

Rasmus Stenman

LEAN-AJATTELU TUOTANTOJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMISESSÄ

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Toukokuu 2022

TIIVISTELMÄ

Rasmus Stenman: Lean-ajattelu tuotantojärjestelmien kehittämisessä
Effects of lean thinking on improvement of manufacturing systems
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Konetekniikka
Toukokuu 2022

Lean-ajattelu on yksi vaihtoehto tuotantojärjestelmien kehittämiselle. Kehityksen suunta ei aina ole odotusten mukainen. Tässä kandidaatintyössä tutkitaan lean-ajattelun vaikutuksia tuotantojärjestelmien kehittämisen yhteydessä, sekä mahdollisia syitä sen epäonnistumiselle. Työn tavoite on selvittää, mitä lean-ajattelu on ja kuinka se vaikuttaa tuotantojärjestelmien kehitykseen.

Työn rakenne etenee teoriasta kohti tieteellisissä artikkeleissa esiteltyjä tapaustutkimuksista saatuja tuloksia. Teoriaosuudessa esitellään lean-ajattelun tausta aloittaen Toyota Production Systems:stä (TPS). Lean-ajattelun periaatteet esitellään myös teoriaosuudessa, sekä sille ja TPS:lle yhteiset piirteet omina alalukuinaan. Yhteisiä piirteitä ovat tuotantojärjestelmästä poistettavat hukat, sekä työkalut ja menetelmät, mitä siihen käytetään. Teoriaosuuden jälkeen esitellään tuotantojärjestelmät, joista tehtyjen tapaustutkimusten avulla työn tutkimuskysymyksiin etsitään vastauksia. Työssä tarkasteltavat tapaustutkimukset ovat Andor-järjestelmästä etsittyjä alle 15 vuotta vanhoja artikkeleita, joissa tutkimuksen kohteena oleva yritys ei ole Toyota. Tarkasteltavia tapaustutkimuksia oli kaksi, joista molemmat käsittelivät lean-ajattelua ja siihen liittyvien menetelmien käytöstä saatuja tuloksia.

Työn yhteenvedossa esitetään lean-ajattelulle tarkastellun teorian perusteella saatu määritelmä tuotantojärjestelmien yhteydessä. Aikaisempien tutkimusten perusteella saadut tulokset vaikutuksista tuotantojärjestelmän kehitykseen olivat, että ne keskittyvät arvon muodostumiseen vaikuttavaan päätöksentekoon. Päätöksentekoa tapahtuu useilla eri organisaation tasoilla. Havaittuja ongelmia lean-ajattelun hyödyntämisessä kehitykselle olivat väärinymmärrykset sen periaatteiden toteuttamisessa. Havaitut väärinymmärrykset voivat johtua arvon muodostumiselle välttämättömien tekijöiden väärästä tulkinnasta. Muita kehityksen suuntaan vaikuttavia tekijöitä olivat haluttujen toimintatapojen kommunikointi organisaation sisällä. Yhteenvedossa ehdotetaan myös jatkotutkimuksen kohteeksi lean-ajattelun käyttöä tuotantojärjestelmien suunnittelussa vastaavien ongelmien välttämiseksi.

Avainsanat: Lean-ajattelu, tuotantojärjestelmä, kehittäminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. LEAN-AJATTELU	3
2.1 Toyota Production System	3
2.2 Lean	5
2.3 Hukat	7
2.4 Työkalut	9
3. TUOTANTOJÄRJESTELMIEN VERTAILU: YRITYSCASET	12
3.1 Tuotantojärjestelmä 1: Lockheed Martin	12
3.2 Tuotantojärjestelmä 2: Ford Motor Company	13
4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	14
4.1 Tulokset	14
4.2 Tulosten analyysi	16
5. YHTEENVETO	18
LÄHTEET	19

LYHENTEET JA MERKINNÄT

JIT	Just-In-Time
PDCA	Plan-Do-Check-Act
TPS	Toyota Production System
VSM	Value-Stream-Mapping

1. JOHDANTO

Lean-ajatteluun yhdistettyjä termejä ja määritelmiä on tarjolla useita. Yhtenä määritelmänä lean-ajattelulle on tuotannollinen filosofia. Termin kehittyminen alkoi Toyotan kehittämistä tavoista parantaa valmistusmenetelmiä, jotka tunnetaan myös Toyota Production Systems:inä (TPS). Lean-ajattelua sovelletaan nykyisin myös teollisuuden ulkopuolisilla aloilla. Termin monikäsitteisyyden takia lean-ajattelua on toteutettu tuotantojärjestelmissä useilla eri tavoilla, joilla saavutetut lopputulokset eivät vastaa aina odotuksia. Aiheesta on saatavilla myös paljon kirjallisuutta. (Stone 2012)

Tämän kandidaatintyön tavoite on selvittää, mitä lean-ajattelu on ja kuinka se vaikuttaa tuotantojärjestelmien kehitykseen. Tavoitteen saavuttamiseksi työssä tutkitaan teorian lisäksi aikaisempia tapaustutkimuksia lean-ajattelua hyödyntävistä tuotantojärjestelmistä. Työn tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- 1) Mitä lean-ajattelu on?
- 2) Mihin tuotantojärjestelmän osaan se vaikuttaa, miten ja miksi?
- 3) Mitkä ovat epäonnistumisen syyt?

Työn tutkimusmenetelmä on kirjallisuustutkimus. Työ on rajattu tarkasteltavien esimerkkien osalta jo lean-ajattelua hyödyntäviin kirjallisuudessa esiteltyihin tuotantojärjestelmiin. Tarkasteltavien tapaustutkimusten osalta tässä työssä keskitytään käyttöönnotosta saatuihin tuloksiin. Tutkittavien artikkeleiden julkaisu on rajattu viimeisimmän 15 vuoden ajalle, jotka ovat saatavilla Andor-järjestelmästä. Mahdollisimman ajantasaisten tulosten saamiseksi iän rajaaminen on tarpeellista. Lean-filosofia on ajansaatossa kehittynyt, kuten myös teknologiset tavat, joita toteuttamisessa voidaan hyödyntää. Lean-ajatteluun liitettävien menetelmien ja työkalujen käsittely on myös rajattu työssä esiteltävissä tapaustutkimuksissa käytettävään laajuuteen. Lean-ajattelun vaikutuksia tarkastellaan tuotantojärjestelmien kehittämisen näkökulmasta. Tarkasteltavat tuotantojärjestelmät on rajattu Toyotan ulkopuolisiin teollisiin yrityksiin, koska teoriaosuudessa sitä käsitellään laajasti.

Työssä käsitellään aiheeseen liittyvä teoria ja sen tausta luvussa kaksi. Teorian käsittely aloitetaan TPS:stä, jota pidetään lean-ajattelun perustana (Stone 2012). Luvussa kaksi esitellään myös hukat ja työkalut niiden poistamiseen. Luvussa kolme esitellään teoriaan

verrattavat tuotantojärjestelmät, joista on saatavilla aikaisempaa tutkimus tietoa. Luvussa neljä käsitellään luvussa kolme esiteltyjen aikaisempien tutkimusten perusteella saatuja havaintoja lean-ajattelun vaikutuksista tuotantojärjestelmiin. Neljännessä luvussa esitellään ja analysoidaan tarkemmin saadut tulokset, sekä vastataan tutkimuskysymyksiin. Viidennessä luvussa esitellään yhteenveto työstä ja mahdollinen aihe jatko-tutkimukselle.

