

VAASAN YLIOPISTO
TEKNILLINEN TIEDEKUNTA
TUOTANTOTALOUS

Elina Raita

TOIMITTAJIEN KYTKEMINEN KOKOONPANOVIIRTAUKSEEN

Case: Yritys X

Tuotantotalouden
pro gradu –tutkielma

VAASA 2016

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENTEET	4
TAULUKOT	5
KUVIOT	6
1 JOHDANTO	9
1.1 Tutkielman kohde ja taustat	10
1.2 Tutkielman tavoitteet ja aiheen rajaus	10
1.3 Tutkimusmenetelmät	11
1.4 Tutkielman rakenne	12
2 VIRTAUTETTU TUOTANTO	13
2.1 Hukka tuotantoprosessissa	15
2.1.1 Tuotannon vaihtelut	17
2.1.2 Vaihtelun merkitys virtaukseen	19
2.2 Virtaustehokkuus	23
2.2.1 Läpäisyajan merkitys	24
2.2.2 Tuotannon rajoitteet	29
2.3 Varastojen vaikutus virtaukseen	33
2.3.1 Tuotannon varastotyypit	34
2.3.2 Materiaaliohjauksen tunnuslukuja	37
2.4 Imuohjaus	39
2.4.1 Tuotannon tasoitus	43
2.4.2 Tuotannon läpinäkyvyys ja visuaalisuus	47
3 HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET	52
3.1 Toimittajan X nykytila	52
3.2 Toimittajan Y nykytila	57
3.3 Kohdeyrityksen nykytila	60
3.4 Tutkimustulokset	63

4	JOHTOPÄÄTÖKSET	73
5	YHTEENVETO	77
	LÄHTEET	79
	LIITTEET	84

LYHENTEET

TPS = Toyota Production System

WT = Waiting Time eli odotusaika

CT = Cycle Time eli läpimenoaika

JIT = Just-In-Time eli tuotantoon liittyvä ajattelumalli, jossa raaka-aineita on saatavilla juuri oikeaan aikaan, juuri oikeassa paikassa ja juuri oikeaan tarpeeseen

WIP = Work in Process eli keskeneräinen tuotanto

TH = Throughput Time eli jaksoaika

CCR = Constrained Critical Resource eli rajoitettu kriittinen resurssi

BNR = Bottle neck rate eli pullonkaulan tahti

RPT = Raw processing time eli raaka prosessointiaika

TOC = Theory of Constraints eli esteiden teoria

DBR = Drum-Buffer-Rope eli tuotannon aikataulutuksen työkalu

MRP = Material Requirements Planning eli materiaalitovelaskenta

CONWIP = Constant work in Process eli imuohjaukseen liittyvä aikataulutuskonetti

IoT = Internet of Things eli esineiden internet

TAULUKOT

Taulukko 1. Satunnaisen vaihtelun aiheuttajat	18
Taulukko 2. Joustavat puskurit	22
Taulukko 3. Toimittajan X kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessi.	53
Taulukko 4. Toimittajan Y ja kohdeyrityksen välinen tilaus-toimitusprosessi.	57
Taulukko 5. Varaston tunnuslukuja vuoden 2015 tilinpäätöstietoihin perustuen.	65
Taulukko 6. Jalostusarvot 2015 tilinpäätöstietoihin perustuen.	71

KUVIOT

Kuvio 1. Vaihtelun aiheuttaman koordinaation puute aiheuttaa jonotusta	20
Kuvio 2. Jonotuskäyrä	21
Kuvio 3. Kokonaiskäsitelyaika verrattuna valmistuksen todelliseen läpäisy aikaan	28
Kuvio 4. Pullonkaulan resurssi rajoittaa koko prosessin virtausta	30
Kuvio 5. Drum-Buffer-Rope menetelmä tuotannon aikatauluttamisessa	32
Kuvio 6. Varmuus- ja kiertovarastot	35
Kuvio 7. Tyypillinen WIP:n jakauma tuotantosysteemissä	37
Kuvio 8. Imuohjaus	40
Kuvio 9. Työntöohjaus	41
Kuvio 10. Yksinkertainen Kanban ohjaus	41
Kuvio 11. CONWIP ohjaus	42
Kuvio 12. Sarjatuotanto ja tasoitettu tuotanto	44
Kuvio 13. Tahtiaika	46
Kuvio 14. Tutkimuksen perusteella löydettyjä ongelmia syy-seuraus-kaaviossa	64

VAASAN YLIOPISTO**Teknillinen tiedekunta**

Tekijä:	Elina Raita	
Tutkielman nimi:	Toimittajien kytkeminen kokoonpanovirtaukseen, Case: Yritys X	
Ohjaajan nimi:	Petri Helo	
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri	
Ohjelma:	Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma	
Pääaine:	Tuotantotalous	
Opintojen aloitusvuosi:	2011	
Tutkielman valmistumisvuosi:	2016	Sivumäärä: 88

TIIVISTELMÄ:

Tämä tutkielma tehdään toimeksiantona meriteollisuuden asiantuntijayritykselle. Tutkimuksen kohteena on kohdeyritys sekä sen kaksi kriittistä toimittajaa. Kohdeyritys on meriteollisuuden kokoonpanotehdas ja toimittajat valmistavat koontielementtejä kohdeyrityksen kokoonpanoon. Kohdeyrityksessä näistä elementeistä aloitetaan moduulien rakentaminen. Tutkielman toteutuksen ja toimeksiannon edellytyksenä on salassapitovelvollisuus, joten toimeksiantajaa, kohdeyritystä tai toimittajia ei nimetä. Tutkielman tarkoitus on tunnistaa kohdeyrityksen ja toimittajien nykytilasta ongelmia, jotka estävät toimittajien valmistuksen kohdeyrityksen virtaavan kokoonpanon tahtiin.

Tutkielman teoriaosuus käsitteli virtauksen luomista kokoonpanoon. Kappaleessa on esitelty edellytyksiä, joita yksiosaisen virtauksen luominen vaatii onnistuakseen, mutta myös tekijöitä, jotka hidastavat virtausta. Empiriaosuus muodostui tapaustutkimuksesta, jossa tutkimusmenetelmäksi valittiin haastattelututkimus. Haastattelujen perusteella pyrittiin selvittämään tutkimukseen osallistuneiden yritysten nykytilaa yhteistyön laadun näkökulmasta. Nykytilaa analysoimalla pyrittiin havaitsemaan ongelmakohtia, joihin tulisi tulevaisuudessa kohdistaa kehitystoimenpiteitä. Tutkimus toteutettiin kesäkuun ja elokuun välisenä aikana vuonna 2016. Haastatteluaineisto kerättiin haastatteleamalla yritysten kohdeyrityksen ja kahden toimittajan henkilöstöä.

Haastattelututkimuksen pohjalta tehdyt havainnot nykytoiminnasta esitettiin empiriaosuudessa. Yksittäisten haastattelujen pohjalta sekä niitä vertailemalla, kohdeyrityksen ja sen toimittajien välisestä yhteistyöstä löytyi kehityskohtia. Haastattelujen pohjalta voitiin tunnistaa useampi leanin mukainen hukkatekijä, joilla on negatiivinen vaikutus tuotannon virtaustehokkuuteen. Huomattavimmat tehokkuuteen epäsuotuisasti vaikuttavat tekijät liittyivät liikavarastointiin, yhteistyön organisointiin, informaationkulkuun ja aikataulu-muutoksiin. Tutkielman avulla tunnistettuihin ongelmatekijöihin on tulevaisuudessa tarpeellista kohdistaa kehitystoimenpiteitä, kun tavoitteena on toimittajien kytkeminen kohdeyrityksen virtaavaan kokoonpanon tahtiin.

AVAINSANAT: virtautettu tuotantoa, yksiosainen virtaus, lean

UNIVERSITY OF VAASA**Faculty of Technology****Author:**

Elina Raita

Topic of the Master's Thesis:Connecting suppliers to production flow,
Case: Company X**Instructor:**

Petri Helo

Degree:Master of Science in Economics and
Business Administration**Major:**

Industrial Management

Year of Entering the University:

2011

Year of Completing the Master's Thesis: 2016**Pages: 88**

ABSTRACT:

This master's thesis is made as a commission to a marine industry organization. The object of the thesis is to study the collaboration of a case company and two of its critical suppliers. The case company is a marine industry assembly factory and the suppliers produce elements to the case company's production line. From these elements the case company starts to assemble modules for the end product. A prerequisite for this commission is a non-disclosure agreement and therefore, the commission organization, the case company or the suppliers will not be named in this thesis. The aim of this master's thesis is to identify problems, which prevent suppliers to manufacture to the flow of the case company's assembly. Observations are done from the present state of all the three organizations.

The theory chapter of the thesis comprised a thorough description of how to create a flow to a manufacturing process. The chapter discussed about the prerequisites of what is required in order to succeed in creation of a one piece flow, and on the contrary, which factors may prevent the flow. The empirical part of the thesis was executed by a case study, where the research method was an interview study. The goal of the case study was to figure out the present state of all the three participants. Based on the conclusions from the interviews the aim was to figure out possible issues from the collaboration in order to better allocate the improvement efforts. The interviews were carried out in between June and August in 2016.

The findings based on the interview study about the present state issues were also presented in the empirical chapter. Based on individual interviews and by comparing the statements it was possible to identify several wastes and problems that have negative effect to the flow efficiency. The most significant problems were related to excess inventory, organization of the cooperation, information flows and schedule changes. In the future it is critical to allocate improvement efforts to the problems identified based on this master's thesis.

KEYWORDS: production flow, one piece flow, lean

1 JOHDANTO

Kilpailu on väistämätön osa tuotantotoimintaa, joten yrityksen kyky kilpailla on ehto pitkäaikaisen ja kestäväen liiketoiminnan saavuttamiseksi. Kilpailun ytimessä on tarve selvitä, kasvaa ja tavoitella edelläkävijän roolia omalla toimialalla. (McCarthy & Rich 2008: 1). Sen vuoksi organisaatio, joka kykenee tunnistamaan muutostarpeen ja hallitsemaan muutosprosessin toteutusta varmistaa kilpailuetunsa muihin toimijoihin nähden. (Kiiskinen, Linkoaho & Santala 2002: 14).

Ulkoisen toimintaympäristön paineet määrittävät toimintastrategian, joka kuvaa kuinka yritys aikoo menestyä sekä organisoitua suhteessa yhteistyökumppaneihinsa. Toimintastrategia pohjautuu yrityksen missioon ja visioon eli strategisten linjavetojen pohjalta määriteltyihin perustehtäviin sekä näkemykseen toiminnan tulevaisuuden tahtotilasta. Liiketoiminnan uuden suunnan määrittely vaatii prosessien kehittämistä, jonka perustana toimivat visio ja siitä johdettu strategia. Ydinprosessien kehittäminen ja uudelleensuunnittelu merkitsevät radikaalia muutosta eli toimintoketjujen kyseenalaistamista ja uudelleenajattelua perustavanlaatuisella tavalla. Asiakkaalle lisäarvoa tuottavat prosessit ovat prosessijohtamisen ja prosessien uudelleensuunnittelun keskiössä. Muutostyötä ohjaa visio siitä, mitä muutokselta halutaan eli mikä sen päämäärä on. (Kiiskinen ym. 2002: 27 & 19.) McCarthy ja Rich (2008: 13) toteavat, että tuotantoympäristön ongelmien tunnistaminen saattaa olla suhteellisen yksinkertainen prosessi. Hankalampaa on sellaisen kehitysprosessin suunnittelu, jonka avulla koko organisaatio ja sen henkilöstö onnistuvat pitämään yllä jatkuvaa oppimista, ja jonka avulla turvataan ydinprosessien sekä tekniikkoiden hallinta.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on kehittää kohdeyrityksen sekä siihen liittyvien toimijoiden kilpailukykyä, jotta tuotanto voitaisiin lähivuosien aikana kaksinkertaistaa. Kohdeyrityksen emoyhtiö investoi sen kehittämiseen useita miljoonia, joten toimintaan tullaan tekemään suuria muutoksia, jotka vaikuttavat yrityksen päivittäiseen toimintaan ja aina toi-

mittajiin asti. Tässä tutkimuksessa huomio on toimittajien ja kohdeyrityksen välisen yhteistyön kehittämisessä. Virtaavan kokoonpanon tavoitteeseen pyritään pääsemään kytkemällä toimittajat entistä tehokkaammin kohdeyrityksen kokoonpanovirtaukseen.

1.1 Tutkielman kohde ja taustat

Tämä pro gradu –työ on tehty toimeksiantona meriteollisuuden asiantuntijayritykselle. Toimeksiannon edellytyksenä on ollut tulosten salassapitovelvollisuus, joten toimeksiantajaa, kohdeyritystä tai sen toimittajia ei nimetä tässä työssä. Kohdeyritys on meriteollisuuden kokoonpanotehdas, joissa valmistusprosesseina ovat eri kokoonpanotyöt, LVI- ja sähkötyöt sekä viimeistely- ja siistimistyöt. Tutkimukseen on valittu kaksi kohdeyrityksen kannalta kriittistä toimittajaa, jotka valmistavat osia kohdeyrityksen kokoonpanoon. Toimittajat valmistavat koontielementtejä, joista kohdeyrityksessä aloitetaan moduulin rakentaminen.

1.2 Tutkielman tavoitteet ja aiheen rajaus

Tämän pro gradu –työn tavoitteena on tutkia kohdeyrityksen sekä kahden sen toimittajan nykytila, ja saada selville, kuinka kaukana he ovat kokoonpanoon kytketystä virtautetusta tuotannosta ja miksi. Tarkoitus on tuoda esille nykyisen toiminnan ongelmakohtia sekä kohdeyrityksen että toimittajien näkökulmasta. Ongelmakohtat halutaan tuoda esille, jotta tulevaisuudessa kehitystyö osataan kohdistaa oikeisiin asioihin.

Tutkielma koostuu yhdestä tutkimuskysymyksestä: ”*Mitkä tekijät kohdeyrityksen ja toimittajien välisessä nykytilassa estävät toimittajien valmistuksen kohdeyrityksen virtaavan kokoonpanon tahtiin?*” Virtaavalla kokoonpanolla tarkoitetaan osien valmistusta vain välittömään tarpeeseen. Työ rajataan toimittajien päässä valmistusvaiheeseen, jossa moduuleista aletaan räätälöidä lopputuotteita tilausta vastaavaksi. Kohdeyrityksessä tutkimus on rajattu kokoonpanovaiheeseen.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tässä tutkielmassa tutkimusmenetelmänä käytetään case- eli tapaustutkimusta. Tutkimusmenetelmän valinta perustuu siihen, että tutkielmassa pyritään kartoittamaan kohdeyrityksen ja kahden toimittajan nykytilaa, mitä ongelmakohtia siihen liittyy ja miten toimintaa voidaan kehittää tulevaisuudessa. Tapaustutkimus on yksi kolmesta perinteisestä tutkimusstrategiasta, ja sen kohteena on yksityiskohtainen, intensiivinen tieto yksittäisestä tapauksesta tai pienestä joukosta tapauksia, jotka ovat suhteessa toisiinsa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009: 134.) Tutkielma on lisäksi kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Sen lähtökohtana on todellisen elämän kuvaaminen mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. Laadullisessa tutkimuksessa tulokseksi voidaan saada vain ehdollisia selityksiä johonkin aikaan ja paikkaan rajoittuen. Tämän vuoksi on yleisesti todettu, että kvalitatiivinen tutkimus ei pyri ainoastaan todentamaan jo olevassa olevia totuuksia tai väittämiä, vaan se ennemminkin pyrkii löytämään ja paljastamaan tosiasioita. (Hirsjärvi ym. 2009: 160-161.) Laadullista tutkimusta voidaan lisäksi kuvata prosessiksi, koska aineistonkeruun väline on inhimillinen eli tutkija itse. Inhimillisyyden pohjalta voidaan ajatella, että aineistoon liittyvien näkökulmien ja tulkintojen katsotaan kehittyvän, kun tutkijan tietoisuus kasvaa tutkimusprosessin edetessä. (Kiviniemi 2015: 74.)

Tutkielmaa varten oli selvitettävä kohdeyrityksen sekä sen toimittajien tilaus- ja toimitusprosessien nykytila. Nykytila selvitettiin teettämällä haastattelu kohdeyrityksen ostopäällikölle sekä toimittajan X toimitusjohtajalle ja toimittajan Y operations managerille. Haastattelujen avulla oli mahdollista luoda kuva toimintojen nykytilasta, jonka perusteella pyrittiin tekemään johtopäätöksiä ja huomioita kehittymismahdollisuuksista, jotta toimittajat saataisiin kytkettyä vielä tehokkaammin kohdeyrityksen kokoonpanon tahtiin.

Hirsjärvi ym. (2009: 231) mukaan tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida erilaisia mittaus- ja tutkimustapoja käyttämällä. Tutkimuksen toistettavuudella (reliabelius) tarkoitetaan tutkimuksen kykyä antaa tuloksia, jotka eivät ole sattumanvaraisia. Toistettavuutta voidaan mitata teettämällä sama tutkimus kahdella arvioitsijalla ja katsoa, päätyvätkö he samaan tulokseen. Jos arvioijat päätyvät samaan tulokseen, voidaan tutkimusta

pitää reliaabelina. Sen sijaan tutkimuksen pätevyydellä (validius) varmistetaan, että tutkimuksessa mitattiin juuri sitä, mitä oli tarkoituskin mitata. Toisaalta, tapaustutkimuksen kohdalla voidaan ajatella, että perinteiset luotettavuuden ja pätevyiden arvioinnit eivät ole kaikkein sopivin tapa mitata tutkimuksen luotettavuutta. Näin on, koska voidaan aiheellisesti ajatella, että kaikki ihmistä tai kulttuuria koskevat tutkimukset ovat ainutlaatuisia, eikä kahta samanlaista tapausta ole. Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan lisätä antamalla tarkka ja luotettava selostus kaikista tutkimuksen vaiheista. Tässä tutkielmassa on pyritty selostamaan tutkimuksen vaiheet mahdollisimman tarkasti. (Hirsjärvi ym. 2009: 232-233.)

1.4 Tutkielman rakenne

Tämän tutkielman toteuttaminen aloitettiin huhtikuussa 2016 ja se valmistui marraskuussa 2016. Tutkimuksen teko aloitettiin teoriaan perehtymällä ja siitä kirjoittamalla. Ensimmäinen haastattelu toteutettiin kesäkuussa ja kaksi muuta elokuun aikana. Työ viimeisteltiin marraskuussa.

Työ on jaettu yhteen teoriaosuuteen sekä empiriaosuuteen ennen tutkielman lopussa olevia johtopäätöksiä ja yhteenvetoa. Teoriakappaleessa käsitellään niitä edellytyksiä, joita virtauksen luominen tuotantoon vaatii onnistukseen. Virtauksen luominen on keskeinen osa leanin mukaista toimintatapaa. Tutkielman empiriaosuus muodostuu kohdeyrityksen ja toimittajien nykytilan esittelystä, sekä haastattelujen pohjalta esiin nostetuista kehityskohteista. Johtopäätöksissä esitellään lopullisia päätelmiä ongelmakohdista ja mahdollisista ratkaisuksista.

2 VIRTAUTETTU TUOTANTO

”Virtauksella tarkoitetaan prosessissa keskeytymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- tai tuotevarastoja.” (Tuominen 2010: 72.)

Lean –tuotannon kehittäminen edellyttää tuotannon virtauttamista. Virtaus on lean organisaatiolle sen tärkein päämäärä. Virtauksen perimmäinen tavoite on valmistaa tuotteet ainoastaan tarpeen perusteella ja nopeasti valmiiksi. Tuotteita tai osia liikutellaan asemalta seuraavalle heti kun ne ovat valmiita. (Sproull 2009: 156.) Kehittämällä tuotannon luotettavuutta ja lisäämällä toiminnan suunnitelmallisuutta, virtaus voidaan saada aikaiseksi. Virtauksen luominen edellyttää ennaltaehkäiseviä huoltotöitä, lyhempiä asetus-aikoja, sekä menetelmiä laadun saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Virtaus on mahdollista saavuttaa valmistamalla pieniä eräkokoja ja sijoittamalla prosessit lähelle toisiaan. Virtautetussa tuotannossa keskeneräisen tuotannon määrä ja varastot pyritään pitämään mahdollisimman pieninä, jotta virtaus ei pysähtyisi. Jatkuva virtaus myös parantaa sisäänrakennettua laatua, koska jokainen operaattori työskentelee tavoitteenaan korjata ongelmat ennen osien lähettämistä seuraavalle asemalle. Jos virtauksen luominen ei ole mahdollista, puskurivarastoja käytetään harkiten. (Kouri 2009: 20; Sproull 2009: 156-157; Tuominen 2010: 72.)

Jatkuvan virtauksen eli niin sanotun yksittäisvirtauksen avulla saadaan ongelmat esille. Varastoilla on tapana peittää tehottomuuksia ja sitoa pääomaa. Virtauksen luominen tuo kuitenkin juuri nämä hukcatekijät näkyville ja siksi lean – toimintamallin avulla prosessit saadaan suoritettua tehokkaammin ja nopeammin kuin normaalisti. Tämän lisäksi, jatkuvan virtauksen avulla voidaan saavuttaa useita muitakin hyötyjä. Virtaus lisää joustavuutta, koska lyhyt läpimenoaika mahdollistaa nopean reagoinnin asiakkaan tarpeisiin. Virtaavassa tuotannossa on vain vähän lisäarvoa tuottamatonta toimintaa, jonka vuoksi lisäarvoa tuottavan työn tunnistaminen ja mittaus ovat helpompaa. Pienien erien valmistaminen lisää turvallisuutta, koska ei tarvita vaikeasti siirrettäviä ja nostettavia, suuria tavaraeriä. Kun tavarat virtaavat ennalta suunniteltuja reittejä pitkin, ei synny yllätyksiä prosessissa ja sen ulkopuolella työskenteleville. Virtauksen luominen lisää työmoraalia

työntekijöiden keskuudessa. Työntekijät tekevät enemmän lisäarvoa tuottavaa työtä ja näkevät konkreettisesti työn tulokset. Tämä lisää tuloksellisuuden tuntua ja tyytyväisyyttä työntekijöiden keskuudessa. (Liker 2010: 88-95.) Jatkuvan virtauksen luominen tuotantoon on tehokkain tapa toimia, ja siksi sen kehittämiseen tulisi käyttää runsaasti voimavaroja ja luovuutta. Jatkuvan virtauksen tavoittelu on hyvä aloittaa yhdistämällä yksittäisvirtauksen ja imuohjauksen periaatteita. Kun prosessien luotettavuus on kehittynyt ja sen seurauksena siirtymisajat lyhentyneet, voidaan toimintaa jatkuvasti parantaa kohti jatkuvaa virtausta. (Rother & Shook 2003: 45.)

Lean tuotantomenetelmät koostuvat erilaisista tekniikoista, jotka mahdollistavat tuotteiden valmistuksen yksi kappale kerrallaan ja määrättyllä tahdilla, samalla jatkuvasti arvoa lisäämätöntä odotusaikaa ja muita viivästyksiä poistaen. Tuote ”vedetään” (engl. pull) läpi tuotantolinjan vastauksena kysynnälle, eikä ”työnnetä” (engl. push.) perustuen tuotantosuunnitelmassa ennalta määriteltyyn tuotantomäärään. Ajatuksena on, että tuotanto toimii ikään kuin putkistona, jonka läpi erillinen tuote voidaan pysäyttämättä kuljettaa. Jos tuotteen ei tarvitse pysähtyä laisinkaan, sitä voidaan ajatella nesteinä, joka valuu putkiston läpi. Tämä vertauskuvaa putkiston läpi kulkevasta tuotteesta, on lähde termille virtaus. (Hobbs 2014: 23.) Leanissa on kyse pyrkimyksestä luoda esteetön ja nopea virtaus peräkkäisiin operaatioihin, joiden tuloksena valmistetaan täydellistä laatua. Toisin sanoen, kilpailuetua luodaan ajassa. Virtaus ei muodostu vain fyysisistä tuotteista ja palveluista, vaan myös informaatiosta ja suunnittelusta, joilla taataan operaatioiden toiminta. Tämä vaatii jatkuvaa kehitystä kolmella ulottuvuudella: hukan vähentäminen, arvon kohennus ja ihmisten osallistaminen. Lean instituutin mukaan ydinidea voidaan tiivistää asiakkaan kokeman arvon maksimoinniksi, hukatekijöitä poistamalla. (Bicheno & Holweg 2016: 1.) Seuraavassa kappaleessa 2.1 on esitelty lean –tuotannon mukaiset hukatekijät, jotka poistamalla pyritään luomaan jatkuva virtaus kokoonpanoon.

2.1 Hukka tuotantoprosessissa

Toyotan tuotantojärjestelmän (TPS) tärkein tavoite on lisätä tuotannon tehokkuutta eliminoimalla hukcatekijöitä jatkuvasti ja kokonaisvaltaisesti. (Ohno 1988: xiii.) Sen perimmäinen ajatus on aloittaa valmistusprosessin tutkiminen asiakkaan näkökulmasta. Arvo määritellään näin asiakkaan tarpeen mukaan. (Liker 2010: 27.) Lean toimintamalli on kehitetty Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta. Sen keskeisin tavoite on hukan tunnistaminen ja eliminointi. Hukka eli Muda on asiakkaalle arvoa tuottamatonta toimintaa. (Nicholas 2011: 59; Kouri 2009: 6) Näin ollen, lean toimintamallia noudatettaessa tuottavuuden parantaminen ei perustu työtahdin kasvattamiseen, vaan erilaisten hukcatekijöiden poistamiseen ja virtauksen luomiseen. Systemaattinen hukkien eliminointi johtaa loppuen lopuksi työn tuottavuuden ja laadun kehittymisen kasvuun. (Kouri 2009: 10.)

Lean toimintamalli tunnistaa kahdeksan eri hukan lajia, joista seitsemän kehitti Taichi Ohno, työskennellessään Toyotalla. Ohnon mukaan hukcatekijät voidaan lajitella liike-toiminta- ja valmistusprosesseissa seitsemään eri lisäarvoa tuottamattomaan tyyppiin:

- Ylituotanto
- Odottelu
- Tarpeeton kuljettelu
- Ylikäsittely
- Tarpeettomat varastot
- Tarpeeton liikkuminen
- Viat (Liker 2010: 28-29).

Liker (2010: 29) on tunnistanut kahdeksannen hukcatekijän, jonka vaikutusta ei voi jättää huomioitta; käyttämättä jätetty työntekijän luovuus. Työntekijät tulee sitouttaa ja heitä tulee kuunnella, koska heillä on tietoa, taitoa ja ideoita yrityksen toiminnoista ja niiden kehityksestä. (Kouri 2009: 11.)

