksi koneen muottien vaihtaminen. Ulkoisella vaiheella tarkoitetaan toimenpiteitä, joissa operaatio voidaan toteuttaa koneen ollessa käynnissä. (Shingo, 1985.) Ulkoisessa vaiheessa pyritään valmistelemaan sisäistä vaihetta, jotta kone joutuisi olemaan sammutettuna mahdollisimman pienen ajan. Prosessista riippuen ulkoinen vaihe voidaan toteuttaa ennen tai jälkeen sisäistä vaihetta. (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 170.)

SMED-menetelmässä toiminta voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen. Prosessin vaiheita ovat seuraavat:

Vaihe 1: Erotetaan sisäinen ja ulkoinen vaihe toisistaan (Shingo, 1985, s. 29).

Vaihe 2: Muutetaan sisäistä vaihetta ulkoiseksi vaiheeksi (Shingo, 1985, s. 29).

Vaihe 3: Asennustoiminnan sujuvoittaminen (Shingo, 1985, s. 51).

Vaiheiden erottaminen toisistaan alkaa tarkasteltavan järjestelmän valinnalla. Järjestelmän valinnan jälkeen tehtävään kohdennettu työryhmä mittaa ja analysoi järjestelmän toimintaa, jonka perusteella sisäistä ja ulkoista vaihetta voidaan erottaa toisistaan. (da Silva, Godinho Filho, 2019.) Erotteleminen tapahtuu määrittelemällä tehtävät, joiden suorittamiseksi laitteen sammuttaminen on välttämätöntä (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 170). Määrittelemisen ansiosta asutusaikoja pystytään lyhentämään jopa 50 prosenttia (da Silva, Godinho Filho, 2019).

Määrittelyn jälkeen mahdollisuuksien mukaan sisäisiä operaatioita muutetaan ulkoisiksi operaatioiksi, jotta koneen sammutusaika jäisi mahdollisimman pieneksi (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 170). Operaatioiden muuttamisessa hyödynnetään standardoituja välineitä, laitteiden esilämmitystä, etukäteen tehtäviä asennuksia ja laadun varmistamisessa käytettäviä menetelmiä (da Silva, Godinho Filho, 2019).

Viimeisessä vaiheessa toiminta pyritään saamaan mahdollisimman sujuvaksi esimerkiksi rinnakkaistoimintojen implementoinnilla (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 170). Toiminnan sujuvoittamisessa voidaan käyttää myös menetelmiä kuten varastojen uudelleenjärjestely sekä ylimääräisen liikkeen minimointi järjestelmän ympärillä (da Silva, Godinho Filho, 2019). Maltillisten investointien ja SMED menetelmän käyttöönoton myötä asetusaikoja voidaan pienentää kokonaisuudessaan jopa 90 prosenttia alkuperäisistä asetusajoista (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 169).

Järjestelmän kehittämisen yhteydessä hyödynnetään erilaisia tilastollisia työkaluja. Työkaluja käytetään esimerkiksi kehitysprosessien ja valmistuksen yhteydessä. Kehitysprosessissa käytettävässä kapasiteettianalyysissä hyödynnetään prosessiin liittyviä kykyindeksejä. (Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171–172.)

## 5. TIETOJÄRJESTELMÄT

Tuotantotehokkuutta voidaan kehittää lean-ajattelun näkökulmien lisäksi erilaisten tietojärjestelmien avulla, koska tietojärjestelmien kautta organisaation tavoitteiden saavuttaminen ja tuottavuuden parantaminen on mahdollista (Stair, Reynolds, 2010, s. 10–64). Vaikka tietojärjestelmillä voidaan kehittää suoraan tuotantotehokkuutta, tutkimuksessa tietojärjestelmien käsittelyssä keskitytään pääasiallisesti lean-ajattelusta tulevan tuotantotehokkuuden kehittämisen tukemiseen.

Tutkimuksessa tietojärjestelmiä käsitellään aikaisemmin esille tulleiden lean-näkökulmien kautta. Tietojärjestelmien määrittämisen jälkeen tietojärjestelmien joukkoa rajataan lean-näkökulmiin tarvittavien kriteerien perusteella, jonka jälkeen tarkastelu keskittyy valittuihin järjestelmiin.

### 5.1 Tietojärjestelmät valmistavassa teollisuudessa

Tietojärjestelmällä tarkoitetaan erilaisten komponenttien muodostamaa kokonaisuutta, jolla pystytään keräämään, hakemaan, prosessoimaan, säilyttämään tai jakamaan tietoa organisaatiossa. Ominaisuuksien lisäksi tietojärjestelmillä pystytään tukemaan organisaatiossa tehtäviä päätöksiä ja helpottamaan organisaation hallintaa. (Laudon, Laudon, 2014, s. 45.) Tietojärjestelmiä voidaan myös käsitellä organisaation liiketoimintaa mahdollistavana tekijänä, joka mahdollistaa organisaatiossa käytössä olevat toimintomallit ja tarjoaa tarvittavat tietojärjestelmät organisaation käyttöön (Laihonen et al., 2013, s. 67). Tietojärjestelmä voi olla joko manuaalinen tai tietokoneistettu järjestelmä (Stair, Reynolds, 2010, s. 11).

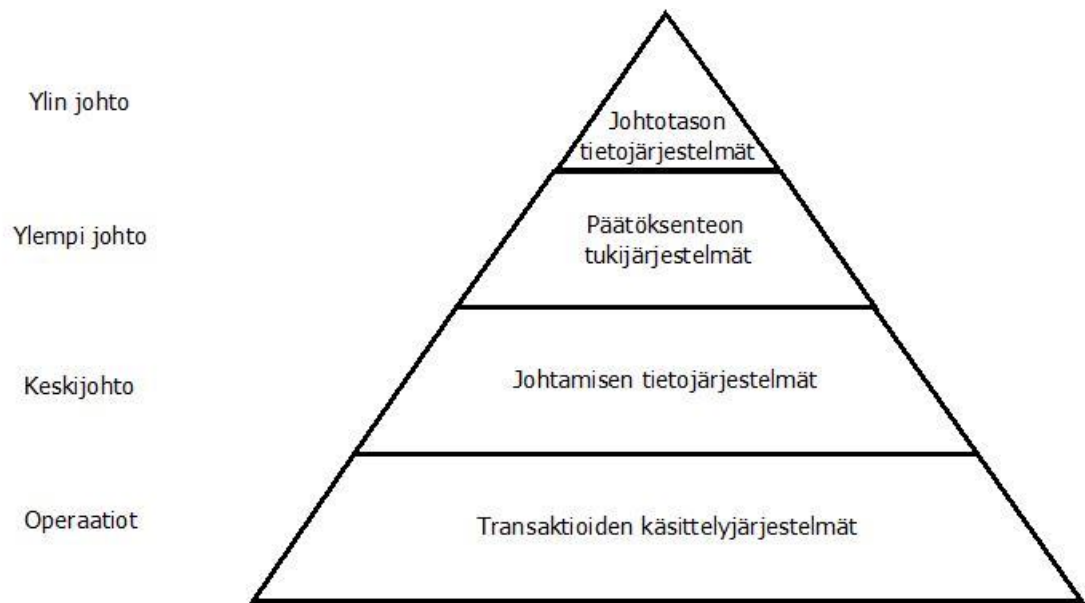
Tietojärjestelmien keskeisenä ominaisuutena on kyky muuttaa prosessin kautta käsiteltävää dataa informaatioksi organisaatiossa. Datalla tarkoitetaan faktoja, joihin kuuluu esimerkiksi työntekijänumerot ja työtuntien määrä, kun taas informaatiolla tarkoitetaan datasta koottua kokonaisuutta, jonka arvo on datan arvoon verrattuna korkeampi. (Stair, Reynolds, 2010, s. 5–6.) Tietojärjestelmissä tietotyypin muuttaminen jaetaan kolmeen erillaiseen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa organisaation keräämä data tuodaan tietojärjestelmään, josta data ohjataan järjestelmän seuraavaan vaiheeseen eli prosessointivaiheeseen. Prosessointivaiheen jälkeen data on muuttunut informaatioksi, jota pystytään hyödyntämään esimerkiksi asiakkaiden ja kilpailijoiden keskuudessa. (Lau-

don, Laudon, 2014, s. 46–47.) Prosessointivaiheen yhteydessä organisaatiolta vaaditaan tietämystä prosessin onnistumisen mahdollistamiseksi. Järjestelmässä hyödynnetään myös palautetta järjestelmän kehittämiseen. (Stair, Reynolds, 2010, s. 6–10.)