2. LEAN-AJATTELU

Luvussa esitellään lean-ajattelun teoria. Teorian käsittely aloitetaan TPS:stä, josta edetään lean-ajatteluun. Tuotantofilosofioille yhteiset piirteet, kuten hukat ja työkalut esitellään omina osioinaan, kun teoreettinen pohja aiheelle on esitelty.

2.1 Toyota Production System

Taiichi Ohno, jota pidetään TPS:n kehittäjänä esittää Toyotan tavan tehdä asioita syntyneen tarpeesta. Yhdysvaltalaisen käyttämä massatuotannon malli yksikkökustannusten laskemiseksi ei soveltunut usean eri vaihtoehdon valmistamiseen pienissä erissä. Vuonna 1937 kutomolla työskennellessään Ohno oli kuullut huhuja, joiden mukaan tuotavuus työntekijää kohden oli Yhdysvalloissa yhdeksänkertainen Japaniin verrattuna, mistä idea hukkien eliminoinnille sai alkunsa. (Ohno & Bodek 1988, luku 1)

Hukkien poistaminen on TPS:in tavoite, jonka tukena ovat juuri oikeaan tarpeeseen valmistaminen (Just-In-Time, JIT) ja autonomaatio eli ihmisläheinen automaatio. Virtaavassa tuotantojärjestelmässä oikea tarve on tilanne, missä kukin prosessivaihe saa tarvitsemansa osat tarvittavana määränä ja laatuna, kun niitä tarvitaan. Virtaavassa prosessissa tarve varastoinnille vähenee, kun jokaisen työtehtävän suorittamiseksi tarvittavat asiat ovat huomioitu. (Ohno & Bodek 1988, luku 1) TPS:n tunnistamat hukat esitellään alaluvussa 2.3.

Autonomaation ideana on antaa laitteille ihmismäinen kyky tunnistaa virhetilanne, jonka tapahtuessa pysähtyä, jotta viallisten tuotteiden valmistus ja eteneminen voidaan myös pysäyttää. Laitteiden normaalin toiminnan aikana ihmisten läsnäoloa ei vaadita, jolloin yksi työntekijä voi operoida useampaa laitetta samanaikaisesti ja puuttua laitteiden toimintaan vain ongelmien ilmetessä. Laitteiden aiheuttamien ongelmien korjaus ilman, että sen syntymiseen johtanut syy tiedetään estää järjestelmän kehittämisen. Tämän takia myös muun organisaation tulisi olla tietoinen ongelmien ilmenemisestä. Näin vastaavien tilanteiden ilmeneminen voidaan estää tulevaisuudessa luomalla käytäntöjä ongelman poistamiseksi. (Ohno & Bodek 1988, luku 1) Alaluvussa 2.4 esitellään menetelmä ongelmaan johtaneiden syiden löytämiseksi.

Autonomaatio TPS:n kulmakivenä on ajansaatossa muuttunut laajemmaksi kokonaisuudeksi, johon viitataan uudemmissa ajattelutavan versioissa jidokana. Jidoka tarkoittaa

työpisteille sisäänrakennettua laadun valvontaa, joilla ongelmien eteneminen tuotantoprosessissa voidaan estää. Laadullisten ongelmien korjaaminen niiden syntyessä on vähemmän hukkaa aiheuttavaa toimintaa, kuin niiden etsintä ja korjaaminen myöhemmin. Laadullisten virheiden aiheuttamat ongelmat käytettäessä JIT:in mukaista virtaavaa prosessia korostuvat, koska ilman välivarastoja myös muut prosessivaiheet joutuvat pysähtymään. (Liker 2004, luku 11) Menetelmiä laadullisten ongelmien estämiseksi ja visualisoimiseksi, jotta ne ovat helpommin havaittavissa käsitellään alaluvussa 2.4

Hallitun prosessin saavuttamiseksi JIT ja jidoka tarvitsee tukevan perustuksen. Perustuksen pohjana on pitkäaikainen johtamisfilosofia, jossa päätösten tavoite on kestävä arvon tuotto asiakkaille, yhteiskunnalle ja taloudelle (Liker 2004, luku 4). Jatkuvan parantamisen mahdollistamiseksi työtehtävien suorittaminen tulisi perustua standardoituun tapaan, jolloin normaalisti vaihtelua ei ilmene. Jos työtehtävät eivät ole vakioitu, parannukset työn suorittamisessa ovat vain normaalia vaihtelua ja jäävät näin huomaamatta. (Liker 2004, luku 12). Työkaluja ja menetelmiä työn standardointiin käsitellään alaluvussa 2.4.

Vain alaluvussa 2.3 esiteltäviä hukkia poistamalla, työntekijöiden, sekä tuotantojärjestelmien tuottavuus saattaa kärsiä. Toyotan tapa tuottavuuden ylläpitämiseksi on tuotannon tasapainottaminen, johon viitataan japaninkielisellä sanalla heijunka. Hukkien (Muda) lisäksi tuotannon tasapainottamisessa tulisi huomioida ihmisten ja laitteiden ylikuormittaminen (Muri), sekä epäsäännöllisyys (Mura). Tasapainoinen tuotanto on tärkeä tekijä virtaavan tuotannon saavuttamisessa. Tasapainoisen ja virtaavan tuotannon saavuttamisessa työtehtävien standardointi auttaa myös niiden aikatauluttamisessa. (Liker 2004, luku 10) Menetelmiä tuotannon tasapainottamiseen käsitellään alaluvussa 2.4



Kuva 1 TPS havainnekuva muokattu lähteestä (Liker 2004, luku 3)

Kuvassa 1 havainnollistettu aikaisemmin esiteltyjen TPS:n toimintatapojen kokonaisuus. Kuvan 1 esityksestä käytetään myös nimitystä TPS talo, koska sen rakenne havainnollistaa elementtien vuorovaikutusta. Heikkoudet yksittäisissä elementeissä vaikuttavat myös kokonaisuuden toimivuuteen. Jatkuvan parantamisen mahdollistamiseksi tarvitaan ihmisiä ja ryhmätyöskentelyä, mitä tarvitaan kestäväen kokonaisuuden saavuttamiseksi. (Liker 2004, luku 3)

2.2 Lean

Stone (2012) määrittelee lean-ajattelun tarkoittamaan organisaation tuotannollista filosofiaa. Leanin periaatteiden ja työkalujen tarkoitus on tämän filosofian perusteella luodun strategian toteuttaminen. Aktiviteettina lean-ajattelu on hukkien jatkuvaa tunnistamista ja poistamista jättäen jäljelle vain arvoa tuottavia toimintoja. (Stone 2012) Hines et al. (2004) määrittelevät artikkelissaan lean-ajattelun syntyneen japanilaisten yritysten tuotantotiloissa. Kiinnostus aiheeseen länsimaissa kasvoi, kun erot tuotannon tehokkuudessa Toyotan ja muiden autovalmistajien välillä saivat huomiota James Womackin julkaistua kirjansa "The machine that changed the world" vuonna 1990 (Hines et al. 2004). Tarkastelu laajeni 1990-luvulla sisältämään tuotannon ulkopuolisia toimintoja, jotka perustuivat Womackin ja Jonesin kirjassa Lean Thinking (1996) määrittelemiin leanin periaatteisiin (Hines et al. 2004).

