

Taneli Mattila

**TUOTANTOPROSESSIN TARKASTELU VSM-ARVOVIRTAKU-
VAUKSELLA**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Tammikuu 2017**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Tammikuu 2017	Tekijä/tekijät Taneli Mattila
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi TUOTANTOPROSESSIN TARKASTELU VSM-ARVOVIRTAKUVAUKSELLE.		
Työn ohjaaja Tapio Malinen		Sivumäärä 28+2
Työelämäohjaaja Janne Ylitalo		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää tuotantoa arvovirtakuvausten avulla. Opinnäytetyön toimeksianto tuli AP-Tela Oy:ltä Kokkolasta. Tavoitteena oli kuvata koko arvovirta yhden tuotteen valmistuksesta. Koska yritys halusi kehittää tuotantoaan tuottavammaksi, tämä opinnäytetyö keskittyi löytämään kehitettäviä alueita tuotannossa.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään kaikki arvovirtakuvausten vaiheet. Teoriaosa esittelee myös Lean-johdamisen perusteet sekä Lean-menetelmiä. Teoriaosuudessa tietolähteinä on käytetty internetiä ja kirjallisia lähteitä.</p> <p>Käytännönoosuudessa arvovirtakuvausta käytettiin tuotannon nykytilan kuvaamiseen. Sen jälkeen oli mahdollista löytää tekijät, jotka vaikuttavat kokonaisläpimenoaikaan. Lopuksi yritykselle esiteltiin parannusehdotukset. Opinnäytetyön julkisesta versioista on salattu yritykselle tärkeitä tietoja.</p>		
Asiasanat Arvovirta, Arvovirtakuvaus, Lean, Läpimenoaika, SMED, VSM, 5S.		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date January 2018	Author Taneli Mattila
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis Description of the production process with VSM-Value stream mapping		
Instructor Tapio Malinen	Pages 28+2	
Supervisor Janne Ylitalo		
<p>The purpose of this thesis was to develop production by using value stream mapping. The thesis was commissioned by AP-Tela Oy from Kokkola. The objective was to describe the whole value stream of the one product. Because the company wanted to develop its production to be more profitable, this thesis focused on finding areas for improvements in production.</p> <p>The theory section of the thesis discusses all the phases of the value stream mapping. The theory section introduces also the basics of the Lean management and other different Lean methods. The used information for the theory section was from the internet and literary sources.</p> <p>In the practical section of the thesis the value stream mapping was used to describe the current state of the production. After that it was possible to find factors that affect the lead time. At the end, the development proposals were introduced to the company. Important information of the company has been hidden from this version of the thesis.</p>		
Key words Value stream, Value stream mapping, Lean, lead time, SMED, VSM, 5S		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ARVOVIRTA	Tuotteen tai palvelun tuottamisessa tarvittavat työvaiheet, jotka ovat arvoa tuottavia tai arvoa tuottamattomia.
ARVOVIRTAKUVAUS	Visuaalinen kuvaus materiaalien ja informaation kulusta tuotteen tilauksesta toimitukseen.
VSM	Value Stream Mapping eli arvovirtakuvaus.
LEAN	Jatkuvaan toiminnan parantamiseen tähtäävä toimintamalli, joka pyrkii turhien toimintojen poistamiseen prosessista.
LÄPIMENOAIKA	Aika, joka kuluu tuotteen valmistukseen.
HUKKA	Tarkoittaa turhaa sekä ei-arvoa lisäävää työtä.
5S	Menetelmä, joka keskittyy organisoimaan työpaikkoja sekä standardoimaan työmenetelmiä.
SMED	Single minute exchange of die on yksi Leanin työkaluista, jolla pyritään lyhentämään asetusajoja.
PDCA	Ympyrä, joka sisältää jatkuvan parantamisen neljä vaihetta. Vaiheet ovat plan, do, check, ja act.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 AP-TELA OY	2
2.1 Putkitechdas	2
2.2 Telatehdas	3
2.3 Tilauskonepaja	3
3 LEAN	4
3.1 Viisi periaatetta	4
3.2 Hukka	5
3.2.1 Ylituotanto	6
3.2.2 Odotus ja viivästymiset.....	6
3.2.3 Tarpeeton kuljettaminen	6
3.2.4 Laatuvirheet.....	6
3.2.5 Tarpeettomat varastot	7
3.2.6 Ylikäsittely	7
3.2.7 Tarpeeton liike työskentelyssä	7
3.3 Läpimenoaika	7
3.3.1 Littlen laki.....	8
3.3.2 Pullonkaulojen laki	8
3.4 Vaihtelu	9
3.5 Imu- ja työntöohjaus.....	9
4 LEAN-TYÖKALUT	11
4.1 VSM-arvovirtakuvaus	11
4.2 Six Sigma.....	14
4.3 Kaizen.....	15
4.4 SMED	16
4.5 5S.....	16
5 TUOTANTOMUODOT JA LAYOUT	18
5.1 Yksittäistuotanto	18
5.2 Sarjatuotanto	18
5.3 Layout.....	19
5.3.1 Funktionaalinen layout.....	19
5.3.2 Tuotantolinjatyyppinen layout	20
5.3.3 Solulayout.....	21
6 NYKYTILAN KUVAUS	22
6.1 Suunnittelu ja aikataulu	22
6.2 Käytännön toteutus	22
6.2.1 Poikkeamat	23
6.3 Johtopäätökset.....	24
7 PARANNUSEHDOTUKSET.....	25

8 POHDINTA	26
-------------------------	-----------

LÄHTEET	27
----------------------	-----------

LIITTEET

LIITE 1. Kanban-kortti

LIITE 2. Työaikojen kestojen arvio

LIITE 3. VSM

KUVIOT

KUVIO 1. Prosessin pullonkaula vaiheiden kaksi ja kolme välissä	9
KUVIO 2. I-kortilla kuvattu stabiili vaihtelu	9
KUVIO 3. Työntö- ja imuohjaus	10
KUVIO 4 VSM-arvovirtakuvaus	12
KUVIO 5. Prosessilaatikko	13
KUVIO 6. Tukitoiminnon kuvaus arvovirtakuvauksessa	13
KUVIO 7. Välivarasto	14
KUVIO 8. Aikajana	14
KUVIO 9. PDCA-sykli	16
KUVIO 10. 5S vaiheet	17
KUVIO 11. Funktionaalinen layout	19
KUVIO 12. Tuotantolinja.	20

KUVAT

KUVA 1. Putkitehdas	2
KUVA 2. Telatehdas	3

1 JOHDANTO

Tuotantotalouden opinnoissani on vahvasti painotettu Lean-filosofiaa ja prosessin kehittämistä. Opintojeni aikana olen kiinnostunut yhä enemmän eri Lean-työkalujen käyttämisestä hukan poistamiseen. Aikaisemmin on ajateltu, että tuotannon tehostaminen tarkoittaa työntekijöiden kovempaa työskentelyä ja kulujen karsimista esimerkiksi henkilöstöä vähentämällä. Kovempi työskentely lisää kuitenkin yleensä turhan työn määrää, mitä pyritään Lean-työkalujen avulla löytämään ja poistamaan. Prosessin tarkoituksen on tuottaa asiakkaalle arvoa. Asiakas ei ole halukas maksamaan ei-arvoa lisäävästä työstä.

Läpimenoaika koostuu arvoa lisäävästä ajasta ja ei-arvoa lisäävästä ajasta. Arvoa lisäävä aika on sitä aikaa, jolloin tuote tai palvelu jalostuu. Ei-arvoa lisäävä aika taas tarkoittaa kaikkea muuta ”turhaa”, kuten tavaroiden etsimistä, odottelua ja siirtelyä. Näitä vaiheita voidaan poistaa pelkästään muuttamalla työskentelymenetelmää. Tuotannon tai prosessin kehittäminen tarkoittaa ei-arvoa lisäävän työn poistamista. Monesti kuitenkin ei-arvoa lisäävä työ tulee ensin löytää ja tunnistaa. Tähän Lean-työkalut ovat hyvä apu.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda tuotekohtainen arvovirtakuvaus AP-Tela Oy:lle. Tavoitteena oli kuvata koko tilaus-toimitusketju ja tunnistaa arvoa lisäävät sekä ei-arvoa lisäävät vaiheet. Tämä tarkoitti käytännössä vaiheiden kestojen selvittämistä aina tilauksesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Työ painottui lähinnä hukan tunnistamiseen ja ehdotuksiin sen poistamiseksi. Työvaiheiden kestoja tuli myös verrata arvioituihin aikoihin. Löytämällä ei-arvoa lisäävät osa-alueet on mahdollista lyhentää läpimenoaikaa, mikä taas parantaa koko yrityksen kannattavuutta. Lähdemateriaaleina tärkeimpänä mainittakoon kirjat: Tätä on Lean: Ratkaisu Tehokkuusparadoksiin sekä Lean taskukirja. Lisäksi erilaiset internetlähteet osoittautuivat hyväiksi.

