

Erno Kajander

HIENOKUORMITUS JA TYÖJONOJEN HALLINTA

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta

Diplomityö

Toukokuu 2019

TIIVISTELMÄ

Erno Kajander: Hienokuormitus ja työjonojen hallinta

Tampereen yliopisto

Diplomityö, 98 sivua

Johtamisen ja tietotekniikan maisteriohjelma

Pääaine: Tuotantotalous

Toukokuu 2019

Tarkastajat: Rainer Breite ja Marko Seppänen

On havaittu, että Hakkilan tehtaalla tuotannonsuunnittelun paikkansapitävyys on ollut alhainen. Tämä aiheuttaa haasteita lähipäivinä tarvittavien resurssien yksityiskohtaisemmassa arvioimisessa. Suurin osa Hakkilan tehtaalla valmistettavista tuotteista ovat asiakasräätelöityjä tai massaräätelöityjä tuotteita. Tämä tarkoittaa korkean vaihtelun ja alhaisen volyymin omaavaa tuotantoa. Pitkät läpimenoajat sekä korkeat turvallisuus- ja laatuvaatimukset aiheuttavat myös haasteita tuotannonsuunnittelulle.

Tämä diplomityö on osa Hakkilan tehtaalla käynnissä olevaa hienosuunnitteluprojektia, jonka pääasiallinen tavoite on parantaa tehtaan tuotannonsuunnittelun paikkansapitävyyttä sekä kohentaa asiakkaan saamaa arvoa. Pääatutkimuskysymyksenä diplomityössä on, että ”kuinka priorisoinnit ja tuotannossa esiintyvä valinnaisuus vaikuttavat tuotantoprosessiin kokonaisuudessaan?”. Tämä lähestymistapa antaa mahdollisuuden kartoittaa valinnaisuuden ja priorisointien aiheuttamat haasteet kokonaisvaltaisesti. Tällöin voidaan osoittaa juurisyyt priorisoinnin ja valinnaisuuden aiheuttamalle kuormituksen vaihtelevuudelle tuotannossa.

Työ rajattiin koskemaan tuotantoprosessia työjärjestyksen luomisesta pakkaamoon tai asiakastarkastukseen asti, riippuen töiden sisältämistä työvaiheista. Ostettavien osien saatavuuteen tai koneistukseen ei työssä paneuduta, vaikka niiden on todettu aiheuttavan priorisointien tarvetta tuotannossa.

Mainittuja ongelmia lähdettiin tutkimaan kokonaisvaltaisen nykytila-analyysin avulla. Nykytila-analyysin aikana kerättyihin tietoihin perustuen lähdettiin kehittämään käytössä olevia järjestelmiä sekä toimintatapoja tuotannossa ja sen tukitoimissa. Työn yhteydessä luotiin myös paranneltu tuotannon viikkosuunnitelma. Järjestelmien kehittämisen myötä tuotannonsuunnittelijat kykenevät tekemään yksityiskohtaisen tuotantosunnitelman tulevalle viikolle paremmalla laadulla sekä lyhyemmässä ajassa. Viikoittaisen tuotantosunnitelman tekemisessä tullaan huomioimaan asiakastilausten priorisoinnit sekä revisoidut työt. Henkilöstön aikaa voidaan myös kohdentaa paremmin arvoa tuottaviin tehtäviin, raportoinnin ollessa laadukkaampaa ja sisältäen ajankohtaisempaa tietoa tilausten statuksista.

Avainsanat: resurssit, hienokuormitus, kuormitus, hienosuunnittelu, yksityiskohtainen, tuotantoprosessi, MES, ERP, tuotannonsuunnittelu, kapasiteetti, prosessi, priorisointi, virtaus, tuotannonohjaus, järjestelmät, hallinta, valinnaisuus.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ABSTRACT

Erno Kajander: Fine loading and queue handling

Tampere University

Master of Science Thesis, 98 pages

Master's Degree Program in Management and Information Technology

Major: Industrial Engineering and Management

May 2019

Examiners: Rainer Breite and Marko Seppänen

It was noticed that reliability level of production planning has been low in Hakkila plant. This issue is causing challenges in estimating the level of needed resources for upcoming days. Most of the manufactured products, in Hakkila plant, are customer tailored or mass customized products. This means high-mix-low-volume production. Long lead times, high quality requirements and high safety requirements are also causing challenges in production planning.

This master's thesis is part of ongoing fine loading and queue handling project. The main purpose of the project is to improve production planning and customer value added (CVA) level in Hakkila plant. The main research question of this thesis is: "how customer order prioritizations and optionality in manufacturing are affecting the production process, pervasively?". It seemed reasonable to examine this question in bigger picture to find out the root causes for endless changes in work queues in production which makes it impossible to use the capacity on its highest possible level. This approach also makes it possible to map out the root causes for occurring challenges.

This work is defined to consider issues during manufacturing process from releasing orders into manufacturing to final acceptance test or packing. It does not concern machining or rework returning from final acceptance test. Even if purchased parts have huge effect on delivery issues, they are not in the scope.

Project was started with current state analysis. After reviewing results of current state analysis, it seemed necessary to develop current systems and procedures in manufacturing and between units. Development actions for systems and reporting were also made based on current state analysis information. With system improvements, production planners are able to accomplish production plan for upcoming week with better quality and in less time. Personnel can also communicate more efficiently, especially between project unit and factory. Finally, weekly production plan was also improved with new rules, concerning disclosed challenges.

Keywords: system, MES, ERP, detailed, fine, production, planning, manufacturing, prioritization, loading, queue handling, flow, control, optionality

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

ALKUSANAT

Alkusanat on hyvä tilaisuus kiittää kaikkia työhön osallistuneita henkilöitä. Erityisesti haluan kiittää omaa esimiestäni Jussi Lappia, joka on palkannut minut taloon, mahdollistanut tämän työn tekemisen sekä osallistunut sen toteuttamiseen monella tasolla.

Lisäksi haluan kiittää hienosuunnitteluprojektin ydinryhmään kuuluvia jäseniä, joita ilman nykytila-analyysin suorittaminen ei olisi onnistunut. He ovat olleet erittäin tärkeä osa hienosuunnitteluprojektia, johon tämä diplomityö myös sisältyy. Erityiskiitos Hannu Juholalle hienosta avusta logistiikkaan liittyvissä asioissa, Antti Sunille projektin alkuun saattamisessa sekä Jorma Laitiselle erinomaisesta osallistumisestaan nykytila-analyysiin.

Matti Karhulaa haluan kiittää hänen osallistumisestaan MES-järjestelmän kehitysprojektiin. Hänen järjestämien yritysvierailuiden avulla saatiin paljon oleellista tietoa, koskien tuotannon yksityiskohtaista suunnittelua. Niiden avulla saimme uutta näkökulmaa siihen, että mitä meidän tarvitsi järjestelmien kehittämisessä huomioida.

Kiitos ohjausryhmään kuuluville henkilöille, jotka osoittivat mielenkiintoaan pääasiallisen hienosuunnitteluprojektin lisäksi, myös diplomityön etenemistä kohtaan. Kiitos myös muille työkavereilleni, jotka ovat tehneet työssä viihtymisestä erittäin helppoa. Erityisesti työssä viihtymiseen on vaikuttanut positiivisesti meidän tiimissämme työskentelevät henkilöt, joiden kanssa on aina ollut erittäin helppoa ja mukavaa tehdä töitä yhdessä - päivästä toiseen.

Koulun puolelta haluan kiittää kaikkia opetukseeni osallistuneita henkilöitä. Erityisesti haluan kiittää Rainer Breitea, joka toimi diplomityön ohjaajana koulun puolesta. Rainerin kanssa työskentely diplomityön parissa oli mukavaa ja vaivatonta. Oli mielestäni myös tärkeää, että hänellä oli aikaa tulla vierailemaan Hakkilan tehtaalla diplomityön tekemisen aikana, vaikka ajomatkaa tänne pääkaupunkiseudulle oli muutaman tunnin verran.

Kiitos perheelle kaikesta tuesta tähän astisen elämän varrella. Kaikista suurin kiitos omalle äidille, jonka tuki on aina ollut ja tulee aina olemaan korvaamatonta.

Vantaalla 21.05.2019

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Hakkilan tehtaan kokoonpanoprosessi.....	3
1.1.1	ATO (Assemble-to-order) /stock.....	4
1.1.2	Special ja heavy.....	4
1.1.3	Tuotannon vaiheet.....	5
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	5
1.3	Johdatus ongelmaan.....	8
1.4	Työn rajaus.....	10
2	ASIAKASLÄHTÖISEN KOKOONPANOTUOTANNON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	11
2.1	Tuotannonsuunnitteluprosessi.....	12
2.2	Tuotannonohjaus.....	13
2.2.1	Kokonaissuunnittelu.....	14
2.2.2	Karkeasuunnittelu.....	15
2.2.3	Resurssien käytön suunnittelu.....	16
2.2.4	Hienosuunnittelu.....	19
2.2.5	Optimointi.....	21
2.2.6	Valmistuksen ohjaus.....	22
2.2.7	Työjonojen järjestely ja tilausten priorisointi.....	22
2.2.8	Imuohjaus ja työntöohjaus.....	24
2.2.9	Toimitusvarmuus ja toimituskyvyn määrittely.....	24
2.3	Asiakaslähtöisen kokoonpanotuotannon kehittäminen.....	25
2.3.1	Asiakaslähtöisen kokoonpanotuotannon joustavuus.....	26
2.3.2	Kokoonpanotuotannon strategia.....	28
2.3.3	Inhimilliset tekijät.....	30
2.3.4	Viestintä tuotannossa ja sen tukitoimissa.....	30
2.3.5	Panostaminen henkilöstön kehittämiseen.....	31
2.4	Tuotannon ja tuottavuuden kehittäminen.....	32
2.4.1	Tuotanto osana yrityksen strategista toimintaa.....	33
2.4.2	Lean- ja agiletuotanto.....	33
2.4.3	Tuotantotyypit.....	35
3	TUOTANNON NYKYTILA HAKKILAN TEHTAALLA.....	38
3.1	Valinnaisuus ja tuotantojärjestyksen suunnitteleman vaihtelevuus tuotannossa.....	41
3.1.1	Tuotannonsuunnittelijat ja heidän roolinsa hienokuormituksen suunnittelussa.....	43

3.1.2	Keräilyprosessi nykytilassa.....	45
3.1.3	Kokoonpano nykytilassa.....	48
3.2	Kilpailu, priorisoinnit ja strategiat sekä niiden näkyvyys tuotannossa	51
3.3	Viestintä töiden etenemisestä nykytilassa.....	58
3.4	Viikkosuunnitelman toteuttaminen ja sen haasteet	58
4	KEHITYSEHDOTUKSET JA TOIMINNAN PARANTAMINEN.....	61
4.1	Hienokuormituksen suunnittelu ja viikkosuunnitelman toteuttaminen tuotannossa ...	62
4.1.1	Tuotannonsuunnittelijat osana yksityiskohtaisen viikkosuunnitelman tekemistä .	63
4.1.2	Yksityiskohtaisen suunnitelman toteuttaminen ja siihen tarvittavat tiedot	64
4.1.3	Yksityiskohtaisen suunnitelman noudattaminen tuotannossa.....	66
4.1.4	Odotettavissa olevat hyödyt	69
4.1.5	Suunnitellun työjärjestyksen toteutuvuuden mittaaminen.....	70
4.1.6	Kokoonpanon puskurivarastot.....	70
4.2	Järjestelmien kehitys.....	72
4.2.1	MES-järjestelmän automaattinen valmistumispäivämäärän ennustusominaisuus	73
4.2.2	Hienosuunnittelun työkalu – Manu	77
4.3	Viestinnän kehitys.....	80
4.3.1	Viestintä tehtaan ulkopuolelle.....	80
4.3.2	Viestintä tehtaassa sisällä	81
4.4	Priorisoidut työt ja niiden sisällyttäminen tuotantosuunnitelmaan.....	82
5	YHTEENVETO.....	84
	LÄHTEET	89

LYHENTEET

AGV	Automated guided vehicle, Automaattitrucki
ATO	Assemble-to-order, Tilauksesta kokoonpano
BOM	A bill of materials, Osaluettelo
BTO	Build-to-order, Tilauksesta rakentaminen
CODP	Customer order decoupling point, Tilauksen kohdennuspiste
CR	Critical ratio, Kriittisyysuhde
CRP	Capacity requirements planning, Kapasiteettivaatimusten suunnittelu
CTO	Configure-to-order, Tilauksesta kokoonpano/konfigurointi
CVA	Customer value added, Asiakasarvo
EDD	Earliest due date, Aikaisin tarvepäivä
ERP	Enterprise resource planning, Toiminnanohjausjärjestelmä
FAT	Final acceptance test, Hyväksymistarkastus
FCFS	First come, first served, Jonomenetelmä
FIFO	First in, first out (tuotantojärjestystä ohjaava sääntö)
GDC	Global operations data center, Globaali operaatioiden tietokeskus
JIT	Just-in-time, ”Juuri ajallaan oleva” (Tuotantofilosofia)
KPI	Key performance indicator, Avaintulosmittari
MEC	M3 Enterprise Collaborator, M3 yrityksen kollaboraattori
MES	Manufacturing execution system, Tuotannonohjausjärjestelmä
MO	Manufacturing order, Tuotantotilaus
MOP	Manufacturing order proposal, Tuotantotilauspyyntö
MRP	Material requirements planning, Materiaalivaatimusten suunnittelu
MRP2	Manufacturing resource planning, Valmistusresurssien suunnittelu
MTO	Make-to-order, Tuotteen valmistaminen asiakastilauksen perusteella
NSC	Non-standard customization, Ei-standardoitu räätälöinti
OPP	Order penetration point, Tilauksen kohdennuspiste
PIED	Perceived investment in employee development, Havaitut investoinnit henkilöstön kehitykseen
PU	Project unit, Projektiyksikkö
SC	Standard customization, Standardoitu räätälöinti
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers (Toimittajat, Syötteen, Prosessi, Tulosteet, ja Asiakkaat)
S/O	Slack per (remaining) operations, Pelivara vaiheittain
S&Op	Sales and operations planning, Myynnin ja toiminnan suunnittelu
SPT	Shortest processing time, Lyhyin käsittelyaika
TBA	To be announced, Ilmoitetaan myöhemmin
TQM	Total quality management, Kokonaisvaltainen laadunhallinta
TW	Topwork, Yhdistelmä
VOP	Value-oriented prioritization, Arvo-orientoitunut priorisointi
WIP	Work in process/progress, Keskenäinen tuotanto

1 JOHDANTO

Tämä diplomityö on osa Hakkilan tehtaalla meneillään olevaa hienosuunnittelun kehitysprojektia (Eng. Fine loading and queue handling), jossa pääasiallisena tavoitteena on luoda luotettava työympäristö hienosuunnittelun toteuttamiselle. Projekti sai alkunsa, kun huomattiin, että läpimenoaikojen arviointi sekä tuotannosuunnittelun paikkansapitävyys olivat heikolla tasolla. Tehtaalla on myös havaittu kuormituksen variaation olevan suurta ja kapasiteetin hallinnan olevan matalalla tasolla. Asiakastilausten spontaaneilla priorisoinneilla sekä tuotannossa esiintyvällä valinnaisuudella ja vaihtelevuudella kuormitusryhmien käyttöasteissa, on todettu olevan suuri negatiivinen vaikutus tuotantoon. Näitä haasteita lähdettiin tarkastelemaan syvällisemmin diplomityössä. Diplomityön päätutkimuskysymykseksi muodostui:

- o ”kuinka priorisoinnit ja tuotannossa esiintyvä valinnaisuus vaikuttavat tuotantoprosessiin kokonaisuudessaan?”.

Moninaisesti haasteisiin liittyen työssä käydään lävitse tuotantoon erittäin keskeisesti sidoksissa olevia tekijöitä, kuten tuotannosuunnittelua, tuotantostrategioita, tuotantomenetelmiä, asiakasarvoa sekä yritystason strategisia päätöksiä. Myös monien muiden tieteenalojen vaikutukset on otettava huomioon päätöksiä sekä kehitysehdotuksia tehtäessä. Liian kapean tarkastelukulman omaavat kehitysprojektit saattavat ymmärrettävästi luoda vain uusia ongelmia vanhojen tilalle. Ne voivat siis liiallisella yksinkertaisuudellaan jopa tukahduttaa kehityksen kasvua, ennemmin kuin edesauttaa sitä. Kaikkea havaittua asiaa ei kuitenkaan, ikävä kyllä, tämän diplomityön rajausten vuoksi voida käsitellä työssä kovinkaan syvällisesti. On sanomatta selvää, että tuotannon päätökset on kuitenkin syytä liittää organisaation strategiaan linjauksiin, sillä muuten linjaukset olisivat merkityksettömiä.

Tuotannolla tässä työssä tarkoitetaan keräilyprosessia, kokoonpanoprosessia sekä tuotteille suoritettavia testauksia. Tuotteiden toimituksella ajallaan on erittäin suuri vaikutus asiakastyytyvyyteen. Huono toimitusvarmuus on kohdeyritykselle kuitenkin yksi suuri negatiivisen palautteen aiheuttaja. Tästä johtuen myös toimitusvarmuuden parantamisen on havaittu olevan yksi oleellinen kehityskohde kohdeyrityksen toiminnassa. Joon ja Xirouchakisen (2014) mukaan tähän saadaan parannusta yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman laadukkaan toteuttamisen avulla. Parannusta toimitusvarmuuteen odotetaan saavuttavan myös kohdeyrityksen tapauksessa.

Valtaosa kohdeyrityksen liikevaihdosta (64%) oli vuosina 2017 ja 2018 peräisin laiteliiketoiminnasta. Palveluliiketoiminta kattoi 36% liikevaihdosta kyseisinä vuosina. (Metso 2019d) Tuotantotoiminta on suuri osa yrityksen kokonaistoimintaa, joten sen voidaan

myös todeta olevan strategisesti erittäin kriittinen osa-alue yrityksen menestymisen kannalta. Tuotannon kehittämiseen panostaminen on täten perusteltua.

Kehityskohteet tässä diplomityössä voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään – toimintatavat sekä järjestelmät. Toimintatapojen sekä järjestelmien osalta on tehty työn aikana useita parannusehdotuksia ja aloitettu hankkeita. Toimintatavalliset muutokset liittyvät siihen, että kuinka tulevaisuudessa asennoidutaan noudattamaan tehtaan toiminnan kannalta hyödyllisiä käytäntöjä yhdessä. Tasalaatuinen ja suunnitelmallinen toiminta vaatii yhteisiä ja johdettuja pelisääntöjä. Muun muassa valinnaisuutta tuotannossa on karsittava ja suunnitelmallisuutta on lisättävä.

Projektin ja diplomityön alussa määriteltiin eri riskitekijöitä, jotka voisivat vaikuttaa niissä onnistumiseen negatiivisesti. Näitä olivat:

- Liian kapea näkemys prosesseista. Keskitytään liikaa tietyn alueen ongelmiin, eikä saada tarvittavaa tukea toisilta prosessiin kuuluvilta toimialueilta.
- Muut tietojärjestelmien kehitysprojektit tulevat viemään liian paljon oleellisten henkilöiden aikaa tältä projektilta.
- Kriittisten resurssien puute yleisellä tasolla. Esimerkiksi, muutokset backlogissa.
- Saadaan arvokkaita tuloksia, joita ei pystytä sisällyttämään prosesseihin tai tuotantoon. Esim. ajanpuutteesta tai puutteellisesta käyttöönnotosta johtuen.
- Työntekijöiden tyytyväisyys laskee tuotannossa. Tämä voisi olla peräisin liian monista muutoksista, liian lyhyessä ajassa. Vastaavasti muutokset voivat myös olla liian haastavia.

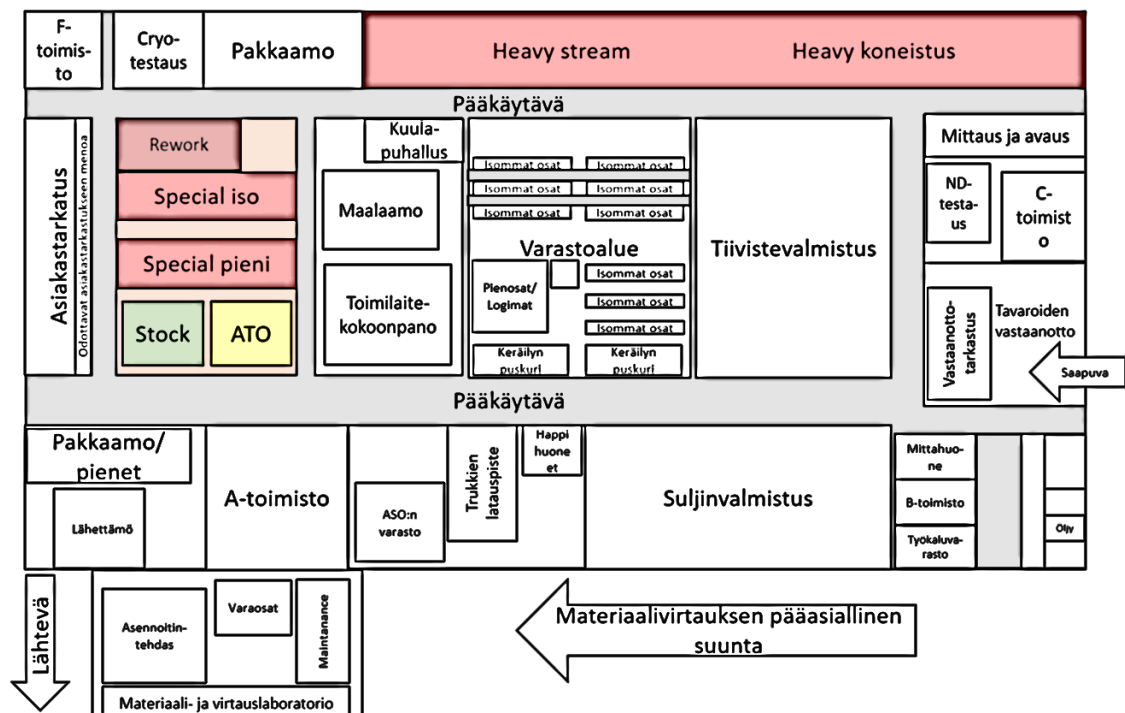
Pääasiallisen projektin aikataulu vastasi hyvin suunniteltua aikataulua tai oli sitä edellä kaiken muun, paitsi kehitysehdotusten käyttöönoton ja lopullisen arvioinnin osalta. Tämä ei kuitenkaan ollut este diplomityön valmistumiselle ajoissa. Kaikki diplomityössä tarvittava tieto oli jo hankittuna hyvissä ajoin. Projektin etenemisen suunniteltu aikataulu (taulukko 1) verrattuna toteutuneeseen aikatauluun on mainittu alla olevassa taulukossa ”projektin suunniteltu aikataulu ja sen toteutuminen”:

Taulukko 1. *Projektin suunniteltu aikataulu ja sen toteutuminen.*

Projektin vaiheet	Suunniteltu aloitus	Todellinen aloitus
Määrittely ja suunnittelu	31.10.2018	26.10.2018
Nykytila-analyysi	16.11.2018	2.11.2018
Kehittäminen	1.3.2019	31.1.2019
Käyttöönotto	3.5.2019	TBA
Arviointi	31.5.2019	TBA

1.1 Hakkilan tehtaan kokoonpanoprosessi

Hakkilan venttiilitehdas Vantaalla kuuluu osaksi Metso Flow Controlin liiketoimintayksikön tuotantoverkostoa. Sen asiakkaat ovat pääsääntöisesti energia- ja hiilivetyteollisuusalan yrityksiä ympäri maailmaa. Hakkilan tehtaasta käytetään yleisesti nimeä Helsingin tehdas (Helsinki Plant). Metso Flow Controlin muut tehtaat sijaitsevat Horgaussa (Saksa), Shanghaissa (Kiina) sekä Worcesterissa (USA). Lisäksi tehdasverkostoon kuuluvat toimituskeskukset Brasiliassa ja Intiassa, joissa tehdään pääasiassa tuotteiden lopputuotteen paikallisille markkinoille. (Hirsto 2012; Metso 2019b)



Kuva 1. Hakkilan tehtaan layout. (Mukaiillen Lampimäki 2018 ja Metso 2019c)

”Hakkilan tehtaan layout”-kuvan vasemmassa reunassa sijaitsevat pienen ja ison specialstreamin (punainen) kokoonpanopisteet sekä ATO (keltainen) /stock (vihreä) -kokoonpanopisteet. Tämän lisäksi alueelta löytyy myös tehtaan reworkin työpiste. Heavystreamin (punainen) kokoonpanopisteet, pakkaamo sekä koneistusalue sijaitsevat kuvan yläreunassa.

Tuotannossa erityyppisten venttiilien ja yhdistelmien valmistus on jaettu eri osastojen kesken. Osastoja kutsutaan tehtaalla yleisesti streameiksi. Tehtaalla tuotanto on jaettu kolmeen eri streamiin, jotka ovat ATO-/stockstream, specialstream sekä heavystream. ATO-/stock-tuotteita valmistetaan tyypillisesti vakio-osista, kun taas special- ja heavystreamien työt ovat asiakasräätälöityjä tai massaräätälöityjä tuotteita. Jokaisella streamilla on omat tuotannonsuunnittelijansa sekä työnjohtajansa.

Kohdeyrityksen tuotanto on tyyliltään korkean vaihtelun ja pienen volyymin omaista tuotantoa. Yhtä nimikettä voidaan käyttää monessa eri tuotteessa ja toista taas ainoastaan yhdessä. Osaa tuotteista saatetaan valmistaa vain kertaluontoisesti ja toisia tuotteita taas vastaavasti suuria määriä. Eroavaisuuksia nimikkeissä ja niiden käytettävyydessä esiintyy streamien sisäisesti, mutta erityisesti niiden välillä.

1.1.1 ATO (Assemble-to-order) /stock

Tämän streamin tuotteet koostuvat vakiomateriaaleista ja niiden toimitus on suhteellisen nopeaa. Toimitus voi tapahtua muutamassa viikossa tilauksen vastaanottamisesta. ATO- ja stock-tuotteiden ero syntyy siinä, että ATO-tuotteiden venttiilit ovat omavalmisteisia ja stock-tuotteiden venttiilit tulevat yhdistelmiin Hakkilan tehtaan ulkopuolelta.

Nimikkeiden hyvä saatavuus takaa nopean toimituksen tämän streamin tuotteille. Tämän streamin tuotteiden valmistusmäärät ovat suuria, verrattuna kahden muun streamin tuotteiden valmistusmääriin. Osien saatavuus voidaan turvata ennusteisiin perustuvalla laskennalla. Kokoonpanoprosessi tämän streamin tuotteilla on myös usein suhteellisen yksinkertaista.

1.1.2 Special ja heavy

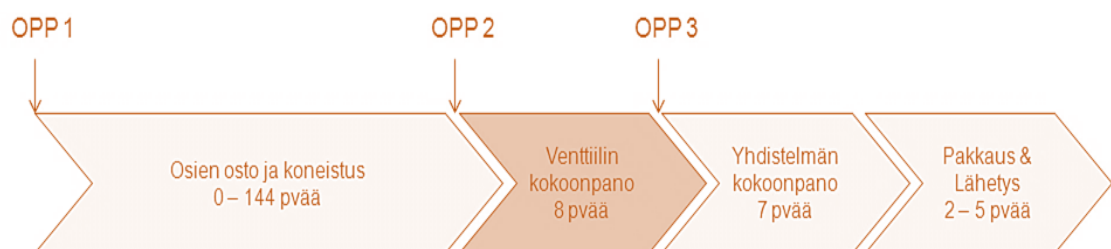
Näiden streamien työt ovat asiakasräätälöityjä tai massaräätälöityjä tuotteita. Osat eivät ole vakioituja, eikä venttiilien kokoonpanoprosessi ole niin yksinkertaista kuin ATO-/stock-streamissa. Venttiilien koko specialstreamissa on pienempi kuin heavystreamissa ja se on oikeastaan streamien tuotteiden ainoa mainittava, mutta selkeä eroavaisuus. Tuotteiden läpimenoaika special- ja heavystreamissa on huomattavasti pidempi kuin ATO/stock-streamissa. Läpimenoaika on jopa 6 kuukautta (tilaus – toimitus). Suurin osa tästä ajasta koostuu ostettavien ja erikoislaatuisten osien hankinnasta. Itse kokoonpanoprosessi ei useinkaan (mm. tuotannon kapasiteetista riippuen) vie kuitenkaan muutamaa viikkoa kauempaa. Osarikot ja epäkohdat tuotannossa voivat kuitenkin pitkittää tuotteiden läpimenoaikaa välillä ”työkortin tulostus” ja ”yhdistelmän valmistuminen” useita viikkoja tai jopa kuukausia.

Heavy- tai specialstreamien tuotteiden osia ei tyypillisesti varastoida ennen tarpeiden syntymistä. Ne ovat usein hinnakkaita, yksityiskohtaisia sekä asiakkaiden kertaluontoisiin tarpeisiin suunniteltuja. Näin on etenkin yhdistelmiin sisältyvien venttiilin osien kanssa. Venttiilin osien tarpeita ei siis voida ennustaa, vaan ne tilataan useimmiten täysin tarpeiden mukaan. Yhdistelmät sisältävät myös näissä streameissa edullisempia vakio-osia, kuten liitososia ja muita pienempiä komponentteja. Näiden osien saatavuus taas on valtaosassa tapauksia suhteellisen hyvä.

Heavyyssa töitä tehdään viikkotasolla muutamia kymmeniä. Specialissa töitä tehdään viikkotasolla noin 120 kappaletta. Toteutuneet tuotantomäärät viikoittain riippuvat pitkälti tuotannossa olevien tuotteiden kokoonpanoajoista sekä niihin kuuluvista testeistä. Kun viikolle valittujen töiden työajat ovat keskimääräistä pidempiä tai testauksia on paljon, ovat tuotantomäärät suhteellisen pieniä kyseisellä viikolla.

1.1.3 Tuotannon vaiheet

Venttiilyhdistelmien tuotantoprosessi jaetaan kuvan 2, ”Hakkilan tehtaan tuotannon vaiheet”, mukaisesti neljään eri vaiheeseen. Tilauksen kohdennuspiste (OPP) voi sijaita venttiilin tai yhdistelmän kokoonpanovaiheen alussa (OPP2 ja OPP3). Valmistus voidaan aloittaa myös osien hankinnalla tai koneistuksella (OPP1) niissä tapauksissa, joissa osia ei ole valmiiksi varastossa, kuten myös Hirsto (2012) on todennut julkaisussaan. Tilanteet OPP2 ja OPP3 ovat todennäköisempiä ATO-/stockstreamissa ja tilanne OPP1 on yleisempi special- ja heavystreameissa, joissa asiakkaiden vaatimukset ovat yksityiskohtaisempia ja kaikkia osia ei useinkaan löydy valmiiksi varastosta.



Kuva 2. Hakkilan tehtaan tuotannon vaiheet. (Hirsto 2012)

Tässä työssä keskitytään kuvassa 2 havainnollistetun venttiilin kokoonpanon sekä yhdistelmän kokoonpanon tarkasteluun. Kuvan mukaisesti nämä vaiheet vievät laskennallisesti noin 15 työpäivää. Läpimenoaika tuotannossa kuitenkin vaihtelee suuresti streamien sekä eri töiden välillä, mm. osien saatavuuden ja töiden sisältämien testien mukaan.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tuotantotoimintaa tutkitaan tässä työssä laadullisten sekä määrällisten tutkimusmenetelmien avulla. Empiirinen aineisto on kerätty systemaattisen ja osallistuvan havainnoinnin, olemassa olevan aineiston sekä tehtaalla että projektiyksikössä työskentelevien henkilöiden haastattelujen avulla. Suuri osa haastattelujen tiedoista on peräisin ydinryhmän ja ohjausryhmän palavereista sekä tuotannon työntekijöiden kanssa käydyistä keskusteluista. Ydinryhmä koostui tehtaan tuotannosuunnittelijoista sekä työnjohtajista. Ohjausryhmään kuului pääasiassa tehtaan ja projektiyksikön johtoryhmiin kuuluvia henkilöitä. Niiden avulla saatiin koottua kattava kuva tehtaan toiminnasta, monien eri osastoilla työskentelevien henkilöiden näkökulmat huomioiden. Raporteilla olevaa tietoa on myös käytetty työssä hyväksi. Pääasiallisena raporttilähteenä on käytetty KPI-raporttia.

Nykytila-analyysin yhteydessä prosessin vaiheiden ominaisuuksia havainnollistettiin SI-POC-menetelmän avulla. Sen avulla voitiin havainnollistaa tehtaan prosessin vaiheet, projektin rajausta sekä eri tuotantovaiheiden väliset yhteydet toisiinsa. SIPOC-menetelmän soveltuvuutta nykytila-analyysin suorittamisessa tukee Taghizadeganin (Taghizadegan 2013) julkaisu, jossa hän käsittelee pääasiassa lean six sigma hallintaa.

Koska tuotannon haasteita ei voida koskaan ratkaista ratkaisemalla vain yhtä asiaa, käytettiin työssä tukena moniin eri tieteenaloihin paneutuvaa kirjallisuutta. Diplomityössä hyödynnetty kirjallisuus painottuu kuitenkin rajausten sisältämään aihealueeseen. Tutkimuskirjallisuus käsittelee tuotannosuunnitteluun, tuotannonohjaukseen, asiakaslähtöiseen tuotantoon, viestintään, toimitusvarmuuteen, asiakasarvoon, leaniin, agiletuotantoon sekä asiakasräätelöityyn tuotantoon ja kokoonpanotuotantoon paneutuvaa kirjallisuutta.

Asiakasarvoa käsittelevä kirjallisuus on erityisen tärkeää kohdeyrityksen toiminnassa, sillä asiakkaat osallistuvat usein tuotteiden suunnitteluprosessiin. Asiakasarvon syntymistä tutkitaan Yin (2015) case-tutkimuksessa Hyundai Motor Groupista, jossa sitä käsitellään, mm. viestinnän näkökulmasta. Case-tutkimukseen tutustumalla saatiin laajempaa näkökulmaa asiakasarvon tutkimiseen. Myös Gibbert ym. (2008) sekä Simchi-Levi (2010) puhuvat kirjallisuudessaan asiakasarvon tärkeydestä yrityksen imagon muodostumisessa. Asiayhteys asiakasarvon ja imagon muodostumisen välillä on todettu myös tämän työn aikana, joten edellä mainitun kirjallisuuden voidaan sanoa tukevan työssä käytettävien tutkimusmenetelmien oikeellisuutta. Case-tutkimus on Kotharin (Kothari 2004) mukaan hyvä tapa suorittaa laadullista analyysia. Se huomioi käynnissä olevien prosessien yhteyksiä toisiinsa. Sen päämäärä on paikantaa tekijät, jotka käyttäytyvät tiettyjen mallien mukaisesti integroidun kokonaisuuden sisällä. Toisin sanoen, se antaa mahdollisimman kokonaisvaltaisen kuvan tehtaan toiminnasta, jolloin myös haasteita voidaan ratkaista kokonaisvaltaisemmin.