Lean-filosofia pohjautuu viiteen periaatteeseen, joita noudattamalla arvoa tuottamatonta toimintaa vähennetään, parannetaan tehokkuutta ja mahdollistetaan jatkuvan parantamisen kulttuuri. Lean-ajattelun viisi periaatetta, jotka Womack ja Jones (1996) kirjassaan määrittivät, ovat

- 1) asiakasarvon tunnistaminen
- 2) arvoketjun hallinta
- 3) virtaavan tuotannon luominen
- 4) imuohjaus
- 5) täydellisyyden tavoittelu hukkia vähentämällä. (Katso Hines et al. 2004)

Asiakasarvon tunnistaminen on lean-ajattelun ensimmäinen periaate, jonka pohjalta arvoa tuottamattomat toimenpiteet voidaan tunnistaa. Arvo on asiakkaan määrittelemä, jolloin sitä ei voida määritellä vain tuotantojärjestelmässä tapahtuvien hukkien vastakohdana. Tämän takia arvon tuottamisella on kaksi näkökulmaa. Arvoa syntyy yrityksen sisäisesti, kun tuotantojärjestelmän hukat vähenevät. Ulkoisesti arvoa muodostuu, kun asiakkaan arvostamat ominaisuudet tuotteessa lisääntyvät, vaikka ne eivät lisääisi tuotannosta syntyviä kustannuksia. (Hines et al. 2004)

Arvoketjun hallinta on lean-ajattelun toinen periaate, jossa selvitetään toimenpiteet, joita tuotteen valmistamiseksi ja toimittamiseksi lopulliselle asiakkaalle vaaditaan. Arvoa tuottamattomat toimenpiteet tuotantojärjestelmässä poistetaan samassa yhteydessä. Tuotantojärjestelmässä tapahtuvat toimenpiteet arvoa tunnistaessa voidaan luokitella kolmeen eri tyyppiin:

- 1) arvoa lisäävät vaiheet
- 2) arvoa lisäämättömät vaiheet, jotka ovat välttämättömiä nykyiselle prosessille
- 3) arvoa lisäämättömät vaiheet, jotka ovat tarpeettomia. (Womack & Jones 2003, Browning & Heath 2008 mukaan)

Arvon tunnistamiseen perustuen voidaan tunnistaa myös hukkia, kuten tyypin kolme kohdalla kyseessä on täysin tarpeeton toiminto. Tyypin kaksi tapauksessa kyseessä on hukka, mutta se on välttämätön haluttujen toimenpiteiden suorittamiseksi. Hukat ja niiden ilmenemisen muodot esitellään tarkemmin alaluvussa 2.3, sekä arvon tunnistamiseen käytettävät työkalut lean-ajattelussa sekä Toyotan tavassa toimia alaluvussa 2.4.

Virtaavaa tuotantoa esiteltiin Toyotan tuotantojärjestelmää koskevassa alaluvussa 2.1 Ohnon alkuperäiseen ideaan perustuen, mikä on myös lean-ajattelun kolmas periaate. Lean-ajattelussa tuotannossa kulkevan tuotantoerän koko on ideaalissa tilanteessa vain

yksi, mihin aikaisemmin esiteltyssä tavassa tehdä juuri oikeaan aikaan ei otettu kantaa. Työn organisointia sen mahdollistamiseksi ei myöskään aikaisemmin esitelty. Ohnon esittelemässä tavassa toimia tuotteen valmistamiseksi tarvittavat työtehtävät olisivat organisoitu vierekkäin soluiksi, ei omiksi osastoikseen. Solujen välillä ei sijaitisi varastoja, jolloin virtaavan erän koko olisi Ohnon esittelemässä tavassa myös yksi. Keskeneräisten tuotteiden virratessa vain yksi kerrallaan, myös mahdolliset viat tuotteissa huomataan suureen eräkokoon verrattuna aiemmin. Varastoinnin takia viat voivat olla piilossa työn jatkumiseen saakka. (Liker 2004, luku 8)

Neljäs periaate eli imuohjaus keskittyy tuotannonohjaukseen. Imuohjauksen tarkoitus on tukea juuri oikeaan tarpeeseen valmistamista, jolloin valmistus aloitetaan asiakkaan tarpeen mukaan. Asiakkaalla tarkoitetaan prosessin seuraavaa vaihetta, milloin asiakas voi olla myös organisaation sisäinen. Täydellisessä imuohjauksessa hyödyntävässä tuotannossa prosessi käynnistyy lopullisen asiakkaan tekemän tilauksen perusteella. Halutun tuotteen tuottamiseksi tieto asiakkaan tarpeista alkaa virtaamaan kohti prosessin ensimmäistä vaihetta. Imuohjauksessa käytettäessä varastojen tarve poistuu verrattuna työntöohjauksella toimivaan prosessiin. Työntöohjauksessa tuotantojärjestelmässä tuotteet valmistetaan aina varastoon, josta ne työnnetään eteenpäin ilman tietoa tarpeellisuudesta seuraavassa vaiheessa. (Liker 2004, luku 9) Imuohjauksen luomiseksi käytettäviä työkaluja esitellään alaluvussa 2.4.

Täydellisyyden tavoittelu hukkia vähentämällä on lean-ajattelun viimeinen ja viides periaate. Täydellisyyttä yritetään saavuttaa jatkuvalla parantamisella. Jatkuva parantamista käsiteltiin Toyotan tavassa toimia alaluvussa 2.1. Jatkuvaan parantamiseen liittyviä työkaluja esitellään alaluvussa 2.4.

2.3 Hukat

Lean-ajattelussa ja TPS:ssä pyritään poistamaan arvoa tuottamatonta toimintaa, jota kutsutaan hukaksi. Toyotan tuotantojärjestelmän tunnistamat seitsemän hukkaa Ohnon mukaan, joita voi löytyä myös tuotanto prosessien ulkopuolelta ovat:

- 1) ylituotanto
- 2) odottaminen
- 3) kuljettaminen
- 4) yliprosesointi
- 5) varastot

6) tarpeeton liike

7) vialliset tuotteet (Ohno & Bodek 1988, luku 2).

Liker (2004, luku 3) on tunnistanut kahdeksannen hukan, joka on työntekijöiden osaamisen puutteellinen hyödyntäminen, mikä johtuu työntekijöiden puutteellisesta osallistamisesta tai kuuntelemisesta.