Tietokonepohjaiset tietojärjestelmät rakentuvat laitteistoista, ohjelmistoista, tietokannoista, tietoliikenteestä, menettelytavoista ja ihmisistä. Tietojärjestelmien perustana toimivat laitteistot, joilla tarkoitetaan esimerkiksi tietokoneita tai servereitä, joista tietojärjestelmä rakentuu. Laitteistojen ympärillä vaikuttaa laitteistojen ohjelmistot, jotka mahdollistavat laitteiston toimimisen halutulla tavalla. Laitteistojen ja ohjelmien lisäksi järjestelmään kuuluu erilaiset tietokannat, jotka sisältävät järjestelmässä olevat tiedot. Järjestelmissä sähköinen tiedonsiirto mahdollistaa laitteiden välisen viestinnän, ja järjestelmissä olevat menettelytavat mahdollistavat järjestelmien prosessien toiminnan halutulla tavalla. Järjestelmien tärkeänä osana toimivat järjestelmää käyttävät ihmiset sekä henkilöt, jotka suunnittelevat ja kehittävät järjestelmää eteenpäin. (Stair, Reynolds, 2010, s. 11–15.)

Vaikka tietojärjestelmät koostuvat komponenteista, teknillisen puolen lisäksi tietojärjestelmien toimintaan vaikuttaa keskeisesti myös itse organisaatio ja organisaation johto (Laudon, Laudon, 2014, s. 48–50). Organisaatiossa työntekijät käyttävät useita erilaisia järjestelmiä ja prosesseja työtehtäviensä suorittamiseen (Laihonen et al., 2013, s.68). Työntekijöiden väliset käyttöerot muodostavat eroavaisuuksia työntekijöiden tietojärjestelmiin kohdistuviin näkökulmiin, johon organisaatiossa vaikuttava organisaatiokulttuuri myös vaikuttaa. Erilaiset näkökulmat ovat yhteydessä esimerkiksi organisaatiossa tapahtuvaan resurssien jakoon, joka puolestaan vaikuttaa tietojärjestelmiin. Organisaation johto puolestaan tarvitsee tietojärjestelmiä strategisten päätösten tekemisen tukemiseksi ja uusien tuotteiden sekä suunnitelmien luomiseksi. (Laudon, Laudon, 2014, s. 48–50.)

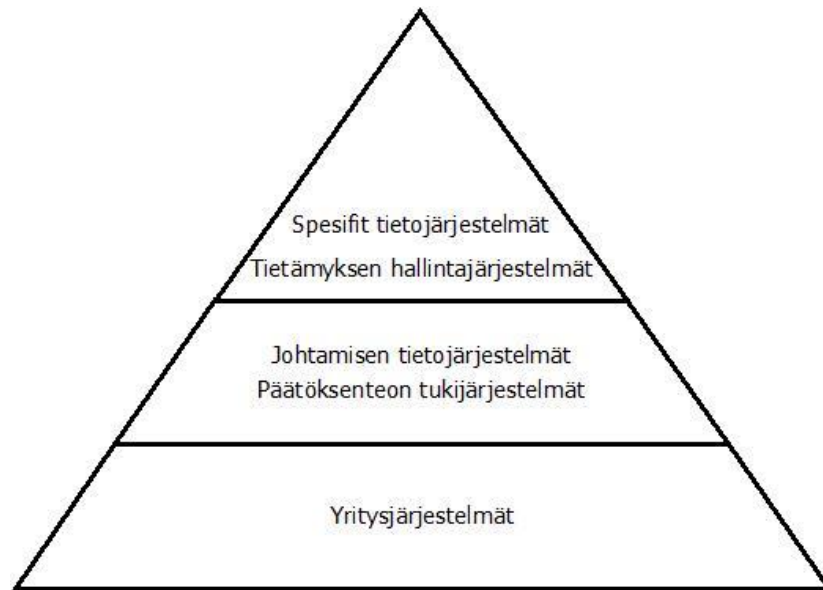
Valmistavassa teollisuudessa käytettäviä tietojärjestelmätyyppejä on useita erilaisia (Stair, Reynolds, 2010, s. 31). Tietojärjestelmän käyttöön vaikuttaa organisaation liiketoiminnan strateginen päämäärä, joka voi olla esimerkiksi uuden tuotteen kehittäminen, parempi päätöksenteko organisaatiossa tai organisaation asiakkaiden asiakastytyväisyyden parantaminen (Laudon, Laudon, 2014, s. 43–45). Liiketoiminnan ympärillä olevia tietojärjestelmiä voidaan tarkastella alla olevan kuvan 2 pyramidimallin kautta.



**Kuva 2.** 4-tasoinen pyramidimalli tietojärjestelmistä (muokattu lähteestä O'Brien, Marakas, 2010)

Kuvan 2 pyramidimallissa esille tulevat tietojärjestelmät jakautuvat organisaation hierarkiatasojen mukaisesti. Mallissa esille tulleita järjestelmiä ovat alhaalta ylöspäin lueteltuina transaktioiden käsittelyjärjestelmät, johtamisen tietojärjestelmät, päätöksenteon tukijärjestelmät ja johtotason tietojärjestelmät. (O'Brien, Marakas, 2010.)

Esille tulleet tietojärjestelmät keskittyvät datan keräämiseen ja päätöksenteon tukemiseen organisaatiossa. (O'Brien, Marakas, 2010.) Transaktioiden käsittelyjärjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, jotka tallentavat arkipäiväisten toimintojen dataa organisaatiosta ja luovat tiedosta yksinkertaisia raportteja. Johtamisen tietojärjestelmillä, päätöksenteon tukijärjestelmillä ja johtotason tietojärjestelmillä pyritään päätöksenteon tukemiseen organisaation eri tasoilla ja erilaisissa tilanteissa. (Laudon, Laudon, 2014, s. 76.) Tutkimuksessa tietojärjestelmät keskittyvät esille tulleisiin tietojärjestelmiin liitteissä esitettyjen kriteerien luonteen perustella. Tietojärjestelmiä tarkastellaan laajemmin kappaleessa 5.2. Vaihtoehtoisesti tietojärjestelmiä voidaan käsitellä myös kuvan 3 pyramidimallin mukaisesti.