2 AP-TELA OY

AP-Tela Oy toimii Kokkolassa valmistamalla laitteistoja sekä osia paperi-, kartonki-, ja selluteollisuudelle. AP-Tela Oy on komponentti- ja tilauskonepaja, joka palvelee asiakkaitaan myös teräs-, energia-, meri-, puunjalostus- ja konepajateollisuuden aloilla. Yritys aloitti toimintansa Kokkolassa vuonna 1994. Yhtiö toimi Uutechnic Group –konsernissa osakkuusyhtiönä 1990-luvulta lähtien. Yhtiö siirtyi vuonna 2012 täysin Uutechnic Group –konsernin omistukseen osakevaihdon jälkeen. Yritys on erikoistunut valmistamaan hitsattuja levyputkia, joita käytetään painesäiliöihin, paperikoneiden teloihin ja sylintereihin sekä vesi- ja höyrylieriöihin. Putket on mahdollista varustaa komponenteiksi ja hehkuttaa asiakkaan toiveiden mukaan. Yhtiö toimittaa telat ja sylinterit tarvittaessa hiottuna ja tasapainotettuna. Telojen ja paperikonesylinterien kunnostus sekä laitekokonaisuuksien valmistus kuuluvat myös yhtiön palveluihin. Yhtiö tekee asiakkaidensa kanssa tiivistä yhteistyötä tuotteidensa ja palveluidensa kehittämisessä sekä panostaa joustavaan asiakaslähtöiseen toimintaan. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2016 7 648 000 euroa ja tulos -822 000 euroa. Henkilöstöä AP-Tela Oy:llä oli 42 henkilöä. (AP-Tela Oy 2017a.), (Kaupalehti 2017.)

2.1 Putkitehdas

AP-Tela Oy:n putkitehdas toteuttaa paksuseinämaisten putkien, lieriöiden ja kartioiden valmistuksen levyn taivutuksen ja pituushitsauksen avulla (KUVA 1). Asiakas voi valita halkaisijan, seinämän ja pituuden tarpeidensa mukaan. Asiakkaan on täten mahdollista saada kustannustehokkaasti optimoitu tuote. Materiaaleina käytettävissä ovat esimerkiksi rakenneteräkset S235 ja S335, karkaistavat booriteräkset, kulutusteräkset ja ruostumattomat sekä haponkestävät teräkset. Hitsatut putket ovat yksilöityjä ja dokumentoituja EN-standardien mukaisia tuotteita, joiden laatu on sertifioitu. (AP-Tela Oy 2017b.)



KUVA 1. Putkitehdas.

2.2 Telatehdas

Telat ja muut suurikokoiset pyörähdyskappaleet paperi-, nosto- ja energiateollisuuden tarpeisiin AP-tela Oy valmistaa telatehtaassaan (KUVA 2). Tuotteet ovat esimerkiksi putkiteloja, kuivaussylintereitä tai putkiteloja. Asiakas saa telat asennusvalmiina, sisäkoneistuttuna ja dynaamisesti tasapainotettuna sekä laakeroituna. Sisäsorvaukseen kaksi laitetta, joilla pystytään työstämään tuotteita maksimissaan 14,4 metrin sorvaus kärkivälillä. AP-tela valmistaa myös energiateollisuudelle murskaavia teloja ja rootto-reita. Nostoteollisuudelle yritys toimittaa valmiita nostoteloja ja kaivosteollisuuden käyttöön järeitä veto- ja taittoteloja. (AP-Tela Oy2017c.)



KUVA 2. Telatehdas.

2.3 Tilauskonepaja

AP-Tela Oy:n raskas tilauskonepaja tuottaa asiakkaalle yksittäisiä osia tai laitteita. Levyn taivutus onnistuu yhtiön 3000 tonnin puristusvoiman ja 12 metrin työleveyden omaavan särmäyspuristimen avulla. Koneistukseen on käytössä kymmenen järeää sorvia, joista viisi on CNC-sorveja. Tehtaasta löytyvät myös jyrshintään ja aarporauskeeseen tarkoitetut laitteet. Yrityksessä on käytössä jauhekaarilaitteistot sekä EN ISO 3834-2-laadunhallinta_hitsauksessa. Jännityksenpoistoon yritys käyttää omaa lämpökäsittelyyn tarkoitettua hehkutusuunia. Konepajassa on myös mahdollisuus dynaamiseen ja staattiseen tasapainotukseen. (AP-Tela Oy 2017d.)

3 LEAN

Japanissa Toyota kehitti toisen maailmansodan jälkeen tuotantojärjestelmän, jolla sen oli mahdollista vastata sen aikaiseen kysyntään markkinoilla. Yhdysvalloissa General Motors ja Ford käyttivät autojen valmistuksessa massatuotantoa, koska autojen kysyntä oli korkea. Japanissa autojen kysyntä oli pienempää ja vaihtelevaa. Tämän vuoksi autojen tuotannon tuli olla joustavampaa sekä enemmän keskittyynyttä asiakkaan erityistoiveiden toteuttamiseen. Tästä syntyi Toyota Production System eli TPS. Tuotteiden laatu parani, koska tuotannon joutaessa ja läpimenoaikojen lyhentyessä virheet tulivat esille huomattavasti helpommin. Toyota kehitti imuohjausjärjestelmän, mikä tarkoitti, että auton valmistus tapahtui vasta tilauksen tultua. Tähän syynä oli se, että Toyota ei halunnut valmistaa autoa, jota ei välttämättä saataisi myytyä. Voidaan sanoa, että TPS on perusta Leanin kehittymiselle. Lean tarkoittaa asiakaslähdistä prosessijohtamisen mallia. Sen perustana on virtauksen maksimointi ja hukan poistaminen. Käytännössä se tarkoittaa toiminta- ja ajattelutapaa, jossa virtauksen ja jalostusarvon osuus maksimoidaan poistamalla hukkaa. (Modig & Åhlström 2016, 70-73.)

3.1 Viisi periaatetta

Leanin perimmäinen tarkoitus on läpimenoajan lyhentäminen, vaikka usein sen ajatellaan olevan hukan poistamiseen käytettävä menetelmä. Lean-ajattelu voidaan tiivistää viiteen periaatteeseen. Ensimmäinen periaate on arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta. Arvo on Lean-ajattelun aloituskohta. Asiakkaan näkökulmasta arvo määräytyy palvelun tai tuotteen kohdatessa asiakkaan tarpeet. Vaiheessa on siis käytännössä tarkoitus tunnistaa ja määrittää ne toiminnan vaiheet, joista asiakas on halukas maksamaan. Samalla pyritään paljastamaan ja poistamaan toiminnassa oleva hukka. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 183.)

Toisena vaiheena on arvovirran tunnistaminen. Tällöin pyritään kiinnittämään huomiota kokonaisuuteen ja vältetään osaoptimointia. Tehostamalla yhtä osa-aluetta saatetaan vahingoittaa kokonaisuutta. Arvovirta tarkoittaa kaikkia tehtäviä vallalla olevassa tilanteessa, niin arvoa tuottamattomia kuin tuottaviakin. Tärkeintä olisi nähdä tietyn tuotteen arvovirtaus. Tällöin voidaan myös tarkastella arvovirtaa asiakkaan näkökulmasta. Arvovirran tehtävät voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Arvoa lisäävät tehtävät lisäävät arvoa, kuten nimikin kertoo. Tehtävät, jotka eivät lisää arvoa, mutta ovat välttämättömiä, ovat toisessa

ryhmässä. Esimerkkinä voi olla hitsauksen laadunvarmistus. Viimeisenä ryhmänä ovat vaiheet, jotka eivät tuota arvoa. Nämä vaiheet tulee pyrkiä poistamaan. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 184.)

Arvovirran tunnistamisen ja hukkan poistamisen jälkeen tehdään virtauksen toteutus. Se tarkoittaa sellaisten kohtien poistamista, joissa arvon tuottaminen virtauksessa pysähtyy. Ihanteellinen tila olisi sellainen, jossa kappaleen virtaus on viiveetöntä. Tällöin kappaleenvirtaus koostuisi pelkästään arvoa lisäävistä osista. Virtauksen saaminen jatkuvaksi on erityisen haastavaa pienivolyymisessä tuotannossa. Erityisesti tuotteiden yksilöllisyydet vaikeuttavat virtauksen jatkuvuutta. Seisokkeja ja ruuhkia voidaan pyrkiä vähentämään yrityksen suunnittelemilla vuosi-, kuukausi, tai päiväkohtaisilla kapasiteeteilla. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 184-185.)

Neljäntenä periaatteena on imun järjestäminen. Ohjauksella, joka perustuu imuun, on tärkeä rooli erityisesti silloin, kun toiminta perustuu pelkästään kysyntään. Asiakaskysynnän vuoksi tuotteille on kysyntää eli imua, joten yrityksen ei tarvitse suunnitelmallisesti puskea tuotteita markkinoille. Imu on monesti myös ratkaisu prosessin vaiheisiin, joihin virtauksen toteutus on haastavaa. Imuun pohjautuvalla ohjauksella voidaan pienentää läpäisyajoja tuotekehityksen osalla 50 %, tilausten käsittelyssä 75 % ja itse tuotannossa jopa 90 %. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 185.)