Hukat eivät ole keskenään samanarvoisia. Ylituotanto luokitellaan Ohnon mukaan suurimmaksi ongelmaksi, koska se auttaa myös piilottamaan muita hukan muotoja (Ohno & Bodek 1988, luku 3). Ylituotantoa syntyy, kun valmistetaan liikaa tuotteita tai ne tehdään liian aikaisin, milloin tarvitaan varastoja (Hines 2017, luku 1). Syynä edellä mainitulle on tuotteiden valmistaminen ilman tilattu tarvetta. (Liker 2004, luku 3). Hukan syntymistä voidaan välttää jo aiemmin esitellyille tavoilla valmistamalla juuri oikeaan tarpeeseen tai imuohjauksella. Hukkien poistamiseen on tarjolla myös menetelmiä, joilla edeltäviä periaatteita voidaan havainnollistaa, kuten kanban (Ohno & Bodek 1988, luku 2). Kanban-menetelmä esitellään alaluvussa 2.4.

Odottaminen hukkana koskettaa ihmisiä, tietoa tai materiaaleja, mikä aiheuttaa heikkoa virtausta tuotannossa ja pitkiä toimitusaikoja (Hines 2017, luku 1). Hukka ei välttämättä ole nähtävissä, jos ylituotanto on mahdollista, jolloin työntekijä voi odottamisen sijasta aloittaa seuraavan tuotteen valmistamisen etuajassa (Ohno & Bodek 1988, luku 3).

Kuljettaminen hukan muotona on ihmisten, tiedon tai materiaalien arvoa tuottamatonta kuljetusta, josta aiheutuu ylimääräistä työtä ja kustannuksia, sekä menetettyä aikaa (Hines 2017, luku 1). Ylituotanto aiheuttaa myös tarpeetonta kuljetusta, koska ylimääräisiä materiaaleja tarvitsee liikutella varastojen välillä (Ohno & Bodek 1988, luku 3).

Yliprosessointia käsiteltiin jo aiemmin alaluvussa 2.2 arvon määrittelyn yhteydessä arvoa lisäämättömänä toimintana. Yliprosessointi määritellään tarpeettomana vaiheena tuotantojärjestelmässä, kuten tarjoamalla asiakkaan tilaamaa laadukkaampaa tuotetta. Tarpeettoman vaiheen suorittaminen aiheuttaa myös tarpeetonta liikettä. Tarvetta ylimääräiselle prosessoinnille voi aiheutua myös tuotteen tai työkalujen suunnittelussa tehdyistä valinnoista. (Liker 2004, luku 3).

Ohno määrittelee varastot suurimmaksi hukan aiheuttajaksi, koska niiden ylläpitäminen aiheuttaa kustannuksia ja tarvetta tarpeettomalle liikkeelle. Varastoiden ylläpitäminen piilottaa ja aiheuttaa myös muita hukan muotoja, kuten virheellisiä tuotteita. Tuotteiden varastoinnista seuranneiden virheiden korjaamiseen vaaditaan ylimääräistä prosessointia niiden poistamiseksi. (Ohno & Bodek 1988, luku 3) Varastojen takia myös tuotannossa piilevien ongelmien havaitseminen on haastavaa. Varastot mahdollistavat puskureita,

jotka piilottavat huonosti virtaavan tuotannon, ongelmat toimitusketjuissa, pitkät asetusajat ja laiterikot. Puskureiden avulla huonosti toimivan yksittäisen prosessin vaikutus ei näy tuotantojärjestelmän toiminnassa, koska niiden avulla vaihe voidaan tilapäisesti ohittaa. Myös toimitusajat valmistuksesta asiakkaalle voivat pidentyä varastojen takia ja mahdollistaa tuotteiden vanhentumisen. (Liker 2004, luku 3)

Liike hukan muotona koostuu työntekijöiden työn ohella arvoa tuottamattomista toimenpiteistä, kuten työkalujen tai materiaalien etsimisestä ja hakemisesta (Liker 2004, luku 3). Liikkeestä syntyvien hukkien aiheuttaja on Hinesin (2017, luku 1) mukaan huono työpisteen organisointi. Huonon organisoinnin takia tarvittavat esineet ovat usein hukassa ja huonosti saavutettavissa. (Hines 2017, luku 1) Menetelmiä työpisteiden organisointiin käsitellään alaluvussa 2.4.

Vialliset tuotteet ovat jotain muuta kuin asiakas on tilannut. Hukkana se ilmenee, joko laadullisena virheenä tai myöhästyneinä toimitusaikoina (Hines 2017, luku 1). Virheet aiheuttavat myös ylimääräistä työtä korjaamisen, tarkastamisen tai uudelleen valmistamisen muodossa. Virheellisten tuotteiden havaitseminen nopeasti puskurivarastoja käytettäessä on haasteellista, koska prosessien välillä on puskurin kokoinen viive. (Liker 2004, luku 3) Alaluvussa 2.1 käsiteltiin virheiden etenemisen estämiseen liittyviä menetelmiä autonomaatio ja jidoka. Muita työkaluja viallisten tuotteiden estämiseksi käsitellään alaluvussa 2.4

2.4 Työkalut

TPS:n ja lean-ajattelun tueksi on kehitetty useita työkaluja tai menetelmiä, joiden tarkoitus on auttaa saavuttamaan aikaisemmissa luvuissa esiteltyjä periaatteita. Työkaluilla tarkoitetaan menetelmiä, joiden avulla luodaan yhteisiä toimintatapoja ja mahdollistetaan tuotantojärjestelmän kehittäminen. Menetelmien tarkoitus on myös tuoda visualisuutta toimintaan, jolloin ongelmat ovat mahdollista havaita, kuten alaluvussa 2.1 esiteltiin. Menetelmiä käytetään myös alaluvussa 2.3 esiteltyjen hukkien poistamiseen tai niiden syntymisen ehkäisemiseen.

Juuri oikeaan tarpeeseen valmistaminen esiteltiin TPS:n kulmakivenä, jossa prosessissa tarvittavat materiaalit saapuvat, kun niitä tarvitaan, tarvittavana määränä ja laatuna. Lean-ajattelussa vastaava periaate on imuohjaus. Työkaluja halutun materiaalivirtauksen luomiseen ja visualisoimiseen Toyotalla on kehitetty useita, kuten esimerkiksi Kanban, jota on vuosien varrella jalostettu myös muille aloille soveltuvaksi. Kanban-menetelmällä materiaalivirtauksen määrää ja tapahtumista voidaan kontrolloida käyttämällä

signaaleja, jotka ilmaisevat määrän ja ajan tarpeelle. Signaalien tarkoitus on oikeuttaa materiaalien varastointi, valmistus ja kuljetus, jolloin varastotasojä voidaan hallita. Kanbanilla tarkoitetaan usein korttia, koska menetelmässä käytettävät signaalit ovat usein kortteja, jotka ilmaisevat sen yhteyteen kuuluvan sisällön. (Lage Junior & Godinho Filho 2010) Kortilla tarkoitetaan visuaalista symbolia, joka ilmaisee tuotteen tiedot, kuten mistä mihin ja sisällön. Ylimääräisen kuljetuksen, varastoiden, tuotannon ja viallisten tuotteiden aiheuttamia hukkia voidaan poistaa ja visualisoida, koska kortin avulla tuotteen tai materiaalien jäljittäminen on mahdollista. (Ohno & Bodek 1988, luku 2)