**Kuva 3.** Tietojärjestelmäkokonaisuudet (muokattu lähteestä Stair, Reynolds, 2010, s. 16)

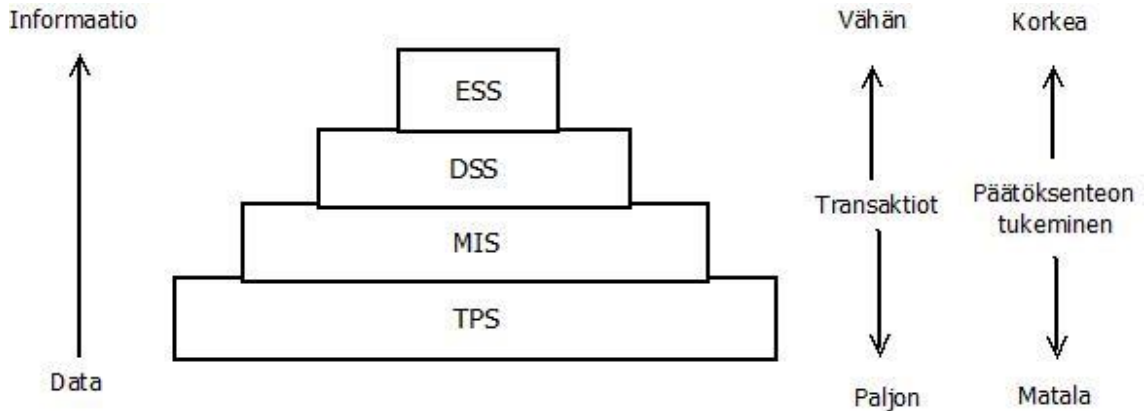
Kuvan 3 vaihtoehtoisessa mallissa tietojärjestelmiä kuvataan kokonaisuutena, jossa erilaisia tietojärjestelmiä voidaan integroida yhdeksi kokonaisuudeksi. Pyramidimallin alin kerros toimii kokonaisuuden pohjana, johon ominaisuuksia liittämällä saadaan spesifimpi järjestelmä aikaiseksi. Mallissa ensimmäisinä käsiteltävät yritysjärjestelmät koostuvat esimerkiksi aikaisemmin esille tulleista transaktioiden käsittelyjärjestelmistä. Näiden järjestelmien jälkeen pyramidimallissa esiintyy johtamisen tietojärjestelmät ja päätöksenteon tukijärjestelmät, kuten ensimmäisessäkin pyramidimallissa. Vaihtoehtoisen pyramidimallin kärjessä on tietämyksen hallitsemiseen ja spesifeihin toimintoihin keskittyvät järjestelmät. Spesifeitä järjestelmiä ovat esimerkiksi erilaiset organisaation neuvontajärjestelmät ja virtuaaliodellisuusteknologiaan pohjautuvat suunnittelujärjestelmät. (Stair, Reynolds, 2010, s. 15–26, O'Brien, Marakas, 2010.)

## 5.2 Lean-näkökulmia tukevat tietojärjestelmät

Lean-ajattelun näkökulmista kerättyjen kriteerien perusteella tietojärjestelmät on rajattu seuraaviin järjestelmiin:

1. transaktioiden käsittelyjärjestelmät
2. johtamisen tietojärjestelmät
3. päätöksenteon tukijärjestelmät
4. johtotason tietojärjestelmät.

Käsittävät tietojärjestelmät muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jossa tiedon määrä, tiedon tyyppi ja päätöksien tukemisen taso vaihtelevat tietojärjestelmäkohtaisesti (Stair, Reynolds, 2010, s. 359.) Esimerkiksi päätöksenteon tukeminen ja tiedon monet muodot ovat yhdistettävissä tutkimuksen liitteissä esitettyihin lean-näkökulmien kriteereihin. Eri järjestelmien välistä yhteyttä ja toiminnan eri tasoja on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 4.



**Kuva 4.** Tietojärjestelmien yhteys (muokattu lähteestä Stair, Reynolds, 2010, s. 359)

Käsittävät tietojärjestelmät ovat tietojärjestelmäkokonaisuuksia, jotka voidaan jakaa yksittäisiin tietojärjestelmiin (Stair, Reynolds, 2010, s. 19–25). Tutkimuksessa keskitytään käsittelemään näitä kokonaisuuksia yksittäisten järjestelmien sijasta kokonaiskuvan aikaansaamiseksi. Käsittävät tietojärjestelmät ovat nähtävissä liitteissä esitettyjen kriteerien sovelluskohteina.

### 5.2.1 Transaktioiden käsittelyjärjestelmät (TPS)

Transaktioiden käsittelyjärjestelmillä (TPS) tarkoitetaan tietokoneistettuja järjestelmiä, jotka tallioivat organisaatioissa tapahtuvat rutiinitapahtumat. Tällaisia tapahtumia ovat esimerkiksi myyntitilaukset, toimitustiedot ja materiaalien virtaus järjestelmässä. (Laudon, Laudon, 2014, s. 76.) Transaktio-termi tarkoittaa abstraktia käsitettä, jossa sovellusohjelma ja palvelin muodostavat yhteyden, jonka kautta tietoa pystytään käsittelemään järjestelmässä. Transaktioiden käsittelyjärjestelmät kehittyivät tietokantojen hallintaan kehitetyistä järjestelmistä, kun järjestelmien pääasiainen tehtävä muuttui tietokantojen samanaikaisesta käytöstä online-tapahtumien käsittelyyn esimerkiksi pankkialalla. (Weikum, Vossen, 2002, s. 3–39.) TPS-järjestelmien toiminta on usein kriittistä organisaation kannalta (Laudon, Laudon, 2014, s. 76–77).



TPS-järjestelmiä voidaan hyödyntää useilla eri toimialoilla ja eri toimissa (Weikum, Vossen, 2002, s. 3). Esimerkiksi työntekijöiden palkanmaksujärjestelmässä järjestelmän tietokannassa on tallennettuna tarvittavat perustiedot työntekijöistä, joihin yhdistetään ulkopuolelta tulevat tiedot esimerkiksi työntekijöiden suorittamista työtunneista. Tietoja yhdistämällä järjestelmä pystyy maksamaan työntekijöille oikeat palkkasummat, luovuttamaan tietoa eteenpäin ja laatimaan saatujen tietojen perusteella raportteja organisaation käyttöön. (Laudon, Laudon, 2014, s. 76–77.)

## 5.2.2 Johtamisen tietojärjestelmät (MIS)

Johtamisen tietojärjestelmät (MIS) tarkoittavat tietojärjestelmiä, jotka tarjoavat tietoa organisaatioiden päätöksentekijöiden käyttöön (Heijden, Johannes Govardus Maria van der, 2009, s. 3). MIS-järjestelmiä käytetään tuottamaan organisaation keskijohdolle raportteja organisaation suorituskyvystä. MIS-järjestelmät hyödyntävät TPS-järjestelmien tuottamaa dataa ja toimivat samalla esimerkiksi DSS-järjestelmien tietolähteenä. (Laudon, Laudon, 2014, s. 76–80.)

TPS-järjestelmien ja MIS-järjestelmien välinen yhteistyö eroaa pieniä ja suuria organisaatioita vertaillessa. Pienissä organisaatioissa pelkästään TPS-järjestelmän käyttö voi riittää tuottamaan organisaation johdon tarvitsemat raportit. Kuitenkin organisaation koon kasvaessa transaktioista tulevaa dataa tulee paljon enemmän, jolloin data muuttuu vaikeammaksi hyödyntää. Datan määrän kasvun lisäksi TPS-järjestelmä hidastuu erilaisten raporttien tuottamisen yhteydessä, koska järjestelmää kuormitetaan koko ajan työntekijöiden toimesta. Järjestelmän kuormittavuuden ja dataongelmien vähentämiseksi MIS-järjestelmä otetaan käyttöön suurissa organisaatioissa TPS-järjestelmän rinnalle. Tietojärjestelmien lisäksi organisaatioissa otetaan käyttöön erillisiä tietokantoja, joilla kerättävää dataa pystytään jakamaan toimialakohtaisesti datan analysoimisen helpottamiseksi. (Heijden, Johannes Govardus Maria van der, 2009, s. 3–7.)

Käytännössä TPS-järjestelmät taltioivat tietoa esimerkiksi tuotteiden tilauksista, joista saatu data johdetaan MIS-järjestelmissä oleviin spesifeihin tietokantoihin. Tietokantojen kautta dataa muutetaan MIS-järjestelmissä erilaisiksi raporteiksi, joita voidaan esittää esimerkiksi organisaation johdolle. Dataa käsitellään järjestelmissä haluttujen ajanjaksojen mukaisesti. (Laudon, Laudon, 2014, s. 76–80.)

