



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Olli Rimpiläinen

Engineer-to-Order-toimitusketjun parantaminen Lean- ympäristössä

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 10.08.2017

Valvoja: Professori Esko Niemi

Ohjaaja: Paavo Törmänen

Tekijä Olli Rimpiläinen

Työn nimi Engineer-to-Order-toimitusketjun parantaminen Lean-ympäristössä

Koulutusohjelma Koneenrakennustekniikka

Pää-/sivuaine Tuotantotekniikka**Koodi** K3002

Työn valvoja Esko Niemi

Työn ohjaaja(t) Paavo Törmänen

Päivämäärä 10.08.2017**Sivumäärä** 61**Kieli** Suomi

Tiivistelmä

Tarve tuottaa häiriötöntä sähköä eri teollisuudenalojen yrityksille kasvaa jatkuvasti teknologian ja digitaalisen infrastruktuurin kehittyessä. Diplomityön tutkimuksen kohteena olevan yrityksen tuottamat ratkaisut ovat käytössä usealla eri markkinasegmentillä, jolloin laitteiden käyttökohteet vaihtelevat laajasti. Teknologia-alan tuotteiden kustomointi ei välttämättä ole tuotteen toimittajille enää pelkkä kilpailuetu, tietyillä markkinoilla se on elinehto.

Sähköteollisuuden pyrkiessä hyödyntämään massatuotannon etuja on toimitusketjun tehokkuuden kannalta järkevää tuottaa yleispäteviä laitteita, joista asiakkaat valitsevat tarpeisiinsa parhaiten soveltuvan vaihtoehdon. Toisinaan laitteen vaatimukset ovat niin ainutlaatuisia, että vakiokomponenteista ei ole mahdollista kokoonpanna asiakkaan tarpeita tyydyttävää laitetta. Kustomoidut laitteet vaativat joustavuutta ja nopeaa reagoimista koko toimitusketjulta.

Tämä diplomityö käsittelee Engineer-to-Order -toimintamallin avulla räätälöityjen laitteiden tilaus-toimitusprosessia Lean-ympäristössä. Tarkoituksena on luoda ETO-laitteille selkeä ja johdonmukainen materiaalinhallintaprosessi hyödyntämällä arvovirtakartoitusta ja Lean-työkaluja hallinnollisiin aktiviteetteihin. Työssä tutkitaan mistä toiminnoista ETO-laitteiden tilaus-toimitusprosessi koostuu ja arvioidaan näiden toimintojen tehokkuutta. Vaikka Lean nähdään usein tuotannon toiminnanohjausmallina, voidaan sen työkaluja soveltaa myös toimiston prosessien parantamiseen ja standardoimiseen, jolloin niissä pitäisi esiintyä virtausta, hukkan poistoa ja jatkuvaa parantamista.

Diplomityön jälkeen kohdeyrityksellä tulisi olla selkeä kokonaiskuva miten ja mitkä toiminnot vaikuttavat osastojen välillä, jolloin ETO-laitteiden toimitus olisi mahdollisimman sujuva prosessi kaikille toimitusketjun osapuolille ja sidosryhmille.

Avainsanat Lean, ETO, VSM, SCM



Author Olli Rimpiläinen		
Title of thesis Improving Engineer-to-Order supply chain in Lean environment		
Degree programme Mechanical Engineering		
Major/minor Production Engineering		Code K3002
Thesis supervisor Esko Niemi		
Thesis advisor(s) Paavo Törmänen		
Date 10.08.2017	Number of pages 61	Language Finnish

Abstract

The need to provide uninterruptable power solutions is at constant growth due to recent developments in technology and digital infrastructures. The target company of this master's thesis provides solutions to a wide range of market segments where product applications vary widely. The customization of technology products is not necessarily a competitive advantage any more, in certain markets it's a prerequisite.

While electrical industry needs to utilize the advantages of mass production to stay competitive, it is reasonable to produce universally suitable products, from which the customer can choose the best suited option. However, requirements for the solutions are sometimes so unique that it is impossible to assemble the product out of standard components. Supply chain needs to react to changes in product design with agility in order to meet the varying requirements of the customers.

This master's thesis concerns Engineer-to-Order supply chain and its applicability to Lean environment. The purpose of this thesis is to create a clear and consistent material management process for the ETO products by utilizing Value Stream Mapping and Lean tools for administrative activities. This thesis examines which activities are included in the supply chain of ETO products, and assesses the performance efficiency of these activities. Even though Lean is often seen solely as a manufacturing operations principle, its tools and methods can be applied to improve and standardize also administrative tasks. In these, there should occur flow, elimination of waste and continuous improvement as well.

This thesis should provide a clear overall picture of how and which functions and operations affect certain departments. This should enable a smooth supply process for all the different stakeholders.

Keywords Lean, ETO, VSM, SCM

Alkusanat

Kohdeyrityksen Engineer-To-Order-menetelmällä valmistettujen laitteiden kysyntä on tasaisessa kasvussa. Projektiluonteisten tuotteiden materiaalinhallinta ei ole yhtä hyvällä tasolla kuin standardinimikkeiden. Varsinkin toimitusketjun tiedonhallintaan liittyvät toiminnot ovat hankalampia toteuttaa, sillä kohdeyrityksen tiedonhallintajärjestelmät eivät tue ETO-toimintaa.

Työhön on osallistunut esimiestason toimihenkilöitä osastoilta, joita projektilaitteiden toimitusketjun hallinta koskettaa. Heidän osaamisensa on mahdollistanut toimitusketjun rakenteen selkeän mallintamisen, sekä relaatioiden havainnollistamisen eri toimintojen välillä.

Työn ohjaajana ja kehitystapahtuman sponsorina on toiminut kohdeyrityksen tuotantopäällikkö Paavo Törmänen ja valvojana professori Esko Niemi. Kohdeyritys on rahoittanut ja mahdollistanut diplomityön tekemisen erillisellä työsopimuksella.

Työn tavoitteena on lisätä projektilaitteiden toimitusketjun läpinäkyvyyttä, virtaavuutta ja tehokkuutta hallinnollisissa operaatioissa.

Vilpitön kiitos jokaiselle työhön osallistuneelle. He ovat auttaneet hahmottamaan omaa toimintaansa osana laajempaa kokonaisuutta, ja heidän panoksensa ja näkemyksensä ovat syventäneet työn sisältöä merkittävästi.

Espoo 10.8.2017



Olli Rimpiläinen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo	5
Merkinnät	7
Lyhenteet.....	8
1 Johdanto	9
1.1 Kohdeyritys	9
1.2 Tutkimusongelma	9
1.3 Työn tavoitteet.....	10
1.4 Työn rajaus	10
2 Lean.....	11
2.1 Lean-ideologia.....	11
2.2 Kaizen.....	11
2.2.1 Kaizen tapahtumat.....	13
2.2.2 Tapahtuman valmistelu	14
2.2.3 Mittarit	15
2.3 Toiminnan tehostaminen Lean-työkalujen avulla	16
2.3.1 7 hukkaa	16
2.3.2 5S	21
2.3.3 Arvovirtakartoitus	25
3 Toimitusketju	32
3.1 Toimitusketjujen rakenne	32
3.1.1 Make-to-stock (MTS).....	33
3.1.2 Assemble-to-order (ATO).....	33
3.1.3 Make-to-order (MTO).....	33
3.1.4 Engineer-to-order (ETO).....	34
3.2 Toimitusketjun hallinta.....	34
3.2.1 Materiaalien hallinta.....	34
3.2.2 Tuotannon resurssien suunnittelu.....	35
3.3 Engineer-to-order -toimitusketju.....	36
3.3.1 ETO-toimitusketjun ominaispiirteet.....	37
3.3.2 Strategioita ETO-toimitusketjun tehostamiseksi	39
3.3.3 Informaation hallinta ETO-toimitusketjussa.....	40
4 Tutkimusmenetelmät.....	42
4.1 Rajaus	42
4.2 Mittarit.....	43
4.3 Nykytilan selvitys.....	44
4.4 Nykytilan analyysi.....	45
5 Tutkimustulokset.....	46
5.1 Nykytilan kuvaus.....	46
5.1.1 Tilauksen prosessointi ja lähetys.....	46
5.1.2 Ostotoiminta ja tilaustietojen käsittely.....	47
5.1.3 Materiaalien vastaanotto ja sijoituspaikan määrittely	48
5.2 Nykytilan analyysi.....	50
5.2.1 Tilauksen prosessointi ja lähetys.....	50
5.2.2 Ostotoiminta ja tilaustietojen käsittely.....	51

5.2.3	Materiaalien vastaanotto ja sijoituspaikan määrittäminen	51
5.2.4	Arvovirtaketjun mittarit	52
5.3	Tulevaisuuden visio ja suunnitellut parannukset.....	53
5.3.1	Saapuneilla materiaaleilla ei ole johdonmukaista vastaanottotarkastusta.	54
5.3.2	Projektinumerot puuttuvat tarjouksista	55
5.3.3	ERP:tä ei käytetä tehokkaimmalla mahdollisimmalla tavalla.....	55
5.3.4	Item creator	55
5.3.5	Materiaalit makaavat tavaran vastaanotossa pitkiä aikoja	57
5.3.6	ERP ei tue projektikohtaista seurantaa.....	58
5.3.7	Projektiin liittyvän tiedon etsintä vie liikaa aikaa	58
5.3.8	Muut pienemmät parannukset.....	58
6	Johtopäätökset.....	59

Liitteet

Merkinnät

$\%C/A$	[%]	Complete and accurate -prosentti
$\%C/A_{tot}$	[%]	Total Complete and accurate -prosentti
AT	[tunti]	Total Cycle Time
LT_{tot}	[tunti]	Total Lead Time
TT	[aikayksikkö/laitemäärä]	Tahtiaika
UT	[tunti]	Total Cycle Time non-value-added

Lyhenteet

ATO	Assemble-to-order
EHS	Environment, Health and Safety
FAT	Factory Acceptance Test
BOM	Bill Of Materials
CODP	Customer Order Decoupling Point
CT	Cycle Time – Tahtiaika
C/A	Complete/Accurate
DFMA	Design for Manufacture and Assembly
ECO	Engineer Change Order
EMEA	Europe, Middle-East, Africa – Eurooppa, Lähi-itä, Afrikka
ERP	Enterprise resource planning
ETO	Engineer-To-Order
FIFO	First In, First Out
IoT	Internet of Things
JIT	Just-In-Time
KET	Keskeneräinen tuotanto
LT	Lead Time – Läpimenoaika
MRP	Material Requirements Planning
MTO	Make-to-order
MTS	Make-to-stock
PFMEA	Potential Failure Mode Analysis
PDAC	Plan Do Act Check
PLM	Product Lifecycle Management
SDAC	Standardize Do Act Check
SOP	Standard operating procedure
SPM	Special Product Modification
TPS	Toyota Production System
UPS	Uninterruptible Power Supply
VSM	Value Stream Mapping – Arvovirtakartoitus
WIP	Work in Process

1 Johdanto

Tarve tuottaa häiriötöntä sähköä eri teollisuuden alojen yrityksille kasvaa jatkuvasti teknologian ja digitaalisen infrastruktuurin kehittyessä. Kohdeyrityksen tuottamat ratkaisut häiriöttömään virransyöttöön ovat käytössä usealla eri markkinasegmentillä, jolloin laitteiden käyttökohteet vaihtelevat hyvin laajasti. Esimerkiksi Marine- ja Offshore alojen laitteilta vaaditaan korkeaa vedenpitävyyttä ja tärinäkestoa, kun taas Hyperscale Datacenterit koostuvat yhtenäisestä serveriarkkitehtuurista ja asettavat täysin omanlaisensa vaatimukset virransyöttöjärjestelmille. Asiakkaiden laaja teknologiaosaaminen on mahdollistanut virransyötön räätälöinnin toimintaympäristöön sopivaksi entistä monipuolisemmin, jolloin myös tarve räätälöidyille oheislaitteistolle on kasvussa. Asiakkaiden tarpeet ja tuotteen käyttökohteet vaihtelevat laajasti verrattuna perinteisiin menelmiin. Tuotteiden kustomointi ei välttämättä ole enää pelkkä kilpailuetu, tietyillä markkinoilla se on elinehto.

Sähköteollisuuden pyrkiessä hyödyntämään massatuotannon etuja on toimitusketjun tehokkuuden kannalta järkevää tuottaa yleispäteviä laitteita, joista asiakkaat valitsevat tarpeisiinsa parhaiten soveltuvan laiteratkaisun. Toisinaan laitteen vaatimukset ovat niin ainutlaatuisia, että vakiokomponenteista ei ole mahdollista kokoonpanna asiakkaan tarpeita tyydyttävää laitetta, jolloin vaaditaan tuotteen suunnittelua joko osittain tai kokonaan. Asiakkaan tarpeisiin kustomoidut tuotteet vaativat joustavuutta ja nopeaa reagoimista koko toimitusketjulta.

1.1 Kohdeyritys

Kohdeyritys kuuluu yhtenä tuotantoyksikkönä kansainväliseen suurempaan korporaatioon, joka operoi pääasiassa sähkönsuojauksessa, -jakelussa ja -hallinnassa. Yrityksen toimitilat toimivat myös EMEA-alueen logistiikkakeskuksena ja tuotesuunnitteluyksikkönä. Korporaation muut tuotantoyksiköt valmistavat tuotteita sähkö-, hydraulikka-, autoteollisuus- sekä ilmailu ja avaruustoimialoille. Kohdeyrityksellä on laaja tuote- ja palveluvalikoima niin yritysten kuin myös julkisen sektorin asiakkaille globaalisti. Suomen yksikkö toimii sähköteollisuuden sektorissa. Kohdeyrityksessä on ollut käytössä usean vuoden ajan Lean Six Sigma -toiminnanohjausjärjestelmä.

1.2 Tutkimusongelma

Kohdeyrityksen Engineer-To-Order-menetelmällä valmistettujen laitteiden kysyntä on jatkuvassa kasvussa ja projektilaitteiden toimituksen tehostaminen on osa yrityksen kehitysstrategiaa. Projektiluonteisten laitteiden toimitusketjun materiaalinhallinta ei ole kohdeyrityksessä yhtä hyvällä tasolla kuin standardilaitteiden. Varsinkin toimitusketjun tiedonhallintaan liittyvät toiminnot ovat hankalampia toteuttaa, koska kohdeyrityksen tiedonhallintajärjestelmät eivät sellaisenaan tue ETO-toimintaa.

Vaikka Lean nähdään usein tuotannon toiminnanohjausmallina, voidaan sen työkaluja soveltaa myös toimiston prosessien parantamiseen ja standardoimiseen. Tuotteen lopukustannuksista valtaosa saattaa koostua hallinnollisista kustannuksista. Myös hallin-

nollisissa prosesseissa pitäisi tapahtua virtausta, hukan poistoa ja jatkuvaa parantamista. Tässä työssä tutkitaan mistä toiminnoista ETO-laitteiden tilaus-toimitus prosessi koostuu, ja arvioidaan näiden toimintojen tehokkuutta Lean-työkalujen avulla.

1.3 Työn tavoitteet

Diplomityön päätavoitteena on määritellä ja kuvata ETO-laitteiden materiaalinhallinta-prosessi ja käytännöt joiden avulla lopputuotteen osakokoonpanot ja materiaalit saadaan tilattua ajoissa. Tieto materiaalien tilasta ja sijainnista tulee olla helposti saatavilla kaikille sitä tarvitseville. Tavoitteena on myös määritellä menetelmät ja toimintatavat, joiden avulla materiaalit saadaan tuotannon käytettäväksi ajoissa. Diplomityön jälkeen kohdeyrityksellä tulisi olla selkeä kokonaiskuva siitä, miten ja mitkä toiminnot vaikuttavat osastojen välillä, jolloin ETO-laitteiden toimitus olisi mahdollisimman sujuva prosessi kaikille osapuolille. Konkreettisia mitattavia kohdeyrityksen määrittelemiä tavoitteita projektin onnistumiselle ovat

1. normaaliprosessin mukaisesti toimitettujen ETO-laitteiden osuuden kasvattaminen,
2. virhemateriaalien vähentäminen ostotoiminnassa,
3. toimittaa asiakkaalle joka kerta juuri sellainen laite, kun on tilattu,
4. ETO-laitteiden aiheuttamien linjahäiriöiden vähentäminen.

Näin ollen tutkimuskysymyksiä ovat

- Minkälainen on nykyinen ETO-laitteiden prosessi?
- Miten saadaan kaikille osapuolille kokonaistyömäärältään optimoitu prosessi?
- Kuinka järjestetään informaation liikkuminen toimitusketjun läpi?
- Miten nykyisiä tietojärjestelmiä käytetään hyväksi, tarvittaisiinko lisää ominaisuuksia?
- Miten ETO ja Lean toimintamallit suhtautuvat toisiinsa?

1.4 Työn rajaus

Diplomityön tutkimus rajattiin koskemaan ainoastaan toimitusketjun tilaus-toimitusprosessin hallinnollisia toimintoja. Tutkimus alkaa vaiheesta, jossa projektitiimi on muodostanut tarjouksesta tilauksen, määrittänyt tuotteen osarakenteen ja suorittanut suunnittelutyön. Tutkimus päättyy tapahtumaan, jossa projektilaitteen materiaalit ovat tuotantolinjan käytössä. Työssä tutkittiin ainoastaan ETO-tilauksiltaan vilkkainta tuotantolinjaa. Myös suuremmat, kestoiltaan useamman kuukauden projektit rajattiin tästä työstä pois, eikä kaikkia toimitusketjuun liittyviä tukitoimintoja tutkittu tarkemmin.

2 Lean

Kohdeyritys on toiminut pitkään Lean toiminnanohjausmallin mukaisesti, ja käyttää useita sen työkaluja toimintansa tehostamiseksi. Samoja konsepteja voidaan soveltaa fyysisten prosessien lisäksi hallinnollisiin tehtäviin (Chiarini 2013, s.141). Tässä osiossa käsitellään kirjallisuuteen perustuen ne Lean-konseptit ja -työkalut, joilla on suora yhteys kohdeyrityksen ETO-toimintaan sekä tässä diplomityössä tehtyjen kehitysehdotusten mahdollistamiseen.

2.1 Lean-ideologia

Lean-konseptin ydinajatus perustuu arvon tuottamiseen ja asiakastarpeen tyydyttämiseen jatkuvan parannuksen avulla. Arvon tuottamisen tavoittelun tulisi johtaa toimintojen hukkan eliminointiin kestäväällä ja seurattavissa olevalla tavalla. Ideologian menestys riippuu yrityksen kyvystä soveltaa toimintamalleja koko organisaatorakenteen kattavaan ajattelutapaan. Lean sisältää joukon työkaluja ja tekniikoita, joiden käyttö yksinään ei välttämättä tehosta yrityksen kokonaistoimintaa. Ne tulisi nähdä osana laajempaa systeemiä, jossa jokainen työntekijä kehittää jatkuvasti omia prosessejaan ja laaduntuotokkykyään. Jokaisen yrityksen matka kohti Leania on ainutlaatuinen, joten toiminnan kehittämisen tulisi olla joustavaa ja reaktiivista. Käytettävien työkalujen tulisi tukea koko tehtaan arvovirtaa. (Bhasin 2015, s. 11-14)

Toimintaympäristöstä riippumatta seuraavat Lean-tekniikat nähdään menestyksen kannalta oleellisina:

- Kaizen-järjestelmä, jonka avulla henkilöstö oppii ratkaisemaan ongelmia ja kehittämään toimintaa jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti (Continuous improvement)
- 7 Hukkaa (Muda)
- yhden kappaleen virtaus tuotannossa (One piece flow)
- arvovirtakartoitus (Value Stream Mapping)
- 5S
- standardoitu työ (Standardized work).

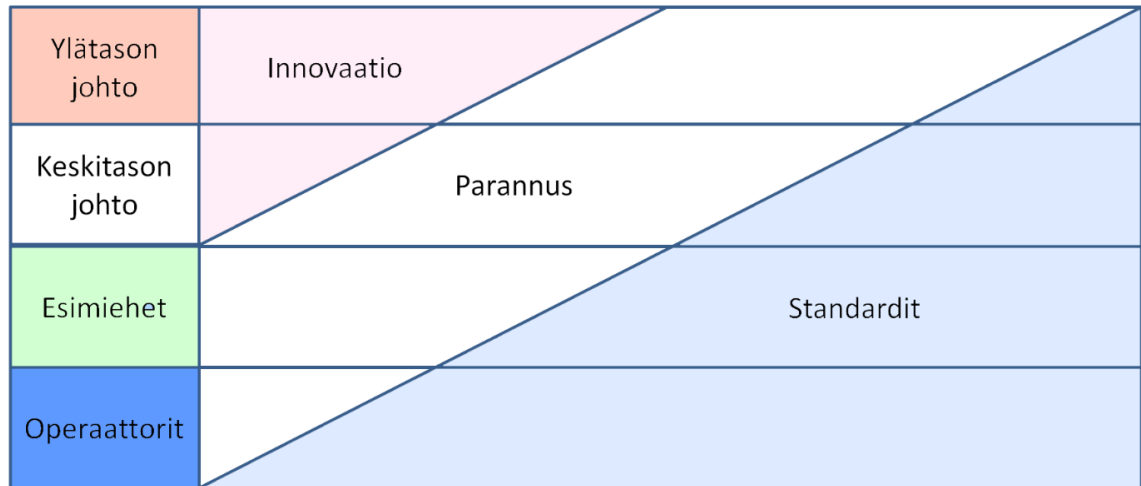
(Melchert, de Mesquita & Francischini 2006, s. 2, Bhasin 2015, s. 92)

2.2 Kaizen

Termi Kaizen on aluperin lähtöisin Japanista, ja on sittemmin määritelty liiketoimintastrategiana, joka pyrkii työtapojen ja henkilökohtaisen tehokkuuden jatkuvaan parantamiseen. Menetelmä keskittyy parantamaan laatua, tuotannon ja kustannusten tehokkuutta sekä tuotteen suunnittelua. Kaizen ei tavoittele heti massiivista muutosta yksittäisten innovaatioiden perusteella, vaan toiminta kehittyy ajan myötä inkrementaalisesti. (Masaaki ja Heymans, s. 1-2)

Yrityksen johdon tulee olla täysin omistautunut soveltamaan Kaizen-ideologiaa. Sen tulee tiedostaa johdon rooli jatkuvan parannuksen edistäjänä, prosessin tulokset, Plan-Do-Act-Check (PDAC) -syklit, laadun asettaminen etusijalle, prosessista saatavan datan hyödyntäminen sekä asiakaslähtöisyys. Näiden avulla voidaan muodostaa tarkempi stra-

tegia, josta johdetaan selkeä ja huolellisesti suunniteltu toimintamalli. Kaizeniin liittyen yrityksen johdolla on kaksi päätoimintoa: ylläpito ja parannus. Ylläpidolla tarkoitetaan parhaiden toimintatapojen standardointia (Standard operating procedure – SOP) ja standardien käytön varmistamista. Parantaminen taas pyrkii tehostamaan jo käytössä olevia standardeja. Kuvan 1 mukaan alkuperäisen Kaizen ideologian parannukset toimivat linkkinä innovaation ja standardien välillä. (Masaaki ja Heymans, s. 3-4)

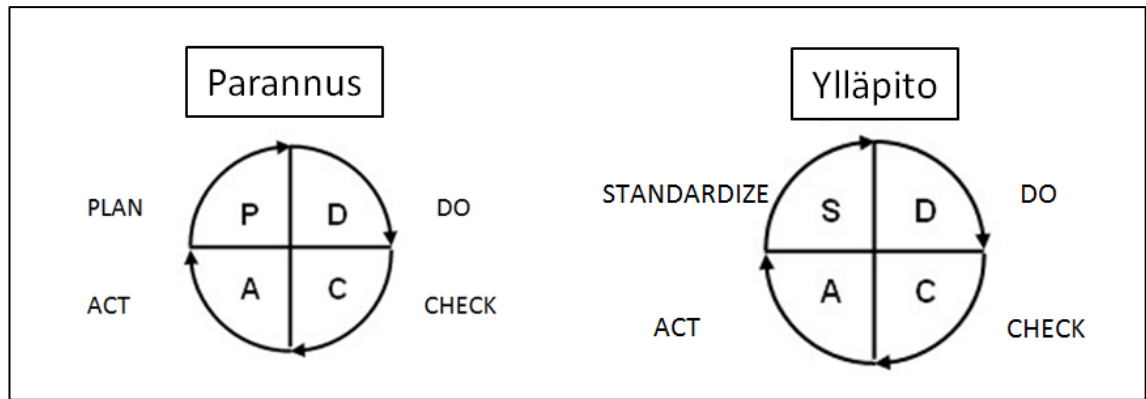


Kuva 1. Kaizen-ideologia organisaatiossa (mukaillen Masaaki ja Heymans, s. 3).

Kaizen-ideologia suosii prosessorientoitunutta ajattelutapaa, sillä ainoastaan parantamalla itse prosessia voidaan parantaa sen tulosta. Jos prosessin suunniteltua ulostuloa ei saavuteta, se ilmaisee että prosessi on viallinen. Johdon tulee tunnistaa ja korjata prosessiperäiset virheet. Prosessorientoitunutta ajattelutapaa tulee soveltaa pitkällä tähtäimellä ylläpito- ja parannussykleissä jotta Kaizen ajattelutapa menestyy. (Masaaki ja Heymans, s. 4)

Plan Do Act Check -sykli toimii jatkuvan parantamisen varmistamisen välineenä. Plan-vaiheessa asetetaan tavoitteet parannukselle. Toiminnan tulisi aina olla tavoitteellista ja suunnitelmallista eikä ainoastaan parannusta parannuksen takia. Do-vaihe viittaa suunnitelman implementointiin, Check-vaiheessa tarkastetaan, pysyikö implementointi suunnitelluissa tavoitteissaan ja toteutuiko parannus. Act-vaiheessa uudet menetelmät otetaan käyttöön ja standardoidaan, jolloin estetään prosessin alkuperäisten ongelmien esille nousu. Sykli alkaa tämän jälkeen alusta, jolloin kyseisellä hetkellä vallitseva tilanne otetaan uudestaan parannuksen kohteeksi. (Masaaki ja Heymans, s. 4-5)

Uusissa prosesseissa esiintyy usein varianssia ja epävarmuutta. Ennen kuin prosessia voidaan lähteä parantamaan, se tulee standardoida. Syyt vaihteleville tuloksille tulee etsiä, kyseenalaistaa nykyiset menetelmät ja varmistaa, että standardia noudatetaan. Standardize Do Act Check- sykli (SDCA) tulee suorittaa ennen kuin PDCA voidaan aloittaa. SDCA standardoi ja stabiloi käytössä olevat prosessit, eli toiminta liittyy ylläpitoon. PDCA parantaa ja vie nykyisiä prosesseja eteenpäin, eli toiminta liittyy parannukseen. Kuva 2 havainnollistaa syklien vaiheita. (Masaaki ja Heymans, s. 5-6)



Kuva 2. Parannukseen ja ylläpitoon liittyvät PDCA ja SDCA syklit (mukaillen Masaaki ja Heymans, s.5).