Viimeinen eli viides periaatteista on täydellisuuden tavoittelu. Yrityksen täytyy pyrkiä täydellisyyteen ja parannukseen, vaikka se olisikin päässyt haluttuun tulokseen edellisiä periaatteita noudattamalla. Projektien parissa työskentelevät huomaavat, että virheiden, kustannusten ja aikojen karsimiselle ei näy loppua. Tarjonta taas siirtyy kohti asiakkaan haluamaa yhä enenevissä määrin. Lean-järjestelmän tulisi olla läpinäkyvä. Kaikki toimijat järjestelmässä alihankkijoista työntekijöihin ja asiakkaisiin pystyvät näkemään kokonaisuuden, mikä helpottaa tunnistamaan kohdat, joissa arvon tuottaminen keskeytyy. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 186.)

3.2 Hukka

Työtahdin kasvattaminen ei ole perusta tuottavuuden parantumiselle Lean-ajattelussa. Tuottavuuden parantamiseen pyritään poistamalla erilaisia hukkia. Hukka tarkoittaa turhaa sekä ei-arvoa lisäävää työtä. Hukkaan liittyvät ilmiöt ovat tehokkaalle työlle esteitä. Systemaattinen hukkien poistaminen parantaa laatua ja tuottavuutta. Hukat voidaan jakaa seitsemään ryhmään alla olevalla tavalla. (Kouri 2009, 10-11.)

3.2.1 Ylituotanto

Ylituotanto tarkoittaa sitä, että tuotteita valmistetaan enemmän kuin välitöntä tarvetta on. Erien suuret koot, keskeneräinen tuotanto ja tuotteiden valmistaminen valmiiksi varastoon aiheuttavat muun hukan syntymistä. Ylituotanto on myös esteenä tuotannon oikeiden epäkohtien löytämiselle, koska korkeat varastotasot peittävät epäkohtia ja heikentävät niiden vaikutusta. Vaikutusta ei kuitenkaan varastoilla pystytä poistamaan. (Kouri 2009, 10.)

3.2.2 Odotus ja viivästymiset

Odottaminen tai viivästykset eivät lisää arvoa asiakkaan näkökulmasta. Esimerkkeinä näistä voivat olla koneiden ja laitteiden häiriöt sekä puute materiaaleista. Asetteiden vaihdoissa kuluva aika voidaan laskea myös odottamiseksi. Tällöin tuotteen arvo ei kasva, joten siitä tulisi pyrkiä eroon. Aseteaikojen lyhentämiseen on olemassa erilaisia keinoja. (Kouri 2009, 10.)

3.2.3 Tarpeeton kuljettaminen

Asiakkaan näkökulmasta arvo ei kasva tarpeettomalla kuljettamisella. Turha materiaalien ja tuotteiden liikuttelu on asia, jota tulisi pyrkiä välttämään. Kaikkia kuljetuksia ei voida välttää, mutta tavaroita ei tulisi kuljettaa edestakaisin varaston ja tuotannon välillä. (Kouri 2009, 10.) Kuljetukset aiheuttavat ai-noastaan lisää kuluja eivätkä tuota arvoa. Tämän vuoksi tulisi kiinnittää huomiota erityisesti kuljetuksiin. (The Seven Wastes.)

3.2.4 Laatuvirheet

Laatuvirheet aiheuttavat materiaalien ja kapasiteetin hukkaa. Nämä johtavat asiakastyytymättömyyteen. Asiakas haluaa aina tuotteensa olevan laatukriteerit täyttävä. (Kouri 2009, 10.) Laatu ei paranneta laatuosastoa tarkastamalla, vaan tuotannon laaduntuottokyky saadaan paremmaksi poistamalla esiin tulevat häiriöt ja ongelmat. (Kouri 2009, 24.)

3.2.5 Tarpeettomat varastot

Tarpeettomat varastot aiheuttavat ainoastaan lisää kustannuksia. Samalla ne pidentävät läpimenoaikaa ja saattavat piilottaa ongelmia. Asiakkaan näkökulmasta tarpeettomat varastot eivät millään tavalla tuota lisää arvoa tuotteelle. (Kouri 2009, 11.) Tuotannon läpäisyäikää voidaan pienentää poistamalla erilaisia odotusaikoja, joihin tarpeettomat varastot kuuluvat. (Kouri 2009, 21.)

3.2.6 Ylikäsittely

Ylikäsittelyllä tarkoitetaan sellaisten asioiden tekemistä, jotka asiakkaan näkökulmasta ovat turhia. Turhat työvaiheet eivät lisää arvoa, vaan aiheuttavat ainoastaan lisää kuluja ja pidentävät läpimenoaikoja. Ylikäsittelyä voidaan vähentää karsimalla turhia työvaiheita. (Kouri 2009, 11.)

3.2.7 Tarpeeton liike työskentelyssä

Liikkeen voidaan katsoa olevan hukkaa, jos se ei tuo lisäarvoa tuotteeseen. (Kouri 2009, 11.) Kaikki työvälineiden etsiminen ja ylipäätään kurottelu tai kyykistely ainoastaan hidastavat työn tekemistä, joten niistä tulisi pyrkiä eroon. Turhaa liikettä voidaan vähentää ottamalla käyttöön 5S. (Kouri 2009, 26-27.)

3.3 Läpimenoaika

Yrityksen peruseriaate on tuottaa arvoa itselleen sekä asiakkaalle. Läpimenoajaksi (Lead Time) kutsutaan aikaa, joka kuluu työtä suorittaessa. Läpimenoaikaan sisältyvät molemmat arvoa lisäävää (Value Added Time) ja ei-arvoa lisäävää aika (Non Value Added Time). Arvoa lisäävä aika tarkoittaa asioita, joista asiakas maksaa suoraan tai epäsuorasti. Ei-arvoa lisäävä aika on päinvastaista. Virtaustehokkuus tarkoittaa läpimenoajan ja arvoa lisäävän ajan suhdetta. Sitä voidaan myös kutsua termillä jaksoajan tehokkuus (PCE, Process Cycle Efficiency). Kun läpimenoaika pitenee, ajan käyttö muuhun kuin arvon tuottamiseen asiakkaalle kasvaa. Tällöin resursseja käytetään myös ei-arvoa lisääviin asioihin. Työn tekeminen vaatii aina resursseja huolimatta siitä, tuottaako se arvoa asiakkaalle. Työn tuottavuus laskee resurssien sitoutuessa ei-arvoa lisäävään työhön. Leanin keskeisin tavoite onkin kasvattaa virtaustehokkuutta lyhentämällä läpimenoaikaa. (Quality Knowhow Karjalainen a.)

3.3.1 Littlen laki

Littlen lain mukaan läpimenoaika koostuu jaksoajasta, jonka kaikki keskeneräiset virtausyksiköt käyttävät. Sen mukaan läpimenoaikaan vaikuttavat jaksoaika ja keskeneräisten toisin sanoen käsiteltävien virtausyksiköiden määrä. Pidentynyt jaksoaika vaikuttaa pidentävästi myös läpimenoaikaan. Pitkä jaksoaika on seurausta kapasiteetin pulasta tai siitä, että ei ole mahdollista työskennellä nopeampaa. Littlen lain perusteella käsiteltävien virtausyksiköiden lukumäärän kasvaminen kasvattaa läpimenoaikaa. Esimerkiksi turvatarkastuksessa jonottavien ihmisten kasvava määrä lisää aikaa, jossa kaikki läpäisevät tarkastuksen. Läpimenoaika siis kasvaa keskeneräisten virtausyksiköiden vuoksi. Tämä aiheuttaa haasteen, koska hyvä resurssitehokkuus vaatii resurssien mahdollisimman korkeaa käyttöastetta. (Modig & Åhlström, 2016, 35-36.)

Littlen lain esitysmuoto on seuraava:

$$LT = wip / \Phi$$

missä wip on keskeneräinen tuotanto ja Φ valmistuneiden kappaleiden määrä aikayksikköä kohden. (Modig & Åhlström, 2016, 35-36.)