MIS-järjestelmien kautta saadaan vastauksia ennalta määritettyihin ja rutiininomaisiin kysymyksiin organisaatiossa (Laudon, Laudon, 2014, s. 79–80). Kysymysten lisäksi järjestelmiä voidaan käyttää erilaisten suorituskykyilmaisimien esittämisessä, joista organisaation tärkeimpiä toimintoja voidaan tarkkailla (Heijden, Johannes Govardus Maria van

der, 2009, s. 104). MIS-järjestelmät eivät ole helposti muokattavissa olevia järjestelmiä ja niiden analysointiominaisuudet ovat rajalliset. Rajoitteidensa takia MIS-järjestelmiä tukevat muun muassa DSS- ja ESS-järjestelmät. (Laudon, Laudon, 2014, s. 79–82.)

### **5.2.3 Päätöksenteon tukijärjestelmät (DSS)**

Päätöksenteon tukijärjestelmillä (DSS) tarkoitetaan tietokonepohjaisia järjestelmiä, jotka pyrkivät tukemaan päätöksentekijää datan ja logiikan avulla päätöksenteossa (Crossland, 2008). DSS-järjestelmiä käytetään ongelmassa, jotka ovat nopeasti muuttuvia tai uusia organisaatiolle. Ongelmatilanteissa ongelman määrittely voi olla myös kokonaan tekemättä, joka ei ole mahdollista aikaisemmin käsitellyissä tietojärjestelmissä. (Laudon, Laudon, 2014, s. 79–82.) Järjestelmien avulla pyritään saavuttamaan tuottoisempia, innovatiivisempia ja hyvämaineisempia päätöksiä organisaatiolle (Burstein, Holsapple, 2008, s. 22).

Organisaatioissa on olemassa erilaisia informaatio-orooleja, joita voidaan soveltaa myös päätöksentekijöiden toimintaan. Samankaltaista roolijakoa hyödynnetään DSS-järjestelmän tekemässä päätöksenteossa. Roolijaon kautta DSS-järjestelmä pystyy tukemaan päätöksentekoa monipuolisesti ja rakentamaan loogisen perustan päätöksenteolle. (Burstein, Holsapple, 2008, s. 25–26.)

DSS-järjestelmissä hyödynnetään pääasiallisena tietolähteenä MIS-järjestelmien raportteja, joihin tarvittava data on saatu TPS-järjestelmien kautta. Raporttien lisäksi DSS-järjestelmä hyödyntää tietoa ulkoisista lähteistä. Ulkoisia lähteitä ovat esimerkiksi tuotteiden hinnat ja osakkeiden osakekurssit. (Laudon, Laudon, 2014, s. 77–80.) DSS-järjestelmä voidaan myös yhdistää muiden tietojärjestelmien toimintaan muun muassa päätöksentekijän avustamisen parantamiseksi (Crossland, 2008).

DSS-järjestelmää voidaan hyödyntää työntekijöiden keskuudessa esimerkiksi erilaisissa optimointitilanteissa. Järjestelmät voivat tukea myös organisaation johtoa esimerkiksi työllisyystasojen ennustamisessa sekä pitkäaikaisien trendien määrittämisessä. (Laudon, Laudon, 2014, s. 81–82.)

### **5.2.4 Johtotason tietojärjestelmät (ESS)**

Johtotason tietojärjestelmät (ESS) tarjoavat organisaation johtohahmoille keskeistä tietoa päätöksenteon avustamiseksi. Tietoa tarjotaan käyttäjäystävällisesti ja monipuolisesti, jotta päätöksentekijä saa tietoa erilaisista päätösvaihtoehdoista ja tieto on helposti ymmärrettävässä muodossa. (Friedman, Munter, 2004.) Johtotason tietojärjestelmiä

käytetään päätöksissä, jotka poikkeavat organisaation tavallisesti tehtävistä päätöksistä esimerkiksi arvioinnin monimutkaisuuden tai poikkeavan ratkaisun löytämiseksi. Käytettävä data kerätään organisaation eri tietojärjestelmiltä ja esitetään visuaaliseen muotoon tiivistettynä. Johtotason tietojärjestelmissä pyritään huomioimaan sisäisen datan lisäksi myös ulkoiset tekijät kuten kilpailijoiden toimet. (Laudon, Laudon, 2014, s. 82.)

Tietojärjestelmät pyrkivät toiminnassaan analysoimaan toiminnan trendejä, ennustamaan tulevia muutoksia ja konkreettisesti kertomaan datan kuvaamat asiat yksityiskohdaisesti. Tietojen esittämisessä hyödynnetään digitaalisia kojelautoja, joissa datan visuaalisuus ja datan tarkka muoto korostuvat. (Laudon, Laudon, 2014, s. 82.)

Johtotason tietojärjestelmät tarjoavat useita erilaisia toimintoja organisaatiolle. Tarpeen vaatiessa organisaatiot pyrkivät muokkaamaan ja priorisoimaan käytettävän tietojärjestelmän ominaisuuksia omien tarpeittensa mukaan. Järjestelmissä olevia ominaisuuksia ovat esimerkiksi sähköisen viestinnän mahdollisuus, työkalut päätöksenteon tukemiseen ja raportoinnin mahdollistavat ohjelmat. Järjestelmien ominaisuuksiin kuuluu myös erilaiset multimediaan liittyvät esitystoiminnot. (Nord, Nord, 1995.)

Johtotason tietojärjestelmien kautta organisaatiot pystyvät esimerkiksi ymmärtämään syvällisemmin organisaatioon vaikuttavaa tietoa, ratkaisemaan organisaatiossa esiintyviä ongelmia ja tarkastelemaan erilaisia päätösvaihtoehtoja järjestelmän kautta. Järjestelmän hyötyjen avulla strategisten etujen tavoittelu organisaatiossa helpottuu. (Nord, Nord, 1995.) Järjestelmien implementaation ja hyötyjen kautta organisaatioiden hallinta on muuttunut dataan perustuvan hallinnan ympärille, jossa tilannekuvan ajankohtaisuus korostuu. Koska tuotannon puolelta tehtävät asiat näkyvät lähestulkoon välittömästi organisaation johdon järjestelmissä, tilanteisiin reagointi on reaaliaikaista. (Laudon, Laudon, 2014, s. 83.)

### **5.3 Lean-näkökulmien kriteerit tietojärjestelmille**

Aikaisemmin esille tulleet lean-näkökulmat aiheuttavat erilaisia kriteereitä käytettävälle tietojärjestelmille. Tutkimuksessa kyseisiä kriteerejä on listattu lean-näkökulmien mukaisesti, jotta kokonaiskuvan muodostaminen optimaalisen tietojärjestelmän kriteereistä olisi mahdollista.

Lean-ajattelun kriteerien käsittelemiseksi erilaisten kriteerien ja niiden lähteiden lisäksi tarvitaan muita selventäviä tietoja. Kriteerien toteuttamisessa huomioitavat osa-alueet on tuotu tarkastelun helpottamiseksi erikseen esille, koska tietojärjestelmät muodostuvat erilaisista aikaisemmin esitetyistä osa-alueista (Stair, Reynolds, 2010, s. 11–15). Kritee-

rien oleellisuus on myös esitetty erillisenä tietona liitetaulukoissa, jotta optimaalisen tietojärjestelmän kriteerien käsitteleminen olisi rajattua. Kriteereihin sovellettavat tietojärjestelmät on esitetty liitetaulukoissa kokonaisuuden hahmottamisen tukemiseksi ja kriteerin ympärillä vaikuttavien toimintojen kuvaamiseksi.

Tutkimuksen liitteissä olevien kriteerien oleellisuus on arvioitu toiminnan vaikuttavuuden perusteella. Kriteerit ovat liitetaulukoissa järjestelty korkeimmasta matalimpaan kriteeriin. Liitteissä käytettävät kriteerit on esitetty alla olevassa taulukossa 4.

Taulukko 4. *Arviointikriteerit*

Arviointikriteeri	Arviointikriteerin selitys
Kriittinen	Järjestelmä ei toimi ilman ominaisuutta.
Tärkeä	Järjestelmä ei toimi moitteetta ilman ominaisuutta.
Keskeinen	Ominaisuus lisää merkittävästi järjestelmän käytettävyyttä.
Tarpeellinen	Ominaisuus on tarpeellinen käyttäjällä.
Yleishyödyllinen	Ominaisuus on hyvä olla olemassa.