Korttien lukumäärä rajoittaa keskeneräisen tuotannon määrää, jonka takia varastoissa piilevät laadulliset virheet ilmenevät nopeasti. Keskeneräisen tuotannon määrän vähentämällä tuotantojärjestelmän ongelmat ilmenevät tuotannon pysähtymisenä, koska puskureina toimivat varastot vähenevät. Tuotannon pysähtyessä myös sen ongelmien aiheuttaja saadaan selville, minkä poistaminen on hukkien vähentämistä. (Hopp & Spearman 2004, s. 137)

Materiaalien virtausta voidaan hallita myös tahtiajan avulla. Tahtiaika on ajanjakso, jonka välein tuotteita tulee valmistua asiakastarpeeseen vastaamiseksi (Hopp & Spearman 2004, s. 141). Tahtiajan avulla tuotantoa voidaan tasapainottaa. Tuotannon tasapainottaminen on keino alaluvussa 2.1 esitellyn ihmisten ja laitteiden ylikuormittamisen, sekä epäsäännöllisyyden poistamiseen. Boeing (2002) esittää, että leanin tarkoitus on tehdä asioita oikeassa tahdissa, ei nopeammin (Hopp & Spearman 2004 mukaan). Epäsäännöllisyyden aiheuttamia hukkia ovat odottaminen ja ylituotanto, sekä sen mukana syntyvät hukat. Tuotannon ollessa tahtiaikaa nopeampaa syntyy ylituotantoa, koska tuotteita valmistuu kysyntää enemmän. Vastaavasti tahtiaikaa hitaammalla tuotantonopeudella tuotteita valmistuu kysyntää vähemmän, mistä aiheutuu odottamista. (Liker 2004, luku 8) Kysynnän aiheuttamien vaihteluiden tasapainottamiseksi tuotannossa tahtiaikaa voidaan muuttaa, jolloin saavutetaan markkinoiden määräämä imuohjaus (Hopp & Spearman 2004).

Alaluvussa 2.1 esitellyn työpisteille sisäänrakennetun laadun eli jidokan tukena käytettäviä menetelmiä on esimerkiksi poka-yoke, joka tarkoittaa virheiden mahdollisuuden pois sulkevaa menetelmää tai ratkaisua. Poka-yoke voi olla laite tai indikaattori, joka estää tai ilmaisee virheellisen toimenpiteen, kuten suunnittelemalla osalle vain yksi mahdollinen sijoituspaikka. Indikaattorista ongelmille käytetään myös termiä Andon, joka ilmaisee ongelmien ilmaantumisen ja ilmoittaa muita toiminnassa käynnissä olevasta häiriöstä. Andon tarkoittaa myös signaalia avun tarpeelle. (Liker 2004, luku 11)

Ongelmien ilmaantuessa niiden syntymisen ja uudelleen ehkäisemiseen, eli juurisyyn selvittämiseen käytettävä menetelmä on viiden miksi kysymyksen esittäminen. 5*Miksi-menetelmän avulla analysoidaan ongelman aiheuttaneet tekijät, jotta ne voidaan poistaa. Menetelmässä miksi kysymysten avulla edetään kohti todellista ongelman aiheuttajaa, sekä luodaan niihin korjaavat toimenpiteet. Ongelmia poistamalla mahdollistetaan luvussa 2.2 esitellyn jatkuvan parantamisen, kaizen:in tapahtuminen. Kaizen:in tukena käytettävä menetelmä on PDCA-prosessi. PDCA on lyhenne termeistä Plan-Do-Check-Act. PDCA:n tarkoitus on luoda oppimisen ympäristö. Oppimisen ympäristöstä esimerkki olisi että, aikaisemmin juurisyyn analyysin avulla suunniteltujen ja toteutettujen korjaavien toimenpiteiden jälkeen, niiden vaikutukset arvioitaisiin ja tarvittaessa muutettaisiin, jos haluttua lopputulosta ei ole saavutettu. (Liker 2004, luku 20)

Hukkien poistamiseksi työpisteiltä, sekä laadun ja turvallisuuden parantamiseksi työkaluna voidaan käyttää 5S-menetelmää. 5S-menetelmä muodostuu japaninkielisistä sanoista Seiri, Seito, Seiso, Seiketsu ja Shitsuke. Sanat kuvaavat työvaiheita, joiden mukaan työpisteiden organisointi suoritetaan. Seiri eli lajittelu, jossa tarpeettomat ja rikki-näiset esineet poistetaan työpisteeltä. Seito eli järjestyksen luominen tapahtuu merkitsemällä jäljelle jääneet esineet, sekä niiden säilyttämiseen käytettävät paikat, josta ne ovat helposti saatavilla. Seiso eli kiillottaminen tarkoittaa työpisteen siivoamista, sekä siivouksen säännöllisen suorittamisen aikataulutusta sen ylläpitämiseksi. Seiketsu tarkoittaa standardointia, jossa edeltävien vaiheiden uudet työtavat dokumentoidaan osaksi normaaleita toimintatapoja alueella. Viimeinen vaihe Shitsuke tarkoittaa ylläpitämistä, jossa yritetään luoda tapa tehtyjen muutosten ylläpitämiseksi, sekä sen viestimiseksi muulle organisaatiolle. (Srinivasan et al. 2016)

Value-Stream-Mapping (VSM) on työkalu arvoketjun nykytilan selvittämiseen. VSM on visuaalinen esitys tuotantojärjestelmästä, jossa arvon muodostumiseen vaikuttaja tekijät esitetään standardoiduilla merkinnöillä. Visuaalisessa esityksessä on kuvattuna prosessin kulku työpisteiden välillä, jossa materiaalin, informaation ja niihin kuluva aika ovat mukana. Esityksestä voidaan tunnistaa aiemmin esitellyt toimenpiteiden vaikutukset arvон muodostumiselle. Arvoa lisäävät vaiheet, arvoa lisäämättömät, mutta prosessille välttämättömät vaiheet ja arvoa lisäämättömät vaiheet. Arvoa lisäämättömät vaiheet voidaan muodostetun kokonaiskuvan avulla tunnistaa ja poistaa. Parannettavien kohteiden osalta esitys muokataan kuvaamaan haluttua tilaa. Parannusten käyttöönoton jälkeen esityksestä muodostuu uusi nykytila. Uudelle nykytilalle sama prosessi voidaan suorittaa uudelleen, jonka takia jatkuva parantaminen on mahdollista. (Seth et al. 2017)

3. TUOTANTOJÄRJESTELMIEN VERTAILU: YRITYSCASET

Luvussa esitellään tieteellisissä artikkeleissa esiteltyjä havaintoja lean-ajattelun soveltamisesta tuotantojärjestelmissä. Periaatteet, joihin menetelmien soveltamiselta pyritään ovat esiteltynä alaluvussa 2.2. Hukat, joita tuotantojärjestelmistä yritetään poistaa esiteltynä alaluvussa 2.3, sekä työkalut sen toteuttamiseen ovat esiteltynä alaluvussa 2.4. Luvussa esiteltävä aineisto käsittelee tuotteiden valmistamiseen käytettyjen tuotantojärjestelmien muutoksia. Käsiteltävät artikkelit ovat alle 15 vuotta vanhoja ja vertaisarvioituja tieteellisiä julkaisuja, joissa tutkittavana yrityksenä ei ole Toyota. Artikkelit ovat Andor-järjestelmästä etsittyjä tapaustutkimuksia aiheeseen liittyen.