Priorisoitaessa tuotteen laatua, kustannusta ja toimitusnopeutta, tulisi Kaizen-ideologian mukaan laatu asettaa aina etusijalle. Yrityksen kilpailukyky riippuu sen kyvystä tuottaa laatua, vaikka hinta olisi halpa ja toimitus nopea. Priorisointi vaatii johdon omistautumista, sillä päätökset koskien tuotteen hintaa, toimitusta ja laatua tehdään korkealla tasolla. Houkutukset saattavat olla suuret käyttää halvempaa mutta mahdollisesti laadultaan huonompaa toimittajaa, tai toimitusaikaan voi kohdistua epärealistisia paineita. Kompromissit näissä tekijöissä eivät ainoastaan riskeeraa tuotteen laatua, vaan yrityksen koko liiketoiminta saattaa olla uhattuna. (Masaaki ja Heymans, s. 6)

Datan hyödyntäminen on keskeisessä osassa ongelmanratkaisua. Jotta alkuperäinen ongelma voitaisiin täysin ymmärtää ja ratkaista, tulee se ensin tunnistaa sekä kerätä ja analysoida prosessiin liittyvä relevantti data. Ilman luotettavaa dataa ongelmanratkaisusta tulee helposti tunteisiin perustuvaa. Ilman epävarmuustekijöiden poistamista on vaikea tehdä objektiivisiä päätöksiä. Nykytilanteesta kerättävä, verifioitava ja analysoitava data helpottaa näkemään senhetkisen toiminnan fokusta ja toimii parannuksen lähtökohtana. (Masaaki ja Heymans, s. 6)

Kaikki työ voidaan nähdä sarjana prosesseja, joilla on tietty asiakas ja toimittaja. Esimerkiksi prosessissa A toimittaja toimittaa raaka-aineen tuotantolaitokselle. Vaiheessa B tuotteeseen kohdistuu arvoa lisäävää työtä, ja se lähetetään prosessiin C. Seuraava vaihe tulisi Kaizen-filosofian mukaan tunnistaa aina joko sisäisenä tai ulkoisena asiakkaana. Suurin osa yrityksen operaattoreista tuottaa työnsä sisäisille asiakkaille. Kun seuraava vaihe nähdään asiakkaana, operaattorin viallisen tuotteen tai informaation siirtämisen arvoketjussa eteenpäin tulisi poistua. Kun jokainen organisaation työntekijä noudattaa tätä aksioomaa, päättyy lopulliselle ulkoiselle asiakkaalle laadukas tuote. (Masaaki ja Heymans, s. 7)

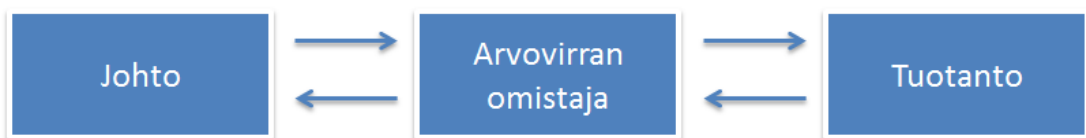
2.2.1 Kaizen tapahtumat

Kaizen-tapahtumat ovat jatkuvan parannuksen työkaluja, joissa ennalta määritelty tiimi järjestää yhdestä viiteen päivään kestävä, tietyn aihealueen toiminnan parantamiseen keskittyvän tapahtuman. Fokus on yleensä prosessiketjun hukan ja läpimenoajan pienentämisessä tai varianssin alentamisessa ja laadun parantamisessa. Kehitettävä kohde

määrittää tapahtuman luonteen, keston sekä kehitystiimin jäsenet. (Chiarini 2013, s.63-65)

2.2.2 Tapahtuman valmistelu

Kaizen-tapahtuma voi koskea esimerkiksi prosessia, aktiviteettia, osastoa, tai työstökotetta ynnä muuta. Tapahtuma alkaa kehityskohteen yksiselitteisellä rajauksella. Yrityksen johdon tulisi olla mukana tekemässä strategisen tason päätöksiä, jotta varmistetaan projektin oikea suunta, ajan ja resurssien saatavuus ja kehitysideoiden toteuttaminen. Kehityskohteen aiheen tulee olla yhdenmukainen yrityksen ylätasoon strategian kanssa, ja siitä saatavat tulokset pitää pystyä tuomaan näkyviksi. Johto valitsee projektille arvovirran omistajan, kirjallisuudessa termillä Champion, joka toimii projektin johtajana ja omistajana. Johto ja arvovirran omistaja ovat vastuussa resurssien allokoinnista, esteiden poistamisesta ja tapahtuman parannusten katselmoinnista. Arvovirran omistaja toimii linkkinä johdon ja lattiatason toimintojen välillä syöttäen informaatiota molempiin suuntiin eri toimintojen välillä kuvan 3 mukaisesti. (Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s. 14-16)



Kuva 3. Kaizentapahtuman tiedonkulku (mukaillen Fabrizio, Tapping 2006, s.16).

Kehitystiimin tulee varmistua projektin ja yrityksen strategioiden yhdenmukaisuudesta. Strategiset ja operatiiviset tavoitteet tulee tunnistaa ja erotella toisistaan. Strategisen tason tavoitteilla tarkoitetaan toimialaan sidottuja liiketoimintatavoitteita, kun taas operatiiviset tavoitteet liittyvät työtä suorittavien työntekijöiden kykyyn valmistaa tuote sovituisissa laatu-, kustannus- ja aikataavoitteissa. Yrityksellä on yleensä valmiit ylätasoon strategiset tavoitteet. Tässä vaiheessa tulee määritellä mitkä niistä ovat relevantteja ja käyttökelpoisia kyseiselle kehitysprojektille olosuhteiden ja kehityskohteen puolesta. (Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s. 22-27)

Kehitettävän alueen lähtötason tulee olla tiedossa, jotta parannus tapahtuu loogisessa järjestyksessä. Esimerkiksi jos työpisteen yleinen siisteys ei ole kunnossa, ei kannata pitää Kaizen-tapahtumaa sen automaatioasteen parantamisesta. Ennen varsinaista tapahtumaa tulee kerätä kaikki arvovirralla relevantti taustadata, esimerkiksi kuvia työpisteen tai tehtaan layouteista, prosessimittareita, vaiheajoja, yleisimpiä vikoja ja niin edelleen, joiden avulla on helpompi hahmottaa kehityskohteen nykytilaa. Arvovirran omistaja valitsee yhdessä johdon kanssa kehitysaiheeseen sopivimman ydintiimiin. Jokaisesta arvovirtaan suoraan liittyvästä osastosta tulisi olla vähintään yksi ydintiimin jäsen. Arvovirtaan välillisesti liittyvien osastojen ei tarvitse suoraan osallistua kehitystapahtumaan, mutta heidän pitää olla käytettävissä tarpeen vaatiessa muodostaen laajennetun tiimin. Jokaisella tiiminjäsenellä tulisi olla valtuudet ja taidot kerätä arvovirralla relevanttia dataa. Heidän tulee myös olla tietoinen tapahtumassa käytettävien kehitystyöka-

lujen toiminnoista, joiden käytöstä voidaan tarpeen vaatiessa kouluttaa tiimiä tapahtuman aikana. Tapahtumasta saatavat kehityskohteet listataan, raportoidaan, ja niiden etenemistä tulee seurata ja arvioida ennalta määritellyllä intervallilla.

(Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s. 22-27)

2.2.3 Mittarit

Toiminnan kehittämiseen liittyy lähes vääjäämättä toiminnan mittaaminen, jotta tulokset saadaan yksiselitteisesti näkyviksi kaikille organisaation osapuolille. Mittarit ovat myös hyviä motivaattoreita varmistamaan kehitystyön hallittu loppuunsaattaminen. Jos toimintaa ei mitata, jäävät sovitut kehitystoimet helpommin tekemättä. Mittarit toimivat myös fokuosoinnin välineenä; mitattavaan kohteeseen on pakko keskittyä yksityiskohtaisesti. Niistä selviää myös toiminnan laadukkuus, ja ne toimivat automaattisena varoittimena laatutason laskiessa hälytysrajan alapuolelle.

(Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s. 44)

Jokainen 5S:n parantamiseen keskittyvä projekti on ainutlaatuinen, joten universaalia määritelmää sen onnistumisen mittaamiselle ei voida suoraan määritellä. Toimistotyössä tapahtuvan kehityksen tulisi kuitenkin yleisellä tasolla edetä kohti hyvin organisoitua työpistettä (fyysistä ja virtuaalista), tehokasta työn virtausta, työn laadukkuutta, sekä laitteiston ja fasiliteettien tehokkuutta. Taulukkoon 1 on listattu mittareina käyttökelpoisia aspekteja, joiden kehittämällä koko arvovirrasta saadaan laadukkaampi, nopeampi ja kustannustehokkaampi.

(Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s. 44)

Taulukko 1. Esimerkkejä hallinnollisten Kaizen-tapahtumien mittareista (Fabrizio, Tapping 2006, s. 46).

Organisoitu työpiste	<ul style="list-style-type: none"> - Työpisteen vaatima lattiapinta-ala - Etsiskelyyn käytetty aika (esimerkiksi tiedon, tarvikkeiden, työkalujen etsiminen)
Tehokas työn virtaus	<ul style="list-style-type: none"> - Kävelymatkojen lyheneminen tai poistuminen - Edellisten vaiheiden odottaminen - Vaiheaika - Tavoiteaikojen saavuttaminen
Työn laadukkuus	<ul style="list-style-type: none"> - Virheiden määrä - Asiakasvalitusten määrä
Laitteiston tehokkuus	<ul style="list-style-type: none"> - Laitteiden keskimääräinen seisokkiaika - Laitteiston tuottavuus
Fasiliteettien tehokkuus	<ul style="list-style-type: none"> - Hallinnollisten fasiliteettien neliömäärä ja kustannus per neliö

Sopivia mittareita valitessa tulee pitää mielessä, että liian monen mittarin käyttö saattaa tehostamisen sijaan heikentää kokonaistoimintaa. Mittaaminen mittaamisen vuoksi ei tuota yritykselle lisäarvoa. Ylätason mittarit voidaan pilkkoa myös pienemmiksi osakokonaisuuksiksi mittaamisen helpottamiseksi. (Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s. 46)

2.3 Toiminnan tehostaminen Lean-työkalujen avulla

Kappaleessa käydään läpi tässä diplomityössä käytetyt Lean-työkalut. Kohdeyrityksellä on omat perinteiseen Lean-kirjallisuuteen perustuvat koulutusmateriaalit ja viitekehitykset toiminnan ohjaukseen. Useimmat näistä työkaluista on alun perin kehitetty tuotannon tehostamiseen, mutta ne ovat käyttökelpoisia myös toimiston puolella. Työkalujen toimintamekanismien ymmärtämiseksi käsitellään konseptit aluksi yleisellä tasolla, jonka jälkeen tarkastellaan niiden soveltuvuutta hallinnollisiin toimintoihin.

2.3.1 7 hukkaa

Lähtökohtaisesti jokaisen voittoa tavoittelevan yrityksen perusolettamuksiin kuuluu oman toiminnan tehostaminen mahdollisimman kannattavaksi ja kustannustehokkaaksi. Hukan poistaminen kaikista yrityksen toiminnoista palvelee tätä päämäärää. Perinteiselle, verrattain yksinkertaiselle tuotanto-organisaatiolle hukan poistaminen keskittyy pääasiassa tuotanto- ja materiaalinhallintaprosessien tehostamiseen ja optimointiin, joissa on usein saavutettavissa suurimmat säästöt ja parannuskohteet. (Chiarini 2013, kappale 2)

Tuotannossa aiheutuva hukka on usein lähtöisin toimiston puolella tapahtuvista tukitoiminnoista. Hukan ja tuhlauksen eliminoinnin tavoitteena toimistossa on eliminoida kustannuksia ja työaika lisäviä toimintoja. Toimistotyön 7 hukkaa perustuvat samoihin syntymekanismeihin kuin tuotannossa esiintyvät 7 hukkaa. Valmistettavan tuotteen sijasta analyysi kohdistuu tuotteeseen tai palveluun liittyvään hallinnolliseen työhön. Kyseessä saattaa olla esimerkiksi tarjouspyynnön tekeminen toimittajalle, josta prosessin ulostulona toimii valmiin tai puolivalmiin fyysisen tuotteen sijasta dokumentti tai päätös. Toimistoprosessien hukan etsimistä varten tulee soveltaa hyväksi havaittua kartoitusten menetelmää, esimerkiksi arvovirtakartoitusta. (Chiarini 2013, kappale 2)

Jotta hukan syntymekanismeja voidaan ymmärtää ja ehkäistä, on keskityttävä arvonlisäämisen konseptiin. Arvoa ja hukkaa voidaan tarkastella eri tasoilla. Seuraavat määritelmät auttavat ymmärtämään arvon syntymistä:

***Prosessi** on aktiviteettien sarja, joiden avulla suoritetaan yksi tai useampi organisaation määrittämä funktio. Prosessi voi sisältää työntekijöiden, tuotantovälineiden, materiaalien, tai toimintatapojen johtamista, ohjaamista ja hallinnointia.* (Chiarini 2013, s. 16)

***Aktiviteetti** on yksittäinen operaatio, joka suoritetaan prosessin sisällä. Se voidaan suorittaa joko käsin tai koneellisesti. Yksinkertaisimmillaan aktiviteetti lisää arvoa, jos sen vaste (output) tuottaa suuremman asiakkaan tunnistaman arvon kuin syöte (input).* (Chiarini 2013, s. 16)

Lean-organisaation määritelmän mukaan arvonlisäyksen tulee tapahtua pienimmällä mahdollisella kustannuksella maksimoiden samalla asiakkaan kokema arvo kyseessä olevalle vasteelle. Hukan tunnistamisessa ensimmäinen tärkeä askel on prosessivaihteen kartoitus, jonka tulisi kuvastaa alkuun yksittäistä palvelua, proseduuria, tuoteperhet-

tä tai vastaavaa. Yksi kokonaisuus saattaa olla rakenteeltaan monimutkainen ja sisältää useita sidosryhmiä ja prosesseja, joten kartoitus tulee rajata huolellisesti. Arvonlisäystä voidaan tarkastella myös laajempuna kokonaisuutena tehdas-, yritys- tai korporaatiotasolla. (Chiarini 2013, kappale 2)

Ylituotanto

Ylituotantoa ilmenee, kun tuotantolinja tuottaa enemmän tuotteita kuin mitä asiakastilausten tai ennusteiden perusteella tulisi valmistaa. Tuotannon esimies saattaa olla huolissaan konerikoista, viallisista tuotteista, linjahäiriöistä tai vastaavista, jolloin hänellä on houkutus valmistuttaa liikaa lopputuotteita. Jos käytössä on kallis tuotantoväline, saatetaan ajatella, että korkea käyttöaste on tärkeämpi toiminnan mittari kuin asiakastilausten täsmällisen määrän tuottaminen. (Chiarini 2013, s. 20-21)

JIT filosofian (Just-In-Time) mukaan ylituotanto nähdään kaikista hukan lajeista vaikutuksiltaan pahimpana ja aikataulun ohittamisen katsotaan olevan pahempi virhe kuin aikataulusta myöhästymisen. Ylituotanto antaa tehtaan päättävälle tasolle väärän kuvan turvallisuudesta ja peittää alleen monta ongelmaa. Se tekee myös jatkuvan parantamisen suunnittelusta vaikeampaa, sillä informaatiovirrat muuttuvat läpinäkymättömämmiksi.

Ylituotannosta seuraa monta välitöntä ja välillistä hukkaa:

- Raaka-aineiden tai puolivalmiiden komponenttien ennenaikainen kulutus
- Tuotantovälineiden ja operaattorien turha käyttö ja kuormitus
- Saattaa johtaa tilapäiseen kapasiteetin nostamiseen
- Ylimääräiset valmiit ja puolivalmiit tuotteet vievät lattiatilaa
- Kasvattaa epäsuorasti kuljetus- ja hallinnointikustannuksia.

(Chiarini 2013, s. 20-21, Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s.5-6)

Ylituotanto saattaa johtua muun muassa seuraavista oletuksista ja käytännöistä:

- Työpiste on huonosti tahditettu.
- Prosessissa tuotetaan enemmän kuin mitä seuraava vaihe tarvitsee.
- Operaattorilla on liikaa vapauksia suorittaa prosessia liian monta kertaa.
- Jokaisella arvovirran prosessilla on intressi lisätä oman prosessivaiheensa tuotavuutta.
- Tuotantovälineitä käytetään korkeammalla kapasiteetilla kuin mitä vaaditaan.
- Prosessissa on niin kalliita tuotantovälineitä, että niitä on investointipoljojen takia pakko käyttää korkealla kapasiteetilla.

(Chiarini 2013, s. 20-21)

Hallinnollisissa tehtävissä ylituotantoa ilmenee jos, vaiheajat ovat epätasaisia tai jossain vaiheessa saadaan töitä valmiiksi enemmän kuin tarvitsee, jolloin työt saattavat pinoutua seuraavan vaiheen työlistalle. Erilaiset raportit, dokumentit ja tietokannat saattavat jäädä käyttämättä. Käyttämättömät tiedostot vievät kovalevytilaa, vaikeuttavat tiedon etsimistä ja hidastavat laitteistoa. Jos hallinnollisten töiden vastuualueet ovat jaettu epäselvästi, saatetaan sama työ tehdä kahteen kertaan. (Chiarini 2013, s.143-145)

Varastointi

Valmiit lopputuotteet, puolivalmiit tuotteet, osakokoonpanot tai raaka-aineet, jotka odottavat prosessointia eivät lisää arvoa yrityksen näkökulmasta. Päinvastoin ne lisäävät tuotannon välillisiä kustannuksia, jos varastointi- tai kuljetuskapasiteettia pitää nostaa. Yritys saattaa joutua investoimaan ulkoiseen varastointipalveluun, trukkeihin, materiaaliin tai automaattisiin varastointijärjestelmiin ja kuljettimiin. Varastojen hallinnointi aiheuttaa myös kustannuksia toimiston puolella. (Chiarini 2013, s. 21-22) Varastoidut tuotteet saattavat kärsiä laadullisista ongelmista, esimerkiksi ladattujen akkujen varaus tippuu kohdeyrityksen asiantuntijan haastattelun perusteella jopa 3-6 kuukauden aikana puoleen alkuperäisestä varauksesta.

Liian suuret varastointitarpeet ovat lähtöisin ylituotannosta. Jos tehtaalla on ylimääräisiä varastoja, voidaan niihin tukeutu jos tuotantolinjalla ilmenee laatuongelmia, kone-rikkoja, poissaoloja ynnä muita tuotantoa haittaavia tekijöitä. Tällöin ongelmiin puuttuminen ja juurisyiden etsiminen eivät välttämättä saa tarpeeksi painoarvoa ja ne saattavat jäädä suorittamatta, koska linja tukeutuu varastoonsa. Pienet varastotasot pakottavat linjan esimiehiä puuttumaan vallitseviin ongelmiin jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaisesti. Kun prosessien väliset varastotasot saavuttavat yhden kappaleen virtauksen tulee 5S:stä ja Kaizenista pakollisia aktiviteettejä. JIT-filosofian mukainen tuotannon suunnittelu, pullonkaulojen estäminen ja tahtiaikojen synkronointi ehkäisevät turhien varastojen syntymistä. (Chiarini 2013, s. 21-22, Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s.7)

Hallinnollisissa tehtävissä työtä on vaikea tehdä varastoon. Hukan syntymekanismi perustuu keskeneräisen työn kasaantumiseen prosessien välille. Aktiviteetit saattavat olla toisiinsa nähden epätasapainossa, jolloin niidenvälinen virtaus toimii huonosti tai on kokonaan pysähtynyt. Myös erilaisten työssä käytettävien työkalujen kuten katalogien, toimistotarvikkeiden tai oppaiden määrää ja tarpeellisuutta tulee katselmoida. Jokainen fyysinen toimistossa oleva objekti vie työtilaa, joka tarpeettomana voitaisiin käyttää kokonaan uuden työpisteen luomiseen. Erilaisten varastointiratkaisujen hallinnointiin kuuluu myös työaika. Merkkejä hallinnollisten toimien varastoinnista ovat muun muassa käyttämättömät tiedostot ja tietokannat. Yrityksellä saattaa olla myös liikaa avonaisia projekteja kapasiteettiinsa nähden, jolloin ne voidaan nähdä keskeneräisen tuotantona (KETinä). (Chiarini 2013, s. 21-22)

Mahdollisia syitä hallinnolliseen varastointiin ovat muun muassa epätasapainossa olevat aktiviteetit arvovirtaketjussa, epäpätevät työntekijät, rikkinäinen tai hidas laitteisto, riittämätön tai hidas ohjelmisto sekä ylikuormitetut toimistotyöntekijät. (Fabrizio, T, Tapping D. 2006, s.7)

Laatuongelmat

Viallinen tuote aiheuttaa häiriöitä tuotantoon ja vaatii kalliita korjaus- tai reklamointitoimenpiteitä. Korjaavat toimenpiteet saattavat syödä kapasiteettia normaalilta tuotantolta. Korkean automaatioasteen tuotantolaitteet saattavat tuottaa monta viallista osaa ennen ongelman havainnointia. Vialliset tuotteet saattavat itsessään aiheuttaa vahinkoa jigeille tai seuraavan prosessin laitteistolle. Tuotantovälineiden laatua tulee pystyä tark-

kailemaan ja tarvittaessa pysäyttämään laitteistot ja prosessit nopeasti. Yleisimpiä syitä virheellisiin tuotteisiin ovat huonolaatuiset materiaalit ja komponentit, työntekijöiden heikko osaaminen, matala ymmärrys tai välinpitämättömyys laatua kohtaan, vialliset koneet ja työkalut tai puutteelliset ohjeet ja toimintatavat. (Chiarini 2013, s. 24; Bhasin 2015, s. 4)

Muutokset valmistettavassa tuotteessa saattavat aiheuttaa vikoja. Ongelman aiheuttaja voi olla huono tuotesuunnittelu tai toimittajan väärinymmärrys. Jos tuote kohtaa elinkaarensa aikana paljon muutoksia saattaa toimittaja kokea työläänä toteuttaa kaikki kyseiset muutokset prosessin byrokraattisuudesta johtuen. Muutoksista aiheutuva hukka voidaan poistaa virtaviivaistamalla ECO (Engineering Change Order) -prosessia sekä parantamalla tuotesuunnittelijoiden tietämystä asiakkaiden vaatimuksista ja toimittajien toiminnasta. (Andrea Chiarini s.78) DFMA:n (Design for Manufacture and Assembly) -mukainen tuotesuunnittelu ja Poka-Yoke -käytännön hyödyntäminen vähentävät inhimillisten virheiden syntymistä (Tsou & Chen 2005, s. 799).

Hallinnollisissa toimissa laadusta aiheutuva hukkaa syntyy kun työvaiheen ulostuloa ei sellaisenaan voida luovuttaa seuraavalle vaiheelle, vaan sitä joudutaan korjaamaan tai tekemään työvaihe kokonaan uudestaan. Tällöin arvovirtaketjussa pitää palata taaksepäin tai aloittaa työ kokonaan alusta. Asiakkaalle asti päätyvät viat saattavat olla erittäin kohtalokkaita kustannusten tai yrityksen maineen kannalta. Korjaavat toimenpiteet saattavat kuluttaa ajan ja kustannusten lisäksi materiaaleja, energiaa tai alun perin prosessiin kuulumattomien ulkopuolisten työntekijöiden työaika. Viat saattavat johtaa työn myöhästymiseen, työn hylkäämiseen (esimerkiksi tarjouskilpailussa), tuotannon aloittamisen viivästymiseen tai ylityökustannuksiin. (Fabrizio, Tapping 2006, s. 5-8)

Merkkejä huonosta laadusta toimistotyössä ovat muun muassa puuttuva tieto tai spesifikaatio, standardoidun työn puute, suuret vaihtelut vaiheajoissa sekä korjaus tai romutus. Mahdollisia syitä ovat muun muassa liialliset tai puutteelliset tarkastus- ja hyväksytyskierrokset, epäpätevät työntekijät, vialliset laitteistot tai ohjelmistot sekä asiakasvaatimusten väärinymmärrys tai tilaukseen liittyvän informaation puutteellinen tai virheellinen käsittely. (Fabrizio, Tapping 2006, s. 5-8)

Yliprosessointi

Yliprosessoiduiksi toiminnoiksi tai ominaisuuksiksi voidaan katsoa tuotteen tai asiakkaan kannalta arvoa lisäämättömät työvaiheet. Jotkin toiminnoista ovat tuotannon kannalta arvoa lisäämättömiä, mutta välttämättömiä, kuten esimerkiksi prosessivaiheen laaturaportin tulostaminen. Hukkaa prosessoinnista syntyy myös, jos eri tuotantovaiheet ovat tahditetut keskenään huonosti; edellisen vaiheen operaattori saattaa jäädä työstämään omaa vaihettaan kunnes seuraava sitä tarvitsee, jolloin on mahdollista että tuotteen arvo ei enää kasva vaikka sitä prosessoidaan. Ongelmaa saadaan vähennettyä työtapojen standardoinnilla, vaiheajojen synkronoinnilla, operaatioiden yhdistämisellä tai prosessia analysoimalla. (Chiarini 2013, s.27-28)

Hallinnollista yliprosessointia esiintyy myös, jos tuotteeseen tai palveluun lisätään ominaisuuksia, joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Usein mekanismin syntyperä juontaa juurensa rutiininomaisista toimintatavoista, esimerkiksi raportti tulee lähettää sähköpostilla joka aamu, koska niin on aina tehty. Viisaampi tapa olisi automatisoida raportin luonti ja tehdä tuloksista läpinäkyviä niitä tarvitseville osapuolille.