Kriteereissä tietojärjestelmien huomioitavia osa-alueita on tarkasteltu kriteerin toimintojen ja ominaisuuksien perusteella. Huomioitavat osa-alueet jakautuvat taulukko 5 mukaisesti erilaisiin tarkastelukohteisiin.

Taulukko 5. *Huomioitavat osa-alueet*

Huomioitavat osa-alueet	Käytettävä lyhenne
Fyysinen laitteiston toteutus	Fyysinen
Järjestelmän ohjelmistototeutus	Ohjelma
Organisaatiostrategia	Strategia
Käyttöprotokollat	Protokolla
Organisaatiokulttuuri	Kulttuuri

Kriteereissä huomioitavien osa-alueiden ja kriteerien sisällön perusteella sovellettavia järjestelmiä on tuotu esille. Tutkimuksen liitteissä esillä olevissa kriteereissä painottuu tietämyksen hyödyntäminen, datan kerääminen ja päätöksenteon tukeminen, jonka takia tutkimuksessa on keskitytty nelitasoisen pyramidimallin tietojärjestelmien käsittelemiseen (O'Brien, Marakas, 2010). Mallin perusteella valitut tietojärjestelmät on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. *Käsittävät tietojärjestelmät*

Järjestelmä	Lyhenne
Transaktioiden käsittelyjärjestelmä	TPS
Johtamisen tietojärjestelmät	MIS
Päätöksenteon tukijärjestelmät	DSS
Johtotason tietojärjestelmät	ESS

Kriteerien suuren määrän takia eri näkökulmista saadut kriteerit ovat esillä tutkimuksen liitteissä. Liitteet ovat esitetty näkökulmien mukaisessa käsittelyjärjestyksessä. Liitteiden sisältö kerrotaan taulukossa 7.

Taulukko 7. *Näkökulmien liitteet*

Lean-ajattelun näkökulma	Liite, jossa käsitellään
Kaizen	Liite A
Six Sigma	Liite B
DFC	Liite C
SMED	Liite D

Liitteissä esitettyjä kriteereitä on kerätty yhteensä viidestätoista eri lähteestä. Kriteerien lähteiden valinnassa on käytetty samoja periaatteita kuin muussa tutkimuksessa. Kriteerin lähde on merkitty jokaisen kriteerin perään.

## 6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa tuotantotehokkuutta on käsitelty lean-ajattelun näkökulmasta valmistavassa teollisuudessa. Näkökulman kautta määriteltynä tuotantotehokkuuden tavoittelu tarkoittaa tehokkuuden, laadun ja toiminnan jatkuvaa kehittämistä organisaatiossa esimerkiksi organisaation prosesseja ja tuotteiden laatua parantamalla.

Tutkimuksessa tarkasteltaviksi näkökulmiksi valittiin Kaizen, Six Sigma, DFC ja SMED. Erilaisten näkökulmien hyödyntäminen mahdollistaa laajan hukkien poistamisen ja toiminnan kehittämisen organisaatiossa. Tarkasteltavien näkökulmien hyödyntäminen vaatii erilaisia kriteereitä toimiakseen. Näkökulmista saatuja kriteereitä hyödynnettiin tutkimuksessa optimaalisen tietojärjestelmän hahmottelemisessa.

Tietojärjestelmillä pystytään tukemaan organisaation toimintaa, jonka takia tutkimuksessa tuotantotehokkuuden kehittämisen tukemista käsitellään tietojärjestelmien avulla. Tietojärjestelmien vastaavuus lean-ajattelulle on tärkeää optimaalisen toiminnan mahdollistamisessa. Valmistavan teollisuuden tietojärjestelmät rajattiin tutkimuksessa transaktioiden käsittelyjärjestelmiin, johtamisen tietojärjestelmiin, päätöksenteon tukijärjestelmiin ja johtotason tietojärjestelmiin. Käsitellyissä tietojärjestelmissä korostuu datan kerääminen organisaatiosta sekä päätöksenteon laajamittainen tukeminen, jotka molemmat tukevat aikaisemmin kerättyjä lean-näkökulmien kriteereitä.

Liitteissä eri lean-näkökulmista muodostetut kriteerit jaettiin oleellisuuden, sovellettavan järjestelmän ja huomioitavien osa-alueiden kautta erilaisiin tarkastelukohteisiin. Näkökulmissa erilaisten kriteerien oleellisuus jakautui suuresti, jonka seurauksena jokaisessa näkökulmassa on kriittisiä kuten myös yleishyödyllisiä kriteereitä. Käsiteltävät tietojärjestelmät tukevat nelitasoisen pyramidimallin mukaisesti toisiaan, jonka takia erilaiset kriteerit on yhdistettävissä useaan eri tietojärjestelmään.

Tietojärjestelmien välisen yhteyden takia optimaalista järjestelmää rakennettaessa tietojärjestelmän on välttämätöntä tukea erilaisten lean-näkökulmien kriittiseksi luokiteltuja kriteereitä. Näitä kriteereitä on pakko tukea, koska kriittisen oleellisuuden määrittelyn mukaisesti järjestelmä ei toimi, elleivät kriteerit täyty.

Kriittisten kriteerien lisäksi osa kriteereistä toistui useissa eri lean-näkökulmissa. Monipuolisten kriteerien tukeminen vaikuttaa järjestelmän sovellettavuuden laajuuteen, joka puolestaan tukee optimaalisen tietojärjestelmän muodostamista. Tämän takia optimaalisen tietojärjestelmän tulisi tukea useasti toistuvia kriteereitä.

Kaikissa liitteiden lean-näkökulmissa esiintyy erilaisia kriittisiksi luokiteltuja kriteereitä. Koska optimaalisen tietojärjestelmän tulisi tukea kaikkia kriittiseksi luokiteltuja kriteereitä, voidaan näitä käsitellä ilman järjestelmäkohtaista luokittelua. Keskeisimpiä kriittisiä kriteerejä ovat seuraavat:

- erilaisten tietojen sekä vaatimusten tallentaminen ja käsittely mahdollista
- innovaatioita pitää pystyä yhdistämään toimintaan mukaan
- järjestelmä tukee kaikkia Kaizenin toteuttamisen muotoja
- järjestelmä tukee ratkaisujen kehittämistä
- järjestelmällä pullonkaulojen minimointi mahdollista
- järjestelmän pitää tukea DMAIC-menetelmää
- järjestelmän pitää tukea erilaisia analyysi ja laskentajärjestelmiä
- järjestelmän tarkka mittaaminen optimoinnin mahdollistamiseksi
- mahdollistaa pitkäkestoisen toiminnan ja jatkuvan kehittämisen
- yhteensopivuus muiden järjestelmien kanssa.

Kriittisten kriteerien luettelosta on poistettu kriteerit, joiden sisältö on esitetty jossain muussa kriteerissä aikaisemmin. Luetellut kriteerit mahdollistavat tietojärjestelmien tavoitteiden saavuttamisen ja toimivat osana järjestelmän toteutusta.

Kriittisten kriteerien perusteella optimaalisessa tietojärjestelmässä fyysisen toteutuksen ja laitteiston ohjelmistototeutuksen pitäisi mahdollistaa tietojen tallentaminen ja mahdollistaa samalla niiden yksityiskohtainen käsittely organisaation toimesta. Tietojärjestelmän pitäisi olla samalla muokattavissa, jotta tulevaisuudessa tehtävät innovaatiot olisi mahdollista yhdistää suoraan järjestelmän toimintaan, eikä uuden järjestelmän rakentamista tarvittaisi innovaation hyödyntämiseksi. Tietojärjestelmän tulisi tukea kaikkia Kaizenin toteuttamisen muotoja eli järjestelmää pitäisi pystyä hyödyntämään kaikissa eri pituisissa Kaizen tapahtumissa. Järjestelmän pitäisi myös tukea Six Sigma menetelmää tarkan mittaamisen mahdollistamiseksi ja DMAIC-menetelmän tukemisen kautta. Yleisten analyysi ja laskentajärjestelmien lisäksi järjestelmän pitäisi olla yhteensopiva muiden organisaatioiden järjestelmien kanssa toimivuuden tehostamiseksi. Tietojärjestelmän pitäisi kokonaisuudessaan tukea ratkaisujen kehittämistä ja jatkuvaa toiminnan parantamista organisaatiossa.