3.3.2 Pullonkaulojen laki

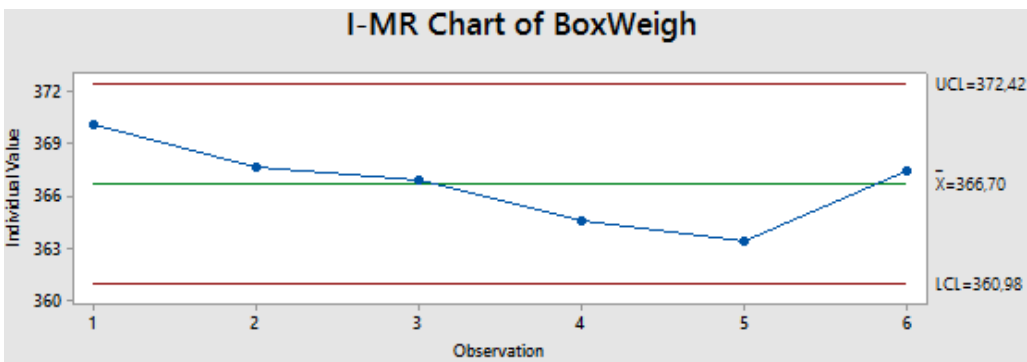
Pullonkaulojen laki on toinen laki, joka auttaa prosessin toiminnan selittämisessä sekä kertoo organisaatioiden esteistä saada virtauksia tehokkaiksi. Jokaisessa prosessissa on vaiheita eli osaprosesseja tai yksittäisiä toimintoja, jotka rajoittavat pullonkaulan tavoin läpimenoa. Pullonkaulojen lain perusteella läpimenoaikaan vaikuttaa erityisesti se prosessin vaihe, jonka jaksoaika on kaikista pisin (KUVIO 1). Pullonkaula on melko helposti ymmärrettävä käsite. Pullonkaulaa ennen muodostuu aina jono, mikä johtuu siitä, että pullonkaula on prosessin vaihe, jossa on pienin läpivirtaus. Vaihe siis kuristaa virtausta, joten pullonkaula rajoittaa koko prosessin läpivirtausta. Toiminnot, jotka sijaitsevat pullonkaulan jälkeen, joutuvat odottamaan. Tämä taas aiheuttaa sen, että näitä vaiheita ei pystytä täysin hyödyntämään. (Modig & Åhlström 2016, 37-38.)



KUVIO1. Prosessin pullonkaula vaiheiden kaksi ja kolme välissä.

3.4 Vaihtelu

Tärkeää suorituskykyä parantaessa on, että vaihtelua saataisiin pienennettyä. Tuotantosysteemin suorituskyky heikkenee, jos vaihtelu kasvaa. Vaihtelua tulee aina systeemin ulkopuolelta ja sisäpuolelta. On olemassa useita menetelmiä, joilla vaihtelua saadaan pienennettyä. Vaihtelun pienentäminen käytännön tasolla tarkoittaa tarvittavien tilastollisten ja ei-tilastollisten menetelmien ja työkalujen käyttöä, joiden avulla pyritään jatkuvaan parantamiseen. Vaihtelu jaotellaan kahteen erilliseen luokkaan, jotka ovat: ryhmien välistä keskiarvoista poikkeamaa kuvaava tarkkuus (accuracy) ja ryhmien sisäistä poikkeamaa kuvaava täsmällisyys (precision) eli yhdenmukaisuus (consistency). Vaihtelu voidaan eritellä myös stabiiliin eli ennustettavaan ja epästabiiliin eli ei-ennustettavaan vaihteluun. Stabiili vaihtelu tarkoittaa yleistä vaihtelua, mutta epästabiilissa vaihtelussa löytyy selvä erityisyys. Vaihtelun luokitteluun käytetään yleensä ohjaukskortteja (KUVIO 2). (Quality Knowhow Karjalainen b.)



KUVIO 2. I-kortilla kuvattu stabiili vaihtelu.

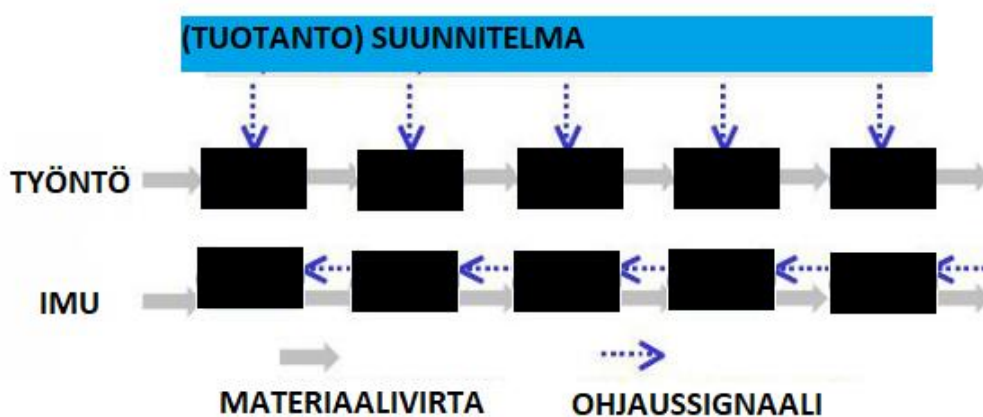
3.5 Imu- ja työntöohjaus

Imuohjaus on yksi tunnetuimpia tekniikoita Lean-ajattelussa imuohjaus tarkoittaa töiden aloittamista osien kulutuksen perusteella. Tyhjenevä tuotelaatikko on yksi hyvä esimerkki impulssista, josta alkaa tuotteen tekeminen. Ohjausimpulssin voi antaa seuraava työvaihe tai osaa tarvitseva kokoonpano. Valmistuksen aloitus tapahtuu imuohjauksessa ainoastaan kanbanin eli imuohjaukskortin tai tyhjän laatikon antamalla impulssilla. Valmistusmäärät sekä valmistettavat nimikkeet määritellään kanbanilla. Jotta kanbanin käyttö olisi mahdollista, tulee nimikkeiden olla vakioita ja kulutuksen kohtalaisen tasaista. Keskenäisen tuotannon määrää voidaan säädellä kanban-korteilla, jotka kertovat, kuinka paljon mää-

rättyä nimikettä saa varastossa olla. Imuohjauksella pystytään pienentämään varastoja, sekä yksinkertaistamaan materiaalihoausta. Tuotannon läpimenoaika lyhenee ja tuotanto selkeytyy. Samalla kyetään kehittämään tuotantoa joustavammaksi ja lisäämään asiakaslähtöisyyttä. (Kouri 2009, 22-23.)

Työntöohjauksessa asiakkaan tarve ei ole suoraan materiaalivirran ohjaaja. Jokaisen työvaiheen toiminta perustuu johonkin suunnitelmaan. Esimerkkinä tästä on tuotantosuunnitelma. Ohjauksessa hyödynnetään monesti tarvelaskentaa. Työntöohjauksessa keskeneräiselle tuotannolle tai varastolle ei ole määritelty lainkaan ylärajaa. Joskus työntöohjauksella tarkoitetaan tilannetta, jossa tuotantomäärä ei perustu kysyntään, vaan tarkoituksena on puskea markkinoille mahdollisimman paljon tuotteita. On harvinaista, että imu- tai työntöohjaus olisi vallitseva ohjausmuoto koko tuotannossa. Yleistä on, että näitä menetelmiä yhdistellään, jotta saadaan aikaan paras mahdollinen kokonaisuus kuhunkin tilanteeseen. Esimerkiksi tarvelaskentaa voidaan ohjata virtaa asiakastarpeen mukaan. Tällöin tilaukset ovat perustana laskennalle. Myös tarvelaskennassa voidaan rajoittaa keskeneräisen tuotannon ja varastojen määrää. (Logistiikan maailma)

Suurin ero työntö- ja imuohjauksen välillä on materiaalivirran ohjauksessa. Työntöohjauksessa on ennalta valmistettu suunnitelma, jolla työnnetään tilaus läpi tuotannon. Imuohjaus puolestaan perustuu siihen, että seuraava vaihe imee materiaaleja edelliseltä vaiheelta tarvittaessa (KUVIO 3). (Logistiikan maailma.)



KUVIO 3. Työntö- ja imuohjaus.