Esimerkkejä yliprosessoinnista toimiston puolella ovat muun muassa liika tarkastus, päättämätön hienosäätö ja yksityiskohtien viilaaminen, liian monta vaihetta prosessin loppuunsaattamiseksi tai huonosti strukturoitu ja työläs tiedonarkistointijärjestelmä. Yliprosessointi toimistossa johtuu useimmiten asiakasvaatimusten väärinymmärryksestä tai tilaukseen liittyvän informaation puutteellisesta käsittelystä. (Chiarini 2013, s.141, Fabrizio, Tapping 2006, s. 6)

Odottaminen

Odottamista tapahtuu, kun operaattori tai työkone ei kyseisellä hetkellä suorita sille annettua tehtävää. Työ saattaa joutua odottamaan linjan epätasapainosta, materiaali puutteista, työkoneen viasta tai alasajosta johtuen. Odottamiseksi lasketaan myös työstökoneen valvominen, jos monitoroiva operaattori ei itse lisää arvoa tuotteeseen. Myös työkalujen ja -koneiden alentunut suorituskyky huollon puutteesta johtuen sekä epäjärjestys ja epäsiisteys tuotantotiloissa aiheuttavat odottelua. Se nähdään usein hyväksyttävänä osana prosessia, jolloin asialle ei välttämättä tehdä mitään. Sitä saattaa olla myös vaikea huomata. Vaikka operaattori näennäisesti työskentelisi vauhdikkaasti, saattaa hänellä olla aikoja, jolloin hän ei voi tehdä mitään arvoa lisäävää. Tuotannossa odotusaikaa voidaan mitata verrattain helposti. (Chiarini 2013, s.29, Fabrizio, Tapping 2006, s. 6)

Toimiston puolella odottamista tapahtuu kun materiaali, informaatio, henkilö tai laitteistot eivät ole valmiina. Data, dokumentit tai informaatio prosessoidaan joko liian nopeasti tai hitaasti. Toiminnot eivät toteudu aikataulun mukaisesti. Odottamiseksi voidaan laskea myös laitteiston hitaus tai toimimattomuus. Tietojärjestelmä saattaa olla päivityksen aikana käyttämätön ja laitteisto saattaa hajota tai hidastua merkittävästi. Tämä on usein seurausta huonosta suunnittelusta tai huoltovälien/päivitysten virheellisestä määrittelystä. Toimistossa tapahtuvaa odottelua on vaikeampi mitata kuin fyysisissä prosesseissa. Esimerkkejä odottamisesta ovat muun muassa myöhässä alkaneet palaverit, myöhästyneet raportit ja projektit, allekirjoitusten ja hyväksyntöjen odottaminen, tietokoneen aiheuttama odottaminen tai laitteiston huolto. Mahdollisia syitä odottamiselle ovat huonosti tasapainotetut aktiviteetit arvovirrassa, työntekijöillä kompetenssiinsa nähden väärät työtehtävät sekä huonot ja hitaat laitteistot ja ohjelmistot. (Chiarini 2013, s.29, Fabrizio, Tapping 2006, s. 6)

Turhat kuljetukset ja liikkeet

Tuotteiden liikuttaminen paikasta toiseen tehtaan sisällä ei lisää arvoa minkään osapuolen näkökulmasta, vaikka usein se on välttämätön osa tuotteen valmistuksessa. Tuotantotilan huono layout-suunnittelu aiheuttaa varmimmin turhaa liikettä. Yksiselitteisen järjestyksen ja tilojen siisteyden puute, erilaiset esteet ja operaattorien osaamisen puute

aiheuttavat hidasteita, etsimistä ja turhaa liikettä. Jos tehtaalla on erilaisia kuljettimia, tulisi kysyä voisiko seuraava prosessinvaihe olla lähempänä edellistä. Myös päätuotantolinjasta kaukana erillään olevat työpisteet tulisi kyseenalaistaa. (Chiarini 2013, s.26-27, Fabrizio, Tapping 2006, s. 6)

Työpisteen sisäinen järjestys ja logiikka ovat myös suuressa roolissa varsinkin kokoonpanotyössä. Työkalut tulisi järjestää niiden käytettävyyden mukaan ja työ pitäisi pystyä suorittamaan alusta loppuun ilman että operaattori joutuu välillä hakemaan työkaluja tai komponentteja muualta. (Chiarini 2013, s.26-27)

Toimistotyöpisteen sisällä saattaa esiintyä samalla tavalla turhaa liikettä kuin tuotantotyöpisteen. Erilaisten työssä käytettävien tarvikkeiden kuten tulostimen tai kameran sijainti saattaa aiheuttaa turhaa liikettä. Dokumenttien liikuttaminen kova- tai verkkolevyillä hyväksyntöjen ja kommunikoinnin takia ei itsessään lisää arvoa. (Fabrizio, Tapping 2006, s. 6)

2.3.2 5S

5S-menetelmää sovelletaan työympäristön järjestyksen ja siisteyden saavuttamiseen ja ylläpitämiseen. Sen avulla voidaan saavuttaa tuottavuuden nousua, laadun parannusta, turvallisempi työympäristö, sekä visuaaliset ohjaus- ja kontrollointimenetelmät. 5S:n tuomia hyötyjä voidaan mitata muun muassa seuraavilla mittareilla:

- tuottavuus
- tilansäästö
- vikojen määrä
- KET
- läpimenoaika
- työtaturmat.

(Masaaki ja Heymans, s. 72-73)

Seiri - Sort

Ensimmäinen askel 5S:ssä on erotella tarpeelliset ja arvoa lisäävät aktiviteetit ja työkalut hyödyttömistä. Kaikki työpisteen tarpeettomat työkalut ja -välineet poistetaan prosessista. Hyödyttömät työkalut ja oheistarvikkeet hukkaavat työntekijän aikaa hänen etsiessään oikeaa esinettä ja väistellessään turhia. Tämä johtaa tuottavuuden laskemiseen. Jos työkalulle ei ole yksiselitteisesti määritettyä paikkaa, niiden löytäminen on huomattavasti vaikeampaa. (Chiarini 2013, s.84-85)

Ylimääräiset varaosat ja keskeneräinen tuotanto työpisteellä piilottavat muita ongelmia, kuten työvoiman osaamattomuutta, epätasapainotettuja prosesseja, vikoja, hajonneita tuotantovälineitä sekä puuttuvia työkaluja. (Chiarini 2013, s.84-85)

Red Tag -menetelmä auttaa työpisteen työkalujen kategorisoimisessa. Jos kyseessä on potentiaalisesti tarpeeton työkalu, merkataan se punaisella tarralla ja kirjataan ylös päivämäärä sekä nykyinen työpiste. Tämän jälkeen työkalu siirretään Red Tag -alueelle,

johon voidaan varastoida koko tehtaan potentiaalisesti hyödyttömät työkalut kuvan 4 mukaisesti. (Chiarini 2013, s.84-85)

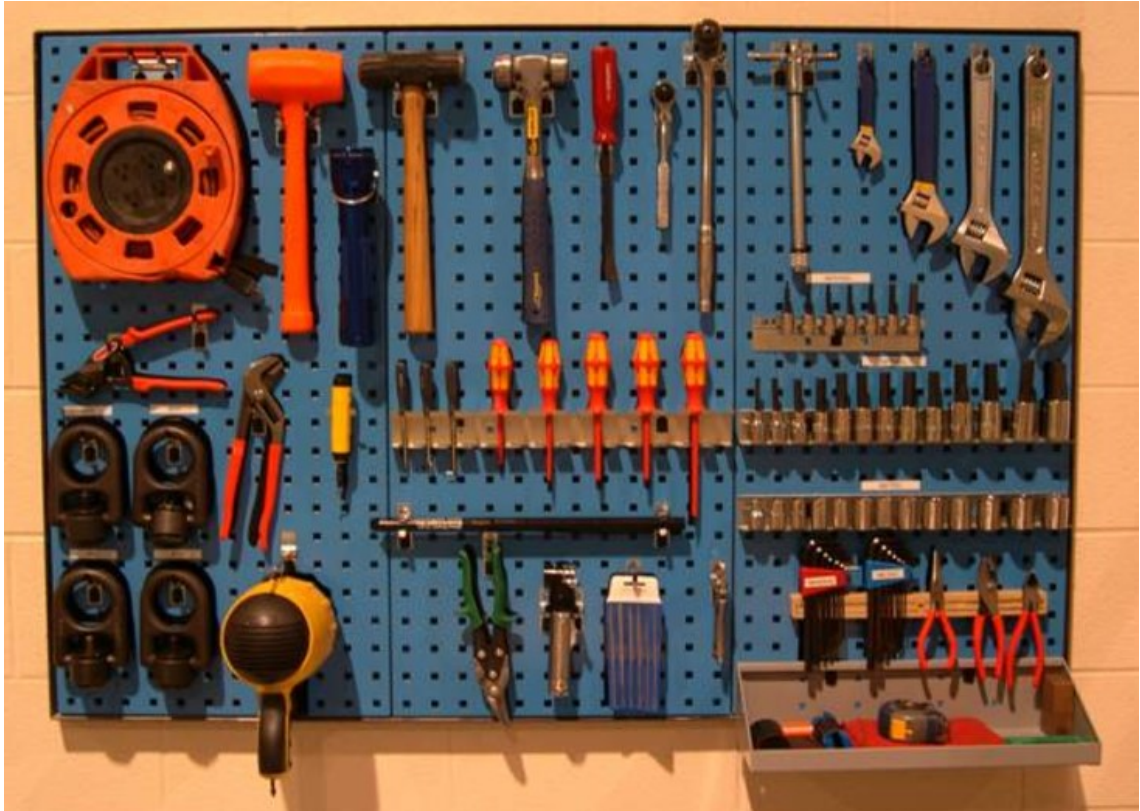


Kuva 4. Esimerkki Red Tag alueesta (<https://opexbr.files.wordpress.com/2012/04/5s-sort-good-red-tag-area-1.jpg>).

Tehdas asettaa kriteerit työkalun tarpeettomuudelle määrittämällä ajanjakson, jonka jälkeen käyttämätön työkalu voidaan hävittää tai siirtää johonkin toiseen työpisteeseen. Yleinen tarkasteluintervalli on yksi kuukausi, mutta esimerkiksi tehtaan tuotemiksi, työpisteen tehtävien suuri vaihtelu tai epäsäännöllisyys tilauskannassa voivat pidentää tarkastelun aikaväliä. (Chiarini 2013, s.84-85)

Seiton – Set in order

Toisessa vaiheessa työpisteen tarvikkeet järjestellään käyttöasteen ja tarpeellisuuden mukaan. Tavoitteena on minimoida tarvittavan esineen etsintään käytettävä aika ja vai-va. Tuotantotiloissa tulee olla selkeä visuaalinen merkintätapa josta käy ilmi esineiden oikeat paikat kuvan 5 mukaisesti. Jokaiselle työpisteen tarvikkeelle tulee olla määritelty sijainti, nimi ja volyyymi. (Chiarini 2013, s.85-86)



Kuva 5. Esimerkki työpisteen työkalutaulusta (<http://tpslean.com/images/5s1.jpg>).

Visuaalisten merkintöjen tulee ilmaista myös keskeneräisen tuotannon maksimitaso. Jos työpisteellä tapahtuu tämä ylitys, tulee edellisen vaiheen lopettaa senhetkinen työskentely. Ei ole järkevää tuottaa enempää kuin mitä seuraava piste tarvitsee. Näin saavutetaan jatkuva virtaus FIFO-periaatteen mukaisesti. (Chiarini 2013, s.85-86)

Tehdastasolla visuaalisten merkintöjen tulee ohjata ja määrittellä koko tehtaan layoutin mukaiset alueet. Käytävien, varastojen, työpisteiden ja linjojen tulee olla selkeästi merkittyjä esimerkiksi teipillä tai maalilla kuvan 6 mukaisesti. Näin maksimoidaan työpisteen käyttämän pinta-alan tehokkuus, kun alueelle ei tuoda sinne kuulumatonta materiaalia. (Chiarini 2013, s.85-86)



*Kuva 6. Esimerkki tehtaan aluemerkkauksista
(http://en3img.allhaving.com/upload/2687/o/2_5_3.jpg).*

Seiso – Scrub

Seiso tarkoittaa siivousta ja ylläpitoa. Menetelmän tulisi koskea kaikkia tehtaan tuotantovälineitä ja -tiloja. Puhdistuksen yhteydessä havaitaan helposti myös vikoja ja ongelmia, joita ei likaisesta välineestä muuten huomattaisi. Niinpä Seiso nähdään myös tarkastusmenetelmänä. Apuna voidaan käyttää tarkastuslistaa, jonka operaattori täyttää puhdistuksen yhteydessä. Operaattorien pätevyys suorittaa nämä tarkistukset pitää myös varmistaa. (Chiarini 2013, s.86-87)

2.3.2.1 Seiketsu – Systemize

Systematisointi mahdollistaa kolmen edellisen vaiheen järjestelmällisen toteutuksen ja seurannan. Tässä vaiheessa varmistetaan, että 5S-menetelmät toteutetaan jatkuvasti halutuin väliajoin, ilman että jokin vaihe jää suorittamatta. Ilman systematisointia on helppo lipsua vanhoihin toimintatapoihin. Yrityksen johdon tulee käyttää systeemejä ja proseduureja, jotka varmistavat 5S:n jatkuvuuden. Johdon tulee myös määrittää kuinka usein ja kenen vastuulla 5S:n ylläpito on. Kuvassa 7 on esitetty tiedonhallintaratkaisu kohdeyrityksen 5S seurannasta. (Chiarini 2013, s.87-88)

	A	C	D	E	R	AE	AF	AG
1	uuden vuoden lisäys		2017 YTD	Statu	2014 YTD	2015 YTD	2016-1	2016-2
2	KOKO TALO	Auditointien määrä YHTEENSÄ	30		141	164	9	9
3		KA 5S	71		65	67	75	74
4		KA työturvallisuus	96		96	94	100	100
5	FAT1	Auditointien määrä	0		2	5	0	0
6		KA 5S	0	●	24	32	0	0
7		KA Työturvallisuus	0		90	89	0	0
8	FAT2	Auditointien määrä	1		2	6	0	0
9		KA 5S	64	●	30	59	0	0
10		KA Työturvallisuus	90		80	88	0	0
11	Testbay 8	Auditointien määrä	0		2	0	0	0
12		KA 5S	0	●	64	0	0	0
13		KA Työturvallisuus	0		95	0	0	0
14	TestBay 7	Auditointien määrä	0		0	0	0	0
15		KA 5S	0	●	0	0	0	0
16		KA Työturvallisuus	0		0	0	0	0
17	TestBay 6	Auditointien määrä	1		1	4	0	0
18		KA 5S	60	●	40	55	0	0
19		KA Työturvallisuus	100		100	100	0	0

Kuva 7. Kohdeyrityksen 5S-seuranta.

Shitsuke – Standardize

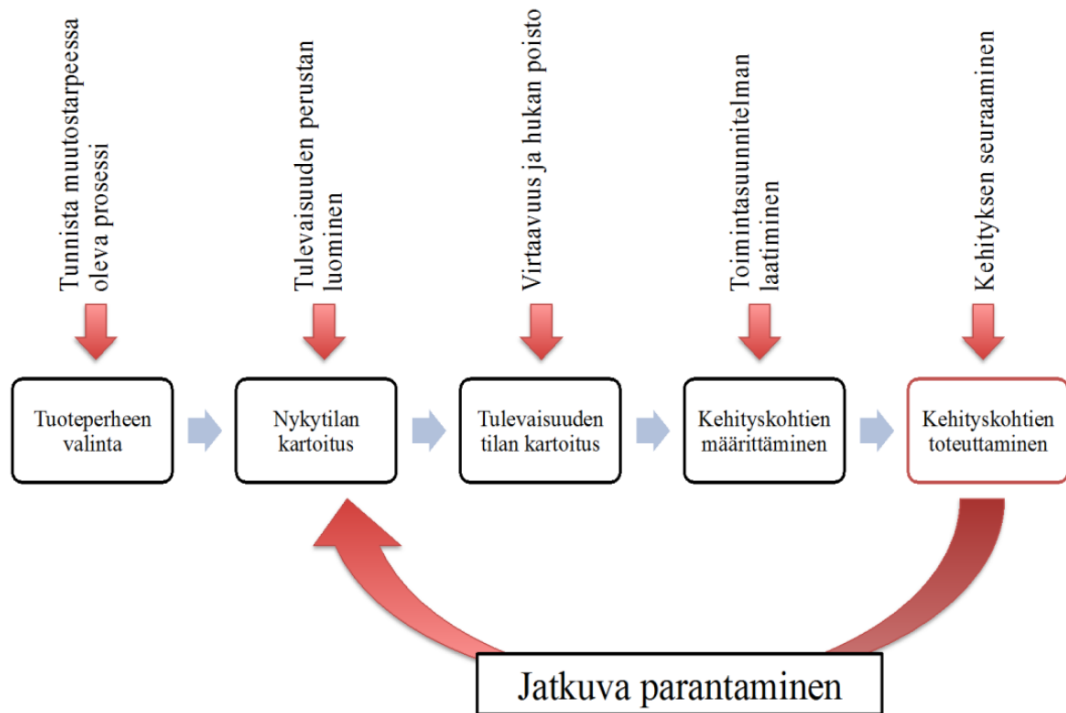
Standardointi voidaan suorittaa, kun 5S:n neljä edellistä vaihetta on onnistuneesti otettu käyttöön. Shitsuke tarkoittaa itsekuria ja sääntöjen noudattamista. Siihen kiteytyy 5S:n ideologia nähdä edellä mainitut menettelytavat normaalina osana jokapäiväistä työelämää. Työntekijöiden tulisi olla rutinoituneita noudattamaan kaikkia sovittuja 5S-menetelmiä. Yrityksen johto määrittää standardit jokaiselle vaiheelle, ja sen on kyettävä mittamaan jokaisen vaiheen edistystä. (Chiarini 2013, s.88)

2.3.3 Arvovirtakartoitus

Lean-kirjallisuuden mukainen arvovirtakartta (Value Stream Map - VSM) on visualisointityökalu, joka auttaa ymmärtämään prosessisekvenssien materiaalin ja informaation virtauksen arvoketjun läpi. Malliin kuvataan kaikki valmistusprosessit ja tukitoiminnot joita tietyn tuotteen valmistus raaka-aineesta lopputuotteeksi sisältää. Niihin liittyvät materiaali- ja informaatiovirrat mallinnetaan prosessien välille kuvaamaan työntöä tai imua. Tuoteperhe tai tutkittava prosessi tulee rajata yksiselitteisesti. (Rother ja Shook 1999, s.1-3) Tuoteperheen määrittämistä varten on kirjallisuudessa esitetty useampi työkalu jotka eivät liity suoraan tähän diplomityöhön. Prosessien arvontuottoa arvioidaan erilaisin mittarein, ja arvoa tuottamattomat prosessit merkataan erikseen. Arvovirtakartoitus koostuu viidestä peräkkäisestä vaiheesta joiden linkittymistä jatkuvaan parantamiseen havainnollistaa kuva 8. Kartoitus etenee seuraavassa järjestyksessä:

1. Tuoteperheen/tutkittavan prosessin valinta
2. Nykytilan kartoitus
3. Tulvaisuuden tilan kartoitus
4. Kehityskohteiden määrittäminen
5. Kehityskohteiden toteuttaminen.

(Rother ja Shook 1999, s.3-7)



Kuva 8. Jatkuvan parantamisen etenemismalli (mukaiillen Tyagi & Vadrevu 2015, s. 1260).

VSM auttaa näkemään tuotannon virtausta kokonaisuutena. Ideana on parantaa koko arvovirtaketjun toimintaa, ei ainoastaan optimoida osia siitä. VSM auttaa näkemään hukkaa, välivarastoja ja epätasaista virtausta. Se toimii pohjana Lean työkalujen hyödyntämiselle, sillä sen avulla nähdään miten eri vaiheissa tehdyt päätökset vaikuttavat arvovirran muihin prosesseihin tai osapuoliin. Ylätason arvovirtakartta sisältää usein vähintään raaka-aineiden toimittajan sekä tuotteen asiakkaan. Ylätason mallia voidaan tarkentaa pilkkomalla aliprosesseja sisältävät vaiheet omiksi kokonaisuuksiksi. (Rother ja Shook 1999, kappale 1)

Arvovirtakartta itsessään ei tuota Leanin mukaista ympäristöä. Tätä varten tarvitaan tulevaisuuden visio, joka on mahdollisimman pitkälle virtautettu ja Leanin mukainen. Toyota Production System (TPS) arvostaa informaatiovirran yhtä tärkeäksi tai tärkeämmäksi kuin materiaalivirran. Informaation tulee virrata esteettä edellisestä vaiheesta seuraavaan, jolloin koko ketjulla on jokaisessa vaiheessa tieto mitä tehdään, kuinka paljon ja millä aikataululla.

(Rother ja Shook 1999, kappale 1, Bhasin 2015, s. 95–97)

Arvovirtakartoituksella on myös rajoituksensa. Rother ja Shookin (1999, kappale 1) esittämä malli perustuu kynään ja paperiin, jolloin sen tarkkuus vaihtelevassa tuotantoympäristössä on kyseenalainen. Jos tuotteiden kysynnässä, reitityksessä tai tuotantovälineiden kapasiteetissa ja asetusajoissa esiintyy satunnaisvaihtelua, niitä ei pystytä perinteiseen arvovirtakarttaan mallintamaan tarkasti. Epälineaaristen tuotannon optimointiongelmien ratkaisuun tarvitaan kehittyneempiä malleja ja ohjelmistoja. Esimerkiksi

simuloinnin avulla voidaan ottaa huomioon pitkällä aikavälillä tapahtuvan satunnaisvaihtelun vaikutukset kyseessä olevaan arvovirtaan.

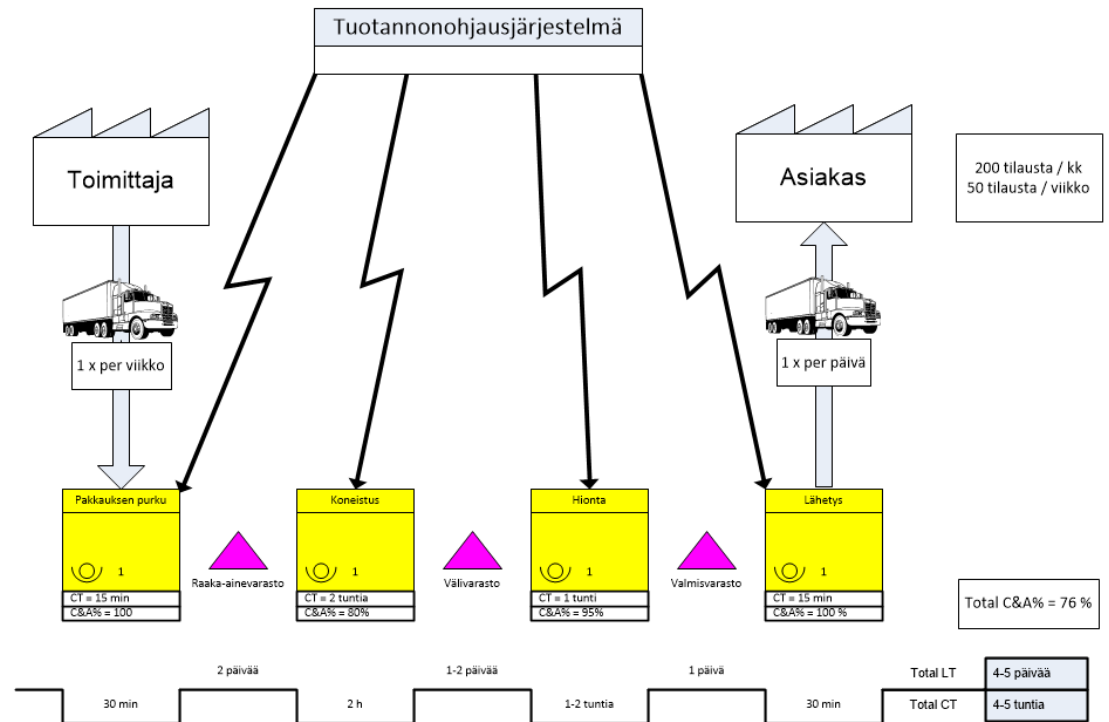
(Zhout et al. 2016, s. 702)

Nykytila

Arvovirtakartoituksen nykytilan kuvaus alkaa analyysivaiheella, jossa fyysisesti kävelään koko arvoketjun läpi. Jokaisesta vaiheesta kerätään kyseiselle virralle relevanttia informaatiota. Aloittamalla arvovirran lopusta päästään parhaiten kiinni asiakasta koskeviin prosesseihin, joiden tulisi määrittää tahti imuohjauksen kautta alavirrassa oleville prosesseille. (Rother ja Shook 1999, s.9-12)

VSM:n teko koostuu selkeästi jaotelluista vaiheista (Quarterman ja Snyder 2006, s. 53-58), jotka helpottavat kokonaisuuden hahmottamista. Alla olevan etenemisjärjestyksen mukainen esimerkki arvovirtakartta on mallinnettu kuvassa 9:

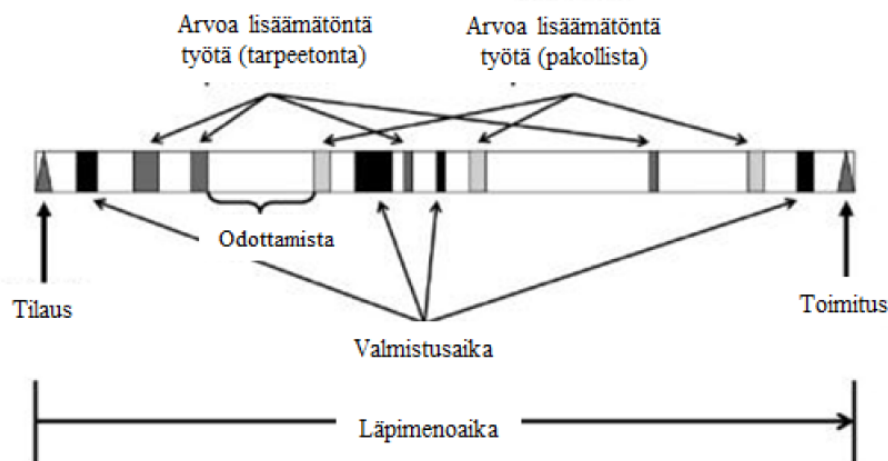
1. Mallinnetaan asiakas, toimittaja ja tuotannonohjausjärjestelmä.
2. Syötetään asiakastilausten määrä päivän ja kuukauden mukaan. Määrän vaihdellessa voidaan soveltaa kysynnän vaihteluun soveltuvia kaavoja, jolloin saadaan järkevä vaihteluväli tilausten saapumiselle.
3. Syötetään tuotannon maksimikapasiteetti, joka kuvastaa mahdollisimman hyvin nykyistä tilannetta.
4. Mallinnetaan kuljetukset toimittajalta tehtaalle sekä tehtaalta asiakkaalle.
5. Mallinnetaan kaikki arvovirtaketjun prosessit niiden luonnollisessa etenemisjärjestyksessä.
6. Lisätään prosessi-laatikoihin data-laatikot.
7. Lisätään kommunikaationuolet ilmaisemaan menetelmää, jolla tieto liikkuu prosessien välillä.
8. Täytetään datalaatikot prosessia kuvaavilla attribuuteilla.
9. Lisätään operaattorien määrät jokaiseen prosessiin.
10. Lisätään välivarastot ja niiden varastotasot.
11. Lisätään imu ja työntö symbolit.
12. Lasketaan läpimenoajat aikajanalle .
13. Lasketaan koko ketjun vaihe- ja prosessiaika.