Tuotannossa esiintyvää valinnaisuutta tutkittaessa, systemaattisen sekä osallistuvan havainnoinnin rooli oli tärkeää. Niiden avulla voitiin tutkia, että missä kohdissa prosessia valinnaisuutta ilmenee sekä millaista haittaa se aiheuttaa tuotannossa. Systemaattisen havainnoinnin avulla voitiin tarkastella tuotannon tilaa luonnollisessa ympäristössä, jonka avulla voidaan olettaa saatavan mahdollisimman todenmukainen kuva tuotannon haasteista sekä niiden juurisyistä. Osallistuvan havainnoinnin avulla syntyi kattava kokonaiskuva tuotannon toiminnasta, jota voitiin vielä vahvistaa henkilöstön haastattelujen, viikoittaisten ydinryhmäpalavereiden sekä tuotantoon paneutuvan kirjallisuuden avulla. Nämä olivat erityisen tärkeitä menetelmiä nykytila-analyysin suorittamisessa. Käytännössä nykytila-analyysin yhteydessä hyödynnettiin regressioanalyysimaista päättelyä, joka soveltuu Johnsenin ja Hvamin (2018) case-tutkimuksen havaintojen mukaan erittäin hyvin ETO-yrityksen tuotannon haasteiden selvittämiseen.

Tehtaan ulkopuolisen henkilöstön haastattelujen avulla voitiin luoda kokonaisvaltaisempi käsitys tuotannossa esiintyvistä haasteista ja niiden vaikutuspiirin laajuudesta. Henkilöstön haastattelujen avulla tehtyjä päätelmiä verrattiin tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen paneutuvaan kirjallisuuteen. Asiakaslähtöiseen tuotantoon sekä kokoonpanotuotantoon paneutuvalla kirjallisuudella voitiin vielä tarkemmin havainnollistaa ja vahvistaa työn aikana tehtyjen havaintojen oikeellisuutta tai eroja ajattelutavoissa ja päätelmissä, niiden mukaillessa vielä paremmin kohdeyrityksen tuotantotyyppiä. Näiden avulla saatiin kattava kuva streamien toiminnan eroavaisuuksista sekä niiden vaikutuksesta tuotannon hallittavuuteen.

Työn aikana tehtyihin havaintoihin perustuen, toimitusvarmuudella on ollut suuri vaikutus tuotannossa esiintyvään priorisointiin sekä toisin päin. Heikko toimitusvarmuus luo priorisointien tarvetta sekä on osaltaan myös seurausta priorisoinneista. Tätä vahvistavat myös tehtaan henkilöstön haastattelujen avulla saatu tieto. Sundin ym. (Sund ym. 2016) case-tutkimukseen viitaten, priorisoinneissa on aina kyse myös intuitiosta, joten priorisointeja tutkittaessa on syytä ottaa myös tämä havainto huomioon. Case-tutkimuksen pääasiallinen näkökulma oli selvittää päällikkötason päätöksenteon roolia monimutkaisten projektien yhteydessä, joka soveltuu hyvin myös kohdeyrityksen toimintaan ja tämän työn aihepiiriin. Työssä on siis case-tutkimuksessa käytettyihin menetelmiin vedoten perusteltua hyödyntää inhimillisiin tekijöihin paneutuvaa aineistoa erityisesti priorisointeja tutkittaessa. Päätökset priorisoinneista voidaan olettaa olevan aina vaihtelevissa määrin intuitiivisia.

Raporteilla olevien tietojen avulla voitiin seurata tuotannon kehitystä pidemmällä ja lyhyemmällä aikavälillä. Raporteilta seurattiin erityisesti tuotannonsuunnittelun paikkansa-pitävyyden kehitystä sekä myöhään toimitettujen tilausten määrän kehitystä. Niiden perusteella voitiin havaita tuotannossa esiintyvän erinäisiä haasteita, jotka toimivat impulssina mm. MES-järjestelmän kehityshankkeelle. Viestintään liittyvää kirjallisuutta käytettiin vahvistamaan työn aikana tehtyjen havaintojen tärkeyttä tuotantotoiminnassa, mm. raportoinnin osalta. Kirjallisuuden avulla saatiin vahvistusta viestinnän ja tuotannon tehokkuuden yhteydestä toisiinsa. Viestintään liittyvän kirjallisuuden avulla voitiin myös todentaa sen tärkeys erityisesti pidemmän läpimenoajan omaavassa tuotannossa, joka kuvaa hyvin kohdeyrityksen tuotantoa.

Leanin ja agilen suhdetta kohdeyrityksen toiminnassa tutkittiin niihin liittyvän kirjallisuuden avulla. Kohdeyrityksen toiminnan puhutaan yleisesti olevan leaniin pohjautuvaa, mutta työnaikaisiin havaintoihin sekä siinä käytettyyn kirjallisuuteen perustuen, sen voidaan sanoa alkavan yhä enemmän mukailemaan agiletuotannolle tyypillisiä piirteitä. Agilelle tyypillisiä piirteitä pyritään kohdeyrityksen toiminnassa saavuttamaan, mm. järjestelmien kehityksen kautta. Työn aikana tehtävien kehityshankkeiden tueksi on hyvä tutkia leaniin ja agileen paneutuvaa kirjallisuutta. Työn aikana tehtyjä havaintoja

tukee hyvin, esimerkiksi Krishnamurthyn ja Yauchin (2007) julkaisu, jossa leanin on todettu olevan agilen esiaste. Julkaisun mukaan leanista voidaan siirtyä agileen järjestelmien kehittämisen kautta.

Edellä mainittujen metodien avulla saatiin luotua riittävän kattava kuva (kehitystyön mahdollistamiseksi) koko tehtaan toiminnasta sekä priorisointien ja valinnaisuuden vaikutuksista tuotantoon. Voitiin myös paremmin havaita, että kuinka laaja-alainen vaikutus kyseisillä haasteilla on ollut tehtaan toimintaan. Ilman näin laajaa tutkimusaineistoa, ei olisi koskaan voitu toteuttaa yhtä käytännöllisiä kehityshankkeita.

1.3 Johdatus ongelmaan

Yrityksen liiketoiminnalliseen menestykseen vaikuttaa yrityksen kilpailukyky sekä suorituskyky. Kilpailukyvyllä tarkoitetaan kykyä saada myydyksi tuotteita sekä palveluita eli kauppojen voittamista. Kauppojen voittamiseksi yrityksen on tunnettava asiakkaidensa tarpeet sekä kyettävä tarjoamaan tarkoituksenmukaisia ratkaisuja niihin. Päätöksiä tarvitsee tehdä johdonmukaisesti, mm. sen suhteen, että mitä osia päätetään valmistaa itse ja mitä ostetaan ulkoa. Nämä ovat suorituskyvyn ja kilpailukyvyn kannalta erittäin oleellisia asioita. (Nieminen 2016; Cordón & Vollman 2008) Tämänkaltaiset seikat vaikuttavat oleellisesti myös tuotantotoiminnan suunnitelmallisuuteen sekä sen suhteen esiintyvien haasteiden laatuun.

Tuotanto Hakkilan tehtaalla koostuu suurilta osin kokoonpanotuotannosta. Kokoonpanossa käytettävät osat ovat suurelta osin ostettavia osia, jotka tilataan ulkopuolisilta toimijoilta tai muilta kohdeyrityksen tehtailta eri puolilta maailmaa. Suuri osto-osien määrä tuotteissa vaikuttaa negatiivisesti tuotteiden keskimääräiseen toimitusaikaan. Osto-osia ei haluta useinkaan saada tehtaalle kuin vasta tarpeiden mukaisena päivänä tai vain hieman ennen sitä. Ostettavien osien saatavuus heijastuu tuotantoon epävarmuutena kriittisten osien saatavuuden suhteen. Osat voivat olla laadullisesti riittämättömiä tai niiden saapuminen tehtaalle saattaa kestää suunniteltua kauemmin.

Tehtaalla vallitseva korkea myöhästymä sekä pitkät läpimenoajat aiheuttavat ongelmia kapasiteetin hallintaan sekä tuotannonohjaukseen. Myöhään toimitettavien asiakastilausten taustalla on joskus se, että asiakastilauksia myydään tarkoituksellisesti liian lyhyellä toimitusajalla kauppojen voittamiseksi. Tämä on yksi tekijä, joka aiheuttaa tarvetta priorisoinnille kohdeyrityksen toiminnassa. Tehtaan toimintaa ei voida tarkastella vain suoran rahallisen hyödyn kannalta, vaan on huomioitava myös yrityksen imagoon vaikuttavat tekijät, joihin toimitusvarmuudella on osuutta.

Valmiiksi myöhässä olevia tilauksia koitetaan aina mahdollisuuksien mukaan priorisoida tuotannossa, jotta ne saadaan menemään tuotannon lävitse mahdollisimman nopeasti.

Tällä saadaan pelastettua eri määrissä tilauksen myöhästymisen aiheuttamaa haittaa asiakkaalle. Usein hyöty kyseisistä suhteellisen paljon aikaa vievistä toimista on kuitenkin enemmän mentaalinen kuin fyysinen. Ne aiheuttavat usein kohdeyritykselle enemmän haittaa kuin hyötyä. Priorisoinnin tarve on tällaisissa tapauksissa helposti ymmärrettävissä, mutta ei silti aina kohdeyrityksen strategiaan (Metso 2019e) linjauksiin viitaten perusteltua tai järkevää.

Spontaanit priorisoinnit aiheuttavat vaihtelevuutta tuotannon työjärjestykseen, joka vaikuttaa tuotannon yksityiskohtaiseen suunnitteluun sekä suunnitelman toteuttamiseen epäsuotuisasti. Spontaanit priorisoinnit aiheuttavat haasteita tuotannosuunnittelulle ja valmistukselle. Tuotannosuunnittelun haasteet taas oletetusti heikentävät käytettävissä olevan kapasiteetin käyttöastetta sekä sen tasaisuutta. Täten myös tuotannon tehokkuus heikkenee. Priorisointeihin ei tuotannossa varauduta nykytilassa etukäteen, vaan priorisoituja töitä tehdään sitä mukaan, kun niitä tehtaalta vaaditaan. Nykytilassa niiden suhteen ei ole myöskään olemassa ajallista tai määrällistä rajausta.

Ilman priorisoituja tilauksia, yksityiskohtainen työjonojen suunnittelu olisi huomattavasti helpompaa ja ennustettavampaa. Kohdeyritys ei kuitenkaan voisi vastata asiakkaidensa vaatimuksiin (toimitusaikojen tai tilauksiin tulevien muutosten suhteen) edes teoreettisella tasolla, jos priorisoinneista luovuttaisiin kokonaan tai niitä rajoitettaisiin liikaa. Näitä haasteita tarkastellaan työssä kysymysten ”kuinka priorisointia osataan tehdä jatkossa, aiheuttaen mahdollisimman vähän haasteita tehtaalle?” sekä ”kuinka priorisoituja asiakastilauksia voidaan sisällyttää viikoittaiseen tuotantosuunnitelmaan tehokkaasti, lasquematta asiakkaiden kokemaa arvoa?” kautta.

Priorisointien lisäksi työssä tarkastellaan tuotantoprosessissa esiintyvää valinnan mahdollisuutta sekä sen aiheuttamia haasteita tuotantoon. Priorisoinnin tarpeita synnyttävät nimenomaan kapasiteetin rajoitteet, joihin suuri työkuorman vaihtelevuus tuo omat haasteensa. Valinnan mahdollisuudella tarkoitetaan, että tuotannon työntekijät voivat käytännössä itse päättää, joissakin kohdissa tuotantoprosessia, että mitä he ottavat työlle. Tämä on peräisin suunnittele mattomasta tuotantotoiminnasta ja sen kautta päästään kysymykseen, että ”kuinka valinnaisuutta voidaan karsia tuotannossa, menettämättä joustavuutta?”.

Huomioiden edellä mainitut haasteet, on päädytty tarkastelemaan yksityiskohtaisemmin, mutta laaja-alaisesti, että ”kuinka asiakastilausten priorisoinnit sekä tuotannossa esiintyvä valinnaisuus vaikuttavat tuotantoprosessiin kokonaisuudessaan?”. Tämä toimii myös diplomityön päätutkimuskysymyksenä. On selvää, että kyseiset tekijät tuovat haasteita tuotantoprosessiin - sen suunnitteluun ja toteutukseen. Niiden vaikutuksia kokonaisuuteen ei kuitenkaan voida yksiselitteisesti tuoda esille ilman syvällisempää tarkastelua sekä tuotantoprosessin hyvää tuntemusta. Edellä mainittuja haasteita on tutkittava monialaisesti, etteivät kehitystyöt aiheuta vain uusia ongelmia vanhojen tilalle.

Diplomityön tavoitteena on saada selvyttä priorisointia aiheuttavista tekijöistä, priorisointien vaikutuksesta tuotantoon sekä tuotannon kyvykkyydestä mukautua suunnitelmalliseen toimintaan joustavasti, poissulkien siellä esiintyvää valinnaisuutta. Tavoitteena on saada sisällytettyä asiakastilauksiin tulevat muutokset sekä asiakastilausten priorisoinnit viikoittaiseen tuotantosuunnitelmaan, laskematta kuitenkaan tuotannon joustavuutta asiakkaita kohtaan. Pääasiallisen tutkimuskysymyksen tueksi syntyi pieni joukko alakysymyksiä, jotka voidaan nähdä tukevan päätutkimuskysymyksen tarkastelua:

- ”kuinka priorisointia voidaan tehdä jatkossa, aiheuttaen mahdollisimman vähän haasteita tehtaalle?”
- ”kuinka valinnaisuutta voidaan karsia tuotannossa, menettämättä joustavuutta?”
- ”kuinka priorisoituja asiakastilauksia voidaan sisällyttää viikoittaiseen tuotantosuunnitelmaan tehokkaasti, laskematta asiakkaiden kokemaa arvoa?”

1.4 Työn rajaus

Diplomityö rajataan koskemaan kaikkia tehtaan streamien kokoonpanopisteitä, tehdastilausten vapauttamisesta (tehdastilaukselystä tehdastilaukseksi) aina pakkaamoon tai asiakastarkastukseen asti. Mukana työn tarkastelupiirissä on myös tehtaan rework. Työssä ei tarkastella asiakastarkastusta (FAT), pakkaamoa, asiakastarkastuksesta tuotantoon tai reworkiin palautuvia töitä, eikä koneistusta. Työssä tarkastellaan myös henkilöstön osaamistason vaikutusta tuotantoon.

Työssä tuotantotoimintaa tarkastellaan leanin, agilen, tuotannosuunnittelun ja erityisesti hienokuormituksen suunnittelun näkökulmasta. Tuotantostrategioiden jalkauttamista tuotantoon käsitellään myös liikkeenjohdollisten näkökulmien tukemana. Työn aikana keskitytään myös tuotannonohjauksen, tuotannonseurannan ja kapasiteetin hallinnan kehittämiseen. Tämän lisäksi työssä kehitetään kyseisten toimenpiteiden yhteydessä käytettäviä järjestelmiä sekä niiden tukena toimivia viestintäkanavia. Pääasialliset tarkastelukohdettyössä ovat asiakastilausten priorisoinnin ja tuotannonaikaisen vaihtelevuuden vaikutukset tuotantoprosessiin. Työssä tutkitaan pääasiassa, että kuinka priorisoinnin tarpeet ja tuotannonaikainen vaihtelevuus syntyvät ja kuinka niitä voidaan hallita paremmin.

2 ASIAKASLÄHTÖISEN KOKOONPANOTUOTANNON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Tässä kappaleessa esitetään teoriaa, joka tukee suorasti tai epäsuorasti muissa kappaleissa esitettyjä lausuntoja. Asiakasarvon tunnistaminen on asia, jonka tulee olla jatkuvasti mielessä, kun tuotantotoimintaa kehitetään. Toisaalta on myös otettava huomioon tuotannon kyky vastata asiakkaidensa vaatimuksiin. Kun osataan katsoa tuotantotoimintaa asiakkaan silmin, voidaan helpommin havaita puutteita omassa toiminnassaan. Tämän takia ne ovat myös oleellinen osa tätä kehitystyötä.

Nykypäivänä yritykset eivät enää kilpaile useinkaan yksinäisinä toimijoina, vaan he toimivat osana toimitusketjullista yhteistyötä. (Guillaume ym. 2013) Nykypäivänä vallitsevilla asiakassuuntautuvilla markkinoilla tärkeintä on liiketoimintasuhde yritysten välillä, josta asiakkaat myös kokevat saavansa eniten arvoa itselleen. Asiakasarvo ei siis synny pelkästään tuotteiden tai palveluiden korkean laadun ansiosta. (Simchi-Levi 2010; Yi 2015; Gibbert ym. 2008)

Viimeisten vuosien aikana monet yritykset ovat painottaneet tuotteiden, palvelujen ja asiakastyytyväisyyden laatua, joista viimeisin perustuu ymmärrykseen siitä, kuinka heidän asiakkaansa todella hyötyvät heidän tuotteistaan ja palveluistaan. Asiakasarvon korostaminen tuo esille, että miksi asiakkaat ovat päätyneet juuri kyseisiin ratkaisuihin. Voidaan myös sanoa, että asiakkaat itse hallitsevat arvon tuottamista. Asiakasarvoa määrittäessä analysoidaan syvällisemmin koko tuotevalikoima, palvelut ja abstrakti tietous, joka muotoilee yrityksen imagon sekä tuotteiden brändin. (Simchi-Levi 2010; Yi 2015; Gibbert ym. 2008)

Fokusointi asiakasarvoon edistää laajemman näkemyksen kehittymistä yrityksen tarjonnasta ja sen asiakkaista. (Simchi-Levi 2010; Gibbert ym. 2008) Se vaatii paljon ymmärrystä siitä, että mikä saa asiakkaat todella ostamaan, jatkamaan ostamista tai luopumaan ostamasta yritykseltä. Mitkä ovat heidän tarkoituksperänsä ja tarpeensa ja kuinka heidän halunsa saadaan tyydytetyksi? Mitkä asiakkaat ovat tuottoisia ja voivat potentiaalisesti kasvattaa liikevaihtoa ja mitkä asiakkaat ovat tappiollisia?. (Simchi-Levi 2010)

Yritysten on vältettävä keskittymästä vain heidän asiakkaidensa tyytyväisyyteen ja harvita myös asiakkaidensa tuomaa tuottoa yritykselle. (Yi 2015) Vaikka asiakas on aina asiakas, eivät heidän vaatimuksensa ole silti aina sopivia yrityksen toiminnalle. (Scott 2000) Monet ETO-organisaatiot ovat multiprojektisia ja kapasiteettiperusteisia tuotantojärjestelmiä, joissa kapasiteetin suunnittelu on erittäin tärkeässä asemassa tilausten hyväksymisvaiheessa. ETO-konteksti on yhteydessä kaoottisen, monimutkaisen ja korkean epävarmuuden omaavan tuotannon kanssa. Siinä on erittäin tärkeää kyetä osoittamaan

vaatimusten epävakaisuus sekä kyetä vastaamaan jatkuviin vaatimusten muutoksiin. (Carvalho ym. 2015)

Tuotantoprosessia voi luonnehtia valmistusta harjoittavan yrityksen yhtenä keskeisimpänä toimintona. Tuotannon pääasiallinen tehtävä on tuottaa tuotantotekijöistä hyödykkeitä markkinoille. Tuotantotekijöiksi luokitellaan työ, pääoma sekä materiaalit. Tuotannon sijaan puhutaan usein valmistuksesta. Se on yksi erittäin keskeinen osa koko tuotantotoimintaa. Tuotanto määritellään nykykirjallisuudessa laajemmin, sisältäen yrityksen jokaisen toiminnon, joka liittyy tuotteen valmistuksen aikaansaamiseen. Tuotanto voidaan käsittää hankinnan, valmistuksen, jakelun sekä tuotesuunnittelun laajuisena kokonaisuutena. (Güçdemir & Selim 2016; Haverila ym. 2009)

Tuotantojärjestelmä on sen sijaan järjestelmä, joka tuottaa mitä tahansa. Tuotantojärjestelmä on siis järjestelmä, joka muokkaa syötteestä tuotoksen, jolla on arvoa. Jalostaminen tuotteen arvolle syntyy tuotantojärjestelmän valmistusjärjestelmässä. (Lapinleimu ym. 1997; Koski 2015)

2.1 Tuotannosuunnitteluprosessi

Liiketoiminnan sekä myös tuotantotoiminnan perusteena on arvon tuottaminen asiakkaille sekä itse yrityksille. Menestyksekkäs arvon luonti asiakkaille on kriittistä yrityksen menestymisen kannalta. Lähtökohtana on siis, että molemmat (yritys ja asiakas) hyötyvät tuotteesta tai palvelusta. Tuotannon täytyy huolehtia siitä, että he tuottavat kannattavasti tuotteita asiakkaille. Puhutaan siis tuotteista, joista asiakkaat kokevat saavansa hyötyä. (Güçdemir & Selim 2016; Yi 2015; Gibbert ym. 2008; Klocke & Kuchle 2011)

Rajoitteiden teoria esittää, että kokonaisen tuotantojärjestelmän suunnittelu tulee aloittaa pullonkaulakohtien suunnittelulla. Viimeistelyjen tuotteiden tuottojen yleiskaava täytyy valmistella ja valmistettujen tuotteiden eräkoko täytyy olla määritelty. (Mauergauz 2016; Paprocka 2018) Rajoitteiden teoriaan viitaten on välttämätöntä tunnistaa rajoitteet tuotantojärjestelmässä, sekä murtaa rajoitteet jatkuvan kehittymisen ja tuotannon laadun parantamisen avulla. (Paprocka 2018)

Lähtötietoina tuotannolla on usein yrityksen oma tuote- ja palveluvalikoima sekä ennustettu tai todellinen kysyntä. Tuotanto joutuu usein hyvin ristiriitaisten tavoitteiden kohteeksi, joiden pohjalta yrityksen tarvitsee tehdä perusteltuja valintoja. Tuotannon tavoitteiksi asetetaan usein, mm. asiakasarvon toteuttaminen, kustannustehokkuus, toimituskyky, laatu sekä joustavuus. (Haverila ym. 2009; Güçdemir & Selim 2016)

MTO- sekä ETO-tuotantojen ympäristöt ovat haastavia. MTO-tuotannossa valmistettavat tuotteet ovat jo valmiiksi olemassa tilauksen tullessa sisälle. ETO-tuotannossa asiakkaat

vaativat tuotteita, jotka on suunniteltu täyttämään juuri heidän yksityiskohtaiset vaatimuksensa. MTO- sekä ETO-tuotannossa on pitkät läpimenoajat, vaihtelevat tuotevaatimukset, vaihtelevat tuotteiden yksityiskohdat, vaihtelevat valmistusprosessien ajalliset kestot sekä alhaiset tuotantovolyymit ja suuri vaihtelevuus valmistettavien tuotteiden osalta. (Barbosa & Azevedo 2018; Gardner 2009; Willner 2016; Hicks ym. 2000)

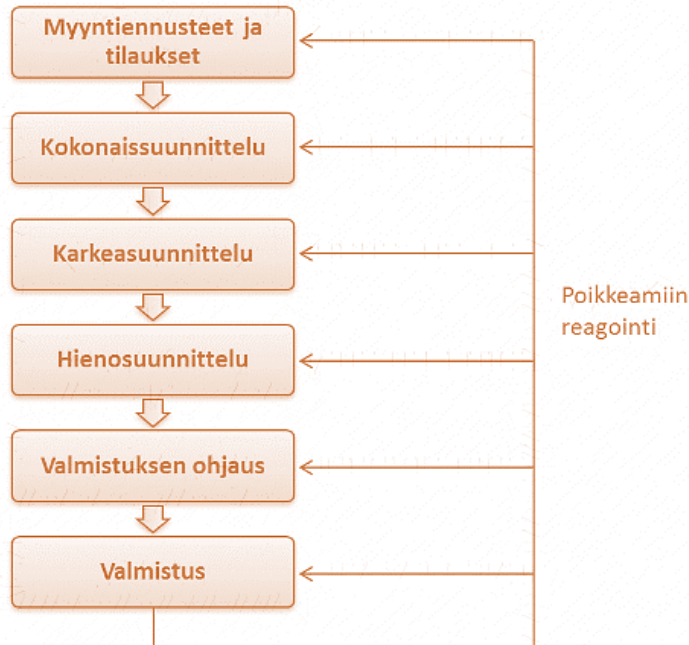
Asiakkaiden yhdistämisellä yrityksen toimintaan voidaan saavuttaa kilpailullisia etuja. Verkosto asiakkaiden kanssa mahdollistaa vaikutusalueen laajenemisen sekä tietorikkaamman liiketoimintaympäristön. (Gray & Vander Wal 2014) Kun halutaan yhdistää asiakkaat saumattomasti osaksi yritystä, on oleellista, että toimintaa toteutetaan koko yrityksen sekä myös laajennetun yrityksen laajuudella. Jälkimmäisellä tarkoitetaan asiakkaita sekä jälleenmyyjä. Massaräätälöinti on aina asiakaslähtöistä toimintaa ja liiketoiminnan tarvitsee rakentua tämän ajatusmaailman pohjalta. Jos tässä epäonnistutaan, ilmenee toiminnassa tiettyjä kipupisteitä, kuten (Gardner 2009):

- Häiriöt tilausten toteuttamisessa, tilausten hallintotoimista tehtaan lävitse.
- Virheellisesti asetetut odotukset siitä, mikä on luvanvaraista.
- Varataan tuotteita, joita ei voida valmistaa.

Kehitystoimenpiteet ovat pääosassa, kun sovelletaan olemassa olevaa suunnittelua tai tehdään täysin uutta tuotesuunnittelua ja tarjontaa MTO-tuotantoon. Suurin osa ETO-valmistajista saa suurimman osuuden liikevaihdostaan MTO-tuotteista. (Barbosa & Azevedo 2018) Yritykset, jotka seuraavat näitä tuotantostrategioita kohtaavat useita asiakasorientoituneita projekteja, jotka kilpailevat ja jakavat resursseja. Näissä jokainen uusi tuote on tulosta projektien toimeenpanoista. (Barbosa & Azevedo 2018; Gardner 2009)

2.2 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjaus on vaiheittainen prosessi. Sen aikana kysynnästä saatua todellista tietoa sekä ennustettavaa tietoutta tarkennetaan jatkuvasti, soveltaen sitä toiminnanohjaukseen. (Aswathappa & Bhat 2009) Pitkäaikaisen tuotantostrategian ja kysynnän avulla saatua tietoa jalostetaan asteittain tiedoksi, jonka avulla voidaan ohjata valmistusta. Kriittinen haaste liittyy valmistuksen kapasiteettiin ja siihen vaikuttaviin tekijöihin, kuten materiaalien saatavuuksiin ja läpimenoaikoihin. (Huang ym. 2013)



Kuva 3. Tuotannonohjausprosessi. (Haverila ym. 2009)

Haverila ym. (2009) jakavat tuotannonohjauksen prosessit kuuteen eri tasoon, jotka ovat lueteltuna kuvassa 3. Prosessit eivät kuitenkaan aina etene juuri vastaavassa järjestyksessä, vaan uudelleensuunnittelua voi tapahtua useastikin vaiheiden välillä. (Haverila ym. 2009; Aswathappa & Bhat 2009)

2.2.1 Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelu on tehokas ja edullinen parannusmekanismi, jota yhä useammat yritykset ovat alkaneet hyödyntää toiminnassaan. (Sheldon 2006) Kokonaissuunnittelulla (S&Op planning) tarkoitetaan tuotannon ylimmän tason, keskipitkän aikajänteen tavoitteiden, sekä toimenpiteiden suunnittelua. Sen piiriin kuuluvat kokonaisvolyymiin suunnittelu, resurssitarpeet, varastot sekä hankinta. Kokonaissuunnittelun pääasiallinen tehtävä on taata kokonaisvolyymiin vastaavuus kokonaiskysyntään suunnittelun aikajänteellä. Kokonaissuunnittelu sisällytetään tavanomaisesti osaksi vuotuista budjettia, vaikka siihen tulee usein muutoksia matkan varrella. Kokonaissuunnittelussa tuotetut tiedot toimivat karkea- ja hienosuunnittelun lähtötietoina. Se voidaan lajitella tuoteperheittäin, markkina-alueittain, tuotantoyksiköittäin sekä monilla muilla vastaavanlaisilla periaatteilla. (Haverila ym. 2009; Sheldon 2006)

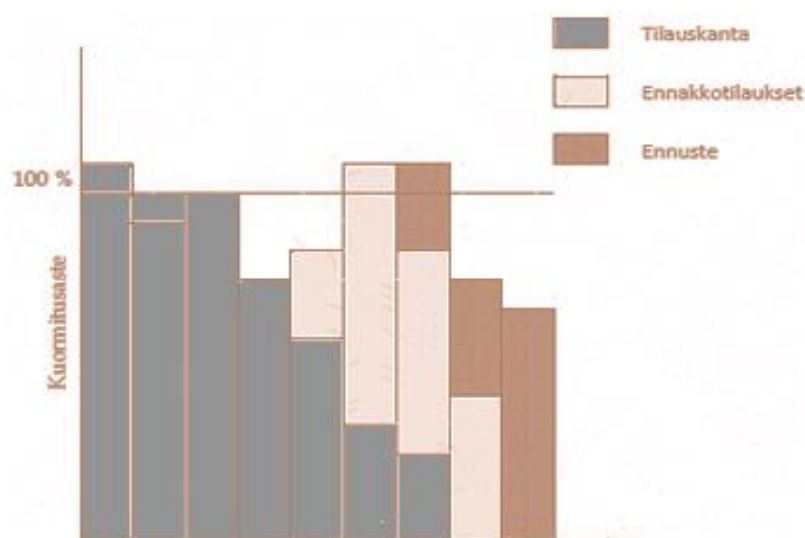
Tuotteiden tarve ei aina pysy tasaisena, vaan niissä esiintyy vaihtelua. (Haverila ym. 2009; Huang ym. 2013) Tämän vuoksi kokonaissuunnittelussa on tarpeen hallita kokonaisvolyymiin vaihtelua ja suhteellisena näkökulmana toimii kokonaiskysynnän vaihtelu. Kysyntä voi vaihdella satunnaisesti, johtuen asiakkaiden ostopäätöksistä. Se voi myös olla esimerkiksi kausittaista eli toimialasyklistä, vuodenaikaan sidoksissa olevaa tai tren-

dimäistä eli pidemmällä aikavälillä tiettyyn suuntaan kehittyvää. Yrityksillä voi olla haasteita mukauttaa omaa kapasiteettiaan kysynnän vaihtelun tahdissa ja täten yritysten on keksittävä tarkoitukseen sopivia keinoja, toteuttaakseen kokonaisvolyymien vaihtelua käytännön tasolla. Keinoja tähän ovat, mm. resurssijoustot, varastointi, muutokset toimitusajoissa, tai vaikuttaminen kysyntään. (Vollman ym. 2005)

2.2.2 Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelussa mennään hieman kokonaissuunnittelua yksityiskohtaisemmalle tasolle. Se on erittäin hyödyllinen apu koneiden ja tehtaan kapasiteetin hallinnassa. (Sheldon 2006) Karkeasuunnittelussa tuotantoerät suunnitellaan ja niiden toteutus aikataulutetaan tuotantojärjestelmän avulla. Siinä otetaan huomioon kokonaisvolyymi, resurssitarpeet, varastot sekä hankinnat. Sitä tehdään säännöllisesti ja useimmiten noin muutaman viikon aikajaksolla. Kokonaissuunnittelun avulla saatavat tiedot täydentyvät todellisilla tilauksia koskevilla tiedoilla, täsmentäen sen aikana tehtyjä arvioita. (Sheldon 2006; Vollman ym. 2005)

Karkeasuunnittelussa kuormitusryhmiä käsitellään suurpiirteisemmin. Siinä käsitellään, mm. tuotantolinjoja tai kokonaisia koneryhmiä. Karkeasuunnittelussa ei ole tarpeen määrittellä tarkasti kapasiteetteja konetasolla. Yleisesti karkeasuunnittelussa paneudutaan avainasemassa ja pullonkauloina olevien kuormitusryhmien tarkasteluun ja suunnitteluun. Kun avain- ja pullonkaulakohtien kuormitusryhmille saadaan luotua pätevä suunnitelma, voidaan olettaa tuotantokapasiteetin riittävän mainiosti myös muissa kuormitusryhmissä. (Vollman ym. 2005) Haverila ym. (2009) toteavat teoksessaan, että karkeasuunnittelun tehtävinä ovat resurssien käytön yleissuunnittelu sekä toimituskyvyn määrittely. Ezaki ja kumppanit (Ezaki ym. 2015) summasivat, että kapasiteetin rajoitteet tekevät järjestelmien dynamiikasta monimutkaista, joka taas usein vaikeuttaa suunnitelman toteuttamista.



Kuva 4. Kuormituspiirros. Esimerkkitalanne. (Haverila ym. 2005)

Karkeasuunnittelun yhteydessä tehtävä kuormituspiirros (kuva 4) on hyväksi todettu työkalu kuormitussuunnittelun apuna. Siinä havainnollistetaan tuotantoryhmien kuormitus-tilanteet määrätyllä ajanjaksolla. Karkeasuunnittelussa ajanjaksot ovat noin viikon mittaisia. Kuormituspiirroksessa voidaan kuvata todellinen ja käytettävissä oleva kokonaiskapasiteetti, kapasiteetin toteutunut käyttö sekä tulevaisuuden ennusteet kuormituksen suhteen. (Havusela 2014; Haverila ym. 2005)

2.2.3 Resurssien käytön suunnittelu

ERP on jokaisen yrityksen ydin. (Costa ym. 2016) Sen nimi voi olla kuitenkin hieman harhaanjohtava. ERP tulee sanoista ”Enterprise resource planning” eli suoraan suomennettuna ”yrityksen resurssien suunnittelu”. Se ei kuitenkaan tee juurikaan suunnittelua. ERP-ohjelmistoa ajatellaessa kannattaa muistaa sana ”Enterprise” eli yritys. (Parthasarthy 2007) ERP:n todellinen tavoite on, että sen avulla voidaan integroida jokainen yrityksen sisäinen osasto sekä siihen kuuluvat toiminnot yhteiseen järjestelmään, joka palvelee jokaisen osaston yksityiskohtaisia tarpeita. Se tarjoaa siis toisin sanoen kaikki liiketoimintalueet kattavan integraation, tarjoten niille yhteisen sekä jaetun tietokannan. (Parthasarthy 2007; Costa ym. 2016; Kara 1999; Da Silveira ym. 2013)

Resurssien käyttöä suunniteltaessa on määritettävä tuotannon vaatimat resurssit, joihin sisältyvät henkilöstö, koneet ja laitteet. Ennen kuin yritetään ymmärtää ERP-järjestelmän merkitystä, on meidän ymmärrettävä organisaation resurssien tärkeys sen menestymisen kannalta. Kolme tärkeää tekijää jokaisen menestyksekkään liiketoiminnan suhteen ovat (Aswathappa & Bhat 2009; Haverila ym. 2009):

- 1) Yritys. Ryhmä ihmisiä samoilla tavoitteilla, joilla on tietyt resurssit hallussa tavoitteiden saavuttamiseksi.
- 2) Resurssit. Raha, työvoima, materiaalit ja kaikki muut asiat, joita tarvitaan yrityksen toiminnassa.
- 3) Suunnittelu. Tehdään varmistaakseen, että kaikki toiminnot suoriutuvat oikeanlaisesti, oikeaan aikaan.