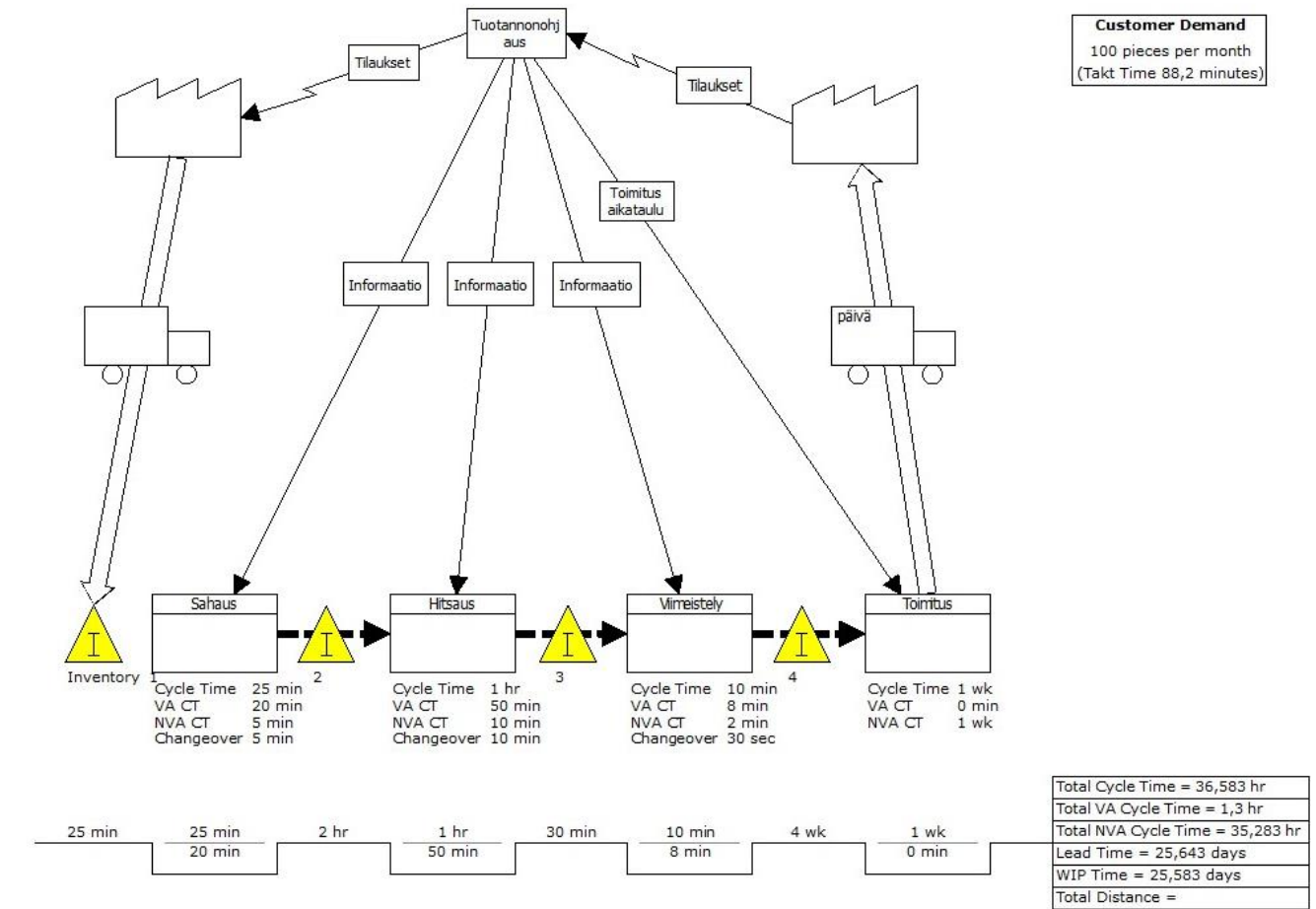
4 LEAN-TYÖKALUT

Taloudellista parannusta ei voida saavuttaa ilman läpimenoajan lyhentämistä eli nopeuden kasvattamista. Lean sisältää useita konsepteja, työkaluja ja teorioita, kuten 5S, kanban ja VSM. Monesti luullaan, että työkalut itsessään ratkaisisivat ongelman, mutta työkalut ovat vain keinoja ongelmien esiin saamiseksi prosessista. Jotta Lean-projekti onnistuisi, on työkalujen ja konseptien rooli ymmärrettävä oikealla tavalla. Seuraavaksi paneudutaan työn kannalta tärkeimpiin työkaluihin, jotka ovat VSM, Six Sigma, Kaizen, SMED ja 5S. (Quality Knowhow Karjalainen c.)

4.1 VSM-arvovirtakuvaus

Yhdellä yrityksellä on yksi arvoketju, joka voi muodostua useammasta arvovirrasta. Kaikki valmistettavat tuotteet muodostavat oman arvovirtansa. Arvovirta tarkoittaa materiaali- ja informaatiovirtoja, jotka kulkevat tuotteen jalostuksen mukana. Arvovirtakuvaus alkaa tuotteen tai palvelun tarpeesta ja päättyy tarpeen täyttymiseen. Esimerkiksi arvovirtakuvaus alkaa tilauksesta ja päättyy toimitukseen. (Nash & Poling 2008, 1.)

Prosessia kehitettäessä voidaan käyttää monia eri keinoja. Arvovirtakuvaus eli VSM (Value Stream Mapping) on yksi yleisimmin käytetyistä (KUVIO 4). Siinä kuvataan prosessin eri vaiheet, tapahtumien taajuudet, yhteydet ja varastot sekä prosessien kestot. Prosessin kuvaamisella saadaan tunnistettua taso, josta lähdetään prosessia kehittämään. Samalla saadaan selville, mitä oikeasti prosessissa tapahtuu. Ilman prosessin kuvausta on vaikeaa kehittää itse prosessia. Monesti prosessikuvaus saattaa paljastaa monia mahdollisuuksia parannukseen, mikä vaikeuttaa todellisen ongelman paikantamista. Arvovirtakuvaus avulla pyritään tunnistamaan esteet virtauksessa. Oikeiden ongelmien löytäminen on tärkeää tehokkuuden parantamisessa. Arvovirtakuvaus kertoo kokonaisjaksoajan tai läpimenoajan, joka kuluu asiakkaan tilauksesta siihen, että tuote on asiakkaan käytössä. Tämä aika yritetään aina saada mahdollisimman lyhyeksi. Vähentämällä hukkaa voidaan lyhentää myös läpimenoaika. Lisäksi arvovirtakuvaus voidaan saada selville useita muitakin aikoja ja tunnuslukuja tuotantoon liittyen. (Väisänen 2013.)

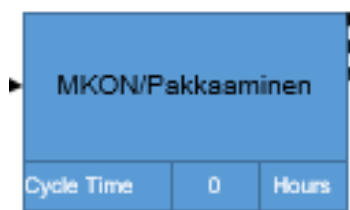


KUVIO 4. VSM-arvovirtakuvaus.

Yksittäisten toimintojen kuvaamisen sijasta tuotantoprosessin ymmärtämistä helpottaa informaatio- ja materiaalivirtojen kuvaaminen. Arvovirtakuvauksesta käy ilmi, miten tuotannonohjaus kommunikoi prosessitoimintojen kanssa. Prosessitoiminnot kommunikoivat yleensä myös keskenään. Arvovirtakuvauksen avulla saadaan tunnistettua ongelmat sekä hukan aiheuttajat. Lisäksi pullonkaulojen, kesken-eräisentyönvarastojen ja materiaali- ja informaatiovarastojen sekä puutteiden tunnistaminen helpottuu arvovirtakuvauksen avulla. (Väisänen 2013.)

Value stream mapping eli arvovirtakuvaus on hyvä apukeino hukkaa aiheuttavan juurisyyn paikantamiseen. Prosesseja ei tulisikaan koskaan kehittää erillään muista prosessin osista, vaan aina pitäisi pyrkiä keskittymään koko prosessiin virtaukseen ja Lean-filosofian käyttöönottoon. Tulee muistaa, että asiakas välittää ainoastaan tilaamastaan tuotteesta. Tämän vuoksi tehtaassa, jossa valmistetaan useita tuotteita, voi arvovirtakuvauksen laatiminen olla haastavampaa. Tällöin materiaali- ja informaatiovirtojen kuvaaminen yhdessä arvovirtakuvauksessa saattaa olla hankalaa. (Rother & Shook 2003, 6.)

Ensimmäisenä vaiheena arvovirtakuvausta tehtäessä tulee kerätä tarvittavat tiedot koskien tutkittavaa prosessia. Tietoina ei tule käyttää standardiaikoja, vaan aikojen tulisi olla mitattuja. (Rother & Shook 2003, 9.) Tarvittavien tietojen keräämisen jälkeen on mahdollista muodostaa prosessin eri vaiheista prosessilaatikat. Ne ilmaisevat materiaalivirtausten prosessointia ja pysähtymisiä tuotannossa. Monesti tuotantoprosesseissa on arvovirtoja, jotka etenevät rinnakkain. Näitä ovat esimerkiksi samanaikaiset osien valmistukset. Jos kaikki sivuprosessitkin merkitään arvovirtaan, saattaa kuvauksesta tulla sekava. Tämän vuoksi ensin tulee valita tärkeimmät ja lisätä myöhemmin muita vaiheita, mikäli se on tarpeen. Prosessilaatikosta ja siinä olevista tiedoista (KUVIO 5) nähdään työvaiheen nimi, lisätiedot ja vaiheen kesto eli cycle time. (Rother & Shook 2003, 18–20.)



KUVIO 5. Prosessilaatikko.

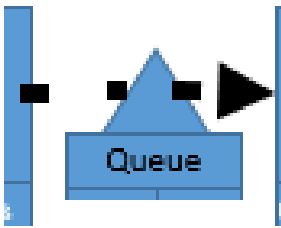
Arvovirtakuvauksessa esitetään aina tuotantoprosessin lisäksi tukitoimet (KUVIO 6), jotka lisäävät arvoa epäsuorasti. Näistä esimerkkejä ovat ostot, tuotannosuunnittelu ja -ohjaus, sekä muu informaatio. Informaatio- ja materiaalivirtojen kuvaaminen auttaa ymmärtämään prosessin kokonaisuutta. (Väisänen 2013.)



KUVIO 6. Tukitoiminnon kuvaus arvovirtakuvauksessa.

Arvovirtakuvauksessa prosessien välissä olevia välivarastoja tai odotuksia kuvataan symbolilla, joka muistuttaa varoituskolmiota. (Rother & Shook 2003, 20.) Työntöohjauksella toimivassa prosessissa on

yleensä aina väli- tai puolivalmisteverastoja. Katkonuoli (KUVIO 7) vaiheiden välissä kuvaa tuotteen liikkumista. (Rother & Shook 2003, 27.)