Ylituotantoa syntyy, kun tuotteita valmistetaan välitöntä tarvetta enemmän. (Kouri 2009: 10.) Ylituotannon taustalla on usein puskurivarastoon valmistaminen tai työkoneiden käyttöasteen maksimaalinen hyödyntäminen, joka aiheuttaa resurssien tuhlausta ja turhia varastoja. (Nicholas 2011: 63.) Ylituotantoa pidetään tärkeimpänä hukkatelijänä, koska suuret eräkoot, keskeneräinen tuotanto ja varastoon valmistaminen johtavat välillisesti myös muiden hukkatelijöiden esiintymisen. (Kouri 2009: 10; Liker 2010: 29.) Korkeiden varastotasojen seurauksena prosessin muiden epäkohtien havaitseminen ja niiden korjaaminen hankaloituvat, koska varastotasot peittävät ongelmia ja lieventävät niiden vaikutuksia. (Kouri 2009: 10.) Odottelu on huomattavasti helpommin tunnistettava hukkatelijä kuin ylituotanto. Materiaalien puute, kone - ja laitehäiriöt sekä automatisoidut prosessit ovat esimerkkejä, jotka aiheuttavat turhaa odottelua tuotantoprosessissa. (Kouri 2009: 10; Nicholas 2011: 63.) Myös materiaalien, osien tai valmiiden töiden liikuttelu varastoon, varastosta tai prosessista toiseen ja tuotantovaiheiden välillä voi aiheuttaa tarpeetonta kuljetusta ja odotusta, jotka eivät lisää asiakkaan kokemaa arvoa, ja jotka estävät tuotantoa virtaamasta tehokkaasti. (Liker 2010: 29.) Lisäksi työntekijöiden turha liikkuminen paikasta toiseen on hukkaa. (Nicholas 2011: 61.)

Ylikäsittelyä syntyy, kun tehdään asiakkaan näkökulmasta merkityksettömiä, eli arvoa tuottamattomia asioita. (Kouri 2009: 11.) Käytännössä ylikäsittely tarkoittaa tarpeettomien vaiheiden suoritusta, jolloin lopputuotoksena syntyy laadukkaampia tuotteita kuin on tarve ja kysyntä. (Liker 2010: 29.) Tarpeettomat varastot taas aiheuttavat pidempiä läpimenoaikoja, tuotteiden vanhentumista, hyödykkeiden vahingoittumista, sekä kuljetus- ja varastointikustannuksia ja viiveitä prosessiin. Ongelmat, kuten tuotannon epätasapaino ja alihankkijoiden heikko toimitusvarmuus on vaikeampi havaita korkeiden varastotasojen vuoksi. (Liker 2010: 29.) Työntekijöiden suorittama turha liike, kuten osien ja työkalujen etsiminen ja hakeminen tai osien ja valmiiden töiden pinoaminen on hukkaa. (Liker 2010: 29.) Nicholaksen (2011: 64) mukaan liike ja työnteko eivät ole synonyymejä. Työn voidaan katsoa sisältävän tietynlaista liikettä, joka joko lisää arvoa tai on välttämätöntä arvon luomiseksi. Toisaalta työntekijän jatkuva liikkuminen eli kiireinen työntekijä ei tosiasiallisesti välttämättä luo arvoa. Myös kaikenlaiset viat tuotantoprosessin eri vaiheissa aiheuttavat hukkaa. Vialliset osat ja niiden korjaaminen, pois heittäminen

ja täydennysosien tuottaminen, sekä tarkastus hukkaavat materiaaleja ja kapasiteettia. (Liker 2010: 29.) Vialliset tuotteet aiheuttavat myös asiakastyytymättömyyttä, joten sen vuoksi tuoteviat tulisi havaita ennen asiakastoimituksia. (Nicholas 2011: 60.)

Mudan eliminointi ei tulisi olla yksin keskiössä. Muri eli ihmisten ja laitteiden ylikuormituksella tarkoitetaan työvoiman ja laitteiden käyttöä yli luonnollisten rajojen. Murin seurauksena turvallisuus- ja laatuongelman lisääntyvät, ja laitteiden ylikuormitus aiheuttaa vikoja ja laiterikkoja. (Liker 2010: 114.) Muria pidetään usein toiminnan ydinongelmana. Ylikuormitus aiheuttaa stressiä työntekijöille ja saattaa johtaa esimerkiksi laitteiden huollon laiminlyöntiin, jotka puolestaan aiheuttavat vaihtelua eli Muraa. Molemmat hukan tyypit johtavat puolestaan Mudaan. (Bicheno & Holweg 2016: 42).

Lean toimintamallissa kehitystä tapahtuu, kun suuri osa lisäarvoa tuottamattomista vaiheista eli hukcatekijöistä karsitaan prosessista, jonka seurauksena tuotanto saadaan virtaamaan. Virtaus tuotantoprosessissa mahdollistaa tuotteiden valmistamisen nopeasti välittömän tarpeen perusteella. (Kouri 2009: 21; Liker 2010: 31.) Lean toimintamallissa tavoite on luoda yksiosainen virtaus karsimalla toimintoja, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle. (Liker 2010: 88.)

2.1.1 Tuotannon vaihtelut

Edellä käsitellyt kahdeksan hukcatekijää muodostuvat Mudasta, eli lisäarvoa tuottamattomasta työstä, joka on yksi leanin kolmesta hukkatyypistä. Ne ovat seurausta Murasta eli epätasaisuudesta. Lean toimintamallin keskiössä on myös Muran eli epätasaisuuden poistaminen. (Liker 2010: 114.) Epätasaisuudella viitataan tuotannon vaihteluihin (engl. variation). Kontrolloitavissa oleva (engl. controllable variation) vaihtelu on suora seuraus tuotannossa tehdyistä päätöksistä. Jos päätetään tuottaa useampia eriä tuotetta, vaihtelua on tuotteiden kuvauksissa. Fyysiset mitat ja valmistuksen aika vaihtelevat huomattavasti. Sen sijaan satunnainen vaihtelu (engl. random variation) on seurausta tapahtumista, joihin ei ole suoranaista vaikutusvaltaa. Molemmat vaihtelun tyypit ovat haitallisia tuotantoympäristössä, mutta koska satunnaisen vaihtelun seuraukset ovat prosessille kriittisempiä,

tarkastelemme tässä kappaleessa sitä. Tuotantoympäristön yleisimmät satunnaisen vaihtelun aiheuttajat ovat tiivistettynä alla olevassa taulukossa. (Hopp & Spearman 2011: 265 & 271.)

Taulukko 1. Satunnaisen vaihtelun aiheuttajat (Hopp ja Spearmanin 2011: 271).

Luonnollinen vaihtelu	Pääsääntöisesti työntekijöistä aiheutuvaa vaihtelua. Automatisoidussa prosessissa esimerkiksi poikkeava komponentin materiaali tai laatu, jonka seurauksena prosessin vauhti saattaa vaihtua.
Satunnaiset katkokset	Sähkökatkokset ja konerikot, jotka voivat tapahtua milloin tahansa, jopa kesken työn, ovat ennakoimattomia vaihtelun aiheuttajia. Ennakoitavia katkoksia aiheuttavat kuluneet työkooneet – ja välineet, jotka tulee vaihtaa, mutta joiden ajankohdtaan voidaan vaikuttaa.
Prosessin asetusajat	Asetusaikojen vaihtelut ovat ennakoitavissa olevia, jos niitä esiintyy tuotantoprosessissa tapahtuvien muutosten takia, kuten hitsausmaskin tai terän vaihto.
Operaattoreiden käytettävyys	Ennaltaehkäisevä koneiden kunnossapito, tauot, kokoukset ja vuorojen vaihdot tapahtuvat tyypillisesti töiden välillä, ei niiden aikana ja siksi aiheuttavat ennakoitavia katkoksia.
Uusintatyöt	Laatuongelmien vuoksi aiheutuvat laaduntarkastukset ja korjaustyöt.

Yllä määritellyt vaihtelun aiheuttajat liittyvät ainoastaan prosessiajan vaihtelevuuteen yksittäisellä työasemalla. Vaihtelut yksittäisellä asemalla voivat kuitenkin vaikuttaa valmistuslinjan muihinkin asemiin. Tällaista vaihtelua kutsutaan virtauksen vaihteluksi (engl. flow variability). Valmistuslinjaan syntyy vaihtelua, kun vaihtelevan prosessiajan omaava ylävirran työasema syöttää komponentteja alavirran työasemiin. Odotettavasti

myös alavirrassa oleviin työasemiin syntyy näin vaihtelua. Vaihtelu tuotantolinjan alkupäässä onkin vahingollisempaa kuin vaihtelu sen loppupäässä. (Hopp & Spearman 2011: 278.) Vaihtelulla on siis kaksi merkittävää lähdettä, joita mitataan saapumisajalla (engl. interarrival time) ja tehokkaalla prosessiajalla (engl. effective process time). Saapumisajalla tarkoitetaan aikaa, joka yhdellä yksiköllä kestää saapua prosessoitavaksi. Tehokas prosessiaika sen sijaan merkitsee aikaa alkaen siitä, kun yksikkö on valmis prosessoitavaksi eli kun se ei ole enää jonossa muiden yksiköiden takana, sen valmistumiseen asti. (Hopp 2008: 27.) Näin ollen, vaihtelua esiintyy joko ajassa, joka eri virtausyksiköiltä kuuluu prosessiin saapumiseen tai prosessin läpikäymiseen. (Modig & Åhlström 2013: 41.)

2.1.2 Vaihtelun merkitys virtaukseen

Vaihtelun aiheuttajasta riippumatta, vaihtelulla on merkittävä vaikutus virtaustehokkuuteen. Vaikutus voidaan selittää tutkimalla vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välistä yhteyttä Kingmanin kaavan avulla. (Modig & Åhlström 2013: 42.) Kingmanin kaava tai niin sanottu VUT – yhtälö auttaa ymmärtämään ne tekijät ja niiden väliset suhteet, joiden seurauksena prosessiin muodostuu jonoja ja pidentyneitä läpimenoaikoja. Yhtälö muodostuu kolmesta eri muuttujasta, ulkoisesta vaihtelusta, prosessien sisäisestä vaihtelusta ja resurssien käyttöasteesta. Se voidaan yksinkertaistettuna lausua muodossa

$$L = VUT, \quad (1)$$

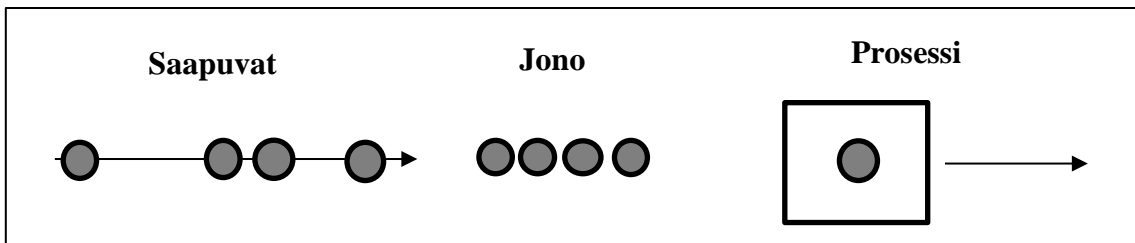
jossa L on keskimääräinen läpimenoaika, V on kokonaisvaihtelut, U on prosessin käyttöaste ja T on keskimääräinen prosessiaika. (Bicheno & Holweg 2016: 38.) Vaihtelun ja suorituskyvyn välistä syy-seuraussuhdetta tulee luonnehtia myös jonotuksen teorian (engl. queueing theory) näkökulmasta. Tuotantosysteemissä, jossa yksiköt kerääntyvät jonoksi seuraavan prosessin taakse,

$$\text{prosessin läpimenoaika} = \text{odotusaika} + \text{prosessiaika}. \quad (2)$$

Odotusaika (WT) tarkoittaa aikaa, jonka yksiköt viettävät tuotantosysteemissä odottaen prosessointia. Odotuksen syytä on monia, mutta tärkein niistä on jonotus. Odotusajan ja jonotuksen suhde voidaan ilmaista yhtälöllä

$$WT = VUt, \quad (3)$$

jota kutsutaan jonotuksen periaatteeksi (engl. queue principle) ja jossa t merkitsee tehokasta prosessiaikaa. Kuviossa 1 on esitetty, kuinka jonoa muodostuu saapuvien ja prosessoitavien erien välille. (Hopp 2008: 30.)



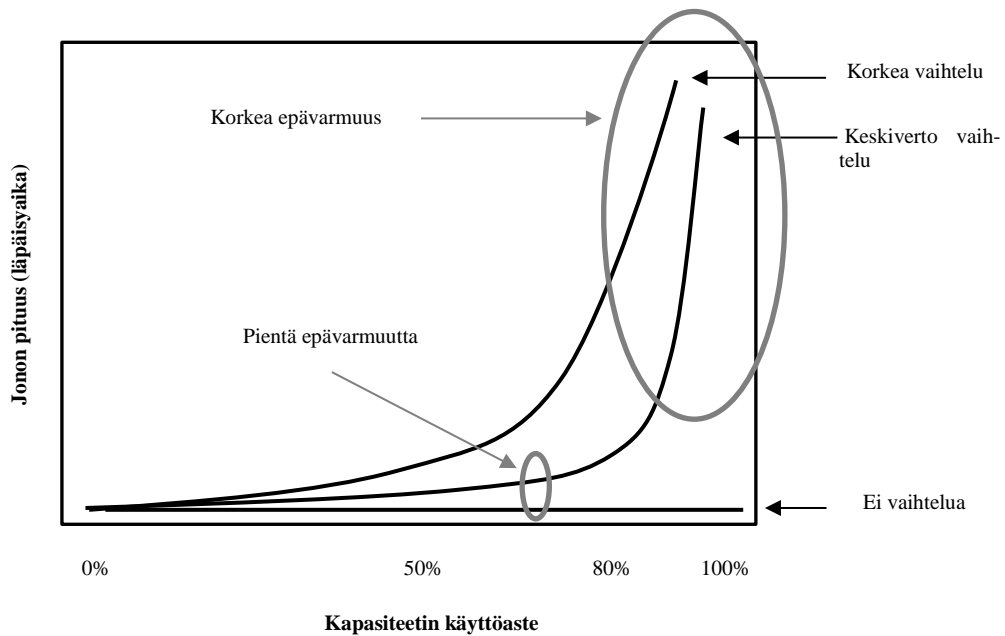
Kuvio 1. Vaihtelun aiheuttaman koordinaation puute aiheuttaa jonotusta. (Hopp 2008: 31).

Jonotuksella viitataan tilanteeseen, jossa yksiköt ovat valmiita prosessoitavaksi, mutta niiden tulee odottaa, että resursseja vapautuu. Perimmäinen jonotuksen aiheuttaja on koordinaation puute saapuvien ja prosessoitavien yksiköiden välillä. Jos yksiköt synkronoitaisiin saapuvaksi silloin, kun yksittäinen prosessi on saanut valmiiksi yhden yksikön, jonotusta ei syntyisi. Toisaalta, jos vaihtelua esiintyy missä tahansa prosessin vaiheessa, yksiköt saattavat saapua paikalle ennen kuin prosessi on valmis vastaanottamaan ne, ja silloin tuotantolinjaan syntyy jonotusta. Näin ollen, koska yksikkö joko odottaa asemalla tai on prosessoitavana, jonotus – periaatteen seurauksena voidaan lausua seuraava kaava:

$$CT = WT + t = VUt + t \quad (4)$$

Yhtälössä CT merkitsee prosessin läpimenoaikaa, WT odotusaikaa ja t tehokasta prosessiaikaa. Edellä esiteltyjen yhtälöiden perusteella voidaan todeta, että vaihtelu ja käyttöaste

vaikuttavat toisiinsa. Korkea vaihtelevuuden aste (V) on kaikkein vahingollisinta työasemilla, joilla on korkea käyttöaste (U) eli niin sanotuissa pullonkauloissa. Tuotantolinjan pullonkaulat esitellään luvussa 2.3.3. Näin ollen, yhdistelemällä toimia, joilla voidaan laskea sekä käyttöastetta ja / tai vähentää vaihtelua, voidaan leikata myös jonotusaikoja. Lisäksi vaihtelun pienentäminen on kaikkein tehokkainta pullonkauloissa. (Hopp 2008: 30-31.) Kuvassa 2 on klassinen jonotuskäyrä, joka on sovellettavissa kaikissa tuotantoympäristöissä, joissa varastoa ei voida rakentaa etujassassa, kuten valmistettaessa tilauksesta. Kuvasta voidaan tehdä useita havaintoja. Kapasiteetin käyttöasteen kasvaessa keskimääräinen jonotusaika kasvaa eksponentiaalisesti. Käyttöasteen kasvaessa epävarmuus kasvaa. Jonotus todellisuudessa alkaa vaikuttaa vasta kun käyttöaste on yli 80 %. Toisaalta taas käyttöasteen ollessa 100 %, jono on ääretön, tai olisi todella pitkä, jos asiakkaan eivät luovuttaisi jonotuksesta. Näin ollen, jos käyttöaste on matala, jonot ovat lyhyitä. Jos tuotannossa ei esiinny laisinkaan vaihtelua, myöskään jonotusta ei esiinny niin kauan kuin kapasiteetti ylittää kysynnän. (Bicheno & Holweg 2016: 39.)



Kuvio 2. Jonotuskäyrä (Bicheno & Holweg 2016: 39).

Bicheno ja Holweg (2016: 45) toteavat joidenkin Lean – ajattelutavasta innostuneiden sanoneen, puskurien olevan hukkaa, joka tulee aina eliminoida. Näin ei heidän mukaansa kuitenkaan ole. Vaihtelua kysynnässä ja prosesseissa esiintyy aina, ja siksi tarvitaan myös puskureita. Spearman ja Hopp (2011: 309) kutsuvat vaihtelun laiksi toteamaa, jonka mukaan vaihtelu tuotantoympäristössä puskuroidaan yhdistelemällä eri puskureita. Puskurit voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: varasto -, kapasiteetti – ja aikapuskureihin. Puskurivarasto suojaa kysynnän ja hankinnan epävarmuuksilta sekä sisäiseltä vaihtelulta. Niihin palataan myöhemmin tässä työssä. Kapasiteettipuskurin tarkoitus sen sijaan on ylimääräisellä kapasiteetilla suojata prosesseja kysynnän vaihteluilta ja sisäiseltä vaihtelulta. Kapasiteetilla tarkoitetaan tässä yhteydessä ylimääräistä henkilöstöä tai työkoneita. Aikapuskuri lisää läpimenoaikaa, mutta sen ansiosta varasto-, ja kapasiteettipuskuria voidaan pienentää. Puskureiden valinta, yhdistelmä, koko sekä hallinta ovat leanin strateginen kysymys. Puskureiden voidaan ajatella muodostavan portfolion, jonka yhdistelmän tulee muuttua riskien ja mahdollisuuksien mukaan. (Holweg & Bicheno 2016: 45.) Sproull (2009: 78) luokittelee joustavat puskurityypit taulukossa 2.

Taulukko 2. Joustavat puskurit (Bob Sproull 2009: 79).

Puskurityyppi	Puskuriesimerkki
Kapasiteetti	Moniosajat työntekijät, jotka voivat tarvittaessa tehdä useaa eri työtehtävää.
Varasto	Keskeneräinen tuotanto sellaisessa muodossa, että sen kustomointi voidaan tarvittaessa tehdä tuotannon loppuvaiheessa.
Aika	Haluttu asiakaspalvelun taso voidaan saavuttaa keskimääräistä lyhemmillä läpäisyajaoilla, kun läpäisyajat annetaan asiakaskohtaisesti, ei keskimääräisesti.

Käytännössä vaihtelun puskurointiin liittyy muitakin huomioonotettavia seikkoja kuin puskuriyhdistelmän valinta. Puskureita valittaessa on otettava huomioon niiden joustavuus. Joustavuus mahdollistaa puskurin ”kellumisen” sinne missä sitä tarvitaan. Tämä tekee puskurista tehokkaamman työkalun vaihtelun vähentämiseksi. Puskurien joustavuuteen liittyvän periaatteen mukaan joustavuus vähentää tarvittavien puskurien määrää tuotantosysteemissä tai koko toimitusketjussa. Näin ollen kekseliäs joustavuuden käyttö puskureissa on tärkeä osa tehokasta toiminnanjohtamista. (Hopp 2008: 85.)

Kaikenlainen vaihtelu missä tahansa tuotantosysteemissä on aina vahingollista. Se pidentää prosessiaikoja ja nostaa varastotasoa, hukkaa kapasiteettia, laskee suoritustehoa, sekä pidentää läpimenoaikoja ja aiheuttaa asiakastyytymättömyyttä. Tämän vuoksi vaihtelun vähentäminen tulee olla keskeisessä asemassa kaikissa hankkeissa, jotka liittyvät suorituksen parantamiseen. Vaihtelun vähentämisen tärkeyden tunnistaminen ja sen saavuttamiseen sopivat menetelmät, kuten tuotannon tasoitus, johon palataan luvussa 2.3.3, olivat perustavanlaatuisia menestystekijöitä Just-In-Time (JIT) tuotannolle ja sen pohjalta kehittyneelle Lean filosofialle. (Spearman & Hopp: 2011: 229 - 309.)

2.2 Virtaustehokkuus

Virtaustehokkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu tiettyä ajanjaksona. Ajanjakso määritellään alkavan siitä, kun tarve tunnistetaan ja päättyvän siihen, kun tarve on tyydytetty. Virtaustehokkuutta tarkasteltaessa, arvo määritellään virtausyksikön näkökulmasta eli sen ajan mukaan, kun yksikkö saa arvoa. Toisaalta, organisaation tasolla virtaustehokkuus määrittelee sen, kuinka hyvin organisaatio jalostaa virtausyksiköitään. Näin ollen, arvoa tuottavien toimintojen summa suhteessa läpimenoaikaan on virtaustehokkuuden mitta. Hyvän virtaustehokkuuden saavuttamiseksi, on tärkeää pitää virtaus jatkuvasti käynnissä, eli varmistaa, että jokin resurssi jalostaa virtausyksikköä koko ajan. Voidaan siis sanoa, että virtaustehokkuudessa on kyse siitä, kuinka tiheästi arvonsiirto resurssin ja virtausyksikön välillä tapahtuu eli mikä osuus arvoa lisävillä toiminnoilla on virtausyksikön läpimenoajasta. (Modig & Åhlström 2010: 13 - 26.)

2.2.1 Lämpäisyajan merkitys

Tuotannon lämpäisy aika mittaa virtauksen tehokkuutta. (Kouri 2010: 20.) Lämpäisyajalla (engl. lead time) voidaan tarkoittaa eri kokonaisuuksien, kuten tilauksen, valmistuksen, osavalmistuksen tai kokoonpanon lämpäisy aikaa. Käsitteenä lämpäisy aika on sopiva varsinkin silloin kun lämpäisy aika sisältää useita toimintoja, kuten suunnittelu, hankinta ja valmistus. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997: 53.) Yleensä lämpäisyajalla tarkoitetaan kokonaislämpäisy aikaa tai valmistuksen lämpäisy aikaa. Kokonaislämpäisy aika merkitsee aikaa, joka kuuluu tilauksen vastaanottamisesta valmiin tuotteen toimitukseen. Valmistuksen lämpäisy aika alkaa valmistuksen aloittamisesta ja loppuu tuotteen valmistumiseen. Lämpäisy aika kuvaa toimintaketjun vaatimaa kokonaisaikaa kalenteriaikana. Odotusaika muodostaa valtaosan siitä, sillä työnvaiheajat ovat vain murto-osa kokonaislämpäisy aikaa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009: 401.) Hopp ja Spearman (2011: 331) jakavat lämpäisyajan kahteen eri tyyppiin: asiakkaan lämpäisy aikaan ja tuotannon lämpäisy aikaan. Asiakkaan kokema lämpäisy aika on aika, joka tuotteen tilauksesta valmistukseen asti on sallittu kestävän. Näin ollen, lämpäisyajan määrittäminen edellyttää kysynnän määrittämistä. (Nash & Poling 2008: 125.) Jonkin prosessin lämpäisyajalla taas viitataan siihen keskimääräiseen aikaan, joka kuuluu, kun tuotteiden raaka-aineet vapautetaan prosessiin, siihen pisteeseen asti, kun ne ovat valmiita toimitukseen asiakkaalle. Kokonaislämpäisy aika ja prosessin lämpäisy aika ovat näin yhteydessä toisiinsa. (Sproull 2009: 34.)

Littlen laki (engl. Little`s Law) on perustavanlaatuinen kaava, joka osoittaa, että lämpäisy aikaan vaikuttavat sekä keskeneräisen tuotannon määrä, että jaksoaika. Keskeneräisellä tuotannolla tarkoitetaan kaikkia niitä virtausyksiköitä, jotka ovat jo sisällä prosessissa, mutta eivät ole vielä valmiita. Jaksoaika sen sijaan merkitsee sitä keskimääräistä aikaa, joka kuuluu kahden virtausyksikön prosessista poistumisen välillä. Jaksoaika on siis tahti, jossa virtausyksiköt poistuvat prosessista. Näin ollen, jaksoajan piteneminen pidentää myös läpimenoaikaa. Pitkä jaksoaika taas johtuu siitä, että työskentelyä ei ole mahdollista toteuttaa nopeammin tai kapasiteetissa on puutoksia. Littlen laki osoittaa myös, että käsiteltävien virtausyksiköiden määrän kasvaessa myös läpimenoaika kasvaa. Keskeneräiset

virtausyksiköt pidentävät läpimenoaikoja. (Modig & Åhlström 2013: 34-36.) Edellä esiteltyjen johtopäätösten myötä Littlen laki voidaan muodostaa kolmen muuttujan yhtälönä:

$$WIP = TH \times CT. \quad (5)$$

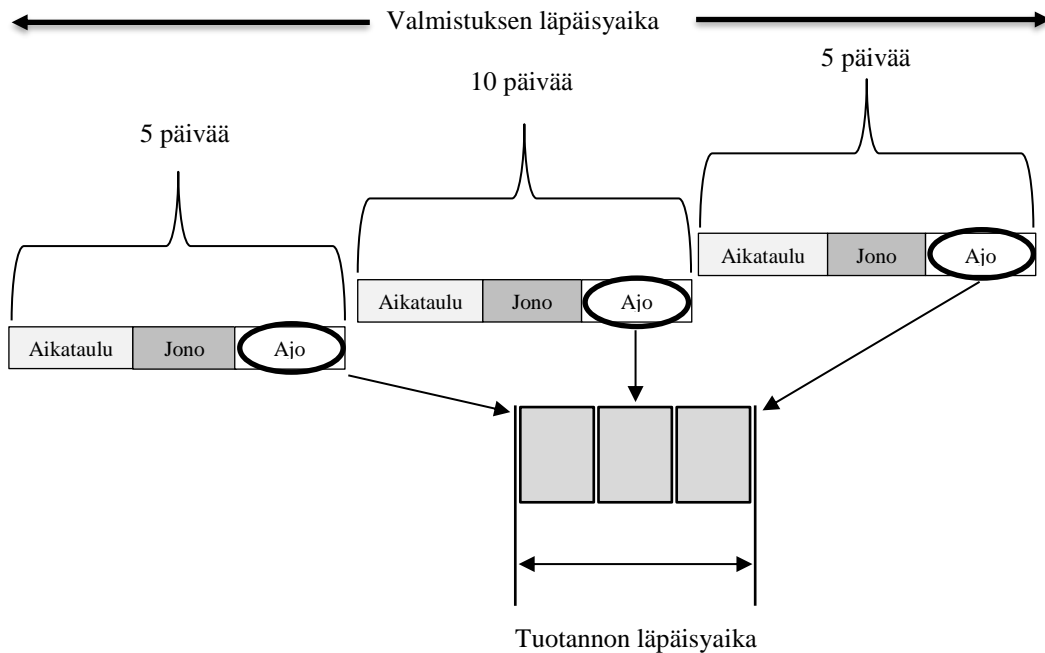
Yhtälön kannalta kriittiset muuttujat ovat keskeneräinen tuotanto (WIP = Work in Process), jaksoaika (TH = Throughput time) ja läpäisy aika (CT = Cycle time/Lead time). Littlen laki on hyvin yleisluonteinen kaava, jota voidaan soveltaa koko linjastoon, tehtaaseen, varastoon tai mihin tahansa toimintoon, jonka läpi yksiköt virtaavat. Littlen laki muodossa $CT = WIP / TH$ viittaa siihen, että sekä läpäisyajan vähentäminen, että keskeneräisen tuotannon vähentäminen johtavat samaan lopputulokseen, mikäli jaksoaika pysyy tasaisena. Näin ollen, kaikki toimet, jotka kohdistetaan keskeneräisen tuotannon vähentämiseksi, kohdistuvat myös läpäisyajan vähentämiseksi. Erillisiä ohjelmia molempien edellä mainittujen vähentämiseksi ei siis tarvita. Johtopäätöksenä voidaan myös todeta, että jos prosesseissa esiintyy keskeneräistä tuotantoa, esiintyy siellä myös pidentyneitä läpäisyajoja. Jos halutaan tehostaa läpäisyajoja, parannuskohteita tulee etsiä niistä tuotantoprosessin kohdista, joihin keskeneräinen tuotanto on kerääntynyt. (Hopp 2008: 22-24.) Sproullin (2009: 109) mukaan prosessin läpäisy aika tulee pitää mahdollisimman lyhyenä varsinkin niissä tuotannon vaiheissa, joissa jokin rajoite vaikuttaa yksittäiseen toiminnon tehokkuuteen.