Kuva 9. Esimerkki arvovirtakartasta (mukaiillen Rother ja Shook 1999, s. 24-25)

Mittarit

Arvovirtakartoituksen mittarit perustuvat pitkälti arvoa lisäämättömien ja arvoa lisäävien töiden kestoihin. Kuvan 10 mukaisesti kokonaisläpimenoaika koostuu useista eri operaatioista, joista harva lisää arvoa asiakkaan silmissä.



Kuva 10. Valmistus- ja läpimenoaikojen suhteet tuotantoprosessissa (mukaiillen ChannelSoft Partners 2016).

Vaihe aika kuvastaa yhden prosessivaiheen arvoa lisäävää toimintaa. Ei huomioi jonotus-, eikä asetusaikoja. (Bhasin 2015, s. 128)

Tahti aika perustuu todelliseen asiakaskysyntään ja käytössä oleviin työtunteihin kaavan 1 mukaisesti (Quarterman ja Snyder 2006, s. 68).

$$Tahti aika = \frac{Käytössä oleva tuotantoaika}{Työ tehty Päivittäinen kysyntä} \quad (1)$$

Tahtiajan tarkka määrittäminen auttaa toimittamaan oikeaa tuotetta oikeaan aikaan oikeina määrinä, jolloin tuotantokapasiteetin suunnittelu helpottuu. Tuotannon vaiheajat voidaan tahdittaa kestoiltaan saman suuruisiksi, jolloin tuotteet etenevät virtaavasti prosessista toiseen. Se auttaa myös stabiloimaan tuotantosysteemin, jolloin inventaarin ja yli-tuotannon määrä saadaan pidettyä kurissa. Tahtiajan seuraaminen on myös työntekijöille hyvä motivointitekijä, se antaa kuvan tasaisesta tuotannosta. (Quarterman ja Snyder 2006, s. 68).

Odotusaika sisältää kaikki ne ajat, joihin tuotteeseen ei suoraan kohdistu mitään työtä, eivätkä täten kasvata sen arvoa. Kohdassa Odottaminen kuvataan tarkemmin odottamisesta aiheutuvia haittoja. (Bhasin 2015, s. 129).

Complete and accurate -prosentti on suhdeluku työn virheettömästä suorittamisesta kaavan 2 mukaisesti. Mittarin tulisi perustua prosessista kerättävään dataan. (Beau ja Locher 2004, s.26)

$$\%C/A = \frac{Työ tehty oikein (kappalemäärä)}{Työ tehty (kappalemäärä)} \quad (2)$$

Nykytilan analyysi

Arvovirran tehokkuus perustuu tuotteen arvoon asiakkaan näkökulmasta. Tästä syystä on luonnollista aloittaa analyysi prosessivaiheiden kategorioimisesta kolmeen alaryhmään:

- 1) Arvoa lisäävä työ sisältää olennaiset toiminnot jotka muuttavat tuotetta siten, että asiakas on valmis maksamaan niistä.
- 2) Arvoa lisäämätön työ tai hukka sisältää tarpeettomia toimintoja, jotka lisäävät aikaa, työtä, kuluja, mutta eivät arvoa. Näitä ovat esimerkiksi tarkastaminen, korjaus, odottaminen tai käyttämätön tieto.
- 3) Lisätyöt sisältävät johdon asettamia olennaisia toimintoja jotka tukevat, ohjaavat ja monitoroivat sisäisiä liiketoimintoja. Näillä toiminnoilla on vähän tai ei ollenkaan havaittavaa arvoa asiakkaalle. Esimerkiksi budjetointi, auditointi, hyväksynät ja dokumentaatio ovat toimintoja, jotka asiakas harvoin kokee arvokkaaksi. Erilaiset tuotteen ja tehtaan sertifikaatit voivat lisätä asiakkaan luottamusta yritystä kohtaan, mutta arvon tuotto tässä yhteydessä nähdään suoraan tuotteen ominaisuutena.

(Chiarini 2013, s.31)

Jos arvovirran prosesseissa esiintyy suurta vaihtelua tai tuotantovolyymit ovat suuria, voi prosessista kerättävän datan tarkemmasta analysoinnista olla hyötyä (Bhasin 2015, s.68). Tässä diplomityössä volyymit ovat pieniä ja prosessit yksinkertaisia, joten monimutkaisemmat matemaattiset mallit on jätetty työstä pois.

Quarterman (2006, s.67-73) esittää viitekehyksen jossa arvovirran analyysia varten esitetään sarja tutkimuskysymyksiä. Jos arvovirrassa esiintyy seuraavia tapauksia, kannattaa analysointi aloittaa niistä:

- suuret välivarastot
- pitkät siirtomatkat tai –ajat
- pitkät setupit ja suuret erät
- laatuongelmat
- huono saatavuus, jokin ei toimi
- informaatiovirrat viivästyvät, tai niitä niputetaan.

Tämän lisäksi koko arvovirtaa koskevia kysymyksiä Quartermanin (2006, s.67-73) mukaan ovat:

- Mitkä asiakkaan asettamista vaatimuksista eivät toteudu?
- Mihin informaatiovirrat pysähtyvät tai jonoutuvat? Miksi?
- Työnnetäänkö informaatiota tai dokumentteja ennen kuin seuraava vaihe tarvitsee niitä?
- Tehdäänkö työ samalla tavalla joka kerta?
- Onko työ priorisoitu johdonmukaisesti ja järkevästi?

Tahtiaikaa tulee hyödyntää prosessin virtauksen parantamiseksi. Jos jokin prosessi kestää pidempään kuin laskettu tahtiaika, voidaan se tunnistaa pullonkaulaksi eli prosessi-kohtaiseksi kapasiteettiongelmaksi. Puollonkaulojen tunnistaminen arvovirtaketjussa on tärkeää, sillä läpimenoajan lyhentäminen jossain muussa kuin pullonkaulaprosessissa ei nopeuta arvovirtaketjun kokonaisläpimenoaikaa. Pullonkaulan eliminoimiseksi voidaan joko nopeuttaa prosessia, lisätä kapasiteettia tai poistaa prosessi. (Quarterman 2006, s.67-73)

Tulevaisuudentilan kartoitus

Nykytilan pohjalta muodostetaan visio halutusta tulevaisuudesta. Mallin tulisi edustaa Leanin mukaisia periaatteita ja toimintatapoja. Sen tavoitteena on luoda toteutettavissa oleva viitekehys jota kohden toiminnan tulisi edetä. Tulevaisuudentiloja voi olla eri aikaintervalleilla, jolloin matka kohti lopullista visiota on helpommin hallittavissa. Lyhyen tähtäimen arvovirtakarttoihin on helppo tehdä pieniäkin muutoksia, kunhan toiminta on menossa kohti pitkän tähtäimen visiota. Tulevaisuuden tilaa määriteltäessä tulee tunnistaa kaikki potentiaalisesti toimintaa parantavat mahdollisuudet ja keksiä keinot haastavilta näyttävien lopputilanteiden saavuttamiseksi. (Rother ja Shook 1999, s.49-51) Diplomityön keskittyessä hallinnollisiin tehtäviin käydään tässä kappaleessa läpi vain toimistotyöhön liittyvien tulevaisuudentilojen kehityskeinoja.

Engineer-To-Order -arvovirtaketjussa tulevaisuudentilassa priorisoidaan eri parametrejä kuin volyymituotannossa. Tärkeimpinä tavoitteina ovat prosessin virheettömyys ja nopea läpimenoaika. (Kerber ja Dreckshage 2011, s.5) Tulevaisuuden tilan saavuttamiseksi tulisi tarkastella kauanko epätäydellisen ja virheellisen tiedon korjaamiseen menee aikaa. Mitä kauemmin korjaus kestää, sitä tärkeämpää olisi parantaa kyseisen prosessin C/A-prosenttia. (Wiegand ja Nutz 2008, s. 29-30)

Toinen tärkeä tekijä hukan poistamisessa on odotusaikojen vähentäminen ja eliminointi. Jos yhden kappaleen virtausta ei saada toteutettua, tulisi varmistaa että keskeneräisten töiden jono toimii FIFO-periaatteella. Töiden odotusaikaa tulisi mitata ja asettaa tavoitteet lyhyemmälle kestolle. (Thomassen et. al. 2015, s.5)

Toimiston työpisteen kapasiteettia on vaikeampi mitata kuin tuotannon operaatioiden, mutta seuraukset ylikuormitetusta työpisteestä ovat molemmissa vakavat. Jos laitteen toimitukselle ei ole laskettu operaatio- tai projektikohtaista bufferia, aiheuttaa työpisteen ylikuormitus suurella todennäköisyydellä odotusaikaa seuraavalle vaiheelle ja pahimmassa tapauksessa myöhästymän toimitukseen. Työpisteellä tulisi olla systeemi, joka näyttää reaaliaikaisesti työpisteen tai osaston kapasiteetin, jonka ylittyessä systeemi antaa hälytyksen. Parametri voidaan ohjelmoida tietojärjestelmään tai käyttää visuaalisia menetelmiä. (Lane 2007, s. 2-4) Osaston johdon tulisi reagoida mahdollisimman nopeasti WIPin määrän ylittäessä kriittisen rajan. Johtaja voi itse alkaa prosessoida WIPiä, priorisoida osaston työtehtävät väliaikaisesti työstämään WIPiä tai vaatia ylitöitä. (Quarterman ja Snyder 2006, s. 68)

Läpimenoajan lyhentämiseksi voidaan yrittää vähentää myös operaatioiden prosessointiaikoja. Jos jonkin operaation tiedetään kestävän kauemmin kuin tahtiajan, kannattaa tulevaisuuden tilan hahmottaminen aloittaa siitä. Plan-Do-Act-Check -sykliä voidaan hyödyntää toiminnan parantamisessa, dokumentoinnissa ja standardoinnissa. Tietojärjestelmien toimintojen automatisointi ja tiedon läpinäkyvyys vähentävät usein prosessointiaikaa huomattavasti ja parantavat C/A-prosenttia. (Lane 2007, s. 35-37)

3 Toimitusketju

Tässä osiossa käydään strategisella tasolla läpi mitä yleisiä eri päätason malleja toimitusketjujen rakenteissa ja tuotannonohjausmuodoissa on tunnistettu kirjallisuudessa. Jokainen yritys toimii ainutlaatuisella tavalla, eikä jokainen toimitusketju ole kategorisoitavissa yhteenkään valmiiseen viitekehykseen. Ketjuja voidaan kuitenkin luokitella sen perusteella, millä tavalla ja missä arvoketjun pisteessä ne reagoivat asiakastilauksiin. Massatuotannon toimitusketjut ja tuotannonohjausmuodot kuvataan lyhyesti, pääpaino luvussa on kustomoitujen ja asiakkaan tarpeen mukaisesti suunniteltujen mallien tarkastelussa. Toimitusketju määritellään APICS Dictionaryn (2002) mukaan seuraavasti:

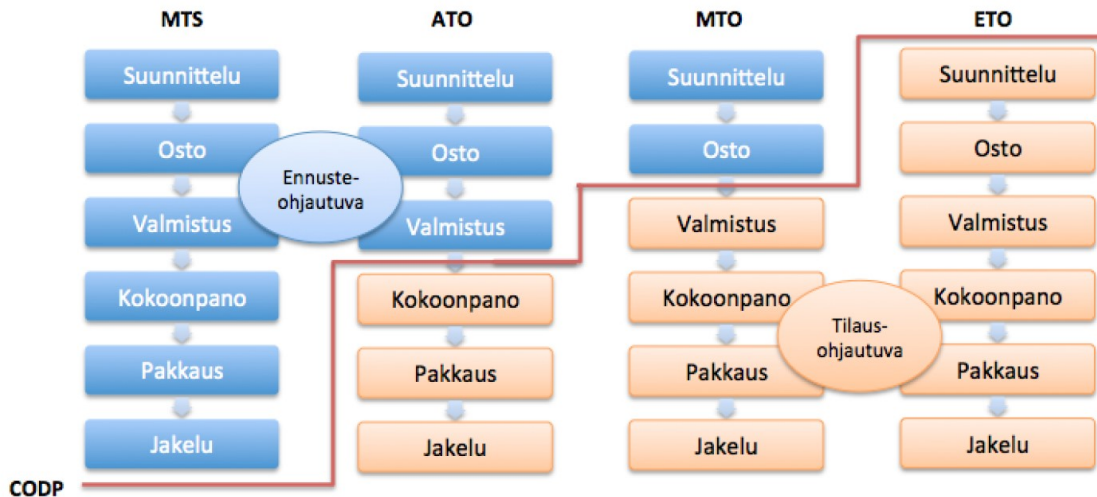
Globaali verkosto jota käytetään tuotteiden ja palvelujen toimittamiseen raaka-aineista loppuasiakkaalle hyväksikäyttäen suunniteltua informaation virtausta, fyysisiä jakelukanavia sekä omaisuuden vaihtoa.

3.1 Toimitusketjujen rakenne

Tuotannonohjausmuodolla tarkoitetaan yrityksen tapaa ohjata toimitusketjun toimintaa siten, että yritys pystyy valmistamaan tuotteen asiakkaan kysynnän ja tarpeen mukaisesti. Tavoitteena on samalla optimoida käytössä olevat resurssit ja minimoida koko ketjun kustannukset. Tuotannonohjausmuotoja on paljon erilaisia, ja niistä käytetään eri lähteissä eri nimiä. Yleisellä tasolla eri toimitusketjumallit voidaan jakaa neljään yleisimpään kategoriaan: make-to-stock, make-to-order, assemble-to-order ja engineer-to-order. (Vollmann et. al. 1997, s. 319)

Toimitusketjun rakenteen tulee vastata toimitettavan tuotteen tuoterakennetta. Mitä syvemmälle tuotteen kustomointi ulottuu, sitä aikaisempaan toimitusketjun operaatioon asiakkaan tilaus vaikuttaa. Tuotteen standardointi voidaan jakaa viiteen kategoriaan: puhdas standardointi, segmentoitu standardointi, kustomoitu standardointi, räätälöity kustomointi, puhdas kustomointi. (Lampel ja Mintzberg 1996, s. 21-22)

Erilaiset toimitusketjut voidaan luokitella asiakastilauksen kytkentäpisteen (CODP) sijainnilla ketjussa. KytKentäpisteellä tarkoitetaan sitä toimintoa toimitusketjussa, jonka jälkeen toiminta perustuu suoraan asiakkaan tilaukseen. (Gosling ja Naim 2009, s.743) Kuva 11 havainnollistaa ennuste- ja tilausohjautuvien mallien kytkentäpisteiden määritymistä.



Kuva 11. CODP pisteen määräytyminen eri tuotannonohjausmuodoilla (mukaillen Yang ja Burns 2003, s. 2077).

3.1.1 Make-to-stock (MTS)

MTS on puhtaasti varasto-ohjautuva malli, jossa toimitusketjun tuotantoa ohjataan täysin kysynnän ennusteiden perusteella. Lopputuotteet valmistetaan varastoon, josta asiakas tai tukkuri tilaa tarvitsemansa tuotteet. Mallia käytetään standardituotteiden kohdalla tai kun tuotteen rahallinen arvo on suhteellisen pieni. Tuotevalikoima on pakko pitää suppeana, jotta varastoarvot eivät aiheuta liikaa hukkaa tai myymättömiä tuotteita. Operaatioiden fokus on varastotasojen hallinnassa, tuotannon eräkokojen määrittämisessä sekä kysynnän ennustamisessa. (Vollmann et. al. 1997, s. 325-326)

3.1.2 Assemble-to-order (ATO)

Assemble-to-order -mallissa toimitettava tuote koostuu standardoiduista komponenteista ja alikokoonpanoista, jotka kokoonpannaan asiakkaan tilauksen mukaan. Vakiokomponentit tuotetaan tai hankitaan ennusteohjautuvasti varastoon, ja kokoonpano suoritetaan tilausohjautuvasti. Menetelmällä voidaan ylläpitää huomattavasti laajempaa tuotevalikoimaa kuin MTS-ohjauksessa. Tuotteet kuuluvat segmentoidun standardoinnin tai kustomoidun standardoinnin piiriin, eli asiakas voi muokata tilaustaan tuotteen asettamien kustomointirajoitteiden puitteissa. ATO-mallin tuotannonohjauksen fokus on komponenttien saatavuudessa puolivalmisvarastoissa sekä tilauksen tehokkaassa läpimenoajassa. Käytännön tasolla kysynnän ennustaminen ja osaluetteloiden (Bill of Materials - BOM) hallinta ja järkevä suunnittelu nousevat tärkeimmiksi menestystekijöiksi. (Vollmann et. al. 1997, s. 327-329)

3.1.3 Make-to-order (MTO)

Mallissa tuotannonohjaus perustuu puhtaasti asiakkaan tilaukseen. Tuotteet ovat asiakaskohtaisesti räätälöityjä tai tuotevalikoima on erityisen kattava. Tilausohjautuva malli pienentää huomattavasti tai poistaa kokonaan valmisvarastot, mutta tuotannon läpimenoajat ja mahdollisesti puolivalmisvarastojen koot kasvavat. Tuotantoon saattaa myös syntyä erilaisia varmuusvarastoja eri vaiheiden väliin, joilla pyritään kompensoimaan kysynnän vaihtelua. Kasvava läpimenoaika saattaa vaikuttaa myös negatiivisesti toimi-

tusketjun palveluasteeseen. Toisaalta ketjun on pakko olla ketterä reagoimaan muuttuvaan tilauskantaan. (Vollmann et. al. 1997, s. 330-331)

3.1.4 Engineer-to-order (ETO)

Engineer-to-order -mallissa tuotantoa ohjataan täysin tilausohjautuvasti. Tuotteet ovat osittain tai kokonaan suunniteltu asiakkaan vaatimusten mukaisesti, ja tuoterakenteet ovat usein monimutkaisia sekä projektiluonteisia. Valmistettu tuote on asiakkaalle arvoltaan huomattavasti muita tuotannonohjausmalleja suurempi johtuen korkeammasta kustomointi- ja palveluasteesta. Suurimmat haasteet liittyvät eri prosessien läpimenoaikoihin; varsinkin suunnittelutyö vie huomattavan osan koko tuotteen läpimenoajasta. (Gosling ja Naim 2009, s.744-745) ETO-mallia käydään tarkemmin läpi kappaleessa 3.3.

Ylävirtaan sijoitetulla kytkentäpisteellä voidaan saavuttaa merkittäviä etuja laskeneissa varastotasoissa ja tuotteiden asiakaskysyntää on helpompi ennustaa. Alavirtaan sijoitettu kytkentäpiste vuorostaan tekee käytännön tuotantoprosesseista sulavampaa, helpommin kontrolloitavaa sekä lyhentää tuotteen toimitusaikaa. (Hedenstierna ja Ng 2011, s. 1035) ETO-toiminnan asiakasrajapinnan määrittelystä kerrotaan lisää kappaleessa 3.3.2

3.2 Toimitusketjun hallinta

Toimitusketjun hallinta (Supply Chain Management, SCM) käydään läpi yleisellä tasolla, ja tarkastellaan minkälaisia eri toimintoja siihen sisältyy. Koska diplomityö käsittelee toimintaa Lean-ympäristössä, tarkastellaan toimitusketjun hallintaa Lean-periaatteiden mukaisesti. Kappaleessa käydään myös tarkemmin läpi ETO-toimitusketjun hallinnan erityispiirteet.

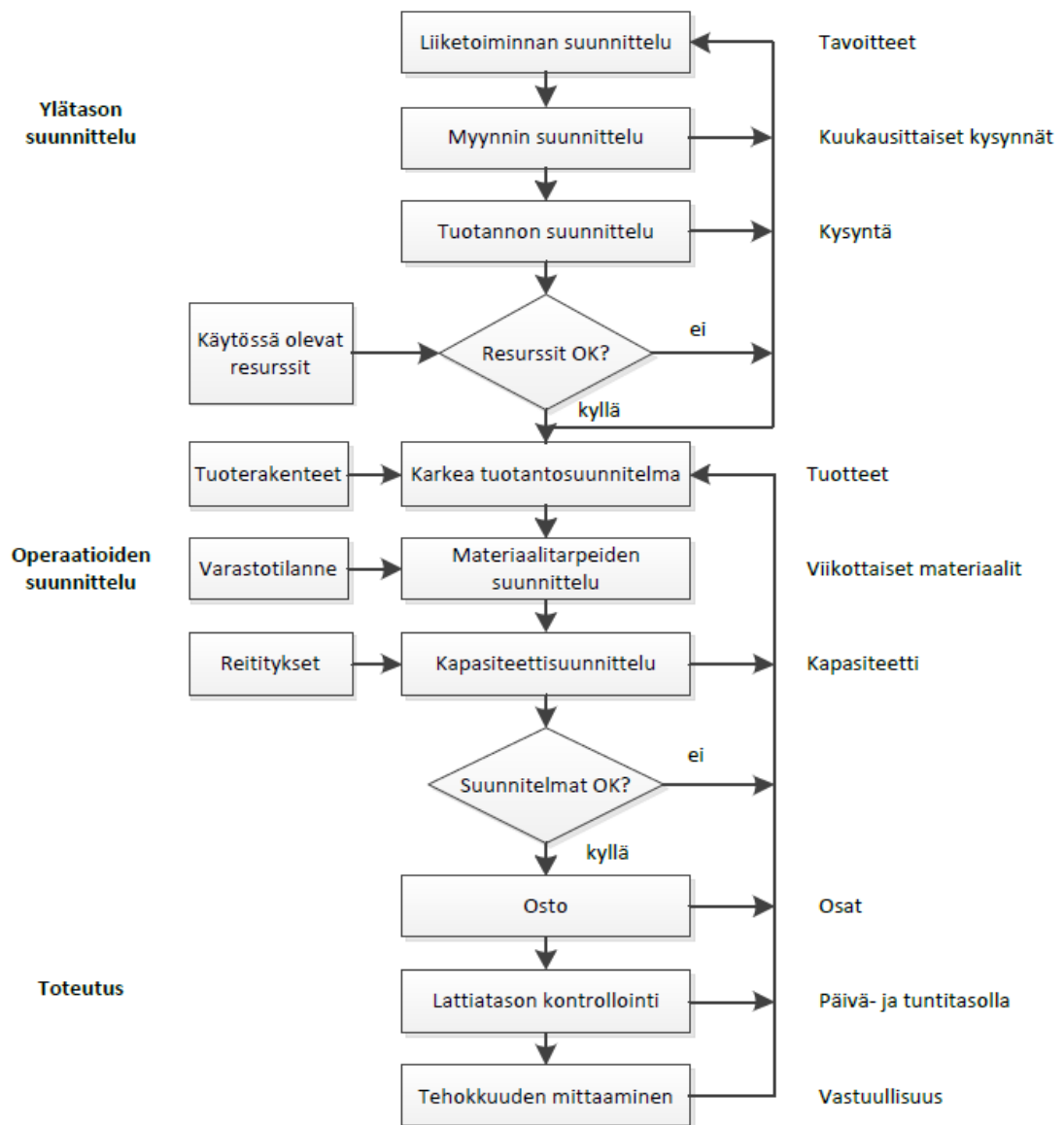
Toimitusketjun hallinta pitää sisällään kaikki suunnittelu- ja hallintatoimet, jotka liittyvät toimitettavan tuotteen hankintaan, tuotantoon, ja logistiikkaan. Aktiviteettejä ovat näiden vaiheiden suunnittelu, toteutus, kontrollointi ja valvonta. Toimitusketjun hallinnan tavoitteena on luoda yritykselle nettoarvoa, kilpailukykyinen infrastruktuuri, synkronoida kysyntä ja tarjonta sekä mitata globaalia suorituskykyä. (Kerber ja Dreckshage 2011, s.1-2)

3.2.1 Materiaalien hallinta

Materiaalien hallinta käsittää kaikki hallinnointitoimet, jotka tukevat materiaalivirtauksen sykliä raaka-aineesta lopputuotteeksi. Siihen kuuluu tuotantomateriaalien hankintojen kontrollointi, keskeneräisen tuotannon (WIP) määrän suunnittelu ja kontrollointi sekä lopputuotteiden varastointi ja lähetys. Toiminnan tavoitteena on tyydyttää odotettu taso asiakkaan tarpeista ja minimoida toimitusketjun kustannukset. Lean-toimitusketjulla on myös muita tavoitteita, jotka pätevät yrityksen toimintamallista riippuen myös yleisellä tasolla: varallisuuden käytön optimointi, inventaaritasojen ylläpito ja kontrollointi, toimittajakannan supistaminen sekä hankintojen kustannusten minimointi. (Kerber ja Dreckshage 2011, s.2-4)

3.2.2 Tuotannon resurssien suunnittelu

Toimitusketjun hallintaan on kehitetty viitekehyksiä, joiden puitteissa toimiminen helpottaa kokonaisuuden hahmottamista. Tuotantoyksikön resurssien suunnittelu alkaa pitkän aikavälin suunnitelmasta, josta se etenee kohti yksityiskohtaisempaa suunnitelmaa aina tehtaan lattiatason kontrollointiin asti. Kuvaan 12 on mallinnettu tuotannon resurssien suunnittelun toimintoja, jotka voidaan jakaa liiketoimintatason suunnitteluun, operaatioiden suunnitteluun sekä suunnitelmien toteutukseen. Prosessi toimii takaisinsyöttöjärjestelmänä, eli jokainen vaihe tarkastetaan toteuttamiskelpoisuutensa puolesta ja tarpeen vaatiessa palataan edelliseen vaiheeseen. Kun tämä toiminta kattaa yrityksen kaikkien, mahdollisesti globaalien, resurssien suunnittelun käytetään siitä termiä Enterprise Resource Planning (ERP). Apuna käytetään tietojärjestelmiä, jotka linkittävät eri toiminnot, osapuolet ja funktiot toisiinsa automaattisesti sekä mahdollistavat liiketoiminnan transaktioiden reaaliaikaisen suorittamisen. ERP-järjestelmiin sisältyy usein myös erilaisia analysointityökaluja kuten ABC-laskentaa, ennustuksen tarkkuuden kuvausta ja tuotantomäärien vaihteluiden simulointia. Käytännössä modernin toimitusketjun tuotannon resurssien suunnittelu on mahdotonta ilman tietyn automaatioasteen omaavaa ohjelmistoa, joten usein termillä ERP tarkoitetaan juuri suunnitteluun käytettävää tietojärjestelmää. (Kerber ja Dreckshage, 2011, s.2-3)



Kuva 12. Tuotannon resurssien suunnittelun aktiviteetit ja intervallit (mukailten Kerber ja Dreckshage 2011, s.3).