Yrityksen resurssien suunnittelu tai ERP ovat menetelmiä yrityksen tehokkaan resurssien suunnittelun toteuttamiseksi. ERP on sovelluspaketti, joka organisoii ja hallinnoi yrityksen liiketoiminnan prosesseja, jakamalla informaatiota jokaisen toiminnallisen alueen halki organisaation sisällä. Se sisältää jokaisen liiketoimintalueen, kuten oston, jakelun, kirjanpidon, hinnoittelun, huollon jne. Se sisältää kaikki tiedot toimittajista asiakkaisiin. Se muuntaa liiketoiminnallisen datan hyödylliseksi tiedoksi, joka tukee liiketoiminnan prosesseja, kuten laskutusta, jakelua ja kirjanpitoa. Lisäksi ERP yhdistää toimitusketjun ja asiakashallinnon sovellukset (kuva 5), auttaen yritystä jakamaan informaatiota sekä

yrityksen sisäisesti että sen ulkopuolelle. Tällä tavoin ERP palvelee yrityksen kulmaki-
venä organisaation tietotarpeita kuin sen verkkoliiketoiminnan aloitekykyä. (Aswathappa
& Bhat 2009; Kara 1999; Parthasarthy 2007)



Kuva 5. Informaation integrointi ERP-järjestelmän lävitse. (Aswathappa & Bhat 2009)

Resurssien käytön suunnittelussa arvioidaan tuotantoerien resurssitarpeet sekä kohdenne-
taan niitä. Kokonaisaikataulun lisäksi on tarpeellista laskea tuotannossa vaadittavat re-
surssit henkilöstön, koneiden ja laitteiden osalta. Tämän lisäksi tehdään suunnitelma re-
surssien käyttämisestä. Karkeasuunnitelman turvin ei vielä ohjata valmistusta, vaan sillä
sopeutetaan valmistuksen resursseja kysynnän tasolle. Jos tuotannon kokonaisaikataulu
ja kapasiteetti eivät vastaa toisiaan, on tehtävä päätöksiä kapasiteetin lisäämiseksi tai vä-
hentämiseksi. Toisaalta voidaan myös koittaa muokata aikataulusuunnitelmaa ja tätä
kautta sopeuttaa kokonaisaikataulu sekä kapasiteetti yhteensopiviksi. (Haverila ym.
2009; Sheldon 2006)

Karkean kapasiteetin suunnittelun huomiotta jättäminen ei ole vaihtoehto korkean suori-
tuskyvyn ja kasvavan liiketoiminnan omaavalle yritykselle. (Sheldon 2006) Valmistus-
kapasiteetti on aina rajallinen, joten sen kuormituksella on tärkeä rooli tuotantoa suunni-
teltaessa. Karkeasuunnittelussa luotu tuotantoaikataulu kertoo siitä, kuinka koneita, lait-
teita ja henkilöitä on tarkoitettu kuormitettavan tiettyjen tuotantoerien ja tilausten suhteen.
Puhutaan siis karkeakuormituksesta, jossa tunnistetaan karkea resurssien tarve. Kar-
keasuunnittelun kohteena ovat kuormitusryhmät eli, esimerkiksi laitteet, koneryhmät tai

osaprosessit. Karkeakuormitukseen perustuen on mahdollista tehdä toimitusaikoja, tuotantoerien kokoa sekä niiden ajoitusta koskevia päätöksiä. (Haverila ym. 2009; Sheldon 2006)

Kapasiteettisuunnittelu määrittelee pitkän ja lyhyen aikavälin kapasiteetin tarpeet organisaatiossa sekä sen, että kuinka nämä voidaan tyydyttää. Kapasiteettisuunnittelun päätökset tehdään, perustuen asiakkaiden vaatimuksiin ihmisten, materiaalien ja organisaation taloudellisten resurssien kesken. (Kumar & Suresh 2009; Benedito & Corominas 2017) Kapasiteettivaatimusten suunnittelussa määritellään, että millaisia työvoima- ja tarvikkekapasiteetteja tarvitaan, jotta tuotannon päämäärät sopivat yleiskaavaan ja materiaalivaatimusten suunnitelmaan. MRP keskittyy materiaalien tärkeyteen, kun taas CRP keskittyy pääasiassa aikaan. Molemmat näistä voidaan toteuttaa manuaalisesti sekä yksittäisesti. Ne ovat usein sisällytetty tietojärjestelmiin. CRP-toiminnot ovat usein MRP-järjestelmän sisällä. (Kumar & Suresh 2009)

Kapasiteetin hallintaa tarvitsee suorittaa miettien tulevaisuuden kasvua, laajennussuunnitelmia, markkinoiden trendejä, oston ennusteita jne. Tasaisen tarpeen olosuhteissa kapasiteetin suunnittelu on suhteellisen helppoa, mutta käytännössä tarpeet ovat vain harvoin tasaisia. Tarpeen heilahtelu aiheuttaa haasteita resurssien hankinnalle, kun tavoitteena on vastata asiakkaan vaatimuksiin. Kapasiteettipäätökset ovat luonteeltaan strategisista. Kapasiteetti voidaan käsittää tuottavan kyvykkyyden mittarina tehtaalla. Sitä ilmaistaan usein tuotannon määrällä tietyin aikavälin sisällä. (Kumar 2009; Gyulai & Monostori 2017)

Kapasiteettipäätöksillä on todellinen vaikutus organisaation kykyyn vastata tulevaisuuden vaatimuksiin palveluiden ja tuotteiden suhteen. Kapasiteetti rajoittaa pohjimmiltaan mahdollisen tuotannon määrää. Kun kapasiteetti tyydyttää tarpeet, voi yritys saada valtavia etuja sekä uusia mahdollisuuksia. Kapasiteettipäätökset vaikuttavat operaatiokustannuksiin. Ideaalisesti kapasiteetin ja tarvevaatimusten kohdatessa, myös operaatiokustannukset laskevat. Käytännössä tätä ei kuitenkaan aina saavuteta, sillä todellinen tarve eroaa ennustetusta tarpeesta tai vaihtelee jatkuvasti. Tällaisissa tilanteissa päätöksiä voidaan tehdä yli- ja alikapasiteetista syntyvien kustannusten tasapainottamiseksi. Kapasiteetti on yleensä ratkaiseva tekijä alustaville kustannuksille. (Kumar & Suresh 2009; Gyulai & Monostori 2017) Tämä on kasvavissa määrin tärkeää, kun tiedostetaan asiakkaiden vaatimusten tulevan vuosi vuodelta vaativammiksi. Kokoonpanoteknologian, järjestelmien asetusten ja tuotannosuunnittelun nojautuessa toisiinsa, yhdistyvät ne usein samoihin menetelmiin (Gyulai & Monostori 2017)

Tyypillisesti suurempi tuotantoyksikön kapasiteetti tarkoittaa suurempia kuluja. Tämä ei kuitenkaan aina mene näin, sillä suuremmat yksiköt maksavat usein suhteellisesti vähemmän kuin pienemmät yksiköt. Kapasiteettipäätökset sisältävät joskus resurssien pitkäaikaisempaa sitouttamista. Kapasiteetti voi vaikuttaa positiivisesti toimitusnopeuteen tai

johtamiseen. Kun yrityksellä on sopivankokoinen kapasiteetti, tekee se myös johtamisesta huomattavasti helpompaa kuin silloin, kun kapasiteetti on pahasti rajoittava tekijä. (Kumar & Suresh 2009; Gyulai & Monostori 2017) Modulaarisen kokoonpanojärjestelmän tapauksessa kapasiteetin hallinta tarkoittaa pitkäaikaista investoinnin strategiaa, tavoitteen ollessa kustannuksien minimoinnissa pitkällä aikavälillä, säilyttäen halutun palvelutason. (Gyulai & Monostori 2017)

Tuotantoyritykselle tuotantokapasiteetin koordinointi materiaalien ja ostettavien nimikkeiden saatavuuden osalta on erittäin tärkeää. (Aswathappa & Bhat 2009; Sheldon 2006) Toisin sanoen, on olemassa tarve hallita vaadittujen osien saatavuutta, joista lopputuotteet valmistetaan. Vaadittavia osia ovat komponentit, materiaalit, ostettavat nimikkeet, valmistetut osat tai alikokoonpanot, jotka ovat osa lopputuotetta. (Aswathappa & Bhat 2009)

Tuottaessa monimutkaisia tuotteita, jotka koostuvat monista komponenteista, tuotannon suunnittelun tarvitsee toimia yhteneväisesti kehityksen yleiskaavan (master plan) kanssa. Nämä komponentit ovat vaatimusten tuotoksia. Toisin sanoen niiden BOM voidaan laskea suoraan yleiskaavan mukaisesti. Tuotannon resurssisuunnittelu (MRP2) on olennainen osa nykyistä tuotannon johtamista ja sen ydin on joukko erilaisia suunnittelutauluja jokaisesta komponentista, jotka ovat samanlaisia kuin yleiskaavassa. (Mauergauz 2016) Materiaalien suunnittelun suurin haaste on rationaalisen tuotannon eräkokojen määrittäminen. Ensinnäkin, kaikki komponenttien erät on syytä olla riittäviä, jotta voidaan kokoonpanna suunnitellut valmistettavien tuotteiden erät. Toisin sanoen, minimaalinen komponenttien erä koko on määritetty yhden valmistettujen tuotteiden eräköön perusteella. (Mauergauz 2016) Materiaalivaatimusten suunnittelun (MRP) päämääriä operaatioiden hallinnassa ovat (Aswathappa & Bhat 2009):

- Asiakaspalvelun parantaminen, auttaen saavuttamaan sovitut toimitusaikataulut sekä lyhentää toimitusten läpimenoaika.
- Varastokustannusten minimointi, laskemalla varastotasoja.
- Tehtaan operaatiotehokkuuden parantaminen, paremmalla tuotannollisten resurssien käytöllä.

Perinteisen MRP-järjestelmän tarkoituksena on hallita varastotasoja, osoittaa prioriteetit operaation nimikkeille ja suunnitella kapasiteettia tuotantojärjestelmän kuormitukseen. (Aswathappa & Bhat 2009)

2.2.4 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun alueisiin kuuluvat työvoima, käytettävissä olevat taidot sekä koneiden ja tehtaan kapasiteetti. (Sheldon 2006) Hienosuunnittelun aikana luodaan yksityiskohtainen tuotantosuunnitelma sekä aikataulutus, jossa huomioidaan tuotantoerät, työvaiheet ja niiden ajoitus, resurssien käyttö sekä määritetään tuotantoerien valmistumisajankohta.

Kyseessä on siis resurssien allokointia töille, tietyille ajanjaksolle. (Giret ym. 2015) Hienosuunnittelussa on tärkeää tuntea tuotannon nykytilanne, sillä työjonot, edeltävien tuotantosuunnitelmien jättämät sekä tuotannolliset häiriöt on otettava huomioon kapasiteetin ja tuotantoerien aikataulutuksessa. Hienosuunnitelma tehdään päivittäiselle ja viikoittaiselle ajanjaksolle. Siinä hyödynnetään karkeasuunnittelun aikana luotua ajoitusta. Tuotantoeriä ryhmitellään mahdollisuuksien mukaan niin, että samaa tuotetta voidaan valmistaa kerralla mahdollisimman suurina sarjoja, pitäen asetusajat alhaisempina. (Giret ym. 2015)

Hienosuunnittelussa suunnitelma toteutetaan tilausten todelliseen tilanteeseen perustuen. Siinä käytettävä tieto on siis mahdollisimman ajantasaista. Hienosuunnittelussa on tunnettava valmistuksen vaatimat työvaiheet vaiheajoineen, kuormitusryhmien työjonot ja resurssien saatavuus. Mahdollisista häiriöistä tai muutoksista on myös saatava tieto mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Yksityiskohtaista suunnitelmaa tärkeämpää on kuitenkin se, että osataan kohdistaa huomiota arvoa tuottavaan työhön. (Kanyalkar & Adil 2007; Haverila ym. 2009)

Hienosuunnitteluun sisältyy tavanomaisia periaatteita. Hienosuunnittelun haasteita ovat Haverilan (2009) mukaan muun muassa pitkät asetusajat, pullonkaulakohdat, ajoitukset, valmistuksen ohjattavuus sekä tiedonsiirto. Myös optimointi eri toimintojen välillä on oleellista, jotta vältetään ristiriidoilta.

Asetusaikojen ja -kustannusten minimointi. Kun valmistuksessa vaihdetaan tuotetyypistä toiseen, edellyttävät tuotantolaitteistot usein asetusajoja vaihtojen yhteydessä. Asetusten määrään voidaan vaikuttaa positiivisesti yhdistämällä tuotantoeriä, vaikka toisaalta tämä saattaa vaikuttaa negatiivisesti toimitusvarmuuteen. Hienosuunnittelun tavoitteena on saavuttaa ihanteellinen tuotantojärjestys, jonka avulla minimoidaan asetusajat sekä säilytetään samalla lyhyt toimitusaika. Asetusajat saattavat olla arvaamattomia ja niille voidaan antaa vain suurpiirteinen aikaraja, sillä monet uudet asiakastilaukset, uusilla yksityiskohdilla eivät tarjoa aina kaikkea tarvittavaa tietoa tarkempaan ennustamiseen. (Joo & Xirouchakis 2014; Haverila ym. 2009)

Tuotantoprosessit (kuten kokoonpanotuotanto) sisältävät aina kohtia, joissa käytettävissä olevat resurssit ovat kapeammat suhteessa muihin vaiheisiin. Nämä muodostavat kapasiteettirajoitteita, jotka tyypillisesti vaikuttavat voimakkaasti tuotannon kokonaiskapasiteettiin. Hienosuunnittelua tehtäessä tulee huolehtia, että erityisesti kyseisissä kohdissa kuormitusaste on mahdollisimman korkealla. On myös huomioitava, että muut työvaiheet eivät ainakaan vaikuta negatiivisesti pullonkaulakohtien kuormituksen tasoon. Pullonkaulakohtien korkeaa kuormitusastetta voidaan turvata, esimerkiksi sijoittamalla puskurivarastoja ennen kyseisiä työvaiheita siitä huolimatta, että muissa työvaiheissa tavoitteena olisi lyhyet läpimenoajat sekä minimaalinen varastointi. (Tang 2019; Haverila ym. 2009)

Asiakkaat haluavat tietää, että milloin he tulevat saamaan ostamansa tuotteen. Tämän takia tuote-erän valmistusajan suunnittelu on tärkeää. On tavanomaista, että ajoituksessa laskenta tapahtuu taaksepäin valmistumisajankohdasta. Valmistusajankohdasta miinustetaan jäljellä olevien vaiheiden vaatimat ajat, jolloin saadaan selville jäljellä olevien vaiheiden aloitusajankohdat. Myös eteenpäin laskentaa voidaan käyttää ajoitusta laskettaessa. Tällöin on suositeltavaa ottaa huomioon siirto- ja odotusajat. (Anzanello & Fogliatto 2009; Haverila ym. 2009)

Hienosuunnittelussa tarvitsee ottaa huomioon asiakkaille ja liiketoiminnalle syntyvä arvo ja sen tuottaminen. Perinteisesti arvovirran ohjaus tapahtuu työntöohjauksella, tuotannon suunnittelijan suunnitteleman valmistusjärjestyksen mukaisesti. Tuotantojärjestelmien monimutkaistessa, työntöohjaus hankaloituu, sillä täsmällinen suunnittelu on erittäin haastavaa tai oikeastaan mahdotonta. Valmistusprosessissa voi kuitenkin ilmetä häiriöitä ja poikkeamia. Suuren volyymin ja pienen vaihtelun omaavan tuotannon ohjausperiaatteet perustuvat usein imuohjaukseen. Ajatuksena on, että tuotteita valmistetaan seuraavan vaiheen tarpeiden mukaisesti. (Coote 2010; Sayer & Williams 2007)

Tietojärjestelmät ja visuaaliset keinot toimivat hienosuunnittelun tukena. Yksinkertaisesti, tuotantojärjestystä voidaan visualisoida graafisten kuvien avulla ja helpottaa täten resurssien suunnittelua. Perinteisesti toiminnanohjauksen tietojärjestelmät nojautuvat aikataulutukseen, joita voidaan hyödyntää laitekohtaisesti tarkempia suunnitelmia tehtäessä. (Haverila ym. 2009; Carvalho ym. 2015)

2.2.5 Optimointi

Optimoinnin tavoitteena on, että ristiriitaisten tavoitteiden kesken päädytään parhaaseen mahdolliseen ratkaisuun. Edellä mainittujen periaatteiden kesken saattaa hyvinkin ilmetä ristiriitoja, kun niitä tarkastellaan suuremmassa kuvassa. Kaikkia asioita ei edes useinkaan voida ennustaa, joten muutosten mahdollisuus ennusteisiin on suuri. Myös toiminnanohjauksen tulee tarjota tuotannosuunnittelijoille heidän päätöksiään tukevaa tietoa vallitsevista olosuhteista. Tämän lisäksi usein vaaditaan vielä, että otetaan huomioon päätöksentekijän omaa subjektiivista harkintakykyä. (Willersrud 2013; Antoniou ym. 2007)

Prosessin parametrien mallintaminen sekä optimointi ovat usein vaikeita tehtäviä. Ne vaativat tietämystä valmistusprosessista, kokemusperäisiä yhtälöitä realististen rajoitteiden kehittämiseksi, koneiden kyvykkyyksien määrittelyä, tehokkaiden optimointikriteereiden kehittämistä sekä tietoa matemaattisista ja numeerisista optimointitekniikoista. Suurin haaste valmistusprosessin optimoinnissa näyttäisi polveutuvan usein siitä, että toiminta on usein korkeasti rajoittunutta sekä epälineaarista. (Rao 2011; Antoniou ym. 2007)

2.2.6 Valmistuksen ohjaus

Hienosuunnittelun avulla saatua tietoa tuotannon aikataulutuksesta tarvitsee vielä hyödyntää yksityiskohtaisemmalla tasolla. Tällöin tuotannon työntekijät tietävät, mitä heidän tarvitsee milloinkin tehdä. Valmistuksenohjaukseen sisältyy töiden suorittamisen yksityiskohtien suunnittelua, tehtävien kohdentamista resursseille, työn ohjaamista sekä valvonnan ja raportoinnin suorittamista. Tuotannon organisointi, tilajärjestelyt sekä tuotantovolyymit ovat merkittävästi yhteyksissä valmistuksenohjaukseen. Suuren volyymin omaavien vakiotuotteiden valmistuksenohjaus eroaa huomattavasti pienen volyymin ja asiakaskohtaisten tuotteiden omaavan tuotannon valmistuksenohjauksesta. Samalla tavoin myös funktionaalisen tuotannon, tuotantolinjan sekä solukohtaisen tuotannon valmistuksenohjaukset eroavat toisistaan (Haverila ym. 2009; Aswathappa & Bhat 2009; Lock 2013)

Erityyppisille valmistusmenetelmille on kuitenkin yhteistä, että tyypillisesti tehtävät kohdennetaan resursseille erityyppisten työmääraimien kautta. Työmääraimellä voidaan tarkoittaa tietynlaista työtehtävää tai työvaihetta, materiaalierää tai vaikkapa kokonaista tuotetta. Se voi olla muodoltaan tietojärjestelmän tietoon perustuva tiedosto tai saattokortti. Kehittyneet tuotannon tietojärjestelmät sisältävät toimintoja, joista on hyötyjä päivittäiseen työsuunnitteluun. Joissakin yrityksissä voi myös olla sovittuna sääntöjä, joiden puitteissa työntekijöillä voi olla mahdollisuus vaikuttaa työtehtävien suunnitteluun päivätasolla. Tehokas resurssien hyödyntäminen näkyy korkeampana tuottavuutena, oikea-aikaisina toimituksina sekä asiakastyytyväisyyden kasvuna. (Haverila ym. 2009; Aswathappa & Bhat 2009; Lock 2013)

2.2.7 Työjonojen järjestely ja tilausten priorisointi

Töiden aikataulullisen järjestyksen suunnittelu on lyhyelle ajanjaksolle sisältyvien töiden suoritusjärjestyksen suunnittelua. Tavoitteena on, että tuotannonohjauksen tavoitteet saadaan toteutumaan sekä vältyttäisiin myöhästymisiltä. Tämän yhteydessä luodaan dokumentaatio sen suhteen, että kuinka paljon, milloin ja millaisia tuotteita tuotannossa tuotetaan tietyllä, lyhyellä ajanjaksolla. (Holweg ym. 2018; Krajewski ym. 2007)

Toiminnot aikataulutetaan hyödyntämällä käytettävissä olevaa valmistuskapasiteettia mahdollisimman tehokkaasti. Mikäli monien samaan aikaan valmistettavien tuotteiden valmistumisjärjestystä ei ole suunniteltu tarkasti, saattavat toiset työt valmistua liian aikaisin ja toiset liian myöhään. Töiden aikataulutukseen liittyvät epäkohdat saattavat aiheuttaa turhia ja suunnittelemattomia puolivalmiiden tuotteiden muodostamia jonoja, joissakin tuotannon vaiheissa. Oli tuotantotyyppi millainen tahansa, yksityiskohtaisen aikataulutuksen puuttuminen tai epäkohdat sen suunnittelussa voivat aiheuttaa korkeita turhia kustannuksia. (Holweg ym. 2018; Krajewski ym. 2007)

Töiden aikataulutukseen on olemassa useita erilaisia sääntöjä. Tuotannossa esiintyy tyypillisesti suuri määrä erilaisia töitä ja tilauksia tulee jatkuvasti myös lisää. Tämä saattaa aiheuttaa työnjohtajille tai tuotannonsuunnittelijoille haasteita tuotannon aikataulutuksen suunnitteluun siten, että työt valmistettaisiin tehokkaasti. Yksi tapa järjestellä töitä ovat ns. prioriteettisäännöt. Niitä hyödynnetään työtehtävien parhaan mahdollisen valmistusjärjestyksen selvittämisessä. Tavoitteena niissä on, että saadaan tuotteet valmistumaan mahdollisimman nopeasti. (Krajewski ym. 2007 ; Haverila ym. 2005)

Tilausten priorisoinnissa on kyse tilauksen ajoittamisesta haluttuun järjestykseen. Tuotannossa on normaalisti useita tilauksia, jotka tarvitsee käsitellä. Tuotannon ollessa kevyesti kuormitettu, priorisoinnin merkitys ei ole kovinkaan suuri. Korkean kuormituksen tuotannossa, priorisointien merkitys on aivan erilainen. Oikeanlainen aikataulutus on erittäin merkittävää tilauksille, jotka sisältävät paljon pitkiä työvaiheita. Tuotannossa ilmenee tyypillisesti seisahduksia ja häiriöitä. Niiden minimoiminen on erittäin tärkeää tuotannon sujuvuuden kannalta. Kun priorisoinnin sääntöjä luodaan, on syytä tiedostaa työvaiheisiin kuluva aika ja tarvepäivä. Säännöt on mahdollista luokitella työpistekohtaisesti tai koko tuotantoa ohjaaviksi. Säännöt voivat vaikuttaa melko yksinkertaisilta, mutta todellisuudessa niiden toteuttamiseksi tarvitaan tehokasta tiedon keräämistä. (Stevenson 2009; Krajewski ym. 2007)

Työpistekohtaiset säännökset ovat (Stevenson 2009; Krajewski ym. 2007):

- 1) Jonomenetelmä (FCFS). Tässä työt käsitellään järjestyksessä, jossa ne tulevat työpisteelle.
- 2) Lyhyin käsittelyaika (SPT). Työ, jonka valmistuminen vie vähiten aikaa, tehdään ensimmäiseksi.
- 3) Aikaisin tarvepäivä (EDD). Työt valmistetaan tarvepäivän mukaisesti aiemmasta myöhäisimpään.

Koko tuotantoa ohjaavat säännöt ovat (Stevenson 2009; Krajewski ym. 2007):

- 1) Kriittisyysuhde (CR). Työt tehdään laskennallisen suhdeluvun perusteella. Verrataan toimituksen jäljellä olevaa aikaa työn tekemättä olevaan valmistusaikaan.
- 2) Pelivara vaiheittain (S/O). Aika, joka voidaan käyttää tilauksen valmistukseen, jaetaan työvaiheiden lukumäärällä. Tilaus, joka saa pienimmän arvon, valmistetaan ensimmäiseksi.
- 3) Prioriteetti kiireisimmällä (Rush). Kiireelliset ja kaikkein tärkeimpien asiakkaiden tilaukset valmistetaan ensimmäisenä. Tätä sääntöä voidaan käyttää myös työpistekohtaisesti.

2.2.8 Imuohjaus ja työntöohjaus

Imuohjauksessa impulssi valmistukselle saadaan prosessin seuraavilta vaiheilta. (Have-
rila ym. 2009) Imuohjausta on vaivattominta käyttää materiaalivirroissa tai materiaalivir-
ran osissa, joissa tarpeet ovat suhteellisen tasaisia sekä täydennykset nopeita. Imuohjau-
tuva toiminta on haastavampaa esimerkiksi tapauksissa, joissa kysyntä vaihtelee voimak-
kaasti tai täydennysajat ovat pidempiä sekä vaihtelevia. Tällainen saattaa johtua esimer-
kiksi kaukana sijaitsevasta toimittajasta. (Logistiikan maailma 2019a)

Työntöohjaus soveltuu tapauksiin, joissa asiakkaan tarpeet eivät oikeastaan ohjaa materi-
aalivirtaa käytännössä, vaan jokaisen prosessin vaiheen toiminnot perustuvat ennalta
määriteltyyn suunnitelmaan. Työntöohjautuvassa tuotannossa, työt vapautetaan siis etu-
käteän määritellyn tuotantosuunnitelman mukaisesti. (Logistiikan maailma 2019a; Have-
rila ym. 2009)

2.2.9 Toimitusvarmuus ja toimituskyvyn määrittely

Toimitusvarmuuteen vaikuttaa koko toimitusketjun toiminta sekä luotettavuus. JIT-ajat-
telussa on havaittu, että pitkien toimitusaikojen toimitusprosesseissa tuotteille ei suurena
osana ajasta tehdä yhtään mitään. Tavara siis odottaa jossakin prosessin vaiheessa, esi-
merkiksi seuraavaa tuotantovaihetta tai kuljetusta seuraavaan paikkaan. Tämä odotusaika
on usein täysin arvoa tuottamatonta. Mitä lyhkäisempää reittiä tuotteet toimitusketjussa
liikkuvat, sitä pienempiä ovat toimitusketjun kokonaiskustannukset sekä siihen sitoutunut
pääoma. Yrityksen sisäisten sekä toimitusketjuun kuuluvien toimittajien välisten toimin-
tojen yhdistämisen avulla voidaan lisätä kokonaistehokkuutta sekä parantaa läpimeno-
aikoja ja laatua. Myös ohjattavuutta sekä varastointikustannuksia voidaan usein vähentää
tällä tavoin. Toimintojen yhdistäminen siis parantaa oletettavasti koko toimitusketjun kil-
pailukykyä. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2008; Havusela 2014)

Toimitusketjussa, eri toimijoiden toimintatapojen, on syytä olla jokaisen siihen kuuluvan
toimijan selvillä. Toimijoiden keskinäisen kommunikoinnin on myös syytä olla sauma-
tonta, jolloin tietokatkoksilta voidaan välttyä. Informaation kulkemisella asiakkaan ja toi-
mittajan välillä on havaittu olevan suuri merkitys. Sen laadukkaalla toteuttamisella saa-
daan etuja, joista eniten hyötyvät usein tuotteiden valmistajat. Hyödyt ovat usein sitä suu-
remmat, mitä pidempiä toimitusajat ovat tai mitä enemmän kysynnällä on tapana vaih-
della. Tiedon on syytä liikkua myös toimitusketjun lävitse vääristymättä ja oikealla laa-
dulla, jotta vältytään siltä aiheutuvalta päänvaivalta sekä heikentämästä asiakkaan kilpai-
lukykyä. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2008; Lee ym. 1997) Kumppanuus ilman aggres-
siivista kehitystarkoitusta ei ole todellista kumppanuutta. (Cordon & Vollmann 2008)

Mahdollisimman lyhyt sekä varma toimitusaika ovat tärkeitä tuotannon palvelukyvyn ta-
voitteita. Toimitusaikaa muokkaavat tarvittavien materiaalien hankintaan menevä aika,

valmistuksen läpimenoaika sekä tehtaan kuormitustilanne. Usein näistä voidaan helpoiten vaikuttaa valmistuksen läpimenoaikaan, joten siihen keskittymisen voidaan yleisesti ottaen sanoa olevan tärkeää. Yrityksen tuottaessa tuotteita, jotka ovat pääasiallisesti samantlaisia, mutta niiden suhteen on olemassa useita eri asiakasversioita, on toiminnassa kannattavaa käyttää etukäteen suunniteltuja moduuleja sekä variantteja. (Havusela 2014; Lapinleimu 1997)

Tuotteiden toimitusaika on kriittinen tekijä nykymaailmassa ja se vaikuttaa organisaation kokonaisvaltaiseen kilpailukykyyn. Tuotteiden tai palveluiden tarjoaminen lyhyemmillä toimitusajoilla voi olla suuri kilpailullinen etu. (Suri 2015; Morikawa ym. 2014; Gardner 2009; Fogliatto ym. 2011; Bhattacharyya & Guiffrida 2015). Toimitusaikalupaukset perustuvat pitkälti omien resurssien ja aikataulujen suunnittelun avulla saatavaan tietoon. Eritoten tilausohjautuva tuotanto turvautuu lupauksissaan tuotannon karkeasuunnittelun yhteydessä saatuihin tietoihin. Suunnitelmaa päivitetään tarpeen mukaan. Toimituskykyyn vaikuttavat vahvasti myös asiakkaan antaman tiedon laatu ja ajantasaisuus sekä materiaalien saatavuus ja hankintaan kuluva aika. Toimituskykyä määriteltessä ei sovi myöskään unohtaa omien työntekijöiden tyytyväisyyden tai omien toimittajien toimituskyvyn vaikutusta omaan toimituskykyyn. (Lages ym. 2018; Bhattacharyya & Guiffrida 2015; Silveira ym. 2013)

2.3 Asiakslähtöisen kokoonpanotuotannon kehittäminen

Ankara maailmanlaajuinen kilpailu pakottaa yritysten, mukaan lukien ”make-to-order” yritysten, lyhentämään toimitusaikojaan. Tämä tulee tapahtua laskematta laatua tai hinnallista kilpailukykyä. (Morikawa ym. 2014; Gardner 2009; Fogliatto ym. 2011). Markkinoiden kasvavissa määrin kiristynyt kilpailutilanne pakottaa monet tuotantoalan yritykset muuntamaan tuotantonsa, perinteisestä massatuotannosta massaräätälöidyksi tuotannoksi. Massaräätelöinti kykenee vastaamaan asiakkaiden jatkuvasti muuttuviin vaatimuksiin, suuren mittakaavan kaupallisten tuotteiden suhteen. (Huang ym. 2011; Fogliatto ym. 2011)

Nykypäivänä asiakkaat odottavat saavansa tuotteensa ajallaan, lyhyillä läpimenoajoilla, korkealla laadulla sekä edulliseen hintaan. (Güçdemir & Selim 2016; Johnsen & Hvam 2018; Huang ym. 2011; Willner 2016; Caron & Fiore 1995; Willner ym. 2013; Guo ym. 2011) Tämän takia asiakkaiden vaatimuksiin vastaavien tuotantostrategioiden tärkeys on myös kasvussa. Heillä on myös usein vaihtoehtoja toimittajien suhteen ja he voivat täten vaihtaa toimittajaa melko nopeasti muihin yrityksiin. (Güçdemir & Selim 2016; Fogliatto ym. 2011) Tämän lisäksi heillä on myös erilaisia olettamuksia, asetuksia ja toleransseja moniin ongelmiin. (Güçdemir & Selim 2016)

Tuotantoyrityksillä on rajalliset resurssit ja tuotannon kapasiteetit. Heidän tarvitsee kohdata useita monimutkaisia tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen liittyviä päätöksiä, kuten tilauksen vahvistus, tilauksen aikataulutus, eräkoon päättäminen, toimituspäivämäärän asettaminen, kapasiteetin allokointi ja niin edelleen. (Güçdemir & Selim 2016; Johnsen & Hvam 2018; Huang ym. 2011) Näiden vuoksi optimaalisten prosessien parametrien valinta näyttelee tärkeää osaa tuotteiden laadun, valmistuskustannusten sekä tuottavuuden kasvattamisessa. (Guo ym. 2011)

Asiakkaiden ollessa vaativampia, järjestelmien täytyy kehittyä joustavimmiksi, auttaen saavuttamaan lyhyemmät läpimenoajat. (Caron & Fiore 1995; Willner 2016; Little ym. 2000) Valmistuskäytännöt tarvitsee ottaa huomioon tehokkuutta nostavien tekijöiden lisäksi myös strategisesti määräävinä tekijöinä. (Caron & Fiore 1995) Viesintäkanavat sekä rajapinnat pääasiallisiin toimittajiin ovat tärkeitä tekijöitä asiakkaiden tarpeisiin vastatessa. Pääasiallinen haaste järjestelmäpuolella on niiden kyvykkyydessä sopeutua liiketoiminnan tarpeisiin. (Little ym. 2000)

MTO-strategian alla toimiessa, tilausten valintapäätökset tulevat kasvavissa määrin tärkeäksi käytännössä, johtuen kapasiteettirajoitteista tietyllä aikavälillä. Valmistavat yritykset voivat valikoida tai hylätä tarjouksia perustuen moniin eri näkökulmiin, kuten yrityksen strategiaan (keskitytään vain tietyn tyyppisiin asiakkaisiin tai markkinasegmenttiin) tai kapasiteetin allokointiin (varataan kapasiteettia toimintahäiriöiden tai muodostuvien tilausten varalle). (Huang ym. 2011) ETO- yrityksille ei ole aina täysin selvää, että millaisia kustannuksia asiakasräätelöidyt ratkaisut tuovat heille. Täten ei ole myöskään aina selvää, että onko kaikkien vaatimusten toteuttaminen todella voitollista, kun he yrittävät täyttää asiakkaidensa vaatimuksia. On siis myös tärkeää tarkastella erityisten tilausten vaikutusta tuottavuuteen. (Johnsen & Hvam 2018)

Yritysten tarvitsee päättää tarkalleen, että millaisia määriä tuotteiden muunnelmia he ovat valmiita tarjoamaan markkinoille. Jos tämä jätetään asiakkaiden mielikuvituksen varaan, seuraa siitä kaaos. Tiettyjen ominaisuuksien välillä tarvitsee olla tarpeeksi erilaistamista sekä vaihtoehtoja, joka tekee ylimääräisten muunnelmien tarjoamattomuudesta järkevää. Joskus on parasta tarjota eri ominaisuutta tai vaihtoehtoa kysytylle ratkaisulle. Tarjouksen tarvitsee olla järkevä markkinallisesti, eikä sitä ole järkevää toteuttaa vain, koska se voidaan toteuttaa. Millään yrityksellä ei ole olemassa rajattomia resursseja erilaisten ominaisuuksien tai vaihtoehtojen suunnitteluun. Tämän vuoksi tarjottavien ratkaisujen on syytä olla tarkkaan harkittuja. (Gardner 2009; Yi 2015)

2.3.1 Asiakslähtöisen kokoonpanotuotannon joustavuus

Joustavuutta tarvitaan kokoonpanotuotannon järjestelmissä, sillä tuotteiden elinkaarista on tulossa lyhyempiä, eräkoot pienenevät ja on olemassa useita muuttujia. (Inman & Sale 2011; Heilala & Voho 2001) Joustava materiaalivirta mahdollistaa työntekijän tehdä

työnsä parhaaksi katsomallaan tahdilla, sitomatta heitä pääasialliseen materiaalivirtaan. (Heilala & Voho 1997) On olemassa erilaista joustavuutta, kuten kyvykkyyden joustavuutta ja kapasiteetin joustavuutta. Kyvykkyyden joustaminen liittyy järjestelmien kykyyn reagoida muuttuviin tuotevariaatioiden markkinatilanteisiin. Se voidaan jakaa edelleen (Heilala & Voho 2001):

- Järjestelmän joustavuus kokoonpanotuotteissa, jotka kuuluvat tiettyyn tuoteperheeseen.
- Järjestelmän joustavuus kokoonpanotuotteissa, jotka kuuluvat moniin tuoteperheisiin.
- Järjestelmän joustavuus kokoonpanotuotteissa, jotka eivät kuulu tuoteperheeseen tai tuoteperheisiin, joita varten järjestelmä on kehitetty alun perin.