Lyhyet läpäisyajat vaikuttavat positiivisesti yrityksen toimintaan sekä kilpailukykyyn, ja siksi se on yksi toiminnanohjauksen keskeisimmistä tavoitteista. Tuotanto tulisi suunnitella niin, että tilausten ja tuotantoerien läpäisyajat pystyttäisiin pitämään mahdollisimman lyhyenä. Niiden seurauksena voidaan vähentää keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa, kehittää toimitusvarmuutta ja laatua, sekä helpottaa kapasiteetin suunnittelua. (Haverila ym. 2009: 402.) Sproull (2009: 108 - 109) on tiivistänyt kirjassaan viisi motiivia, miksi lyhyet prosessin läpäisyajat tulisivat olla tuotannon tavoite:

- *Paremmat valmiudet vastata asiakkaiden vaatimuksiin:* Jos prosessin läpimenoaika on lyhyt, eli tuotteen valmistaminen vie vähemmän aikaa, myös tuotannon läpäisyaikaa voidaan lyhentää. Lyhempi läpäisy aika voi johtaa myynnin kasvuun.
- *Joustavuuden säilyttäminen:* Tulevien prosessien muuttaminen on vähemmän haitallista kuin jo prosessissa olevien töiden muuttaminen. Lyhemmät läpäisyajat prosesseissa luovat enemmän joustavuutta muutoksille.
- *Laadun parantaminen:* Pitkät läpäisyajat tarkoittavat yleensä pitkiä jonoja tuotantosysteemissä, jotka taas viittaavat viiveeseen virheiden tuottamisen ja niiden havaitsemisen välillä. Tästä syystä lyhemmät yksittäisen prosessin läpimenoajat vaikuttavat positiivisesti laatuun.
- *Pienempi painoarvo kysynnän ennustuksille:* Jos prosessin läpimenoajat ovat pidemmät kuin mitä asiakkaat ovat valmiita odottamaan, tuotantoa tulee pitää yllä kysynnän ennakointiin perustuen. Kysynnän ennustaminen on harvoin täysin virheetöntä ja siksi läpimenoajat tulee pitää lyhempana kuin määritellyt läpäisyajat.
- *Parempien ennusteiden luominen:* Mitä enemmän prosessin läpimenoajat ylittävät asiakkaiden läpäisyajan, sitä pidemmälle tulisi ennustusten ulottua. Näin ollen, vaikka läpimenoaikoja ei voitaisi lyhentää siihen pisteeseen, että riippuvuus ennustuksiin voitaisiin eliminoida, läpimenoajan pienentäminen lyhentää kuitenkin ennustamiseen liittyvää aikahorisonttia. Tämä vähentää virheellisiä ennusteita.

Yrityksen tuotantotyyppin ollessa tilauksesta kokoonpano (engl. Assemble to Order, ATO), kuten tässä työssä tarkasteltavien toimittajan tapauksessa, tuotannon läpäisy aikaan vaikuttaa merkittävästi odotusaika kokoonpanopisteellä. Kokoonpanon lain mukaan suorituskykyä kokoonpanoasemalla vahingoittaa seuraavien kolmen tekijän kasvu: kokoonpantavien komponenttien lukumäärä, vaihtelu komponenttien saapumisajoissa sekä koor-

dinaation puute komponenttien saapumisten välillä. Niinpä asiakkaan kokemaan läpäisy-aikaan vaikuttaa saapuvien komponenttien odotuksen ja yhteensopivuuden aika (engl. wait-to-match time). Kokoonpanon lain mukaan vaihtelu saattaa aiheuttaa komponenttien saapumisen valmistuslinjastolta väärään tahtiin. (Hopp & Spearman 2008: 333.) Pienikin osuus viivästyneitä komponentteja voi johtaa merkittävään häiriöön aikataulussa. Komponenttien puute voi viivästyttää töitä tai aiheuttaa niiden käsittelyn tapahtuvan väärässä järjestyksessä. Siksi yksi suurimpia hankinnan haasteita on taata riittävä komponenttien saatavuus, aikataulun noudattamisen helpottamiseksi. (Hegedus & Hopp 2001.) Näin ollen, aina kun valmistus aloitetaan asiakkaan tilauksesta, tuotantoon tulee lisätä varmuusläpäisyaikaa. (Hopp & Spearman 2008: 333.) Varmuusläpäisyaikaa käytetään joustavuuden luomiseksi, sekä tuotannon ja kysynnän ajoitusten epävarmuutta vastaan. Se määritellään eroksi valmistuksen aloittamisen ajankohdan (engl. release timen) ja määräpäivän (engl. due daten) välillä, vähennettynä ajalla, joka kuuluu tuotteen valmistamiseen. Varmuusläpäisyajan hyödyntäminen nostaa toimitusvarmuutta olosuhteissa, joissa toimintaan vaikuttaa epävakaat toimitukset. Toisaalta taas tilanteessa, jossa toimintaan vaikuttaa vaihteleva kysyntä, on varmuusvarasto parempi keino toimitusvarmuuden nostamiseksi. (van Kampen, Van Donk & van der Zee: 2008.) Asiakasohjautuvassa tuotannossa läpäisyajan on aina oltava toimitusaikaa lyhempi. Jos toimitusaika ja läpäisy aika ovat yhtä suuret, tehtaalla kuormitus vaihtelee myynnin eli tilauskannan mukaan. (Lapinleimu ym 1997: 54.)



Kuvio 3. Kokonaiskäsittelyaika verrattuna valmistuksen todelliseen läpäisy aikaan (Hobbs 2003: 24).

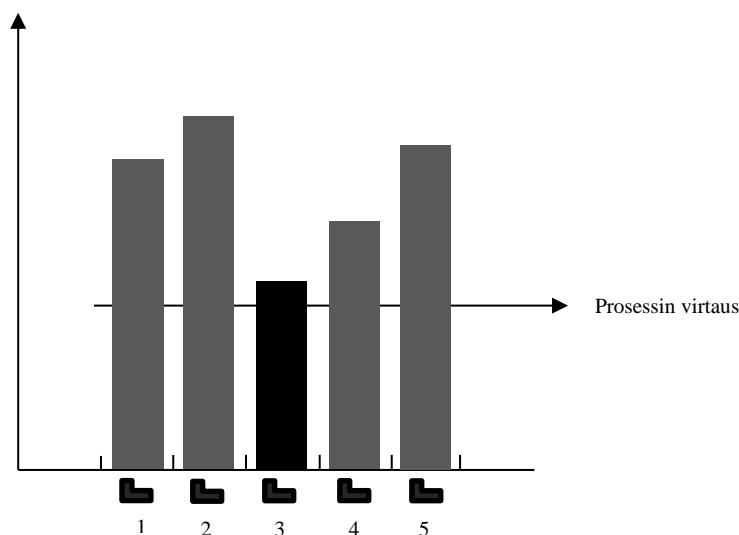
Lean tuotannon tavoitteena on luoda ja suunnitella tuotantolinja, joka kykenee tuottamaan useita eri tuotteita, yksi kerrallaan, ja käyttäen vain sen ajan joka todellisuudessa kuluu tuotteen valmistukseen. Lean tekniikat ja menetöt pyrkivät vähentämään arvoa lisäämättä odotusaikaa ja poistamaan jonotuksen. Tämän seurauksena saavutetaan lyhemmät läpäisyajat. Kaikki leanin avulla saavutettavat hyödyt pohjautuvat nimenomaan läpäisyajan lyhentämiseen. Kuvasta 3 käy ilmi todellinen valmistukseen kuluva ajan määrä suhteessa valmistuksen läpäisy aikaan. (Hobbs 2014: 23.) Keskeisiä keinoja valmistuksen läpäisy aikojen lyhentämiseksi ovat valmistuserien koon pienentäminen sekä välivarastojen poistaminen. Jos tuotantoprosessissa on suuria valmistuseriä, myös läpäisyajat kasvavat pidemmiksi. Näin on, koska eräkoko ja työvaiheiden väliset odotusajat kasvavat samassa suhteessa; valmistuserä on jonossa sitä pidempään, mitä enemmän tuotteita pyrkii samaan työvaiheeseen. Eräkoon pienentämisen edellytyksenä on usein asetusaikojen lyhentäminen, sillä mitä lyhemmät asetusaikat, sitä pienemmät valmistuserät ovat taloudellisesta näkökulmasta mahdollisia. Niitä voidaan lyhentää teknisten ratkaisujen avulla tai

organisoimalla asetusten teko tehokkaammin. (Haverila ym. 2009: 406.) Prosessien välisten odotus- ja jonotusaikoja lyhentämällä voidaan lyhentää myös läpimenoaikoja. Odotusaikoihin vaikuttavat kuljetuserät, joten selkeyttämällä materiaalivirtoja ja sijoittamalla työpisteet optimaaliseen järjestykseen valmistusvaiheiden mukaisesti läpäisyaikaa hidastavia kuljetuksia saadaan karsittua. Jonotusaikoja taas saadaan vähennettyä kasvattamalla pullonkaulojen tahtia tai vähentämällä vaihtelua prosessi- tai saapumisajoissa. (Haverila ym. 2009: 406; Hopp & Spearman 2008: 344.)

2.2.2 Tuotannon rajoitteet

Rajoite on mikä tahansa elementti tai tekijä, joka estää systeemiä saavuttamasta suorituskyvyn, jolla se pääsisi tavoitteeseensa. Rajoite voi olla fyysinen, kuten laite tai materiaalin puute, tai liikkeenjohdollinen, kuten toimintaperiaatteet ja menettelytavat. (Bicheno & Holweg 2016: 215.) Käytännössä rajoite voi olla seurausta toimittajan riittämättömästä kapasiteetista, puutteellisesta sisäisestä tuotannosta ja laitteiston suorituskyvystä, kuljetusten vajauksesta, työvoima- ja materiaalipulasta, laatuongelmista, joustamattomista työkäytännöistä tai riittämättömistä taloudellisista resursseista. (Trent: 2007: 163 – 164.) Useimmiten rajoite on resurssi, jolla on korkein käyttöaste. Pullonkaulaksi sen sijaan nimitetään välineitä, toimintoja, osastoa tai resurssia, jonka kapasiteetti on vähemmän kuin siihen kohdistettu kysyntä. Pullonkaula saattaa siirtyä konerikon tai tuoteryhmässä tapahtuneen muutoksen vuoksi. Rajoitettu kriittinen resurssi (engl. constrained critical resource = CCR) on sen sijaan resurssi, jolla on potentiaali muodostua pullonkaulaksi. Tällaiseen resurssiin kohdistuu ajoittain ylikuormitusta tai epäluotettavuutta. Tehdasympäristössä rajoitukset määrittelevät tehtaan läpäisyajat ja näin ollen sen aikataulutuksen. Sen vuoksi johdon huomion ei tulisi olla keskittynyt tasapainoiseen tuotantoon, vaan jatkuvaan rajoitteiden tunnistamiseen, paljastamiseen ja eliminointiin. (Bicheno & Holweg 2016: 215.) Pullonkaula estää organisaatiota saamasta prosessin virtausta tehokkaaksi eli pullonkaulaksi voidaan kuvailla sitä prosessin vaihetta, jossa läpivirtaus on pientä. Tämä rajoittaa koko prosessin läpivirtausta. Yksi pullonkaulojen ominaispiirre on, että ennen sitä prosessiin muodostuu aina jonoa. Toisaalta taas pullonkaulan jälkeen tulevat toiminnot

joutuvat odottamaan vuoroaan, ja siksi niitä ei voida hyödyntää täysin. (Modig & Åhlström 2013: 39.) Hopp (2008: 58) mukaan prosessin virtaus on riippuvainen kahdesta parametrasta. Pullonkaulan tahti (engl. bottleneck rate = BNR) merkitsee virtauksen kapasiteettia eli korkeimman käyttöasteen omaavan prosessin tahtia. Sen sijaan raaka prosessointiaika (engl. raw processing time = RPT) mittaa aikaa, jonka yksiköt viettävät prosessoitavana virtauksessa, eli toisin sanoen sitä keskimääräistä aikaa, joka yhdellä yksiköllä kestäisi kulkea läpi tyhjän virtauksen. Kuvasta 4 on esitetty, kuinka pullonkaula estää estää tehokkaan virtauksen.



Kuvio 4. Pullonkaulan resurssi rajoittaa koko prosessin virtausta (Andersen 2007: 153).

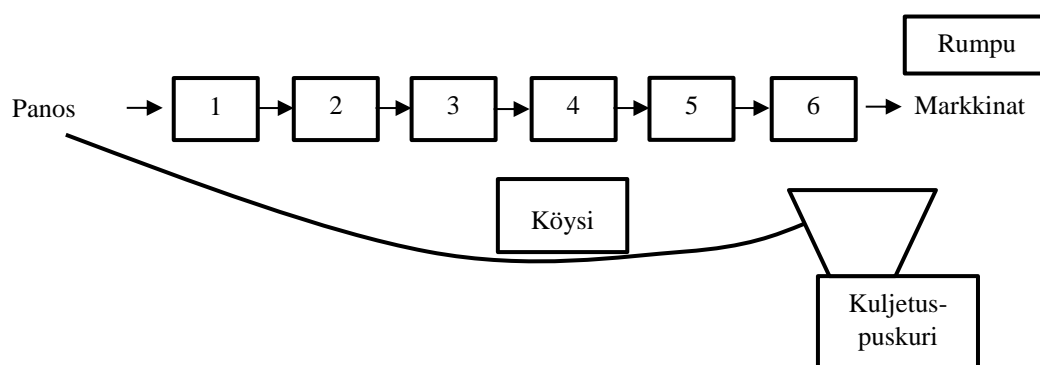
Rajoitteilla ja pullonkauloilla on tärkeä merkitys leanissa. Pullonkaulat estävät virtausta, joko rakeenteellisesti tai tilapäisesti, ja siksi esteiden teoria on olennainen osa lean toimitusketjun hallintaa. (Trent 2007: 166.) Esteiden teoria, tai niin sanottu kapeikkoteoria on (engl. theory of constraints) kokonaisvaltainen johdon ajattelutapa, jonka kehitti Eliyahu M. Goldratt. Teoria perustuu periaatteeseen, jonka mukaan monimutkaisinkin systeemi on sen yksinkertaisen osiensa summa. Yksikin elementti monimutkaisessa systeemissä voi muodostaa rajoitteen, joka estää tavoitteiden saavuttamisen. (Apics 2016.) TOC keskittyy pullonkaulojen vähentämiseen ja organisaation toiminnan kehittämiseen jatkuvan parantamisen avulla. Se on yksinkertainen ja käytännöllinen lähestymistapa, jonka avulla rajoitteista ja ongelmista pyritään pääsemään eroon. (Wee 2011: 134.)

Eliyahu Goldratt, joka loi TOC teorian, eli kapeikkoteorian vuonna 1984, listasi viisi TOC ydinperiaatetta koskien tuotantotoimintoja. Hyödyntämällä viiden askeleen periaatteita, on mahdollista saavuttaa lyhemmät läpäisyajat, matalamman varastotason, sekä paremman tuottavuuden ja laadun. (Ifandoudas & Chapman 2009.) Viisi askelta (engl. five focusing steps = 5FS) tarjoavat keinot, kuinka mikä tahansa toiminto tulisi hallinnoida:

1. Tunnista rajoite.
2. Päätä kuinka hyödynnät rajoitetta.
3. Sopeuta koko organisaatio ja kaikki päätökset tukemaan edellisiä vaiheita.
4. Siirrä systeemin rajoitetta.
5. Jos rajoite onnistuttiin poistamaan edellisessä vaiheessa, niin palaa takaisin alkupisteeseen. Älä anna toimeettomuuden muuttua rajoitteeksi. (Cox & Schleier 2010: 180.)

Operationaaliossa ympäristössä rajoite voi olla joko sisäinen tai ulkoinen. Jos markkinoiden kysyntä on suurempaa kuin tuotannon kapasiteetti, ja siihen ei sen vuoksi voida vastata, vaikuttaa tuotantoon sisäinen rajoite. Jos taas kapasiteettia on vapaana, mutta tilauksia ei saada, vaikuttaa tuotantoon ulkoinen markkinarajoite. Sisäisen rajoitteen tapauksessa, DBR menetelmä, joka esitellään myöhemmin tässä kappaleessa, on suositeltava ratkaisu. Ulkoisen rajoitteen tapauksessa voidaan hyödyntää yksinkertaistettua DBR menetelmää eli niin sanottua SDBR menetelmää. Rajoitettua resurssia ei tule koskaan pysäyttää odottamaan komponentteja, eikä sen tulisi käyttää kapasiteettia muuhun kuin osiin, joita vaaditaan myyntitilausten täyttämiseksi. Sen vuoksi tulee määrittää aikataulu, joka maksimoi rajoitteen läpäisyajan ja tuottaa yksilöidyn suunnitelman vain tälle kyseiselle tuotantovaiheelle. Aikataulu tulee johtaa toimitusaikataulusta. (Goldratt Uk 2007.)

Tuotantosysteemille joka perustuu kapeikkoteoriaan, on tunnusomaista, että se hyödyntää Drum-Buffer-Rope (DBR) menetelmää tuotannon aikatauluttamisessa. DBR on tuotannon työkalu, jonka avulla määritellään, miten tuotanto tulee aikatauluttaa, kun halutaan kasvattaa myyntiä ja vähentää varastotasoja. (Ifandoudas & Chapman 2009.) Drum eli rumpu, merkitsee rajoitetta tai rajoitettua kriittistä resurssia, joka prosessoi työtä tietyssä järjestyksessä, joka perustuu asiakkaan vaatimaan määräpäivään ja resurssien rajalliseen kapasiteettiin. Se siis määrää tahdin, jota systeemi noudattaa. Buffer eli puskuri suojaa toimitusaikataulua vaihtelulta. Se on pullonkaulan eteen sijoitettava varasto – tai aikapuskuri. Rope eli köysi on signaalimekanismi, joka ohjaa materiaaleja pullonkaulan kulutuksen mukaan. (Blackstone 2001; Cox & Schleier 2010: 145)



Kuvio 5. Drum-Buffer-Rope menetelmä tuotannon aikatauluttamisessa. (Blackstone 2001).

Tahti, jolla tuotteita saadaan tuotettua, on riippuvainen rajoitteesta. Rajoitetta ennen oleva mikä tahansa kone tai prosessi, joka tuottaa enemmän osia kuin rajoite, kasvattaa keskeneräisen tuotannon määrää ennen rajoitetta. Aikatauluttamalla tuotanto ”rummun” tahtiin ja vapauttamalla materiaalit ”köyden” eli signaalin mukaan, varmistetaan, että tuotanto ennen rajoitetta tuottaa sopivan määrän keskeneräisiä osia, jotta rajoitteen on mahdollista toimia kapasiteetin puitteissa. Puskurit toimivat aikapuskureina, ja rajoitteen suojaamiseksi ne kasaavat tarpeeksi töitä rajoitteen eteen ja sen jälkeen, jotta tuotanto saadaan pidettyä tasaisena. Lisäksi puskurit toimivat valmiiden tuotteiden varastona, jolla varmis-

tetaan aikataulun mukainen toimitus. Tämä menetelmä on ristiriidassa muiden tuotantomenetelmien kanssa sen suhteen, että resurssit, jotka eivät ole rajoitteita, työskentelevät kapasiteettiaan pienemmällä teholla. Sen johdosta tehokkuus kärsii paikoittain, vaikkakin ylimääräinen kapasiteetti resurssissa tuottaa juuri sen kapasiteetin, jonka avulla voidaan vastata nopeasti muuttuvan ympäristön tarpeisiin. Lisäksi se tekee myös mahdolliseksi kapeikkoteoria -menetelmän luoda joustavuutta prosessiin, jota ketterän systeemin saavuttaminen ja jatkuvan virtauksen ylläpitäminen vaativat. (Ifandoudas & Chapman 2009.)

2.3 Varastojen vaikutus virtaukseen

Materiaalihallinta käsittää yrityksen raaka-aineiden ja lopputuotteiden hankinnan, varastoinnin sekä jakelun hallinnan. Sen puitteissa ohjataan kaikkia yrityksen materiaalivirtoja aina toimittajilta asiakkaille asti. Materiaalihankintojen osuus yritysten kustannusrakenteessa on kasvanut selvästi viimeisten vuosikymmenien aikana. Tästä syystä varastojen koon pienentämisestä on pidetty keskeisenä tavoitteena, vaikka samalla tilaus-toimitusketjun aikajänteitä on lyhennetty huomattavasti. (Haverila et al. 2009: 443.) Yksi leanin tunnistamista hukatekijöistä on varastojen ylläpitäminen, koska ne kätkevät ongelmia ja tehottomuuksia sekä sitovat pääomaa. Monissa tapauksissa varasto on kuitenkin välttämätön tasaisen virtauksen varmistamiseksi. (Liker 2004: 99 - 106.) Varastointi on logistinen ratkaisu sellaisille tuotteille, joiden kysyntää on vaikea ennustaa. Varastoja käytetään myös puskurina tarjonnan vaihtelua vastaan. (Karrus 2003: 34.) Teollisessa tuotannossa logistiikan tehtäviä on useita: tarvittavien materiaalien oikea-aikainen saaminen tuotantoa varten, tuotannon sisäisten tavaravirtojen hallinnan ja ohjauksen tehostaminen, valmiiden tuotteiden varastointi sekä keskeneräisten töiden siirto tuotannon seuraavaan vaiheeseen (Karrus 2003: 72). Hopp (2008: 114) mukaan perinteinen varastointiin liittyvä kompromissi vallitsee kulujen ja palvelutason välillä. Sidottu pääoma, varastotilojen huolto- ja ylläpitokustannukset, materiaalinkäsittelykustannukset, laadun ylläpitokustannukset, ja muut varastoihin liittyvät kulut ovat seurausta varastojen ylläpitämisestä. Toi-

saalta varastojen ylläpidon seurauksena voidaan palvella asiakkaita paremmin, mahdollistamalla prosessien täsmäävän tuotteiden kysyntään ilman viivästyksiä. Tasapainon löytäminen kulujen ja palvelun välillä onkin varastonhallinnan suurin haaste.

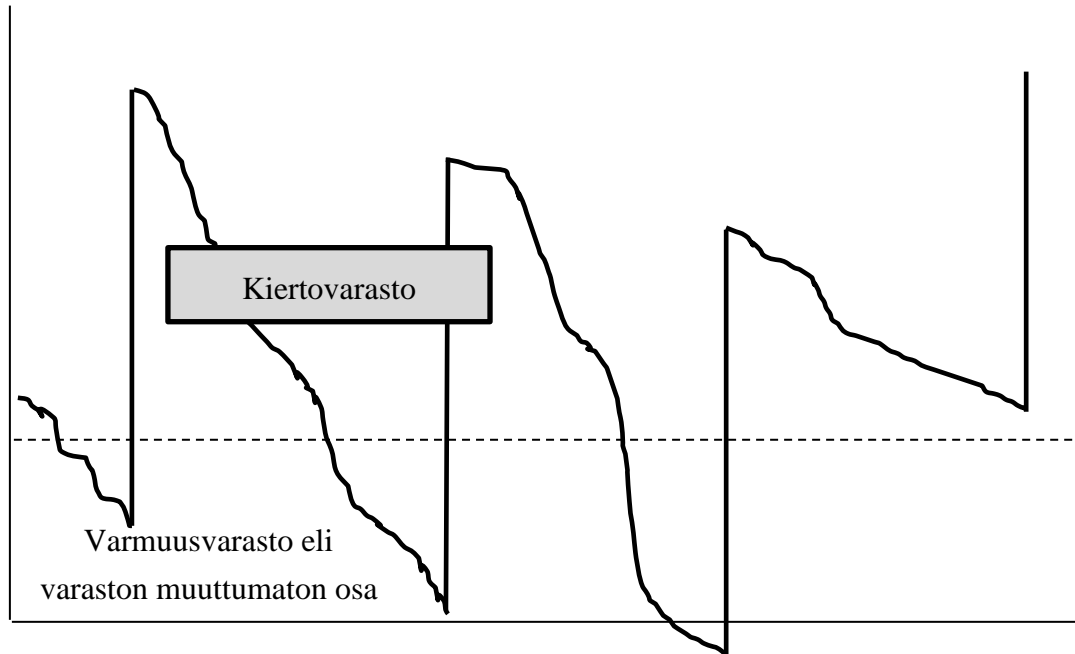
2.3.1 Tuotannon varastotyypit

Kulutuksen ja täydennysrytmin mukaisesti vaihtuvaa varastoa kutsutaan perusvarastoksi eli eräkokovarastoksi. Usein sitä kutsutaan myös nimellä kiertovarasto (engl. cycle stock). Erilaiset kustannustekijät, kuten kuljetuskustannukset ja paljousalennukset johtavat kiertovaraston käyttöön. (Logistiikan Maailma 2011: 80.) Hopp ja Spearman (2011: 604) listaavat, että kiertovaraston kokoon vaikuttavat paljousalennukset toimittajilta, tehtaankäytön rajoitettua kapasiteettiä, esimerkiksi ostotilausten rajoitettu määrä per päivä tai toimitusten mittakaavaedut, jotka luovat kannusteita tilata raaka-aineita tukkukäyttöön. Heidän mukaan varastoa, jota pidetään yllä eräkokoon liittyvistä syistä johtuen, kutsutaan kiertovarastoksi, koska niitä pidetään yllä tilausrytmien välillä.

Varmuusvarastoilla (engl. safety stock) varaudutaan toimitusaikojen ja – määrien sekä kulutuksen vaihteluihin ja laatuongelmiin. (Logistiikan Maailma 2011: 81.) Tuotanto voi joutua pysähtymään materiaalinpuutteen vuoksi, jos ylimääräistä varastoa ei ole saatavilla. Ylimääräinen varasto voidaan suunnitella varmuusvarastoksi, tilaamalla materiaaleja niin, että odotettu varastotaso pysyy varmuusvarastotason yläpuolella. Ylimääräinen varasto voi myös muodostua varmuuslöpäisyajan seurauksena. Materiaaleja tilataan niin, että ne saapuvat ennen kuin niitä tarvitaan, ja siksi ne jäävät odottamaan raaka-ainevarastoon. (Hopp & Spearman 2011: 604.) Oli tapaus kumpi tahansa, tällaista ylimääräistä varastoa kutsutaan varmuusvarastoiksi, joiden tehtävä on turvata varaston palvelutaso. (Logistiikan Maailma 2011: 81.) Haverilan ym. (2009: 447) mukaan varmuusvarastot tulisi kuitenkin pitää mahdollisimman pieninä, sillä ne kätkevät laatuvirheiden syyt, jolloin niihin on vaikeampi puuttua.