3.3 Engineer-to-order -toimitusketju

Tässä osiossa selvennetään, mitä uniikkeja ominaisuuksia Engineer-to-Order-toimitusketjuun liittyy, ja mitkä tekijät vaikuttavat sen menestykseen. Siinä missä perinteinen Lean-toimitusketju tavoittelee tehokkaita operaatioita hukkan eliminoinnilla, tuotteiden standardoinnilla ja MRP (Materials Requirements Planning) -pohjaisella tuotannon suunnittelulla, on ETO-toimitusketjun menestymisessä oleellista joustavuus reagoida muuttuviin asiakasvaatimuksiin kilpailijoita nopeammalla kokonaisläpimenoajalla. Tuotannon suunnittelu ja ohjaus joudutaan suorittamaan vähemmän strukturoidussa ympäristössä, ja toimintaan liittyy aina jonkinasteista epävarmuutta. Tietyillä markkinoilla

ETO-malli ei ole välttämättä kilpailuetu vaan elinehto. (Amaro et al. 1999, s. 350, Olhager 2003, s. 321)

3.3.1 ETO-toimitusketjun ominaispiirteet

ETO-toimitusketjun ominaispiirteet tulevat esille asiakastilaukseen liittyvissä aspekteissa, sillä toimitusketjun kaikki tuotantoon liittyvät toiminnot ovat täysin tilausohjautuvia. Koska koko tuote tai osa siitä on suunniteltu asiakkaan tilauksen mukaan, lasketaan suunnitteluvaihe mukaan tuotteen läpimenoaikaan. Tällöin toimitusketjun hallinnoinnissa tulee huomioida myös vaiheet jotka eivät pidä sisällään fyysistä tuotantoa ja arvonnäystä. Tuotteen valmistuksen suunnitteluun saattaa myös kulua aikaa, jos tuotantolinja ei pysty valmistamaan tuotetta standardien prosessien mukaisesti. (Bertrand ja Muntslag 1993, s. 4-7)

ETO-mallin mukaisesti toimivilla toimitusketjuilla voi olla suuriakin eroavaisuuksia toisiinsa nähden. Tuoterakenteen monimutkaisuus ja asiakastilauksen vaikutus tuotteeseen vaihtelevat. Tehdastilojen lay-out ja tuotantoprosessien monimutkaisuus riippuvat valmistettavasta tuotteesta ja sen kustomointitarpeista. Markkinatilanne ja kilpailijoiden vaikutus omaan tuotantoon ovat alakohtaisia, ja saattavat ajaa tuotantoyksikköä kohti tiettyä toimitusketjun rakennetta. (Gosling ja Naim 2009, s.741-744)

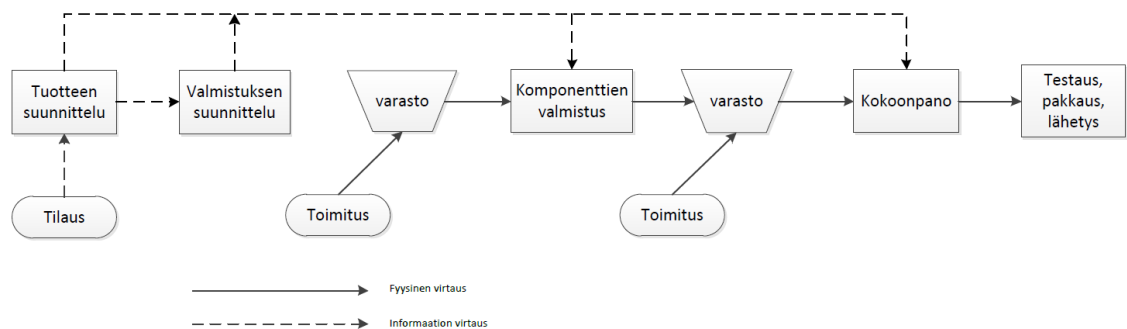
ETO-ympäristössä tuotannonohjaukseen liittyy Bertrandin ja Muntslagin (1993, s. 6) mukaan kolme ominaispiirrettä: dynaamisuus, epävarmuus ja monimutkaisuus. Tuotantoympäristö on dynaaminen, jos toimitusketjun parametrit vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi myyntivolyymi saattaa olla sesonkiluonteinen, mutta tilausmäärien vaihtelua on silti vaikea ennakoida. ETO-toimitusketjun tulee reagoida vaihteluihin nopeasti, sillä tuotteita ei voida valmistaa varastoon. Joustavuutta vaaditaan kaikilta toimitusketjun osapuolilta.

Epävarmuus toimitusketjussa ilmenee tiedon puutteena: kuinka paljon tietoa tarvitaan, ja kuinka paljon sitä kyseisellä hetkellä saatavissa. Ketjun epävarmuustekijät voidaan jakaa kolmeen alaluokkaan: tuotteen spesifikaatioiden epävarmuus, tuotemixin ja volyymin epävarmuus sekä prosessien epävarmuus. (Bertrand ja Muntslag 1993, s. 6)

ETO-projektin alussa tuotteen spesifikaatiot eivät välttämättä ole täysin määritellyt ja ne saattavat muuttua kesken toimitusprosessin. Tämä saattaa aiheuttaa vaihtelua tuotteen lopulliseen hintaan, läpimenoaikaan ja työn suorittavan tuotantolinjan kapasiteettiin. Suunnittelutyön edetessä edellä kuvatut aspektit alkavat hahmottua selkeämmiksi vähitellen. Myös itse suunnittelutyöhön liittyy usein tietty määrä epävarmuutta, joka tulisi ottaa huomioon toimitusketjussa. Jos suunnitteluun uppoaa liikaa aikaa ja rahaa, on tuote vaikea toimittaa oikeaan hintaan oikeassa ajassa. ETO-laitteiden tarkkaa kysyntää on erittäin hankala ennustaa. Asiakkaille lähetettävien tarjousten toteutuminen varsinaiseksi tilaukseksi vaihtelee suuresti, jolloin tarjouksiin perustuvaa mittausta on hankala käyttää apuna tilausmäärien ennustamiseen. (Bertrand ja Muntslag 1993, s. 6-7)

Prosessien epävarmuus riippuu tuotantoyksikön käytössä olevista valmistusmenetelmistä ja laitteistosta. Tuoterakenteen epävarmuus asettaa omat rajoitteensa käytössä olevien resurssien allokoinnin suunnitteluun. Resurssien ja tuotanto-operaatioiden tyypit vaihtelevat toimitusketjun tuotantoyksikköjen välillä. Tästä syystä resurssien kokonaismäärä voi olla tasapainossa, mutta yksittäiset operaatiot ja tuotantovälineet saattavat olla epätasaisesti kuormitettu, ja koko tuotantoyksiköltä vaaditaan paljon lyhyen aikavälin joustavuutta. (Bertrand ja Muntslag 1993, s. 6)

ETO-toimitusketjun virtauksessa täytyy huomioida fyysisten vaiheiden saumaton materiaalivirtaus. Komponenttien valmistus-, kokoonpano- ja pakkaus aika saattavat vaihdella tuotekohtaisesti. ETO-tuotteen liikuttamiseen tehtaassa sisällä ei välttämättä voida käyttää normaalia laitteistoa. Myös aineettomien operaatioiden, kuten tuote- ja prosessisuunnittelun virtaus ja tiedonsiirto, tulee edetä jouhevasti. (Bertrand ja Muntslag 1993, s. 6-7) Kuva 13 havainnollistaa operaatioiden etenemisjärjestystä perinteisessä ETO-toimitusketjussa. Virtauksen parantamiseksi suositellaan useammassa lähteessä tietojärjestelmien täyttää läpinäkyvyyttä toimitusketjun eri osapuolille sekä operaatioiden valmistumisen automaattista seuranta. ETO-toimitusketjujen tietojärjestelmiä kuvataan tarkemmin kappaleessa 3.3.3.



Kuva 13. ETO-toimitusketjun operaatioiden eteneminen (mukaillen Bertrand ja Muntslag 1993, s. 5).

Suunnitteluvaihetta on vaikea standardoida projektien uniikkien luonteiden takia. Projektin etenemistä on hankala mitata aineettomassa vaiheessa. ETO-laitteita suunnittelevan osaston on allokoitava resursseja tarjousten valmisteluun ja tarpeen vaatiessa korjaamiseen. Tämä saattaa syödä suuren osan käytettävissä olevista suunnittelun miestyötunneista. Tasapainon uusien tarjousten tekemisen ja jo toteutuneiden tarjousten realisoimisen kesken täytyy olla huolella suunniteltu. (Bertrand ja Muntslag 1993, s. 6-7)

Fyysinen vaihe on ETO-toimitusketjussa standardituotantoa monimutkaisempaa. ETO-tuotteet toteutetaan usein job shop -tyyppisessä ympäristössä jonka kapasiteettia, materiaalivirtoja ja vaihtelevia vaiheajoja on hankala suunnitella etukäteen. Edellisistä projekteista mitatut vaiheajat ovat usein vain suuntaa antavia. Tuotteet saattavat vaatia useita poikkeavia työkaluja ja menetelmiä. ETO-laitteiden komponentit saattavat poiketa suuresti standardikomponenteista, jolloin niiden käsittely ja kokoonpano saattaa vaatia

projektiluonteista ohjeistusta. Niiden hankinta on usein monimutkaisempaa ja vaikeampaa seurata. Jotkin materiaaleista saatetaan joutua hankkimaan pitkän toimitusaikansa vuoksi hyvin aikaisessa vaiheessa projektia, myös komponenttien yhteensopivuuden varmistamiseen tulee kiinnittää huomiota. (Bertrand ja Muntslag 1993, s. 7)

3.3.2 Strategioita ETO-toimitusketjun tehostamiseksi

Kirjallisuudessa on esitetty useita strategioita ETO-toimitusketjujen hallinnointiin, mutta täyttä yksimielisyyttä asiasta ei ole. Niinpä tässä diplomityössä käydään läpi ne kirjallisuuden strategiat, joiden avulla kohdeyrityksen toimitusketjua pyritään tehostamaan.

Yhdistäviä tekijöitä erilaisille ETO-toimitusketjuille ovat vaihtelut tuotteissa ja prosesseissa, tuoterakenteen monimutkaisuus ja syvyys, sekä matalat tuotantovolyymit. Jokainen uusi tilaus edellyttää tuotteen suunnittelua ja kustomointia asiakkaan vaatimalla tasolla. Jotta ETO-mallilla toimiva yritys saavuttaa menestystä tarjouskilpailussa, tuotteen toimituksen tulee olla nopeaa, tuotesuunnittelun tulee olla joustava, ja tilauspisteen pitää olla aikaisin. (Gosling ja Naim 2009, s.745-747)

Kohdeyrityksen tuotanto toimii täysin Lean-toiminnanohjausmallin mukaisesti, joten strategioissa on huomioitava ETO-toiminnan yhteensopivuus Leaniin, joiden yhteensopivuus on usein haastavaa. Tuotteita ja tuotantoprosesseja ei voida täysin standardoida eikä toistaa sellaisinaan. Nykyisiä Lean-menetelmiä tulee täten sovittaa toimimaan paremmin vaihtelevassa tuotanto- ja tuotesuunnitteluympäristössä.

Organisaation tulee aktiivisesti kiinnittää huomiota käyttämiensä toimittajien tuotantomenetelmiin. Leanin mukaiset yritykset käyttävät usein suppeata toimittajakantaa, jotta aikataulus ja tuotannon suunnittelu voidaan tehdä tarkemmin. Hankintastrategiana käytetään yleisemmin yhteistyötä kuin kilpailutusta. (Bhasin, S. 2015 s. 15) Varsinkin ETO-tuotannossa yhteiset tietojärjestelmät ja toimitusketjun ketterät virtuaaliyritykset parantavat toimijoiden välistä kommunikointia ja synergiaa. Toimitusketjun jaettu tieto mahdollistaa kohteella käytettävien materiaalien ja resurssien suunnittelun (MRP), kustannusten seurannan, valmistuksen toteutuksen, tehdastason koordinoinnin ja seurannan, sekä jaetun kontrollin lattiataason laitteista ja prosesseista. Jaettu tietojärjestelmä mahdollista monien aiemmin manuaalisesti tehtyjen päätösten automaation. Tiedon jakamisella saavutetaan myös alentuneet palvelukustannukset ja lyhentynyt vasteaika. (Coronado et al. 2007, s. 576).

ETO-toiminnan kriittisen arvovirran tunnistaminen on tehtaan kokonaistoiminnan kannalta oleellista. Kriittisellä polulla olevat komponentit tulee kartoittaa ja osakokoonpanojen läpimenoajat huomioida. BOM-suunnittelussa voidaan perinteisen Engineering BOM (EBOM) sijaan käyttää Planning BOMia, joka huomioi tuotteen eri variaatiot. Sen käyttö helpottaa tuotannon suunnittelua, sillä se huomioi näkyvällä tavalla eri variaatioiden läpimenoajat koko toimitusketjussa. Jaettujen resurssien käyttö kriittisellä polulla vaatii erityistä huomiota, jos samaa työpistettä tai työstökonetta käytetään eri komponenteille samassa tuotteessa, tai niitä käytetään myös muiden tuotteiden valmistamiseen. (Thomassen et. al. 2015, s. 209-210)

Tyypillisesti ETO-ympäristössä asiakasrajapinta (CODP) sijaitsee ylempänä arvovirrassa kuin normaalissa tuotannossa. Mitä enemmän ETO-vaatimukset vaikuttavat tuotteen päähaaraan, sitä ylemmäksi asiakasrajapinta pitää nostaa. Jaettujen resurssien käyttö ja pullonkaulojen sijainti tulee myös huomioida asiakasrajapintaa määriteltäessä. (Thomassen et. al. 2015, s.210)

Kokonaisläpimenoaikaan sisällytetään normaalin tuotannon läpimenoajan lisäksi asiakasvaatimusten mukainen tuotesuunnittelu. Molemmat vaikuttavat CODP:n määräytymiseen. CODP valitaan huomioimalla tuotteen kustomointimahdollisuudet ja lyhyt toimitusaika. Suunnittelua vaativien tuoteominaisuuksien kohdistuessa päätuotehaaraan tulee CODP:tä nostaa arvovirrassa ylöspäin. ETO-tuotteet koostuvat usein kolmentyyppisistä elementeistä: Standardiosista, moduuleista ja alikokoonpanoista jotka eivät erikseen vaadi suunnittelun läpimenoaika, helposti modifioitavista elementeistä joille voidaan määrittää kiinteä vaihtelu läpimenoaikaan sekä laajempaa tuotesuunnittelua vaativista elementeistä joiden suunnittelu- ja tuotannon läpimenoaika eivät välttämättä ole ennalta tiedossa. Näiden eri elementtien inventaario ja saatavuus määrittelevät omalta osaltaan mihin CODP on mahdollista sijoittaa. Suunnittelutyön tulee olla tehtynä ennen tuotannon aloitusta, jolloin vähemmän muokkauksia vaativissa, mahdollisesti pidemmän toimitusajan tuotteissa CODP saattaa sijaita eri kohdassa kuin suunnittelutyötä vaativissa osissa. Jotta tarjous lopputuotteesta menestyisi, tulee valita sellainen CODP, joka minimoi toimitusajan asiakkaan määrittämällä kustomointitasolla. (Thomassen et. al. 2015, s.210-212, Bertrand ja Muntslag 1993, s. 6-7)

Perinteinen kiinteä tahtiaika toimii huonosti suuren vaihtelun ja matalan volyymin toimintaympäristössä. Tästä johtuen on parempi käyttää keskimääräistä tahtiaikaa, joka ottaa huomioon varianssit eri vaiheissa. Kysynnän vaihdellessa tahtiajan tulee reagoida muutoksiin käytössä olevia resursseja huomioiden. Kapasiteetin joustolla voidaan tahtiaika pitää vakiona - ja päinvastoin. (Thomassen et. al. 2015, s. 211)

Jatkuva virtaus vaatii tuoteperheen peräkkäisten aktiviteettien resurssien sijoittamista vierekkäisiin soluihin tai yhdelle linjalle. Työpisteen tuottavuuskyky riippuu työkoneiden etäisyydestä, vaiheajojen synkronoinnista, jaettujen resurssien käytöstä ja operaattorien työtaidoista. Jos yhden kappaleen virtaus ei ole mahdollista, aktiviteetit yhdistetään FIFO-linjalla, jossa prosessiin ensin tullut tuote myös lähtee siitä ensimmäisenä. FIFO-linjoja luodaan jokaiselle työvaiheelle, joka sijaitsee asiakasrajapinnan alapuolella arvovirrassa. Tuoteperheen sisällä tapahtuvat FIFO-linjat parantavat kyseisen arvovirran virtausta, mutta jaettujen resurssien tapauksessa FIFO-linja saattaa sotkea eri osapuolien töiden virtausta. (Thomassen et. al. 2015, s. 212)

3.3.3 Informaation hallinta ETO-toimitusketjussa

Tuotannonohjauksen perinteinen MRP-järjestelmä ei yksin riitä hallinnoimaan ETO-systeemiä tehokkaasti. ETO:n luonne eroaa suuresti siitä, mihin MRP:tä käytetään.

Enterprise Resource Planning on alun perin make-to-stock -ympäristössä muokkautunut viitekehys joka, perustuu pitkälle inventaaritason optimointiin. ETO-ympäristölle asiakastarpeen nopea ja tehokas tyydyttäminen nousee suurempaan rooliin. MRP:n toimintalogiikka on melko suoraviivainen ja perustuu asiakaskysynnän ennustamiseen. Kun toiminta siirtyy Make-to-stock -ympäristöstä Make-to-order -malliin aiheuttavat epätarkkuudet ennustuksissa enemmän hukkaa, ja inventaari-tason optimointi menettää merkitystään. Tärkeimmiksi tekijöiksi nousevat kysynnän ja kapasiteetin tasapainotus sekä tuotteen lyhyt läpimenoaika. ETO-ympäristö saattaa vaatia suoraa tilauskannan hallinnointia sekä varastossa valmiiksi olevia osakokoonpanoja tai puolivalmiita tuotteita, sillä tilauksen nopea läpimeno ei välttämättä ehdi odottamaan pitkän toimitusajan komponentteja. (Kerber ja Dreckshage 2011, s.4-5)

Kysynnän ennustamiseen liittyy aina epävarmuutta, jolla on suora yhteys asiakaspalvelun tasoon. Kysynnän vaihdellessa ja ennusteiden heitellessä materiaalihallinto saattaa kompensoida varianssia tilaamalla ylimääräistä inventaaria, joka Leanin mukaan nähdään hukkana. Donselaar et al. (2001, s.521-522) ehdottavat että vaikka kysyntään liittyvä data olisikin epävarmaa ja epätäydellistä, kannattaa sitä silti hyödyntää resurssien suunnittelussa.

Kun inventaarin tason optimointi ei ole enää päällimmäinen toiminnan tehokkuuden mittari on ERP:llä vähemmän päätöksentekoa tukevaa dataa annettavana. Useimmat tämän hetken ERP-sovellusratkaisut pyrkivät tasoittamaan kysyntää ja tarjontaa kapasiteetin ollessa ääretön. Vaihtoehtoinen tapa on tasoittaa kysyntää ja kapasiteettia. Monissa yrityksellä varsinkin lyhyen aikaväin kapasiteetin säätäminen on kuitenkin hankalaa, joten usein joudutaan tasoittamaan tuotantoa joko inventaarilla tai tilauskannan muokkaamisella. ERP ei myöskään usein ota kantaa lattiataason toimintoihin. Yleisimmissä järjestelmissä ohjaus perustuu ainoastaan listaan suoritettavia töitä, joille on asetettu tietty lähetyspäivämäärä jonka, mukaan muodostetaan työjono, jonka kontrollointi tulee suorittaa jollain muulla menetelmällä. (Kerber ja Dreckshage 2011, s.4-5)

ETO-toimitusketjun läpinäkyvyyttä voidaan parantaa Web-pohjaisilla SCM-ohjelmistoilla, joissa hyödynnetään IoT (Internet of Things) -laitteita nimikkeiden seuraamiseen. Ohjelmistot mahdollistavat myös yhteisen alustan eri sidosryhmien väliselle kommunikoinnille. Asiakkaan tuotevaatimusten helppo kommunikointi ja dokumentointi mahdollistavat niiden ymmärtämisen ja mahdollisten muutosten tekemisen. Informaation saumaton kulku toimittajan ja tuotantoyksikön välillä lisää toimitusketjun tehokkuutta, helpottaa yhteistyötä ja synergiaa sekä mahdollistaa tuotantomäärien vaihteluiden simulaation. Ohjelmistojen tulisi mahdollistaa myös toimitusketjun toiminta tilanteissa joissa BOMit ovat epätäydellisiä, jotta standardiosien saatavuudesta voidaan varmistua. Toimitusketjun eri osapuolten mahdollisuus suorittaa tietokannan tietyille attribuuteille useamman kriteerin kyselyjä mahdollistaa tarvittavan tiedon helpon etsinnän. Lopputuotteen nimikkeillä tulisi olla selkeä reititys toimitusketjun läpi, josta käy ilmi mitä operaatioita mikäkin nimike vaatii. (Kärkkäinen et al. 2001, s. 167-168, Wortmann 1995, s. 262-264)

4 Tutkimusmenetelmät

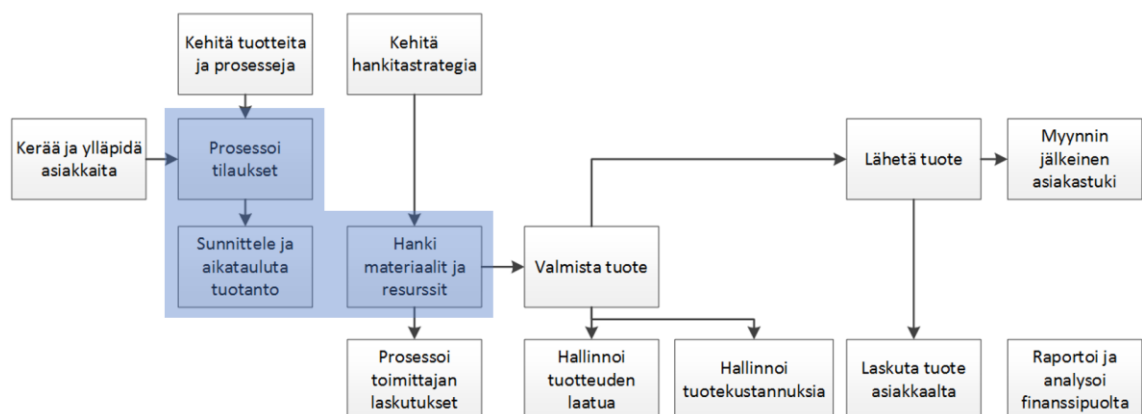
Diplomityössä tehtävä kehitystyö toteutettiin Kaizen-tapahtuman avulla käyttäen kohdeyrityksen Business Process Improvement -viitekehystä, joka noudattaa suoritusjärjestykseltään ja toteutustavaltaan kirjallisuudessa esiintyvää perinteisen arvovirtakartoituksen mallia. Menetelmä pyrkii poistamaan hukkaa hallinnollisista toiminnoista Lean-työkalujen avulla. Jatkuvan parantamisen perustana toimii perinteinen arvovirtakartoitus jonka nykytilan analysointiin käytettäviä Lean-työkaluja ovat 5S toimistossa, 7 hukkaa sekä 5xWhy -menetelmään perustuva Process analysis table. Tulevaisuuden visiosta pyrittiin muodostamaan mahdollisimman Leanin mukainen huomioiden ETO-toiminnan haasteet ja rajoitteet. Lopuksi koonnettiin Kaizenin aikana esille tulleet toimintoehdotukset yhteen ja arvioitiin niiden toteuttamiskelpoisuutta sekä vaikutuksia tehtaan kokonaisliiketoimintaan.

Kehitystiimin sponsorina toimi tuotannon johtaja, arvovirran omistajaksi valittiin tehtaan materiaalivastaava, ja ydintiimi muodostettiin arvovirrassa operoivien osastojen esimiehistä. Tärkeimmät osastot projektilaitteiden materiaalinhallintaan liittyen ovat

- CPS (Critical Power Solutions) -projektitiimi, joka vastaa ETO-laitteiden myynnistä ja suunnittelusta
- Materiaalien hallinta
- Toimitusketjun hallinta
- Lean koordinointi.

4.1 Rajaus


Rajaus tehtiin yhdessä projektin sponsorin ja omistajan kanssa. Tuoteperheeksi valittiin teholtaan suurin perhe, johon pääosa ETO-tilauksista keskittyy. Arvovirtakartta alkaa pisteestä, jossa CPS-tiimin projekti-insinööri prosessoi toteutuneen tilauksen ja määrittää kyseessä olevalle laitteelle tarvittavat erikoismateriaalit ja niiden hankintasuunnitelman. Tiimin sisäisiä toimintoja ei tarkasteltu, eli pois jäi esimerkiksi insinöörin tekemä suunnittelutyö. Arvovirta päättyy pisteeseen jossa materiaalit ovat linjan käytössä. Kuvassa 14 on esitetty kohdeyrityksen käyttämä viitekehys, jossa on havainnollistettu tämän diplomityön rajauksen mukaiset ylätasen operaatiot.



Kuva 14. Kohdeyrityksen operaatioiden rajaus.

4.2 Mittarit

Arvovirran tehokkuuden mittareiksi valittiin operaattoreiden määrä, vaiheaika, odotusaika, tahtiaika sekä Complete and accurate -prosentti. Mittarien notaatiot käyvät ilmi kuvasta 15.

Tilauksen prosessointi	Prosessin nimi
 1	Operaattorien määrä
C/T = 2 h	Vaiheaika
%C&A = 70 %	% Tehty oikein

Kuva 15. Arvovirran mittarien notaatiot.

Kaikille aikaperusteisille mittareille laskettiin paras ja huonoin mahdollinen tulos, sillä kohdeyrityksen aikaisempien Kaizen-projektien perusteella tiedostettiin että hallinnollisissa prosesseissa esiintyy aina jonkinasteista vaihtelua.

Vaiheikaan laskettiin kulloisenkin prosessivaiheen arvoa lisäävä työ Value-added CT_V . Tällöin prosessissa jalostetaan tuotetta tavalla, joka lisää sen arvoa asiakkaan näkökulmasta.

Arvoa lisäämätön työ Non-value-added-time CT_{NV} laskettiin jokaisen vaiheen välille erikseen. Sitä syntyy muun muassa tuotteen liikuttamisesta, odottamisesta, korjaustyöstä tai laitteiston seisokkijajasta.