Tuotantojärjestelmän kapasiteetilla tarkoitetaan sen kykyä reagoida muuttuviin markkinatilanteisiin määrällisen kysynnän suhteen. Yleisesti tuotteiden kysyntä on alussa pientä, jonka jälkeen se kasvaa ja loppujen lopuksi laskee, kun tuote pääsee ekonomisen elinkaarensa päähän. Kokoonpanojärjestelmät saattavat joutua tekemisiin lyhyen aikavälin vaihtelujen kanssa, elinkaarivaihtelun lisäksi. Molemmat, kyvykkyyden ja kapasiteetin joustavuus, ovat määritelty markkinoiden näkökulmasta. Tästä syystä ulkoiset tekijät vaativat, että tuotantojärjestelmät ovat joustavia edellä mainittujen kohtien mukaisesti. (Heilala & Voho 2001; Aswathappa & Bhat 2009)

Kokoonpanosysteemien täytyy kyetä reagoimaan sisäisiin häiriöihin, joita esiintyy kokoonpanon aikana ja voivat vaarantaa järjestelmien operaation. Tämän vuoksi tarvitaan vielä erilaista joustavuutta. Joustavalla kokoonpanojärjestelmällä tarvitsee olla kyky tulla toimeen virheiden kanssa. Tämän tyyppistä joustavuutta kutsutaan häiriöstä elpymisen joustavuudeksi. (Heilala & Voho 2001; Aswathappa & Bhat 2009)

Asiakaslähtöinen valmistus, jossa tuotantotoimenpiteet saavat impulssin asiakkaiden tilauksista, on valmistuksen tulevaisuuden avainkonsepti. Monissa MTO-yrityksissä tuotteiden suunnittelu on nimenomaan asiakkaiden vastuulla. Edellä mainittu konsepti on peräisin tuotannon trendeistä, joissa eräkoot ovat pieniä ja tuotteet ovat asiakasräätälöityjä. Ääritapauksissa, joissakin tähän trendiin liittyvissä tuotannoissa yhtä tuotetta voidaan tuottaa vain kertaluontoisesti, asiakastilaukseen perustuen. Yleisempi nimitys tämänkaltaisille tuotannoille on ”make-to-order” (MTO) -tuotanto, jossa suuri valikoima asiakaskohtaisia tuotteita ja suunnittelua on tehty standardoituista materiaaleista ja komponenteista. (Yeh 2000; Hendry 1998)

Vaikkakin eri asiakkaiden tilaamat tuotteet sisältävät normaalisti erilaisia yksityiskohtia, samoja tuotteita voidaan tilata eri asiakkaiden tai samojen asiakkaiden toimesta myös erilaisessa eräkoossa tai toimitusajassa. Yleinen piirre MTO-tuotannolle on, että tuotanto lähtee liikkeelle asiakastilauksesta ja se on tyyppillisesti räätälöityä tuotantoa. (Yeh 2000; Hendry 1998) MTO-tuotannossa työt on ajoitettava täysin asiakastilausten mukaisesti ja

pääasiallisena vaatimuksena on eri töistä koostuvan kokonaisuuden prosessoinnin rinnastaminen. Epäsopivan käytännön toteuttaminen saattaa olla kohtalokasta lattiatasolle, tuotteiden valmistumisen myöhästymän takia. Aikataulutukseen liittyvään tutkimukseen perustuen on todettu, että ainoastaan heurestiikka tarjoaa mahdollisen lähestymistavan töiden aikataulutusergelmiin käytännöllisessä koossa. (Yeh. 2000; Tadeuz & Maruf 2016) Toisin sanoen, aikataulutuksen suunnitteluun ei ole olemassa tämänkaltaisessa tuotannossa yhtä yleisesti toimivaa ratkaisua. Ratkaisut tarvitsee oivaltaa omatoimisesti ja tuotantokohtaisesti.

Operaatio-orientoitunut lähestymistapa ei voi aina käsitellä tyydyttävällä tasolla yksilöllisten töiden monia attribuutteja ja yksityiskohtaisia vaatimuksia, joita usein tarvitaan MTO-tuotannossa. Tämän tilanteen selvittämiseksi työt, jotka on luotu vastaamaan monia vaatimuksia sisältäviä asiakastilauksia, ajoitetaan työorientoituneen (job-at-a-time) ja rajallisen kapasiteetin aikataulutuserjestelmän avulla. (Yeh 2000; Tadeuz & Maruf 2016) Operaatio-orientoituneen lähestymistavan avulla ei siis voida luoda, esimerkiksi täysin asiakasräätälöidyn tuotteen yksityiskohtaista aikataulua, niiden ainutkertaisuuden takia. Asiakasräätälöityjen (ensimmäistä kertaa tuotettavien) tuotteiden aikataulutusta ei voida useinkaan luoda, ennestään tuttujen operatiivisten työvaiheiden tietojen perusteella. Tämän vuoksi on perusteltua toteuttaa aikataulutus työorientoituneesti, työvaihe kerrallaan.

Työorientoitunut aikataulutuserjestelmä aikatauluttaa työt yksilöllisesti, perustuen töiden suhteelliseen tärkeyteen, jotka ovat määritelty hallinnollisen priorisoinnin, valmistumispäivämäärän ja työn vapauttamispäivän mukaisesti. Kaikki työhön sisältyvät operatiot ajoitetaan peräkkäisessä järjestyksessä, ennen seuraavan työn aikataulutusta. Työorientoituneella aikataulutuksella on siis perinteinen samankaltaisuus Gantt-kaavion manuaalisen kuormitusmetodin kanssa, joka on laajasti tuotannosuunnittelijoiden käytössä. Työorientoitunut aikataulutus on helposti ymmärrettävää ja sitä kontrolloidaan tuotannon työntekijöiden toimesta. Se on laskennallisesti tehokas laajamittaisten ongelmien ratkaisemissa, sallien uudelleenajoituksen useita kertoja päivän sisällä, käytännöllisessä tarkoituksessa. Nämä mahdollistavat suuremman vastaavuuden asiakkaiden tarpeisiin sekä tarjoavat laajemman käsityksen yksilöllisten töiden (asiakastilaukset) kontrollointiin valmistustasolla, joka toimii yhteneväisesti asiakasorientoituneen konseptin mukaisesti. (Yeh 2000; Hastings & Yeh 1990; Lock 2013)

2.3.2 Kokoonpanotuotannon strategia

Eri teknologiataason omaavia kokoonpanolinjoja tarvitaan erilaisten alueellisten tarpeiden, joustavuuden ja volyyminvaatimusten täyttämiseksi. Kokoonpanotuotannon periaatteet sekä strategiat voidaan jakaa eri luokkiin, jotka ovat vaiheittainen ja manuaalinen kokoonpanolinja, rinnakkainen ja manuaalinen kokoonpanolinja, puoliksi automaattinen kokoonpanolinja, joustava ja automaattinen kokoonpanolinja sekä erikoistunut ja automaattinen kokoonpanolinja. (Heilala & Voho 2001; Nevins & Whitney 1989)

Vaiheittaisessa ja manuaalisessa kokoonpanolinjassa, kokoonpanoprosessi jaetaan prosessin sisäisiin osaprosesseihin. Tämä on hyvä ratkaisu maissa, joissa työkustannukset ovat alhaisia, tuotantotoiminta on alkuvaiheessa tai työvoiman vaihtuvuus on korkea. Lyhyt työkierto on suhteellisen helppo oppia, eikä operaattoreiden taitojen ei tarvitse olla huipputasoa. Tätä voidaan kutsua myös ”asteittaisen rakentamisen” periaatteeksi. Tällä on myös suuri potentiaali toimiakseen automaation kanssa, sillä työtehtävät tässä ovat yksinkertaisia. (Heilala & Voho 2001; Nevins & Whitney 1989)

Rinnakkaisessa ja manuaalisessa kokoonpanolinjassa, kokoonpanoprosessi suoritetaan loppuun asti manuaalisesti yhdessä paikassa, yhden operaattorin/solun suorittaessa jokaisen työvaiheen kokoonpanoprosessissa. Tällä ratkaisulla on potentiaalia suhteellisen korkeiden työkustannusten maissa tai tasokkaissa tehtaissa, tuottaen pieniä eräkokoja, suurella joustavuudella. Tässä periaatteessa keskitytään pääasiassa työmenetelmien suunnitteluun ja ergonomiaan. Se sisältää usein pitkät kiertoajat ja edellyttää työntekijöiltä korkeaa taitotasoa sekä moniosaamista. Tätä nimitetään myös ”kokonaisvaltaisen kasaamisen” periaatteeksi. Kokoonpanon operaattorit ovat vastuussa kasaamisesta tuotteista. Tällä on työmotivaatiota, työtyytyväisyyttä ja lopputuotteen laatua nostattava vaikutus. Tämä mahdollistaa myös kapasiteetin joustavuuden. Jotkut työpisteistä voivat olla reservissä ja käytössä ainoastaan silloin, kun suuremmalle kapasiteetille on tarvetta. Kyvykkyyden jousto perustuu operaattoreiden taitoihin, tietoihin ja asianmukaisiin työkaluihin. (Heilala & Voho 2001; Nevins & Whitney 1989) Työntekijöiden taitotason tarvitsee olla pienten eräkokojen tuotannossa sellaisella taitotasolla, että he voivat reagoida uusien mallien erilaisiin ominaisuuksiin, aiheuttamatta häiriötä tuotannossa. (Anzanello & Fogliatto 2009)

Puoliksi automaattisessa kokoonpanolinjassa osa prosessista on automatisoitu. Tässä kokoonpanolinjan konseptissa kaikista eniten aikaa kuluttavimmat, laadullisesti kriittiset tai ergonomisesti epäsuotuisat työvaiheet automatisoidaan. Tällaisia työvaiheita voivat olla, esimerkiksi testaus ja ruuvaus. Jos tuote kokoonpannaan vaiheittaisesti ja vaiheajat ovat pieniä, esiintyy niissä suuri potentiaali automatisoinnille. Kokoonpanoprosessi on jo jaettu pienempiin ja helpompiin askeliin. Kun manuaalisessa kokoonpanoprosessissa on käytössä ”kokonaisvaltaisen kasaamisen” periaate ja volyyymi saavutetaan käyttäen rinnakkaisia työpisteitä, tulee automatisoinnista usein haastavampaa. ”Kokonaisvaltaisen kasaamisen” periaate tarkoittaa usein pitkiä vaiheajoja sekä monimutkaisia työkaluja työasemilla. Palettien ja kuljetusjärjestelmän avulla voidaan integroida manuaalinen sekä automatisoitu työ yhden systeemin sisäisesti. Kappaleiden asento ja sijoittuminen tiedetään. Tämä helpottaa automatisoinnin toteuttamista. Suurimmat haasteet ovat työpisteiden yhdistämisessä kuljetusjärjestelmään sekä palettien valinnassa (Heilala & Voho 2001; Nevins & Whitney 1989)

Joustavassa ja automaattisessa kokoonpanolinjastossa prosessi automatisoidaan. Tämä soveltuu erinomaisesti korkeiden työkustannusten ympäristöön, joissa tuotetaan suuria määriä, suhteellisen suurissa erissä. Erikoistuneet ja automatisoidut kokoonpanolinjastot soveltuvat erinomaisesti, erittäin korkean volyymin omaavaan massatuotantoon. (Heilala & Voho 2001; Nevins & Whitney 1989)

2.3.3 Inhimilliset tekijät

Manuaalisen kokoonpanojärjestelmän tuottavuutta voidaan nostaa paremman ergonomian avulla. Ergonomiset ominaisuudet manuaalisilla työpisteillä on todistettu aiemmin erillisiksi työpisteiksi. Niin sanotut ”Ergolift-yksiköt” yhdistävät korkeussäätöpöydät määrätyn mittaisiin kuljetusjärjestelmiin. (Heilala & Voho 2001; Heilala & Voho 1997)

Informaatio taas on tärkeä työkalu työntekijöille, jotka on organisoitu tiimeihin. Multimediaateknologiaa voidaan hyödyntää harjoittelussa ja sen avulla voidaan myös tarjota verkossa olevaa informaatiota ja ohjeistusta sekä tukea operaattoreille. Tietojärjestelmä voi olla integroitu tehtaan hallinnollisiin ohjelmiin, tarjoten johdolle näkymän ja laadunvalvonnallisen tiedon. Integraatio tietovirroista mahdollistaa pienet eräkoot ja nopeat muutokset tuotannossa. (Heilala & Voho 2001; Heilala & Voho 1997) Sisäisen viestinnän avulla rakennetaan toisin sanoen luottamusta ja uskollisuutta, joka kannustaa työntekijöitä sitoutumaan. (Linjuan Men & Bowen 2016; Darling & Beebe 2007)

2.3.4 Viestintä tuotannossa ja sen tukitoimissa

Viestintää tarvitaan toimintojen yhteensovittamiseen yksilöiden ja tiimien joukossa, varsinkin kun organisaatiot kasvavat koon, monimutkaisuuden tai toiminnan laajuuden suhteen. Tehokas viestintä on pääasiallinen työkalu, kun halutaan kehittää organisaatiota. Tehokas viestintä helpottaa työntekijöitä ymmärtämään ylimmän johdon laatimia visiota, tavoitteita sekä päämääriä organisaatiolle. Täten se auttaa heitä myös toimimaan niiden mukaisesti. Sisäinen viestintä on laajentunut ajan kuluessa merkityksensä sekä ulottuvuutensa suhteen. Se pitää työntekijät tietoisina työtään koskevista päivittäisistä asioista, organisaatiosta sekä työympäristöstä. Se auttaa työntekijöitä myös hahmottamaan organisaation strategioita ja käytäntöjä. Tämän lisäksi sisäinen viestintä auttaa organisaatiota kotouttamaan työntekijöitensä, sisäistämällä yhteisiä arvoja sekä uskomuksia heidän keskuudessaan. (Linjuan Men & Bowen 2016; Darling & Beebe 2007)

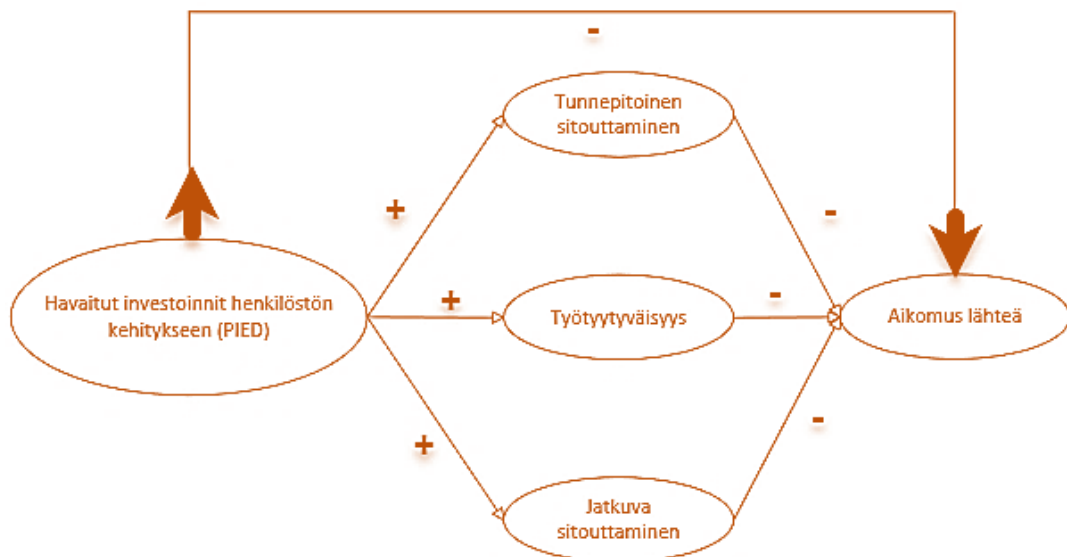
Viestintä sidosryhmäläisille sekä muille tärkeille tehtaan ulkopuolisille toimijoille on tärkeää ja aikaavievää. Viestien on mentävä useiden kanavien lävitse, jotta kohdeyleisö saavutetaan. Yritykset hallitsevat tänä päivänä suuren määrän erilaisia viestintäkanavia, saavuttaakseen heidän sidosryhmäläisensä. Viestintäkanaviin sisältyy, mm. henkilökohtaiset

keskustelut (esim. tapaamiset), julkaisut (esim. uutiskirjeet, lehdet tai julisteet), sähköinen viestintä (esim. puhelut, sähköpostit tai telekonferenssit), sosiaaliset työkalut (esim. intranet, blogit tai verkkotyöskentelysivustot). Nämä viestintäkanavat eroavat toisistaan sisällön, tyylin, sosiaalisuuden, toteuttamisen hinnan, hallinnoinnin helppouden, viestien esille tuomisen sekä monen muun asian suhteen. (Linjuan Men & Bowen 2016; Darling & Beebe 2007)

2.3.5 Panostaminen henkilöstön kehittämiseen

”Henkilöstön kehittämisessä on tärkeintä, että jokainen on sellaisessa tehtävässä, joka kiinnostaa häntä ja on hänen omalle kehitysvaiheelleen ja potentiaalilleen mahdollisimman oikea. Tämä on hyvä toistaa vielä kerran. Kun ihminen on tehtävässä, joka kiinnostaa häntä, jossa hän oppii uutta ja joka on riittävän vaativa, hän kasvaa sekä ihmisenä että työnsä tekijänä ja saa aikaan tuloksia”. (Alahuhta 2015)

Työntekijöiden kehittäminen on yksi merkittävimmistä toimenpiteistä henkilöstöresurssien harjoittamisessa. Nykypäivän tutkimukset osoittavat, että korkean sitoutumisen henkilöstöresurssiharjoitteet, kuten työntekijöiden kehittäminen, vaikuttaa organisaationaaliseen menekkiin, muotoilemalla työntekijöiden käyttäytymistä ja asenteita. (Lee & Bruvold 2003) Panostamisen työntekijöiden kehittämiseen voidaan olettaa tuottavan joustavuutta sekä sitoutuneisuutta työntekijöiden osalta. (Tyson 2015; Vadera ym. 2013) Tämän voidaan myös olettaa edistävän strategisten päämäärien toteutumista, mm. taitojen monipuolistumisen ja sen aikaansaaman joustavuuden kautta.



Kuva 6. Havaitut investoinnit henkilöstön kehitykseen (Lee & Bruvold 2003)

Henkilöstön kyvykkyyksien kehittäminen ja ylläpitäminen on elintärkeää yksittäisten henkilöiden ja koko organisaation tasolla. Se voidaan nähdä kilpailullisten etujen saavuttamisen ehtona. Keskeinen peruste ”havaituissa investoinneissa henkilöstön kehitykseen”

(PIED) on se, että se luo olosuhteet, joissa työntekijät uskovat, että heidän organisaationsa arvostaa heidän työpanostaan sekä välittää heidän työllistettävyydestään.

PIED (kuva 6) auttaa työntekijöitä sitoutumaan organisaation toimintaan vahvemmin. Vastapalvelukseksi työntekijät ovat halukkaampia työskentelemään tehokkaammin, jotta organisaation toiminta olisi myös mahdollisimman tehokasta. Sen lisäksi nopeasti muuttuvassa ympäristössä (monissa organisaation eri osissa) on huomattu tarve työntekijöiden taitojen jatkuvalla kehitykselle. Tätä ei ole kuitenkaan ymmärretty useinkaan kovin hyvin, että kuinka organisaatiossa tehdyt investoinnit henkilöstön kehitykseen vaikuttavat alitajuntaisesti heidän asenteisiinsa ja käytökseen. (Lee & Bruvold 2003; Dysvik ym. 2016; Vadera ym. 2013)

2.4 Tuotannon ja tuottavuuden kehittäminen

Tuotanto ja tuottavuus ovat kaksi täysin eri asiaa, eikä niitä sovi koskaan sekoittaa keskenään. Yleisesti ajatellaan, että mitä mahtavampi tuotanto on, sitä mahtavampi on tuottavuus. Tämä ei kuitenkaan välttämättä pidä paikkaansa. Tuotannolla tarkoitetaan absoluuttista tuotteiden virran määrää tietyn ajanjakson sisällä, kun taas tuottavuus on tuotantotekijöiden tehokkuuden mittari. (Srivastav 2007; Hull 2011)

Tavallisimmat virheet tuotantostrategian kehittämisessä ovat siinä, että yritykset kehittävät strategioitaan funktionaalisesti, eivätkä yhdistä strategioita. Tällöin kehitys pysähtyy erilaisiin rajapintoihin, dynamiikka vähenee, markkinoita menetetään ja yrityksen potentiaali katoaa. Vaikka joillakin yrityksillä on selkeät päämäärät, eivät he silti kykene luomaan selkeää strategiaa. (Annacchino 2007; Hill & Hill 2018)

Suhteellinen tärkeys kahden vaihtoehdon välillä ei ole useinkaan sama. Joskus markkinoiden vaatimukset johtavat sopimiseen, jossa resurssit kohdistetaan markkinoiden sanelemaan suuntaan. Toisinaan operaatioiden resurssien kyvykkyydet ja rajallisuudet sanelevat kohdemarkkinoiden valinnan. Positiivisemmin sanottuna, ne mahdollistavat siirtymän markkinoille. Jokaisen vaihtoehdon suhteellinen tärkeys muuttuu ajan myötä. Kun niiden tärkeys siis vaihtelee ajan myötä, operaatiot myös muuttavat absoluuttisia ja suhteellisia suoritustasojaan eri päämäärien suhteen. (Slack & Lewis 2002; Chryssolouris ym. 2012)

Vaihtoehtojen välillä voidaan siis joutua tekemään valintoja, kun ajadutaan tilanteeseen, jossa molempia vaihtoehtoja ei voida enää saavuttaa tai säilyttää (Slack & Lewis 2002; Chryssolouris ym. 2012) Suurimmassa osassa tuotantoaloja vallitsee kiristynvä paine kohtaa markkinasijoitustaan sekä resurssien kyvykkyyksiä. Tämä tarkoittaa, että operaatioiden tarvitsee parantaa tiettyjä aspekteja suorituskyyvyssään. Pääasialliseksi huolenaiheeksi nousee, että tarkoittaako jonkin aspektin parantaminen välttämättä jonkin toisen

aspektin heikentymistä. Tätä kutsutaan trade-off ongelmaksi. Operaatiot tahtovat käyttää hyväkseen trade-offeja päämäärien välillä, jotta he olisivat poikkeuksellisen hyviä yhdellä suorituskyvyn päämäärällä tai erittäin pienellä määrällä niitä. Keskittymällä erittäin rajalliseen määrään päämääriä ja uhraamalla kyvykkyyden kilpailla muilla päämäärillä, voivat he saavuttaa vastaavasti korkean tason differentoitumisen kapeilla markkinoilla. (Slack & Lewis 2002)

2.4.1 Tuotanto osana yrityksen strategista toimintaa

Monet oleelliset tekijät suosittelevat Olhagerin ja kumppaneiden (2001) mukaan nykykirjallisuudessa hierarkista lähestymistapaa strategian hallinnallisissa prosesseissa, tähdäten kestäviin kilpailullisiin etuihin. Ajoittain tällainen lähestymistapa esiintyy kolmessa eri strategisessa tasossa, jotka ovat yritystaso, liiketoiminnallinen taso ja toiminnallinen taso. Jokainen näistä pohjautuu ja rajoittuu välittömään ylempään tasoon. Organisaation sisällä eri liiketoimintojen strategioiden täytyy olla mahdollisimman yhteneväisiä toistensa kanssa, jotta yrityksen päämäärät saavutetaan. (Olhager ym. 2001; Olhager & Seldin 2007)

Tuotannosuunnittelu on elementti, joka pitää valmistuksen ja ylimmän johdon yhteyksiä yllä. Se on kokonaisuus ja sen toiminta huomioi tuotannon, myynnin ja tuoteperheiden varastotasot. Se mahdollistaa laajemman näkemyksen kehittymisen valmistusoperaatioista ylimmälle johdolle, sallien globaalien tavoitteiden valumisen myös tarkemmille suunnittelun tasoille. Se on myös yhdistävä tekijä valmistuksen sekä muiden toiminnallisten alueiden välillä. Näin ollen, se luo kanavat vertikaaliselle (liiketoimintasuunnitelma–tuotannosuunnittelu–MRP2) sekä horisontaaliselle (toiminnallisuuksien välillä) viestinnälle. (Olhager ym. 2001; Olhager & Seldin 2007)

Valmistuksen strategiassa kapasiteetti on yksi seitsemästä päätöksenteon kategoriasta, jonka suhteen valmistustoimintaa harjoittavalla yrityksellä tarvitsee olla käytäntöjä. Muut päätöksenteon kategoriat ovat toimitilat, tuotantoprosessi, vertikaalinen integraatio, laatu, organisaatio, henkilökunta sekä informaatio tai suunnittelu- ja hallintajärjestelmät. (Olhager ym. 2001; Olhager & Seldin 2007)

2.4.2 Lean- ja agiletuotanto

Kilpailun painostamana monet valmistajat on pakotettu jatkuvasti kehittämään tuotteidensa varustelua ja yhdistämään asiakkaiden haluamat palvelut osaksi omaa liiketoimintaansa. Valmistajat ovat ottaneet käyttöönsä leanin käytäntöjä, kuten JIT ja TQM, vähentääkseen kuluja ja parantaakseen laatua. Kun kyseisten käytäntöjen käyttöönottoaminen yleistyi, joitakin kilpailullisia etuja menetettiin. (Inman & Sale 2011; Huang ym. 2011)

Monet valmistajat ovat sittemmin alkaneet omaksumaan käytäntöjä, jotka kasvattavat heidän kykyään vastata nopeasti asiakkaidensa muuttuviin vaatimuksiin. Näin ollen ylivoimaisesta vastauskyvystä on tullut kilpailullisen edun avaintekijä. Lyhyemmin ilmaistuna, monista tuotantoa harjoittavista yrityksistä on tullut suhteellisesti enemmän ketteriä. (Inman & Sale 2011) Agilella ja leanilla on myös paljon samankaltaisuuksia. Narasimhan ja kumppaneiden (2006) mukaan agilea voidaan pitää lean-mallin kehittymisen seurauksena. (Mod 2009) Krishnamurthy ja Yauch (2007) sekä Inman ja Sale (2010) toteavat, että on olemassa kolme erilaista suhtautumista leanin ja agilen välillä:

- Ne, jotka uskovat niiden olevan vastavuoroisesti poissulkevia tai selvästi erotettavissa olevia konsepteja, joita ei voi ilmetä samanaikaisesti.
- Ne, jotka uskovat niiden olevan vastavuoroisesti tukevia strategioita.
- Ne, jotka uskovat, että leankäytännöt (leanness) ovat esiaste agilekäytännöille (agility).

Lean ja agile ovat vastavuoroisesti poissulkevia konsepteja: agile tunnetaan valmistusstrategiana, joka koostuu valmistustehtävistä ja valinnoista. ”Valinnat” tarkoittavat, että trade-offit ovat tarpeellisia leanin ja agilen välillä tai, että ne eivät voi kokonaisvaltaisesti esiintyä samanaikaisesti toistensa kanssa. Molempien strategioiden osoittaessa samoja kilpailullisia prioriteetteja (kustannukset, laatu, palvelut ja joustavuus), ne kuitenkin korostavat eri elementtejä. Näiden kahden väliset erot ovat siis selvästi nähtävillä. Voidaan myös nähdä, että leanvalmistus alentaa vastauskykyä (palvelu) tehokkuuteen ja tuottavuuteen kun taas agilevalmistus keskittyy nopeuteen ja joustavuuteen, eikä kuluihin. (Inman & Sale 2011; Krishnamurthy & Yauch 2007)

Lean ja agile ovat vastavuoroisesti toisiaan tukevia konsepteja: Vaihtoehtoisesti lean-ajattelu on kuvailtu kaartuvaksi konseptiksi, joka on yhteensopiva jokaisen tuotantojärjestelmän kanssa. Sen pitäisi sellaisenaan olla yhteensopiva, täydentävä ja vastavuoroisesti tukeva myös agilevalmistuksen kanssa, tuottaen hyötyjä, joita ei voida saavuttaa ilman konseptien yhteistoimintaa. (Inman & Sale 2011; Krishnamurthy & Yauch 2007)

Lean on agilen esiaste: Monet tutkijat tuntevat, että agilevalmistus voidaan saavuttaa käyttämällä hyväksi sekä integroimalla elementtejä, joita olemassa olevassa järjestelmässä jo esiintyy. On kyse siis elementeistä, joita on käytössä ja niitä on jo kehitetty. Tarkemmin sanottuna, on olemassa heitä, joiden mielestä agilevalmistus on seuraava looginen askel tai luonnollista kehittymistä leanvalmistuksen konspektista. (Inman & Sale 2011) Sarkis (2001) tarjoaa kaavan, jossa:

- agilevalmistus = joustavat valmistusjärjestelmät + leanvalmistus.

Leanvalmistus on tuotantoa, jossa tuotteiden tuottamiseen käytetään vähemmän ”kaikkea”, kun verrataan sitä perinteiseen massatuotantoon. Siinä esiintyy vähemmän hukkaa,

vähemmän ihmisten panostusta, vähemmän tuotantotilaa, vähemmän investointeja työkaluihin ja vähemmän suunnittelua uusien töiden kohdalla. (Wang 2011) Sen pääasiallisena tarkoituksena on tuottaa arvoa asiakkaille organisaation tasolla. Arvoa tuotetaan tyydyttämällä asiakkaiden tarpeet, ratkaisemalla asiakkaille ilmenneitä haasteita. Lean-johtamisjärjestelmät keskittyvät ymmärtämään, että mitä asiakkaat tarvitsevat. Ne uudelleen suunnittelevat ja kehittävät jatkuvasti arvoketjua, vähentämällä arvoa tuottamatonta toimintaa. Lean-johtamisfilosofiassa ihmiset yritetään saada työskentelemään viisaammin, ei enemmän. (Clark ym. 2013)

Joustavuus johtamisfilosofioiden tulkinnan suhteen kasvaa usein, kun niitä opitaan ymmärtämään paremmin. On totta, että lean tarkoittaa vähemmän monia asioita: vähemmän jätettä, lyhyempiä kiertoaikoja, vähemmän toimittajia ja vähemmän byrokratiaa. On toisaalta ymmärrettävä, että lean tarkoittaa myös enemmän: enemmän työntekijöiden tietoisuutta ja työvoimaa, enemmän organisaation ketteryyttä ja kyvykkyyttä, enemmän tuotavuutta, enemmän tyytyväisiä asiakkaita ja enemmän pitkäkestoista menestystä. (Sayer & Williams 2007; Bicheno & Holweg 2016)

2.4.3 Tuotantotyyppit

Tilauksesta suunnittelussa (ETO) tuotteet valmistetaan täyttämään asiakkaiden yksityiskohtaiset tarpeet, jonka vuoksi tarvitaan ainutkertaista insinööriä ja suunnittelua tai merkittävää räätälöintiä. Näin ollen jokainen tilaus on ainutkertainen kokonaisuus osien määrän, osaluettelon sekä reitityksen osalta. (Amaro ym. 1999; Logistiikan maailma 2019d)

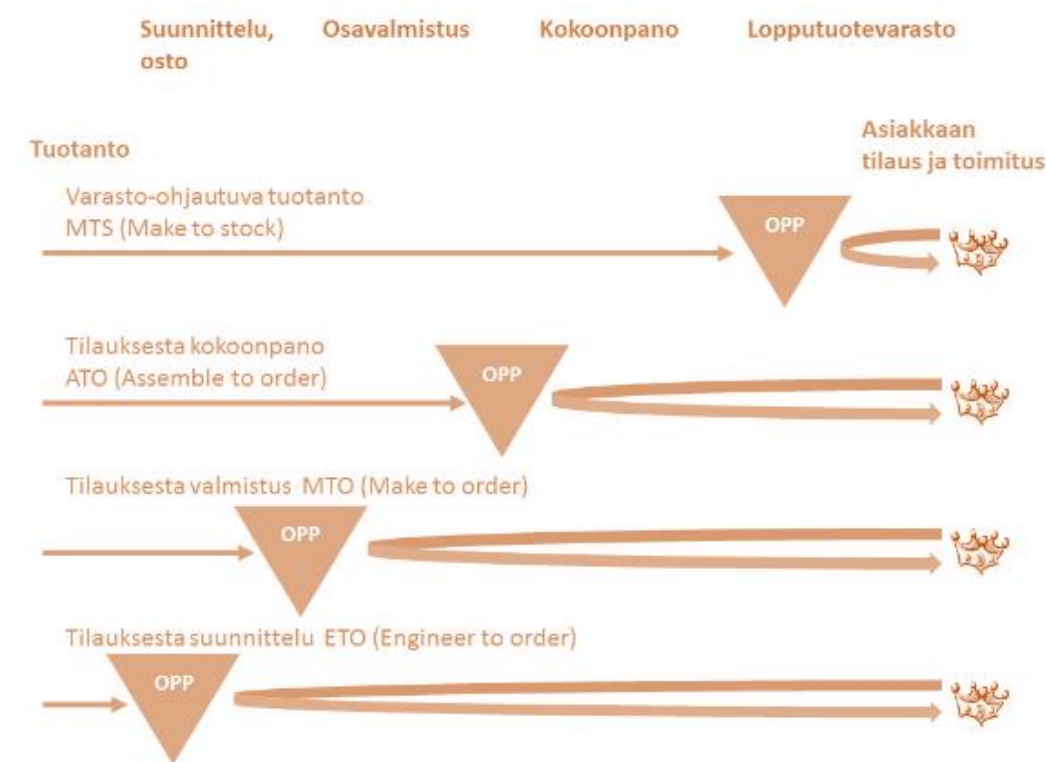
Tilauksesta kokoonpanossa (ATO) lopputuotteet tarjotaan asiakkaille sisältäen jonkinasteista räätälöintiä, tuottaen ne vakio-osista, joista voidaan kasata suuri määrä erilaisia tuotteita. Tilauksen vastaanottaminen käynnistää kokoonpanotuotannon, joka täyttää asiakkaan vaatimukset. Komponentit, joita käytetään kokoonpanossa tai prosessin loppuunviemiseksi (ostettuja tai omavalmisteisia), ovat suunniteltuja sekä varastoituja, ennakoitujen tulevaisuuden tarpeita. (Amaro ym. 1999; Logistiikan maailma 2019e)

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa (MTS) tuotteet valmistetaan ennen tarpeiden muodostumista, perustuen oston ennusteisiin. Asiakkaiden toimitusaikavaatimukset ovat hyvin lyhyitä ja jokaisen tuotteissa käytettävän nimikkeen menekki on korkea. (Amaro ym. 1999; Logistiikan maailma 2019f)

Tilauksesta valmistuksessa (MTO) suurin osa operaatioista, jotka ovat välttämättömiä jokaisen yksityiskohtaisesti valmistettavan tuotteen kohdalla valmistetaan vasta silloin, kun tilaus on vastaanotettu. Osassa tapauksia materiaalit sekä komponentit täytyy suunnitella

ja tuottaa tiettyyn tilaukseen perustuen. Kyvykkyys tuotteiden räätälöintiin on huomattavasti suurempi kuin ATO-valmistajilla. (Amaro ym. 1999; Logistiikan maailma 2019g; Rafiei & Rabbani 2011)

Toimitusketjun hallinnan näkökulmasta ETO- ja MTO-tuotanto eroavat eniten muista liiketoimintamalleista (kuten ATO, BTO, CTO tai MTS) niin sanotun asiakastilausten irtikytkentäpisteeseen (COPD)/kohdennuspisteeseen (OPP) osalta (kuva 7). COPD/OPP määrittelee tasojen laajuuden toimitusketjussa (esim. hankinta, valmistus, kokoonpano sekä jakelu), joita tarvitaan tilauksen toteuttamiseen. (Li & Womer 2012; Guillaume ym. 2013; Rafiei & Rabbani 2011) Tilauksesta suunniteltaessa, tilauksen kohdennuspiste on kaikista tuotantotyypeistä kaukaisimpana asiakkaasta. (Logistiikan maailma 2019d; Johnsen & Hvam 2018) Tämä voidaan havaita myös kuvasta 7, ”Tilauksen kohdennuspiste”.