Kuviosta 6 voi havainnollistaa kierto – ja varmuusvaraston välisen suhteen. Varmuusvarasto merkitsee varaston muuttumatonta osaa, jossa on ennalta määritelty tuotemäärä.

Kiertovaraston osuus taas vaihtelee kysynnän mukaisesti. (Logistiikan Maailma 2011: 81.)



Kuvio 6. Varmuus- ja kiertovarastot (Logistiikan Maailma 2016a: 81).

Puskurivarastolla (engl. buffer stock) sen sijaan varaudutaan materiaalien saantiongelmien tai täydennystoimitusten viivästymisiin. (Logistiikan Maailma 2016.) Usein yrityksen tuotantoprosessin läpäisy aika on pidempi kuin asiakkaan vaatima toimitusaika. Tällöin puskurivarastoa tarvitaan toimitusvarmuuden ja palvelutason ylläpitämiseksi. Materiaalipuskuri voi sijaita tuote-, puolivalmiste-, tai materiaalivarastossa. (Haverila ym. 2009: 446.) Bicheno ja Holweg (2016: 205) mukaan käsitettä ”puskurivarasto” voidaan käyttää kaikista sellaisista varastoista, jotka odottavat joko pääsyä prosessoitavaksi tai asiakkaan käyttöön. Näin ollen myös varmuusvarastot voitaisiin luokitella puskurivarastoiksi.

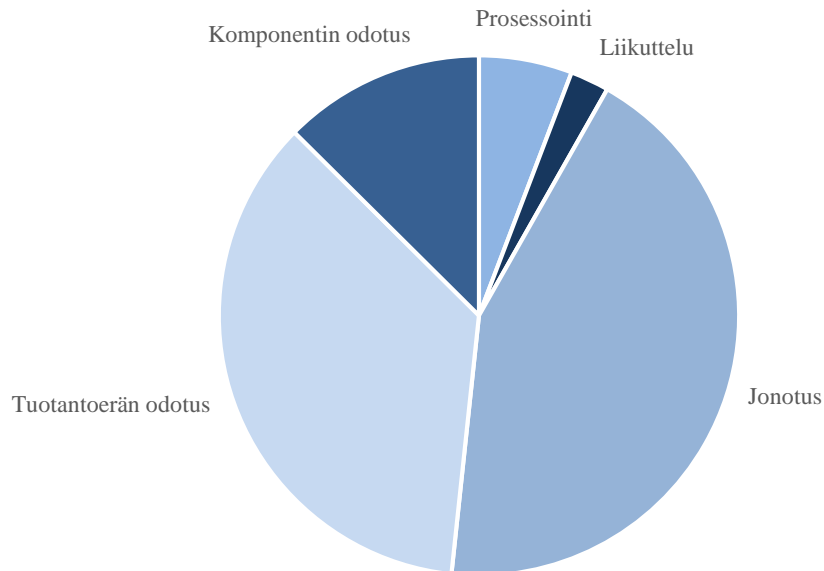
Siitä huolimatta, että leanin ideaalinen tavoite on eliminoidut varastot, tuotantosysteemi ei voi toimia täysin ilman keskeneräisten tuotteiden varastoa. (Hopp & Spearman 2008: 604.) Hyödyntämällä aikaisemmin esitettyä Littlen lakia muodossa:

$$WIP = TH \times LD, \quad (6)$$

eli keskeneräisen tuotannon määrään vaikuttavat sekä jaksoaika että läpäisy aika, saadaan selville kriittisen keskeneräisen tuotannon (CWIP) määrä. (Bicheno & Holweg.) Kuten (Hopp 2008: 60) mukaan on aikaisemmin todettu, pullonkaulan tahti (BNR) määrittelee maksimaalisen suoritustehon pullonkaulassa, ja vähimmäisläpäisy aika eli raaka prosessointiaika (RPT) määrittelee ajan, jonka yksiköt viettävät prosessoitavana virtauksessa. Näin ollen kriittisen keskeneräisen tuotannon määrä saadaan kaavasta: kriittinen keskeneräinen tuotanto = pullonkaulan tahti x raaka prosessointiaika, eli

$$CWIP = BNR \times RPT. \quad (7)$$

Kriittinen keskeneräisen tuotannon määrä edustaa sitä pienintä keskeneräisen tuotannon määrää, jonka tuotantolinja vaatii saavuttaakseen maksimaalisen tuotannon ideaalisten tuotanto-olosuhteiden vallitessa. Realistisissa olosuhteissa todellinen keskeneräisen tuotannon määrä on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin kriittinen keskeneräinen tuotanto. Kuvioista 2 nähdään, että todellisuudessa murto-osa keskeneräisen tuotannon määrästä on prosessoitavana, tai liikkuu tuotannossa. Suurin osa siitä on jonottaa, odottaa eräänsä tai siihen liitettäviä komponentteja. (Hopp & Spearman 2008: 605.) Holweg ja Bichenon (2016: 23) mukaan virtautettu tuotanto edellyttää keskeneräisen tuotannon olemassaoloa. Liian pieneksi mitoitettu varasto aiheuttaa linjaston ”nälkiintymisen” ja menetyksiä tuotannossa. Heidän mukaansa nyrkkisääntönä voidaan pitää, että vähimmäismäärä keskeneräiselle tuotannolle saadaan, kun kriittinen keskeneräisen tuotannon määrään lisätään 20 prosenttia.



Kuvio 7. Tyypillinen WIP:n jakauma tuotantosysteemissä (Hopp & Spearman 2011: 605).

Virtautetussa tuotannossa keskeneräisen tuotannon määrä ja varastot pyritään pitämään mahdollisimman pieninä, jotta virtaus ei pysähtyisi. Jos virtauksen luominen ei ole mahdollista, puskurivarastoja käytetään harkiten. (Kouri 2009: 20; Tuominen 2010: 72.)

2.3.2 Materiaalinhjauksen tunnuslukuja

Tunnuslukujen ja mittareiden avulla pyritään saamaan kattava ja objektiivinen kuva yrityksen tilasta ja tehokkuudesta. Saatuja arvoja hyödynnetään vertailussa muita yrityksiä vastaan, mutta niitä myös peilataan toimialan keskimääräisiin tai parhaisiin arvoihin. Oikein valittujen tunnuslukujen avulla saadaan selville ongelmakohtia sekä nähdään mahdollisten korjaustoimenpiteiden vaikutus ja teho. (Karrus 2003: 170.) Materiaalinhjaus pyrkii vaikuttamaan ensisijaisesti vaihto-omaisuuteen. Vaihto-omaisuuden käyttöä voidaan tehokkaimmin mitata varaston kierrolla. (Sakki 2003: 79.) Varaston kierto on yksi varastoinnin tärkeimmistä tunnusluvuista. Sillä tarkoitetaan kahden tilaustäydennyksen

välistä aikaa. Varastoon sitoutuu sitä vähemmän pääomaa, mitä nopeammin varasto kiertää. Kiertonopeuden kaksinkertaistuessa kustannukset puoliintuvat tiettyyn pisteeseen asti. Myös tavaran epäkuranttiusriski vähenee, kun varaston kierto tehostuu. (Hokkanen & Karhunen 2014: 135 ja 205.) Kierto kertoo, kuinka tehokkaasti toiminnot muuntavat varaston tuotoiksi. (Hopp 2009: 13.) Varaston kierto lasketaan Sakin (2003: 79) mukaan kaavasta:

$$\text{Varaston kierto} = \frac{\text{vuoden käyttö tai myynti (hankintahinnoin)}}{\text{varastojen keskiarvo (hankintahinnoin)}} \quad (8)$$

Varaston kiertonopeutta laskettaessa varaston arvo suhteutetaan tuotteiden kulutuksen arvoon vuoden aikana. Sitä laskettaessa tulee laskentaperusteiden olla selvillä. Tuotteen varastokierto lasketaan tuotteen kappalemääräisen kulutuksen ja varaston avulla. Kun laskennan tunnuslukuina käytetään kulutusta ja varastoa, molempien tulee olla hinnoiteltu samoin perustein. Toisinaan varastonkierto saatetaan laskea suoraan myyntikatteellisesta myynnistä niin, että varasto arvioidaan hankintahintaiseen arvoon. Näin voidaan toimia, jos laskentaperusteet ovat selvillä esimerkiksi vertailtaessa kiertonopeuksia yritysten välillä. (Sakki 2009: 76.) Toisinaan ei ole mahdollista seurata keskivarastoa ja silloin mitaus tulee tehdä tietyn hetken varastoon perustuen. Teollisuusyrityksissä, joissa on useita eri varastotyyppisiä, kuten raaka-aine-, puolivalmiste- ja valmistevarastoja, kaava 8 pätee vain raaka-aineisiin. Jos varaston kierto halutaan laskea valmisteiden osalta, lasketaan se kaavan 9 mukaisesti (Sakki 2003: 79).

$$\text{Valmistettujen tuotteiden kierto} = \frac{\text{valmistuksen arvo vuodessa}}{\text{varastojen arvo}} \quad (9)$$

Sakin (2003: 78) mukaan käyttökelpoisin varastonkierron tunnusluku saadaan suhteuttamalla vaihto-omaisuuden arvo liikevaihtoon. Mittari on hyvä myös yritysten välisiin vertailuihin.

$$\text{Vaihto-omaisuuden osuus} = \frac{\text{vaihto-omaisuuden arvo}}{\text{liikevaihto}} (\%) \quad (10)$$

Useimmiten voidaan todeta, että mitä korkeampi varastonkierto sen parempi varastonhallinta ja sitä tehokkaammin varastoon sidottu pääoma tuottaa tulosta. Käytännössä korkea kiertonopeus tuottaa hyvin kuitenkin vain, jos samalla ei synny korkeita täydennyskustannuksia. Näin ollen kierron ja sidotun pääoman välinen riippuvuussuhde nostaa varastonkierron keskeiseksi varastoinnin mittariksi. (Karrus 2003: 177.) Parantamalla varastonkiertoa voidaan vähentää pääomakuluja. Ihanteellinen tilanne olisi sellainen, että tuote saataisiin myytyä eteenpäin ennen kuin se tulee maksaa toimittajalle. Logistiikan Maailman (2011: 99) mukaan sellainen kuitenkin vaatisi onnistuakseen nopeita toimituksia, pitkiä maksuaikoja toimittajille, nopeaa varastonkiertoa ja lyhyttä asiakkaan maksuaikaa.

Hokkanen ja Karhunen (2014: 134) toteavat, että varaston riitto – parametri saattaa antaa paremman arvion varastotasosta kuin varastonkiertonopeus. Riitto merkitsee sitä aikaa, jonka varasto riittää tilaustoimitusten välillä. Se lasketaan kaavalla:

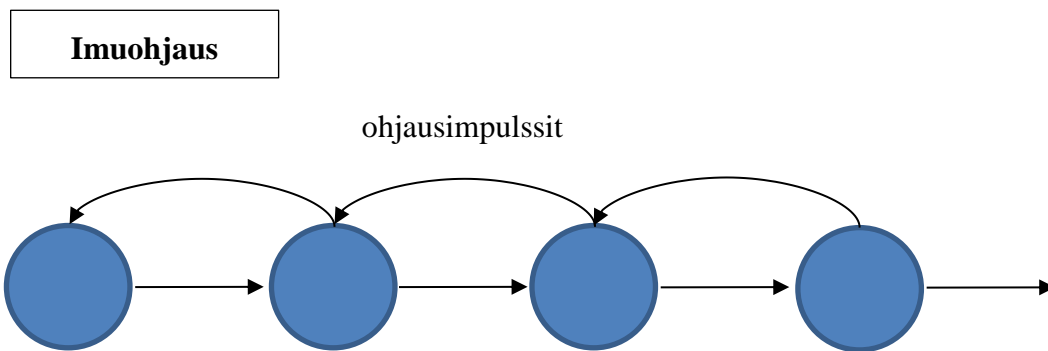
$$\text{Varaston riitto} = \frac{\text{varaston arvo (hankintahinnoin)}}{\text{vuositarve (hankintahinnoin)}} \quad (11)$$

Varastonkierron yleisiä tunnuslukuja laskettaessa, on varaston kautta kulkeva tavara arvostettava hankintahintaan Kokonaisvarastojen riitot vaihtelevat toimialoittain. Logistiikan Maailman (2011: 99) mukaan koneteollisuudessa riitto voi olla satakunta päivää, kun taas sahatavara- ja elinkeinotarviketeollisuudessa vastaava luku voi olla 60 päivää.

2.4 Imuohjaus

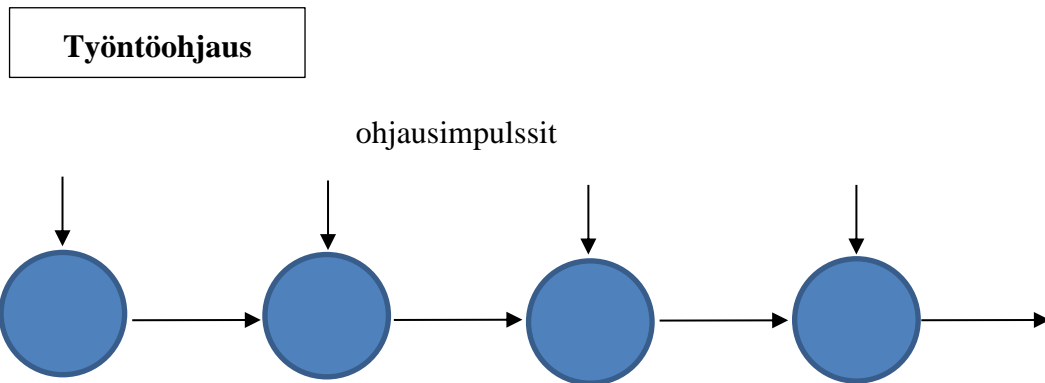
Valmistustoiminnassa on kaksi erilaista materiaalin ohjauksen menetelmää. Ne perustuvat joko materiaalitjarvelaskentaan (MRP) eli työntöohjaukseen (engl. push system) tai tämän hetken tarpeeseen eli imuohjaukseen (engl. pull system). (Sakki 2014: 95.) Tuotannon imuohjaus määritellään systeemiksi, jossa työt vapautetaan prosessoitavaksi systeemin statuksen perusteella, ja siksi se asettaa luontaisen rajan keskeneräiselle tuotan-

nolle. Sen sijaan työntöohjauksella tarkoitetaan systeemiä, jossa työt vapautetaan prosessoitavaksi ottamatta huomioon systeemin statusta, ja näin ollen työntöohjaus ei luontaisesti rajoita keskeneräisen tuotannon määrää. (Hopp 2008: 96.) Imuohjaus menetelmä välittää informaatiota tai signaalin tuotantolinjan alavirrasta, kuten työasemalta tai asiakkaalta, linjan ylävirtaan. Informaation perusteella tunnistetaan materiaalien, osien tai palvelun tarve, määrä sekä ajankohta, jolloin niitä tarvitaan. Imuohjaus on olennainen osa leania, sillä aloite tuotantoon tapahtuu vain suorana vastauksena kysyntään, eikä ennakkointiin kuten työntöohjauksessa. (Trent 2007: 8.)



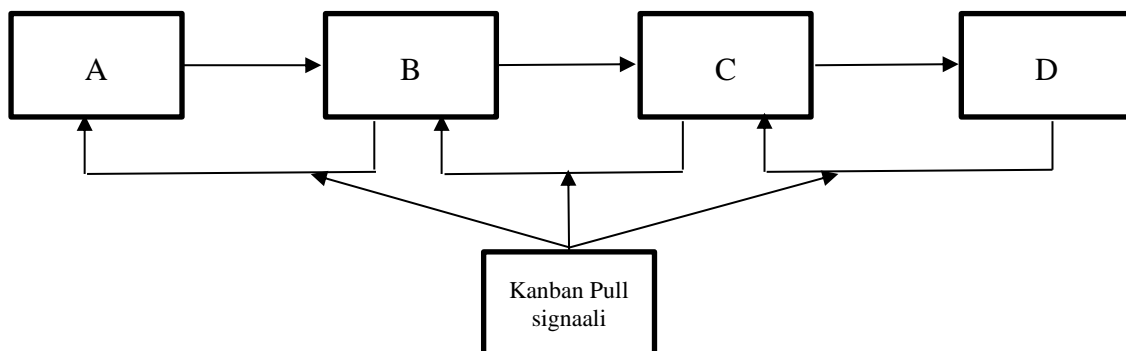
Kuvio 8. Imuohjaus (Haverila ym. 2009: 423).

Työntöohjauksessa tuotantoerä ”työnnetään” tuotannon läpi erillisen valmistussuunnitelman perusteella. Suunnitelman avulla ohjataan ja koordinoidaan eri valmistustehtäviä. Työntöohjaukseen liittyy kuitenkin useita ongelmakohtia, jotka konkretisoituvat valmistustilanteen ja suunnitelman välisiin ristiriitoihin, ja joiden seurauksena muodostuu väli-varastoja. (Haverila ym. 2009: 422.)



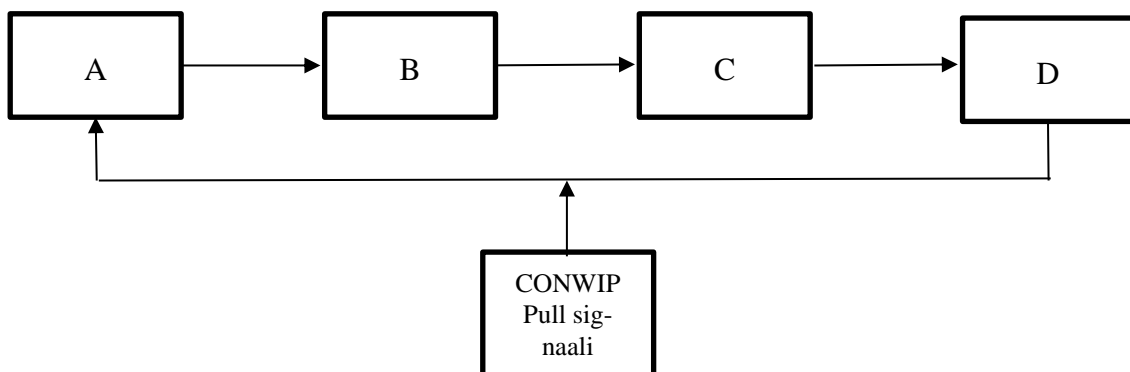
Kuvio 9. Työntöohjaus (Haverila ym. 2009: 423).

Imuohjaukseen olennaisesti liittyvä käsite ”just-in-time” (JIT) eli ”juuri oikeaan aikaan”, jonka pohjalta myös lean filosofia on kehittynyt, on peräisin Toyotalta. (Sakki 2014: 96.) Näin ollen yksi leanin peruseriaatteista on imuohjauksen luominen. Sen avulla pyritään eliminoimaan leanin keskeisintä hukatekijää eli ylituotantoa, aloittamalla työt perustuen osien kulutukseen. Imuohjausta noudattavassa tuotannossa osia siis ”imetään” kokoonpanoon ainoastaan välittömään tarpeeseen perustuen. Käytännössä tämä toteutetaan välivarastojen avulla, jotka ovat kuitenkin pieniä ja nopeasti kiertäviä. Imuohjausimpulssi tuotteiden valmistuksen aloittamiseksi saadaan esimerkiksi, kun tuotelaatikko tyhjenee. Impulssi voi tulla esimerkiksi seuraavalta työvaiheelta. (Kouri 2010: 22; Haverila ym. 2009: 422.)



Kuvio 10. Yksinkertainen Kanban ohjaus (Sproull 2009: 164).

Kanban on työntöohjaukseen liittyvä mekanismi. Haverila ym. (2009: 423) selventää, että kanban-ohjaus perustuu merkintäkortteihin eli kanbaneihin. Se on manuaalinen tai tietokoneella avustettu järjestelmä, jonka tarkoituksena on ohjata osien valmistusta, asiakkaiden tai prosessin seuraavan vaiheen tarpeiden mukaisesti. (Tuominen 2010: 18.) Se valvoo ja rajoittaa osien vapauttamista jokaiseen tuotantovaiheeseen. Osien määrä jokaisella työpisteellä on rajoitettu vastaamaan sen työpisteen kanban -korttien määrää. (Khojasteh & Sato 2014.) Kanban mekanismi antaa täydennyssignaalin suoraan seuraavalle ylävirran työasemalle. Toinen yleinen imuohjaukseen liittyvä aikataulutusk mekanismi on CONWIP (engl. constant work-in-process), jossa signaali sen sijaan lähetetään tuotannon etulinjaan. (Sproull 2009: 164.) Tämä mekanismi käyttää yhtä korttityyppiä, valvoakseen sitä keskeneräisen tuotannon määrää, joka yhdelle linjalle on sallittu. (Khojasteh & Sato 2014.) Sekä kanban että CONWIP liittyvät olennaisesti imuohjaukseen sillä perusteella, että ne vapauttavat materiaaleja tuotantolinjaan ulkoisen kysynnän perusteella. Molemmat mekanismit rajoittavat myös keskeneräisen tuotannon määrää, mikä on huomattava etu verrattuna materiaalitarvelaskentaa hyödyntävään työntöohjaukseen. Erityisesti kanbanin ja CONWIPIN edut ovat näkyviä sen suhteen, että niiden avulla voidaan saavuttaa suoritus-
teholle asetetut tavoitteet vähemmällä keskeneräisen tuotannon määrällä, kuin työntöohjauksessa. (Sproull 2009: 164.)



Kuvio 11. CONWIP ohjaus (Sproull 2009: 164).

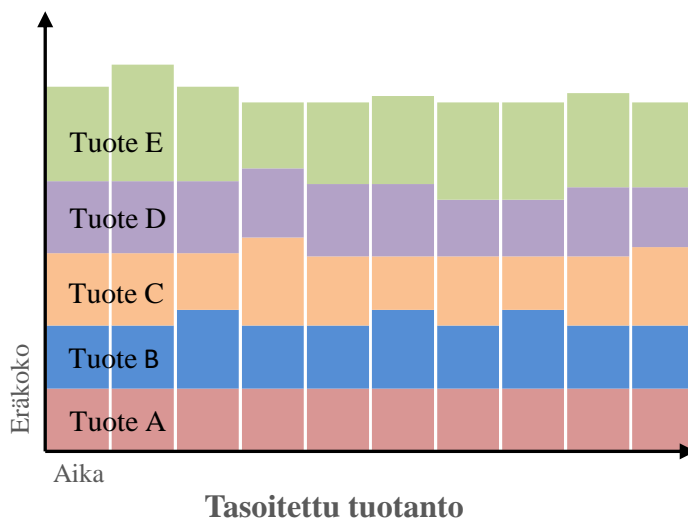
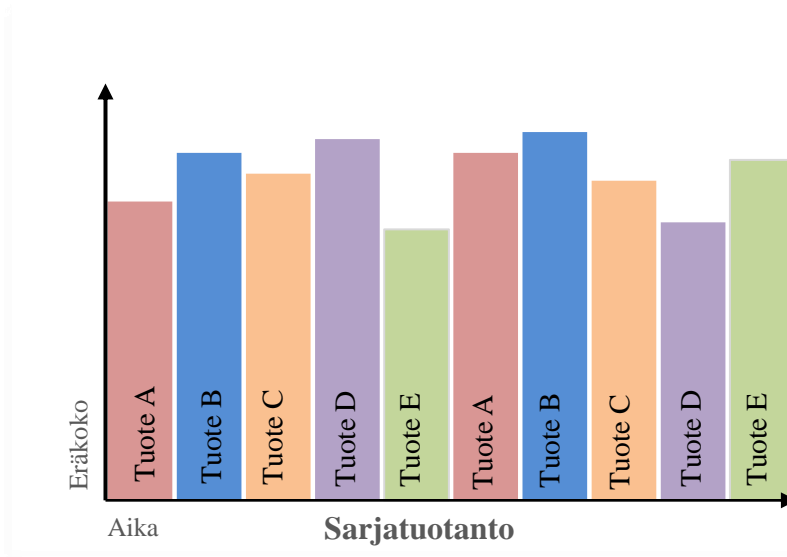
Kun viitekehys jatkuvalle virtaukselle on luotu, imuohjauksen avulla voidaan vastata lyhyellä aikavälillä asiakkaiden kysyntään. Sen avulla myös virheiden havaitseminen tuotannossa helpottuu. (Bicheno & Holweg 2016: 14.) Kourin (2014: 23) mukaan konkreettisia imuohjauksen hyötyjä ovat yksinkertaistetumpi materiaalihojaus, pienemmät varastot, tuotannon läpäisyajan lyheneminen, tuotannon selkeytyminen ja sekä joustavuuden että asiakaslähtöisyyden lisääntyminen.

Todellisuudessa harvat yritykset toimivat kuitenkaan täysin imuohjauksen periaatteiden mukaisesti. Usein toimitusketjussa on rajoja, jotka erottavat työntöprosessit imuprosesseista. Yritys saattaa käyttää imuohjausta sisäisissä toiminnoissaan, mutta esimerkiksi sen toimittaja voi silti valmistaa komponentteja sisäisesti johdettuihin ennusteisiinsa ja aikatauluhiinsa perustuen. Näin sisäinen tuotanto pohjautuu imuohjaukseen, mutta materiaalien täydentäminen toimittajilta tapahtuu työntöohjauksen pohjalta. (Trent 2007: 8.)

2.4.1 Tuotannon tasoitus

Heijunka on käsite, jolla tarkoitetaan tuotannon tasoittamista sekä volyymin että tuotevalikoiman suhteen (Liker 2010: 116). Kourin (2009: 18) mukaan tuotteita valmistetaan silloin pienissä, säännöllisesti toistuvissa erissä asiakastarpeen mukaan, ilman että päivittäistä työtahtia joudutaan muuttamaan. Näin pyritään välttämään turhaa varastointia ja pienentämään keskeneräistä tuotantoa prosessissa. Tuotannon tasapainotuksen tarkoituksena ei ole valmistaa tuotteita asiakaskysynnän todellisen kulun mukaan, koska kysyntä saattaa heilahdella huomattavasti viikko- ja kuukausitasolla. Sen sijaan heijunkan tarkoituksena on ottaa tietyn jakson kaikki tilaukset ylös ja tasapainoittaa niitä sillä tavoin, että joka päivä tehdään sama määrä ja sama valikoima tuotteita. (Liker 2010: 116.) Kourin (2009: 18) mukaan heijunka on tärkeä osa lean tuotantosysteemiä, koska se on avain vaikeiden saavuttamiseksi. Toisaalta sen haittapuolena ovat lisääntyneet tuotevaihdot ja asetukset, ja sen vuoksi asetusajojen ja -tekniikoiden kehittämiseen tulee kohdistaa erityistä huomiota. Kouri (2009: 18) kuitenkin toteaa, että tasoituksen avulla saavutettavia etuja on huomattavasti: työvoiman ja koneiden kuormituksen tasoittaminen, materiaalien ku-

lutuksen tasoittaminen, varastointitarpeen vähentyminen, tuotannon joustavuuden lisääntyminen asiakastarpeen mukaan sekä toimittajien ja alihankkijoiden helpompi ohjaus. Alla olevasta kuviosta nähdään, että tuotantomäärä pysyy samana, vaikka työvoiman tarve ja koneiden käyttöasteet tasoittuvat.