Kriittisissä kriteereissä on useita yhtäläisyyksiä toistensa kanssa. Suuri osa kriteereistä on toteutettavissa kaikissa tietojärjestelmissä eivätkä ne ole niinkään tietojärjestelmäspesifejä. Laajan käytettävyyden lisäksi kriittisiä kriteereitä toteutettaessa huomioitavat osa-alueet ovat pääasiallisesti hyvin laajoja, eli koko organisaation toiminta vaikuttaa kriteerien toteutumiseen.

Lean-ajattelun näkökulmissa tietyt liitteissä esille tulleet kriteerit toistuivat useissa näkökulmissa. Tällaisia samantyyllisiä kriteereitä olivat esimerkiksi seuraavat:

- järjestelmän pitää olla hintatehokas
- järjestelmän visualisointi virheiden minimoimiseksi
- mahdollistaa pitkäkestoisen toiminnan ja jatkuvan kehittämisen
- virhevapaa järjestelmä
- standardisoidut osat järjestelmässä
- järjestelmien pitää olla helppokäyttöisiä ja monipuolisia.

Eri näkökulmissa toistuvat kriteerit poikkeavat toisistaan oleellisuuden suhteen suuresti, koska osa kriteereistä on luokiteltu kriittisiksi ja osa vastaavasti yleishyödyllisiksi. Koska kriteerien oleellisuus vaihtelee suuresti, eri näkökulmissa toistuvia kriteereitä ei voida valita oleellisuuden perusteella kuten kriittisten kriteerien toteutuksessa voitiin. Kriteerejä toteutettaessa huomioitavat osa-alueet keskittyvät pääasiallisesti fyysisen laitteistototeutuksen ja järjestelmän ohjelmistototeutuksen ympärille, joka puolestaan eroaa myös kriittisistä kriteereistä.

Keskeisenä tutkimustuloksena on, että tuotantotehokkuutta tukevat järjestelmät tukevat erilaisia lean-ajattelun näkökulmia monipuolisten hukkien poistamiseksi ja toiminnan kehittämiseksi valmistavassa teollisuudessa. Näkökulmien tukemiseksi ja tavoitteiden aikaansaamiseksi kriittisten kriteerien täyttäminen on keskeistä, koska muuten optimaalinen järjestelmä ei voi tukea kaikkia lean-näkökulmia. Kriittisiä kriteereitä toteutettaessa koko organisaation toiminta tulee laajan vaikuttavuuden takia ottaa toimissa huomioon. Kriteereissä keskeiseksi muodostuu myös eri näkökulmissa toistuvat kriteerit, koska tällaisten kriteerien toteuttaminen tukee useita käsiteltyjä lean-näkökulmia. Erityisesti järjestelmän hintatehokkuus ja virheiden estäminen ovat merkittävämpiä optimaalisen järjestelmän ominaisuuksia. Vaikka optimaalisen tietojärjestelmän tavoittelussa erilaisten liitteissä esille tulleiden kriteerien toteuttaminen korostuu, järjestelmän pitää myös pystyä vastaamaan organisaation toimintaa ja strategiaa, jolloin järjestelmään kohdistuu pakosti erilaisia rajoittavia tekijöitä.



Koska tutkimuksessa käsiteltiin tuotantotehokkuuden kehittämistä neljästä lean-ajattelun näkökulmasta, muiden tarkastelukohteiden kriteerit tulevat puuttumaan tutkimuksessa kuvatussa optimaalisesta tietojärjestelmästä. Kriteereitä voi puuttua myös esimerkiksi aineiston valinnan tai tietojärjestelmien rajauksen seurauksena. Kirjoittajan näkemys asiasta on näkyvissä kriteerien olennaisuuden, huomioitavan osa-alueen ja sovellettavan järjestelmän arvioinnissa, joka muuttaa näkemystä optimaalisesta tietojärjestelmästä.

Tuotannon ongelmien minimoimiseksi ja tuotantotehokkuuden maksimoimiseksi jatkotutkimuksien toteuttaminen aiheesta on tarpeellista. Tutkimuksen tekeminen erityisesti tutkimuksen ulkopuolelle rajatuista tuotantotehokkuuden kehittämisen näkökulmista korostuu. Tuotantotehokkuuteen vaikuttavien tietojärjestelmien tutkiminen tulevaisuudessa esimerkiksi 5G-tekniikan tai Esineiden internetin kautta voi laajentaa tutkittavaa asiaa.

## LÄHTEET

Berger, A. 1997. Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*. [Online] 8 (2), 110–117.

Bradley, J.R. 2015. *Improving business performance with Lean*. 2nd ed. New York: Business Expert Press.

Burstein, F. & Holsapple, C.W. 2008. *Handbook on Decision Support Systems 1 Basic Themes*. 1st ed. 2008. [Online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Burton, T. & Boeder, S. 2003. *The Lean Extended Enterprise: Moving Beyond the Four Walls to Value Stream Excellence*. Boca Raton: J. Ross Publishing, Inc.

Cakmakci, M. & Cakmakci, M. 2009. Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. [Online] 41 (1), 168–179.

Crossland, M. 2008. Decision Support Systems. *Encyclopedia of GIS*, 232–233.

da Silva, I.B. & Godinho Filho, M. 2019. Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. [Online] 102 (9–12), 4289–4307.

Dalton, J. 2018. *Gemba Kaizen*, Apress. Berkeley, CA.

Ferniough, A.M. Culley, S.J. Mileham, A.R. 1994. A financial model for set-up-reduction (SUR) justification. *Proceedings of the 4th International FAIM Conference* Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg. Virginia, USA. 198–207.

Fink, A. 2014. *Conducting research literature reviews: from the Internet to paper*. 4th ed. Thousand Oaks (Calif.): Sage.

Friedman, M. & Munter, P. 2004. Creating an Excel-based executive support system. *The Journal of corporate accounting & finance*. [Online] 15 (5), 53–59.

Geng, H. 2015. *Manufacturing engineering handbook*. McGraw-Hill.

George, M. et al. 2004. The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity. Blacklick: McGraw-Hill Education.

Hicks, B.J. 2007. Lean information management: Understanding and eliminating waste. International Journal of Information Management. [Online] 27 (4), 233–249.

Hirsjärvi, S. et al. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uud. p. Helsinki: Tammi.

Huang, A.H. & Windsor, J.C. 1998. An empirical assessment of a multimedia executive support system. Information & management. [Online] 33 (5), 251–262.

Imai, M. 1986. Kaizen (Ky'zen): the key to Japan's competitive success. New York: McGraw-Hill.

Kouri, I. 2010. Lean-taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Laihonen, H. et al. 2013. Tietojohdaminen. Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi.

Laudon, K.C. & Laudon, J.P. 2014. Management information systems: managing the digital firm. Thirteen edition. Harlow, England: Pearson.

Liker, J.K. 2004. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill.

Lukka, O. 2021. Pfizerin toimitusjohtaja myöntää: koronarokotteen tuotannossa pullonkauloja. Yle uutiset. Saatavilla [www-muodossa: https://yle.fi/uutiset/3-11736056](https://yle.fi/uutiset/3-11736056). (Luettu 12.4.2021).

Martinsuo, M. et al. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. painos. Helsinki: Edita.

Maurer, R. & Hirschman, L.A. 2013. The spirit of kaizen: creating lasting excellence one small step at a time. 1st ed. New York: McGraw-Hill.

McIntosh, R.I. 2001. Improving changeover performance a strategy for becoming a lean, responsive manufacturer. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Melton, T. 2005. The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical engineering research & design*. [Online] 83 (A6), 662–673.