Complete and accurate -tunnusluku kuvastaa todennäköisyyttä, jolla prosessi saadaan suoritettua alusta loppuun ensimmäisellä kerralla oikein ilman, että joudutaan palamaan ketjussa taaksepäin. Koska nykytilassa prosesseista ei saada automaattisesti kerättyä dataa, kysyttiin haastatteluvaiheessa prosessivaihetta suorittavilta operaattoreilta ”jos teet 100 kertaa tämän työvaiheen, montako kertaa joudut kyselemään tietoa aikaisemmasta vaiheesta tai palaamaan siihen myöhemmin?”.

Analyysivaiheessa laskettiin summa operaatioiden arvoa lisäävien töiden kestosta, josta saatiin kokonaisvaiheaika Total Cycle Time, kirjallisuudessa termillä AT

$$AT = \sum CT_V \quad (3)$$

Arvoa lisäämättömälle työlle laskettiin myös Total Cycle Time non-value-added, kirjallisuudessa termillä UT .

$$UT = \sum CT_{NV} \quad (4)$$

Summaamalla Kaavojen (3) ja (4) tulokset saadaan arvovirran kokonaisläpimenoaika
Total lead time:

$$LT_{tot} = AT + UT \quad (5)$$

Koko arvovirran Complete and accurate -tunnusluku saadaan jokaisen vaiheen prosenttiosuuden tulona

$$\%C/A_{tot} = \prod \%C/A \quad (6)$$

Arvovirtaketjun analysointia varten kerättiin lista jokaisesta CPS-tiimin suorittamasta ETO projektista vuonna 2016. Listasta selvitettiin, moniko laite oli myöhästynyt asiakastoimituksesta, sekä myöhästymisen syy. Kokonaislaitemäärää käytettiin tahtiajan (Takt Time) TT laskemiseen:

$$Tahtiaika = \frac{\text{Käytössä oleva aika}}{\text{Kysyntä}} \quad (7)$$

4.3 Nykytilan selvitys

Nykytilan selvitys eteni arvovirran lopusta kohti alkua, jotta arvovirtaa on helpompi tarkastella asiakaslähtöisesti. Kun seuraava vaihe nähdään edellisen vaiheen asiakkaana, pystytään parhaiten määrittämään materiaalin ja informaation imu, jota vaihe tarvitsee. Haastattelut suoritettiin jalkautumalla varsinaisten operaatioiden pariin. Haastateltavia operaattoreita olivat materiaalimies, tavaran vastaanottaja, ostaja ja kaksi kappaletta CPS-tiimin jäseniä. Haastattelussa kysyttiin kohdeyrityksen viitekehysten ohjeistamat kysymykset:

- Mitä työtä teet ja miten teet sen?
- Mikä on tapahtumien järjestys ja kauanko kukin tapahtuma kestää?
- Mitä mittauksia käytetään?
- Mitä päätöksiä teet?
- Mitä dokumentteja työhösi liittyy?
- Kenelle toimitat työsi?
- Seuraatko dokumentoitua prosessia?
- Miten poikkeamia käsitellään?

Vastausten pohjalta mallinnettiin nykytilan arvovirtakartta (Rother ja Shook, 1999) kappaleen 1 mukaisesti alla olevassa järjestyksessä:

- 1) Mallinnetaan asiakas, toimittaja ja tuotannonohjausjärjestelmä.
- 2) Syötetään asiakastilausten määrä päivän ja kuukauden mukaan.
- 3) Syötetään tuotannon maksimikapasiteetti, joka kuvastaa mahdollisimman hyvin nykyistä tilannetta.
- 4) Mallinnetaan kuljetukset toimittajalta tehtaalle, sekä tehtaalta asiakkaalle.
- 5) Mallinnetaan kaikki arvovirtaketjun prosessit etenemisjärjestyksessä.
- 6) Lisätään prosessi-laatikoihin data-laatikot.

- 7) Lisätään kommunikaationuolet ilmaisemaan menetelmää, jolla tieto liikkuu prosessien välillä.
- 8) Täytetään datalaatikot prosessia kuvaavilla attribuuteilla.
- 9) Lisätään operaattorien määrät jokaiseen prosessiin.
- 10) Lisätään välivarastot ja niiden varastotasot.
- 11) Lisätään imu ja työntö symbolit.
- 12) Lasketaan läpimenoajat aikajanelle.
- 13) Lasketaan koko ketjun vaihe- ja prosessiaika.

Arvovirtakartta piirrettiin aluksi A1-paperille post-it -lappuja ja VSM-symboleita hyväksikäyttäen, jolloin kartta on nopea tehdä ja muokata. Käsien tehdyn kartan pohjalta mallinnettiin nykytila tietokoneavusteisesti MS Visio -sovelluksella. Arvovirrassa käytetyt symbolit löytyvät liitteestä 1 ja mallinnettu nykytilan arvovirtakartta liitteestä 2.

4.4 Nykytilan analyysi

Nykytila analysoitiin aluksi työvaiheittain. Jokaisen prosessin kohdalle merkattiin onko kyseessä arvoa lisäävä työ, arvoa lisäämätön työ, vai pakollinen lisätyö. Työryhmä sai missä vaiheessa tahansa kirjata ylös Kaizen burstin, jonka tarkoituksena on tuoda esille jokin prosessissa tällä hetkellä vaikuttava epäkohta tai tehoton toiminta. Aluksi tarkoituksena on ainoastaan tunnistaa ongelmat ja merkata mihin kohtaan arvovirtaketjua ne vaikuttavat.

Tämän jälkeen jokaisesta arvovirtaketjun toiminnosta suoritettiin kohdeyrityksen käyttämä prosessianalyysi, jonka pohja löytyy liitteestä 3. Prosessianalyysin avulla selvitettiin mikä on prosessin tarkoitus, miksi se tehdään nykyisessä sijainnissa, milloin se tehdään, miksi kyseinen henkilö tekee sen, ja miten prosessi tehdään. Kysymykset herättelivät tiimiä ajattelemaan onko työvaihe tarpeellinen, pitääkö prosessin paikkaa muuttaa tai yhdistää jonkun toisen työpisteen kanssa, onko nykyinen operaattori oikea henkilö suorittamaan prosessin ja tärkeänä huomiona, voidaanko nykyistä menetelmää yksinkertaistaa tai parantaa.

Jokaisesta vaiheesta suoritettiin myös 8 hukkaa toimistossa -analyysi. Pohjana käytettiin kohdeyrityksen omaa analyysilomaketta. Arvoketjun operaatioita tarkasteltiin Kaizenissa osastokohtaisesti, ja toiminnon vaihtuessa osastolta toiselle olivat molempien osastojen esimiehet antamassa omia näkemyksiään nykytilanteesta. Analyysivaiheessa kiinnitettiin huomiota erityisesti pitkän vaiheajan tai huonon C/A-prosentin omaaviin prosesseihin.

5 Tutkimustulokset

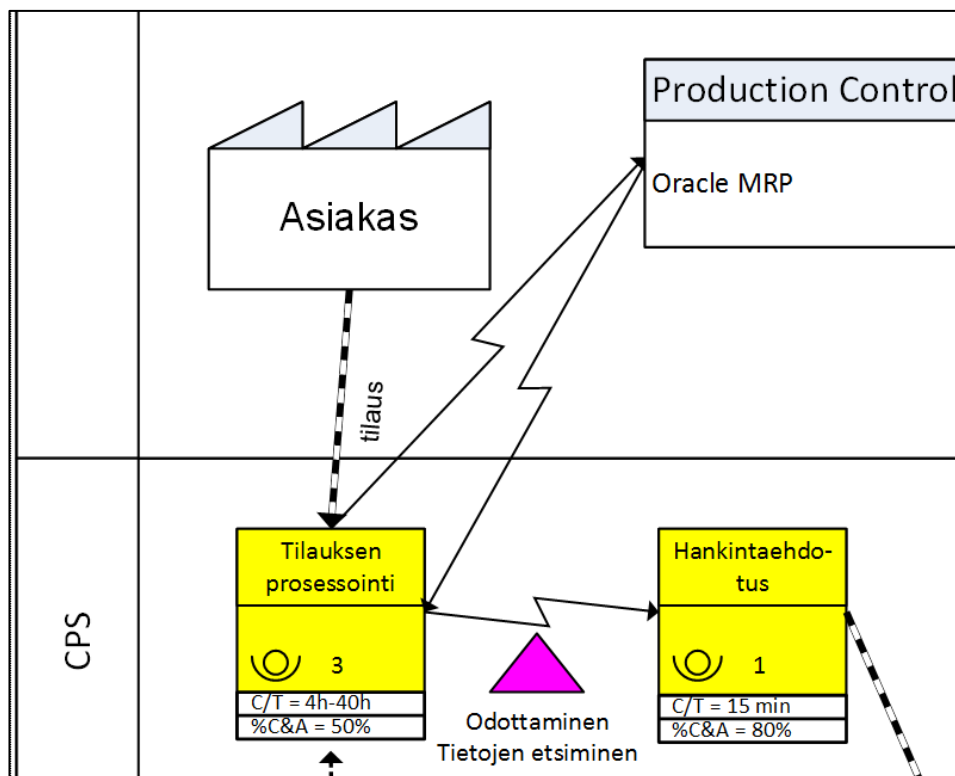
Tutkimus toteutettiin edellisessä kappaleessa kuvattuja menetelmiä ja mittareita hyväksikäyttäen.

5.1 Nykytilan kuvaus

Nykytilan kuvaus etenee kronologisessa järjestyksessä. Yksittäiset prosessit on ryhmitelty osastojen toimintojen mukaisesti omiksi kappaleikseen.

5.1.1 Tilauksen prosessointi ja lähetys

Ensimmäisessä vaiheessa (kuva 16) asiakas tekee tilauksen ETO-laitteesta CPS-tiimille, joka syöttää tilauksen ERP-järjestelmään. Tilauksesta riippuen prosessin vaiheaika heittelee neljästä tunnista 40 tuntiin. C&A-prosentti on arvovirtaketjun heikoin; noin puolessa tapauksista tilausta ei saada prosessoitua ensimmäisellä kerralla oikein. Tilauksen seurantaan käytetään käsin täytettävää Excel-pohjaista tilauksenseurantalomaketta, johon päivitetään tietoja projektin etenemisestä. Kohdeyrityksen ERP:ssä ei nykyisellään ole käytössä projektiensurainta, joten kaikki seuraaminen tapahtuu verkkolevyjen kansioissa; jokaisesta projektista tallennetaan oma seuranta-Excel. Projektilaitteelle avataan ERP-instanssi, jotta sille voidaan kohdistaa tilaus ja työjonotus.



Kuva 16. Tilauksen prosessointi ja lähetys.

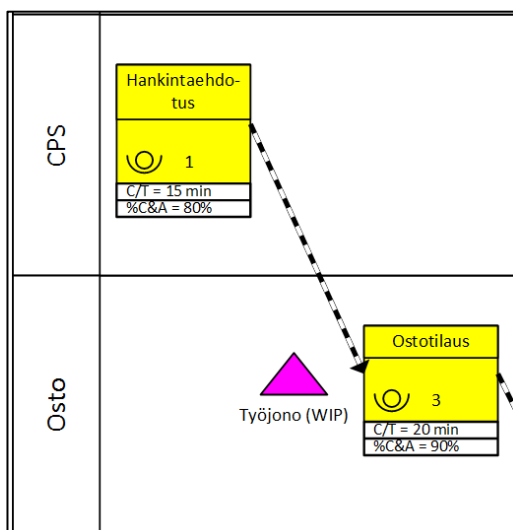
Kohdeyrityksen ERP ei tue uuden lopputuotteen avaamista vanhan tuotteen tietojen pohjalta, joten ETO-laitteiden avaus tapahtuu useiden eri Excel-tiedostojen avulla. Kun laitekohtaiset tiedot on syötetty ERP:hen, voidaan sille luoda osaluettelo joko tyhjästä

tai kopioimalla vakiolaitteen BOM. Osaluettelon ei tarvitse tässä vaiheessa olla täydellinen, riittää että vakio-osien saatavuus varmistetaan liittämällä tärkeimmät alikokoonpanot laitteeseen. BOMia päivitetään sitä mukaa kun projektiosia saadaan avattua ERP-järjestelmään. Kohdeyrityksen ERP ei tue myöskään uuden osan avaamista vanhan osan tietojen pohjalta, joten CPS tiimi hallinnoi Excel-tiedostoa, johon on kirjattu jokainen avattu projektiosa. Listasta valitaan parhaiten sopiva osa, joka ajetaan ERP:hen uudella nimellä ja kuvauksella.

Tilauksen prosessoinnin jälkeen seurasi neljästä tunnista viikkoon odottamista, täydentävien tietojen etsimistä, osanumerojen varaamista ja avaamista sekä kyselyjä eri osastoilta. Kun kaikille asiakastilauksen osille on instanssi ERP-järjestelmässä CPS-tiimi luo käsin Excel-pohjaisen hankintaehdotuslomakkeen. Lomakkeeseen kirjataan tilausta koskevia tietoja: mihin projektiin tilattavat osat liittyvät uniikin LS-tunnisteen avulla, osien toimittaja, tilauksen vaadittu aikataulu toimittajan ja tehtaan osalta. CPS kirjaa jokaisen tarvitsemansa osan osanumeron, kuvauksen ja määrän. Eri osille voidaan määrittää oma vaadittu toimituspäivämäärä. Laitteen ja osakokoonpanojen BOMien tulee olla täydellisiä, jotta tilaus voidaan niputtaa yhteen ja lähettää kerralla. Myös osien piirustukset lähetetään toimittajalle, jos niitä ole aikaisemmin lähetetty. Samalla CPS valmistelee SPM (Special Product Modification) -dokumentin Excel-muodossa, joka kertoo tuotannon operaattoreille milloin laitteen tulisi olla viimeistään valmis ja mitä eroavaisuuksia siinä on vakiolaitteen osaluetteloon ja työohjeisiin.

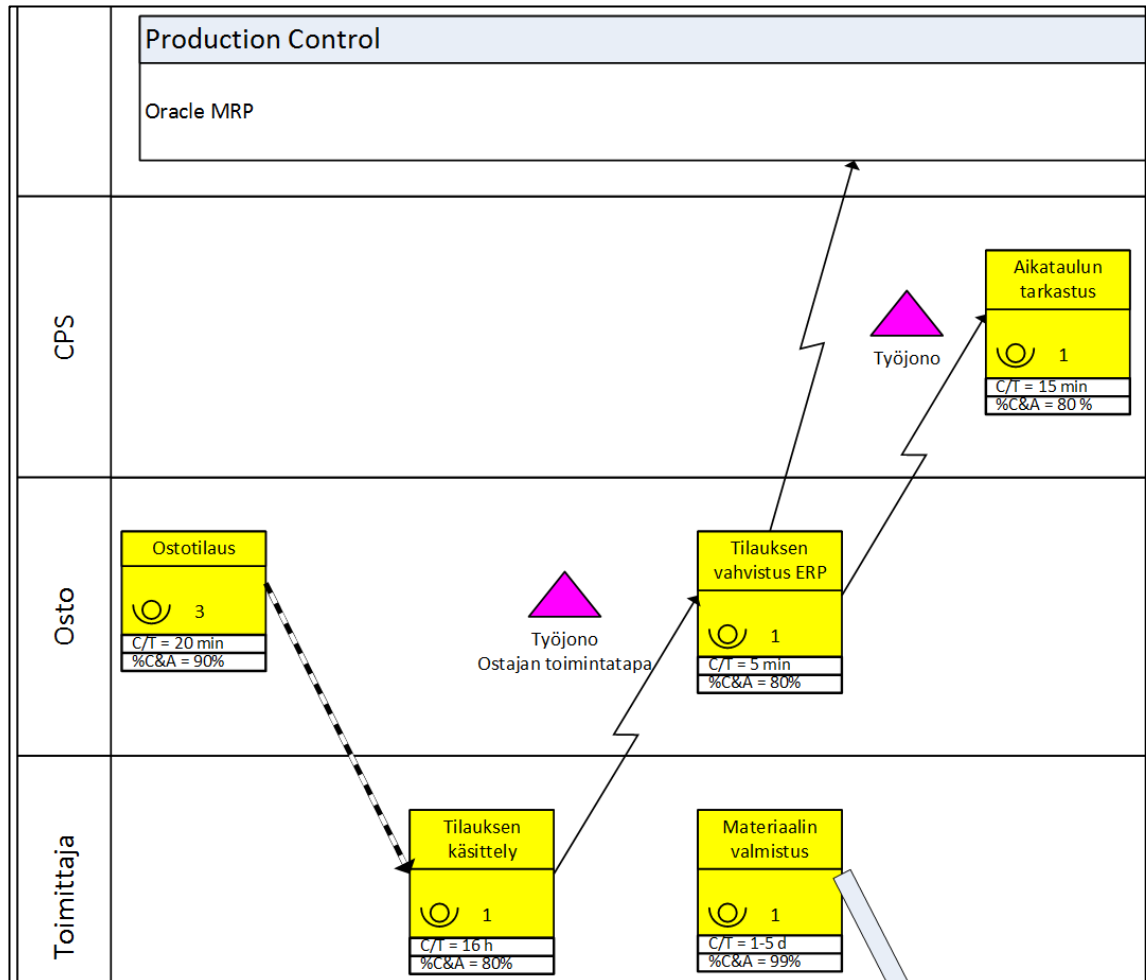
5.1.2 Ostotoiminta ja tilaustietojen käsittely

Hankintaehdotuksen pohjalta osto-osasto luo Excel-pohjaisen ostotilauksen jolloin projektilaite vaihtaa osastoa kuvan 17 mukaisesti. Tiedot pysyvät muuten samana, mutta lomakkeen formaatti muuttuu, ja siihen kirjataan lisätietoja toimittajakohtaisista attribuuteista. Riippuen nimikkeiden tuotekategoriasta hankintaehdotukset siirtyvät vastaavalle ostajalle. Ostotilauksen vapaaseen kenttään merkitään myös, tulevatko osat kohdeyrityksen tuotantotilojen ylä- vai alakertaan.



Kuva 17. Ostotoiminta.

Toimittaja käsittelee ostotilauksen ja lähettää Excel-pohjaisen tilausvahvistuslomakkeen. Osto lähettää kuvan 18 mukaisesti sähköpostitse saapuneen lomakkeen CPS-osastolle, joka vahvistaa tilauksen ERP-järjestelmään. Tilauksen käsittely kestää toimittajasta riippuen noin 2 päivää, ja vastaavan ostajan toimintatavoista riippuen sähköpostin lähettäminen CPS-tiimille yhdestä kolmeen päivään.

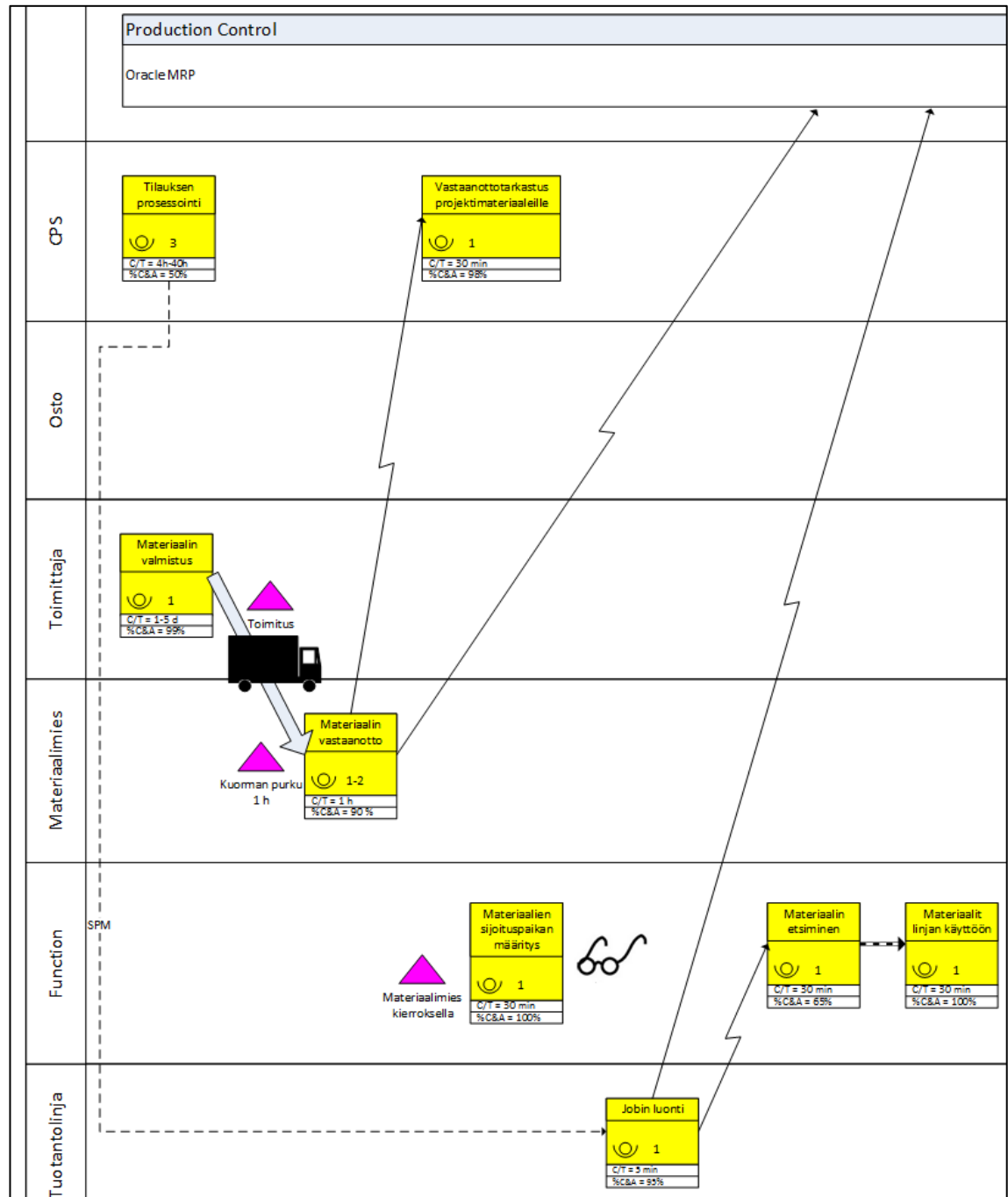


Kuva 18. Tilaustietojen käsittely.

5.1.3 Materiaalien vastaanotto ja sijoituspaikan määrittely

Toimittajan lähettämät materiaalit vastaanotetaan tilauksessa ilmoitetussa kerroksessa tuotantoyksikön saldoille, niille määritellään väliaikainen sijoituspaikka ja suoritetaan tarpeen mukaan laaduntarkastus kuvan 19 mukaisesti. Materiaalin vastaanoton jälkeen projektiosan informaatiovirta katkeaa. Kuorman purkamisen jälkeen osat kirjataan oikeille saldopaikoille. Operaattori tunnistaa projektiosat osanumeron HPO -alkuisesta osanumerosta, ja osan kommentti-tribuuttiin kirjataan projektin yksilöivä LS-tunnus. Tämän jälkeen operaattori ilmoittaa sähköpostitse CPS-tiimille osien saapumisesta ja osien suunnittelija tulee tarpeen vaatiessa suorittamaan epäformaalin laaduntarkastuksen. Tarkastusta ei kirjata, ja siinä tarkastetaan ainoastaan vastaako toimittajan valmistama osa alkuperäisiä piirustuksia. Vastaanoton operaattori sijoittaa tämän jälkeen pro-

jektiosat parhaaksi näkemäänsä paikkaan vastaanottolaiturilla, johon osat jäävät odottamaan tuotantoa. Toimittaja saattaa lähettää tilatut projektiosat tehtaalle sitä mukaa kun ne valmistuvat, eli nimikkeet saattavat odottaa pitkiäkin aikoja materiaalin vastaanotossa ennen tuotannon aloittamista.



Kuva 19. Materiaalin vastaanotto ja sijoituspaikan määrittely.

Projektilaitteiden tuotannonohjaus ei tapahdu ERP:n kautta, joten tuotannon aikataulu perustuu Excel-pohjaiseen SPM-lomakkeeseen. Projektilaitteen tarkka läpimenoaika ei ole yleensä tiedossa, joten linjan esimies arvioi kuinka paljon kauemmin projektilaitteen tuotanto vie aikaa vastaavaan vakiolaitteeseen nähden. Tähän arvioon perustuen lasketaan taaksepäin työn viimeisin aloituspäivä, ja linjan esimies luo ERP-

järjestelmään työ-instanssin, joka kohdistuu CPS-tiimin aiemmin avaamaan lopputuote-instanssiin. Varsinainen kokoonpanovaihe perustuu SPM-dokumentissa ilmoitettuun BOMiin. Kun työ on kirjattu ERP-järjestelmään ja aloituspäivämäärä ajankohtainen, tiedottaa esimies linjan materiaalimestä joko suullisesti tai sähköpostilla projektilaitteen työn aloittamisesta, jolloin tämä lähtee etsimään normaalista tuoterakenteesta eroavia projektiosia tavaran vastaanotosta. Kun materiaalit on löydetty, kuljettaa materiaalimes osat linjan käyttöön kuvan 19 mukaisesti.

5.2 Nykytilan analyysi

Nykytila analysointiin luvussa 4 esitettyjen menetelmien ja mittarien mukaan prosessivaiheittain.

5.2.1 Tilauksen prosessointi ja lähetys

CPS-tiimin projektiosien tuotetietojen hallinnassa havaittiin puutteita, jotka aiheuttivat virheitä, vaikeuttivat oikean tiedon etsimistä ja lisäsivät prosessin vaiheaikaa. Samalla osalla saattoi olla useita eri osanumeroita, jos niitä oltiin käytetty aikaisemmissa projekteissa. Projektiluontoisuuden takia osilla ei ole revisiointimahdollisuutta, eli pienetkin muutokset osan piirustuksissa aiheuttivat vanhan osan hylkäämisen ja uuden osan avaamisen. Kaizenissa tuli ilmi että CPS-tiimi kuitenkin käyttää ”omia” revisiointimenetelmiä, eli projektiosilla saattaa olla epävirallinen revisio. Jos osaan tulee muutoksia kesken projektin, joudutaan vanha osanumero korvaamaan uudella, kirjaamaan BOM-muutokset ERP-järjestelmään uudestaan ja tilamaan uuden koodin mukainen osa toimitajalta. Revisiointia projektiosille ei suoriteta, sillä kohdeyrityksen ISO-standardi vaatii, että jokainen revisioitu osa hyväksytään ECO (Engineering Change Order)-prosessin mukaisesti. Tällöin voidaan jäljittää kuka on hyväksynyt uuden revision, vaatiko revision muutos Potential Failure Mode Analyysia (PFMEA), onko muutoksella kustannusvaikutusta, miten vanhojen osien saldot muuttuvat ja niin edelleen.