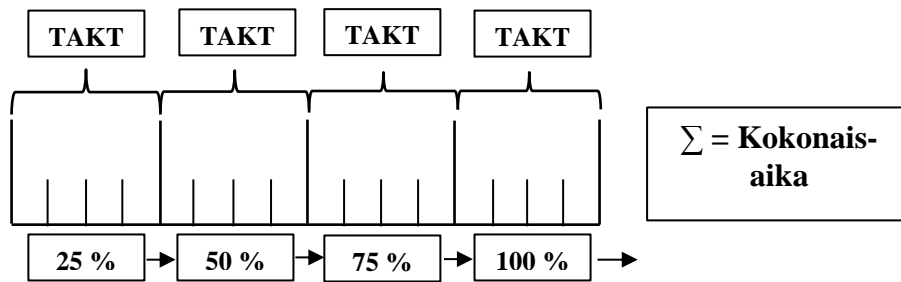
Kuvio 12. Sarjatuotanto ja tasoitettu tuotanto (Kouri 2009: 18).

Tuotannon tasoittaminen volyymin suhteen edellyttää tahtiajan huomioimista (engl. takt time). Jos halutaan tuottaa kysynnän mukaan, toimittajan tulee tahdistaa tuotannon määrä

asiakastilauksiin ja tuottaa tahtiaikaan. (Matzka, Di Mascolo & Furmans 2012.) Tahtiaika kertoo, kuinka usein yksi osa tai tuote tulee valmistaa, jotta asiakkaiden kysyntään voidaan vastata. Se lasketaan jakamalla käytettävissä oleva päivittäinen työaika tilattujen tuotteiden määrällä per päivä. Kaavan (11) lopputuloksena saatava ohjearvo antaa käsityksen sen siitä, millä tahdilla yksi tuote tulee valmistaa, jotta kysyntä saadaan tyydytettyä. Saatu ohjearvo ilmaistaan usein sekunteina tai minuutteina. Tahtiajan perusteella voidaan myös tulkita yrityksen tilaa ja löytää mahdollisia parannuskohteita. (Rother & Shook 2003: 44.) Tahtiaika luo siis yhteyden volyymin ja volyymin tuottamiseen tarvittavan ajan välille. (Matzka ym. 2012.) Tahtiaika lasketaan alla olevalla kaavalla. (Rother & Shook 2003:44)

$$\begin{aligned} \text{tahtiaika} &= \frac{\text{työaika per päivä}}{\text{asiakaskysyntä per päivä}} && (11) \\ \text{esimerkiksi:} & \frac{27\,600 \text{ sekuntia}}{460 \text{ kappaletta}} = 60 \text{ sekuntia} \end{aligned}$$

Yhden tuotteen tuottamiseksi tarvittava aika jaetaan jokaisen yksittäisen työvaiheen tahtiajaksi. Kun työntekijä tai kone on työstänyt työn valmiiksi omalla pisteellään tahtiajan mukaisesti, siirretään se seuraavan resurssin työstettäväksi, joka myös työstää sen määrätellyssä tahdissa. Työ etenee linjastolla järjestystä noudattaen, kunnes jokainen työvaihe on suoritettu ja tuote on valmis. Kuvio 13 kuvaa työn etenemistä prosessissa tahtiajan mukaisesti. (Hobbs 2004: 24-25.)



Kuvio 13. Tahtiaika (Hobb 2004: 25).

Volyymin tasoittamisen lisäksi, tuotantoa tasoitetaan myös tuotevalikoiman suhteen. Tasapainottaminen edellyttää samaa tuotejärjestystä jokaisessa tuotantosyklissä. Tilausten kokonaismäärä jaetaan suunnitteluajanjaksoihin (2 kuukautta, 1 kuukautta), jotka lisäksi jaetaan intervaleihin (viikko, päivä, vuoro). Sen jälkeen heijunka laskelma määrittelee toistuvan tuotantojärjestyksen (AAB AAB...) sekä eräkoon määrätyle intervallille, joka puolestaan sanelee linjaston tuotevalikoiman. Tuotevalikoiman tasoittaminen tarkoittaa näin ollen esimerkiksi sitä, että tuotteita A ja B valmistetaan pienissä erissä vuoroittain, eikä niin, että kaikki A tuotteet kootaan aamuisin ja kaikki B tuotteet iltpäivisin. Tasoittamalla valikoimaa ja vaihtelemalla tuotteiden valmistusjärjestystä useammin, toimittaja pystyy paremmin vastaamaan vaihtuvaan kysyntään ja pitämään yllä vain pientä valmiiden tuotteiden varastoa. Se myös mahdollistaa pienemmän puskurit tuotannon ylävirrassa. (Matzka ym. 2012.) Lean tuotannon omaksuneet yritykset voivat vaihdella tehtaan tuotantomäärää vastaamaan paremmin kysynnän mukaista tuotevalikoimaa ja volyymia. Kun tuotantolinja on suunniteltu tuottamaan tuotteita laaditun tahtiajan mukaisesti, lean tuottajalla on kyky säädellä tätä tahtia, ja siksi myös tuotannon ulostuloa. Tahti voidaan määrittellä päivittäin vastaamaan asiakaskysyntää. (Hobbs 2014: 25.)

Heijunkan tavoite on tyydyttää yksi tai useampi asiakasprosessi jatkuvalla osien virtauksella, ja samaa aikaa luoda jatkuva kysyntä osista ylävirran prosesseille. Samalla tasoituksen avulla pyritään vähentämään tai kokonaan eliminoimaan ylimääräisen kapasiteetin tarve eli varastot. Toinen heijunkan keskeinen tavoite on vähentää tuotannon piiskavaikutusta. (engl. bullwhip effect) (Matzka ym. 2012.) Piiskavaikutuksella tarkoitetaan kysynnän ja tarjonnan välistä epäsuhdetta. Tilausten, varastotäydennysten ja varastoitujen

määrien vaihtelu kasvaa siirryttäessä myyjäportaasta tuotantoon, ja sen seurauksena ylimääräinen tuotanto, varastointi ja kuljetus lisääntyvät. Piiskavaikutuksen vuoksi myös palvelutaso huononee, joka saattaa johtaa myynnin laskuun ja jälkitoimituksiin. Edellä mainittuna ongelmia voidaan pyrkiä ehkäisemään lisäämällä läpinäkyvyyttä toimitusketjun sisällä. (Logistiikan Maailma 2016b.)

2.4.2 Tuotannon läpinäkyvyys ja visuaalisuus

Kilpailulliset paineet vaativat ymmärtämään tuotantosysteemin liiketoimintakokonaisuutena ja siksi suositeltavaa on arvoketjun integrointi niin sanottua laajennettua yritystä (engl. extended enterprise) myöten. Jatkuvan menestyksen takaamiseksi, yrityksellä tulisi olla käytössä systeemejä, jotka aistivat merkittävät ympäristön muutokset ja siirtävät ne ilman viivästyksiä jokaiseen arvoketjun linkkiin, sopivien vastahankkeiden aloittamiseksi. (Wadhwa, Mishra, Chan & Ducq 2010.) Myös toimittajan pohjan monimuotoisuuden lisääntyminen vaatii läpinäkyvyyttä ja visuaalisuutta. Monimuotoisuudella viitataan tilanteeseen, jossa toimitusketjun luovat useat toimittajat, jotka ovat erilaisia kooltaan, teknisiltä kyvyiltään, läpäisyajoiltaan ja esimerkiksi maantieteellisiltä sijainneiltaan. Vaikka monimuotoisuus mahdollistaa uusien markkinoiden tavoittelun ja laajemman tuotevalikoiman liittyy siihen myös riskitekijöitä. (Jones, Squire & Van Rossenberg 2014.) Tämän vuoksi on selvää, että nykyaikaiset toimitusketjut vaativat virtauksen synkronisointia, kuten informaation läpinäkyvyyttä ja yhteistyötä toimitusketjun osakkaiden kesken, jotta jatkuva virtaus saadaan pidettyä yllä. Kaikki toimitusketjun osakkaat hyötyvät yhteistyöstä ja informaation jakamisesta, sillä ne tukevat JIT – tuotantoa. Tämän seurauksena, läpinäkyvyys ja yhteistyö parantavat sekä asiakaspalvelun tasoa, että mahdollistavat merkittävät parannukset varastojen kiertonopeudessa. Lisäksi informaation jakaminen toimitusketjun jäsenten välillä vähentää epävarmuutta ja tehostaa logistisia suorituksia. (Wadhwa ym. 2010.)

Toimitusketjun näkyvyyden tulisi toimia päätöksenteon tukena yksilöille ja tiimeille, jotka toimivat ketjun prosessien parissa. Se parantaa päätöksentekoa helpottamalla sekä tehostamalla sitä, vähentämällä virheiden mahdollisuuksia ja parantamalla toimitusketjun

jäsenten kokonaisuutta. Visuaalisuus myös vähentää ketjun monimutkaisuutta. Toimitusketjun visuaalisuus on yhdistelmä teknologisia ratkaisuja ja organisaationaalisia käytäntöjä. (Mcintire 2016: 14.) Kun virtaus toimitusketjun läpi on helposti nähtävissä, ihmisillä on parempi käsitys muiden tekemästä työstä ja siitä, kuinka heidän oma työnsä vaikuttaa kokonaisuuteen. Tuotannon layout tulee organisoida niin, että kaikki ne ihmiset ja koneet, joiden työpanosta tarvitaan prosessin suorituksessa, tuodaan yhteen. Järjestyksen tulee olla sellainen, että tuotantoon saadaan looginen virtaus prosessin vaiheiden välille. Näin tuotannon eri vaiheet tuodaan lähemmäs toisiaan, jonka seurauksena esimerkiksi varastointia ja kuljetuksia voidaan vähentää. Prosessista tulee näin näkyvämpi, joka mahdollistaa tehokkaamman ylläpidon. Tällöin prosessissa on vähemmän asioista, jotka saattavat aiheuttaa häiriöitä, ja toisaalta mahdolliset häiriötilanteen pystytään havaitsemaan paremmin ja korjaamaan nopeammin. Prosessin ylläpitoa tuetaan pitämällä tuotantoympäristö siistinä ja hyvässä järjestyksessä. Prosessit ja toimitilat suunnitellaan niin, että ne luovat järjestyksiä. Järjestys on riippuvaista työvoiman asenteista, jotka hyväksyvät omistusoikeuden ja vastuun työtilojen järjestämisestä. (Harrison & van Hoek 2011: 226.)

Bicheno & Holwegin (2016: 140) mukaan visuaalisuus on yksi leanin avaintemoista. Visuaalinen johtaminen (eng. Visual management) on oleellinen osa lean kulttuuria. Se luo parempia kommunikaatiokeinoja ja standardointia, joiden avulla voidaan jatkuvasti parantaa tehokkuutta. Visuaalisessa johtamisessa on kyse johtamisesta ”näyn” avulla. Visuaalisia ratkaisuja istutetaan tuotantoon, koska ne kommunikoivat eri tavalla kuin sanallinen kieli, ja niiden teho kognition ja muistin kannalta tunnistettu. (Jaca, Viles, Jurburg & Tanco 2013.) Visuaaliseksi ohjaimeksi kutsutaan mitä tahansa viestintävälinettä, jota käytetään työympäristössä, ja joka kertoo yhdellä silmäyksellä, kuinka työ pitäisi tehdä ja poikkeako se asetetusta standardista. Näin ollen, visuaalisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että prosessia, välinettä, varastoa, informaatiota tai työntekijää on mahdollista vilkaista ja nähdä välittömästi työhön liittyvä standardi ja myös mahdollinen poikkeama siitä. Ohjaimien tarkoituksena on sulautua prosesseihin, jotka tuottavat lisäarvoa. Lean toimintastrategiaan liittyvä periaate kehottaa käyttämään visuaalista ohjausta

virtauksen parantamiseksi. Sen vuoksi monet leaniin liittyvistä työkaluista ovatkin visuaalisia ohjaimia tai ohjausjärjestelmiä, joiden tarkoituksena on tehdä poikkeamat näkyviksi ja tehostaa virtausta. (Likert 2010: 152.)

Toyotalta peräisin oleva 5S-ohjelma käsittää joukon toimintoja, jotka eliminoivat hukkaa ja sen aiheuttamia vikoja, virheitä ja vahinkoja tehdastasolla. (Nicholas 2011: 71.) 5S, joka on leanin suosituin työkalu, tavoitteeksi tulee asettaa hukan ja vaihtelun pienentäminen sekä tuottavuuden parantaminen. Ohjelman tavoite on myös ennen kaikkea ajatusmaailman ja asenteiden muuttaminen. Tavoitteena on saada työntekijät arvostamaan työtä siistissä, hyvin organisoidussa ympäristössä, jossa kaikkien on mahdollista nähdä kaikki prosessiin liittyvät yksityiskohdat ja sen mitä prosessin suorittaminen heiltä vaatii. (Bicheno & Holweg 2016: 137.) Likert (2010: 150) erittelee hukkaa vähentävät 5S toimet seuraavasti:

1. Seiri (lajittele)
2. Seiton (järjestä)
3. Seiso (puhdistusta)
4. Seiketsu (standardoi)
5. Shitsuke (ylläpidä)

Tavaroiden läpikäynnin yhteydessä, lajitellaan tavarat sen mukaan, kuinka tärkeitä ne ovat. Vain ne tavarat säilytetään, joita käytetään ja tarvitaan jatkuvasti työn suorituksessa. Loput viedään pois työpisteeltä. Jäljelle jääneet tarpeelliset tavarat järjestetään omille paikoilleen. Apuna voidaan käyttää erilaisia visuaalisia keinoja, kuten värikoodeja. Näin jokaisen tavaran sijainti on kaikilla tiedossa ja nopeasti nähtävissä. Puhdistamisen eli työympäristön siistimisen avulla toteutetaan niin sanottua visuaalista skannausta. Henkilöstö pitää silmällä kaikkea pois paikoiltaan olevaa ja he yrittävät korjata poikkeamat välittömästi. Kun työympäristö on siisti ja puhdistettu, kaikesta epänormaalista ja ongelmallisesta tulee silmiinpistävä. Kolme ensimmäistä S:ää tulee standardoida, jotta niitä voidaan ylläpitää jatkuvasti. Standardointi edellyttää mittauksia, raportointia, koulutuksia ja työn tasapainottamista. Visuaalisesta johtamisesta tulee näin tehdä työympäristön normi

ja 5S-ohjelmasta vakiintunut toimintatapa. Ihmisten osallistaminen ohjelmaan on osa jatkuvan parantamisen tavoittelua. (Bicheno & Holweg 2016: 138; Likert 2010: 150; Nicholas 2011: 71.)

Globaalissa toimintaympäristössä yritykset uskovat läpinäkyvyyden toimitusketjun operaatioissa ja yhteistyössä olevan tärkeä menestystekijä. Läpinäkyvyys tuo toimitusketjuun lisää vastuuta ja velvollisuuksia. Toimitusketjun avoimuus tekee yritysten mahdolliseksi nähdä kuinka toimittajat suoriutuvat, aina raaka-aineiden hankinnasta toimitukseen asti. Läpinäkyvyys tilausprosesseissa, varastoinnissa ja kuljetuksessa on edellytys toiminnan optimoinnille sekä kriittinen päätöksenteon pohja. Menestyvän toimitusketjun luominen edellyttää yksittäisten funktioiden integrointia toimitusketjun avainprosesseiksi. Toimitusketjun elektroninen liitettävyys mahdollistaa integroidun ketjun toteuttaa osakkaiden välisiä toimia ja auttaa koordinoimaan yhteistyössä toimivien yritysten operaatioita. (Gunasekaran & Ngai 2007.) Yksittäiset yritykset, jotka toimivat osana ketterää toimitusketjua, tulee järjestää operaationsa uudelleensuunnittelemalla tuotteiden, informaation ja johdon toimintatapojen virtaus. Tavoitteena on luoda virtuaalinen organisaatio, jossa joukko toimitusketjun osakkaita sopivat yhteisen työn ehdoista. (Harrison & van Hoek 2011: 238.)

Tulevaisuuden ratkaisu informaation jakamiseksi ja läpinäkyvyyden luomiseksi on teollinen internet (IoT). Teollisella internetillä tarkoitetaan monimutkaisten fyysisten koneiden ja laitteiden integrointia verkkosensoreiden ja tietokoneohjelmien kanssa. Se on Hadoop -pohjainen ohjelmistoalusta korkean volyymin omaavien laitteiden datatiedostojen hallintaan. Sen avulla voidaan tuottaa teollisuuden toimialalle kollektiivi arkkitehtuuri, yhteen liitetyt älykkäät laitteistot, sensorit, ja kehittyneen analytiikan. Tällaisen ohjelmiston kehittäminen luo suuria mahdollisuuksia teollisuudenalalle käyttää hyväkseen Big Dataa. Kun tuotantoprosessin aikana voidaan hyödyntää dataa, jota saadaan laitteisiin kytketyistä sensoreista, koko tuotantoprosessi ja jokaisen vaiheen suorituskyky voidaan analysoida. Jos jokin prosessi poikkeaa annetusta standardista, hälytys varoittaa tehdasta ilmenneestä ongelmasta. Näin virheet löydetään huomattavasti nopeammin ja niihin voi-

daan reagoida tehokkaammin. Kun kaikki tärkeä informaatio on nähtävissä yhdestä järjestelmässä, luotu läpinäkyvyys auttaa tuottajia parantamaan tuotantoprosessejaan. Läpinäkyvyyden lisäksi, teollisen internetin käyttöönotto helpottaa informaation saatavuutta. Kaikki informaatio voidaan keskittää yhteen alustaan, esimerkiksi pilveen, johon työntekijöille annetaan heidän roolinsa perusteella käyttöoikeus. Keskitetty alusta myös varmistaa sen, että kaikki eri osastot tekevät päätöksiä samaan informaatioon perustuen. Tämän lisäksi, operationaalinen tehokkuus paranee entisestään, kun informaatiolähteet eri toimittajilta otetaan huomioon. Näin toimittajilla on täsmällisempää tietoa heiltä vaadituista toimituksista. Toisaalta, teollisen internetin kehittäminen edellyttää selviytymistä useista haasteista ennen kuin sen käyttö olisi tavallista valmistavassa teollisuudessa. Se vaatii suuria investointeja ja uudenlaisia toimintatapoja, sillä perinteisistä valmistusympäristöistä tulisi luoda niin sanottuja älykkäitä tehtaita. Internetin käyttöönotto vaatisi Big Dataan liittyvien standardien kehittämistä ja ekosysteemin luomista. Se vaatii myös tehokasta analytiikkaa, jotta suuret määrät dataa voidaan käsitellä ja varastoida. Olennaisena osana on myös kaiken tämän datan suojausjärjestelmien kehittäminen. Teollinen internet on yksi tapa, jonka avulla Big Dataa voitaisiin soveltaa teollisuudenalalla. Hyödyntämällä Big Dataa voidaan parantaa operatiivista tehokkuutta, vähentää kuluja ja luoda parempia tuotteita. Tulevina vuosina yhä useammat yritykset teollisuudenalalla tulevat huomaamaan tarpeen optimoida toimitusketjua ja operationaalisia prosesseja käyttämällä Big Dataa ja tulemalla osaksi Teollista Internetiä. (Van Rijmenam, Mark 2014:186.)

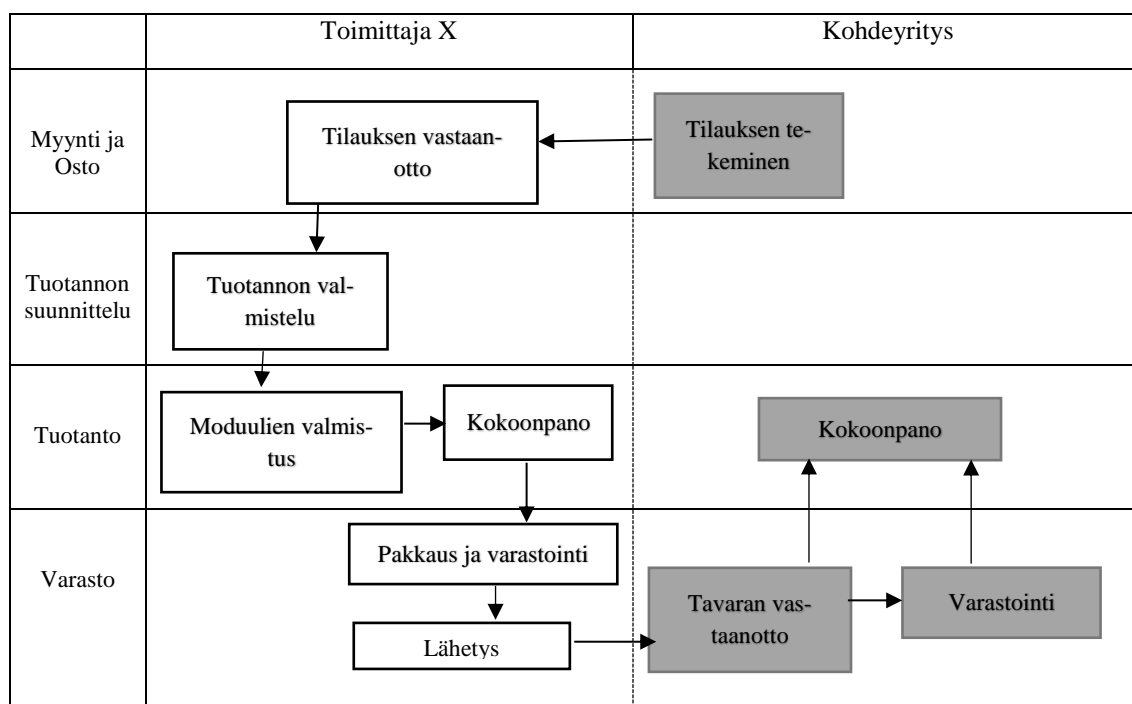
3 HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET

Kohdeyrityksen ja sen toimittajien nykytilaa pyrittiin selvittämään toteuttamalla jokaisessa yrityksessä haastattelututkimus. Kohdeyrityksen sekä toimittajan X haastattelu tehtiin kasvotusten ja toimittajaa Y haastateltiin puhelimitse. Kohdeyrityksestä haastateltiin ostopäällikköä. Toimittajan X haastatteluun sen sijaan osallistui useita yrityksen työntekijöitä, joten haastattelutilanne toteutettiin ryhmähaastatteluna. Toimittajan Y haastatteluun osallistuivat kaksi yrityksen työntekijää puhelimen välityksellä. Haastattelupatteristot löytyvät tutkielman liitteistä. Yritysten nykytilasta pyrittiin selvittämään kehityskohdista, joita parantamalla toimittajat saataisiin kytkettyä kohdeyrityksen kokoonpanovirtaukseen. Kokoonpanovirtaukseen eli kokoonpanon tahtiin valmistaminen tarkoittaa sitä, että tuotteita valmistetaan ainoastaan tarpeeseen, ei varastoon. Toimittajien kytkeminen kohdeyrityksen kokoonpanon tahtiin edesauttaa kohdeyrityksen tavoitetta kaksinkertaistaa tuotantonsa vuoteen 2018 mennessä. Nykytilan selvittämisen perusteella haluttiin tuoda tietoisuuteen ymmärrys siitä, mitä kehitystoimia kokoonpanoon kytkeminen vaatii.

3.1 Toimittajan X nykytila

Toimittaja X toimittaa kohdeyritykseen listan mukaan irrallisia kalusteita tai vaihtoehtoisesti kalustesettejä kohdeyrityksen kokoonpanotehtaalle. Toimittaja on kohdeyrityksen pitkäaikainen kumppani, joka valmistaa mittatilaustyönä räätälöityjä tuotteita. Tuotteet pyritään valmistamaan toimitusaikataulun mukaisesti kotiinkutsuilla. Kalusteet toimitetaan kuormalavoilla kohdeyritykseen. Taulukossa 3 on kuvattu toimittajan ja kohdeyrityksen välinen tilaus-toimitusprosessi pääpiirteittäin. Toimittajaa voidaan pitää kohdeyrityksen kannalta kriittisenä toimittajana, sillä se seisauttaa kokoonpanotehtaan, kuten autotehtaassa rungon tai moottorin asennus. Toimittajan tiloissa toteutettu haastattelu on avattu seuraavaksi.

Taulukko 3. Toimittajan X kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessi.



Toimittajan mukaan kohdeyrityksen tilausprosessit ja heidän valmistuksensa eivät ole historiassa sopineet täysin saumattomasti yhteen. Aikataulumuutokset ovat toimittajan kannalta erittäin hankalia. Kohdeyritys on toisinaan myöhässä, ja silloin he eivät voi ottaa vastaan valmiita tuotteita, ennen kuin ovat itse kirineet aikataulunsa. Tästä syystä toimittaja toivoo, että he saisivat kohdeyritykseltä luotettavimmat tiedot tilauksista. Toimittajan mielestä tilauksista tulisi selvästi käydä ilmi vaaditut toimitusajat päivä- ja viikkokohteisesti. Toimittajan vastuulle jää valmiiden tuotteiden säilytys, jos kohdeyritys myöhästyy omasta aikataulustaan. Toimittaja kertoo säilyttävänsä kohdeyrityksen nimissä heidän valmiita tuotteitaan, ja tällöin muodostuu se, että valmiisiin tuotteisiin kohdistuu riskitekijöitä, kuten tulipalo. Merkittävä ongelma on se, että toimittaja ja kohdeyritys eivät ole sopineet selvää juridista kantaa valmiiden tuotteiden säilytykseen. Toimittajan mukaan heidän kannalta tasakuorma olisi paras mahdollinen tilanne. Silloin puskurit pystyttäisiin minimoimaan ja tavara kulkisi sovituin väliajoin, yhtenäisenä virtauksena kohdeyritykselle. Toisaalta, jos toimittajan pitäisi muokata prosessejaan JIT-tuotannon mukaiseksi eli

yhtenäiseksi virtaukseksi, vaatisi se toimittajalta huomattavasti lisää kapasiteettia. Erityisesti työntekijöitä tarvittaisiin ainakin kolminkertaisen määrän enemmän kuin tällä hetkellä. Tällä teollisuuden alalla työntekijöiden kolminkertaistaminen olisi kuitenkin liian suuri riski ratkaisulle toimittajalle.

Haastatteluhetkellä toimittajalla oli prosessissa noin 100-400 tuotetta. Tällainen määrä sitoo huomattavasti pääomaa. Toimittaja on omien kesälomiensa vuoksi valmistanut kohdeyritystä varten valmiiksi nämä 100-400 tuotetta. Suuri määrä valmiita tuotteita johtuu siitä, että kohdeyrityksen aikataulu on valitettavan ”peräpainoitteinen”, joten suurin osa tuotteista tulee toimittaja tuotantoaikataulun loppupäässä kohdeyritykselle. Normaalina ajankohtana toimittajalla on vain yksi erä tuotannossa levyinä ja valmiina tuotteina.