Kuva 7. Tilauksen kohdennuspiste. (Logistiikan maailma 2019b)

Olemassa olevaan kirjallisuuteen perustuen ei ole olemassa selkeää ja yksimielistä määritelmää siitä, mitä ETO-ympäristö on. Laajemmin määriteltynä voidaan ajatella sen vaihtelevan alhaisen volyymin ja korkean vaihtelevuuden tuotannosta ETO-tuotantoon, jossa vaaditaan rajoitettua tilauskohtaista suunnittelua, jakaen monia piirteitä MTO-tuotannon kanssa. (Willner 2016; Gosling & Naim 2009; Amaro ym. 1999) Toisaalta voidaan myös ajatella, nykytutkimuksiin perustuen, että ETO-yritykset eivät välttämättä lukeudu mihinkään muista edellä mainituista operaatiostrategioista, vaan niille luonnollisia piirteitä vain hyödynnetään ETO-yritysten tuotannossa. (Johnsen & Hvam 2018; Willner 2016; Gosling & Naim 2009; Amaro ym. 1999) ETO-projekteissa ja ETO-tuotteissa voi siis olla

standardoituja moduuleja/osia (SC) yhtä hyvin kuin muokattuja sekä täysin uusia moduuleja/osia (NSC). (Johnsen & Hvam 2018)

Tuotantotyypin valinta on riippuvainen tilauksen kohdennuspisteestä asiakkaan ja toimitajan välillä. Yleisesti sanottuna MTS perustuu vahvasti tarpeen ennustamiseen ja sillä on myöhäisin COPD/OPP asiakasta kohden toimitusketjussa. ATO ja BTO sisältävät usein standardoitujen moduulien kokoonpanotason sekä komponentit. MTO:ssa myös jakelu ja hankinta sekä valmistaminen ovat sisällytetty toimintaan. (Li & Womer 2012; Guillaume ym. 2013; Johnsen & Hvam 2018; Olhager 2003)

3 TUOTANNON NYKYTILA HAKKILAN TEHTAALLA

Niin kuin Santalainen (2008) totesi julkaisussaan, parhaat tulokset on usein saavutettu poikkeamia analysoimalla tai uusia ratkaisuja luomalla. Tarvitaan siis syvempää ymmärrystä toimialoista sekä niissä esiintyvistä muuttujista. Tätä neuvoa on myös yritetty noudattaa tässä työssä, kehittämällä täysin uusia lähestymistapoja tuotannon haasteiden kitkemiseksi. Tavoitteiden saavuttamiseksi on yritetty myös kehittää mahdollisimman laaja, mutta yksityiskohtainen kuva tuotannon nykytilasta.

Niin kuin myös johdannossa kävi jo selväksi, empiirinen aineisto on kerätty systemaattisen ja osallistuvan havainnoinnin (tehdasvierailut ja Hakkilan tehtaalla nykytilan tarkastelu), olemassa olevan aineiston sekä tehtaalla (ydinryhmäläiset sekä johtoryhmä) että projektiyksikössä (projektipäälliköt sekä johtoryhmä) työskentelevien henkilöiden haastattelujen avulla. Raporteilla olevaa tietoa on myös käytetty työssä hyväksi. Yksi pääasiallisista raporttilähteistä on KPI-raportti, josta löytyy myös tuotannonsuunnittelun paikansapitävyyden mittari. Aineiston sopivuus tähän työhön on validoitu johdannossa.

Nykytila-analyysi suoritettiin pääosin yhteistyössä eri streamien työnjohtajien sekä tuotannonsuunnittelijoiden kanssa. Kerran viikossa järjestettävissä ydinryhmän palavereissa keskusteltiin aina ennalta sovitusta aihealueista, jotka kuuluivat tuotantoprosessissa tehdastilauksen vapauttamisen ja pakkaamon välille. Tämän lisäksi on pidetty kerran kuukaudessa ohjausryhmän palaveriteita, joiden tavoitteena oli pääasiassa siirtää kehitysprojektin aikana saatua tietoutta ohjausryhmälle sekä muille tärkeille sidosryhmäläisille. Ohjausryhmä koostui pääosin tehtaalla sekä projektiyksikön johtoryhmään kuuluvista henkilöistä. Palaveriteiden lisäksi prosessia tutkittiin myös lattiatasolla, jonka yhteydessä päätettiin usein keskustelemaan siellä työskentelevien henkilöiden kanssa prosessien heikkouksista ja vahvuuksista.

Kohdeyrityksen tuotanto on asiakas- tai massaräätälöityä kokoonpanotuotantoa. Tuotteiden läpimenoajat sekä niissä käytettävät osat vaihtelevat suuresti, aiheuttaen haasteita tuotannonsuunnitteluun sekä valmistukseen. Osien vaihtelevuudessa on streamikohtaisia eroja. Tuotteita valmistetaan ETO-, ATO-, MTS- ja MTO-operaatiostrategioihin perustuen. Teoriaosuudessa mainitut eroavaisuudet operaatiostrategioissa eivät helpota tuotannon kokonaisuuden hallintaa kohdeyrityksessä. Niin kuin Li ja Womer (2012) julkaisussaan mainitsivat, riippuu operaatiostrategian valinta tilauksen kohdennuspisteestä, joka kohdeyrityksen tuotteiden keskuudessa vaihtelee suuresti. Tämän takia eri operaatiostrategioiden aiheuttamien haasteiden tutkiminen tuotannossa on myös perusteltua.

Kohdeyrityksen tavoitteena on pystyä tarjoamaan asiakkaille juuri heidän vaatimuksensa mukaisia tuotteita. Silloin tällöin tuotannossa esiintyy kuitenkin tapauksia, joissa

tuotteiden toimitus myöhästyy juuri niille kohdistettujen korkeiden vaatimusten takia. Erikoisten osien saaminen saattaa kestää odotettua kauemmin, jonka jälkeen niiden on vielä läpäistävä vastaanottotarkastus sekä tuotannonaikaiset testit. Näissä esiintyy aina vaihtelevissa määrin epävarmuutta. Haasteet liittyvät siis suurilta osin korkeisiin tuotteille tai sen osille asetettuihin testiluokkavaatimuksiin.

On selvää, että monet yritykset haluavat olla joustavia tuotantotoiminnassaan. Tämä on erittäin tärkeää myös kohdeyrityksen tuotannossa. Asiakastilauksiin tuleviin muutoksiin ei voida ilman ketterää tuotantotoimintaa reagoida kilpailukykyisellä tasolla. Voidaan todeta, että kohdeyrityksen toiminnassa on tapahtumassa kehitystoimintaa kohti ketterämpää tuotantotoimintaa. Muutos ilmenee ketterämpien järjestelmien yhdistämisellä osaksi lean-menetelmiä, mukailen Inmanin ja Salen (2011) ”lean on agilen esiasie”-ajattelua. Tämä ajatusmaailma tulee varmasti näkymään tulevaisuudessa yhä enemmän myös tuotannon johtamisessa.

Hakkilan tehtaalla turvaututaan melko voimakkaasti lean-johtamisfilosofiaan tuotannon johtamisessa. Se, että tarjoaako lean yksinään tarvittavia ratkaisuja tehtaalle on eri asia. Toimivuuden takaamiseksi kohdeyritys tarvitsee lean-ajatusmaailman tueksi joustavat järjestelmät, joiden avulla pyritään Inmanin ja Salea (2011) mukailen kohti agilevalmistusta – tietoisesti tai ei.

Työn aikaisiin havaintoihin perustuen on tärkeää huomioida, että tuotantoprosessit sisältävät monia erilaisia alueita, jotka reagoivat johtamisfilosofioihin toisistaan poikkeavalla tavalla. Tuotantoprosessin eri vaiheissa työskentelevät eri henkilöt, erilaisissa työympäristöissä, tehden erilaista työtä. Erilainen työ, jota tehdään erilaisessa ympäristössä, vaatii erilaista johtamista. Ei voida siis olettaa, että sama johtamisfilosofia vaikuttaisi vastaavanlaisesti jokaiseen tuotantoprosessin alueeseen. Ajatus on siis siinä, että myös filosofioiden tulkitsemisessa tarvitsee olla joustavuutta, jos niiden käytöstä aiotaan saada suurin mahdollinen hyöty. Mikä toimii tietyssä tilanteessa, ei automaattisesti sovellu toiseen.

Tuotantoa ohjataan nykytilassa vahvasti töiden vapauttamispäivien sekä tilausten prioriteettitilastusten mukaan. Priorisoitujen töiden määrä on ollut ajoittain erittäin suuri suhteessa normaalin prioriteetin omaaviin tilauksiin, ja ongelmat tuotannonohjauksessa ovat olleet tällöin helposti havaittavissa. Priorisoinneista saatava hyöty on tällöin myös suhteellisesti erittäin pientä.

Nykytila-analyysin yhteydessä huomattiin, että kohdeyrityksessä on tarvetta tehdä muutoksia järjestelmiin sekä toimintatapoihin. Järjestelmämuutosten avulla voidaan viestiä tehokkaammin tehtaan ulkopuolisille henkilöille töiden etenemisestä ja vapauttaa täten tehtaan henkilöstön aikaa arvoa tuottavaan työhön. Järjestelmien kehittäminen auttaa myös tehtaan sisäistä henkilöstöä löytämään heidän työnsä kannalta oleellista tietoa ny-

kyistä nopeammin. Järjestelmien kehityshankkeet ovat edellytys hienosuunnittelun toteuttamiselle. Niistä on hyötyä myös asiakastilausten priorisointien hallinnassa. Järjestelmien kehityksen taustalla ei saa kuitenkaan olla se, että kuinka hyvin tuotanto soveltuu järjestelmien logiikkaan, vaan juuri päin vastoin. Joskus tuotannossa on helpompaa sekä jopa houkuttelevaa tehdä tai jättää tekemättä pieniä muutoksia, jotta se soveltuisi paremmin järjestelmän vaatimuksiin ja että järjestelmien muutokset olisivat täten (esimerkiksi) edullisempia toteuttaa.

Toimintatavalliset muutokset liittyvät sekä tuotantoprosessiin että tapaan liittää asiakkaiden vaatimukset osaksi tuotantoprosessia. Tuotantoon on syytä ajaa toimintatavallisia muutoksia, joiden avulla voidaan paremmin ylläpitää tuotantojärjestystä. Tuotantojärjestyksen ylläpitäminen korreloi suunnitelmallisuuden kanssa sekä tuo apuja myös tilausten seurattavuuteen. On havaittu, että prosessin aikana on vaiheita, joissa työntekijöillä on mahdollisuus valita, että mitä he ottavat työlle ja missä järjestyksessä. Keräilyprosessi ja puskuripaikat tuotannossa ovat erityisesti tällaisia vaiheita, joissa valintaa pääsee tapahtumaan. Ei ole olemassa yhtenäistä toimintatapaa, joka turvaa sen, että työt etenisivät tuotannossa suunnitellusti. Tämä on yksi suurimmista epäkohdista kohdeyrityksen tuotannon lattiatasolla, joka vaikuttaa suunnitelmallisuuden noudattamiseen.

Tässä työssä käsitellyt asiakkaiden vaatimukset kulminoituvat suoranaisesti asiakastilausten priorisointiin sekä niitä koskeviin vaatimusten muutoksiin eli revisioihin. Niiden taustalla ovat johtotason ratkaisut, jotka vaikuttavat koko tuotantoprosessiin tai näin ainakin lähtökohtaisesti voidaan ajatella. Toisin sanoen, päätös revisioiden hyväksymisestä on peräisin tehtaan johtoryhmän tekemistä linjauksista palveluasiakkaita tietyllä tasolla. Päätöksiä tehdessä ajaututaan kuitenkin usein trade-off-tilanteisiin. Tällöin vaikutukset ovat laajemmat. Tästä puhuivat teoksessaan myös Slack ja Lewis (Slack & Lewis 2002). Päätöksenteon yhteydessä kaikkia tavoitteita ei voida useinkaan saavuttaa, joten täytyy valita ne asiat, joihin kohdeyrityksen on kannattavinta alkaa panostamaan. Tässä on järkevää miettiä päätösten vaikutusta tehtaan suorituskykyyn.

Hienokuormitussuunnitelman tekemisessä kapasiteetin lukitseminen lähitulevaisuudesta on erittäin oleellista. Kun työt ja niiden tuotantojärjestys saadaan lukittua määrätyleiselle ajankaksolle, voidaan tulevan viikon resurssien tarpeet suunnitella tarkasti. Tämän avulla myös kapasiteettia voidaan hallita huomattavasti perusteellisemmin. Lisäksi kapasiteetin lisääminen tai vähentäminen kuormitusryhmäkohtaisesti on tällöin huomattavasti helpompaa, kun tiedostetaan tarvittavat resurssit entistä tarkemmin.

Johnsenia ja Hvamia (2018) mukaillen, ETO-yrityksille ei ole aina täysin selvää, että millaisia kustannuksia asiakasräätelöidyt ratkaisut tuovat heille. Tätä epä tietoisuutta esiintyy selkeästi myös kohdeyrityksen toiminnassa. Täten ei ole myöskään aina selvää, että onko kaikkien vaatimusten toteuttaminen todella voitollista, kun yritetään täyttää asiakkaiden vaatimuksia. Tämän vuoksi on tärkeää ymmärtää ei-standardoitujen tilaustöiden vaikutus

projektien tuottavuuteen. Tilaustöiden kustannukset eivät siis ole aina kovinkaan helposti selvitettävissä, jos jotakin tuotetta tehdään (esimerkiksi) ensimmäistä kertaa koskaan.

3.1 Valinnaisuus ja tuotantojärjestyksen suunnittelematon vaihtelevuus tuotannossa

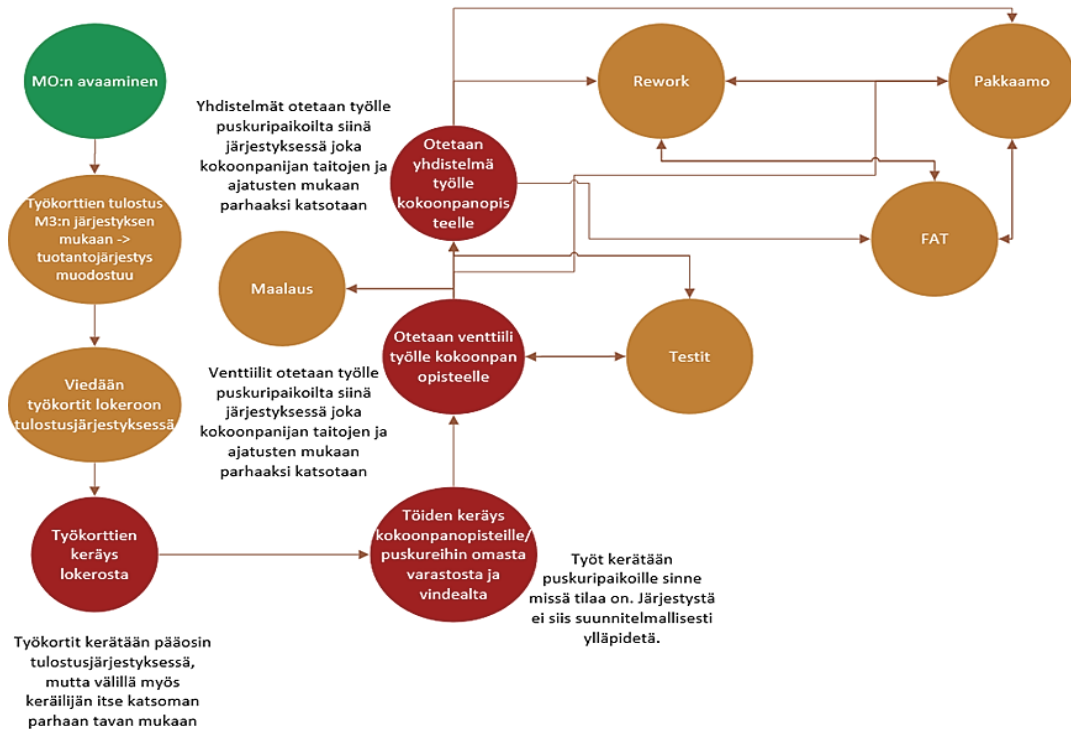
Vaihtelevuuden konseptin ymmärtäminen on keskiössä, kun yritetään ymmärtää työjonojen käyttäytymistä. Jos vaihtelevuutta ei esiintyisi ollenkaan, ei myöskään työjonoille olisi tarvetta, sillä prosessien kapasiteetit olisivat tässä tapauksessa suhteellisen helposti säädettävissä tarpeen mukaiseksi. (Slack 2013) Jokainen valmistusprosessi kuitenkin sisältää vaihtelevuuden aiheuttamia häiriöitä, jotka voivat johtua ulkoisista tai sisäisistä tekijöistä. (Klocke & Kuchle 2011) Tässä työssä sisäiset tekijät liittyvät tuotannonaikaiseen valinnaisuuteen ja työjärjestyksen vaihtelevuuteen. Ulkoisiksi tekijöiksi voidaan luokitella, mm. asiakastilausten priorisoinnit sekä revisiot.

Kun tuotantoprosessien aikaista vaihtelua tutkittiin, oli syytä lähteä liikkeelle alkupään vaiheista. Tuotantoprosessin fyysiset vaiheet alkavat työkorttien viemisellä ns. ”lokeeroon”. Tässä kohtaa vaihtelevuuden mahdollisuus työjärjestyksessä on verrattain pientä. Toinen vaihe prosessissa, jossa työjonojen järjestyksen vaihtelevuutta ilmenee, ovat kokoonpanon puskurivarastot. ”Kokoonpanon puskurivarastot”-kuvasta voidaan havaita, ettei järjestyksen ylläpitämistä edistetä nykyisten varastopuskureiden avulla laisinkaan. Kolmas valinnaisuutta sisältävä vaihe prosessissa on venttiilin työlle ottaminen kokoonpanossa ja neljäs valinnaisuutta sisältävä vaihe on yhdistelmän työlle ottaminen kokoonpanossa. Valinnaisuus on jälleen peräisin tuotannon puskuripaikoista, joista työt voidaan ottaa työlle kokoonpanon työntekijän parhaaksi katsomassa järjestyksessä.

Edellä mainitut epäkohdat tekevät erittäin haasteelliseksi suunnitelmallisen sekä selkeästi seurattavan ja läpivietävän tuotantoprosessin toteuttamisen. Ne vaikuttavat vahvasti myös kommunikointiin sidosryhmäläisille tilausten etenemisen statuksista, tilausten statusten selvittämisen viedessä runsaasti aikaa. Nämä epäkohdat aiheuttavat tuotantoon monia haasteita, aiheuttaen niiden kautta epävarmuutta töiden etenemisen suhteen. Ne estävät tai tekevät erittäin haasteelliseksi:

- Suunnitelmallisen ja seurattavan tuotantoprosessin toteuttamisen.
- Nopean kommunikoinnin sidosryhmäläisille tilausten etenemisen statuksista.
- Kuormitusryhmien kapasiteetin laadukkaan hallinnan.
- Moniosaamisen kokonaisvaltaisen kehittymisen tuotannossa sekä joustavuuden kehittymisen tätä kautta.
- Mahdollisimman laadukkaan tuotantoprosessin toteuttamisen.

On olemassa monia syitä, jonka takia vaihtelevuutta ilmenee prosesseissa. Näitä tarkasteltiin SIPOC-menetelmän avulla, jonka tuloksena saatiin luotua kattava kuva työvaiheiden yhteyksistä toisiinsa sekä niissä ilmenevistä haasteista. Tämän pohjalta havainnollistettiin tuotantoprosessin kriittiset kohdat (kuva 8). Punaiset pallot havainnollistavat kuvassa 8 tuotannon kohtia, joissa valinnaisuutta ilmenee.



Kuva 8. Tuotantoprosessi ja sen kriittiset kohdat työjärjestyksen säilyttämisessä

Vaihtelevuus tuotannon työjärjestyksessä voi olla peräisin myös monista muista asioista. Se voi johtua, mm. liian aikaisin tai liian myöhään saapuvista materiaaleista tai muutoksista tilauksissa. Vaihtelevuus tarpeessa tai kapasiteetissa heikentää operaation kykyä prosessoida sille tulevia syötteitä ja täten myös kykyä prosessoida tehokasta kapasiteettia (Slack 2013; Slack ym. 2016; Kumar & Suresh 2009) Tällaisia haasteita on havaittavissa myös kohdeyrityksen toiminnassa. Osapuutteet ovat yksi suuri syy, joka estää kokoonpanon aloittamisen ajallaan. Nämä aiheuttavat usein priorisointia sekä työjärjestysten jatkuvaa muokkautumista tuotannossa. Tehtaan periaate on, että kokoonpanoa ei aloiteta, jos venttiilistä tai yhdistelmästä puuttuu vielä osia.

Osien rikkoutumisilla ja niiden aiheuttamalla priorisoinnilla on myös epäsuoria negatiivisia vaikutuksia työjonojen ja kapasiteetin hallintaan sekä tuotannon tehokkuuteen. Näitä ei voida ennustaa. Joissakin tapauksissa, kun osia rikkoutuu ja työt halutaan saada nopeasti valmiiksi, voidaan kyseisiin töihin (mahdollisuuksien mukaan) allokoida rikkinen osia toisilta töiltä, jotka eivät ole vielä edenneet tuotantoon. Usein tällaisissa tilanteissa aiheutuu haasteita työlle, jolle varatuista osista toisen työn rikkoutunut osa kor-

vattiin. Tämä riippuu paljon kyseisen työn (jolta osa allokoitiin toiselle työlle) valmistuspäivämäärästä sekä rikkimenneen osan saatavuudesta. Joidenkin osien kohdalla saatavuus on heikkoa ja sen saamiseen saattaa kulua aikaa jopa puoli vuotta. Usein kuitenkin korvaavan osan saamiseen menevä aika on huomattavasti lyhkäisempi.

Korkean kuorman vaihtelevuuden vuoksi toisen työn osien allokoituminen toiselle työlle voi johtua myös siitä, että töitä vapautetaan tuotantoon ennen tarpeen mukaista päivämäärää, sillä muita töitä ei ole ollut tehtävissä. Tällöin aiemmaksi siirtynyt työ saa tietyt osat käyttöönsä ja se saattaa vaikuttaa muiden töiden osien saatavuuteen, jos osia ei ole varastossa tarpeeksi kaikille tuleville töille. Tähän vaikuttavat myös edellä mainitut saatavuudet osien suhteen. Allokoinnit ovat aikajärjestyksessä. Aiemmin aloitetuksi asetettu työ saa allokoitua osat käyttöönsä, jos kyse on samasta nimikkeestä, jolla on sama tunnus (id-koodi). Tämä on yksi haaste tuotannon yksityiskohtaiselle suunnittelulle.

3.1.1 Tuotannosuunnittelijat ja heidän roolinsa hienokuormituksen suunnittelussa

Ennen tämän työn aloittamista tehtaassa tuotannosuunnittelijat ovat keskittyneet toiminnassaan karkeasuunnittelun tekemiseen. Järjestelmien vaillinaisuuden takia, ei yksityiskohtaisempaa suunnitelmaa voida toteuttaa. He eivät siis hallitse tuotannon yksityiskohtaista suunnittelua, eivätkä sisällytä priorisoituja töitä muiden töiden joukkoon suunnitelmallisesti.

Tuotannosuunnittelijat tutkivat osien saatavuutta tilauksille ja uudelleenajoittavat niitä mahdollisuuksien mukaan. Tämän lisäksi he vapauttavat töitä tuotantoon, kun kaikki osat ovat saatavilla. He eivät kuitenkaan järjestele tuotannon työjärjestystä millään tavoin. Oikeastaan ainoa sääntö töiden vapauttamista koskien on, että priorisoidut työt vapautetaan tuotantoon ensin. Vapautusta ennen he tarkastelevat kuormitusryhmien kapasiteettiin liittyviä rajoitteita, jonka perusteella voidaan antaa karkeita valmistumisarvioita yksinäisille töille. Usein myös eri streamien työnjohtajat osallistuvat valmistumisarvioiden antamiseen. Valmistumisarvioita töille ei kuitenkaan suunnitella järjestelmällisesti tai suuressa mittakaavassa, vaan täysin tuotannosuunnittelijoiden saamien kyselyiden mukaisesti. Tämän diplomityön tavoitteena on mahdollistaa yksityiskohtaisen suunnitelman toteuttaminen, tarjoten tuotannosuunnittelijoille sopivat puitteet sen laadukkaaseen toteuttamiseen. Tämän lisäksi myös valmistusprosessin halutaan tukevan suunnitelman toteuttamista.

Tuotannon yksityiskohtaisen suunnittelun avuksi on olemassa useita erilaisia ohjelmistoja. Näiden avulla suunnittelu on nopeampaa ja usein myös laadukkaampaa. Ohjelmistot käyttävät erilaisia logiikkoja aikataulun laskentaan. Laskenta perustuu olemassa olevaan dataan, joten myös datan tarvitsee olla laadukasta, jotta laskenta on tehokasta.

Hienosuunnittelua tukevat ohjelmistot ovat usein kuitenkin hinnakkaita investointeja, jonka vuoksi sellaisen hankinta on järkevää ainoastaan, kun sen avulla voidaan säästää kustannuksia havaittavasti. Rahallisten kustannussäästöjen lisäksi ohjelmistojen avulla on mahdollista kohentaa yrityksen toimitusvarmuutta, jolla on positiivinen vaikutus yrityksen imagoon. Viitaten kappaleen 2.2.9 teoriaan, toimitusvarmuus on erittäin kriittinen tekijä nyky maailman liiketoiminnassa ja se vaikuttaa koko yrityksen kilpailukykyyn. Toimitusvarmuuteen vaikuttaa koko toimitusketjun toiminta sekä luotettavuus, niin kuin Iloranta ja Pajunen-Muhonen (2008) totesivat julkaisussaan.

Hienosuunnitteluohjelmistoihin panostamalla voidaan tuotannosuunnittelijoiden työn olettaa tulevan mielekkäämmäksi. Kaikki saatavat hyödyt eivät ole siis aina mitattavissa rahallisesti. Esimerkiksi, työn mielekkyyden kohentamisella on huomattava olevan suuri arvo. Heilalan ja Vohon (2001) mukaan järjestelmien kehittämällä voidaan myös parantaa toiminnan laatua sekä integroida tietovirrat, mahdollistaen nopeat muutokset tuotannossa. Tämä lisää tuotannon joustavuutta.

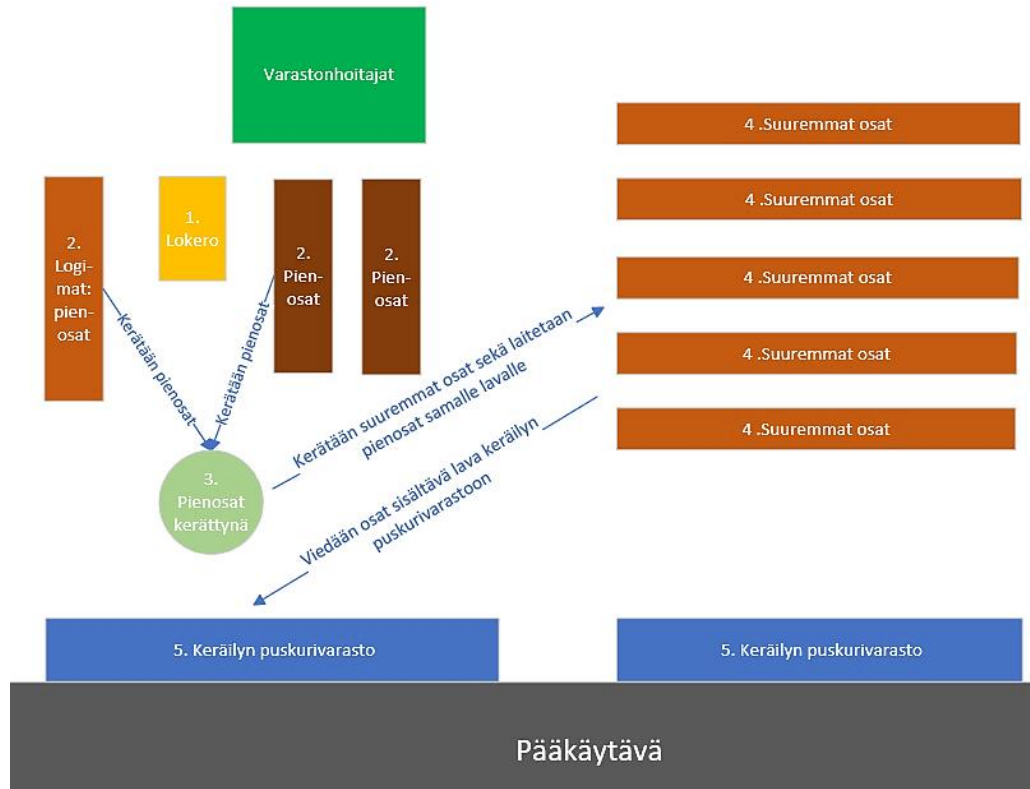
Työn aikana on toteutettu uuden ERP-version käyttöönotto, joka tapahtui onnistuneesti. Samaan aikaan on kuitenkin vielä meneillään Rapid Responserin kehitysprojekti, jossa onnistuminen vaikuttaa koko tehtaan toimintaan ja täten myös hienosuunnittelussa onnistumiseen. Mukailen Haverilan ym. (2009) sekä Sheldonin (2006) julkaisuja, karkeasuunnittelulla sekä resurssien käytön suunnittelulla on erittäin tärkeä rooli valmistuksen resurssien sovittamisessa kysynnän tasolle. Rapid Response tuo apua nimenomaan tähän. Se ei kuitenkaan suorita tuotantoon vapautettujen töiden uudelleenjärjestelyä millään tasolla. Aswathappa ja Bhat (2009) kertoivat julkaisussaan tarkemmin resurssien tärkeydestä yrityksen menestymisen kannalta. Tämä korostaa vielä vahvemmin Rapid Responserin käyttöönoton tärkeyttä kohdeyritykselle.

Nykytilassa ja nykyisillä järjestelmillä tuotantojärjestysten suunnittelu veisi aikaa useita minutteja yhden ainoan rivin kohdalla. Nykytilassa osapuutteet, työvaihetiedot, käytettävissä oleva kapasiteetti eri kuormitusryhmissä sekä muu oleellinen tieto joudutaan hakemaan ERP-järjestelmän eri ohjelmista. Lisäksi käytettävissä olevaa kapasiteettia varmistellaan usein työnjohtajilta. Työnaikaisiin havaintoihin perustuen yhden rivin tietojen selvittäminen vie nykytilassa aikaa noin 5 minuuttia, sisältämättä kapasiteetin varmistukseen kuluva aikaa tai työjonojen optimointia. Tietojen selvittämiseen kuluva aika on kuitenkin käyttäjäkohtaista.

Kohdeyrityksen toiminnassa ERP-järjestelmän tärkein tehtävä voidaan sanoa olevan sen sisältämien tietojen säilyttäminen sekä jakaminen. Tämä tukee hyvin Parthasarathyn ja Karan (Parthasarthy 2007; Kara 1999) ajatuksia ERP-järjestelmästä. Kohdeyrityksellä ERP-järjestelmä yhdistää eri järjestelmät toisiinsa sekä varastoi niistä saatavaa tietoa.

3.1.2 Keräilyprosessi nykytilassa

Keräilyprosessiin (kuva 9) lasketaan kuuluvaksi myös varastonhoitajien toimet. Varastonhoitajien työpiste sijaitsee samalla alueella keräilyn kanssa, pienosahyllyjen vieressä.



Kuva 9. Keräilyprosessi.

- 1) Keräilyprosessi alkaa työkorttien tulostuksella. Varastonhoitajat tulostavat työkortit ja tekevät niille kilvet. Tulostusjärjestys perustuu nykytilassa ERP-järjestelmän PMS230-ohjelman päivämääräjärjestykseen.
 - Nykytilanteessa tulostetaan ensin kaikki prioriteetin 8 (korkein prioriteetti) omaavat työkortit kerralla ulos. Tämän jälkeen arvioidaan, että kuinka paljon muita (alhaisemman prioriteetin omaavia) työkortteja tulostetaan, että töitä riittää aamu- ja iltavuoroille.
- 2) Varastonhoitajat laittavat kilvet sekä työkortit muovitaskuun ja toimittavat ne ns. lokeroon. Työkortit sijoitetaan lokerossa päivämääräjärjestykseen. Vanhemmat työkortit ovat ensimmäisenä. Priorisoidut työkortit menevät yleensä eri lokerikkoon.
 - Poikkeuksena on, jos tietyn työpisteen lokerikko on tyhjä. Silloin laitetaan sinne kuuluva ”prio 8”-kortti tyhjään lokerikkoon.

- 3) Keräilijät katsovat lokerosta (kuva 10), että onko siellä priorisoituja töitä (PRIO8). Jos priorisoituja töitä on, otetaan ne keräilyyn ensisijassa. Muut työt kerätään tämän jälkeen sitä mukaan, kun tilaa keräilyn puskureista vapautuu, siinä järjestyksessä kuin parhaaksi katsotaan. Yleisesti kuitenkin otetaan keräilyyn lokeroapaikan etummainen työkortti.