KUVIO 7. Välivarasto.

Arvovirtakuvauksessa prosessikaavion alle muodostetaan aikajana, joka on hammastettu (KUVIO 8). Siihen kirjataan odotus- ja prosessivaiheiden ajat jokaisesta vaiheesta. Summaamalla prosessointiajat ja jakamalla tulosläpimeneen kuluvalle ajalla saadaan selville arvoa lisäävän ja arvoa lisäämättömän ajan suhde. Aika voidaan esittää missä yksiköissä tahansa. Viikonloput ja muu ei työaikaan sisältyvä aika lasketaan myös mukaan. Aikajanalla saadaan selville tuotteen läpimenoaika sekä aika, joka käytettiin tuotteen jalostamiseen. (Rother & Shook 2003, 30–31.)



KUVIO 8. Aikajana.

4.2 Six Sigma

Six Sigma -ajattelun takana ovat Bill Smith, Richard Schroeder ja Mikel J. Harry. 1980-luvulla Motorola kehitti Six Sigma -menetelmän vastatakseen japanilaisten ylivoimaan laadussa puolijohde- ja elektroniikkateollisuuden saralla. Six Sigma vaatii ylimmältä johdolta sitoutumista, jotta liiketoimintaa saadaan parannettua selkein numeroin. Tiivistettynä Six Sigma tarkoittaa käytäntöjä ja menetelmiä, joilla voidaan parantaa prosessia systemaattisesti. Tärkeimpänä tavoitteena on vaihtelun pienentäminen tuotteissa. Käytännössä se tapahtuu prosessin syysseuraussuhteiden tutkimisella ja onnistuneilla muutoksilla ulostuloon vaikuttaviin muuttujiin. (Quality Knowhow Karjalainen d.)

Six Sigman vahvuudeksi voidaan nostaa se, että sillä on tieteellinen perusta. Six Sigma itsessään ei ole parannusohjelma, vaan parannusmenetelmä suorituskyvyn kehittämiseen. Six Sigma on termi, joka tarkoittaa huippulaatua tuottavaa prosessia. Jos prosessin laatutaso on Six Sigma-tasolla, virheitä on alle 3,4 miljoonassa virhemahdollisuudessa. (Quality Knowhow Karjalainen d.)

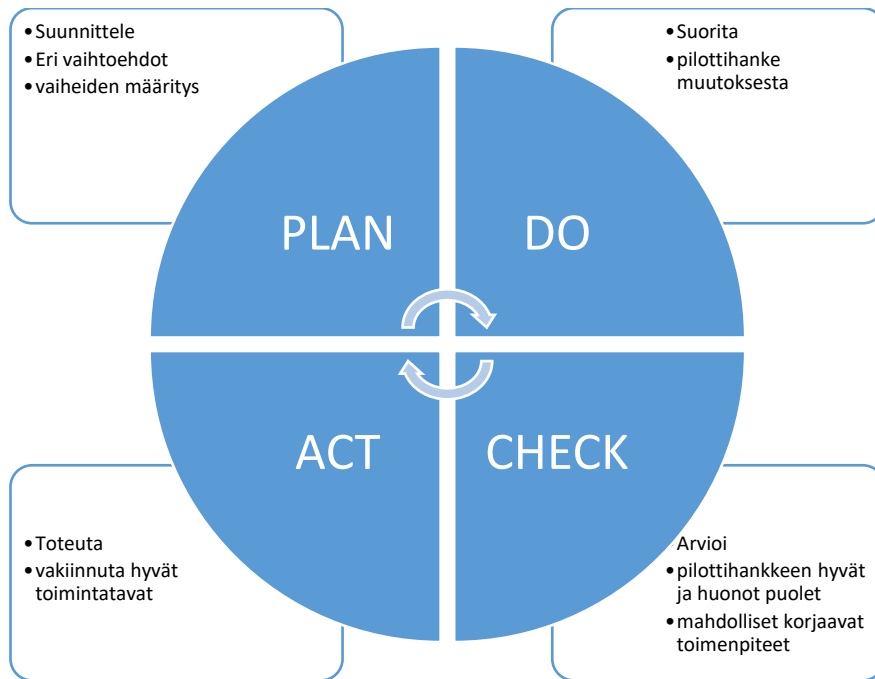
Six Sigma -projekteihin sovelletaan yleensä viisivaiheista standardisoitua DMAIC-menetelmää. Ensimmäinen vaihe on määrittely vaihe, jossa luodaan rajausta ja tavoite projektille. Toinen vaihe on mittausvaihe, jossa puolestaan tunnistetaan käytössä oleva toimintatapa. Kolmas vaihe on analysointi, mikä tarkoittaa prosessin havainnointia ja juurisyiden etsimistä. Neljäntenä vaiheena on parannus ja viidentenä vaiheena ohjaus. (Quality Knowhow Karjalainen d.)

4.3 Kaizen

Lean-kehitystoiminnan perustana on jatkuva parantaminen. Jokainen työntekijä on vastuussa toiminnan sekä tuotteen laadusta. Kehitystoiminta tulisi toteuttaa pienissä ryhmissä, jotka paneutuvat esille tulleisiin ongelmiin ja suunnittelevat sekä toteuttavat ratkaisut. Kehitysideat eivät tarkoita erikoisia innovaatioita. Seuraavat kysymykset voivat Kourin (2010, 14-15) mukaan auttaa kehitysideoiden luomisessa:

- Miten voin tehdä työni paremmin tai helpommin?
- Mitkä asiat vaikeuttavat työntekoani?
- Mitä edellisessä työvaiheessa olisi mahdollista tehdä toisin, jotta oma työni helpottuisi?
- Miten voidaan kehittää työvaiheiden välistä yhteistyötä?

Ongelmat tulisi ottaa aina vastaan tilaisuutena laadun, tehokkuuden ja turvallisuuden kehittämiseen. Tuotannon virtauksen parannuksella ja varastojen poistamisella saadaan esiin monia ongelmia ja kehityksen kohteita. Jotta yritys voisi kehittää toimintaansa, tulee sillä olla valmiudet näiden ongelmien ratkaisuun. Kehittämällä prosessien toimivuutta ja laatua paremmaksi saadaan parannettua yrityksen toimintaa sekä kannattavuutta. Jatkuva parantaminen on hyvä toteuttaa PDCA-syklin mukaan (KUVIO 9). Sen neljä osiota ovat suunnittele, suorita, arvioi ja toteuta. Lisäksi viimeisenä eli viidentenä osiona toiminnan kehittämisen jatkaminen. (Kouri 2009, 14-15.)



KUVIO 9. PDCA-sykli.

4.4 SMED

Joskus asetusajoja voidaan pyrkiä pienentämään SMED -eli single minute exchange of die – työkalulla. Se on Lean-ajatteluun kuuluva työkalu, jossa koneaika ryhmitellään ulkoiseen ja sisäiseen asetusajaan. Sisäinen asetus aika tarkoittaa aikaa, jolloin kone ei ole käynnissä. Ulkoinen aika taas tarkoittaa aikaa, jolloin kone on käynnissä. SMED-menetelmän tarkoituksena on valmistella seuraava kappale sekä työkalut valmiiksi koneen ollessa käynnissä. Menetelmän olennainen osa ovat tekniset ratkaisut, kuten pikaliittimet tai kiinnikkeet, joilla asetusajaa saadaan lyhennettyä. (ARROW Engineering 2017.)

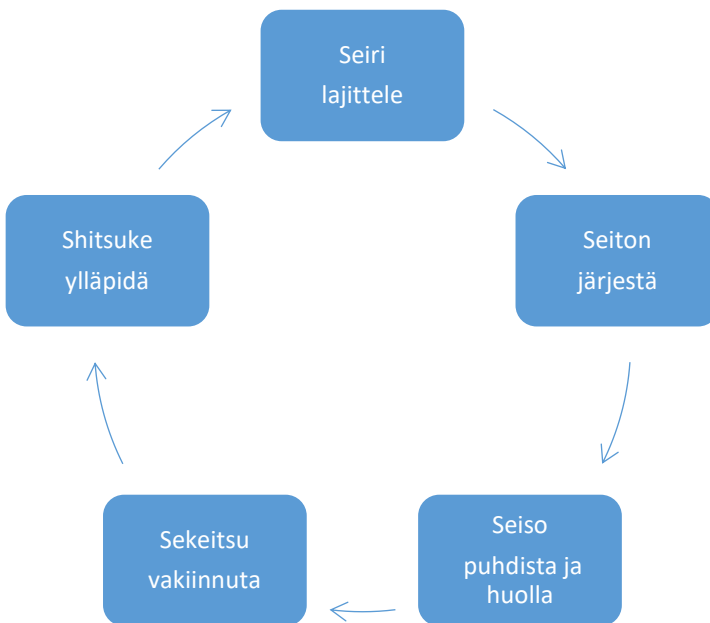
4.5 5S

Lähtökohta Lean-toiminnalle on, että tuottavuus ja laatu pystytään takaamaan ainoastaan ympäristössä, joka on siisti. 5S on siisteyden ja järjestyksen kehittämisen sekä ylläpidon työkalu. 5S-työkalun avulla voidaan kehittää systemaattisuutta ja kurinalaisuutta. S-kirjaimet tulevat viidestä japanin sanasta Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistus ja huolto), Seikeitsu (vakiinnuta) ja Shitsuke (ylläpidä) (KUVIO 10). 5S vähentää työvälineiden etsimistä, koska työpisteet ovat järjestyksessä. (Kouri 2009, 27.)