Jos projektia varten luotu uusi osa tulee laajempaan käyttöön ja sille halutaan mahdollisuus revisionhallintaan, tulee suunnittelijan suorittaa laajempi prosessi. Tiedot siirretään Product Lifecycle Management (PLM) ohjelmistoon ja ERP:hen ECO-prosessin kautta. Tällöin suoritetaan hitaampi ja raskaampi prosessisarja joka vaatii usean hyväksyntäkierroksen. Projektiosien kohdalla tämä tarkoittaa usein sitä, että osa avataan projektilaitetta varten omalla koodilla ja ECO-prosessoidaan tarpeen vaatiessa laitteen toimituksen jälkeen.

Laitteiden ja osien avaamiseen liittyy hyvin vähän tarkastuksia ja automaattista validointia, mikä pienentää osaltaan prosessin C&A-prosenttia. Uuden ERP:een avatun projektiosan tietojen oikeellisuudesta ei voida nykyisellään varmistua, tietojärjestelmä antaa virheilmoituksia ainoastaan datan formaattiin liittyvistä ominaisuuksista. Jos esimerkiksi valitaan väärä tuoteperhe oikeassa muodossa, latautuu osa normaalisti ja virhe huomataan vasta, kun joku muu tarkastelee osan tietoja myöhemmissä vaiheissa.

5.2.2 Ostotoiminta ja tilaustietojen käsittely

Kaizenissa selvisi, että jotkin projektiosat on toimitettu merkintöjen puuttuessa tehtaan väärään kerrokseen ja ne ovat aiheuttaneet siten tarpeetonta etsimistä. Osto-osaston työjonosta ei aiheudu merkittävää odottamista, sillä CPS-tiimin tekemät hankintaehdotukset siirtyvät ostajan työjonossa korkeammalle prioriteetille. Ostotilauksen 10 % virhe johtuu useimmiten hankintaehdotuksen virheellisyydestä. Kaizen-tapahtumassa selvisi myös, että ostotilaukseen ei aina merkitä LS-tunnistetta, jolloin tilauksen jäljitettävyyden katoaa. Ostolle saatetaan myös ilmoittaa projektiosien tilauksesta ilman hankintaehdotuslomaketta, pahimmillaan jopa suullisesti, jolloin osien saapuessa on mahdotonta identifioida mihin projektiin ne kuuluvat.

20% toimittajan tilauksen käsittelyn virheistä johtuu kohdeyrityksestä riippumattomista toimintatavoista, yleisin tuotantoyksikölle päätyvä virhe on LS-tunnisteen puuttuminen tilausvahvistuksesta. CPS-tiimin suorittama tilauksen vahvistus ei ole kriittisen polun aktiviteetti, joten se ei päädy projekti-insinöörin työlistassa korkeammalle prioriteetille. Tämän prosessin 20 % virhe johtuu useimmiten työn aloittamisen päivämäärän virheellisestä syöttämisestä, jota joudutaan korjaamaan projektin edetessä. Toimittajan materiaalin valmistuksen havaittiin olevan erittäin hyvällä tasolla, haastattelujen mukaan 99 % vastaanotetuista projektimateriaaleista on valmistettu lähetettyjen piirustusten perusteella asetetun laatutason mukaisesti.

5.2.3 Materiaalien vastaanotto ja sijoituspaikan määrittäminen

Jos edellisten vaiheiden dokumentaatiosta puuttuu projektin yksilöivä LS-tunnus, ei voida tietää mihin tilaukseen projektimateriaalit kuuluvat. CPS-tiimi ei seuraa saapuneita materiaaleja, vaan luottaa sähköpostilla lähetettäviin saapumisilmoituksiin. Vastaanotolta kysellään joka viikko, onko jonkin projektin tietty osa saapunut ja missä se sijaitsee fyysisesti. Toimittajalta saatavassa pakkauslavassa saattaa olla sekä ylä- että alakertaan meneviä materiaaleja, mikä hankaloittaa osien sijoittelua ja etsimistä. Projektimateriaalit saattavat olla huonosti pakattuja, mikä aiheuttaa kuljetusvaurioita ja epäergonomista materiaalinkäsittelyä. Pakkausmateriaaleissa käytetään paljon Styroxia ja muita pehmenteitä, jotka ovat epä-ekologisia ja aiheuttavat paljon roskaa.

Laitteen työajan arvioon perustuen lasketaan taaksepäin työn viimeisin aloituspäivämäärä. Jos projektilaitteen arvioitu työaika heittää suuresti, laite saattaa myöhästyä asiakkaan kanssa suoritettavasta Factory Acceptance Testistä (FAT). Koska projektilaitteen työ-instanssi luodaan ERP:een jälkikäteen, saattaa sen aikataulusuunnitelma aiheuttaa myöhästymiä normaalissa tuotannossa. Työluomisen jälkeinen materiaalinetsiminen on itsessään turha ja kuormittava työvaihe. Siihen kuluu aikaa keskimäärin 30 minuuttia per työ, ja oikeat osat löytyvät ensimmäisellä kierroksella ilman kyselyjä ainoastaan 65 %:issa tapauksista. Tuotantolinjoilla ei ole vakioituja 5S:n mukaisia sijoituspaikkoja, joten projektimateriaalit joudutaan sijoittamaan ”sinne minne ne mahtuvat” odottamaan tuotannon alkamista. Projektilaitteille ei ole olemassa standardoidun työn ohjeita, ope-

raattorien tulee olla kokeneita ja osaavia, jotta laite saadaan kokoonpantua oikein ja yrityksen laatustandardien mukaisesti.

5.2.4 Arvovirtaketjun mittarit

Kun prosessikohtainen analyysi oli suoritettu, tarkasteltiin arvovirtaketjua laajemmassa näkökulmassa. Arvovirtaketjun lasketut ajat käyvät ilmi taulukosta 2, johon maalattu hukkaa aiheuttavat prosessivaiheet:

Taulukko 2. Arvovirtaketjun mittarit

Vaiheen kuvaus	Prosessivaihe	Min	Max	C&A%	Suhteellinen osuus	
Tilauksen prosessointi	1	4	40	0.5		
Odottaminen, tietojen etsiminen	waste&necessary	4	40			
Hankintaehdotus	2	0.25	0.25	0.8		
Työjono	waste	8	8			
Ostotilaus	3	0.33	0.33	0.9		
Tilauksen käsittely	4	16	16	0.8		
Työjono, ostajan toimintatapa	waste	8	24			
Materiaalien valmistus	5&6	8	40	0.8		
Kuljetus+purku	necessary	9	9			
Materiaalin vastaanotto	8	1	1	0.9		
Materiaalimies kierroksella	waste	4	4			
Materiaalien sijoituspaikan määrittäminen	9	0.5	0.5	1		
Jobin luonti	11	0.083	0.083	0.95		
Materiaalien haeskelu	12	0.5	0.5	0.65		
Materiaalin linjan käyttöön	13	0.5	0.5	1		
Complete & Accurate %				12.80%		
					Vaihtelu	
Total LT		64.16	184.16		120	
Total LT (päiviä)		8.02	23.02		15	
Total CT		31.16	99.16		68	
Total CT (päiviä)		3.90	12.40			
Total hukka		33.00	85.00		52	
Total hukka (päiviä)		4.13	10.63		6.5	
Tehokkuus		48.57%	53.85%			

Vaikka perinteinen VSM painottaa kokonaisläpimenoajan lyhentämistä, katsottiin Kaizen-tapahtumassa projektilaitteiden materiaalinhallintaan liittyvien nykyisten vaiheikojen olevan riittävällä tasolla. Kaizenissa keskityttiin lyhentämään odottelusta ja etsimisestä johtuvaa viiveaikaa ja C/A-prosentin parantamista. Myöskään toimittajan viiden päivän toimitusaikaan ei tässä kehitystapahtumassa otettu kantaa.

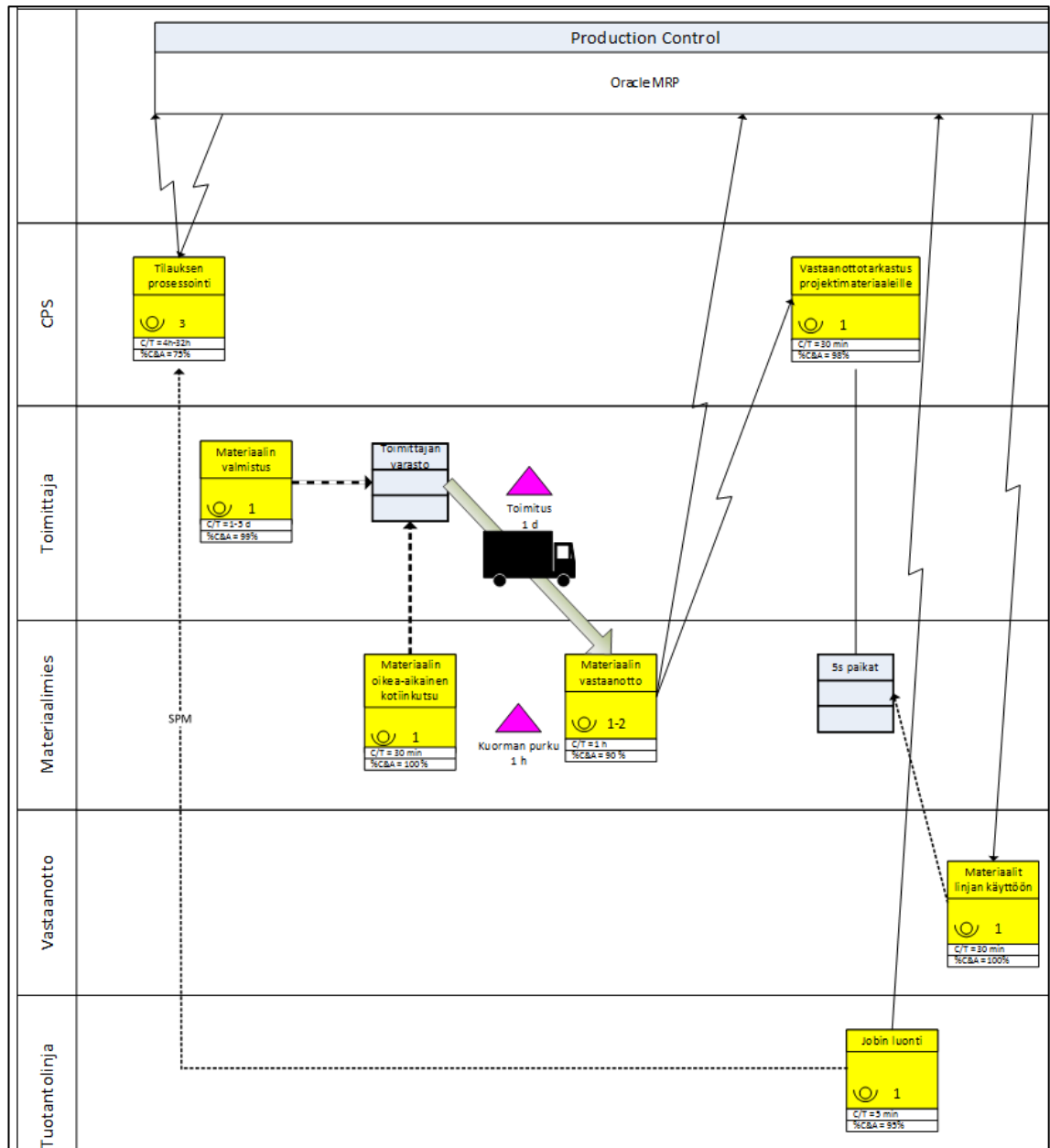
Kohdeyrityksen nykyinen Environment, Health and Safety (EHS) -politiikka vaatii merkkamaan jokaiseen tehtaan arvovirtakarttaan ympäristöön, terveyteen ja turvallisuuden vaikuttavat tekijät sekä nykytilaan että tulevaisuuden visioon. Alla olevassa taulukossa on kirjattu aspektit, jotka ovat esillä tässä arvovirrassa.

Taulukko 3. Arvovirtaketjun ympäristö- ja terveys- ja turvallisuushuomiot nykytilassa

EHS Aspektit	Huomiot nykytilassa
Ergonomia	Työtaturmia erikoisten materiaalien käsittelyssä
Jätteet	Romutuksia, turhia pakkausmateriaaleja
Kuljetukset	Erilliskuljetukset
Stressi/Kiire	Standardoimattomia työvaiheita, keskeytyksiä
Vaaralliset materiaalit	Hankitaan erikseen, ei aina oston kautta
Turhat ja rasittavat työvaiheet	Materiaalien ja tiedon etsiminen ja hakeminen

5.3 Tulevaisuuden visio ja suunnitellut parannukset

Nykytilan arvovirtakartan pohjalta muodostetaan visio halutusta tulevaisuuden tilasta. Nykytilan mallista poiketen tulevaisuuden tilaan on prosessivaiheiden sijaan kuvattu nykyisiin ongelmiin ratkaisut siltä osin, kun ne ovat kohdeyrityksen toteutettavissa. Tulevaisuuden tilan tulisi edustaa Leanin mukaisia periaatteita ja toimintatapoja. Sen tavoitteena on luoda toteutettavissa oleva viitekehys, jota kohden toiminnan tulisi edetä. Apuna käytettiin nykytilassa luotuja Kaizen-bursteja, joihin kirjattiin mahdollisuuksien mukaan parannettavissa olevia kohteita. Pääpaino arvovirtaketjun parannuksessa kohdistettiin Complete and Accurate -prosentin parantamiseen ja hukan juurisyiden löytymiseen. Tässä osiossa käydään läpi ratkaisut ongelmiin, jotka kuvattiin edellisessä kappaleessa. Mallinnettu tulevaisuuden arvovirtakartta löytyy liitteestä 4. Kartta pysyy operaatioiden osalta samana toimittajan materiaalien valmistukseen asti. Kuvassa 20 on havainnollistettu muuttunut loppuosa ketjusta.



Kuva 20. Muuttunut tulevaisuudentila.

5.3.1 Saapuneilla materiaaleilla ei ole johdonmukaista vastaanotto-tarkastusta

Laadunvarmistamiseksi luodaan standardoidun työn ohjeet, jotka selventävät vastaanottotarkastuksen vastuut ja toiminnot. Projektiosan suunnittelija kirjaa vastaanottotarkastuksen tarpeen hankintaehdotuslomakkeeseen osakohtaisesti. Lähtökohtaisesti vastuu tarkastuksen suorittamisesta on projektinimikkeen suunnittelijalla. Kun projektiosa saapuu materiaalin vastaanottoon, materiaalimies ilmoittaa hankintaehdotuslomakkeessa kirjatulle projekti-insinöörille kyseisen osan saapumisesta. Tämä kirjaa tarkastuksen tulokset ja suorituspäivämäärän ylös CPS-tiimin projektinseurantaan.

Jos kyseessä on kokonaan uudenvuorokauden tuote tai uusi toimittaja, suoritetaan projektiosalle laajempi tulotarkastus laatuosaston toimesta. Laaduntarkastaja kirjaa tarkastuksen tulokset osaston omaan tietokantaan, josta voidaan seurata jälkikäteen, mihin tuloksiin

tarkastuksessa päädyttiin. Jos tarkastus hylätään, pystyy samasta tietokannasta lähettämään kohdeyrityksen virallisen hylkäyslomakkeen ja vaateen uuden osan toimitukselle. Vikatapauksissa kirjataan myös kuka on viasta vastuussa, eli oliko vika lähtöisin suunnittelijasta vai toimittajasta.

5.3.2 Projektinumerot puuttuvat tarjouksista

Kaizenin perustella päädyttiin parantamaan hankintaehdotuslomaketta. Exceliin lisättiin pakollisia kenttiä, joiden ollessa tyhjänä lomaketta ei voida lähettää. Tietokentille lisättiin vakionuotoiset alavetovalikot, jotka nopeuttavat tiedon kirjaamista ja parantavat tiedon oikeellisuutta. Lomakkeen tietokenttien päivittäminen vastuutettiin taloushallinnolle, joka pystyy tekemään mahdolliset muokkaukset tili- ja kustannustietoihin nopeasti ja oikeellisesti ilman hyväksyntäkiertoja. Tällä varmistetaan, että viimeisin data on kaikkien käytössä.

Projektitunniste pyritään säilyttämään kaikissa arvovirtaketjun prosesseissa jotta tiedon jäljitettävyys säilyy jokaisessa vaiheessa. Se lisätään myös jokaisen sähköpostimuotoisen tiedonvälityksen otsikkokenttään, jotta Outlookiin voidaan muodostaa automaattisen etsinnän kansioita.

5.3.3 ERP:tä ei käytetä tehokkaimmalla mahdollisimmalla tavalla

CPS-tiimin ERP:n käyttöön liittyvät standardoidun työn ohjeet katselmoitiin ERP:n tehokäyttäjien kanssa. Mukana oli toimihenkilöitä tuotetietojen hallinnoinnista, taloushallinnosta ja materiaalien hallinnasta. Ohjeet havaittiin puutteellisiksi; joitakin toimintoja ei kuvattu lainkaan, ja eri toimintojen välinen suoritusjärjestys ei tullut esille. Prosessin eri osastojen vastuualueita ei määritelty yksiselitteisesti.

ERP-ohjeista tehtiin uusi revisio, joka kuvaa yksiselitteisesti ja selkeästi eri toiminnot, jotka liittyvät CPS-tiimin ja toimitusketjun muiden osapuolten ERP:n käyttöön. Tuotetietojen kohdalla huomattiin myös virheitä. Laitteiden osaluettelot eivät olleet aina oikein, taloushallinnon käyttämiä tilitietoja oli merkattu väärin kategorioihin, huollon käyttämä bittikartta oli joidenkin laitteiden kohdalla väärin ja kaikkien laitteiden tyyppikilpitiedot eivät pitäneet paikkaansa. Virheellisten tietojen perusteella päätettiin suorittaa datan validointi ja päivitys. Datan tarkastukseen ei kuitenkaan ole systemaattista menetelmää eikä jaksottaista tarkastussykliä.

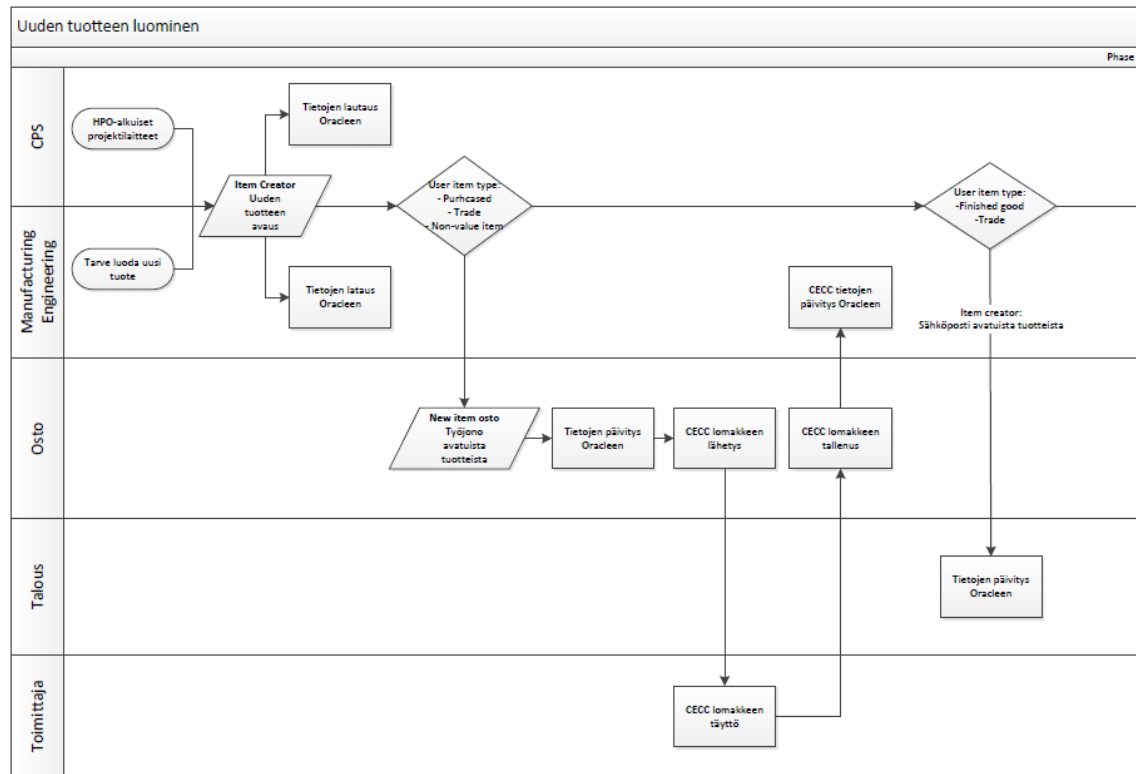
5.3.4 Item creator

Kohdeyrityksen ERP ei tue uuden osan tai laitteen avaamista jo olemassa olevien tietojen pohjalta. Nykyinen nimikkeenavausprosessi on raskas ja virhealtis, se sisältää useita eri Excel-tiedostoja, eikä uuden nimikkeen luoja voi olla täysin varma tiedon oikeellisuudesta. Uuden nimikkeen luomiseen liittyy monta osastoa, jotka kommunikoivat keskenään sähköpostin välityksellä. Uuden osan avaamiseen ei liity minkäänlaista seuranta, eikä tieto sen elinkaaresta ole kaikkien saatavilla. Nimikkeen tietokenttien välisiä relaatioita hyödynnetään vain vähän. Näiden lähtötietojen perusteella päätettiin luoda

Item creator -niminen tietokanta diplomityöntekijän toimesta. Ohjelma avustaa käyttäjää uuden osan avaamisessa, poistaa virheellisten avausten määrää, seuraa uuden nimikkeen elinkaarta ja luo automaattisesti Excel-pohjaisen tiedoston, jonka avulla tiedot voidaan syöttää ja päivittää ERP-järjestelmään. Tietokantaan on tallennettu kaikki vanhat nimikkeet, joita nykyisellään käytetään pohjana uusille nimikkeille sekä nimikkeen kaikkien attribuuttien mahdolliset arvot ja arvoyhdistelmät. Attribuutteihin liittyy merkittävä määrä yhden tai useamman relaation sääntöjä, eli tietokentät ovat riippuvaisia toisistaan. Esimerkiksi tilitiedot määräytyvät laitteen tehoalueen ja tuotantoorganisaation mukaan. Kaikkien relaatioiden hallitseminen käsin on käytännössä mahdotonta ja erittäin virhealtista.

Liitteessä 5 on mallinnettu tietokannan relaatiokaavio. Käyttäjä voi avata uuden nimikkeen tyhjältä pohjalta tai kopioida vanhan nimikkeet tiedot. Kohdeyritys avaa nimikkeitä myös muihin organisaatioihin, jolloin tietyt attribuutin saavat organisaatiokohtaiset arvot. Valmiiseen laitteeseen tulevat tyyppikilpitiedot voidaan laskea automaattisesti, ja jos tietojen täyttäminen vaati kyselyä tuotekehitysosastolta, voidaan saadut tiedot tuoda tietokantaan suoraan oikeille attribuuteille. Vanhojen nimikkeiden etsintään kehitettiin usean attribuutin kattava ennustava hakukenttä, joka nopeuttaa hakuprosessia huomattavasti verrattuna ERP:een suoritettaviin kyselyihin. Käyttäjystävällisempi ja nopeampi nimikehaku auttaa myös ehkäisemään tilannetta, jossa samalle nimikkeelle on avattu useampi eri koodi.

Uusien nimikkeiden tiedottaminen muille osastoille tapahtuu automaattisesti. Prosessi on havainnollistettu kuvassa 21. Osto-osastolle kehitettiin oma tietokanta, joka käyttää samaa rividataa kuin Item creator, mutta attribuutteina on ainoastaan nimikkeen yksilöintitiedot ja eri operaatioita kuvaavat tehty/ei tehty -kentät osaston uuden nimikkeen sisäiseen seurantaan.



Kuva 21. Uuden tuotteen luominen – prosessikaavio.

Tietokannan lähtödata tuotiin ERP:stä. Siihen sisällytettiin kaikki aktiiviset nimikkeet, joita tulevaisuudessa hyödynnetään uusien nimikkeiden avaamiseen. Samalla data tarkastettiin ja tarpeen vaatiessa päivitettiin. Liittymän käyttöönoton jälkeen CPS- ja Manufacturing Engineering -osastot ovat yhdessä huomanneet virheitä organisaation tuotetiedoissa. Jotkin vanhat virheet voidaan kirjata varianssin piikkiin, avaamisessa tapahtuu joskus kirjoitusvirheitä tai muita huolimattomuudesta tai tietämättömyydestä aiheutuvia anomalioita, joiden syntymistä Item creator pyrkii estämään. Useampaan riviin vaikuttavat laajemmat virheet on myös helpompi havaita, kun koko tehtaan tuotetiedot ovat reaaliaikaisesti saatavilla ja rivejä voidaan testata tietokannan validointisääntöjen perusteella.

5.3.5 Materiaalit makaavat tavarantoimituksessa pitkiä aikoja

Kaizenissa tutkittiin mahdollisuutta erillisestä kotiinkutsusta projektimateriaaleille. Menetelmässä projektin materiaalit varastoitaisiin toimittajalla niin pitkään, kunnes kaikki projektiosat ovat toimitusvalmiita ja tuotanto on aikataulutettu. Parannusideasta päätettiin järjestää uusi Kaizen-tapahtuma, jossa kartoitetaan toimittajien mahdollisuus kyseiseen toimintaan. Tapahtuman aikana on tarkoitus määritellä materiaalinhankintastrategia joka mahdollistaisi erilliset kotiinkutsut, sekä suunnitella asianmukaiset kuljetuslaattikot projektimateriaaleille. Nämä toimet eliminoivat turhat pakkausmateriaalit ja helpottavat materiaalin käsittelyä. Materiaaleille määritellään myös 5S:n mukaiset säilytyspaikat tuotanto- ja vastaanottotiloihin. Kotiinkutsusta järjestetään avaintoimittajien kanssa pilotointijakso, jonka aikana selvitetään tarkemmat käytännön järjestelyt. Alkuun kotiinkutsun piiriin otatetaan laitteiden ETO-suunnitellut mekaniikkaosastot. Näille

suunniteltiin omat kanbanit, joiden fyysistä liikettä seurataan samalla tietojärjestelmällä kuin standardikanbanien. Toistaiseksi kotiinkutsu tapahtuu sähköpostitse. Jos pilotointivaihe menestyy, otetaan menetelmä käyttöön myös muiden projektinimikkeiden kohdalla. Tavarantoimituksesta on toistaiseksi saatu vapautettua kymmenen lavapaikkaa, joista ETO-kanbanit vievät neljä paikkaa.