Kuva 10. Lokero.

- 4) Keräily suoritetaan keräyslistan/työkortin tietojen perusteella. Keräily alkaa Logimatissa olevien osien keräilyllä, jonka lisäksi keräilijät keräilevät myös muut pienosat. Logimatissa ja sen vieressä sijaitsevat pienosat kerätään pieneen laatikkoon rullakon sisälle kuvan 11 mukaisesti.



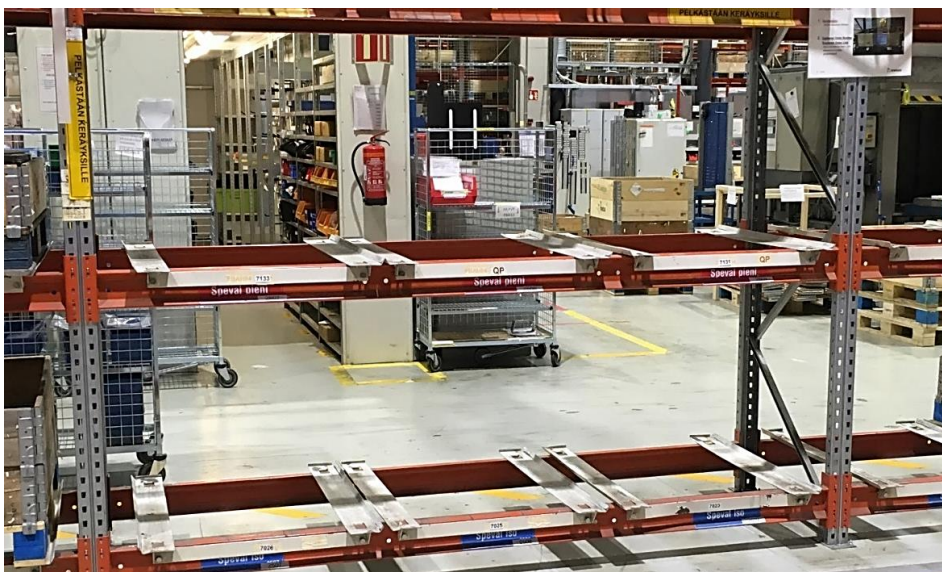
Kuva 11. Pienosat odottamassa isojen osien keräilyä.

- Näihin rullakoihin pienosat on kerättyä Logimatista (vasemmalla taustalla) sekä pienosahyllyistä (oikealla taustalla). Kun kaikki pienosat ovat kerättyinä ja tuotuna rullakoissa oleviin laatikoihin, voidaan isojen osien keräily käynnistää kyseisen työn osalta.



Kuva 12. Pienosien keräily. Keräystä odottavat ja keräillyt osat.

- Kuvassa 12 vasemmalla olevassa rullakossa sijaitsevat keräystä odottavat pienosalaatit. Kuvassa oikealla ovat valmiiksi kerätyt pienosat. Kerätyt pienosat ovat impulssi isojen osien keräilylle. Taustalla kuvassa on keräilyprosessin tueksi hankittu Logimat-varastoautomaatti.
- 5) Isojen osien keräilyä suorittava henkilö käy tarkistamassa rullakosta, että mikä olisi sopivin työ keräiltäväksi seuraavaksi. Isot osat keräillään lavalle, johon myös pienosat lisätään.



Kuva 13. Keräilyn puskuri. Special pieni (toinen taso) ja special iso (ensimmäinen taso)

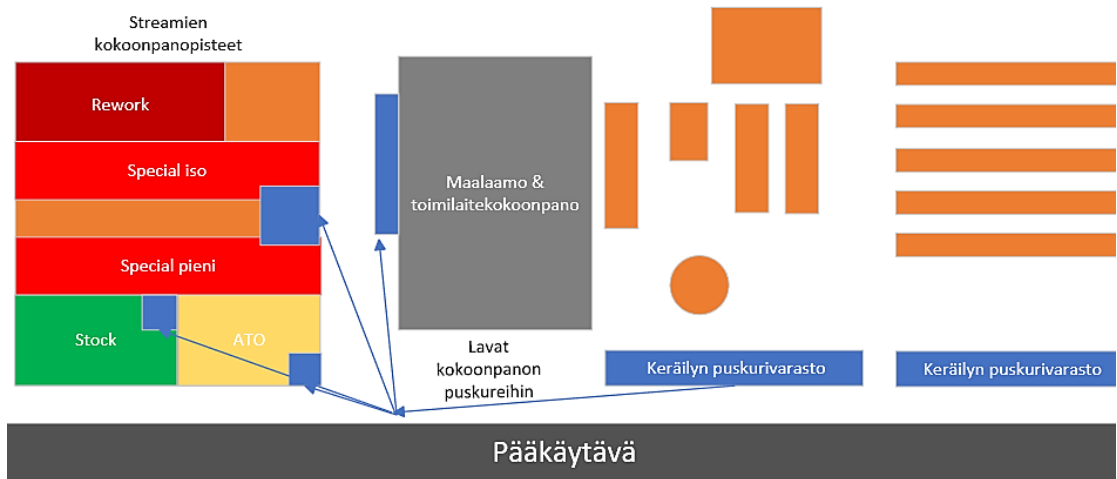
- 6) Lava (joka sisältää pienet ja isot osat) vieään keräilyn puskuriin (kuva 13), josta kokoonpanokeräilijät/automaattitrukit (AGV) saavat impulssin keräillä ne kokoonpanoon. Keräilyn puskurivarastot toimivat imuohjauksella. Eli kun tilaa vapautuu keräilyn streamkohtaisista puskureista, kerätään sinne uuden työn osat.

Keräilyn puskuripaikat eivät kovinkaan vahvasti tue tai ole esteenä tuotantosuunnitelman ylläpitämisessä. Tämä voisi mukautua melko hyvin myös suunnitelmalliseen toimintaan, jota tulevaisuudessa on tarkoitus noudattaa. Suuremmat kehityskohteet löytyvät kokoonpanopisteillä sijaitsevista puskureista. Puskuripaikat toimivat nykytilanteessa imuohjauksella eli niihin tuodaan lisää töitä, kun tilaa vapautuu. Suunnitelmallisuuden myötä puskuripaikat voivat toisaalta vielä toimia imuohjautuvasti, mutta vain jos tulevaisuudessa sen taustalla on työntöohjautuva prosessi työkorttien tulostuksen ja keräilyn välillä.

Työntöohjauksen ja imuohjauksen soveltuvuudesta erilaisiin tuotantoympäristöihin mainitaan työn teoriaosuudessa (kappale 2.2.8 ”Imuohjaus ja työntöohjaus”). Sen perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä, että kuinka ne soveltuvat kohdeyrityksen tuotannon tiettyihin vaiheisiin. On oleellista huomioida, että kumpaakaan niistä ei voida usein käyttää läpi koko tuotantoprosessin, vaan eri vaiheet vaativat erityyppistä ohjaustapaa. Teoriaosuudessa on kuitenkin todettu työntöohjauksen toimivan erinomaisesti ennalta suunnitellun tuotantojärjestyksen kanssa.

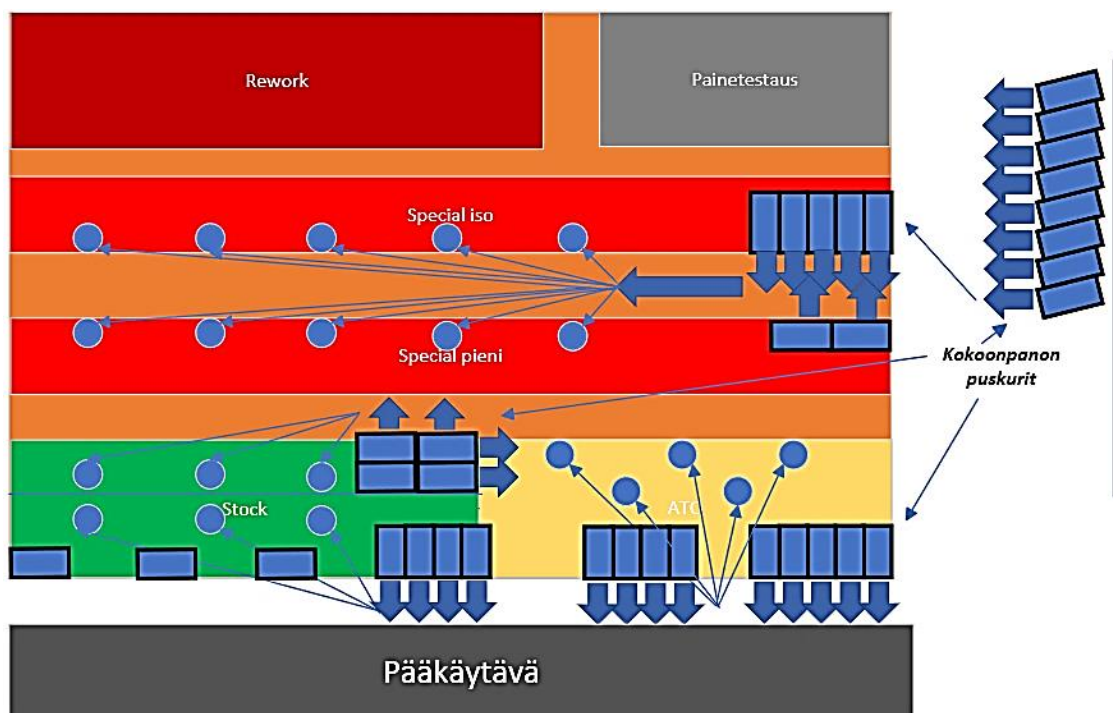
3.1.3 Kokoonpano nykytilassa

Kohdeyrityksen kokoonpanotuotannon strategia on rinnakkainen ja manuaalinen kokoonpanolinja. Ratkaisun oikeellisuutta puoltaa myös Heilalan ja Vohon (2001) julkaisu, jonka perusteella sillä on potentiaalia suhteellisen korkeiden työkustannusten maissa tai tasokkaissa tehtaissa, jotka tuottavat pieniä eräkokoja suurella joustavuudella. Tähän kohdeyrityksen tuotannossa pyritään ja tätä kokoonpanotuotannon strategia myös, työn aikana tehtyihin havaintoihin perustuen, tukee loistavasti. Yhtenä haasteena joustavuuden kasvun suhteen voidaan sanoa kohdeyrityksessä olevan, myös Heilalan ja Vohon (2001) sekä Iravanin ja kumppaneiden (2010) mainitsema kyvykkyyksien joustoon liittyvät tekijät. Perusteena kyvykkyyden joustolle ovat heidän mukaansa operaattoreiden monipuoliset tiedot ja taidot sekä asianmukaiset työkalut. Kohdeyrityksen tuotannossa koetaan, että työntekijöiden taitotasoina on suhteellisen paljon eroavaisuuksia, joka estää joustavuuden kasvun tuotannossa. Anzanello ja Fogliatto (2009) mainitsivat julkaisussaan, että erityisesti pienten eräkokojen tuotannossa työntekijöiden taitotasojen on oltava sellaisella tasolla, että he osaavat reagoida uusien mallien erilaisiin ominaisuuksiin, aiheuttamatta häiriöitä tuotannossa.



Kuva 14. Osat sisältävien lavojen vieminen kokoonpanon puskureihin (suuntaa antavasti).

Tällä hetkellä työt toimitetaan kokoonpanopisteille kokoonpanokeräilijöiden ja automaattitrukkien toimesta (kuva 14). Työn osat toimitetaan usein kokoonpanopisteillä sijaitseviin varastopuskureihin. Puskuripaikat ovat nykytilassa alueita, joista osat on mahdollista ottaa työlle siinä järjestyksessä, jossa ne halutaan työlle ottaa. Kokoonpanon työntekijän valinta ei ole välttämättä tuotannon sujuvuuden kannalta optimaalisin ratkaisu. Monesti tämä varmasti toimii hyvin tai ilman kovinkaan negatiivisia suoranaisia seurauksia, mutta se ei ole suunniteltua eikä tällaista toimintaa voida kehittää.



Kuva 15. Kokoonpanon puskurit ja niistä työlle ottaminen. (Kuva mukailee tuotannon layoutia, mutta ei vastaa työpisteiden määrän tai sijainnin perusteella todellisuutta).

Kuvan 15 tavoitteena on havainnollistaa kokoonpanossa sijaitsevien puskurien (nelikulmiot) toimintaa. Osat sisältävät lavat voidaan tuoda keräilystä mille tahansa puskuripaikalle ja työt voidaan ottaa työpisteille (ympyrät) miltä tahansa puskuripaikalta. Niin kuin jo aiemmin on todettu, nämä eivät tue työjärjestyksen ylläpitämistä laisinkaan. Venttiilien osat sekä yhdistelmien osat otetaan työlle samalla tavalla kokoonpanossa sijaitsevista puskureista (kuva 16). Yhdistelmien sekä venttiilien varastopuskurit jaotellaan erikseen, mutta toimintatavat niiden hyödyntämisessä ovat samanlaisia.



Kuva 16. Kokoonpanon puskurit nykytilassa. *Special-stream.*

Usein tuotannossa on mahdotonta sanoa varmuudella, että mikä työ on järkevintä ottaa seuraavaksi työlle. Vaikka se voitaisiin selvittää, menisi siihen kuvassa 17 ilmenevän sekalaisen järjestyksen vuoksi runsaasti aikaa. Tuotannon työntekijöille yksinkertaisinta ja tehokkainta olisi, kun työt saapuisivat mahdollisimman oikeassa järjestyksessä heidän työpisteilleen. Parhaassa tilanteessa heidän ei tarvitsisi ajatella ollenkaan työjärjestystä (vaikka sellainen olisi luotuna), vaan he voisivat tehdä työt heille muodostetun työjonon mukaisesti. Tähän myös tietysti tulevaisuudessa pyritään.



Kuva 17. Painetestaukseen menevien töiden puskurivarasto.

Vaikka, esimerkiksi painetestiin mentäessä tuotantojärjestys saattaa tuntua yhdentekevältä, on sillä usein suuri merkitys myöhäisempiä työvaiheita ja niissä kuormitettavia resursseja ajatellen. Työjärjestyksen suunniteltavuus on siis tärkeää kuormitusryhmien kapasiteetin hallinnan kannalta - kokonaisvaltaisesti.

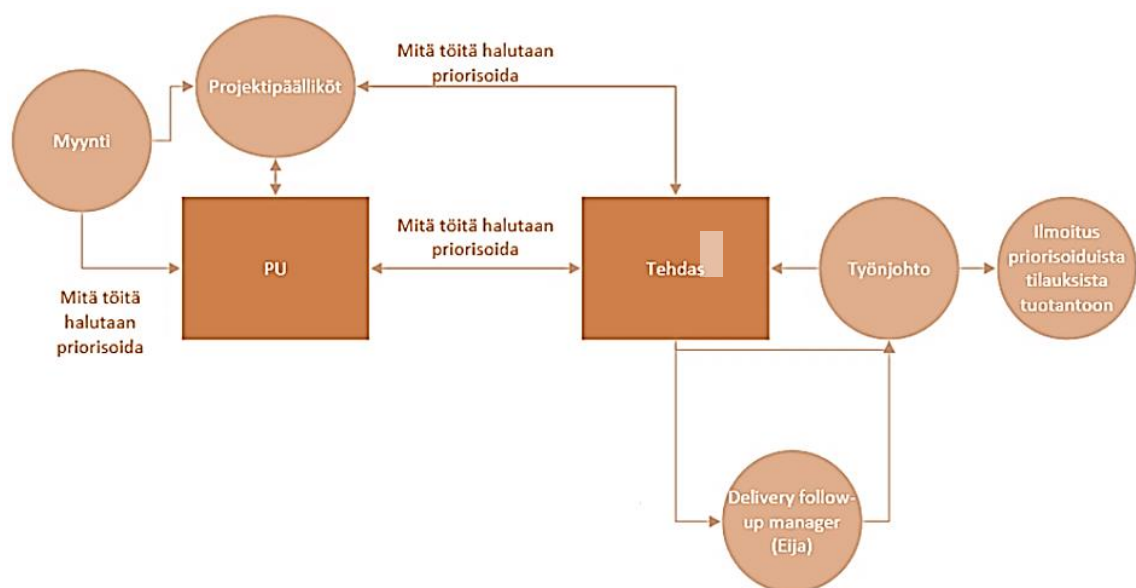
3.2 Kilpailu, priorisoinnit ja strategia sekä niiden näkyvyys tuotannossa

Joustava asiakasräätälöity tuotanto sisältää usein priorisointeja. Onnistuminen priorisoinneissa strategisella ja operatiivisella tasolla voidaan nähdä menestyksen ja epäonnistumisen erona. Priorisointia kohdeyrityksen tuotannossa syntyy pääosin asiakkaiden vaatimuksista, kun he haluavat varmistaa töiden eteneminen ajallaan.

Priorisointia aiheuttavat myös, esimerkiksi osien rikkoutumiset ja testivaatimusten läpäisemättömyys. Niin kuin Stevenson (2009) totesi, priorisointien säännösten toteuttamiseksi vaaditaan tehokasta tiedon keräämistä. Tämä voidaan olettaa olevan näin erityisesti korkean kuormituksen aikana, joka kohdeyrityksen tuotannossa tällä hetkellä vallitsee. Tämän työn aikana on tehty tiedon keräämisen haasteisiin liittyviä havaintoja sekä havaittu puutteita järjestelmissä (raportointi ja MES). Stevensonin (2009) sekä myös Krajewskin ja kumppaneiden (2007) julkaisuun perustuen voidaan todeta havaintojen olevan tärkeitä tuotannon kehittämisen kannalta.

Yleisin toimintatapa priorisointien suhteen kohdeyrityksessä on prioriteettistatuksen kasvattaminen, esimerkiksi viidestä kahdeksaan. Prioriteetti viisi on normaali prioriteetti ja prioriteetti kahdeksan on tehtaan korkein prioriteettistatus. Rivejä priorisoidaan kuitenkin myös melko usein, esimerkiksi asiakastarkastuksen ajankohdan mukaan, ilman kyseisen rivin prioriteettistatuksen muuttamista. Tämä voi olla, esimerkiksi priorisoitujen töiden välistä priorisointia. Reworkista palautuvat työt ovat usein myös korkeamman prioriteetin töitä, myöhästymisen minimoimiseksi. Tulevaisuudessa täytyy olla olemassa selkeä tapa priorisoinneille. Priorisoinnin tuoma joustavuus asiakkaiden suuntaan on hyvä asia, mutta se ei saa tapahtua tuotannon selkeyden ja tuottavuuden laskemisen kustannuksella. Kohdeyrityksen tapa toteuttaa priorisointia mukailee Stevensonin (2009) ”prioriteetti kiireisimmällä”-sääntöä, jonka avulla voidaan ohjailia koko tuotantoa.

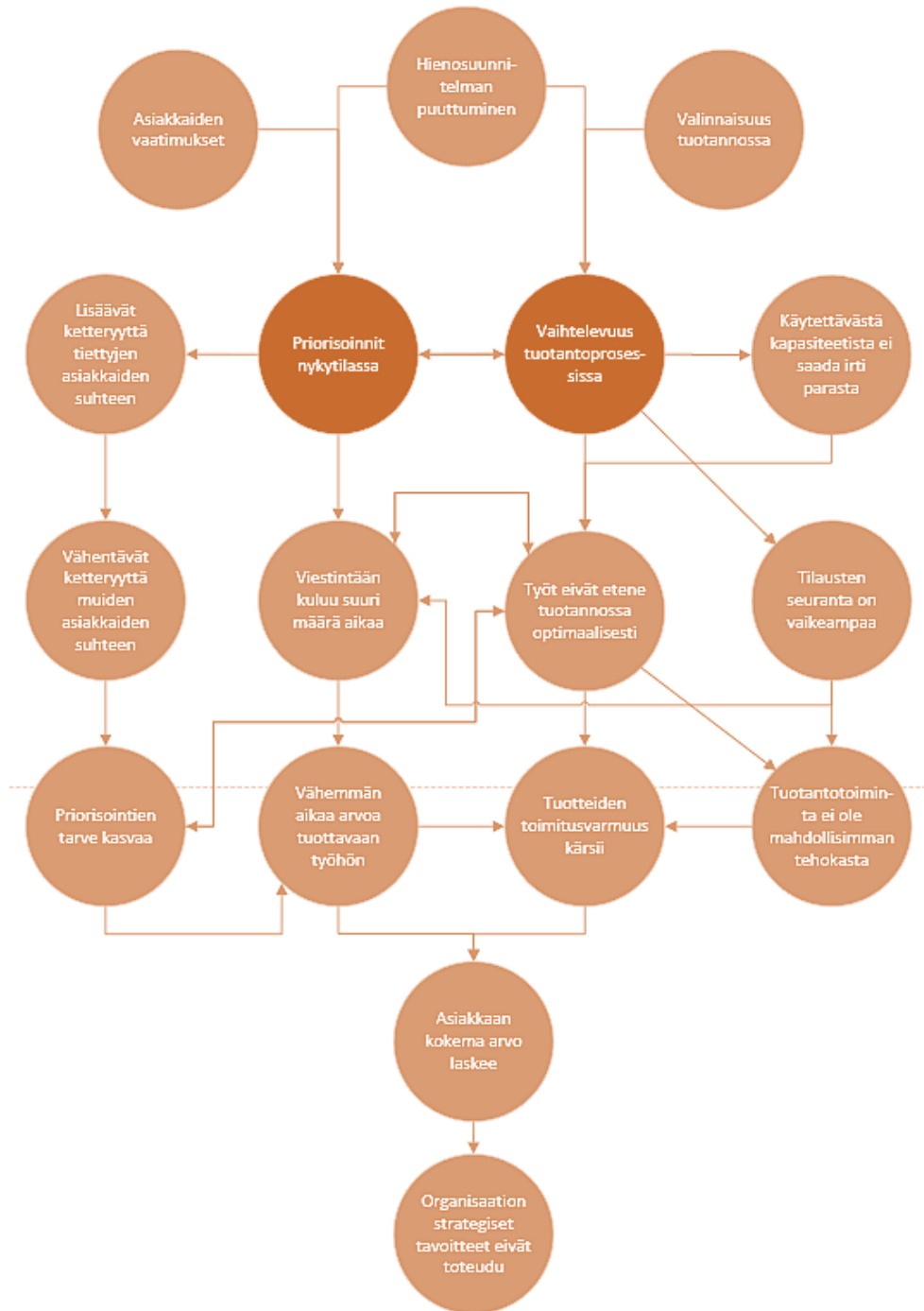
Priorisointien kokonaisvaikutusten näkemisen puute tuotannossa on yksi niihin liittyvä haaste. Tiedetään, että priorisointien avulla voidaan saada tietyt työt valmistumaan ajoissa todennäköisemmin, mutta niiden todellista kustannusta ja vaikutusta tuotantoon on vaikeaa hahmottaa täysin. Osaltaan priorisoinnit aiheuttavat jopa lisää priorisoinnin tarvetta tehtaalla, joka on vahvasti ei-toivottua. Priorisointien määrän kasvaessa liian suureksi, niiden merkitevyys laskee. Kun korkealle priorisoitujen tilausten suhde normaalin prioriteettistatusten omaaviin tilauksiin kasvaa liian suureksi, ei millekään tilauksista voida enää osoittaa todellista korkeampaa prioriteettia perustellusti. Priorisointi on siis suhteellinen käsite. Priorisointia koskevien sääntöjen määrittelyssä on tärkeää muistaa rajaukset, jonka sisällä ne ovat päteviä ja jonka ulkopuolella ne eivät sitä ole. Täytyy olla selkeät perusteet priorisoinnin tarpeelle. Täytyy siis osoittaa, että priorisoitu työ todella on tärkeämpi saada tuotantoon ennen jotakin muuta työtä, jonka se tulee väistämättä korvaamaan. Priorisointiprosessia nykytilassa havainnollistetaan kuvassa 18.



Kuva 18. Priorisoinnit Hakkilan tehtaalla nykytilanteessa.

Priorisoinnit eivät tehosta tai paranna tuotantoa, mutta niiden avulla resursseja voidaan kohdistaa, jotta saadaan tietyt työt suuremmalla todennäköisyydellä valmiiksi ajoissa. Niin kuin Stevenson (2009) myös totesi, priorisoinnin säännökset ovat tilausten aikataulutuksen sääntöjä, joiden avulla tilausten valmistustoimenpiteitä ohjataan. Tällainen toiminta kuitenkin aiheuttaa kohdeyrityksessä usein arvoa tuottamatonta lisätyötä sekä heikentää tuottavuutta. Tämä väite perustuu työn yhteydessä tehtyihin havaintoihin sekä ydinryhmän kanssa käytyihin keskusteluihin.

Priorisointipäätökset tulevat muualta kuin tehtaalta (kuva 18). Tämä ei ole minkään ongelman ydin. Ongelmat ovat kuitenkin osaltaan peräisin erilaisesta tietopohjasta tuotannon ja priorisoinneista päättävien henkilöiden välillä, mutta enemmän kuitenkin päätöksestä palveluasiakkaita kovalla hinnalla. Priorisoinnit aiheuttavat kommunikointia monien eri osastoilla työskentelevien henkilöiden välillä. Priorisointipäätökset eivät ole kommunikointiin pohjautuva ongelma, mutta kommunikointi on yksi asia, jonka kehittämisellä voisi olla suotuisia vaikutuksia sen aiheuttamiin haasteisiin (kuva 19).



Kuva 19. *Priorisointien sekä valinnaisuuden vaikutus tehtaan toimintaan.*

Priorisointien vaikutus prosessiin ei rajoitu tuotannosuunnittelun tasolle, eikä valmistukseen. Priorisoitujen tilausten vaikutus tuotantoon on kokonaisvaltainen ja niiden vaikutus alkaa muodostumaan ennen tuotteiden osien saapumista tuotantoon. Tässä työssä kuitenkin tarkastellaan priorisointien vaikutusta nimenomaan tehtaalla tapahtuvien toimien kohdalla.

Mitä voidaan olettaa tapahtuvan, kun työjonot muodostuvat karkeakuormituksen perusteella, ilman että työvaiheita tarkastellaan säännöllisesti ennen työjonojen muodostamista? Entä kun tämä tapahtuu ilman, että kapasiteetin käyttöä optimoidaan yrittämättä maksimoida tai tasoittaa pullonkaulakohtien kuormitusastetta suunnitelmallisesti? On selvää, että tällöin kapasiteetin käyttöaste ei voi olla niin korkea kuin sen olisi mahdollista olla, jos tässä työssä havaittuihin haasteisiin tultaisiin tulevaisuudessa puuttumaan. On kuitenkin myös selvää, että parannuksia näihin toimiin voidaan tehdä. Lin ja kumppaneiden (2017) case-tutkimus puhuu myös sen puolesta, että erityisesti pullonkaulakohtien tarkastelu tulee ottaa huomioon töiden ajoituksessa. He totesivat julkaisussaan (2017), että pullonkaulakohtien tarkemmalla tutkimisella olisi ollut havaittavasti apua myös heidän tutkimuksessaan, tehden tutkimuksen tuloksista yleispätevämpiä.

Kapasiteetin käytön optimointi tarvitsee suunnitelmallisuutta. Tätä ei kuitenkaan voida olettaa saavutettavan ilman järjestelmällistä toimintatapaa ja selkeiden, mutta yksinkertaisten ja ymmärrettävien säännösten luomista. Tuotanto on kohdeyritykselle suuri organisen kasvun lähde. Tuotannon kehittäminen ja tasokkaan toiminnan takaaminen on oltava lähtökohtana päätöksiä tehdessä. Ilman tehokasta tuotantoa ei voida olettaa saavutettavan kilpailuetua muihin yrityksiin. Priorisoinnit eivät saa olla esteenä tuotannon kehittämiseksi, vaan asiakkaiden tarpeista tulee oppia ja kehittää tuotantoa, mm. juuri niistä saatavan tiedon perusteella. Olemassa olevan tiedon pohjalta on syytä löytää keinot tyydyttää asiakkaiden tarpeet tuotantoa tehostamalla, ei pelkästään priorisoimalla. Päätösten tulee olla sidoksissa strategiaan päätöksiin, jotka vievät kohti organisaation sisäisesti sovitut yhteisiä tavoitteita, tehostaen yrityksen toimintaa.

Metson strategia koostuu viidestä, päivittäistä toimintaa ohjaavasta perustekijästä. Nämä ovat asiakaskeskeisyys, palvelujohtajuus, innovaatiot, toimintojen erinomaisuus sekä henkilöstö ja johtaminen. (Metson 2019d) Tässä työssä on syytä kehittää toimintaa ajatellen kaikkia näitä viittä perustekijää. On myös ajateltava, että kuinka priorisointeja sekä tuotantotoimintaa voidaan jatkossa suorittaa kaikkia strategian perustekijöitä edistäen. Ne määrittelevät osaltaan kohdeyrityksen suuntaa ja ne on sisäistettävä myös Hakkilan tehtaan toiminnassa.

Kun tuotannon halutaan olla joustava, aiheuttaa tämä usein tarvetta priorisoinneille sekä tarpeita tehdä muutoksia aikatauluun. Tätä voidaan hallita Caronin ja Fioren (1995) sekä Willnerin (2016) mukaan järjestelmien kehittämisellä. Valmistuskäytännöt tarvitsee myös Caronin ja Fioren (1995) mukaan ottaa huomioon strategisesti määrittävinä tekijöinä. Tämä tukee hyvin työn aikana tehtyjä havaintoja järjestelmien puutteiden ja niiden kehittämistarpeiden osalta. On myös havaittu, että valmistuskäytäntöjen liittäminen strategiaan ei ole toteutunut kohdeyrityksen toiminnassa. Muutokset aikataulussa tuovat haasteita kapasiteetin hallintaan. Joustavuuden tavoittelun lisäksi asiakastilauksiin tulevat muutokset eli revisiot, osarikot tai osien saatavuushaasteet lisäävät myös priorisoinnin

tarpeita. Tehtaan osalta nämä tuovat haasteita erityisesti tuotannosuunnittelijoille sekä työnjohtajille, mutta niiden vaikutukset ovat huomattavasti monialaisempia.

Kova kilpailu tilausten voittamisesta on yksi oleellinen syy, jonka takia priorisoinneille muodostuu tarpeita. Tilaukset halutaan voittaa kovassa kilpailussa muita yrityksiä vastaan ja toimitusaika on erittäin oleellinen tekijä kilpailussa pärjäämisessä. Toimitusajat myydään asiakkaille tarpeen vaatiessa niin lyhyeksi kuin vain millään tavoin on kannattavaa. Vaikka tilaukset saadaan voitettua kohdeyritykselle niin, että laskennallisesti jäädään voitolle tilauksesta (tiedostaen tilauksen menevän myöhäiseksi), ei se silti tarkoita tällaisen toiminnan olevan strategisesti kannattavaa. On myös huomioitava yrityksen imagoon vaikuttavat tekijät, joihin ajallaan toimittamisella on suuri vaikutus. Tilausten oikeanaikaisen toimittamisen kannattavuutta ja niihin liittyviä haasteita sivutaan mm. Bushuevin (2018) artikkelissa.

Hirsto (2012) totesi ”Venttiilikokoonpanon tuotannosuunnitelma ja sen johtaminen”-kehitysprojehtin raportissa: ”Jos tietyt priorisoinnit hyväksytään, on ne lisättävä harkitusti tuotannosuunnitelmaan. Pääsääntönä voidaan pitää, että priorisointi ei saa häiritä työnjohtajan eikä tuotannosuunnittelijan päivärutiineja”. Tämä ei ole kuitenkaan toteutunut kohdeyrityksen toiminnassa kovinkaan hyvin. Ei ainakaan, jos vetoaa työnjohtajien ja tuotannosuunnittelijoiden kanssa käytyihin keskusteluihin tämän asian suhteen. Työnaikaiset havainnot tukevat myös heidän näkemyksiään. Työnjohtajien sekä tuotannosuunnittelijoiden työt keskeytyvät priorisointien sekä revisioiden aiheuttamien haasteiden takia monesti työpäivän aikana. Keskeytymisiä heidän työpäiväänsä aiheuttavat, mm. priorisoitavien tilausten tarkempi seurantatoiminta ja siihen liittyvä viestiminen.

Paras vaihtoehto työpistekohtaisten priorisointisäännöksiin suhteen kohdeyrityksellä olisi jonomenetelmän valinta. Jonomenetelmässä työt käsitellään järjestyksessä, jossa ne tulevat työpisteelle. Tässä viitataan Stevensonin (2009) sekä Krajewskin ja kumppaneiden (2007) priorisointisäännösten työpistekohtaiseen jaotteluun. Koko tuotantoa ohjaa-vasti työt järjestetään nykytilassa kiireellisyyteen perustuen, mutta ei kuitenkaan järjestelmällisesti. Normaalin prioriteettistatuksen omaavia töitä ei järjestellä nykytilassa.

Tuotannossa priorisointien vaikutus näkyy pitkälti työjonojen jatkuvana sekoittumisena sekä suurena määränä edestakaista viestintää monien eri henkilöiden välillä. Korkean prioriteetin omaavat työt otetaan työlle mahdollisimman nopeasti, ohittaen alhaisemman prioriteetin työt työjonossa. Hintana on tuotantojärjestyksen jatkuva sekoittuminen, jonka voidaan olettaa vähentävän tuotannon tehokkuutta (kuva 20).

Priorisoinnit nykytilanteessa



Priorisoinnit tulevaisuudessa, jos niitä koskevia säännöksiä ei muuteta



Priorisoinnit tulevaisuudessa, jos niitä koskevia päätöksiä parannellaan



Kuva 20. *Priorisointien vaikutus työjonoihin.*

Nykytilassa työt vapautetaan tuotantoon, eikä niitä määritellä esim. ”työ 1, työ 2..., työ x”-periaatteella. Ne ovat vain töitä, jotka halutaan saada valmiiksi. Priorisoinnit sijoittuvat työjonoon satunnaisesti. Priorisointien vuoksi töiden etenemisen seuranta on hankalampaa, sillä niillä on taipumus keskeyttää normaalin prioriteetin omaavien töiden eteneminen tuotannossa.

Priorisoinnit aiheuttaisivat tulevaisuudessa huomattavia haasteita suunnitellun tuotantojärjestyksen toteutumisessa, jos niitä koskevia sääntöjä ei paranneltaisi. Työt ovat esimerkiksi kuvassa (kuva 20) suunnitellussa työjärjestyksessä ”Työ 7,...,työ 11”, mutta priorisoituja töitä on sijoitettuna satunnaisesti tuotantoon. Työjärjestys ei ole tällöin optimaalinen ja yksityiskohtainen tuotannosuunnittelu olisi melko turhaa.