Tapaustutkimusten tarkastelun tarkoitus on löytää vastaukset tutkimuskysymyksiin. Käytännön sovellutuksista saatujen esimerkkien avulla on tarkoitus luoda yhteys teoreettiseen taustaan ja sen toteuttamiseen liittyviin ongelmiin. Rajaus Toyotan ulkopuolisiin yrityksiin on tarpeellinen, koska alkuperäinen teoria pohjautuu yritykseen vahvasti. Tapaustutkimuksissa lean-ajattelua sovelletaan jo käytössä oleviin tuotantojärjestelmiin, joten tarkastelun näkökulma on tuotantojärjestelmän kehittäminen, ei tuotantojärjestelmien suunnittelu.

3.1 Tuotantojärjestelmä 1: Lockheed Martin

Tapaustutkimuksena ensimmäinen lean-ajattelun hyödyntämistä käsittelevä artikkeli on Browning & Heathin tekemä tutkimus Lockheed Martinin F-22 tuotteen tuotantojärjestelmästä. Lean-ajattelun vaikutuksia F-22 valmistamiseen käytettävässä tuotantojärjestelmässä tutkittiin valmistuskustannuksien avulla (Browning & Heath 2008). Tutkimuksessa esitellään lean-ajattelun käyttöönoton historia F-22 hävittäjän valmistuksessa, joka on jaettu alkuperäiseen toteutukseen, sitä seuranneeseen ongelmien havaitsemiseen ja niiden korjaukseen (Browning & Heath 2008). Lisäksi artikkelissa esitellään periaatteet, menetelmät ja työkalut, joita tuotantojärjestelmään liittyvien muutoksien tekemiseen on käytetty (Browning & Heath 2008). Tutkimuksessa esiteltyjen menetelmien ja työkalujen perusteella valittiin 2.4 alaluvussa esiteltävät menetelmät.

Ensimmäiset toteutetut toimenpiteet olivat muutoksia valmistusprosessiin, joihin päädyttiin viikon mittaisen kaizen-tapahtuman seurauksena vuonna 1998. Tapahtumassa keskityttiin kokoonpano alueen toimintaa, jossa havaittiin ongelmia työntekijöiden työtiloissa

ja työkaluissa. Tehdyt muutokset koskivat pääasiassa työntekijöiden tarvitsemien työkalujen ja materiaalien sijoittamista lähemmäksi työpistettä, sekä parantamalla työskenteleyn käytettävissä olevan tilan ja valaistuksen määrää. Tästä saatujen positiivisten tulosten perusteella työpisteiden organisointia rungon etuosan kokoonpanossa päädyttiin muuttamaan vuonna 2000 yhden kappaleen virtauksen mahdollistavaksi. Tämä toteutettiin hyödyntämällä tuotantotiloihin asennettuja kiskoja, jota pitkin keskeneräinen tuotanto liikkuu. (Browning & Heath 2008) Näistä saatuja tuloksia ja havaintoja käsitellään luvussa 4.

Tehdyistä toimenpiteistä seurasi useita ongelmia. Työpisteille tehtyjen parannusten seurauksena työntekijöiden tekemien uusien ideoiden määrä kasvoi pitkin projektia, jonka takia toteutuksen kustannukset kasvoivat suunniteltua enemmän. Muita havaittuja ongelmia olivat uusien prosessien ja työtapojen vaikutukset lopputuotteen tarkkoihin toleransseihin. (Browning & Heath 2008) Näihin johtaneet tekijät ja niiden seuraukset esitellään luvussa 4.

3.2 Tuotantojärjestelmä 2: Ford Motor Company

Toinen tutkimuksen kohteena ollut artikkeli on Wee & Wun tekemä tapaustutkimus Ford Motor Company:stä. Artikkelissa esitellään VSM:n käyttöä hukkien poistamisessa tuotantojärjestelmässä ja sen hyödyntämistä osana jatkuvaa parantamista. Tutkimuksessa käsiteltävä arvoketju on rajattu materiaalityöntekijöiden ja tuotannon välille. (Wee & Wu 2009)

Artikkelissa käytetty esimerkki on moottorin kokoonpanolinjan VSM. Nykytilan perusteella suoritettiin neljä vaiheinen prosessi haluttuun tulevaisuuden tilaan pääsemiseksi. Ensimmäinen vaihe koostui nykytilan ongelmien tunnistamisesta, jossa selvitettiin arvoa tuottamattomien toimintojen juurisyy. Tunnistettujen juurisyiden poistamiseen ratkaisujen löytäminen on prosessin toinen vaihe. Kolmasvaihe on mahdollisten esteiden tunnistaminen ehdotettujen ratkaisujen toteuttamiseksi käyttämällä viiden miksi kysymyksen menetelmää. Viimeinen vaihe oli muodostaa suunnitelma halutun tulevaisuuden tilan saavuttamiseksi, jonka implementoinnin jälkeen se on uusi nykytila. (Wee & Wu 2009)

4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tässä luvussa esitellään artikkeleiden perusteella saadut tulokset esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Työn päätutkimus kysymykseen, mitä lean-ajattelu on, vastaus saadaan työn teoria osuudesta, joka esiteltiin alaluvussa 2.1. Työn muut tutkimuskysymykset käsittelevät lean-ajattelun vaikutuksia tuotantojärjestelmään, jotka koskevat sen vaikutuksia kehitykselle. Vastauksia lean-ajattelun vaikutuksista tuotantojärjestelmiin etsitään luvussa 3 esiteltyjen tapaustutkimusten avulla implementoinnista saatujen tulosten perusteella. Luvussa käsitellään myös syitä, jotka ovat johtaneet epäonnistumiseen, joka oli myös tämän työn yhtenä tutkimuskysymyksenä.