Haastatteluhetkellä, kesäkuun puolivälissä, toimittaja oli valmistanut tuotteitaan tilanumeroon 9162 asti. Haastatteluhetkeä seuraavana päivänä kohdeyrityksen ensimmäinen tarvittava tuote oli tilanumeroltaan 6112. Saamaani tiedoston perusteella voitiin päätellä, että toimittajalla oli varastossaan valmiina 238 tuotekokonaisuutta. Luvut ovat saatu tulkitsemalla listaa kotiin kutsuttavista osista. Listaa ei voida esittää gradun liitetiedoissa, mutta luku antaa osviittaa valmisvaraston suuruudesta.

Yhden erän eli 100 tuotteen kokonaisuuden läpäisy aika on noin 20 päivää. Erän läpäisy aika vaihtelee 20-30 päivän välillä. Yksi erä sisältää noin 4000 osaa. Kun kyseessä on sarjavalmisteen kokonaisuus, yksittäinen tuotteen osa läpäisee tuotannon päivässä. Kriittisissä tapauksissa yhden tuotteen vaatimat osat saadaan tehtyä viikonlopun aikana. Myös kokonaisläpäisy aika saadaan kirittyä hankkimalla lisäkapasiteettia. Toisaalta, jos tuotantoon tulee pidempi tauko kohdeyrityksen tilauskirjasta johtuen, niin työntekijöitä joudutaan lomauttamaan ja tauon aikana tehdään tappiota. Toimittajan mukaan läpäisy aikaan vaikuttaa materiaalipuute, eli jos toimittajan omilta toimittajilta ei saada komponentteja. Toisaalta materiaalinpuute saattaa toisinaan johtua myös kohdeyrityksen materiaalipuutteesta. Haastatteluhetkellä toimittaja odotti kohdeyritykseltä sellaisten kom-

ponenttien toimitusta, joiden asennukset olisi pitänyt jo tehdä. Tällaiset tapaukset pidentävät läpäisyäikää ilmiselvästi. Tuotannon läpäisy aikaan vaikuttavat tietenkin myös konerikot sekä työntekijöiden poissaolot esimerkiksi tapaturmien vuoksi.

Kysyttäessä reagointinopeudesta suunnittelumuutoksiin liittyen, toimittaja kertoi, että heidän tulisi saada tieto tilausta koskevista muutoksista vähintään 8-10 viikkoa ennen toimitusta. Tieto muutostarpeen ajankohdasta riippuu valmistuksessa olevasta tuotteesta: jokin tietty tuotekokonaisuuden osa on mahdollista tilata suoraan toimittajan alihankkijalta, mutta esimerkiksi mitoitus- tai värimuutokset vaikuttavat hyvin merkittävästi tuotantoon. Täysin uusissa projekteissa tieto tarvittaisiin aikaisemmin kuin 8-10 viikkoa ennen. Toimittaja pitää mallituotekäytäntöä erinomaisena, jos he vielä voisivat olla täysin varmoja, että mallin hyväksynnän jälkeen muutoksia ei enää tule.

Toimittajan kannalta informaation lisätarve konkretisoituu nimenomaan aikataulumuutoksiin. Aikataulumuutoksista olisi siis välttämätöntä saada tieto ajoissa ja tiedon tulisi kulkea nopeasti, jos kohdeyritys on myöhästynyt aikataulustaan. Jos myöhästymisiä tulee ja niistä saataisiin tieto aikaisessa vaiheessa, voisi toimittaja aloittaa jonkin muun projektin. Kohdeyritys on hyvin merkittävä asiakas toimittajalle, mutta ei kuitenkaan ainoa. Siksi toimittaja toivoisi vähän enemmän joustoa myös kohdeyritykseltä. Toimittaja kertoi, että tiedot aikataulumuutoksista tulevat sähköpostitse tai puhelimitse. Toisinaan toimittajalle jää vastuu todeta kotiinkutsujen perusteella, että kohdeyritys on myöhässä. Aikataulumuutoksiin on siis hyvin vaikea sopeutua ja siksi niitä toivottaisiin tietenkin mahdollisimman vähän. Toimittaja haluaa kuitenkin korostaa kiitollisuuttaan rahaliikenteen järjestelyjä kohtaan ja uskoo, että tilanteeseen on tulossa muutos positiivisempaan, kun tilauskirja kohdeyrityksellä täytyy.

Pyydettyäessä yleisiä kommentteja liittyen siihen, miten toimittaja kokee, että heidän toimintaa voitaisiin entistä paremmin kytkeä kohdeyrityksen virtautetun kokoonpanon tahtiin, mainitsevat he jo edellä esille tulleen seikan: epätasaisen kuorman tasoittaminen. Tuotantoaikataulussa tulisi huomioida eri tuotekokonaisuuksien vaatima valmistusaika.

Kahden tuotekokonaisuuden aika saattaa näyttäytyä samana kohdeyritykselle, mutta käytännössä kahden erityyppisen kokonaisuuden valmistaminen vie eri määrän aikaa ja kapasiteettia. Epätasaiseen kuormaan liittyen, myös logistiikasta voitaisiin sopia paremmin. Ensimmäisen 3-5 kuukauden aikana toimittaja valmistaa noin 30 tuotekokonaisuutta per viikko. Kohdeyritys myöhästyy usein tuotannon alkuvaiheessa ja sen vuoksi toimittajalle muodostuu suuri valmisvarasto. Siitä huolimatta loppuvaiheen tuotekokonaisuuksien valmistaminen kahdelle viimeiselle kuukaudelle on toimittajan kannalta hyvin tiivis. Silloin kokonaisuuksia tulisi valmistaa 80-100 kappaleen viikkotahdilla. Loppupään toimituksissa on usein myös työläämpiä tuotekokonaisuuksia kuin alkupäässä. Tällöin tarvitaan kolminkertainen työmäärä aikataulussa pysymiseen. Nyt toimittaja säilyttää nimissään suurta valmisvarastoa, jonka säilytykseen on omakustanteisesti vuokrattu 1000 neliötä varastotilaa, koska kohdeyritys ei ota vastaan valmiita tuotteita ennen kuin he ovat kirineet aikataulunsa. Kun kohdeyritys aloittaa aikataulunsa kirimisen, kuorma-autojen tulisi jatkuvasti ajaa täysiä kuormia tuotteita kohdeyrityksen tiloihin. Toimittajan tuotannon epätasaisuus ja vaihtelu aiheutuvat siis erilaisista ja eri työmäärän vaativista tuotekokonaisuuksista sekä kohdeyrityksen vaihtelevasta tarpeesta. Ongelman ydin tässä tapauksessa on, että kohdeyrityksen tarve toimittajan tuotteille on hyvin ”loppupääpainotteinen”, eli projektin loppua kohden on suurin tarve tuotteille. Toimittajalla ei kuitenkaan ole kapasiteettia valmistaa tuotekokonaisuuksia ja pysyä aikataulussa, jos he eivät valmistaisi tuotteita varastoon.

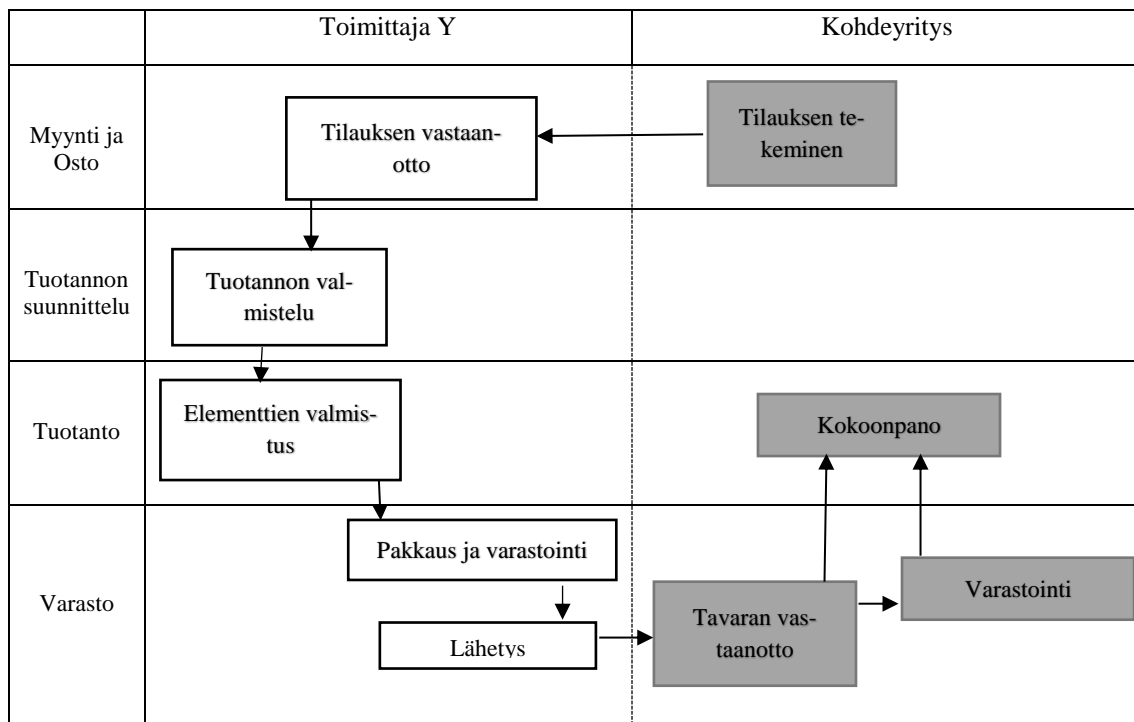
Tulevaisuutta ajatellen toimittaja toivoo, että tieto uusista tilauksista kahden eri projektin (1 ja 2) osalta tulisi heille hyvissä ajoin. Kohdeyrityksellä on jo tieto näistä uusista projekteista, mutta toimittajalle tieto varmistuu vasta elokuussa. Haastatteluhetkellä elettiin kesäkuun puoltaväliä. Koska yhteistyöstä kohdeyrityksen kanssa ei olla vielä täysin varmoja, toimittaja ei periaatteessa voi aloittaa laiteinvestointejaan. Esimerkiksi uusien koneiden toimitusaika on noin puoli vuotta. Toimittaja on tästä huolimatta kuitenkin aloittanut tuotannon valmistelut omalla riskillään, mutta jonkinlainen aiesopimus toisi toimintaan kovasti kaivattua varmuutta. Toimittaja kokee itse olevansa kohdeyrityksen pitkäaikainen kumppani ja toimihenkilöt tuntevat hyvin myös henkilötasolla. Siksi toimittaja

toivoo huomattavasti tehokkaampaa informaation virtausta kohdeyrityksen ja toimittajan välille.

3.2 Toimittajan Y nykytila

Toimittaja Y valmistaa kohdeyrityksen kokoonpanoon erilaisia elementtejä, kuten lattia-pintoja, joihin myöhemmin kohdeyrityksen kokoonpanossa liitetään erilaisia rakenteita, joista lopullinen moduuli valmistuu. Toimittaja on kohdeyrityksen kannalta kriittinen toimija, sillä se seisauttaa kokoonpanotehtaan. Taulukossa 4 on kuvattu tarkemmin toimittajan ja kohdeyrityksen välinen tilaus-toimitusprosessi.

Taulukko 4. Toimittajan Y ja kohdeyrityksen välinen tilaus-toimitusprosessi.



Kohdeyrityksen tilaukset istuvat lähes saumattomasti toimittajan valmistusprosesseihin. Tämä nähdään toimittajan mukaan myös historiatietoja tutkimalla. Ainoastaan on todettu, että joissain tapauksissa toimitukseen ei saada täysiä nippuja tuotteita. Toimittajan mukaan eräkooksi on kohdeyrityksen vaatimuksesta määritelty kahdeksan kappaletta per kolli, jotta toimitukset mahtuvat kohdeyrityksessä tiettyihin hyllyväleihin. Tilausrivit eivät kuitenkaan toimittajan mukaan ole kahdeksalla jaollisia, sillä yhdestä rivistä saadaan kahdeksan, neljän tai kahden kappaleen paketteja. Tästä johtuen yksi tilausrivi voi jakautua kahteen rekkaan, jonka seurauksena aiheutuu jälkitoimitusrivejä. Yleisesti ottaen toimittajalla on töitä enemmän lähetysvaiheessa, jotta jälkitoimitus saadaan ajoitettua oikeaan aikaan.

Toimittaja kertoo tarvitsevänsä tiedon tilauksista keskimäärin 8-10 viikkoa ennen tilausta. Projektin alkuvaiheessa tieto olisi hyvä saada tätäkin aikaisemmin, jotta toimittaja ehtii valmistamaan mallikappaleen. Kohdeyrityksen tilaukset ovat yleensä tulleet hyvissä ajoin. Toimittajan tuotanto oli viime projektissa parhaimmillaan 50 kappaletta edellä. Toisaalta valmisvarastoa oli enintään 100-120 kappaletta. Tuotannon läpäisy aika valmiiksi tuotteeksi on 5 päivää. Toimittaja arvioi, että vaihtelua voi olla +/- 1 päivää. Prosessi koostuu erilaisista työvaiheista, kuten laminointi, leikkaus, liimaus ja kokoonpano, jotka vaikuttavat eri tavalla läpäisy aikaan. Näistä laminointi ja liimaus ovat sellaisia, joiden kuivumisaikoja ei voida millään tavoin nopeuttaa, joten siksi ne erityisesti vaikuttavat läpäisy aikaan.

Jos toimittajan tuotannossa tai toimituksessa ilmenee ongelmia, ovat he yhteydessä projektin kontaktihenkilöihin kohdeyrityksessä. Ilmoitus myöhästymisestä menee projekti-päällikön viestimänä kohdeyritykseen. Tällöin toimittaja pyytää esimerkiksi lupaa toimittaa 80 kappaleen sijaan 50 kappaletta, ja loppujen tuotteiden toimitus siirretään seuraavaan viikkoon. Toisaalta, jos kohdeyrityksen aikatauluun tulee muutoksia, saadaan tieto suoraan projektin kautta ennakkotietona ja itse tilaus päivittyy myöhemmin. Kesken projektia ei toimittajan mukaan tule juurikaan aikataulumuutoksia kohdeyritykseltä.

Kysyttäessä toimitusketjun läpinäkyvyydestä ja informaation tarpeesta, toimittajan mielestä ei ole sellaista lisäinformaation tarvetta, joka olisi kriittistä heidän tuotteidensa valmistuksen kannalta. Toimittaja kuitenkin mainitsee, että tietoa laatuksiteereistä voisi olla enemmän saatavilla. Heidän tuotantoon auttaisi tieto siitä, mitä liitäntäpintoja tuoterakenteiden välillä on. Jos toimittajalla olisi tarkempaa tietoa siitä, mitkä rakenteiden pinnat jäävät loppukäyttäjälle näkyviin ja mitkä eivät, välttyttäisiin turhalta työltä. Silloin he eivät käyttäisi kapasiteettiä esimerkiksi pintanaarmujen poistamiseen, jos heillä olisi tieto siitä, että pinta on kuitenkin jäämässä piiloon loppukäyttäjältä. Tällainen laatuksiteereihin liittyvä tieto olisi toimittajasta tervetullutta heti projektin alusta alkaen. Näin myös he pystyisivät tehostamaan toimintaansa.

Toimittajan näkökulmasta virtautettu tuotanto vaatisi heidän päässä laminointivaiheen tehostamista, sillä se on tuotannon pullonkaula. Tätä vaihetta voitaisiin tehostaa ottamalla käyttöön kanban-ohjaus, jonka tarkoituksena on ohjata osien valmistusta asiakkaiden tai prosessin seuraavan vaiheen tarpeiden mukaisesti. Toimittajalla ei ole aikaisemmin ollut käytössään kanban-ohjausta, koska laminointia hyödynnetään monissa eri projekteissa ja tuotteissa.

Toimittaja haluaa korostaa, että he ovat valmiita ja avoimia kehittämään omia prosessejaan, jotta heidän tuotantonsa kytkeytyisi vieläkin saumattomammin kohdeyrityksen virtautettuun kokoonpanoon. Esimerkkinä voidaan mainita, että jos kohdeyritys päättää ottaa käyttöönsä sähköisen tilausjärjestelmän tuotannon virtauttamiseksi, se ei ole ongelma toimittajalle. Järjestelmä saattaisi aiheuttaa enemmän vaihtelua ja lyhemmät varoitusaikat aikataulumuutoksista, mutta tähän toimittaja vastaisi ottamalla käyttöön edellä mainitun kanban-ohjauksen. He ovat myös valmiita muuttamaan sisäisiä prosessejaan, jotta niistä tulisi vieläkin mukautuvampia kohdeyrityksen kokoonpanon kannalta. Jo nyt toimittajalla on ollut tilanteita, jossa kohdeyrityksen tilausrivistä on voinut päätellä, että heidän tuotannossaan on piikki viikko- tai kuukausitasolla. Toimittajalle tämä ei kuitenkaan aiheuta vastaavanlaista piikkiä tuotantoon, koska he voivat valmistaa ennakoivasti varastoon. Tällaisissa tilanteissa seurataan kumulatiivista valmistusmäärää, vaikka aikaisemmin

suurta vaihtelua viikkomäärissä ei ole ollut. Toimitukset ovat pääsääntöisesti tasaisia, vaikka alussa määrät ovat pienempiä ja lopussa suurempia.

3.3 Kohdeyrityksen nykytila

Kohdeyritys on meriteollisuuden kokoonpanotehdas, jossa seuraavan kokoonpanoprojektin valmistus alkaa maaliskuun 2017 aikana. Kohdeyrityksestä kerrotaan, että he ovat tehneet joitain projektiin liittyviä tilauksia toimittajilta, koska aikataulut ovat nyt lyöty lukuun. Kyseessä on sarjavalmisteen kokonaisuus, joten kohdeyritys käyttää usein samoja valmistajia kuin aikaisemmissa projekteissa. Ainoastaan jos toimittaja on aikaisemmin jollain tapaa epäonnistunut, niin yhteistyö ei välttämättä jatku. Elokuussa 2016 oli vanhojen toimittajien kanssa käyty jo jonkin verran hintakilpailutuksia. Kohdeyritys ei aio vaihtaa toimittajaa X, koska toimittajan tuotanto on tarkkaa mittatilaustyötä ja se sopii kohdeyrityksen tarpeisiin erinomaisesti. Sopimusta toimittajan X kanssa ei kuitenkaan ole vielä tehty, mutta neuvotteluja on käyty. Toimittajalle on ilmoitettu aikataulu suullisesti, mutta ei virallisesti. Sen perusteella toimittaja varmasti tietää olevansa mukana projektissa.

Kohdeyrityksen mukaan toimittaja Y tulee varmasti tarjoamaan tuotteitaan, mutta heidän kanssa mistään ei ole vielä sovittu. He toimittaisivat vain tietyt, valikoidut osat kokoonpanotehtaalle. Kohdeyrityksellä on myös kaksi muuta saman alan toimittajaa, joiden kanssa se neuvottelee tilauksista. Kohdeyritys ei ole tehnyt minkäänlaisia partnerisopimuksia minkään toimittajan kanssa, koska tilauskirja on historiassa ollut niin epätasainen. Kohdeyrityksen arvion mukaan kukaan toimittajista ei varmasti varaa kapasiteettia ennen kuin sopimukset on tehty. Loppujenkin kesälomien jälkeen kohdeyritys pääsee kunnolla vauhtiin tilausten kanssa, mutta toisaalta projektin aloitukseenkin on vielä puoli vuotta aikaa.

Sarjatuotannon tapauksessa toimittajat tietävät menneiden projektien perusteella, että miten kohdeyritys haluaa esimerkiksi pakkauksen tapahtuvan. Projektin aikana toimitusvalvoja käy keskusteluita toimittajien kanssa pakkaukseen ja logistiikkaan liittyen. Toisaalta taas projektin alkuvaiheessa kohdeyrityksen ostajalla on vastuu sopia näistä asioista. Kohdeyrityksen tuotanto on kovaa vauhtia uudistumassa ja he pyrkivät ohjaamaan tuotantoaan lean toimintatapoja vastaavaksi. Siksi kohdeyritys uskoo, että tulevaisuudessa on helpompi sopia optimaalisista tilausriveistä, kun tavoitteena on jatkuva virtaus. Tällöin myös rekat saadaan täysinäisiksi.

Kohdeyritys kertoo valvovansa toimittajaverkoston projektin aikana auditointien avulla. Toimitusvalvoja käy säännöllisesti läpi kriittiset toimittajat, ja jos vastaan tulee reklamaatioita, hän huolehtii niistä. Jos reklamaatiot ovat suuria, taloudellisesti tai laadullisesti merkittäviä, on kohdeyrityksen ostajan vastuu huolehtia jatkotoimenpiteistä. Yleisesti kohdeyritys saa palautteen virheistä suoraan tuotannosta, vastaanotosta tai laatuosastolta.

Kohdeyritys on ottanut käyttöön systeemin, johon reklamaatiot kerätään ylös. Reklamaatioita kerätään yhä useammin, ja systeemissä niitä suodatetaan toimittajittain, projekteittain tai esimerkiksi kvartaaleittain. Toimittajien toimitusvarmuutta (OTD - on time delivery) tarkkaillaan kuukausitasolla. Toimitusvarmuutta mitataan peilaamalla tilaus – ja vastaanottopäivämääriä. Toisaalta lähetyksiä ei myöskään saa tulla liian aikaisin. Toimittajan X kanssa kohdeyrityksellä on käytössä kotiinkutsusysteemi, joka tarkoittaa materiaalien tai tuotteiden mekaanista tilaamista puitesopimukseen perustuen. (Logistiikan Maaailma 2016.) Projektin alun lähestyessä kohdeyritys varmistee, että mikä tilanne toimittajilla on. Projektissa mukana olevat ihmiset käyvät toimittajien luona katsomassa mallituotetta ennen kuin lähetys tapahtuu. Kohdeyritys tarkentaa, että heillä ei ole käytössä erilaisia mittaristoja verkoston valvontaan ja sen kehittämiseen keskipitkällä (1-2 kuukautta) tai lyhyellä (1-2 viikkoa) aikavälillä.

Tuotannon todellinen materiaalitarvepäivä päivitetään toimittajaverkostolle silloin, jos tarve muuttuu ratkaisevasti. Kohdeyrityksen mukaan useimmiten tilannetta ei tarvitse päi-

vittää kertaakaan. Jos aikataulu kuitenkin muuttuu ratkaisevasti, tehdään tilauksenpäivitys, joka menee suoraan kohdeyritykseltä toimittajalle. Tuotannon tilanne voi toisinaan muuttua erilaisista syistä. Tuotanto saattaa esimerkiksi olla jäljessä siksi, että moduulien järjestystä lopullisessa kohteessa on muutettu.

Toimittaja X on kohdeyrityksen mukaan pääsääntöisesti aina hyvin aikataulussa. Reagointi muutoksiin on ollut hyvää, mutta toisaalta he ovatkin toimija, joka toimii projektiluonteisesti. Projektijohto toimii hyvin, mutta toimittaja on kohdeyrityksestä riippuvainen. Kohdeyrityksen mukaan toimittajan kanssa on ollut ainoastaan yksi todella tiukka tilanne, jossa toimittaja oli pahasti jäljessä aikataulusta. Tämä ongelma oli viime projektissa. Yleisesti ottaen, toimittaja on kuitenkin hyvin luotettava. Kohdeyritykseltä kysyttiin, että onko heidän mahdollista antaa toimittajalle tietoa aikataulumuutoksista aikaisemmin, kuin 8-10 viikkoa ennen toimitusta. Tietoa olisi mahdollista välittää aikaisemminkin, mutta minkäänlaista sääntöä aikataulumuutosten ajankohdan tiedotuksesta ei voida kohdeyrityksen mukaan tehdä. Kohdeyritys ei voi luvata, että tietoa olisi saatavilla aina edes 8-10 viikkoa ennen, sillä toisinaan tieto tavoittaa heidätkin todella myöhään. Toimittajan X mukaan on ongelmallista, että kun he saavat tuotteet valmiiksi, niin kohdeyritys ei voi ottaa niitä vielä vastaan, koska he ovat myöhässä aikataulusta. Kohdeyritys myöntää, että he saattavat joskus olla myöhässä, mutta tilanne tulee muuttumaan uuden tuotantotavan myötä. Jatkossa kun tilauskirja on täynnä, niin kohdeyrityksen tarve tasaantuu ja se on tietenkin hyvä myös toimittajan kannalta. Yleensä kohdeyrityksellä on ollut liian vähän projekteja, jolloin tilaukset ovat olleet heilahtelevia ja kokonaistarve on vaihdellut paljon.

Toimittaja Y:n kanssa kohdeyrityksellä on taustalla monivuotinen yhteistyö. Toimittaja on kohdeyrityksen mielestä pysynyt aikatauluissa kiitettävästi ja heidän reagointinsa muutoksiin on ollut hyvällä tasolla. Toimittaja Y:n mukaan ongelmaksi on muodostunut se, että kohdeyrityksen tilausrivit eivät ole kahdeksalla jaollisia, vaikka eräkoon tulisi olla kahdeksan kappaletta per kolli. Tästä aiheutuu toimittajalle jälkitoimituksia. Kohdeyrityksen mukaan taas toimituserien jaksotus tulee suoraan toimituksesta. Toimittaja ei ole koskaan maininnut kohdeyritykselle, että erä koko olisi ongelma. Kohdeyrityksen mukaan

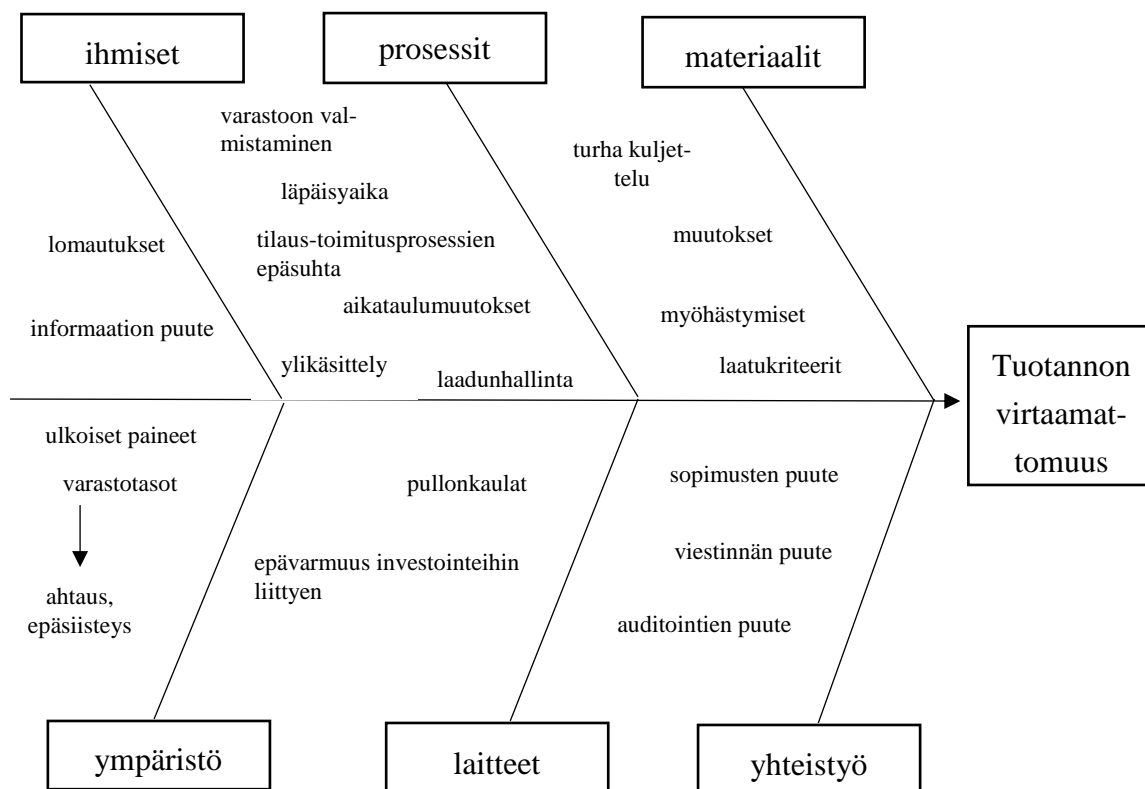
he ovat saattaneet tilata esimerkiksi 10 tai 12 kappaletta, mutta toimittaja on silti voinut toimittaa 16 kappaletta. Kohdeyritys kertoo, että kuten yleensäkin, niin tässäkin tapauksessa toimittaja maksaa rahdin. Kohdeyritys on itse vastuussa rahdista, vain jos nouto tapahtuu ulkomailta. Toimittaja Y kertoi haastattelussaan, että ilmoitus uudesta tilauksesta tulee yleensä noin 8-10 viikkoa ennen tilausta. Alkuvaiheessa tieto olisi kuitenkin hyvä saada vieläkin aikaisemmin, jotta toimittajan on mahdollista valmistaa mallikappale tuotteesta. Kohdeyrityksen mukaan tieto annetaan kuitenkin niin aikaisin kuin mahdollista. Toimittaja Y mainitsi ongelmaksi myös laatuksiteerien puutteen lattiapintoihin liittyen. Kohdeyrityksen mukaan toimittajan tulisi kuitenkin olla hyvin tietoinen niistä, ja he eivät ole koskaan aikaisemmin maininneet ongelmista liittyen laatuksiteereihin tai eräkoikiin.