5.3.6 ERP ei tue projektikohtaista seurantaa

Kohdeyrityksen nykyinen projektiseuranta tapahtuu eri Excel-tiedostoissa, joten tietoa on vaikea jäsenellä, eikä projektilaitteen tilanteesta ole olemassa yhden silmäyksen tilaraporttia. Aiheesta päätettiin järjestää uusi Kaizen-tapahtuma, jossa kartoitetaan mahdollisuuksia tehostaa ETO-toiminnan ERP:n hyödyntämistä. Nopeaksi ratkaisuksi kehitetään ERP:stä raportti, josta käy ilmi nimikkeen yksilöintitietojen lisäksi tilauksessa olevien nimikkeiden määrä, vahvistettu toimituspäivä ja vastaanottopäivämäärä. Tällöin materiaalin vastaanoton ei tarvitse enää vastailta CPS-tiimin kysymyksiin saapuneista projektiosista.

5.3.7 Projektiin liittyvän tiedon etsintä vie liikaa aikaa

CPS-tiimi kehitti itselleen MS OneNote -pohjaisen projektienseurantajärjestelmän, jossa tieto on jäsenelty visuaalisesti ja helposti kaikkien osaston jäsenien saataville. Eri projektien tilanteet, SPM-dokumentaatiot ja linkit tukitiedostoihin tallennetaan yhden identifiointinumeron alle, jolla varmistetaan tiedon läpinäkyvyys. Samaan kirjastoon lisättiin myös yksiselitteiset standardoidut ohjeet uuden tuotteen tuotannon käynnistämiseksi. Projektin etenemisen vaiheet kirjataan reaaliaikaisesti ja valmiit projektit siirretään arkistoon aktiivisten tieltä.

5.3.8 Muut pienemmät parannukset

Projektiosien revisiointimahdollisuus selvitetään yhteistyössä Manufacturing Engineering- ja CPS-osastojen kanssa. Kohdeyrityksen PLM-ohjelmiston hyväksikäytön mahdollisuuksia tutkitaan, ja sovitaan selkeät säännöt milloin projektiosa otetaan standardoitujen nimikkeiden tuotetietohallinnan piiriin.

Materiaalien saapuminen oikeaan kerrokseen varmistetaan jatkossa hankintaehdotuslomakkeen pakollisen tietokentän kautta. Hankintaehdotuslomakkeen pakollisesta käytöstä ohjeistetaan kaikkia sitä käyttäviä osastoja.

6 Johtopäätökset

Viimeisessä luvussa käydään läpi tiivistettynä diplomityön tulokset, arvioidaan niiden toteutuskelpoisuutta ja esitetään jatkotutkimuskohteet.

Miten saadaan kaikille osapuolille kokonaistyömäärältään optimoitu prosessi?

Diplomityön myötä saatiin konkreettisia parannuksia toimitusketjun eri osapuolten hallinnollisiin tehtäviin. Uusia standardoituja työmenetelmiä kehitettiin, liian raskaita kevennettiin ja sekavia selvennettiin. CPS-tiimin toiminta oli ennen kehitysprojektia melko läpinäkymätöntä ja huonosti kommunikointua. Nykyistä rajapintaa saatiin Kaizen-tapahtuman myötä avattua muille osastoille. Heidän toimintansa on nyt selkeämpää, suoraviivaisempaa ja helpommin seurattavaa.

Yleisellä tasolla huomattiin, että Plan Do Act Check -sykliä hyödyntämällä toimitusketjun osapuolilla on mahdollisuus vaikuttaa omaan toimintaansa Kaizen-ideologian mukaisesti. Muutosvistarinta eri osapuolten kohdalla on esimiesten haastattelujen perusteella pienentynyt. Olemassa olevat toimintatavat ovat Kaizen-tapahtuman myötä helpompi kyseenalaistaa. Arvovirtakartoitusta mahdollistaa osapuolten oman toiminnan tarkastelemisen osana laajempaa kokonaiskuvausta: tiimien on helpompi nähdä miten muutokset omassa toiminnassa vaikuttavat arvovirran muihin osapuoliin. Nykytilan arvovirtakartta havaittiin melko sekavaksi johtuen reaali maailman tilaus-toimitus-prosessin sekavuudesta. Arvovirtakartan tuomat visualisointikeinot helpottivat prosessin virtaviivaistamista. Arvovirtakartan mittareiden avulla tunnistettiin tämänhetkiset ongelmat kohdat toimitusketjussa. Mallinnettua arvovirtaketjua voidaan jatkossa hyödyntää myös muilla tuotantolinjoilla.

Projektimateriaalien fyysinen käsittely on helpottunut erillisten kotiinkutsujen ja ETO-nimikkeille suunniteltujen Kanbanien myötä. Kohdeyrityksen tavaravastaanotto on Kaizenin myötä selkeämmin jäsenneily eivätkä ETO-nimikkeet jää makaamaan lattialle vailla sijoituspaikkaa. Kotiinkutsu perustuu nyt ja lähitulevaisuudessa linjan esimiehen ammattitaitoon lähettää kotiinkutsut sähköpostilla kolmannen osapuolen varastointiyritykselle oikeista nimikkeistä oikea-aikaisesti. Kummallakaan osapuolella ei ole näkyvyyttä toistensa saldo- tai tilauskantaan, joka evää mahdollisuuden näiltä osin automaattiseen varastonhallintaan.

Kaizen-tapahtuman rajaus oli alunperin epäselvästi määritelty. Tarkoituksena oli jättää CPS-tiimin sisäiset ETO-toiminnot kehitysprojektin ulkopuolelle. Arvovirtaa mallinnettaessa huomattiin kuitenkin ketjun loppupään ongelmien johtuvan useimmiten juuri CPS-tiimin ketjun alkupään virheellisestä toiminnasta. Näin ollen toimintaan syvennettiin hieman, jotta saatiin selville mistä syistä tilauksen prosessoinnin C/A-prosenti on ketjun heikoin. Syventymisen tasoa oli vaikea määritellä, jolloin ajankäyttö ja prosessin analysointi eivät toimineet tehokkaimmalla mahdollisella tavalla. Kehitysprojekti sai kuitenkin CPS-tiimin tarkastelemaan omaa toimintaansa ja kehittämään tiedonhallintaansa parempia ratkaisuja.

Toimitusketjun tehokkuudella ei ennen kehitysprojektia ollut juurikaan mittareita. Niitä ei haluttu lähteä kehittämään myöskään projektin jälkeen, jolloin tämän diplomityön ja sen aikana suoritettujen Kaizen-tapahtumien menestystä on mahdotonta mitata kvantitatiivisesti. Mittareiden tulisi olla sisällytetty tietojärjestelmiin, jotta relevantin datan kerääminen ei aiheuttaisi käsin kirjaamista ja ylimääräistä työtä.

Kuinka järjestetään informaation liikkuminen toimitusketjun läpi?

Informaatio liikkuu kehitystyön jälkeenkin eri Excel-tiedostoissa. Tiedostojen tietokenttiä ja validointisääntöjä lisättiin tiedostojen laadun ja datan oikeellisuuden parantamiseksi. Toimitusketjun alkupäällä ei ole vielääkään läpinäkyvyyttä ketjun loppupäähän – ja päinvastoin, eli informaation läpinäkyvyyttä ei saatu tämän diplomityön puitteissa kokonaisvaltaisesti parannettua.

Kesken ETO-projektin ilmenneitä BOM-muutoksia ei käsitelty tämän diplomityön yhteydessä. Asiakkaalle asti päätyvien virheellisten osaluetteloiden määrää voidaan mitata vain tilauskohtaisesti. Kuitenkin arvovirran visualisointi ja standardoidun työn parantaminen auttavat projekti-insinöörejä hahmottamaan, mitkä toiminnoista pitää suorittaa uudelleen osaluetteloihin kohdistuvien muutosten ilmetessä.

Miten nykyisiä tietojärjestelmiä käytetään hyväksi, tarvittaisiinko lisää ominaisuuksia?

Kohdeyrityksen nykyiset tietojärjestelmät toimivat perinteisen MRP-suunnittelun mukaan, mikä tukee huonosti tai ei ollenkaan ETO-toimintaa. Kohdeyrityksen ERP:n standardoidun työn ohjeisiin tehtiin CPS-tiimin osalta päivityksiä, jotka tehostavat tiedonhallintaa. Tietokannasta saataviin kyselyihin lisättiin relaatioita ja attribuutteja, jolloin olemassa oleviin raportteihin saadaan lisää informaatiota ja tiedon etsiminen ja yhdistäminen helpottuvat.

Diplomityön yhteydessä toteutettu Item creator -tietokanta nopeuttaa sekä CPS-tiimin että Manufacturing Engineering -osastojen toimintaa. Se helpottaa uusien nimikkeiden tiedonsiirtoa osto- ja talousosastoille. Avattavat nimikkeet ovat datan laadun puolesta eheämpiä ja virheellisesti avattujen nimikkeiden määrä on vähentynyt huomattavasti.

Miten ETO-toimintamallia voidaan soveltaa Lean-ympäristössä?

Lean on tehostanut moneen valmistavan teollisuusyrityksen toimintaa ja antanut kilpailuetua markkinoilla. Sen soveltaminen sellaisenaan on kuitenkin ETO-ympäristössä hankalaa tai jopa mahdotonta. ETO- ja Lean-toimintamalleille voidaan löytää yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia. Molemmille malleille yhteistä on tiivis yhteistyö toimittajan kanssa. Varsinkin ETO-toiminnassa yhteisten tietojärjestelmien rooli saa kirjallisuudessa suuren merkityksen. Kommunikaation tulee olla nopeaa ja saumatonta. Toimitusketjun tuotetietojen tulisi olla kaikkien osapuolten saatavilla reaaliaikaisesti. Asiakasvaatimusten kommunikaation ja muutostenhallinnan tulisi olla läpinäkyvää. Kohdeyrityksessä mikään edellä mainituista aspekteista ei toteudu nyt eikä lähitulevaisuudessa sillä korporaation IT-hankintapolitiikka estää paikallisesti toteutetut tietojärjestelmäratkaisut. Korporaation muilla toimipisteillä ei ole käytössä ETO-toimintaa helpottavia tietojärjestelmiä tai niiden osia, jolloin myöskään kohdeyritykseen ei osteta erillisiä sovelluksia. Kommunikaatio tapahtuu edelleen sähköpostilla, tuotetietoja hallinnoidaan erilaisten PDF- ja Excel-tiedostojen avulla, eikä ETO-projektin aikana ilmenneitä muutoksia tuotteeseen voida revisioida. Projektilaitteen kustannuksia on vaikea seurata eikä synergiaa tuotantomenetelmien ja tuotesuunnittelun parannuksessa hyödynnetä tehokkaimmalla mahdollisella tavalla.

Arvovirtakartoitus toimii vakaassa Lean-ympäristössä hyvin. Jos prosessin parametrit pysyvät vakioina, myös malli pysyy tarkkana. Kynään ja paperiin perustuva menetelmä menettää paikkansapitävyyttään mitä enemmän arvovirtaketjussa esiintyy satunnais-

vaihtelua ja muutoksia. Arvovirran simulointi ja kehittyneemmät mallit pystyvät ottamaan huomioon vaihtelevat tekijät perinteistä arvovirtakartoitusta paremmin. ETO-toimintaympäristössä ei täten välttämättä ole kannattavaa soveltaa perinteistä arvovirtakartoitusta.

Jatkotutkimuskohteet

ETO-toiminnan tehostamiseen on olemassa useita sovellusratkaisuja. Ne voidaan liittää osaksi yrityksen nykyistä ERP-järjestelmää tukemaan päätöksentekoa sekä helpottamaan kommunikointia ja muutostenhallintaa, jolloin toimitusketjusta tulee huomattavasti läpinäkyvämpi ja reaktiivisempi. Ohjelmistot ovat usein kykeneviä ratkaisemaan ETO-toiminnalle tyypillisiä epälineaarisia optimointiongelmia, joita perinteiseen MRP:een perustuva ohjelmisto ei tue.

Perinteistä arvovirtakartoitusta kehittyneempien mallien soveltaminen ETO-tuotantoon Lean-ympäristössä on tällä hetkellä useamman eri tahon tutkinnan kohteena. Simulointi osana tuotannonsuunnittelua auttaa tarkastelemaan erilaisia tuotantoskenaarioita ja helpottaa nykyisten järjestelmien vaihtelun hallintaa. Aiheesta ei ole tämän hetkessä kirjallisuudessa kokonaisvaltaista ratkaisua, eikä yksittäisten hyväksi havaittujen menetelmien käyttöönotto välttämättä paranna toimintaa laajemmassa mittakaavassa.

ETO-toimintaan liittyvien operaatioiden kvantitatiivinen ja automaattinen mittaaminen tulisi ottaa huomioon PDCA-sykliden suorittamisessa. Prosessia on vaikea parantaa ilman luotettavaa dataa operaatioiden kestoista ja virheettömyydestä. Toimintojen kirjaamiseen ja mittaamiseen ei tulisi käyttää projekti-insinöörien työaikaa. Suunnittelu-tiimillä tulisi olla reaaliaikainen tilannekuva omasta toiminnastaan ja projekteistaan.

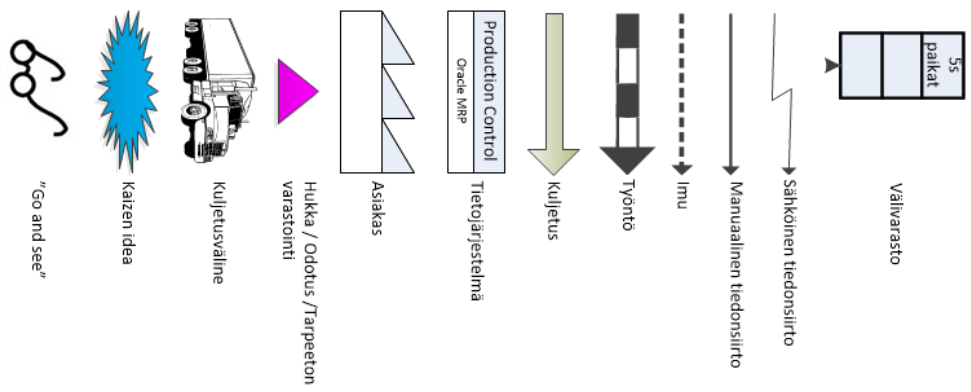
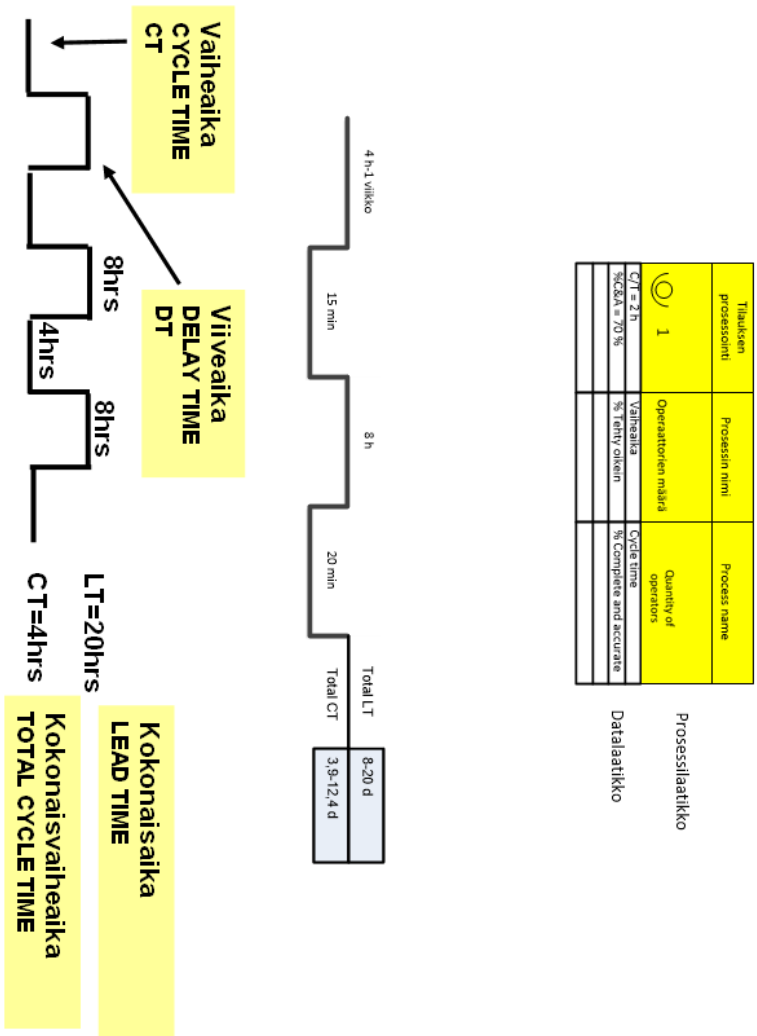
Jatkotutkimuksen kohteeksi ja ETO-toiminnan tehostamiseksi tulisi löytää tietojärjestelmät ja keinot, joiden avulla yllä mainitut aspektit toteutuvat.

Lähteet

- Amaro, G., Hendry, L., Kingsman, B., 1999. Competitive advantage, customisation and a new taxonomy for non-make-to-stock companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 349–371.
- Beau, K, Locher D (2004) *The complete lean enterprise: value stream mapping for administrative and office processes*. CRC Press, 2004. ISBN: 978-1-56327-301-8
- Bertrand, J. W. M., and D. R. Muntslag. Production control in engineer-to-order firms. *International Journal of Production Economics* 30 (1993): 3-22
- Bhasin, S. (2015). *Lean management beyond manufacturing*. New York, NY: Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-17409-9
- Blackstone J. *APICS dictionary 13th edition*. The Association for Operations management. University of Georgia. ISBN: 978-0-615-39441-1
- ChannelSoft Partners. 2016. Process time versus Lead time across the value stream. [Verkkosivusto]. Päivitetty 25.4.2017. [Viitattu 25.4.2017]. Saatavissa: <http://channelsoft.com/wp-content/uploads/2015/02/Process-Time-vs-Lead-Time.jpg>.
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Springer-Verlag Italia. ISBN: 978-88-470-2510-3
- Coronado M, A. E., & Lyons, A. C. (2007). Evaluating operations flexibility in industrial supply chains to support build-to-order initiatives. *Business Process Management Journal*, 13(4), 572-587.
- Fabrizio, T, Tapping D. 2006 *5S for the office: Organizing the workplace to eliminate waste*. CRC Press. ISBN: 978-1563273186
- Gosling, J., & Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122(2), 741-754.
- Hedenstierna, P. Ng, A. 2011. Dynamic implications of customer order decoupling point positioning. *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 22, No. 8. pp. 1032-1042.
- Masaaki, I., & Heymans, B. (2005). *Gemba kaizen*. New York: McGraw-Hill. ISBN: 0-07-031446-2
- Kerber, B, Dreckshage B. 2011. *Lean supply chain management essentials: a framework for materials managers*. CRC Press. ISBN: 978-1439840825
- Kärkkäinen, H., Piippo, P., & Tuominen, M. (2001). Ten tools for customer-driven product development in industrial companies. *International journal of production economics*, 69(2), 161-176.

- Lampel, J., & Mintzberg, H. (1996). Customizing customization. *Sloan management review*, 38(1), 21.
- Lane, G. (2007) *Made-to-order Lean*. Productivity Press, New York. ISBN; 978-1-56327-362-9
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International journal of production economics*, 85(3), 319-329
- Quarterman L, Snyder B. (2006) *The strategos guide to value stream & process mapping*. Enna Products Corporation. ISBN: 978-1897363430
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see*. Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA. ISBN: 978-0966784305
- Tapping, D., Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office: Eight Steps to Planning, Mapping, & Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas*. CRC Press. ISBN: 978-1563272462
- Thomassen, M. K., Alfnes, E., & Gran, E. (2015, September). A New Value Stream Mapping Approach for Engineer-to-Order Production Systems. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 207-214). Springer International Publishing.
- Tsou, J-C & Chen, J-M. 2005. Dynamic model for a defective production system with Poka-Yoke. *Journal of the Operational Research Society*, vol 56:7. s. 799–803.
- van Donselaar, K., Kopczak, L. R., & Wouters, M. (2001). The use of advance demand information in a project-based supply chain. *European Journal of Operational Research*, 130(3), 519-538.
- Vollmann, T. Berry, W. Whybark C. (1997) *Manufacturing planning and control systems*. Irwin/McGraw-Hill. ISBN: 978-0786312092
- Wiegand, B. Nutz, K. (2008) *Lean administration II How to manage office and service processes*. Lean management institution, Aachen. ISBN: 978-3-9809521-6-3
- Wortmann, H. (1995). Comparison of information systems for engineer-to-order and make-to-stock situations. *Computers in Industry*, 26(3), 261-271.
- Yang, B. & Burns, N. 2003. Implications of postponement for the supply chain. *International journal of production research*. Vol. 41, no. 9. pp. 2075–2090.
- Zhou, J., Zhang, Q., Wang, X., & Xiao, H. (2016). Lean system design for engineer-to-order manufacturing. *Journal of Shanghai Jiaotong University*. 702-712.

Liite 1. Arvovirrassa käytetyt symbolit



Liite 3. Työvaiheiden analysointikaavio

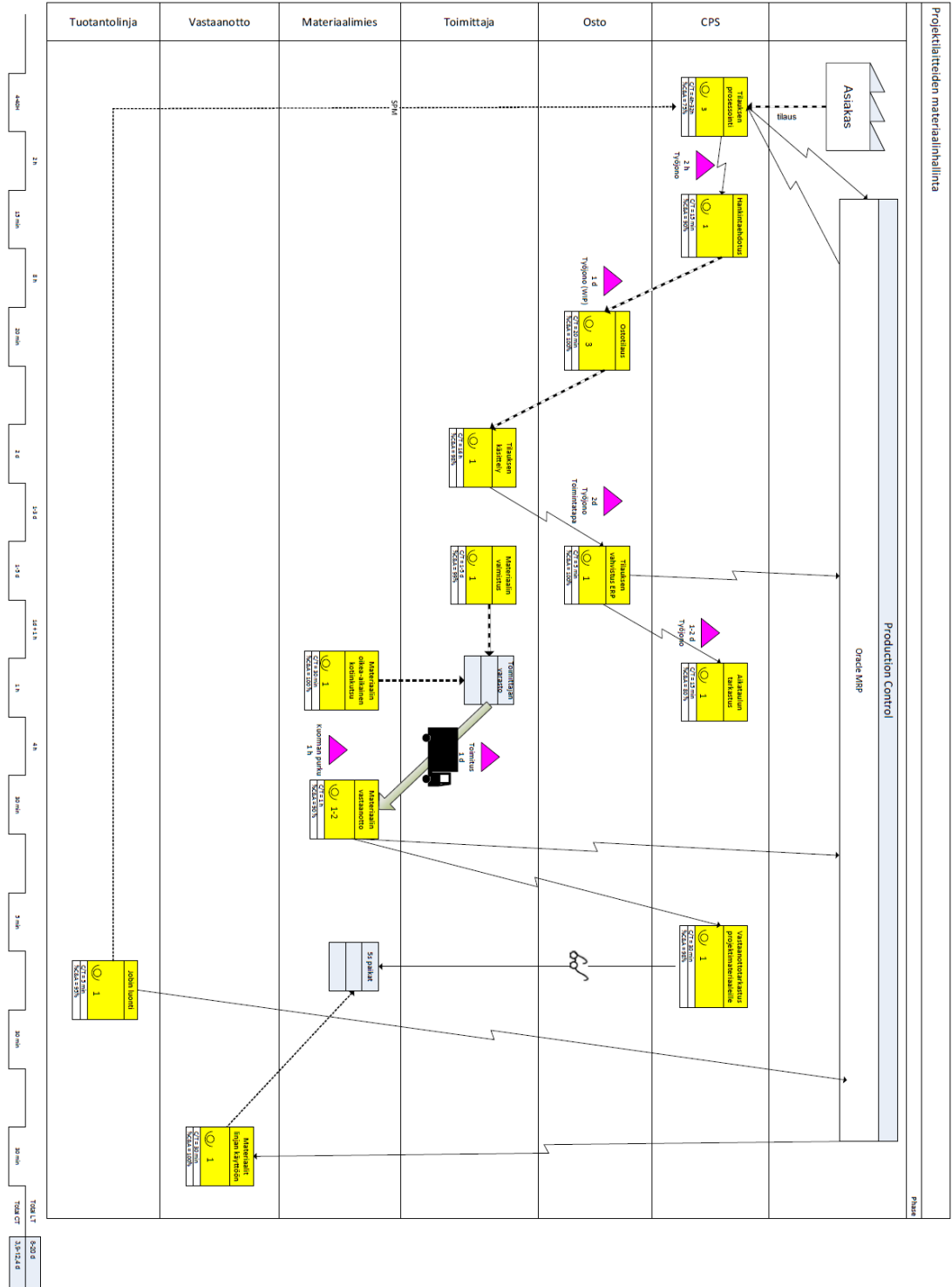
TYÖVAIHEIDEN ANALYSOINTI

	Käy läpi työn kaikki vaiheet. Tee kysymys jokaiseen vaiheen kohdalla	harkitse toimintaa
MITÄ	Mikä on tarkoitus? Onko tämä vaihe tarpeellinen? Saadaanko työvaiheella aikaan se, mikä on tarkoitus?	Elimioi tarpeettomat vaiheet
MISSÄ	Missä työvaihe tehdään? Missä se pitäisi tehdä? Miksi se pitäisi tehdä siellä?	Yhdistä työt tai vaihda tekopaikkaa
MILLOIN	Milloin tämä vaihe tehdään? Voiko työvaiheen tai osan siitä tehdä muulloin? Tehdäänkö työ oikeassa järjestyksessä?	Yhdistä työt tai vaihda järjestystä
KUKA	Kuka tekee työtehtävän? Miksi tämä henkilö tekee sen? Kenen pitäisi tehdä se?	Yhdistä työt tai siirrä toiselle henkilölle
MITEN	Millä tavoin (menetelmä) työvaihe tehdään? Miksi teemme sen tällä tavoin? Onko olemassa yksinkertaisempaa tai parempaa tapaa saavuttaa sama tulos? Miten tämä pitäisi tehdä?	Yksinkertaista tai paranna menetelmää

Ota huomioon:

Työturvallisuus, etäisyys, koko, laatu, vaikeus

Liite 4. Tulevaisuudentilan arvovirtakartta



Liite 5. Item creatorin relaatiokaavio