Priorisointien vaikutus tulevaisuudessa ei enää olisi oletettavasti kovinkaan negatiivinen, jos niiden suhteen sovitaan ajallinen sekä määrällinen raja. Tällöin tehtaalla olisi kyky suunnitella tuotantojärjestys siten, että se mahdollistaisi korkean ja tasaisen kuormitusasteen läpi tuotantoprosessin. Suunniteltua työjärjestystä voitaisiin noudattaa ilman, että priorisoinnit sekoittaisivat sitä jatkuvasti. Priorisoitavat työt voitaisiin tällöin asettaa suunnitelmallisesti työjonossa etusijalle, jos siihen nähtäisiin tarvetta. Pääasia on kuitenkin, että ne olisivat sisällytetty tuotannosuunnitelmaan aivan samalla tavalla kuin muut työt (eivätkä muodostaisi omaa työjonoaan, esiintyen satunnaisesti muiden töiden joukossa tuotannossa). Tähän liittyviä kehitysehdotuksia tarkastellaan myöhemmin kappaleessa 4.4.

3.3 Viestintä töiden etenemisestä nykytilassa

Viestintään tilausten seurannassa kuluu runsaasti aikaa nykytilassa. Tämän suhteen tehtävillä kehityksillä on suuri potentiaali tuottavan työn vapauttamiselle, jos kyselyihin osataan tulevaisuudessa antaa vastaukset kysyvän sijasta kertovalla periaatteella. Myöhään toimitettavien töiden määrä on yleisesti melko suuri ja ne aiheuttavat paljon kyselyitä.

Monesti tuotannonaikaisesta viestinnän tehostamisesta puhuttaessa on kuitenkin törmätty siihen, että sen merkitys ei olisi kovinkaan suuri. Sitä on perusteltu sillä, että valmistukseen kuluu vain pieni aika koko läpimenoajasta. Tämä ei kuitenkaan pidä täysin paikkaansa. Tosiasia on, että teoreettinen läpimenoaika tuotannossa on joskus vain jopa kymmenys koko tilauksen läpimenoajasta. Käytännössä se on kuitenkin usein hieman pidempi special- ja heavystreamien osalta. Tuotannon aikana kyselyiden määrä on myös usein huomattavasti intensiivisempää kuin silloin, kun osat eivät vielä ole saapuneet tehtaalle. Toisin sanoen, vaikka valmistus on vain pieni osa koko läpimenoajasta, asettuu suuri osa töiden etenemiseen liittyvistä kyselyistä tälle ajalle. Kyselyiden määrä ei siis korreloi täysin ajan kanssa. Se painottuu loppua kohden.

Tarve tehokkaammalle viestinnälle on nykytila-analyysin aikana kerättyihin tietoihin viitaten selkeä. Tästä lisää viestinnän kehityskohteita käsittelevässä kappaleessa 4.3 ”viestinnän kehitys”. Linjuan Menin ja Bowenin (2016) mukaan viestinnän rooli tuotannon tehokkuudessa on erittäin merkittävä. Linjuan Men ja Bowen (2016) ovat myös todenneet, että viestintä nimenomaan sidosryhmäläisille on tärkeää ja heidän saavuttamiseksi on hallittava suuri määrä erilaisia viestintäkanavia. Tämä tukee työn aikana tehtyjen viestintään liittyvien havaintojen tärkeyttä.

3.4 Viikkosuunnitelman toteuttaminen ja sen haasteet

Niin kuin jo aiemmin tekstissä on todettu, hienokuormituksen yksityiskohtaisessa suunnittelussa yksi suuri haaste kohdistuu kohdeyrityksen käytössä oleviin järjestelmiin. Järjestelmien kehittämisen lisäksi on sovittava käytännöt osastojen kesken, että kuinka töiden tuotantojärjestyksestä tulevaisuudessa päätetään. Yksi suuri haaste on päätös priorisoinneista ja niiden ajallisesta sekä määrällisestä rajauksesta.

Ydinryhmän palaverissa käytyihin keskusteluihin perustuen kapasiteetin hallinnassa on oleellista tarkastella, mm. työjonojen järjestystä sekä kuormitusryhmien käytettävissä olevia resursseja. Jopa pienillä työjärjestysten muutoksilla saattaa olla selkeästi kuormitusryhmien käyttöastetta laskeva vaikutus. Jokainen työ varaa tietyn määrän kapasiteettia työvaiheiden vaatimilta koneilta sekä osastoilta eli siis eri kuormitusryhmiltä. Ainoastaan suunnittelemalla tuotantoa kokonaisvaltaisesti ja suunnitelmaa noudattamalla, voidaan kapasiteetin käyttöaste pitää korkealla ja tasaisena.

Yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman noudattaminen ei nykyisellä tuotannossa esiintyvällä valinnanvapaudella voisi oletettavasti toimia. Yksi suuri huolenaihe tuotantosuunnitelman toteuttamisessa on ollut reworkista kokoonpanoon palautuvien töiden vaikutus tuotantoon sekä työjärjestykseen. Reworkissa ei aina tiedetä, että onko työ palautumassa streamiin vai korjataan työ reworkissa. Näitä töitä ei uudelleenajoiteta, vaan ne laitetaan hold-tilaan odottamaan tietoja. Reworkista palautuvat työt on myös syytä saada mahdollisimman nopeasti valmiiksi ja usein niillä on tästä johtuen tavallista korkeampi prioriteettistatus. Reworkista palautuvat työt ovat suurimmassa osassa tapauksia jo valmiiksi myöhässä, ennen kuin ne palaavat tuotantoon. Vaikka osien rikkoutumisista aiheutuvat myöhästymät ovat ikäviä tapauksia, ei reworkin töitä voida siltikään palauttaa tuotantoon ”nyt-heti”-periaatteella. Reworkista streameihin palautuvat työt olisi syytä palauttaa tuotantoon ensisijaiselle paikalle, johon ne on mahdollista asettaa, mutta suunnitellusti. Tähän saadaan tulevaisuudessa apua reworkin tuotannosuunnittelijalta.

Reworkin työnjohtajan ja tuotannosuunnittelijan kanssa käytyihin keskusteluihin perustuen, suurimmat haasteet reworkin tuotannosuunnittelussa ovat suuri vaihtelevuus töiden sisältämien epäkohtien osalta. Toinen erittäin paljon haasteita aiheuttava tekijä on oleellisen tiedon kerääminen suunnitelman tekemiseksi. Reworkissa oleville töille voidaan tulevaisuudessa tehdä karkeampaa jakoa eri luokkiin, etsimällä siellä oleville töille toisiaan vastaavia käytösmalleja. Näiden perusteella töiden valmistumista voidaan paremmin ennustaa. Tämä ehdotus perustuu reworkin tuotannosuunnittelijan kanssa käytyyn keskusteluun.

Nykytilassa reworkiin menevien venttiileiden (jotka eivät tarvitse uusia osto-osia) läpimenoaika tuotannossa pidennetään kahdella viikolla ja yhdistelmien (jotka eivät tarvitse uusia osto-osia) läpimenoaika yhdellä viikolla. Tämä on järjestelmällinen tapa uudelleenajoittaa reworkiin joutuvia töitä heidän toimestaan. Tapauksissa, joissa työt vaativat uusien osien hankintaa, läpimenoajat lasketaan seuraavasti:

- Osto-osien läpimenoaika + 2-3 päivää vastaanotossa + 2 viikkoa kokoonpanoa venttiilin kohdalla/1 viikko kokoonpanoa yhdistelmän kohdalla.

Jotta rework saadaan mukaan viikkosuunnitelman toteuttamiseen, on sovittava säännöksistä, jotka oikeuttavat reworkin toimia suunnitelmallisesti. Tieto revisioista sekä priorisoinneista tulee saapua reworkin tietoon ennalta määrättyyn ajankohtaan mennessä. Tämä voisi olla heidän kanssaan käymiin keskusteluihin perustuen, kuluvan viikon keskiviikkoon mennessä. Tällöin heille jäisi aikaa järjestää työnsä ja ilmoittaa niistä streamien tuotannosuunnittelijoille kuluvan viikon torstaihin mennessä. Keskiviikon jälkeen tulevat priorisointipyyntö, jotka koskevat reworkissa olevia töitä, olisi mahdollista sisällyttää

vasta tulevan viikon jälkeiselle ajanjaksolle. Rework on yksi haastavimmista alueista tehtaalla sekä suunnittelun että valmistuksen osalta. Tämän vuoksi olisi perusteltua antaa heille heidän tarvitsemansa aika tuotannosuunnitteluun.

Reworkin tuotannosuunnittelijan ja työnjohtajan kanssa käytyihin keskusteluihin perustuen, reworkin ja streamien välinen puskurivarasto voisi auttaa hallitsemaan töiden palautumista streameihin suunnitelmallisesti. Tämä voidaan nähdä (työn aikaisiin havaintoihin perustuen) suunnitelmallista toimintaa ylläpitävänä ratkaisuna.

4 KEHITYSEHDOTUKSET JA TOIMINNAN PARANTAMINEN

”Päätettävät asiat ovat usein hyvin moniulotteisia. Tuolloin on arvokasta, jos pystyy näkemään asiat käsitteellisesti ja kokonaisvaltaisesti”. (Alahuhta 2015)

Tässä kappaleessa käsitellään työn aikana syntyneitä kehitysehdotuksia sekä työn aikana syntyneitä, mutta vielä kehityksen alla olevia kehityshankkeita. Mitä laajemmalla otannalla tehtaalla ja projektiyksikössä työskenteleviä henkilöitä haastateltiin sekä mitä kokonaisvaltaisemmin erinäisiä haasteita tarkasteltiin, sitä parempiin ja syvällisempiin päätelmiin työn aikana lopulta päästiin. Kehittämisen lähtökohtana oli pidempiaikaisten hyötyjen saavuttaminen. Työssä ei ollut missään nimessä tavoitteena niin sanotusti ”sammuttaa tulipaloja”. Tarkoituksena oli saada aikaan rakenteellista kehitystä sekä yrityksen toimintaan positiivisesti vaikuttavia kehitysehdotuksia, jotka tukevat yrityksen strategiaa sekä kestäväen toiminnan periaatteita. Tämä vaati päätöksiä ja tulevaisuuden linjausten tekemisiä tuotannossa, mutta myös sen tukitoimissa.

Kehityskohteita suunniteltaessa oli tärkeää löytää kaikista oleellisimmat asiat sekä keskittyä niihin, mutta kuitenkin huomioida asioita myös laajemmalla näkemyksellä, haittojen minimoimiseksi. Tämä edellyttää strategisessa työskentelyssä kykyä ja rohkeutta toteuttaa tietoisia valintoja eri vaihtoehtojen välillä. Näitä kohdattiin erityisesti järjestelmien kehityksen yhteydessä. Kehityshankkeiden osalta oli myös kyettävä usein sanomaan ei, monille hyvältä kuulostaville ajatuksille. Onnistunut strateginen kehitys tarvitsee tukeen kyvykkyyttä, halua sekä rohkeutta priorisoida asioita erittäin pitkälle, niin kuin Santalainen (2008) myös teoksessaan totesi.

Järjestelmien kehityshankkeet veivät oletetusti paljon aikaa. Niihin on käytetty suuri osa projektin kehityshankkeisiin käytetystä ajasta. Järjestelmiä koskevat kehitysprojektit ovat vaihtelevissa määrin keskeneräisiä eli käyttöönottoa ei niiden osalta olla vielä suoritettu. Järjestelmien valmistumisesta tuskin voidaan koskaan puhua, sillä ne ovat luonteeltaan jatkuvasti muuttuvia. Käyttöönotto tämän työn aikana aloitettujen järjestelmien kehityshankkeiden osalta tapahtuu ennustetusti kesällä 2019.

Kun töitä tehdään tulevaisuudessa tuotannonsuunnittelijoiden laatiman järjestyksen perusteella, voidaan tuotannon seurattavuuden olettaa selkeytyvän huomattavasti nykyisestä. Tämän vuoksi tuotannonsuunnittelijoiden käytössä olevia työkaluja on kehitetty projektin yhteydessä huomattavasti. Lisäksi kehitteillä on ratkaisuja, joiden avulla heidän aikaansa saadaan kohdistettua enemmän yksityiskohtaiseen suunnittelutyöhön. Tavoitteena on saada tasattua eri kuormitusryhmien käytettävissä olevaa kapasiteettia optima-

lisellä tavalla. Optimaalinen tapa käyttää kapasiteettia kohdeyrityksen tuotannossa on vähemmän yllättäen korkea ja tasainen käyttöaste. Järjestelmiin ja tuotantoon liittyvät hankkeet sekä kehitysehdotukset ovat suurpiirteisesti:

- Automaattisen päivitysominaisuuden lisääminen MES-järjestelmään.
- Hienosuunnittelutyökalun (Manu) hankinta (ERP-järjestelmän apuohjelma).
- ”M3 supply chain follow-up”-raportin sisällön muokkaaminen.
- Kokoonpanon varastopuskureiden muutokset.
- Ohjeet viikoittaisen tuotantosuunnitelman tekemiselle, sisältäen säännöt priorisoineille sekä reworkin tuotantosuunnitelman tekemiselle.
- Tuotannonohjauksen säännösten muutokset.

4.1 Hienokuormituksen suunnittelu ja viikkosuunnitelman toteuttaminen tuotannossa

Yksi hienosuunnitteluprojektin pääasiallisista tavoitteista ja ehkä myös se kaikista tärkein tavoite oli viikoittaisen tuotantosuunnitelman toteuttaminen. Sen alle kuitenkin kätkeytyy huomattava määrä erilaisia osakokonaisuuksia, jotka on saatava toimimaan yhdessä. Kaiken perusteena on saada lukittua käytettävissä olevaa kapasiteettia lähitulevaisuudesta, optimaaliseksi katsotulle aikajaksolle. Käytettävissä olevaa kapasiteettia suunniteltaessa on myös otettava huomioon, että mitä töitä kukin kokoonpanija on oikeasti kykeneväinen tekemään tuotannossa. Tästä ongelmasta voidaan tosin päästä eroon moniosaamisen kehittämällä.

Kohdeyrityksellä yksityiskohtaisemman tuotantosuunnitelman optimaalinen aikajakso on tällä hetkellä määritelty yhden viikon mittaiseksi. Aikajakso riippuu täysin tuotantotyypistä, kuten myös Giret ym. (2015) ovat julkaisussaan tuoneet esille. Kompleksinen tuotanto vaatii toimiakseen lyhyemmän suunnitellun aikajakson kuin täysin standardoitu tuotanto. Ehdotus viikon aikajakson valinnasta perustuu vapautettavissa olevien töiden määrään, tuotantotyyppiin sekä kuormituksen vaihteluihin. Kyseisestä asiasta on keskusteltu tuotannosuunnitteluosaston sisäisesti sekä työnjohtajien kanssa. Kapasiteetin lukitsemisesta huolimatta voidaan kuitenkin puhua rullaavasta suunnittelusta, sillä muutoksia tulee oletettavasti tapahtumaan tulevan viikon aikana.

Hienosuunnittelun haasteiksi Haverila ym. (2009) nimittivät julkaisussaan, mm. pitkät asetajat, pullonkaulakohdat, ajoitukset, valmistuksen ohjattavuuden sekä tiedonsiirron. Kanyalkarin ja Adilin mukaan (2007) yksityiskohtaisten suunnitelman toteuttamista tärkeämpää on kuitenkin se, että osataan kohdistaa huomiota arvoa tuottavaan työhön. Nämä asiat on syytä sisäistää myös kohdeyrityksessä, kun yksityiskohtaista suunnitelmaa aletaan toteuttamaan.

4.1.1 Tuotannonsuunnittelijat osana yksityiskohtaisen viikkosuunnitelman tekemistä

Ehdotuksena on, että tuotannonsuunnittelijat tai ainakin osa heistä keskittyy tulevaisuudessa pääosin tuotannon hienokuormituksen suunnitteluun (tulevan viikon aikajaksolle) sekä sen seurantaan. Tämän työn yhteydessä on aloitettu kehitystoimenpiteitä sopivien puitteiden luomiselle hienosuunnittelua varten. Nämä kehityshankkeet liittyvät järjestelmiin, jotka nopeuttavat suunnittelutyötä sekä raportointiin, joka vapauttaa henkilöstön aikaa arvoa tuottavaan työhön. Raportoinnin kehityksen tavoitteena on vapauttaa tuotannonsuunnittelijoiden aikaa suunnittelutyölle ja työnjohtajien aikaa työnjohtamiseen. (Tarkemmin kappaleissa 4.2 ja 4.3) Kaikkien kehityskohteiden periaatteellinen tavoite on tuottaa pitkäaikaista hyötyä tuotantotoimintaan. Työssä kehitetään siis pääosin asioita, joita voidaan edelleen kehittää ja niistä saatavan hyödyn voidaan olettaa kasvavan vuosi vuodelta tiettyyn pisteeseen asti.

Tuotannonsuunnittelijat saavat tulevaisuudessa impulssin viikoittaisen tuotantosuunnitelman tekemiseen reworkin tuotannonsuunnittelijalta (reworkin tuotantosuunnitelma) sekä projektiyksiköltä (priorisoinnit sekä revisiointi). Tiedot osapuutteista he tulevat saamaan ERP-järjestelmästä, Rapid Responseen ”tarjoamana”. Nämä voidaan paikantaa suhteellisen nopeasti ERP-järjestelmän aputyökalun (Manu) avulla. Viikoittaisen tuotantosuunnitelman tekeminen ei käynnisty streamien osalta ennen kuin:

- Projektiyksikkö sekä myynti tiedottavat streamien tuotannonsuunnittelijoita (kuluvaan viikon torstaihin mennessä) sekä reworkin tuotannonsuunnittelijaa (kuluvaan viikon keskiviikkoon mennessä) priorisoitavista sekä revisioitavista töistä. (Tarkemmin kappaleessa 4.4)
- Reworkin tuotannonsuunnittelija tiedottaa streamien tuotannonsuunnittelijoille tulevan viikon tuotantosuunnitelmansa. Tämä tulee tapahtua kuluvaan viikon torstaihin mennessä. Streamien tuotannonsuunnittelijat sisällyttävät reworkista tuotantoon palautuvat työt viikoittaisen tuotantosuunnitelmaansa. (Tarkemmin kappaleessa 4.4)
- Töitä ei vapauteta tuotantoon, ennen kuin kaikki työhön sisältyvät osat ovat saatavilla.

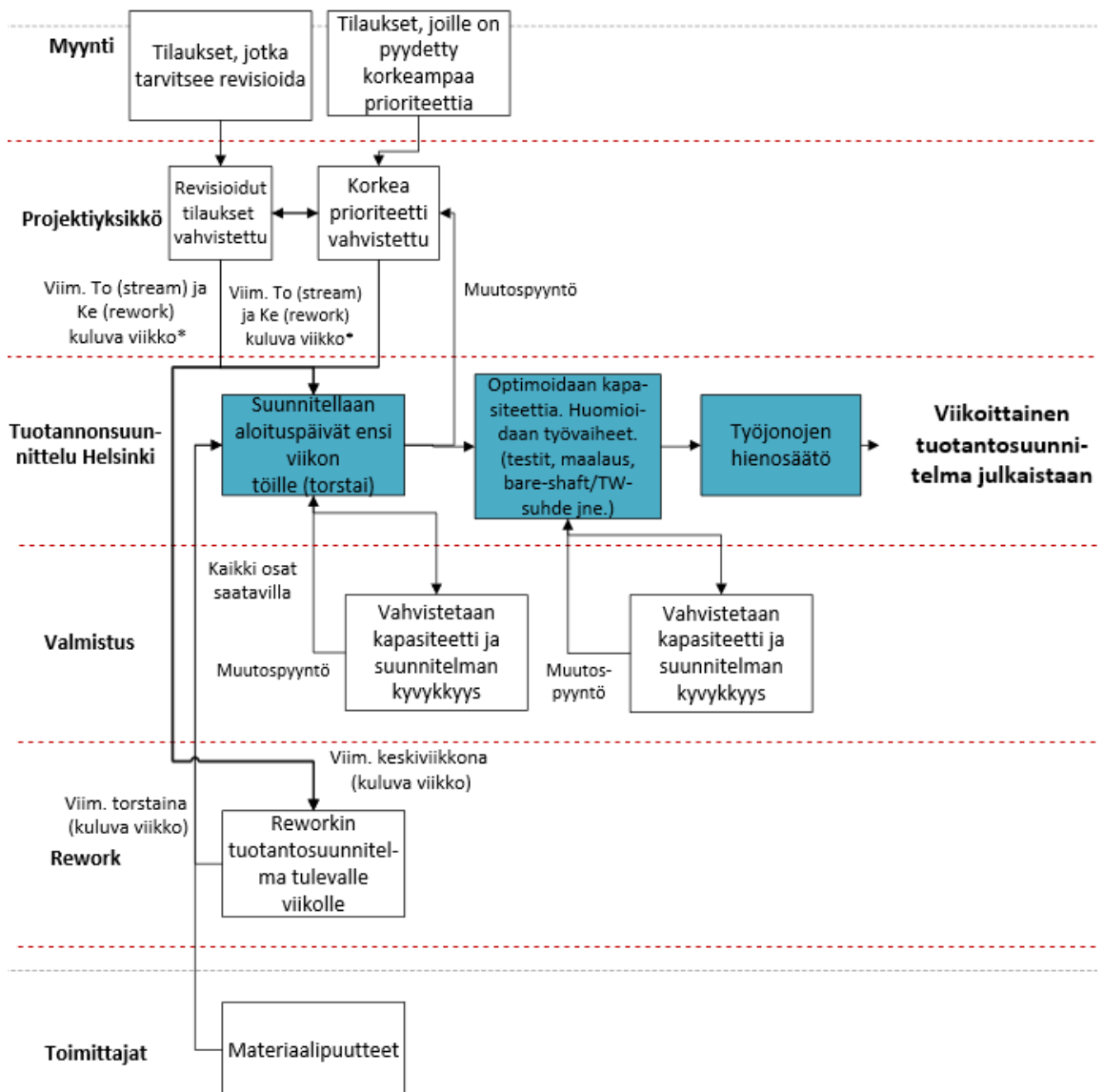
Yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman tekemisellä on positiivinen vaikutus tuotannon-aikaisiin työjonojen vaihteluihin. Se toimii perusteena monelle muulle toimenpiteelle, joita ei voitaisi harkita vietävän tuotantoon ilman yksityiskohtaista tuotantosuunnitelmaa. Näitä ovat, mm. läpivirtauksella toimivat varastopuskurit sekä työntöohjautuva keräilyprosessi. Tämän lisäksi tuotantoa voidaan tulevaisuudessa alkaa seurata aivan uudella mittareilla. Näistä lisää myöhemmin kappaleessa 4.1.4. Joon ja Xirouchakisen (2014) mukaan yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman toteuttamisella voidaan nähdä olevan myös kustannuksia laskeva vaikutus.

Yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman toteuttamiseksi on aloitettu kehityshankkeita, jotka vapauttavat tuotannonsuunnittelijoiden aikaa suunnittelutyöhön ja nopeuttavat sen

tekemistä (mm. raportointimuutokset, MES-järjestelmän kehitys). Nämä kehityshankkeet mukailevat myös lean- sekä agiletoiminnan periaatteita, kuten Clark ym. (2013) sekä Sayer ja Williams (2007) julkaisuissaan totesivat. Tämän lisäksi on myös lisätty tietoisuutta asioista, jotka aiheuttavat tuotannaikaista työjärjestysten vaihtelevuutta.

4.1.2 Yksityiskohtaisen suunnitelman toteuttaminen ja siihen tarvittavat tiedot

Viikoittaista tuotantosuunnitelmaa mukailevassa kuvassa (kuva 21) käy ilmi, että kuinka eri osastot osallistuvat tuotannon viikkosuunnitelman tekemiseen. Kokoonpanon streamien viikkosuunnitelma tehdään lopullisesti streamien tuotannosuunnittelijoiden toimesta. Reworkin tuotannosuunnittelija osallistuu myös streamien viikoittaisen tuotantosuunnitelman tekemiseen, ilmoittamalla reworkista streameihin palautuvat työt streamien tuotannosuunnittelijoille. Tämän lisäksi hän myös suunnittelee reworkin tulevan viikon työt.



Kuva 21. Viikoittainen tuotantosuunnitelma.

Kuten Mauergauz (2016) totesi teoksessaan, rajoitteiden teoria esittää, että kokonaisen tuotantojärjestelmän suunnittelu tulee aloittaa pullonkaulakohtien suunnittelulla. Tämä olisi työnaikaisiin havaintoihin perustuen täysin toimiva tapa kohdeyrityksen tuotannossa. Näin pullonkaulakohtien käytettävissä olevasta kapasiteetista saataisiin irti mahdollisimman paljon, eikä kokonaistuottavuus rajoitu toistuvasti niiden laskiessa tuottavuuden tasoa kokonaisvaltaisesti. Myös Tangin (2019) julkaisu tukee tätä toimintatapaa. Yksityiskohtainen viikoittainen tuotantosuunnitelma tehdään seuraavanlaisesti:

- 1) Ensimmäiseksi tuotannosuunnittelijat valitsevat työt, jotka on määrä valmistaa tulevalla viikolla. He myös poistavat suunnitelmasta sellaiset työt, joita ei ole normaalin läpimenoajan sisällä mahdollista valmistaa, esimerkiksi osapuutteiden tai laatupoikkeamien takia. Tämä tapahtuu streamkohtaisesti. Tässä kohtaa heillä on tieto reworkin viikoittaisesta tuotantosuunnitelmasta, asiakastilausten priorisoinneista sekä revisioista. Muut, töitä koskevat tiedot, saadaan ERP-järjestelmästä (pms230).
 - Ensisijaisesti tuotantosuunnitelma laaditaan oman kuormitusryhmän kapasiteetin mukaan. Jos kapasiteettia on enemmän kuin töitä, voidaan omaa kapasiteettia tarjota muiden kuormitusryhmien tukemiseen. Jos kapasiteettia on taas liian vähän suhteessa kuormaan, voidaan oman kuormitusryhmän töitä koittaa jakaa muille kuormitusryhmille. Jos osaston kokonaiskapasiteettia ei ole riittävästi, voidaan sitä kasvattaa mm. ylitöiden tekemisellä, kuten Hirsto (2012) työssään totesi.
 - Tuotannosuunnittelijat voisivat kokoontua yhteen, viikoittain järjestettävässä palaverissa, jossa he tarkastelisivat tuotantosuunnitelman tekemistä yhdessä.

- 2) Toinen askel viikoittaisen tuotantosuunnitelman tekemisessä on aloituspäivämäärien asettaminen. (Tämä tapahtuu Manun avulla, kun se otetaan käyttöön) Näiden suunnitteluvaiheiden yhteydessä käytössä oleva kapasiteetti varmistetaan tuotannolta. Jos kapasiteettia ei ole saatavilla oletetusti, lähettää tuotanto korjauspyynnön viikkosuunnitelman tekijälle eli kyseisen streamin tuotannosuunnittelijalle.
 - Viikoittaisen tuotantosuunnitelman tekemisessä kannattaa keskittyä pullonkaulakohtien suunnitteluun. Vollman ja kumppanit (2005) sekä Tang (2019) että Mauergauz (2016) totesivat julkaisussaan, että kun avain- ja pullonkaulakohtien kuormitusryhmille saadaan luotua pätevä suunnitelma, voidaan olettaa tuotantokapasiteetin riittävän myös muissa kuormitusryhmissä.

- 3) Kolmanneksi tuotannosuunnittelijat optimoivat kapasiteetin käyttöä. Työt sisältävät huomattavan määrän erilaisia työvaiheita (maalaukset, testit jne.). Optimoinnin avulla voidaan minimoida eri kuormitusryhmien odotusaikaa sekä parantaa tuotannon sujuvuutta. Tässä on myös huomioitava, että säilytetään, mm. maalaamattomien ja maalattujen venttiilien sekä venttiilien ("bareshaft") ja yhdistelmien suhteet optimaalisina.

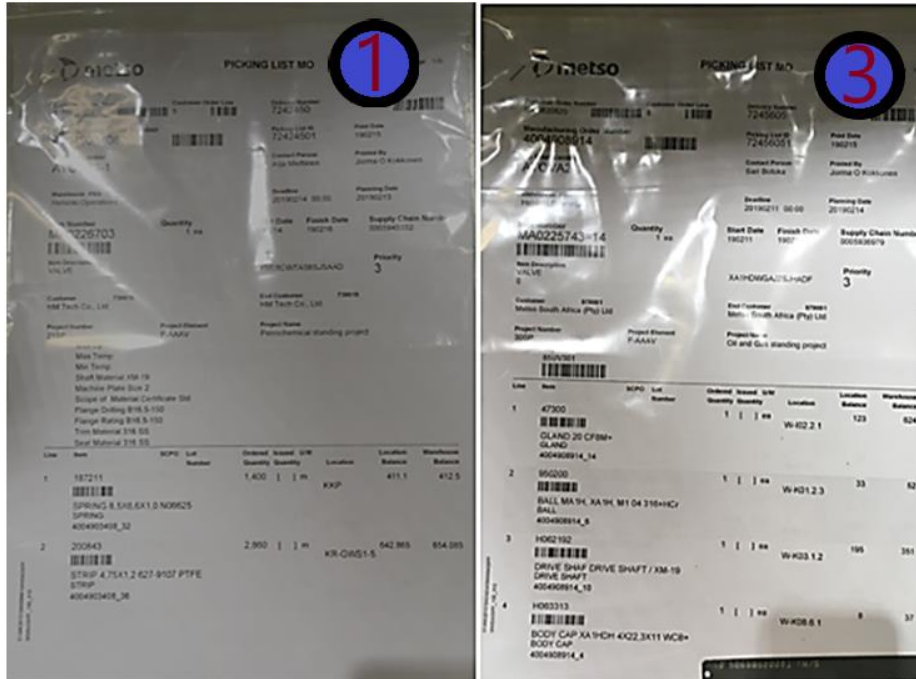
- Niin kuin Willersrud (2013) ja Antoniou ym. (2007) totesivat, ei kaikkia asioita useinkaan voida ennustaa, joten muutosten mahdollisuus ennusteisiin on suuri. Toiminnanohjauksen tuleekin tarjota tuotannosuunnittelijoille heidän päätöksistään tukevaa tietoa vallitsevista olosuhteista. On siis myös otettava huomioon päätöksentekijän omaa subjektiivista harkintakykyä.
- 4) Optimoinnin jälkeen työjonoihin tehdään vielä tarvittaessa lopullisia pieniä muutoksia, jonka jälkeen viikoittainen tuotantosuunnitelma julkaistaan. Käytettävissä oleva kapasiteetti oletettavasti muokkautuu mm. poissaolojen tai konerikkojen takia, joten viikoittaiseen tuotantosuunnitelmaan joudutaan myös tekemään usein pienimuotoisia muutoksia tulevan viikon aikana. Yksityiskohtainen suunnittelu on siis käytännössä rullaavaa suunnittelua.
- Kuten mm. Kanyalkar ja Adil (2007) totesivat, poikkeustilanteet (esim. konerikot tai työntekijöiden äkilliset poissaolot) vaikuttavat vahvasti suunnitelman toteutumiseen. Tämä on oletettavaa myös kohdeyrityksen tuotannossa.
- 5) Tarkastellaan menneen viikon tuotantosuunnitelman toteutumista ja niissä esiintyviä epäkohtia yhteisesti. Tarkastelu voisi tapahtua siihen tarkoitettuun palaverissa tuotannosuunnittelijoiden sekä työnjohtajan kanssa kerran viikossa. Näin saadaan selville arvokasta tietoa, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa.

4.1.3 Yksityiskohtaisen suunnitelman noudattaminen tuotannossa

Yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman toteuttaminen vaatii uusien sääntöjen ja käytäntöjen luomista tehtaalle, aina tuotannon yksityiskohtaisesta suunnittelusta pakkaamoon tai asiakastarkastukseen asti. Näistä on keskusteltu logistiikkapäällikön, logistiikan työnjohtajan sekä entisen logistiikan työnjohtajan kanssa, joka kuuluu myös projektin ydinryhmään. Säännökset ovat seuraavanlaisia:

- 1) Tuotannosuunnittelijoiden alkaessa tehdä hienosuunnittelua, keräyslistat tulostetaan heidän laatimansa työjärjestyksen perusteella. Tulostus tapahtuu edelleen varastonhoitajien toimesta. Työjärjestyksiä ylläpidetään eri streamien sisäisesti, mutta ei niiden välillä. Jokaisella streamilla on siis omat, toisistaan riippumattomat työjononsa.
- 2) Varastonhoitajat vievät keräilylistat niin sanottuun ”lokeroon”, joka sijaitsee pienosahyllyjen välittömässä läheisyydessä. Työkorttien muovitaskuun kiinnitetään tarralapuilla numerot, jotka ilmaisevat suunniteltua tuotantojärjestystä. Eri päiville suunnitelluilla töillä voisi olla eriväriset tarrat. Tämä estää sekaantumista työjärjestyksessä, kun mahdolliset epäkohdat huomataan varmemmin.

- 3) Keräilijät hakevat keräyslistat (kuva 22) lokerosta ja suorittavat osien keräilyn niiden perusteella. Osat keräillään tuotannosuunnittelijoiden luoman järjestyksen mukaisesti. Kerätään jokaiseen streamiin menevistä töistä pienimmän numeron (numerotarra) omaavan työkortin osat aina ensimmäiseksi.

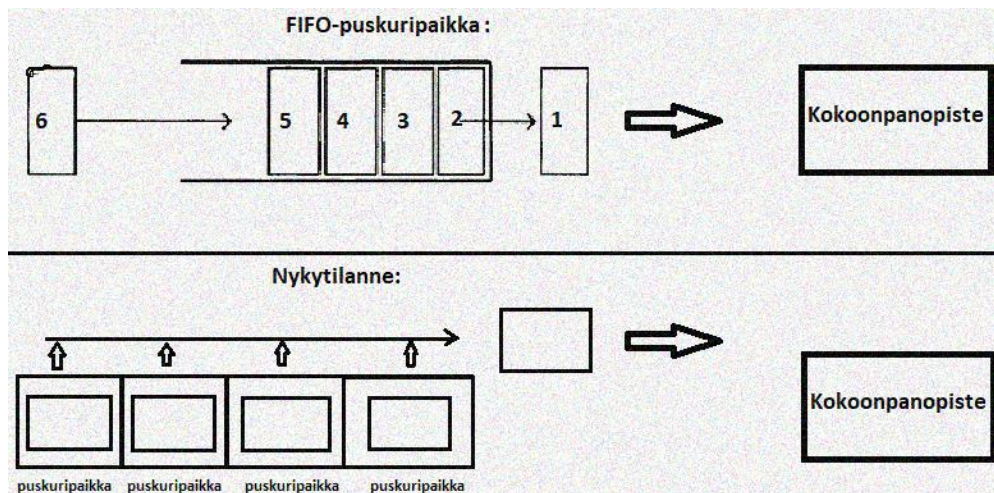


Kuva 22. Keräyslistat, joissa on numeroitu tarra.