Kohdeyritys tiivistää lopuksi, että sekä toimittaja X että Y ovat heidän pitkäaikaisia toimittajiaan. Heidän kanssaan yhteistyö sujuu kuin automaattisesti, eli yhteistyö sujuu ongelmitta ja toimittajat täyttävät vaatimukset. Sen sijaan uusien toimittajien kanssa käydään enemmän ja yksityiskohtaisemmin asioita läpi ja tehdään laajemmin auditointeja. Kohdeyrityksellä on itsellään Det Norske Veritas – sertifikaatti, joten he toimivat sen puitteissa ja myös auditoinnit tapahtuvat sen mukaisesti. Seuraavassa kappaleessa on esitetty haastattelujen perusteella tehtyjä johtopäätöksiä kohdeyrityksen ja toimittajien välisestä yhteistyöstä. Johtopäätöksissä on pyritty tuomaan esille ne kohdat, jotka erityisesti kaipaavat kehittämistä ja ovat huomionarvoisia toiminnan jatkuvan parantamisen kannalta.

3.4 Tutkimustulokset

Toteutettujen haastattelujen perustella voidaan todeta, että kohdeyrityksen ja sen kahden tärkeän toimittajan välisessä yhteistyössä on kehityskohteita. Toimittajien X ja Y haastatteluja tulkitsemalla voitiin tunnistaa useampi leanin mukainen hukatekijä, joilla on

negatiivinen vaikutus tuotannon virtaustehokkuuteen. Näitä kohtia kehittämällä toimittajat saataisiin tehokkaammin liitettyä kohdeyrityksen kokoonpanovirtaukseen. Kuviossa 14 on esitetty tutkielman perusteella löydettyjä ongelmia syy-seuraus-kaavion muodossa.



Kuvio 14. Tutkimuksen perusteella löydettyjä ongelmia syy-seuraus-kaaviossa.

Molemmat toimittajat kertoivat valmistavansa tuotteita varastoon välitöntä tarvetta enemmän. Tällaisen ylituotannon taustalla on usein valmistaminen puskurivarastoon tai työkonoiden käyttöasteen maksimaalinen hyödyntäminen. Ylituotanto aiheuttaa kuitenkin resurssien tuhlausta ja turhia varastoja. Haastatteluhetkellä toinen toimittajista oli 238 kappaletta edellä tuotantoa ja toinen parhaimmillaan 50 kappaletta. Keskenpäisen tuotannon määrä vaikuttaa myös läpäisy aikaan, joka toimittajalla X oli keskimäärin 20 päivää ja toimittajalla Y viisi päivää. Teorian mukaan pääsääntöisesti voidaan todeta, että prosesseissa esiintyvä keskenpäisen tuotanto pidentää läpäisy aikoja. Valmisvarastoa sen

sijaan oli enintään 100-120 tuotetta toimittaja Y:llä, kun taas toimittaja X:llä valmisvarastoa oli 100-140 tuotetta. Toimittaja Y mainitsi valmistavansa tuotteita varastoon, koska he haluavat ennakoida kohdeyrityksen tarvetta, sillä projektin lopussa toimitusmäärät ovat suurempia. Toimittajan X motiivi valmisvarastolle oli samanlainen. Ongelmia aiheuttaa epätasainen kuorma, joka on seurausta kohdeyrityksen tarpeen loppupääpainotteisuudesta. Ylituotannon seurauksena aiheutuvat varastot sitovat huomattavasti pääomaa ja niihin kohdistuu useita erilaisia riskitekijöitä. Kuten teoriaosuudessa on todettu, ylituotantoa pidetään tärkeimpänä hukkatekijänä, koska keskeneräinen tuotanto ja varastoon valmistaminen johtavat välillisesti myös muiden hukkatekijöiden esiintymiseen.

Valmiit tuotteet vievät tehtaalta myös lattiapinta-alaa ja siksi saattavat olla tavaroiden ja työntekijöiden liikkumisen esteenä sekä estämässä tuotannon visuaalisuuden ja siisteyden toteutumista. Esimerkiksi 5S-ohjelman avulla voidaan estää virheitä ja vahinkoja tehdasosalla, sekä lisätä tuotannon visualisuutta. Toimittajan X omat varastotilat olivat haastatteluhetkellä täynnä ja siksi he olivat vuokranneet 1000 neliötä lisää varastotilaa muualta. Varastotilojen sijainti on epälooginen toimittajan omaa ja kohdeyrityksen sijaintia ajatellen. Tämän seurauksena aiheutuu turhaa kuljetteluä ja logistiikkakustannuksia. Turha kuljettelu on arvoa lisäämätöntä toimintaa ja se estää tuotannon tehokkaan virtaamisen. Tuotantoprosesseihin on kehitettävä looginen virtaus ja tuoda kaikki prosessin vaiheet valmistuksesta varastointiin asti lähemmäs toisiaan.

Taulukko 5. Varaston tunnuslukuja vuoden 2015 tilinpäätöstietoihin perustuen.

	Vaihto-omaisuuden osuus	Varaston kierto
Kohdeyritys	6,2 %	16,1
Toimittaja X	20,9 %	4,8
Toimittaja Y	12,6 %	8,0

Varaston keskimääräisen arvon ja kiertonopeuden tunnuslukuja ei saatu kohdeyritykseltä niitä pyydettyäessä. Sen vuoksi tuotannon virtaukseen vaikuttavat tunnusluvut liittyen vaihto-omaisuuteen on pyritty tässä tutkielmassa esittämään mahdollisimman tarkasti, käyttämällä hyväksi yrityksen tilinpäätöstietoja vuodelta 2015. Vertailun vuoksi myös molempien toimittajien vastaavat luvut haluttiin selvittää. Luvut on esitetty taulukossa 5. Teoriassa esiteltyjen laskentakaavojen mukaisesti lasketut vaihto-omaisuuden tunnusluvut selventävät varastointiin liittyviä ongelmakohtia. Vaihto-omaisuuden arvo voidaan suhteuttaa liikevaihtoon, jolloin varaston kiertoa voidaan vertailla toimittajien ja kohdeyrityksen välillä. Kohdeyrityksen vaihto-omaisuuteen verrattuna toimittajan Y vaihto-omaisuuden osuus on noin kaksinkertainen. Sen sijaan toimittajan X vaihto-omaisuus on kolminkertainen verrattuna kohdeyritykseen. Kuten haastattelututkimuksen perusteella kävi ilmi, toimittajan X pääomaa oli myös tilikaudella 2015 sitoutunut huomattavan paljon varastoihin. Sen vaihto-omaisuuden osuus liikevaihdosta oli noin 21 %. Toimittajan Y vaihto-omaisuuden osuus oli 12,6 % ja kohdeyrityksen 6,2 %. Varastojen ylläpito voi olla välttämätöntä virtauksen ylläpitämiseksi, mutta niiden pienentäminen ja optimaalinen koko tulisi olla huomion keskipisteenä.

Teoriassa esitetystä kaavasta poiketen varastonkierto on laskettu liikevaihdosta, eikä katteettomasta myynnistä. Kaavan tuloksena saatu luku kertoo, kuinka monta kertaa varasto kiertää vuoden aikana. Kohdeyrityksen tapauksessa varasto kiertää tuotantoprosessin läpi 16 kertaa vuoden aikana, toimittajan X 4,8 kertaa ja toimittajan Y 7,9 kertaa. Varaston kiertoa voidaan pääsääntöisesti tulkita niin, että mitä suurempi arvo kaavasta saadaan, sitä vähemmän pääomaa on sitoutunut varastoihin. Luvut tukevat edelleen huomioita toimittajan X suuresta varastosta. Lukuna varaston kierto on toimialakohtainen ja siksi sillä ei ole valmiita ohjearvoja. Varastojen nopeampi kierto voitaisiin saavuttaa, jos materiaaleja ja varastoja hallittaisiin koko toimitusketjun näkökulmasta. Varastojen hallintaan liittyy kaikkien ylimääräisten varastojen poistaminen ja siksi kohdeyrityksen ja toimittajien tulisi parantaa informaation virtausta ja tehostaa sen jakamista. Informaation saatavuudella on vaikutusta kysynnän epävarmuuteen, sillä lisäämällä informaation määrää voidaan vähentää epävarmuutta ja se seurauksena myös valmisvarastojen tarvetta.

Toimittaja Y:n haastattelun perusteella hukcatekijäksi tunnistettiin ylikäsittely, joka on asiakkaan eli kohdeyrityksen kannalta arvoa tuottamatonta työtä. Kapasiteettiä hukataan esimerkiksi pintanaarmujen poistamiseen, vaikka tuotannossa ei olla varmoja, jääkö kyseinen pinta loppukäyttäjälle edes näkyviin. Jos rakenteiden väliset liitännät olisivat toimittajan tiedossa, välttyisivät he turhalta työltä. Kohdeyrityksestä sen sijaan oltiin sitä mieltä, että laatukriteerit ovat toimittajalla tiedossa. Informaationvaihtoa laatukriteereihin liittyen tarvitaan siis huomattavasti lisää. Kriteereihin liittyvät ongelmat voitaisiin ratkaista esimerkiksi selkeällä ja läpinäkyvällä laadunhallintaohjelmalla. Turhaan tehdyn työn kustannukset olisi myös syytä olla selvillä, jotta toimenpiteet ongelman ratkomiseksi voitaisiin aloittaa. Laatukustannusseuranta tulisi tehdä esimerkiksi ennaltaehkäisevän työn ja kahdesti tehdyn työn näkökulmasta. Turhaan tehty työ kuluttaa aikaa ja työkaluja, ja siihen kulutettu kapasiteetti voitaisiin käyttää tehokkaammin arvoa lisäävään työhön. Toimittajan Y mukaan myös kohdeyrityksen määräämä eräko aiheuttaa heille ongelmia. Eräkoon vuoksi yksi toimitusrivi voi jakautua kahteen rekkaan, jonka seurauksena osa tuotteista toimitetaan jälkitoimituksena. Jälkitoimitukset vievät aikaa ja varaavat kapasiteettia varsinaisesta tuotannosta. Keskustelun puute tällaisten asioiden tiimoilta olisi syytä selvittää. Tutkielman teon aikana toimittajaorganisaatio hakeutui velkasaneeraukseen ja aloitti yhteistoimintaneuvottelut. Lienevätkö nämä muutokset osasy syyksi kommunikation puutteeseen ja varovaisuuteen toimittajan osalta.

Prosessin kehittämisen kannalta pullonkaulojen tunnistaminen on sen ensimmäinen vaihe. Toimittaja Y oli onnistunut tunnistamaan tuotantonsa pullonkaulaksi laminointivaiheen. Pullonkaulat estävät tuotannon virtausta saavuttamasta täyden suorituskyvyn rajoittamalla läpäisyäikää. Pullonkaulaksi muodostuneen laminointivaiheen poistamiseksi tulisi määrittää aikataulu, joka maksimoi sen läpäisyajan ja tehostaa virtausta. Laminointiin tulisi kohdistaa jatkuva ja tasainen kuormitus, jotka edesauttavat läpimenoajan maksimointia. Yksi mahdollinen keino on ottaa käyttöön yksilöity aikataulusuunnitelma laminointivaiheelle. Teoriassa mainitun DBR menetelmän avulla voidaan vähentää varastotasoa ja kasvattaa myyntiä, kun tuotanto aikataulutetaan kysynnän tahtiin ja materiaaleja vapautetaan valitun signaalin, kuten kanban-ohjauksen mukaan. Tuotannon tasaisuus saadaan aikaan käyttämällä hyväksi puskureita ja niiden yhdistelmiä.

Toimittaja X kertoi haastatteluhetkellä odottavansa kohdeyritykseltä sellaisten komponenttien toimitusta, joiden asennus olisi pitänyt tehdä jo aikaisemmin. Odottelu on helposti tunnistettava hukkatekijä, jolla on kuitenkin merkittävä vaikutus virtaukseen, koska se pidentää läpäisyajoja. Materiaalien odottelun lisäksi läpäisyajakaan vaikuttaa myös se, että kohdeyrityksen tilausprosessit ja toimittajan valmistus eivät historiassa ole aina sopineet saumattomasti yhteen. Kohdeyrityksen myöhästymiset omasta aikataulustaan aiheuttavat suuria ongelmia toimittajalle. Kuten aikaisemmin todettu, toimittaja säilöö valmiit tuotteet odottamaan sitä, että kohdeyritys kirii oman aikataulunsa. Vasta sen jälkeen valmiit tuotteet voidaan toimittaa kohdeyrityksen tiloihin. Projektin alkupään odottelusta huolimatta, loppupään toimitukset ovat hyvin tiiviitä ja silloin taas toimittajalla on vaikeuksia pysyä aikataulussa ilman lisäkapasiteettiä tai ylitöitä. Tilanne voitaisiin ratkaista tilaus-toimitusprosessia tasapainottamalla sekä lisäämällä läpinäkyvyyttä materiaalitoimituksiin. Olisi myös tärkeää määrittää kuinka paljon aikataulumuutoksista ja reklamaatioista aiheutuu kustannuksia yrityksille. Myöhästyneiden materiaalien määrää voidaan verrata kokonaistoimituksiin ja esimerkiksi materiaalipuuteseisokki saadaan selville vertaamalla niiden määrää työtunteihin. Luvut ovat yksinkertaista laskea, kun tarvittavat tiedot ovat saatavilla.

Viestinnän laatua aikataulumuutoksiin tulisi parantaa. Toimittaja X kertoi, että tieto aikataulumuutoksista tulee sähköpostitse tai puhelimitse. Toisinaan jää jopa toimittajan vastuulle todeta kotiinkutsujen perusteella, että kohdeyritys on myöhässä. Sen sijaan, toimittaja Y kertoi, että kohdeyrityksen aikataulut eivät juurikaan muutu projektien aikana. Jos aikataulumuutoksia kuitenkin tulee, niin toimittaja saa tiedon suoraan projektin kautta ennakkotietona ja itse tilaus päivittyy myöhemmin. Viestintää aikataulumuutoksista voitaisiin kehittää yhtenäisellä tuotannonohjausjärjestelmällä, jossa toimittajalla sekä kohdeyrityksellä, olisi mahdollisuus tarkastella reaaliajassa projektin ja tilausten sekä valmistuksen etenemistä. Järjestelmän avulla voitaisiin varmistua myös laadusta ja tiedonjaoista. Tuotannonohjausjärjestelmä mahdollistaisi myös kehityskohteiden tehokkaamman tunnistamisen. Yhteinen järjestelmä vaatisi toisaalta syvempää kumppanuutta esimerkiksi yhteistyösopimuksen kautta.

Molemmat toimittajat pitivät mallituotteen valmistamista hyvänä käytäntönä. Malliin ei toivota enää muutoksia sen jälkeen, kun se on kerran hyväksytty. Kohdeyrityksen tulisi-kin jatkossa pitää kiinni hyväksymästään mallituotteesta, sillä esimerkiksi mitoitus- tai värimuutokset vaikuttavat kokoonpanon virtaukseen negatiivisesti aiheuttamalla lisätyötä ja sen seurauksena läpäisyajan pitenemistä. Toimittajien kannalta mallituotteessa pysyminen vapauttaisi kapasiteettiä ja sen seurauksena mahdollistaisi esimerkiksi toimittajan X toteuttaa muitakin toimeksiantoja, kun työt olisi alusta asti lukkoon lyöty ja aikataulu- muutoksia tulisi mahdollisimman vähän. Toimittaja X on saanut sovittua kohdeyrityksen kanssa rahaliikenteen järjestelyistä niin, että aikataulumuutoksista on mahdollisimman vähän haittaa. Tämä osoittaa sen, että kohdeyritys arvostaa pitkäaikaista toimittajaansa, joka toimii pienemmällä volyyymilla.

Haastattelussa molemmille toimittajille annettiin vapaan sanan mahdollisuus ja pyydettiin yleisiä kommentteja ja kehitysehdotuksia virtaavan kokoonpanon luomiseksi. Toimittaja X tunnisti kehityskohdaksi varastoon valmistamisen. Kohdeyrityksen tarve toimittajan tuotteille on suurimmillaan projektin loppupuolella. Toimittajalla ei kuitenkaan ole kapasiteettia valmistaa tuotekokonaisuuksia sovitussa aikataulussa, jos he eivät valmista projektin alkupään tuotteita varastoon. Varastoon valmistamalla aikaa jää enemmän loppupään työläämmille tuotteille. Valmisvarastoja voitaisiin siis pienentää, jos kohdeyrityksen tilaukset olisivat tasaisemmat ja tuotantoaikatauluissa olisi huomioitu eri tuotekokonaisuuksien vaatima valmistusaika. Toimittaja epäili, että kohdeyritykselle tuotteet näyttäytyvät aikataulullisesti samanlaisina. Toimittajan myös toivoo, että tulevaisuudessa tieto uusista tilauksista saataisiin huomattavasti aikaisemmin kuin nyt. He haluavat myös kehittää omaa tuotantoaan tekemällä esimerkiksi laiteinvestointeja, jotta pysyvät alan kehityksessä mukana. Toimittaja Y halusi korostaa, että he ovat valmiita kehittämään omia prosessejaan, jotta heidän tuotantonsa saataisiin entistä paremmin kytkettyä kohdeyrityksen kokoonpanoon. Toimittaja on esimerkiksi harkinnut ottavansa käyttöön kanban-ohjauksen helpottamaan osien valmistusta asiakkaan tai tuotannon seuraavan vaiheen tarpeiden mukaisesti. Kanban-ohjauksen avulla voitaisiin myös tehostaa toimittajan tuotannon pullonkaulaa eli laminointivaihetta.

Toimittaja X kokee perustavanlaatuisena ongelmana informaation puutteen heidän ja kohdeyrityksen yhteistyöhön liittyen. Toimittajan mukanaolon epävarmuus ei kannusta heitä investoimaan toimintaansa luottavaisin mielin. Pitkästä yhteisestä historiasta huolimatta, tieto yhteistyöstä varmistuu heille kovin myöhään. Haastatteluhetkellä kesäkuussa 2016 toimittajalla ei ollut tietoa, että ovatko he mukana tulevassa projektissa, joka alkaa maaliskuussa 2017. Kohdeyrityksen ostopäällikköä haastateltaessa elokuussa 2016 kävi ilmi, että tietoa mahdollisesta yhteistyöstä ei vielä kukaan ollut annettu kummallekaan toimittajalle. Hän myös epäili, ettei kukaan toimittajista varaa kapasiteettia uutta projektia silmällä pitäen, ennen kuin sopimukset on allekirjoitettu. Toimittaja X oli kuitenkin omalla riskillään aloittanut mahdollisen tuotannon valmistelut jo kesäkuussa. Tällainen epävarmuus ei ole missään tapauksessa ilmapiiriä nostattava tekijä. Toimittajan mukanaoloon liittyvä epävarmuus viittaa pitkän aikavälin strategisten keskustelujen puutteeseen. Kohdeyrityksen ostopäällikön haastattelun perusteella voidaan kuitenkin todeta, että toimittaja X on heille hyvin tärkeä kumppani, koska toimittaja tuottaa monen vuoden kokemuksella erikoisvalmisteista mittatilaustyötä. Toisaalta pitkän aikavälin keskusteluja on luultavasti ollut mahdoton käydä tilauskirjan epätasaisuuden vuoksi. Juurikin tilauskirjan vaihtelevan luonteesta johtuen kohdeyritys ei ole voinut tehdä tulevaisuuteen kantavia pitkän aikavälin suunnitelmia ja strategisia päätöksiä. Kohdeyritys on ollut tilauskannan epätasaisuuden suhteen usein samassa tilanteessa kuin esimerkiksi toimittaja X, joka joutuu projektien välillä lomauttamaan henkilökuntaansa. Kohdeyritys ei ole myöskään aikaisemmin tehnyt yhdenkään toimittajan kanssa minkäänlaisia partnerisopimuksia vaihtelevan tilauskirjan vuoksi. Tilanteen tulisi kuitenkin muuttua, sillä kohdeyrityksen emoyrityksen tilauskirja ulottuu tällä hetkellä vuoteen 2022 asti. Jos kohdeyritys sitouttaisi toimittajansa projekteihin aikaisemmin, yhteistyötä voitaisiin kehittää jatkuvasti ja myös toimittajat voisivat parantaa omia lähtökohtiaan huomattavasti. Tällöin prosesseja voitaisiin viilata yhä virtaviivaisemmaksi, sillä tavoitteena on kohdeyrityksen tuotannon kaksinkertaistaminen lähivuosina.

Taulukko 6. Jalostusarvot 2015 tilinpäätöstietoihin perustuen.

	Jalostusarvo (käyttökate + palkkakustannukset)	Jalostusarvo -%
Kohdeyritys	5 086 000 e	13,0 %
Toimittaja X	1 649 000 e	49,8 %
Toimittaja Y	8 000 e	0 %

Yksi teollisuudessa yleisesti käytetty tunnusluku on jalostusarvo, joka mittaa yrityksen tuottaman lisäarvon rahallista arvoa. Arvon lisäystä mitataan henkilöstön osaamisen ja omistajien yritykseen sijoittaman pääoman perusteella. Jalostusarvo saadaan tilinpäätös-tiedoista laskemalla yhteen käyttökate ja palkkakustannukset. Mittarin antamaa tulosta pidetään hyvin käyttökelpoisena arvona, koska se kertoo yrityksen asiakkaiden näkemys-sen toiminnasta. (Sakki 2014: 21). Jalostusarvo suhteessa liikevaihtoon on mitattu taulukon 6 toisessa sarakkeessa. Kohdeyrityksen jalostusarvoprosentti on 13% ja toimit-tajan X 49,8%. Sen sijaan toimittajan Y jalostusarvo suhteessa liikevaihtoon on nolla. Luvusta voidaan päätellä, että toimittaja Y ei ole luonut laisinkaan lisäarvoa. Sen sijaan toimittajan X huomattavan suuresta varaston arvosta ja hitaasta varaston kierrosta huoli-matta sen jalostusarvoprosentti on hyvin suuri. Sakin (2014: 22-23) mukaan tavoitteena on usein jalostusarvon lisääminen, vaikka sen suhteellinen suuruus ei ole ensisijaisesti tärkeää. Lukuun vaikuttavaa se, kuinka jalostettuja puolivalmisteita tuotantoon hankitaan ja kuinka suuri osa töistä teetetään alihankkijalla. Lisäarvon määrään ja sen tuottamiseen vaikuttavat tekijät ovat kuitenkin syytä olla selvillä, koska sen avulla voidaan vastata ky-symyksiin kuten, miksi asiakas on valinnut meidät tai miksi kilpailijat onnistuvat meitä paremmin?

Kohdeyritys kertoi, että heidän tavoitteenaan on toimintatapojen kehittäminen niin, että tulevaisuudessa toiminta olisi enemmän lean toimintaperiaatteiden mukaista. Yritys ei

kuitenkaan voi toimia kokonaisvalaisesti lean periaatteita toteuttamalla, jos se ei ole huomioinut muun verkostonsa kehittämistä kilpailuetujen luomiseksi. Sen vuoksi koko verkosto kannattaa sitouttaa muutostyöhön. Kohdeyrityksellä ei esimerkiksi ole käytössä erilaisia mittaristoja, jotka olisi suunnattu erityisesti keskipitkän (1-2 kuukautta) tai lyhyen (1-2 viikkoa) aikavälin toimittajasuhteiden tarkastelulle. Kohdeyrityksen ja toimittajien X ja Y välisestä yhteistyöstä voitaisiin saada enemmän irti, jos myös niihin, eikä pelkästään uusiin toimittajiin, kohdistuisi auditointeja ja oheistusta sekä keskusteluyhteys pidettäisiin jatkuvasti avoimena. Pitkäaikaisten kumppaneiden kanssa toiminta ei välttämättä ole kehityskeskusteluiden kohteena säännöllisesti, saati jatkuvasti. Keskusteluja tulisi kuitenkin käydä nykyhetkessä, sen sijaan, että tyydyttäisiin toteamaan yhteistyön toimivan automaattisesti. Pitämällä kiinni oletuksista ja turvautumalla menneisyydessä hyväksi todettuihin toimintatapoihin saattaa kehitysmahdollisuuksia ja potentiaalia jäädä käyttämättä. Esimerkiksi hyödyntämällä digitalisaation ja teollisen internetin (IoT) tarjoamia mahdollisuuksia kohdeyrityksen ja sen verkoston toimintaa voitaisiin jatkuvasti parantaa tekemällä kokonaisvaltaisia muutoksia päivittäiseen toimintaan. Teollisen internetin avulla prosesseista saadaan dataa, jota analysoimalla voidaan löytää keinoja toiminnan kehittämiseen. Tulevaisuudessa kilpailukykyään ja markkina-asemaansa tulevat parantamaan yritykset, jotka ymmärtävät teollisen internetin monet mahdollisuudet koko verkoston kannalta. Tutkielmassa haastatellut toimittajat ovat kohdeyrityksen kannalta kriittisiä, koska ne seisauttavat kokoonpanotehtaan. Sen vuoksi ongelmakohtat tulisi ehdottomasti ottaa lähempään tarkasteluun ja aloittaa toimet saumattoman yhteistyön ja yksittäisvirtaavan kokoonpanon kehittämiseksi.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkielman toteuttamisen motiivina on tulevaisuuden kehitystarve kohdeyrityksen ja siihen liittyvien toimijoiden kilpailukykyyn liittyen, sillä tarkoituksena on lähivuosina kaksinkertaistaa kohdeyrityksen tuotanto. Kohdeyrityksen emoyhtiö investoi kohdeyrityksen tuotannon uudistamiseen merkittävästi, joten toimintaan tullaan tekemään koko toimitusketjuun vaikuttavia muutoksia. Tämän tutkimuksen osalta huomio oli kohdeyrityksen sekä sen toimittajien X ja Y välisen yhteistyön kehittämässä. Tarkoituksena oli selvittää ongelma-kohtia, joita kehittämällä toimittajien valmistus voitaisiin kytkeä kohdeyrityksen virtaavan kokoonpanon tahtiin. Virtaavan kokoonpanon tahtiin valmistamisella viitataan tilanteeseen, jossa tuotteita valmistetaan vain välitöntä tarvetta varten. Virtauksen luominen on lean organisaatiolle sen tärkein päämäärä, joka pyritään saavuttamaan luomalla esteetön ja nopea virtaus peräkkäisiin operaatioihin, hukatekijöitä eliminoiden. Tutkimuksen tarkoitus oli vastata kysymykseen: *”Mitkä tekijät kohdeyrityksen ja toimittajien välisessä nykytilassa estävät toimittajien valmistuksen kohdeyrityksen virtaavan kokoonpanon tahtiin?”* Haastattelututkimuksen tuloksia tarkasteltaessa voitiin havaita, että kohdeyrityksen ja toimittajien välisessä yhteistyössä on potentiaalisia kehityskohtia.