Mileham, A.R. et al. 1999. Rapid changeover - a pre-requisite for responsive manufacture. *International journal of operations & production management*. [Online] 19 (8), 785–796.

Modig, N. et al. 2013. Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 1. painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

Montgomery, D.C. & Woodall, W.H. 2008. An Overview of Six Sigma. *International statistical review*. [Online] 76 (3), 329–346.

Nihtinen, R. 2020. Intelin tuotanto-ongelmat huolettavat yhdysvalloissa. *Kauppalehti*. Saatavilla www-muodossa: <https://www-kauppalehti-fi.libproxy.tuni.fi/uutiset/intelin-tuotanto-ongelmat-huolettavat-yhdysvalloissa-yhden-aikakauden-loppu/da949638-8d1b-46e8-bd5b-dc3d8012d73e>. (Luettu 12.4.2021).

Nord, J.H. & Nord, G.D. 1995. Why managers use executive support systems: Selecting and using information technology for strategic advantage. *Industrial management + data systems*. [Online] 95 (9), 24–28.

O'Brien, J.A. & Marakas, G.M. 2010. *Management Information Systems*. 10th ed. New York: McGraw-Hill.

Ōno, T. & Bodek, N. 1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Pande, P.S. et al. 2000. *The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. 1st ed. New York: McGraw-Hill.

Reik, M.P. et al. 2006. A formal design for changeover methodology. Part 1: Theory and background. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, Journal of engineering manufacture*. [Online] 220 (8), 1225–1235.

Santos, J. et al. 2006. *Improving Production with Lean Thinking*. Somerset: John Wiley & Sons, Incorporated.

Sayer, N.J. & Williams, B. 2012. *Lean For Dummies*. 2nd ed. Hoboken: Wiley.

Shingo, S. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. 1st ed. [Online]. Portland: CRC Press.

Smith, R. & Hawkins, B. 2004. Lean maintenance reduce costs, improve quality, and increase market share. Amsterdam: Elsevier Butterworth Heinemann.

Stair, R. & Reynolds, G. 2010. Principles of Information Systems, 9th ed. Boston: Course Technology.

Tilastokeskus, 2021. Käsitteet: Teollisuus. Saatavissa [www-muodossa: https://www.stat.fi/meta/kas/teollisuus.html](https://www.stat.fi/meta/kas/teollisuus.html). (Luettu 7.2.2021).

van der Heijden, H. 2009. Designing management information systems. Oxford: Oxford University Press, Incorporated.

Van Goubergen, D. & Van Landeghem, H. 2002. Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. [Online] 18 (3), 205–214.

Wang, J.X. 2010. Lean manufacturing business bottom-line based. Boca Raton: Taylor & Francis.

Weikum, G. & Vossen, G. 2002. Transactional information systems theory, algorithms, and the practice of concurrency control and recovery. 1st ed. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Womack, J.P. & Jones, D.T. 1996. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. New York (N.Y.): Simon & Schuster.

## LIITE A: KAIZEN KRITEERITAUUKKO

Kriteeri	Huomioitava osa-alue	Sovellettava järjestelmä	Oleellisuus	Kriteerin lähde
Mahdollistaa pitkäkestoisen toiminnan ja jatkuvan kehittämisen.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(Berger, 1997)
Järjestelmä tukee kaikkia Kaizenin toteuttamisen muotoja.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(Burton, Boeder, 2003, s. 75)
Innovaatioita pitää pystyä yhdistämään toimintaan mukaan.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	DSS, ESS	Kriittinen	(Imai, 1986, s. 6–7)
Järjestelmän pitää pystyä tukemaan organisaation strategiaa.	Fyysinen, ohjelma, strategia, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Dalton, 2018, s. 175–176)
Järjestelmä on kustannustehokas.	Fyysinen, ohjelma, strategia, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Burton, Boeder, 2003, s. 75)
Järjestelmän pitää pystyä tukemaan pehmeitä ja konkreettisia prosesseja.	Fyysinen, ohjelma	DSS, ESS	Tärkeä	(Burton, Boeder, 2003, s. 75)
Järjestelmä mahdollistaa työntekijöiden laajan osallistumisen.	Ohjelma, protokolla, organisaatiokulttuuri	TPS, MIS	Tärkeä	(Imai, 1986, s. 40)
Järjestelmää on mahdollista soveltaa kaikissa organisaation toimissa.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Burton, Boeder, 2003, s. 75)

Mahdollistaa datan tarkan tallentamisen ja käsittelyn.	Ohjelma	TPS	Tärkeä	(Burton, Boeder, 2003, s. 77)
Motivoitunut ja työntekijälähtöinen toiminta.	Protokolla, kulttuuri	MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Berger, 1997)
Ketterä johtaminen ja työskentely mahdollista.	Protokolla, kulttuuri	DSS, ESS	Keskeinen	(Dalton, 2018, s. 175–176)
Järjestelmä on riskitön.	Fyysinen, ohjelma, protokolla	TPS	Keskeinen	(Burton, Boeder, 2003, s. 75)
Virhevapaa järjestelmä.	Fyysinen, ohjelma, protokolla	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Burton, Boeder, 2003, s. 75)
Toiminnan ohjaaminen on mahdollista.	Strategia, kulttuuri	MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Burton, Boeder, 2003, s. 80)
Kaizenia voi toteuttaa yksilö, ryhmä tai parannusehdotusjärjestelmä.	Protokolla, kulttuuri	TPS	Tarpeellinen	(Dalton, 2018, s. 175–176)
Työntekijöiden kehitysideoiden tallentaminen mahdollista.	Fyysinen, ohjelma	TPS, MIS	Tarpeellinen	(Burton, Boeder, 2003, s. 75)
Visuaalinen ja helposti ymmärrettävä järjestelmä.	Fyysinen, ohjelma	ESS	Tarpeellinen	(Burton, Boeder, 2003, s. 76)
Standardoitu järjestelmä ja standardoidut menetelmät.	Fyysinen, ohjelma, protokolla	TPS	Yleishyödyllinen	(Imai, 1986, s. 75)

## LIITE B: SIX SIGMA KRITEERITAUUKKO

Kriteeri	Huomioitava osa-alue	Sovellettava järjestelmä	Oleellisuus	Kriteerin lähde
Järjestelmän pitää tukea DMAIC-menetelmää.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(Geng, 2015, luku 37)
Erilaisten tietojen sekä vaatimusten tallentaminen ja käsittely mahdollista.	fyysinen, ohjelma	TPS, MIS	Kriittinen	(George et al., 2004, s. 56)
Järjestelmä tukee analyysi ja laskentajärjestelmiä kuten esimerkiksi Gage R&R ohjelmaa.	Ohjelma, protokolla	TPS, MIS	Kriittinen	(George et al., 2004, s. 87–103)
Järjestelmän pitää tukea erilaisia laskutoimintoja.	Ohjelma	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(George et al., 2004, s. 106–110)
Järjestelmän tukee ratkaisujen kehittämistä.	Ohjelma, protokolla, kulttuuri	MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(George et al., 2004, s. 254)
Mahdollistaa monimuotoisen laadun parantamisen organisaatiossa.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(Montgomery, Woodall, 2008)



Datasta mahdollista ottaa näytteitä järjestelmän avulla.	Ohjelma	TPS	Tärkeä	(George et al., 2004, s. 81–86)
Järjestelmän täytyy tukea erilaisten symboleiden ja terminologian käyttöä.	Ohjelma	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(George et al., 2004, s. 105)
Järjestelmässä on työkaluja juurisyiden selvittämistä varten.	Ohjelma	DSS, ESS	Tärkeä	(George et al., 2004, s. 140–149)
Järjestelmä mahdollistaa hintavertailun.	Ohjelma	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(George et al., 2004, s. 264)
Järjestelmä voidaan sitoa strategiaan.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Pande et al., 2000)
Järjestelmän pitää olla hyödynnettävissä koko organisaatiossa.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	TPS	Tärkeä	(Geng, 2015, luku 37)
Implementointi organisaation muiden toimien kanssa mahdollista.	Fyysinen, ohjelma, protokolla, kulttuuri	TPS	Tärkeä	(Montgomery, Woodall, 2008)
Järjestelmä mahdollistaa ajatusten muodostamisen ja ideoiden kehittämisen työntekijöiden kesken.	Ohjelma, kulttuuri	ESS	Keskeinen	(Geng, 2015, luku 37)
Järjestelmä mahdollistaa datan keräämisen suunnittelun.	Ohjelma, protokolla, kulttuuri	MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(George et al., 2004, s. 72–77)
Järjestelmässä vertailuanalyysin tekeminen on mahdollista.	Ohjelma	MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(George et al., 2004, s. 254)