Järjestyksessä olevat työpisteet helpottavat työn tekemistä ja säästävät aikaa. Samalla järjestys lisää myös työturvallisuutta. Lean-kulttuurin muodostumista edesauttavat siisteys ja täsmällisyys. 5S tehostaa lisäksi huomattavasti tuotantovälineiden valvontaa ja seuranta. (Kouri 2009, 26.)

5S toteutus käytännössä:

1. Lajittele kaikki materiaalit, työkalut ja muu tavara sen mukaan, kuinka paljon niitä tarvitaan. Poista tarpeeton materiaalia, työkalut ja tavarat työpisteeltä.
2. Järjestä asianmukainen paikka työvälineille, joita tarvitset. Merkitse välineiden paikat.
3. Puhdistus ja huolto koneille. → Puhdista ja huolla koneet.
4. Vakiinnuttaminen koskien toimenpiteitä. → Vakiinnuta toimenpiteet. Järjestelystä ja siivouksesta tulee tulla rutiinia osana työtä.
5. Ylläpidä käytäntöjä, jotka ovat vakiintuneet. Vaiheita 1-3 tulisi toteuttaa jatkuvasti ja tulisi myös muistaa systemaattinen auditointi alueiden 5S-tasojen koskien. (Kouri 2009, 27.)



KUVIO 10. 5S vaiheet.

5 TUOTANTOMUODOT JA LAYOUT

Tässä osiossa perehdytään erilaisiin tuotantomuotoihin, joita metalliteollisuudessa käytetään. Metalliteollisuuden käyttämät valmistusmenetelmät määräytyvät yleensä valmistuserässä olevien samankaltaisten kappaleiden määrän mukaan. Tuotannon suunnittelun laajuuden ja tarkkuuden määrittää yleensä tuotantomuoto.

5.1 Yksittäistuotanto

Yksittäistuotanto tarkoittaa sitä, että kappaleet valmistetaan yksitellen tai erissä, joissa on muutama kappale. Yksittäistuotannoksi lasketaan myös isot kertaluontoiset projektit. Yksittäistuotanto on käytössä erityisesti raskaassa konepajateollisuudessa. Esimerkiksi voimalaitosten ja paperikoneen valmistuksissa käytetään tuotantomuotona yksittäistuotantoa. Kevyt ja keskiraskas metalliteollisuus hyödyntää lisäksi pienien sarjojen valmistamista. Tuotteet ja valmistukseen käytettävät menetelmät ovat yksittäistuotannon saralla uniikkeja ja niiden toistuvuus on pientä. Tuotannosuunnittelulla ja työn järjestelyllä on suuri merkitys yksittäistuotannossa. Työntekijöiden on oltava ammattitaitoisia yksittäistuotannossa, koska työn järjestely ja suunnittelu ovat monesti vähäistä. Tuottavuuden parantaminen on haastavaa yksittäistuotantoa käyttävässä tuotannossa. (Kauppinen, Kivistö & Strömberg 1989, 11.)

5.2 Sarjatuotanto

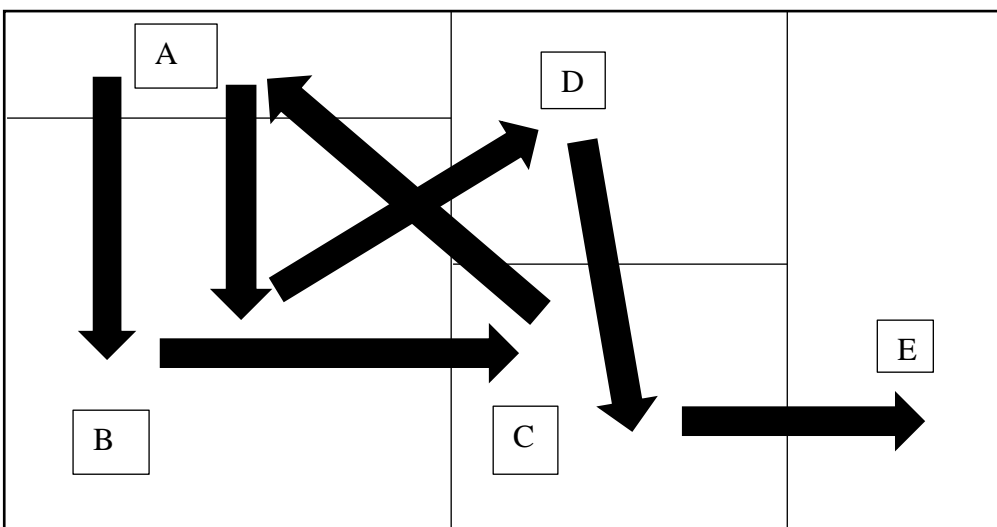
Sarjatuotannolla tarkoitetaan tuotantoa, jossa yritys valmistaa identtisiä tai lähes samanlaisia tuotteita. Tuotteet jaetaan suuruudeltaan sopivan kokoisiin eriin, joiden valmistus uusitaan eri mittaisiin väliajoin. Jokainen erä on yleensä samaa standardisoitua tuotetta. Työnsuunnittelun on piensarjatuotannossa oltava tarkkaa. Työstettävien kappaleiden kiinnitykseen voidaan käyttää erikoiskiinnittimiä ja asetusaikoja lyhentäviä ratkaisuja. Piensarjatuotanto on uusien valmistusmenetelmien käyttöönoton kannalta kätevämpi kuin suursarjatuotanto. Suursarjatuotanto taas mahdollistaa automatisoinnin ja mekanisoinnin suurien tuotteiden määrien vuoksi. Suursarjatuotannossa hyödynnetään monesti tuotantolinjoja. Suursarjatuotannossa valmistusmenetelmien muutokset ovat hankalampia, joten valmistusprosessi tulisi olla hyvin suunniteltu. Suursarjatuotannon avulla kappaleen valmistuskustannukset saadaan pieniksi, koska läpivirtaus saadaan kasvatettua isoksi. Tuotantomuoto vaatii kuitenkin suuren kysynnän ja tuotteiden standardisoinnin. (Kauppinen ym. 1989, 11-12.)

5.3 Layout

Työkoneet ja -pisteet on mahdollista järjestää noudattamalla eri periaatteita tai niiden yhdistelmiä. Layout tarkoittaa sitä tapaa, jolla koneet ja työpisteet on tuotannossa järjestelty. Tuotannotilat voidaan järjestää funktionaalisesti, tuotantolinjatyypillisesti tai soluperiaatteella. (Kauppinen ym. 1989 13.)

5.3.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalinen eli menetelmävaltainen layout on yleinen konepajoissa, joissa valmistettavat tuotteet vaihtelevat. Tällöin suoritusryhmät on jaettu menetelmien mukaan, kuten esimerkiksi sorvaamo, maa-laamo ja pakkaamo. Valmistettava kappale kuljetetaan aina osastolta tai koneelta toiselle työvaiheiden mukaan. Järjestelmän ominaispiirre onkin sisäisten kuljetusten korkea määrä sekä välivarastojen käyttö kuormituksen tasoittamiseksi. Koneiden kuormitus saadaan korkealle asteelle, kun tilauksia on riittävästi vastaamaan konekanta. Tuote valmistetaan työvaiheketjun mukaisessa järjestyksessä (KUVIO 11). (Kauppinen ym. 1989, 13.)



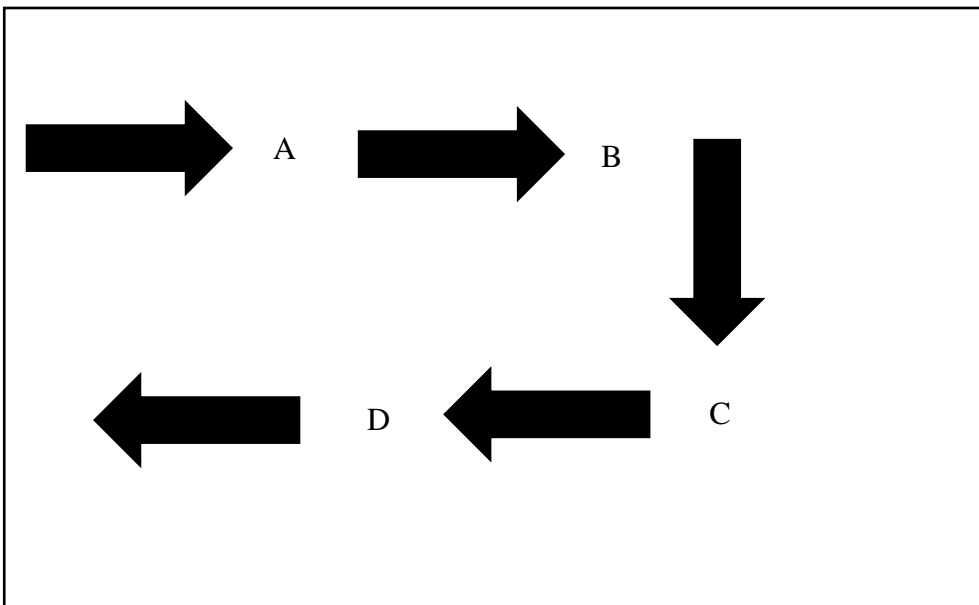
KUVIO 11. Funktionaalinen layout.