Kohdeyrityksen ja toimittajien välisestä yhteistyöstä voitiin tunnistaa usea leanin mukainen hukatekijä. Molemmat toimittajat kertoivat valmistavansa varastoon, koska he haluavat ennakoita kohdeyrityksen tarvetta epätasaisen kysynnän vuoksi. Toimittajan X varastotilat olivat haastatteluhetkellä täynnä ja siksi tuotteita kuljetettiin toisessa kaupungissa sijaitsevaan varastoon. Tuotteiden turhasta kuljettelusta ja lisääntyneistä logistiikkakustannuksista olisi mahdollista päästä eroon rajoittamalla varastoon valmistamista. Turha kuljetelu on myös arvoa tuottamatonta toimintaa ja se estää prosessin tehokkaan virtauksen. Toisaalta toimittajien tulisi turvata materiaalien saatavuus kohdeyrityksen heittelevän kysynnän vuoksi. Ylituotanto ja varastoon valmistaminen johtavat kuitenkin välillisesti myös muiden hukatekijöiden esiintymiseen. Valmiit ja keskeneräiset tuotteet vievät tehtaissa lattiapinta-alaa ja saattavat olla liikkumisen sekä visuaalisen tuotannon

esteenä. Materiaalinhallinta kaipaisi toimintojen optimointia, jotta toimittajien varastotaso sekä varastoihin sidottu pääoma olisi mahdollista pienentää. Tilannetta voitaisiin parantaa myös tilaus-toimitusprosessia tasapainottamalla ja lisäämällä läpinäkyvyyttä materiaalitöihin. Nykyinen tilaus-toimitusprosessi vaatisi tasapainottamista ja uudelleensuunnittelua myös siksi, että kohdeyrityksen aikataulumuutokset olisivat paremmin toimittajien hallinnassa. Molempien toimittajien tapauksessa kohdeyrityksen myöhästyminen oman aikataulunsa alkupäässä aiheuttaa suurta painetta projektin loppupään toimituksiin. Toimittajien on vaikea pysyä loppupään toimituksissa mukana, elleivät he käytä lisäkapasiteettia. Toisaalta myöhästyminen aiheuttaa myös odottelua, joka on helposti tunnistettava hukatekijä. Kohdeyrityksen näkökulmasta on kuitenkin selvää, ettei tuotteita haluta toimitettavan heidän tiloihinsa ennen sovittua aikataulua.

Haastatteluja perusteella löydettiin myös ristiriitatilanteita, esimerkiksi laatukriteereihin liittyen. Toimittajan Y prosesseista hukatekijäksi tunnistettiin ylikäsittely. Toimittaja kertoi ylikäsittelyn johtuvan siitä, että he eivät saa kohdeyritykseltä tarkkaa tietoa laatukriteereistä. Kohdeyritys taas oli sitä mieltä, että laatuun liittyvät vaatimukset ovat toimittajalla tiedossa. Informaationvaihtoa laatukriteereihin liittyen tarvitsee ehdottomasti parantaa, sillä tehokkuus kärsii molempien toimijoiden näkökulmasta, jos tuotteita käsitellään turhaan. Tuotteiden valmistus vie näin ollen enemmän aikaa ja siksi tuotannon läpäisy aika pitenee. Ylikäsittely on arvoa lisäämätöntä toimintaa sekä toimittajan että kohdeyrityksen kannalta. Laatuun liittyvät ongelmat voitaisiin ratkaista esimerkiksi yhteisellä laadunhallintaohjelmalla ja standardoinnilla. Toisaalta informaatiota tarvitaan lisää myös eräkokoihin liittyen. Toimittaja Y kertoi, että kohdeyrityksen määräämän eräkoon vuoksi osa tuotteista joudutaan toimittamaan jälkitoimituksina. Jälkitoimitukset vievät aina hetkellisesti kapasiteettia itse tuotannosta. Kohdeyrityksen ostopäällikkö sen sijaan kertoi, etteivät he ole tietoisia ongelmasta, koska toimittaja ei ole koskaan aikaisemmin siitä maininnut. Jatkotutkimuksissa olisi syytä selvittää, miten kommunikaatiota kyettäisiin parantamaan kohdeyrityksen ja toimittajan Y välillä.

Toimittajien näkökulmasta viestintää aikataulumuutoksista sekä muista yhteistyöhön liittyvistä asioista tulisi lisätä ja tehostaa. Aikataulumuutoksiin reagointi ja niiden vaikutukset esimerkiksi toimittajien suuntaan voisivat olla paremmin hallittavissa yhteisellä tuotannonohjausmenetelmällä. Siinä toimittajilla ja kohdeyrityksellä olisi mahdollisuus reaaliajassa tarkastella projektin, tilausten sekä valmistuksen etenemistä. Toiminnanohjausjärjestelmän avulla voitaisiin varmistua myös laadusta ja tiedonjaosta, sekä tunnistaa kehityskohteet tehokkaammin. Yhteistyötä ja informointia saataisiin tehostettua, kun projektia koskevat dokumentit olisivat kaikkien osallisten ulottuvilla. Näin saataisiin vähennettyä hukatekijöitä, jotka liittyvät väärän tai väärinymmärrettyyn informaatioon. Toisaalta se vaatisi myös syvempää kumppanuutta toimittajan ja kohdeyrityksen välille. Haastatteluiden pohjalta kävi ilmi myös epävarmuus toimittajien rooliin liittyen. Toimittajille X tai Y ei ollut vielä elokuussa 2016 annettu tietoa siitä, että ovatko he mukana uudessa projektissa, jonka olisi tarkoitus alkaa maaliskuussa 2017. Toimittaja X ilmaisi huolensa jo kesäkuussa 2016 liittyen heidän roolinsa epäselvyyteen tässä projektissa. Epävarmuudesta huolimatta investoinnit uuden tuotannon osalta olivat aloitettu jo omalla riskillä. Kohdeyrityksen ostopäällikön haastattelun pohjalta epätietoisuuteen löydettiin vastaus. Pitkän aikavälin strategisia keskusteluja on ollut vaikea käydä tilauskirjan epätasaisuuden vuoksi. Kehitystoimenpiteiden näkökulmasta olisi tärkeää seurata, kuinka tilanne tulee muuttumaan nyt, kun kohdeyrityksen emoyritys on saanut tilauskirjansa täyteen vuoteen 2022 asti. Yhteistyön viitekehuksesta tulee sopia aikaisemmin kuin menneissä projekteissa, sillä se mahdollistaisi aiempaa huomattavasti paremmat mahdollisuudet jatkuvaan toiminnan kehittämiseen. Kehitystyön ja investointien kannalta esimerkiksi aiesopimus toisi lisää luottamusta yhteistyöhön.

Pitkäaikaisten toimittajien kanssa yhteistyö ei välttämättä ole jatkuvasti kehityksen kohteena. Toisinaan luotetaan liikaa siihen, että yhteistyö on aina toiminut, joten vanhat tavat ohjaavat toimintaa. Jos kohdeyritys ottaisi käyttöön mittaristoja myös pitkäaikaisten toimittajasuhteiden tarkastelulle, voitaisiin niiden avulla tunnistaa ongelmia ja uusia kehittymismahdollisuuksia. Tulevaisuuteen katsovat organisaatiot haluavat hyödyntää uusimia innovaatioita ja teollisia ratkaisuja. Hyödyntämällä esimerkiksi digitalisaation ja teollisen internetin tarjoamia mahdollisuuksia kohdeyrityksellä olisi mahdollisuus nähdä kokonaisvaltaisesti sen tuotantoprosessit. Lisäarvoa saisivat myös toimittajat, jotka olisivat

kytketty teollisen internetin piiriin. Ottamalla osaa uusiin innovaatioihin, on selvää, että toimintaa voidaan jatkuvasti parantaa kaikilla osa-alueilla. Kyse on strategian ja vision uudelleensuunnittelusta ja asenteista muutostyötä kohti. Paneutumalla tutkielman avulla löydettyihin kehityskohtiin on mahdollista kehittää toimittajien ja kohdeyrityksen toimintaa niin, että toimittajien valmistus saadaan tehokkaammin optimoitua kohdeyrityksen virtaavaan kokoonpanoon tahtiin. Näin tuotantoa pystytään tehostamaan kestäväällä tavalla.

5 YHTEENVETO

Tämä pro gradu –tutkielma tehtiin toimeksiantona meriteollisuuden asiantuntijayritykselle. Toimeksiannon edellytyksenä oli salassapitovelvollisuus, joten toimeksiantajaa, kohdeyritystä tai sen toimittajia ei tässä työssä nimetä. Kohdeyritys on meriteollisuuden kokoonpanotehdas, joissa valmistusprosesseina ovat eri kokoonpanotyöt, LVI- ja sähkötyöt sekä viimeistely- ja siistimistyöt. Tutkimukseen valittiin kaksi kohdeyrityksen kannalta kriittistä toimittajaa, jotka valmistavat osia kohdeyrityksen kokoonpanoon. Työn tavoitteena oli haastattelututkimuksen avulla saada selville kohdeyrityksen ja sen toimittajien nykytila. Haastattelujen perusteella oli tarkoitus tehdä havaintoja kehityskohdista, joihin puuttumalla toimittajat saataisiin tehokkaammin kytkettyä kohdeyrityksen virtaavaan kokoonpanoon. Esille haluttiin saada ongelmakohtia sekä kohdeyrityksen että toimittajien näkökulmasta. Ongelmakohtat pyrittiin tuomaan esille, jotta tulevaisuudessa resurssit osattaisiin kohdistaa oikeisiin kehitystoimenpiteisiin, sillä kohdeyrityksellä on paine kaksinkertaistaa tuotantonsa lähivuosina.

Teoriaosuudessa käsiteltiin tuotannon virtauttamista, joka on edellytys lean tuotannon kehittämiseksi. Kappaleessa käytiin läpi virtaavan kokoonpanon edellytyksiä, hukkatekijöiden poistamisesta imuohjauksen luomiseen. Hukkatekijöiden yhteydessä käytiin läpi kaikki kolme hukkatyyppiä: muda, muri ja mura, joita voi esiintyä valmistavan yrityksen prosesseissa. Teoriaosuudessa käsiteltiin myös virtaustehokkuuden ja läpäisyajan suhdetta, jonka jälkeen syvennyttiin varastojen vaikutukseen virtauksen näkökulmasta. Teoriaosuuden viimeisessä kappaleessa syvennyttiin siihen, kuinka imuohjaus voidaan luoda tuotantoon. Imuohjausta voidaan pitää yhtenä leanin peruseräiteistä, ja sen avulla tuotantoon on mahdollista saada aikaan yksiosainen virtaus.

Empiriaosuudessa avattiin haastattelututkimuksen avulla saatuja vastauksia. Lisäarvoa tutkimukseen toi se, että tutkimus toteutettiin kaksisuuntaisesti eli yhteistyötä päästiin tutkimaan sekä kohdeyrityksen sisältä, että ulkoa päin. Haastattelukysymykset laadittiin erikseen jokaiselle yritykselle, mutta toimittajille X ja Y osoitetut kysymykset noudattivat

samaa viitekehystä. Haastattelupatteristot ovat liitteinä tutkielman lopussa. Empiriaosuudessa tutustuttiin myös toimittajien ja kohdeyrityksen väliseen tilaus-toimitusprosessiin. Prosessit esitettiin swimlane –taulukon muodossa. Prosessien tarkastelu oli rajattu tutkielmassa toimittajien valmistusvaiheesta kohdeyrityksen kokoonpanoon. Tutkielmassa ei ollut mahdollista esitellä tarkemmin toimittajien valmistamia tuotteita, koska toimittajat ja kohdeyritys haluttiin pitää tässä työssä anonyymeinä. Kappaleen tarkoitus oli luoda käsitys toimittajien ja kohdeyrityksen nykytilasta ja tuoda esiin kehityskohteita jokaisen näkökulmasta. Johtopäätöksissä sen sijaan perehdyttiin tarkemmin analysoimaan vastauksia ja tekemään niiden pohjalta havaintoja ja kehitysehdotuksia. Tämän tutkielman pääasiallisena tarkoituksena oli tuottaa tutkielman toimeksiantajalle yleiskuva yritysten nykytilasta, jonka perusteella epäkohtiin voitaisiin puuttua toiminnan kehittämiseksi. Lisätutkimuksen kohteena voisi olla kehitystoimenpiteiden valinta ja niiden implementointi toimittajaverkoston.

LÄHTEET

- Andersen, Bjorn (2007). *Business Process Improvement Toolbox*. 2. painos. Milwaukee: ASQ Quality Press. ISBN 978-0-87389-719-8.
- Apics (2016). Dictionary. <http://www.apics.org/dictionary/dictionary-information?ID=4286>.
- Bicheno, John & Holweg, Matthias (2016). *The Lean toolbox. A handbook for lean transformation*. 5. painos. Buckingham: PICSIE Books. ISBN 978-0-9568307-5-3.
- Blackstone, John H. (2001). Theory of Constraints – a status report. *International Journal of Production Research*. 39: 6, 1053-1080.
- Cox, James F. & Schleier, John G. (2010). *Theory of Constraints Handbook*. New York: The McGraw-Hill Companies. ISBN 978-0-07-166554-4.
- Goldratt Uk (2007.) The Theory Of Constraints And Drum-Buffer-Rope. [Verkkodokumentti]. [16.5.2015]. Saatavissa: http://www.goldratt.co.uk/resources/drum_buffer_rope/.
- Harrison, Alan & van Hoek Remko (2011). *Logistics Management & Strategy. Competing Through the Supply Chain*. 4. painos. Essex: Pearson Education Limited. ISBN 978-0-273-73022-4.
- Haverila, Matti J., Erkki Uusi-Rauva, Ilkka Kouri & Asko Miettinen (2009). *Teollisuustalous*. 6.painos. Tampere: Infacs Oy. ISBN 978-951-96765-6-2.
- Hegedus, M. G. & Hopp, W. J. (2001). Setting procurement safety lead-times for assembly systems. *International Journal of Production Research* 39: 15, 3459–3478.

- Hirsjärvi, Sirkka, Pirkko Remes & Paula Sajavaara (2009). *Tutki ja kirjoita*. 15. painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy. ISBN 978-951-31-4836-2.
- Hobbs, Dennis P. (2014). *Lean Manufacturing Implementation: a complete execution manual for any size manufacturer* [online]. Boca Raton: J. Ross Publishing, Inc. ISBN 1-932159-14-2.
- Hokkanen, Simo & Karhunen, Jouni (2014). *Johdatus logistiseen ajatteluun*. Kangasniemi: Sho Business Development Oy. ISBN 9789526674087.
- Hopp, Wallace J. (2008). *Supply chain science*. New York: McGraw-Hill/Irwin. ISBN 978-0-07-340332-8.
- Hopp, Wallace J. & Spearman Mark L. (2008). *Facotry physics*. 3. painos. Waveland: Waveland Press, Inc. ISBN 978-1-57766-739-1.
- Ifandoudas, Panayiotis & Chapman, Ross (2009). A practical approach to achieving agility – a theory of constraints perspective. *Production Plannin & Control* 20: 8, 691–702.
- Jaca, Carmen, Elisabeth Viles, Daniel Jurburg & Martin Tanco (2014). Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. *International Journal of Production Research* 52: 6, 1755–1770.
- Karrus, Kaij E. (2003). *Logistiikka*. 3.-4. painos. Juva: WS Bookwell Oy. ISBN 951-0-25497-5.
- Kiiskinen, Satu, Anssi Linkoaho & Riku Santala (2002). *Prosessien johtaminen ja ulkoistaminen*. Porvoo: WS Bookwell Oy. ISBN 951-0-27418-6.

- Kouri, Ilkka (2009). *Lean taskukirja*. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy. ISBN 978-952-238-037-1.
- Kiviniemi, Kari (2015). Laadullinen tutkimus prosessina. Teoksessa: Raine Valli & Juhani Aaltolta (toim.). *Ikkunoita tutkimusmetodeihin 2*. Jyväskylä: PS-kustannus. ISBN 978-952-451-660-0.
- Khojasteh, Yacob & Sato, Ryo (2014). Selection of pull production control system in multi-stage production process. *International Journal of Production Research* 53: 14, 4363–4379.
- Lapinleimu, Ilkka, Veijo Kauppinen & Seppo Torvinen (1997). *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Helsinki: WSOY. ISBN 951-0-21436-1.
- Liker, Jeffrey K. (2010). *Toyotan tapaan*. Jyväskylä: WS Bookwell Oy. ISBN 978-952-220-226-0.
- Logistiikan Maailma (2016a). Varastotyypit ja –tekniikka [online]. 20.5.2016] [päivitetty 19.5.2016]. Saatavissa osoitteesta http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Varastotyypit_ja_tekniikka.
- Logistiikan Maailma (2016b). Kysynnän ja tarjonnan hallinta [online]. [6.6.2016]. Saatavissa: http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Kysynn%C3%A4n_ja_tarjonnan_hallinta.
- Logistiikan Maailma (2011). *Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet*. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi 2011. ISBN 978-952-67347-1-2.
- Matzka, Judith, Maria Di Mascolo & Kai Furmans (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing* 23: 1, 49-60.

- McCarthy, Dennis & Rich, Nick (2008). *Lean TPM. A Blueprint for Change*. Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-5857-7.
- Mcintire, Jonah Sain (2016). *Supply Chain Visibility. From Theory to Practice*. Surrey: Gower Publishing Limited. ISBN 978-1-4724-13468.
- Modig, Niklas & Åhlström, Pär (2013). *Tätä on Lean. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin*. 2. painos. Tukholma: Rhelogica Publishing. ISBN 978-91-980393-3-7.
- Nash, Mark & Poling, Sheila (2008). *Mapping the Total Value Stream. A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*. New York: Productivity Press. ISBN 978-1-56327-359-9.
- Nicholas, John (2011). *Lean production for competitive advantage. A comprehensive guide to lean methodologies and management practices*. New York: Productivity Press. ISBN 978-1-4398-2096-4.
- Rother, Mike & Shook, John (2003). *Learning to See. Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Version 1.3. Cambridge: The Lean Enterprise Institute. ISBN 0-9667843-0-8.
- Sakki, Jouni (2014). *Tilaus – toimitusketjun hallinta – Digitalisoitumisen haasteet*. 8 painos. Vantaa: Jouni Sakki Oy.
- Sakki, Jouni (2009). *Tilaus – toimitusketjun hallinta. B2B - vähemmällä enemmän*. 7 painos. Vantaa: Jouni Sakki Oy. ISBN 978-951-97668-4-3.
- Sproull, Bob (2009). *The Ultimate Improvement Cycle. Maximizing Profits through the integration of Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4200-9034-5.

- Trent, Robert (2007). *Ent-To-End Lean Management*. J.Ross Publishing Inc.
- Tuominen, Kari (2010). *Lean – kohti täydellisyyttä. Mitä Toyota ja lean –yritykset tekevät eri tavalla kuin muut*. Juva: Bookwell Oy. ISBN 978-952-220-289-5.
- Van Rijmenam, Mark (2014.) *Think Bigger: Developing a Successful Big Data Strategy for Your Business*. New York: AMACOM. ISBN 978-0-8144-3415-4.
- Van Kampen, Tim, Dirk Peter van Dork & Durk-Jouke van der Zee (2010). Safety stock or safety lead time: coping with unreliability in demand and supply. *International Journal of Production Research* 48: 24, 7463–7481.
- Van Rijmenam, Mark (2014.) *Think Bigger: Developing a Successful Big Data Strategy for Your Business*. New York: AMACOM. ISBN 978-0-8144-3415-4.
- Wadhwa, Subhash, Madhawanand Mishra, Felix T.S. Chan & Y. Ducq (2010). Effects of information transparency and cooperation on supply chain performance: a simulation study. *International Journal of Production Research* 48: 1, 145–166.
- Wee, Hui-Ming (2011). *Inventory Systems: Modeling and Research Methods*. New York: Nova Science Publisher, Inc. ISBN 9781617287275.

LIITTEET

LIITE 1 – Toimittajan X haastattelukysymykset

1. Miten kohdeyrityksen tilausprosessit mielestänne toimivat?
 - Näettekö siinä jotain ongelmia?
2. Miten valmistuksenne istuu kohdeyrityksen tilauksiin?
3. Kuinka paljon valmisvarastoa odottaa toimitusta tällä hetkellä?
4. Kuinka paljon keskeneräistä tuotantoa teillä on tuotannossanne (levymateriaaleista eteenpäin) keskimäärin ja kuinka paljon tiedätte sen olevan tällä hetkellä?
5. Mikä on tuotannon läpäisy aika aloituksesta valmiiksi tuotteeksi?
 - Kuinka paljon se on keskimäärin?
 - Kuinka paljon läpimenoaika vaihtelee?
 - Mitkä tekijät vaikuttavat läpäisy aikaan negatiivisesti?
6. Kuinka paljon aikaisemmin ennen toimitusta teidän pitäisi saada kuvat, joissa on suunnittelumuutoksia, jotta muutokset olisivat teidän puolesta vielä mahdollista toteuttaa?
7. Kaipaatteko lisää näkyvyyttä toimitusketjuun?
8. Miten ja millä keinoilla läpinäkyvyyttä saataisiin luotoa lisää toimitusketjuun?
 - Minkälaisia konkreettisia etuja läpinäkyvyyden lisääminen voisi tuoda?
 - Onko informaatiota tarpeeksi saatavilla?

9. Mitä teidän mielestänne se vaatisi, että toimintanne saataisiin kytkettyä kohdeyrityksen virtautetun tuotannon kokoonpanon tahtiin?

LIITE 2 – Toimittajan Y haastattelukysymykset

1. Miten kohdeyrityksen tilausprosessit mielestänne toimivat?
 - Näettekö niissä jotain ongelmia?
 - Miten valmistuksenne istuu kohdeyrityksen tilauksiin?

2. Miten saatte tilaukset ja kuinka paljon aikaisemmin?
 - Ovatko eräkoot lähetettäville tilauksille määrätty?

3. Kuinka paljon edellä tuotanto oli parhaimmillaan (eli kuinka monta valmista pohjaa) ja toisaalta, kuinka paljon valmisvarastoa oli keskimäärin?

4. Mikä on tuotannon läpäisy aika aloituksesta valmiiksi tuotteeksi (todellinen läpimenoaika, jossa KET on huomioitu)?
 - Kuinka paljon se on keskimäärin?
 - Kuinka paljon läpimenoaika vaihtelee?
 - Mitkä tekijät vaikuttavat läpäisy aikaan?

5. Miten ilmoitatte kohdeyritykselle, jos olette myöhässä aikataulusta?
 - Miten saatte tiedon aikataulumuutoksista ja kuinka paljon aikaisemmin?

6. Kaipaatteko lisää läpinäkyvyyttä toimitusketjuun?
 - Miten ja millä keinoilla saataisiin luotua lisää läpinäkyvyyttä toimitusketjuun?
 - Minkälaisia konkreettisia etuja läpinäkyvyyden lisääminen voisi tuoda?

7. Mitä teidän mielestänne se vaatisi, että toimintanne saataisiin kytkettyä kohdeyrityksen virtautetun kokoonpanon tahtiin?

LIITE 3 – Kohdeyhteyden haastattelukysymykset

1. Onko toimittajat valittu ja heitä informoitu seuraavan hyttituotannon osalta? Jos on jo valittu, milloin he ovat saaneet tietää? Millaisella kapasiteetillä toimittajien tulee varautua tulevan laivan materiaalitoimituksiin?
2. Onko tässä vaiheessa mitään muita suunnitelmia toimittajien kanssa, esimerkiksi pak-
kaukseen ja logistiikkaan liittyen?
3. Miten projektin aikana valvotaan toimittajaverkoston (erityisesti ns. key komponent-
tien)? Kuka hoitaa valvonnan?
4. Mitkä ovat KPI:t eli päämittarit verkoston valvontaan ja sen kehittämiseen liittyen?
esim.
 - OTD – on time delivery
 - QC – eli laatu
 - Muita mittareita?
 - Keskipitkällä aikavälillä eli 1-2 kuukautta ennen tarvetta?
 - Lyhyen aikavälillä eli 1-2 viikkoa ennen tarvetta?
5. Kuinka usein toimittajaverkostolle päivitetään projektin aikana ns. actual demand eli
tuotannon todellinen materiaalitarvepäivä, mikäli aikataulut tuotannossa muuttuvat?
6. Mikä on varaston kiertonopeus keskimäärin?
7. Mikä on varaston keskimääräinen arvo?
8. Mitkä ovat inbound logistiikan kustannukset esim. viime projektissa tai yleisesti?
9. Miten yhteistyö toimii **toimittajan X** kanssa?

- aikatauluissa pysyminen?
 - reagointi aikataulumuutoksiin / ketteryys?
 - luotettavuus?
-
- Toimittaja mukaan tieto aikataulumuutoksista pitäisi saada 8-10 viikkoa ennen toimitusta, onko tämä käytännössä mahdollista?
 - Toimittajan mukaan ongelma on se, että kun he saavat tuotteet aikataulun mukaan valmiiksi, kohdeyritys ei ole valmis vastaanottamaan niitä. Tämä aiheuttaa toimittajalle paljon varastoa. Koetteko asian näin? Mistä johtuu, että läheityksiä ei ole mahdollista ottaa vastaan?

10. Miten yhteistyö toimii **toimittajan Y** kanssa?

- aikataulussa pysyminen?
 - reagointi aikataulumuutoksiin / ketteryys?
 - luotettavuus?
-
- Toimittajan mukaan heidän tuotantonsa istuu muilta osin hyvin kohdeyrityksen tilauksiin, paitsi että tilausrivit eivät ole kahdeksalla jaollisia. Tämä aiheuttaa jälkitoimituksia. Millä perusteella määräytyy toimittajan erä koko eli 8 kpl lattiaelementtejä/kolli.
 - Tieto tilauksesta tulee 8-10 viikkoa ennen tilausta. Onko tietoa mahdollistaa antaa vielä aikaisemmin?
 - Onko mahdollista toimittaa tietoa laatuksista? Tietoa voisi olla enemmän saatavilla liittyen lattioiden ja suihkun rakenteiden liitännäisistä eli mikä osaa jaa loppukäyttäjälle näkyviin ja mikä ei.

11. Mitä vaatisi, että toimittajat 1 ja 2 saataisiin liitettyä vielä tehokkaammin kohdeyrityksen kokoonpanoon? Sana vapaa.