Järjestelmä pitää olla osa Six Sigma työntekijöiden koulutusta.	Kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Pande et al., 2000)
Järjestelmän pitää tukea erilaisia työkaluja monipuolisesti.	Ohjelma, protokolla	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Pande et al., 2000)
Järjestelmän pitää tukea Six Sigman projektiorientaatiota.	Ohjelma, protokolla	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Montgomery, Woodall, 2008)
Järjestelmä tukee erilaisia tiedonkeräystapoja asiakkaasta, kuten esimerkiksi Kato-analyysi ja haastattelut.	Ohjelma	TPS, MIS	Tarpeellinen	(George, et al., 2004, s. 58-70)
Epäonnistumisen arviointi (FMEA) mahdollista järjestelmässä.	Ohjelma, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tarpeellinen	(George et al., 2004, s. 270)
Erialaisten ratkaisujen testaaminen mahdollista.	Ohjelma	MIS, DSS, ESS	Tarpeellinen	(George, et al., 2004, s. 273)
Järjestelmän pitää olla muokattavissa.	Fyysinen, ohjelma, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tarpeellinen	(Pande et al., 2000)
Käyttö pitää olla mahdollista kaiken kokoisissa organisaatioissa.	Fyysinen, ohjelma, protokolla, kulttuuri	TPS	Tarpeellinen	(Montgomery, Woodall, 2008)
Järjestelmä ottaa huomioon laatuun vaikuttavat tekijät laadun parantamiseksi.	Ohjelma, protokolla, kulttuuri	DSS, ESS	Tarpeellinen	(Geng, 2015, luku 37)
Järjestelmän toiminnan pitää olla yksinkertaista.	Fyysinen, ohjelma	TPS	Yleishyödyllinen	(Pande et al., 2000)

Järjestelmä tarvitsee huippulahjakkuuksia organisaatiossa parhaan tuloksen saamiseksi.	Kulttuuri	DSS, ESS	Yleishyödyllinen	(Montgomery, Woodall, 2008)
Järjestelmä tarvitsee turvallisen ympäristön.	Kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Yleishyödyllinen	(Montgomery, Woodall, 2008)
Järjestelmä tukee tarkkaa käyttämistä.	Protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Yleishyödyllinen	(Geng, 2015, luku 37)

## LIITE C: DFC KRITERITÄULUKKO

Kriteeri	Huomioitava-osa-alue	Sovellettava järjestelmä	Oleellisuus	Kriteerin lähde
Yhteensopivuus muiden järjestelmien kanssa.	Fyysinen, ohjelma, strateginen, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(McIntosh, 2001, s. 146–201)
Changeover-aktiviteettien tukemiseksi pitää pystyä tukemaan kaikkia osa-alueita.	Fyysinen, ohjelma, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(Reik et al., 2006, s. 1226)
Mahdollistaa vastuullisen tuotannon pienissä erissä.	Fyysinen, ohjelma, strategia, kulttuuri	MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Reik et al., 2006, s. 1225)
Tukee laadullista ja kestävästä kehittymistä.	Fyysinen, ohjelma, strategia, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Reik et al., 2006, s. 1226)
Pitää pystyä tukemaan erilaisia analysointimuotoja.	Ohjelma	DSS, ESS	Tärkeä	(Reik et al., 2006, s. 1231–1233)
Mahdollista hyödyntää sekä uudessa että vanhan järjestelmän suunnittelun tukena.	Fyysinen, ohjelma, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Mileham et al., 1999)
Kokemus ja johdon tuki tarvitaan suunnittelun menestymiseksi.	Strategia, kulttuuri	DSS, ESS	Keskeinen	(Mileham et al., 1999)

Yksinkertaisuus järjestelmässä.	Fyysinen, ohjelma, protokolla, kulttuuri	TPS	Keskeinen	(Mileham et al., 1999)
Järjestelmässä ei tule virheitä.	Fyysinen, ohjelma	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Mileham et al., 1999)
Standardisoidut osat järjestelmässä.	Strategia, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tarpeellinen	(Mileham et al., 1999)
Visuaalisuus mukana järjestelmän toteutuksessa.	Fyysinen, ohjelma, kulttuuri	TPS, ESS	Tarpeellinen	(McIntosh, 2001, s. 146–201)
Järjestelmä vaatii minimoidun määrän työkaluja toimiakseen.	Fyysinen	TPS, MIS, DSS, ESS	Tarpeellinen	(McIntosh, 2001, s. 146–201)
Järjestelmien pitää olla helppokäyttöisiä ja monipuolisia.	Fyysinen, ohjelma, protokolla	TPS, MIS, DSS, ESS	Yleishyödyllinen	(Mileham et al., 1999)

## LIITE D: SMED KRITEERITAUUKKO

Kriteeri	Huomioitava osa-alue	Sovellettava järjestelmä	Oleellisuus	Kriteerin lähde
Järjestelmän tarkka mittaaminen optimoinnin mahdollistamiseksi.	Fyysinen, ohjelma	TPS	Kriittinen	(Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
Järjestelmällä pullonkaulojen minimointi mahdollista.	Fyysinen, ohjelma, strategia, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Kriittinen	(Shingo, 1985, s. 21)
Pitää hyväksyä useita tietotyyppejä ja yksittäisiä tietoja.	Fyysinen, ohjelma	DSS, ESS	Tärkeä	(Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171)
Yhteensopivuus PCA-menetelmien kanssa kehittämisen mahdollistamiseksi.	Fyysinen, ohjelma	TPS	Tärkeä	(Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171)
Järjestelmän pitää olla hintatehokas.	Fyysinen, ohjelma, strategia, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Tärkeä	(Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
Tilastollisen ja laadullisen datan käyttömahdollisuus.	Ohjelma	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171)
Tietoa koneiden parametreista laitteiden optimointia varten.	Ohjelma	TPS	Keskeinen	(Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171, Reik et al., 2006, s. 1228)

Asetusten tekeminen pitää tapahtua virheettää.	Fyysinen, ohjelma, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
SMED-järjestelmää pitää pystyä kehittämään eteenpäin.	Fyysinen, ohjelma, strategia, protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Keskeinen	(Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 170)
Asetusten tekeminen pitää olla helppoa.	Fyysinen, protokolla	TPS	Tarpeellinen	(Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
Standardoitujen osien käyttö ja järjestelmän osia ei tarvitse vaihtaa usein.	Fyysinen, protokolla	TPS, MIS, DSS, ESS	Tarpeellinen	(Reik et al., 2006, s. 1228, Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171, Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
Järjestelmä helppo ja nopea korjata.	Fyysinen, protokolla, kulttuuri	TPS	Tarpeellinen	(Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
Järjestelmän visualisointi virheiden minimoimiseksi.	Fyysinen, kulttuuri	ESS	Tarpeellinen	(Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
Vakiotyötapojen käyttö ongelmien ratkaisun tueksi.	Protokolla, kulttuuri	TPS, MIS, DSS, ESS	Yleishyödyllinen	(Van Goubergen, Van Landeghem, 2002)
Järjestelmien modulaarisuus.	Fyysinen	TPS, MIS, DSS, ESS	Yleishyödyllinen	(Cakmakci, Cakmakci, 2009, s. 171, Reik et al., 2006, s. 1228)