4.1 Tulokset

Lockheed Martinin F-22 tuotantojärjestelmään sovellettu lean-ajattelu vaikutti moneen eri tuotantojärjestelmän osa-alueeseen. Tuotannossa siirryttiin yhden kappaleen virtausta tukevaan layout ratkaisuun, jossa keskeneräisten tuotteiden liike ajoitettiin tehtiajan mukaan työn määrän tasaamiseksi työpistettä kohden. Kustannuksien vähentämiseksi arvoa tuottamatonta toimintaa poistettiin työntekijöiden työtehtävien suorittamiseksi tarvittavan kulkemisen, työkalujen etsinnän ja odottamisen vähentämisellä. Työtehtävien suoritusjärjestystä ja sisältöä muutettiin. (Browning & Heath 2008)

Muutoksilla F-22 tuotteen valmistamiseen tarvittavissa työkaluissa prosessin asetusai-koja vähennettiin poistamalla tarvittavien työkalujen määrää, sekä nopeuttamalla niiden vaihtamiseen kuluva aika uusilla teknisillä ratkaisuilla. Valmistukseen käytettävien osien suunnittelua muutettiin tarvittavien osien määrän vähentämiseksi, sekä niiden asennuksen yksinkertaistamiseksi. Yksinkertaisemman suunnittelun avulla pyrittiin tukemaan visuaalisuutta asennuksen yhteydessä, jossa osalla on helposti nähtävissä oleva paikka. Muutoksien tarkoitus osien suunnittelussa oli myös vähentää asennuksessa tapahtuvien virheiden määrää ja niiden tapahtuessa olla helposti huomattavissa, kuten alaluvussa 2.4 esitellyssä poka-yoke menetelmässä. (Browning & Heath 2008)

Tarvittavien muutosten tekemiseksi suunnittelussa hyödynnettiin useasta osastosta koostuvia työryhmiä. Työtehtäville luotiin standardoidut työohjeet, sekä työpisteille sovellettiin 5S menetelmää. Jatkovaa parantamista tavoiteltiin myös 5*Miksi-menetelmällä juurisyiden löytämiseksi ja poistamiseksi. (Browning & Heath 2008)

Prosessia muutettiin myös automatisoimalla ja poistamalla aikaisemmin käsin suoritettuja työvaiheita. Autonomisaatiota hyödynnettiin tuotteen maalauksessa, joka tehtiin ennen manuaalisesti. Muita poistettuja työtehtäviä olivat arvoa tuottamattomat laadun tarkastukset, sekä niihin käytetyt työpisteet, jotka siirrettiin kyseisten komponenttien valmistuksen yhteyteen. Keskenpäin tuotannon kiinnittämisestä johtuva asennusaika työpisteillä poistettiin myös yhden kappaleen virtauksen mahdollistaman kiskojärjestelmän avulla, jossa kiinnitys tarvitsee tehdä vain prosessin alussa. (Browning & Heath 2008)

Implementoiduista muutoksista havaittiin useita ongelmia. F-22 rungon etuosan kokoonpanossa hyödynnetyssä kiskojärjestelmässä oli aluksi useita teknisiä ongelmia, joiden syy ei ollut työntekijöille selvä. Kiskoilla kulkeva vaunu toimi myös paikoittavana kiinnikkeenä keskenpäin tuotannolla, jolla asetusajoja pystyttiin lyhentämään. Kokoonpanoa suorittavien työntekijöiden havaitessa ongelmia uusien virheiden estämiseksi tarkoitettujen osien asennuksessa, ongelmien syy oli epäselvä. Ongelmat ratkaistiin asentamalla välilevyjä, jotta keskenpäin tuote saatiin etenemään. Tiukoista toleransseista johtuen ongelmia ei kuitenkaan voitu kiertää loputtomasti, jolloin viallinen tuote viimein havaittiin. Kiskoilla kulkevassa järjestelmässä ei ollut suunniteltua reittiä viallisten tuotteiden poistamiseksi tai korjaamiseksi, joten myös muiden tuotteiden valmistus keskeytyi ongelman poistamisen ajaksi. (Browning & Heath 2008)

Poistettujen työvaiheiden merkitys ymmärrettiin myöhemmin, jolloin osa arvoa tuottamattomiksi luokitelluista työvaiheista palautettiin, joko alkuperäisenä tai uudelle toimintatavalle muokattuna. Laadullisten tarkastusten muuttaminen mahdollisti aiemmin esitellyn viallisten tuotteiden etenemisen ja viivästytti niiden havaitsemista. Myös komponenttien laadullista tarkastamista palautettiin takaisin asennuksen yhteyteen, jotta niitä ei tarvinnut palauttaa testausta varten valmistukseen. (Browning & Heath 2008)

Ford Motor Companyn tapauksessa lean-ajattelua sovellettiin tuotantojärjestelmään käyttämällä VSM-menetelmää arvoa tuottamattomien prosessien tunnistamiseksi toimitusketju huomioiden. Suoritettua nykytila analyysistä VSM:n avulla tunnistettiin suorituskyvylle mittareiden perusteella kohteita, joissa syntyy hukkaa. Syyt heikoille suorituskyvylle mittareille, kuten laadulle ja arvoa tuottamattomalle ajalle analysoitiin juurisyiden selvittämiseksi. Juurisyiksi tunnistettujen ongelmien poistamiseksi ehdotetut ratkaisut olivat muutoksia tuotannonohjaukseen hukkien poistamiseksi kävelyn sekä odottamisen muodossa, ja visuaalisuuden korostaminen poka-yoke menetelmällä laadullisesti ongelmien poistamiseksi. (Wee & Wu 2009)

Ehdotettuihin ratkaisuihin sovellettiin 5*miksi menetelmää mahdollisten toteutukseen liittyvien ongelmien löytämiseksi. Lopulliset soveltuvaksi todetut ratkaisut arvoa tuottamattoman toiminnan vähentämiseksi vaikuttivat tuotannonohjaukseen, layout ratkaisuihin, työnorganisointiin ja visuaalisuuteen virheiden havaitsemiseksi. Tuotannonohjauksessa tehtyjen muutoksien avulla tarpeettomaksi jäänyttä työvoimaa hyödynnettiin muokatun toimitusketjun tukemiseksi. (Wee & Wu 2009)

4.2 Tulosten analyysi

Teoriaa käsittelevässä luvussa kaksi lean-ajattelu määriteltiin tarkoittamaan tuotannollista filosofiaa, jonka tarkoitus on poistaa arvoa tuottamatonta toimintaa tuotantojärjestelmästä. Muihin tutkimuskysymyksiin vastauksia etsittiin lean-ajattelun toteuttamista käsittelevistä artikkeleista, joita käsiteltiin luvuissa 3 ja niistä saatuja tuloksia alaluvussa 4.1. Saaduista tuloksista muodostetut vastaukset tutkimuskysymyksiin ovat, että lean-ajattelun vaikutukset koskevat tuotantojärjestelmän osa-alueita, jotka vaikuttavat arvon muodostumiseen. Vaikutusten laajuus vaihtelee yksilön ja tuotantojärjestelmän tai organisaation kokonaisuuden välillä ja voi koostua useasta osa-alueesta samanaikaisesti, jonka takia tutkittiin myös kysymystä, miten vaikutukset tapahtuvat.