Funktionaalinen layout on soveltuvin vaihtelevaan tuotantoon, jossa valmistettavat kappaleet ovat haastavia. Pieni ja vaihteleva kysyntä on myös hyvä peruste funktionaalisen layoutin käyttöön. Funktionaalisesti järjestetty tuotanto on joustava, koska myöhässä olevat työt voidaan sijoittaa työpisteille helposti. Tämän lisäksi tuotantojärjestelyn vahvuudeksi voidaan laskea erikoistuminen ja syvälle jalostettu työnoitus. Heikkoutena voidaan mainita suuri kuljetusten määrä, mikä ei tuota arvoa. Tuotantomäärän kasvaessa heikkoudet näkyvät yhä selkeämmin valmistusaikojen venymisenä ja välivarastojen kasvuna.

Tuotannonohjauksen on ajateltava jokainen kone tai vaihe omana kuormitustekijänään, joten vaikeudet saattavat kasvaa häiriökohteiden myötä melko suuriksi. (Kauppinen ym. 1989, 14.)

5.3.2 Tuotantolinjatyypinen layout

Tuotantolinjatyypisesti järjestetty tuotanto tarkoittaa koneiden ja työpisteiden sijoittamista peräkkäin tuotteen tai tuoteryhmän valmistuksen mukaiseen järjestykseen. Kuviossa 12 kuvataan tuotteen kulku tuotantolinjatyypisessä tuotannossa. Linjan suunnittelussa työvaiheiden kestot ja koneiden kapasiteetit on jaettava tasan. Pullonkaulojen kohdalle voidaan muodostaa rinnakkaisia työvaiheita, jotta vaiheen kapasiteetti voidaan tuplata. Välivarastoja ei tuotantolinjalla tarvita tai ne ovat hyvin pieniä. Kuljetukset on tuotantolinjalla minimoitu, ja usein kuljetukset onkin automatisoitu. (Kauppinen ym. 1989, 14.)



KUVIO 12. Tuotantolinja.

Tuotantolinjojen käyttö on järkevää suurtuotannossa, kun suuren määrän valmistus on mahdollista ilman keskeytyksiä. Tuotantolinjojen hyvänä puolena on suuren määrän tuottaminen pienellä yksikkökustannuksella. Työntekijöiden erikoistumisen ansiosta työ on yleensä tulokseltaan hyvää. Heikkoutena tuotantolinjoilla on rakentamisen kustannukset sekä muutosten tekemisen vaikeus. Lisäksi mahdolliset häiriöt keskeyttävät työt aina koko linjalla. Työntekijöiden kannalta työt voivat olla yksitoikkoisia ja sijais-ten löytäminen saattaa olla haastavaa erikoistumisten vuoksi. (Kauppinen ym. 1989, 14.)

5.3.3 Solulayout

Solutuotanto tarkoittaa valmistusjärjestelmää, jossa työpisteen tai koneen sijaan ryhmä kokonaisuudessaan on tuotannonohjauksessa käytettävä yksikkö. Solussa työskentelee yleensä 1-10 henkilöä, ja se toimii itsenäisesti omana valmistusyksikkönä. Yleensä solut on suunniteltu siten, että niiden työpisteiden tai koneiden määrä on työntekijöitä suurempi. Tehokkain solu on U-kirjaimen muotoinen. Sitä pystytään hallitsemaan pienellä määrällä työntekijöitä, koska yksi henkilö kykenee hallitsemaan monta konetta samaan aikaan. Solut soveltuvat samanlaisen tai tyypiltään lähes samanlaisen tuotteen valmistukseen. Työntekijät liikkuvat solun sisällä työpisteeltä toiseen, jotta kuormitus saadaan tasaiseksi. Monesti jokin kone tai laite ohjaa solun kuormitusta. Soluun saapuvat materiaalit tulevat yhteen paikkaan ja lähtevät toisesta paikasta. (Kauppinen ym. 1989, 18.)

6 NYKYTILAN KUVAUS

6.1 Suunnittelu ja aikataulu

SALATTU

6.2 Käytännön toteutus

SALATTU

6.2.1 Poikkeamat

SALATTU

6.3 Johtopäätökset

SALATTU

7 PARANNUSEHDOTUKSET

SALATTU

8 POHDINTA

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli tarkastella yhtä AP-tela Oy:n tuotetta arvovirtakuvauksen avulla. Samalla tuli verrata työvaiheiden kestoja arvioituihin ja esittää parannusehdotuksia tuotannon kehittämiseksi. Työ painottui lähinnä Lean-työkalujen käyttöön. Opinnäytetyön tekeminen edellytti perehtymistä asiaan syvällisesti. Mielestäni onnistuin saavuttamaan työn tavoitteet hyvin.

Nykyään materiaalia ja tietoa löytyy melko vaivattomasti, mutta uudempia lähteitä ei välttämättä ole saatavilla kovinkaan paljon suomeksi. Tämä johtuu siitä, että Lean ei ole Suomessa vielä niin vahvasti omaksuttu moneen muuhun maahan verrattuna. Englanninkielisiä lähteitä on taas saatavilla huomattavasti enemmän. Vaikeinta työssä oli aiheessa pysyminen sekä työn rajaaminen. Sain mielestäni hyvin apua yrityksen henkilöstöltä tarvittaessa. Lisäksi koin tuovani jotakin uutta yritykseen. Työn aikataulun suhteen kiirettä ei ollut.

LÄHTEET

- AP-Tela Oy 2017a. Tietoa yrityksestä. Saatavissa: <http://www.aptela.fi/tietoa-yrityksesta/> Viitattu:29.11.2017.
- AP-Tela Oy 2017b. Putkitechdas. Saatavissa: <http://www.aptela.fi/tuotteet-ja-palvelut/putkitechdas/> Viitattu:29.11.2017.
- AP-Tela Oy 2017c. Telatehdas. Saatavissa: <http://www.aptela.fi/tuotteet-ja-palvelut/telatehdas/> Viitattu:29.11.2017.
- AP-Tela Oy 2017d. Tilauskonepaja. Saatavissa: <http://www.aptela.fi/tuotteet-ja-palvelut/tilauskonepaja/> Viitattu:29.11.2017.
- ARROW Engineering 2017 SMED - Tehokkuutta tuotantolinjoihin. Saatavissa: <https://blogi.arroweng.fi/smed-tehokkuutta-tuotantolinjoihin> Viitattu: 7.11.2017.
- Huhtala, P. & Pulkkinen, A. 2009. Tuotettavuuden kehittäminen. Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- Kauppalehti 2017. Taloudelliset tiedot. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/aptela+oy/09744778> Viitattu:29.11.2017.
- Kauppinen, P., Kivistö, I. & Strömberg, O. 1989. Tuotannonohjaus metalliteollisuudessa. 2. Painos. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Tekvona Oy.
- The Seven Wastes Lean manufacturing tools. Saatavissa: <http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/> Viitattu: 7.11.2017.
- Logistiikan maailma. JIT (Just in time) ja Imuohjaus. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/> Viitattu 6.11.2017.
- Modig, N. & Åhlström, P. 2016. Tätä on Lean: Ratkaisu Tehokkuusparadoksiin. 6.painos. Tukholma: Rheologica Publishing.
- Nash, M. A. & Poling, S. R. 2008. Mapping the total value stream. A comprehensive guide for production and transactional processes. New York: Taylor & Francis Group.
- Rother, M. & Shook, J. 2003. Learning to see. Value-stream mapping to create value and eliminate muda. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- Quality Knowhow Karjalainen Lean. a. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/> Viitattu 14.9.2017.
- Quality Knowhow Karjalainen b. Vaihtelu ja PDCA. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/vaihtelu-ja-pdca/> Viitattu 15.9.2017.

Quality Knowhow Karjalainen c. Mitä on Lean? Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/> Viitattu 9.10.2017.

Quality Knowhow Karjalainen d. Mitä Lean Six Sigma on? Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/> Viitattu 26.9.2017.

Väisänen, J. 2013 VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus 4.6.2013. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/> Viitattu: 9.10.2017.

SALATTU

SALATTU

LIITE 2

SALATTU

LIITE 3/1

SALATTU

LIITE 3/2

SALATTU