Miten lean-ajattelu vaikuttaa tuotantojärjestelmään käsiteltiin myös teoriaosuudessa esittämällä, että se on jatkuvaa toimintaa hukkien tunnistamiseen ja poistamiseen liittyviä menetelmiä hyödyntäen. Alaluvussa 4.1 käsiteltiin esimerkkitapauksia menetelmien käytöstä, joissa vaikutukset koskivat työntekijöitä, työkaluja, laitteita, layout ratkaisuja, sekä tuotteen ja tuotannon suunnittelua. Edellä mainittuihin tekijöihin vaikutettiin tavoilla, joiden tarkoitus oli vähentää niistä aiheutuvia hukkan muotoja, joita esiteltiin alaluvussa 2.3. Menetelmiä käyttämällä standardoitiin työtapoja, hyödynnettiin visuaalisuutta hukkien havaitsemiseksi ja käytettiin tahtiaikaa tuotannon tasapainottamiseksi. Saadut tulokset ovat samankaltaisia kuin alaluvussa 2.1 esitetyn kuvan 1 perusta TPS:ää havainnollistavasta kuvassa.

Vastaus kysymykseen miksi on, että arvoa tuottavaa toimintaa halutaan lisätä tai poistaa arvoa tuottamatonta toimintaa. Syyt epäonnistumisiin tarkasteltujen esimerkkien perusteella liittyvät myös arvon muodostumiseen. Kuten alaluvussa 2.2 esitettiin, että tuotantojärjestelmässä tapahtuvat toimenpiteet voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin arvon näkökulmasta. Tarkastelluissa esimerkeissä suurimmat epäonnistumiset johtuivat toimenpiteiden väärästä luokittelusta arvon osalta, jolloin poistetuissa toimenpiteissä oli sen hetkisellemme prosessille arvoa lisäämättömiä vaiheita, mutta välttämättömiä.

Muita epäonnistumisiin vaikuttaneita tekijöitä olivat väärinymmärrykset käytettyjen menetelmien tarkoituksen ja sovellettavien kohteiden laajuuden välillä. F-22 tuotantojärjestelmän tapauksessa työpisteille luotuja vakioituja käytäntöjä esimerkiksi pistorasioiden etäisyydessä sovellettiin koko rakennukseen tarpeesta riippumatta (Browning & Heath 2008). Laadullisten virheiden estämiseksi luodut käytännöt eivät myöskään olleet työntekijöille selkeät, jolloin myöskään kommunikaatiota tuotantojärjestelmässä ei toiminut halutulla tavalla.

TPS:n perusteella Likerin (2004, luku 4) luomissa 14:sta periaatteessa on tunnistettu uuteen teknologiaan liittyvät haasteet. Kyseessä olevassa periaatteessa kahdeksan sanotaan, että tulisi käyttää vain luotettavaa ja testattua teknologiaa, joka soveltuu prosessille. Haasteina uusille teknologioille mainitaan vaikeus niiden standardointiin, jonka takia ne saattavat häiritä prosessin virtausta. Uutta teknologiaa tulisi kuitenkin hyödyntää nopeasti, jos sen sopivuus on todennettu kokeilemalla. (Liker 2004, luku 4)

5. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli perehtyä lean-ajattelun aiheuttamiin vaikutuksiin tuotantojärjestelmien kehityksessä aiemman kirjallisuuden avulla. Tavoitteen saavuttamiseksi työn alussa määriteltiin tutkimuskysymykset ja rajattiin käsiteltävä laajuus. Aihe rajattiin käsittelemään tuotantojärjestelmien kehitystä lean-ajattelun avulla, jota tarkasteltiin alle 15-vuotta vanhojen tieteellisten julkaisujen avulla. Tarkasteltavien julkaisujen perusteella valittiin teoria osuudessa esiteltävät työkalut ja menetelmät, joita lean-ajatteluun usein liitetään. Ikärajausta ei käytetty teoriaosuuden kirjallisuudessa.

Työn aluksi luvussa kaksi esiteltiin aiheeseen liittyvä teoreettinen tausta, jota tarvitaan aiheen ymmärtämiseksi. Luvussa kolme esiteltiin julkaistujen tapaustutkimusten avulla tarkasteltavat tuotantojärjestelmät. Luvussa neljä käsiteltiin luvussa kolme esiteltyjen tuotantojärjestelmien muutoksista lean-ajattelua hyödyntämällä saadut tulokset, sekä vastattiin työn alussa määriteltyihin tutkimuskysymyksiin.

Lean-ajattelu on käsitellyn teorian perusteella tuotannollinen filosofia, jonka avulla luotua strategiaa toteutetaan hyödyntämällä lean-ajatteluun yhdistettyjä menetelmiä ja periaatteita. Vaikutukset koskevat kaikkia tuotantojärjestelmän arvoketjuun liittyviä päätöksiä, toimenpiteitä ja tekijöitä, joihin vaikutetaan käyttämällä ajattelutapaan liitettyjen työkalujen ja menetelmien avulla. Toiminta on jatkuvaa, jotta voidaan saavuttaa parannuksia käytetyissä toimintatavoissa poistamalla niistä syntyviä hukkia ja lisäämällä arvoa tuotavaa toimintaa.

Tarkastelluista esimerkeistä löydettyjä mahdollisia syitä tuotantojärjestelmän halutun kehityksen epäonnistumiselle olivat väärinymmärrykset työvaiheiden merkityksessä arvon muodostumisessa ja kommunikoinnin tärkeys. Työ rajoittui tuotantojärjestelmien kehittämiseen, jota tarkasteltiin vain kahden tapaustutkimuksen avulla, jonka takia saadut tulokset ovat myös hyvin rajalliset. Työssä tarkastellut tapaustutkimukset olivat toivottua vanhempia, joka voi myös vaikuttaa saatuihin tuloksiin. Tapaustutkimuksissa ei välttämättä hyödynnetty kaikkia tarjolla olevia työkaluja tai menetelmiä. Ehdotukset jatkotutkimukselle olisivat lean-ajattelun vaikutukset tuotantojärjestelmien suunnittelussa, joka keskittyisi menetelmiin havaittujen ongelmien välttämiseksi.

LÄHTEET

- Browning, T. R. & Heath, R. D. (2009). Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program. *Journal of operations management*. Vol.27(1), pp. 23–44.
- Hines, P. (2017). *Staying lean: thriving, not just surviving*, 2nd ed. CRC Press.
- Hines, P. Holwe, M. & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International journal of operations & production management*. Vol.24(10), pp. 994–1011.
- Hopp, W. J. & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & service operations management*. Vol.6(2), pp. 133–148.
- Lage Junior, M. & Godinho Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International journal of production economics*. Vol.125(1), pp. 13–21.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill, New York.
- Ohno, T. & Bodek, N. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. 1st edition. CRC Press, Portland.
- Seth, D., Seth, N. & Dhariwal, P. (2017). Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. *Production planning & control*. Vol.28(5), pp. 398–419.
- Srinivasan, S., Ikuma, L. H., Shakouri, M., Nahmens, I. & Harvey, G. (2016). 5S impact on safety climate of manufacturing workers. *Journal of manufacturing technology management*. Vol.27 (3), pp. 364–378.
- Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: a systematic literature review. *International journal of lean six sigma*. Vol.3(2), pp. 112–132.
- Wee, H. & Wu, S. (2009). Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company. *Supply chain management*. Vol. 14 (5), pp. 335–341.