- Keräily alkaa Logimatissa olevien osien ja muiden pienosien keräilyllä. Logimatissa sekä sen vieressä sijaitsevat pienosat kerätään laatikkoon rullakon sisälle. Valmis pienosien keräys antaa impulssin isojen osien keräilylle. (Kuva 11. Pienosat odottamassa isojen osien keräilijää)
 - Isojen osien keräilyä suorittava henkilö käy hakemassa rullakosta seuraavaksi pienimmän numeron omaavan työkortin sisältävän laatikon (joka sisältää pienosat) ja lähtee suorittamaan isojen osien keräilyä sen perusteella. Pienosat kerätään totutusti isojen osien kanssa samalle lavalle.
- 4) Lava (joka sisältää pienet ja isot osat) viedään keräilyn puskuriin. Keräilyn puskuri-paikat voivat säilyä muutosten yhteydessä nykytilassaan.
- Niiden tueksi täytyy noudattaa suunnitelmallista (työntöohjautuvaa) keräilyprosessia. Puskureihin voidaan kerätä töitä heti, kun tilaa sieltä vapautuu, mutta suunnitellussa järjestyksessä. Myös Haverila ym. (2009) totesivat teoksessaan, että imuohjausta on vaivattominta käyttää materiaalivirroissa tai materiaalivirran osissa, joissa tarpeet ovat suhteellisen tasaisia sekä täydennykset nopeita. Imuohjautuva toiminta on haastavampaa kohdeyrityksen tuotannossa, sillä tarpeet eivät

ole useinkaan tasaisia. Kohdeyrityksen tuotantoon (suunnitelmaa noudattaessa) työntöohjautuva keräily soveltuu paremmin. Työntöohjaus soveltuu Haverilan ym. (2009) mukaan tuotantoon, jossa jokaisen tuotantovaiheen toiminnot perustuvat ennalta määriteltyyn suunnitelmaan. Työntöohjautuvassa tuotannossa työt vapautetaan siis etukäteen määritellyn tuotantosuunnitelman mukaisesti. Tähän kohdeyrityksen tuotannossa myös pyritään.

- 5) Keräilyn puskureista töiden osat sisältävät lavat haetaan kokoonpanopisteillä sijaitseviin puskureihin. Tämä tulee tapahtua suunnitellussa järjestyksessä.
- Impulssi lavojen toimitukselle kokoonpanoon saadaan edelleen tilan vapautumisesta kokoonpanon varastopuskuripaikoilta. Taustalla on kuitenkin oltava työntöohjautuva prosessi.
- 6) Työt otetaan kokoonpanossa työlle suunnitelmallisesti. Puskurivarastojen on syytä tukea tulevaisuudessa työjärjestyksen ylläpitämistä (kuva 23 ja 24). Ehdotuksena on, että ne toimivat tulevaisuudessa läpivirtauksella (lisää kappaleessa 4.1.6).



Kuva 23. Kokoonpanon puskuripaikat.

- Tuotantosuunnitelmaa työnnetään täten läpi tuotannon kriittisten vaiheiden ja tuotannosuunnittelijoiden tarkkaan suunnittelema työjärjestys säilyy läpi koko tuotantoprosessin. Tästä aiheutuvia haasteita (kuten joustavuuden laskeminen) hallitaan työntekijöiden kouluttamisella sekä tuotannaikaisen valvonnan lisäämisellä. Työntekijöiden kouluttamisella on usein myös todettu olevan positiivisesti työntekijöiden asenteisiin vaikuttavia tekijöitä, kuten Lee ja Bruvold (2003) julkaisussaan totesivat. Tämänkaltaisen toimintatapa todennäköisesti vähentää myös informaatioliikenteen sekä fyysisen liikenteen (esim. ”onkohan puskurissa tilaa seuraavalle työlle” tarkastelua) tarvetta keräilyn ja kokoonpanon osalta.

- Kappaleessa 2.3.5 esitetyn PIED-mallin mukaisesti työntekijöiden kouluttaminen työtehtäviinsä sopiviksi myös sitouttaa heitä syvällisemmin osaksi yritystä. Heidän aikomuksensa vaihtaa työtehtäviä siis laskee, kuten Lee ja Bruvold (2003) esittivät.

4.1.4 Odotettavissa olevat hyödyt

Tuotantoprosessin kehittäminen on kohdeyrityksen kilpailukyvyn kannalta erittäin oleellista ja tärkeää. Hyötyjä tässä kappaleessa mainituista kehitysehdotuksista ovat ainakin seuraavat asiat:

- Tuotannossa olevien töiden etenemisen suunniteltavuus sekä seurattavuus paranee. Työsuunnitelmat siis toteutuvat todennäköisemmin ja viestintä niiden statuksista on helpompaa. Syyt töissä esiintyvälle epäkohdille sekä niiden vaikutuksille voidaan osoittaa helpommin. Mm. osien toimitukseen liittyvät haasteet ja niiden aiheuttamat ongelmat tuotannossa voidaan paremmin tunnistaa. Täten toimittajia voidaan informoida paremmin siitä, että millaisia ongelmia toimituksen epäkohdat kohdeyritykselle aiheuttavat. Tätä tukevat myös Holwegin ja kumppaneiden (2018) sekä Krajewskin ja kumppaneiden (2007) näkemykset toimitusketjun hallinnan haasteista.
- Kapasiteetin käyttöaste nousee ja tasaantuu, kun suunnitelmallisuuden avulla voidaan optimoida kriittisten kuormitusryhmien käyttöastetta. Kun työjärjestystä ei suunnitella, ei voida myöskään olettaa saavuttavan mahdollisimman korkeaa käyttöastetta ja toisin päin, kuten mm. Haverila ja kumppanit (2009) totesivat.
- Läpimenoajat lyhenevät työkortin tulostuksesta pakkaamoon, kun työt eivät keskeydy jatkuvien työjonojen muutosten seurauksena. Tuotantovirta tulee myös olemaan selkeämpi.
- Asetusajat ja -kustannukset laskevat sekä toimitusvarmuus tulee kasvamaan, viitaten Joon ja Xirouchakisen (2014) julkaisuun, jossa käsiteltiin yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman hyötyjä.
- Aikaa vapautuu enemmän arvoa tuottavaan työhön. Jatkuva töiden priorisoiminen ja revisiointi kehittyy järjestelmällisemmäksi ja säännöstellyksi toiminnaksi. Niiden negatiiviset vaikutukset tuotannonsuunnittelijoiden ja työnjohtajien työhön vähentyvät suunnitelmallisen toiminnan seurauksena.
- Mielivaltaisen valinnaisuuden poistuessa tai vähentyessä radikaalisti valmistusprosessissa, moniosaaminen oletettavasti kasvaa. Suunnitelmallista ja järjestäytyntä toimintaa voidaan ja sitä myös täytyy kehittää jatkuvasti. Spekulointi töiden valinnan suhteen poistuu.
- Luodaan kehitettävissä oleva toimintatapa. Kehittäminen voi tapahtua mahdollisesti jopa uusien mittaustapojen avulla. Voidaan, esim. mitata työjärjestyksen muutoksiin liittyviä ilmiöitä, kuten ”suunnitellun työjärjestyksen toteutuvuus tuotantoprosessin aikana”.

4.1.5 Suunnitellun työjärjestyksen toteutuvuuden mittaaminen

Mitataan, että kuinka hyvin suunniteltujen työjärjestysten toteutus on onnistunut tuotannossa. Kun osataan kertoa, että kuinka suunniteltu työjärjestys toteutuu tuotannossa, voidaan työjonojen hallinnan tärkeydestä tehdä faktaperäisiä päätelmiä. Jos niiden toteutumista ei seurata, ei niiden hyödyistä tai mahdollisista haitoista voida myöskään muodostaa perusteellisia päätelmiä. Mittaustuloksia voitaisiin esimerkiksi laskea vertaamalla suunniteltua työjärjestystä toteutuneeseen työjärjestykseen. Tämä voi tapahtua painottamattomasti tai painotetusti.

Suunniteltu työjärjestys on: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j.

Toteutunut työjärjestys on : a, d, c, b, e, f, g, i, h, j.

- Kun työjärjestyksen toteutumista arvioidaan painottamatta etäisyyksiä, jokainen virheellinen sijainti laskee toteutuvuutta ”1- Yhden työn osuus järjestyksessä olevien töiden kokonaismäärästä”. Esimerkissä on 10 työtä, joista neljää työtä ei tehty suunnitellun järjestyksen mukaisesti. Tuotantosuunnitelman toteutuvuus on tällöin:

$$\blacksquare 1-(0-0.1-0-0.1-0-0-0.1-0.1-0)=0.60$$

Painottamaton suunnitelman toteutuvuus (toteutunut työjärjestys) = 60 %

- Painotetussa suunnitelman toteutuvuuden laskennassa otetaan huomioon töiden toteutuneen järjestysnumeron etäisyys suunniteltuun järjestysnumeroon. Esimerkissä on suunniteltu 10 työtä tietyssä järjestyksessä (ei vastaa määrällisesti todellisuutta kohdeyrityksen tuotannossa). Kun työt on tehty työjonossa sille kuulumattomalla järjestyksellä, lasketaan painoarvo tällöin työlle seuraavasti: $1 - (\text{”Yhden työn osuus järjestyksessä olevien töiden kokonaismäärästä”} \times \text{”1 + työn etäisyys suunnitellusta sijainnista työjonossa, suhteutettuna jonon kokonaispituuteen”)} / \text{”1 + yhden työn osuus järjestyksessä olevien töiden kokonaismäärästä”}$). Toteutunut työjärjestys lasketaan esimerkkitapauksesta seuraavasti:

$$\blacksquare 1-(0+(0.1 \times 1.2/1.1)+0+(0.1 \times 1.2/1.1)+0+0+(0.1 \times 1.1/1.1)+(0.1 \times 1.1/1.1)+0)=0.58$$

Painotettu suunnitelman toteutuvuus (toteutunut työjärjestys) = 58 %

4.1.6 Kokoonpanon puskurivarastot

Yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman toteuttamisen tueksi kokoonpanon puskuireille on ehdotettu tehtävän parannuksia. Tarkoituksena on säilyttää tuotannonsuunnittelijoiden luoma työjärjestys läpi koko tuotantoprosessin. Tämä voitaisiin toteuttaa läpivirtausperiaatteilla toimivien puskurivarastojen avulla. Työnaikaisia havaintoja vahvistavana teki-

jänä (tuotantojärjestyksen ylläpitämisestä) voidaan viitata Holweg ym. (2018) sekä Krajewski ym. (2007) julkaisuihin, joissa kerrotaan töiden oikea-aikaisen valmistumisen hyödyistä (kuten resurssien suunnittelun paraneminen).

Ohjausryhmän palavereissa on tuotu esille, että vaikka puskuripaikat muutettaisiin toimimaan läpivirtausperiaatteella (kuva 24), voidaan työjonojen järjestystä muokata tuotannon työntekijöiden keskuudessa siitä huolimatta. Tämä on täysin totta, mutta tällöin haasteet osuvat johtamispuolen epäkohtiin, joiden suhteen tarvitsee myös muutosten yhteydessä sopia uusia säännöksiä.



Kuva 24. *Kokoonpanon varastopuskuri ehdotus. Specialstream.*

Hyvänä esimerkkinä sääntöjen noudattamisessa voidaan nostaa esille lähes jokaiselle henkilölle tutut liikennesäännöt. Liikenteessä liikkumaan kykeneville ihmiselle lähtökohdiana on, että he ovat tietoisia liikennettä ohjaavista säännöksistä. Ilman liikennesääntöjen tuntemista, liikkuminen suurten ihmismassojen joukossa on lähes mahdotonta. Liikenteessä esiintyy huomattava määrä erilaisia tapoja liikkua paikasta toiseen. On henkilöautoja, linja-autoja, pyöräilijöitä, juoksijoita, kävelijöitä, lapsia, aikuisia ja vanhuksia. Kaikki heistä liikkuvat eri tavalla, eri nopeudella ja osittain omien säännösten mukaan, jokaiselle ryhmälle osoitetuilla kulkuväylillä. Puskurivarastojen omaisia ryppäitä muodostuu liikennevaloihin ja risteyksiin, joista liikutaan taas edelleen suunnitellusti. Usein liikkeelle lähdetään saapumisjärjestyksen mukaisesti suuntaan ja toiseen. Liikenteessä myöskään kaikki ei aina mene suunnitelmien mukaisesti. Tietämys säännöksistä sekä riittävät taidot kuitenkin lisäävät joustavuutta myös poikkeustilanteissa.

Jotta saadaan suuret ihmismassat noudattamaan liikennettä ohjaavia säännöksiä, tarvitaan koulutusta ja valvontaa. Säännösten rikkomisiin on aina syytä puuttua perustellusti. Samat lainalaisuudet voidaan helposti nähdä myös tuotantotoiminnan ohjauksessa ja hallinnassa.

On täysin selvää, että tuotannossa vallitseva valinnanvapaus venttiilien tai yhdistelmien tekemisessä ei edistä moniosaamisen kehittymistä tuotannossa. Omien sääntöjen mukaan meneminen ei myöskään edistä yhteistä toimintaa, vaikka se toisaalta tuo mukanaan näennäistä ”joustavuutta”. Nykytilassa tuotannon joustavuus perustuu liikaa valinnanvapauteen sekä spontaaneihin priorisointeihin tuotannossa, jotka laskevat valmistuksen suunniteltavuuden tasoa.

Läpivirtausperiaatteella toimivien, sekä tuotannon työjärjestystä tukevien puskuripaikkojen käyttöönottamisen esteenä ei saa olla streamien sisäisten työntekijöiden osaamistasojen vaihtelut. Streamien sisällä töiden vaikeusasteiden vaihtelut eivät ole kovinkaan suuria, joten on perusteltua harkita työntekijöiden osaamistason kehittämistä. Tällöin suunniteltua työjärjestystä voidaan tulevaisuudessa ylläpitää paremmin. Tätä tukee myös Leen ja Bruvoldin (2003), Tysonin (2015) sekä Vaderan ym. (2013) näkemykset siitä, kuinka panostaminen työntekijöiden koulutukseen lisää joustavuutta. Ehdotuksina ovat, että:

- Puskuripaikat muutetaan toimimaan läpivirtausperiaatteella. Kokoonpanon puskuripaikat voisivat toimia jatkossa niin, että lavoilla olevat työt sijoitetaan kärryjen päälle. Ne voisivat liikkua lattiaan kiinnitetyn kevyen linjaston sisällä jonossa. Tämä voidaan toteuttaa, esimerkiksi rakentamalla kevyt putkilinjasto lattiatasolle, jonka sisäisellä tasolla jono liikkuu. Tämä estää ennen kaikkea turhan valinnaisuuden osien työlle ottamisen yhteydessä ja helpottaa suunnitellun tuotantojärjestyksen ylläpitämistä. Lavojen liikuttaminen kevyellä linjastolla on myös melko vaivatonta.
- Vaihtoehtoisesti ydinryhmän palavereissa on ehdotettu työpistekohtaista työlistausta. Tässä ratkaisussa töiden osia toimitetaan vain niille työpisteille, joilla on työntekijöitä. Jos tyhjällä työpisteellä on töitä, tehdään ne pois ennen kuin tilataan varastosta uusia töitä. Läpivirtausperiaatteella toimivia puskuripaikkoja ja työpistekohtaista työlistausta voidaan käyttää myös yhdessä. Tämä vaatisi toimiakseen enemmän varastopuskureita kokoonpanopisteille.

4.2 Järjestelmien kehitys

Niin kuin Little ym. (2000) totesivat teoksessaan, pääasiallinen haaste järjestelmäpuolella on niiden kyvykkyydessä sopeutua liiketoiminnan tarpeisiin. Tähän on helppo samaistua työssä tehtyjen järjestelmähankkeiden osalta.

Raportoinnin ja tiedon laadun parantamiseksi sekä viestinnän helpottamiseksi MES-järjestelmään on kehitetty uutta ominaisuutta. Sen avulla voidaan laskea uusia ennustettuja valmistuspäivämääriä työvaiheiden kuittausten yhteydessä. Päivämäärät lasketaan töille, jotka eivät etene tuotannossa viimeisimmän ennustetun päivämäärän mukaisesti.

Hienosuunnittelussa vaaditaan tietoa monista eri töihin liittyvistä yksityiskohdista, kuten työvaiheista, niiden pituudesta ja niiden suoritusjärjestyksestä. Tarvitaan myös tietoa, että missä kuormitusryhmissä työn eri vaiheet suoritetaan. Tämän lisäksi tarvitaan tietoa kuormitusryhmien kapasiteetista, töiden sovitusta valmistuspäivämääristä sekä milloin ne on vapautettu tuotantoon. Yksityiskohtaisen viikoittaisen tuotantosuunnitelman tekemiseen on hankittu apua myös ERP-järjestelmän aputyökalusta, Manusta.

Haverilan ym. (2009) sekä Giretin ym. (2015) mukaan yksityiskohtaista suunnitelmaa tehtäessä on tärkeää tuntea tuotannon nykytilanne mahdollisimman hyvin, mukaan lukien työjonot, edellisten tuotantosuunnitelmien jättämät sekä häiriöt. Näiden selvittämiseen kuluvaan aikaan voidaan vaikuttaa Manun käyttöönoton avulla erittäin positiivisesti. Järjestelmien kehittämisen tärkeydestä osana valmistavan yrityksen toimintaa voidaan viitata mm. Caronin ja Fioren (1995), Willnerin (2016) sekä Littlen ja kumppaneiden (2000) julkaisuihin. Niissä kerrotaan järjestelmien joustavuuden mahdollistamista eduista sekä niiden roolista asiakkaiden vaihtuviin vaatimuksiin vastattaessa.

4.2.1 MES-järjestelmän automaattinen valmistuspäivämäärän ennustusominaisuus

Kohdeyritykselle lähdettiin hankkimaan työn aikana työkalua niitä töitä varten, jotka eivät etene tuotannossa ennustetussa aikataulussa. Sen avulla voitaisiin ennakoidusti laskea kyseisille töille luotettavampia valmistuspäivämääriä tai päivittää valmistuspäivämääräennuste manuaalisesti. Reworkin osalta järjestelmän kehitys vaatii toimiakseen myös toimintatavallisia muutoksia. Järjestelmän kehitys- ja hankintatoimintaan osallistui useita henkilöitä tehtaan sekä järjestelmän toimittajan puolelta.

Automaattisen päivitysominaisuuden avulla saadaan kaikkien työn alla olevien töiden valmistuspäivämäärät pois menneisyydestä ja niiden valmistumista koskevasta tiedosta luotettavampaa. MES-järjestelmän kehittämisen myötä se osaa tulevaisuudessa korjata liian aikaiseksi tai liian myöhäiseksi ajoitettujen töiden valmistuspäivämääräennusteita. Tämä tapahtuu sen sisäisen logiikan avulla, työvaiheiden kuittausten yhteydessä. Tieto päivitetään myös ERP-järjestelmään viestin muodossa (kuva 26 ja 27). Näin ollen saadaan vietyä uusin ja luotettavin valmistusennuste ERP-järjestelmään ja sitä kautta myös monille oleellisille raporteille. Mahdollisimman luotettavaa tietoa voidaan siirtää suoraan sidosryhmille ilman välikäsiä ja töiden statuksia koskevien kyselyiden määrä vähenee huomattavasti. Tämän ansiosta monien toimihenkilöiden aikaa jää enemmän lisäarvoa tuottavaan työhön. Linjuan Menin ja Bowenin (2016) sekä Darlingin ja Beeben

(2007) julkaisuissa todetaan tämänkaltaisen toiminnan edistävän hyvin sidosryhmäläisten sitouttamista tehtaan toimintaan. Tällaisia hyötyjä oletetaan saavuttavan myös kohdeyrityksessä.

Tilausten etenemisen tarkastelua ja valmistumisajankohdan laskentaa tehdään aina streamien työvaiheiden tai reworkin työvaiheiden (virheiden kuittaus) kuittausten yhteydessä. Reworkissa olevien töiden kohdalla on mahdollisuus suorittaa päivitys manuaalisesti, yhdistelmän tai venttiilin ennustetulle valmistuspäivämäärälle. Reworkilla on oma ”työjononsa”, johon reworkin työnjohtaja tai reworkin tuotannosuunnittelija voivat tehdä manuaalisesti päivityksiä. Uudelleenajoitus päätettiin lopulta tehtäväksi vaihe- ja rework-kuittausten yhteydessä. Alkuperäisen ehdotuksen mukaan siitä olisi lähtenyt signaali taustaprosessiin, jossa laskenta tehtäisiin. Katsottiin kuitenkin toimivammaksi, että päivitysviestin lähtiessä suoraan MES-liittymään, palvelee se kohdeyrityksen tarkoitusperiä tehokkaammin.

Automaattisen päivitysominaisuuden lisäksi luodaan siis mahdollisuus muokata valmistuspäivämäärän ennusteita manuaalisesti (kuva 25). Tämä on erittäin oleellista reworkissa, jossa töiden valmistumista ei voida useinkaan luotettavasti ennustaa sisäänrakennetun logiikan avulla. Reworkissa olevien töiden etenemisaikatauluissa hajonta on suurta ja ennustamatonta. Tämä johtuu monista eri ongelmatilanteista, joita reworkissa olevat työt sisältävät. Luotettavamman arvion virheitä sisältävien töiden valmistumisennusteista antaa reworkin tuotannosuunnittelija. Tähän eivät kuitenkaan kuulu virheelliset työt, jotka menevät yhdistelmän tai venttiilin selvitystilaan. Kyseisessä selvitystilassa työt palaavat usein streamiin melko pian - jopa tunnin sisällä. Seuraavan työvaiheen kuittauksen yhteydessä uuden ennusteen laskeminen onnistuu jälleen automaattisesti logiikan avulla.

Luodaan virheiden käsittelyyn uusi funktio

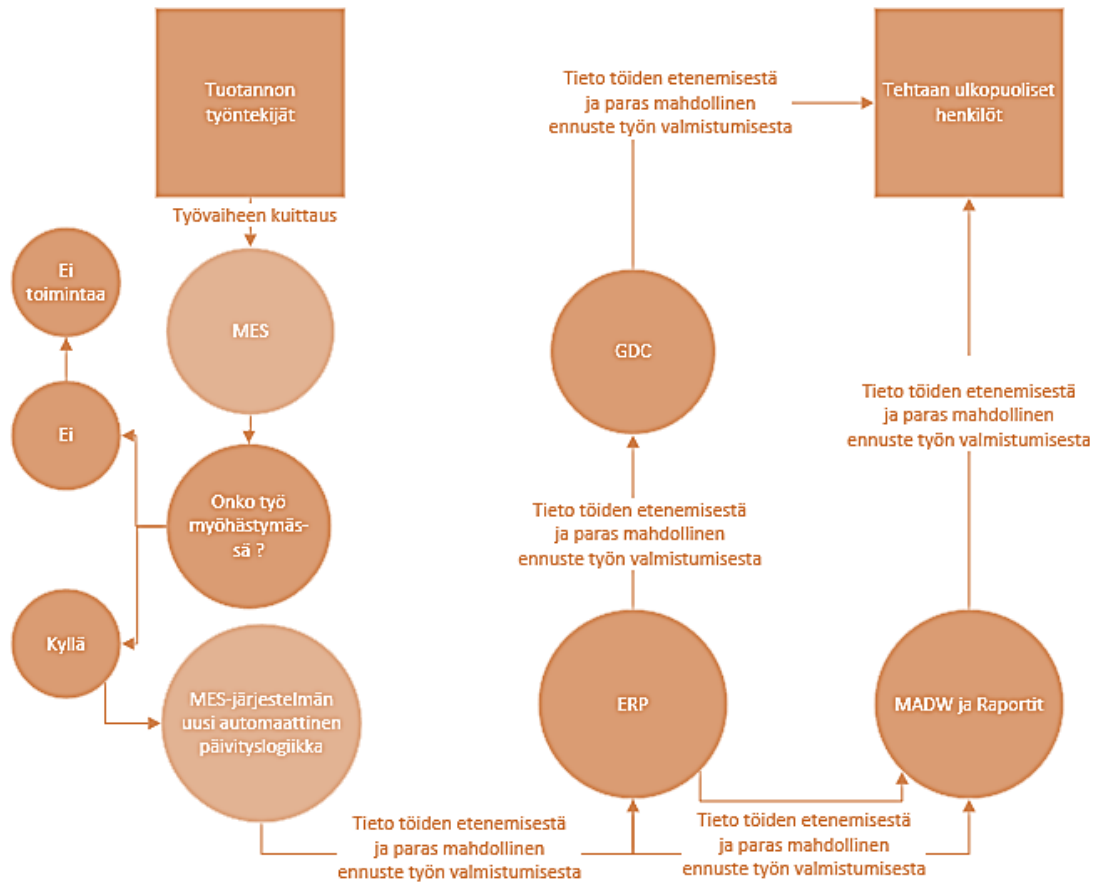
Anna uusi valmistuspäivämääräennuste

Tila	Toimenpiteet	Henkilö	Aika
Raportoitu/korjaamaton	Raportoitu		1.8.2017 12.30
Korjaus kesken	TILA: 'Raportoitu/korjaamaton' -> 'Korjaus kesken' KORJAAVAT TOIMENPITEET: '' -> '' KORJAUUSAIKA (min): '' -> '30' KORJAUSTOIMENPIDE: '' -> 'HOLD- Odottaa osia'		1.8.2017 12.32

Kuva 25. MES-järjestelmä – uusi valmistuspäivämäärä manuaalisesti.

Reworkin tuotannosuunnittelijan tiedostaessa töiden uusimmat valmistuspäivämääräennusteet, hän päivittää kyseiset tiedot ERP-järjestelmään. Uusimmat arviot valmistuspäivämäärille tiedetään oikeastaan aina ennen kuin töissä ilmenneitä virheitä kuitataan reworkissa. Jos kuitenkin virheitä kuitataan reworkissa ennen uuden valmistuspäivämääräennusteen siirtämistä ERP-järjestelmään, tunnistaa järjestelmän sisäinen logiikka

ajoitukseen liittyvän epäkohdan ja lähettää siitä uuden valmistuspäivämääräennusteen ERP-järjestelmään.



Kuva 26. MES-järjestelmän automaattinen päivitysominaisuus suurpiirteisesti.

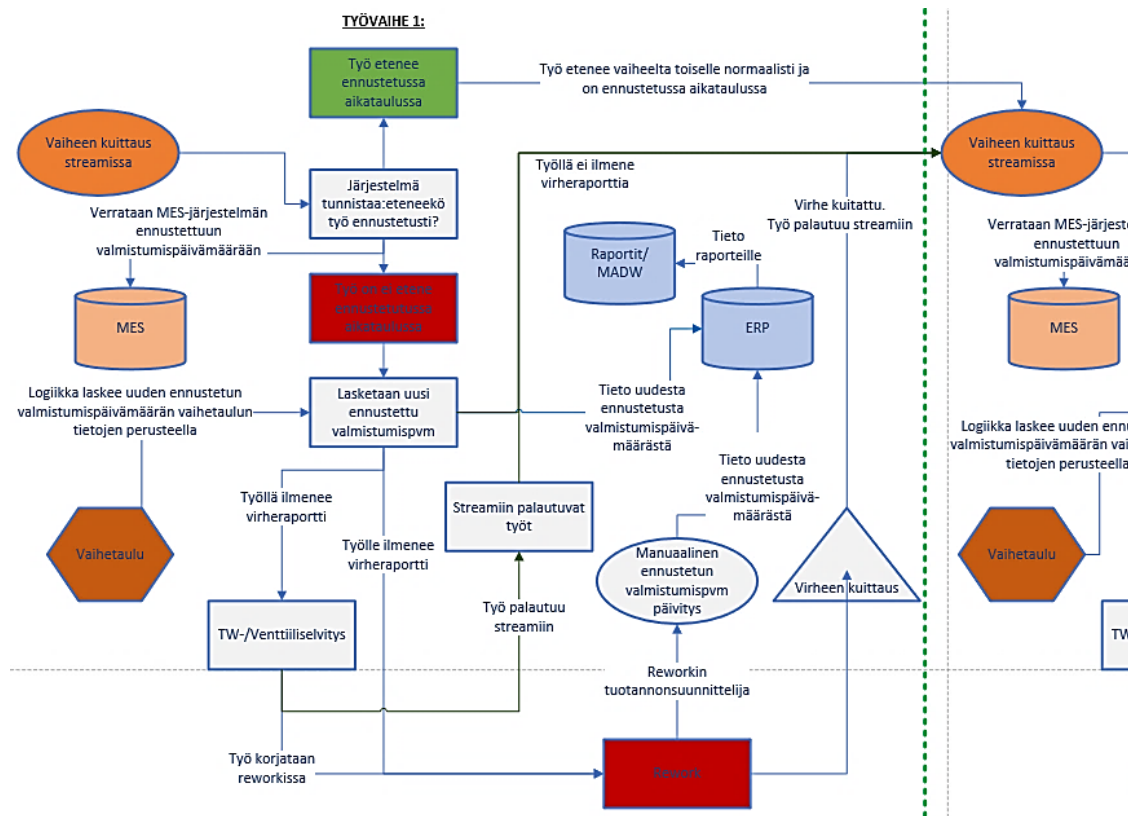
MES-järjestelmän automaattisen päivitysominaisuuden (kuva 26) avulla, kohdeyrityksen tehtaalla oleville töille voidaan luoda oikeanlainen työjärjestys luotettavammin ja nopeammin. Tämä helpottaa oletetusti myös tuotannonaikaisten työjonojen vaihteluiden hallintaa. Päivämäärien vastatessa todellisuutta parhaalla mahdollisella tavalla, myös priorisointien sisällyttäminen tuotantosuunnitelmaan on johdonmukaisempaa.

Ominaisuuden toiminnallisuuksia on säädetty projektin aikana useasti palveluntarjoajan kanssa. Logiikan toiminnan kanssa päädyttiin seuraavanlaiseen ratkaisuun:

- 1) Tuotannossa kuitataan työvaihetta tai reworkissa kuitataan virhettä.
- 2) Logiikka tarkastelee tilauksen etenemistä (routing phaset) suhteessa suunniteltuun valmistusajankohtaan sekä ”leadtime tableen”. ”Lead time table” sisältää prosessiin kuuluvien työvaiheiden työajat (”lead time”). Näiden avulla logiikka osaa laskea uuden valmistuspäivämäärän ennusteen venttiilille sekä samaan työhön mahdollisesti kuuluvalla yhdistelmällä.

- MES:n sisälle luodaan taulu, joka sisältää operaationumerot sekä prosessin vaiheet ja niiden läpimenoajat. Taulua täytyy pystyä hallinnoimaan myös MES-järjestelmän hallinnollisessa versiossa (management client). Näiden tietojen perusteella voidaan laskea uusi arvio valmistumisesta.
- 3) Jos työ ei etene tuotannossa viimeisimmän ennusteen mukaisesti, niin valmistumisajankohdalle lasketaan uusi ennuste ”leadtime tablen” tietojen perusteella. Muussa tapauksessa päivitystä ei tapahdu. ”Lead time tablea” ylläpidetään kohdeyrityksen toimesta.
- 4) ERP-järjestelmään lähetetään vaiheenkuitausviesti. Vaiheenkuitausviesti sisältää uuden arvion valmistumisajankohdasta, jos se poikkeaa viimeisimmän ennusteen mukaisesta päivämäärästä. Tähän tarvitaan uusi sanoma sekä uusi liittymä MEC:iin. Sanomaan sisällytetään tilauksen tunniste sekä arvioitu valmistuspäivämäärä. Samassa sanomassa voidaan raportoida sekä venttiilin että yhdistelmän tiedot. Yksinkertainen esimerkkitapaus:
- Jäljellä olevat työvaiheet:
 - 10 assembly 1pv
 - 60 paint 3pv
 - 980 st operation time 0pv
 - Työn oli tarkoitus valmistua 4.4. Sen läpimenoaika on laskennallisesti 4 työpäivää ja työn valmistaminen aloitettiin 4.4. → uusi yhdistelmän valmistuspäivämäärä on 8.4. Valmistuminen siirtyi siis 4 päivällä eteenpäin logiikan mukaisesti.
 - Logiikan tarvitsee tämän lisäksi ymmärtää, että jos työvaihe kuitataan venttiilitasolla, niin myös yhdistelmän valmistuminen tarvitsee laskea uudelleen. Venttiili ja yhdistelmä ovat linkitettyinä toisiinsa, ja yhteys on löydettävissä toimitusketjusta MES- ja ERP-järjestelmien sisällä.

Kuvassa 27 on hahmoteltu MES-järjestelmän automaattisen valmistuspäivämääräennusteen toimintaa. Jokaisen työvaiheen kuitauksen yhteydessä prosessi on samanlainen. Vihreällä poikkiviivalla on eroteltu kuvitteellisten työvaiheiden (1 ja 2) sisältämät prosessin vaiheet toisistaan. Prosessi jatkuu siis jokaisen työvaiheen kuitauksen yhteydessä samanlaisena kuin työvaiheessa 1, joka on kuvattu kaaviossa kokonaisuudessaan.



Kuva 27. MES-järjestelmän valmistuspäivämäärän ennustusominaisuus.

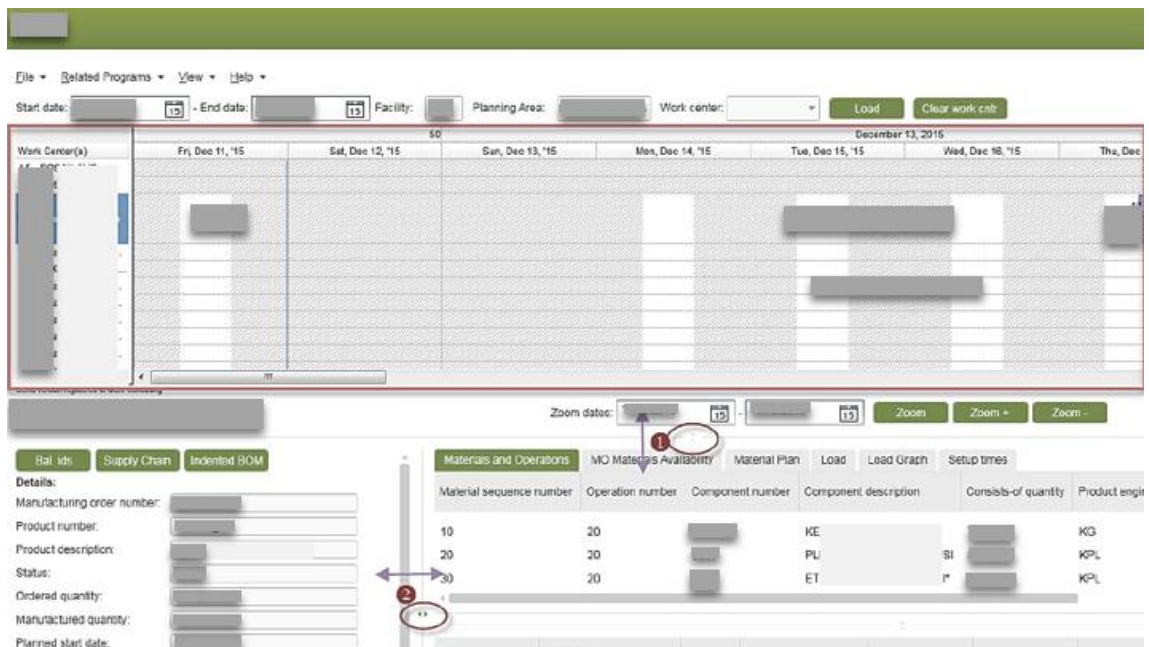
Ratkaisulla on suuri potentiaali auttaa yritystä toimimaan jatkossa tehokkaammin ja säästämään aikaa arvoa tuottavaan työhön. Vaikka, Lapinleimun ja kumppaneiden (1997) julkaisuun viitaten asiakasarvo syntyy tuotantojärjestelmän valmistusjärjestelmässä, voidaan näillä nähdä olevan positiivinen vaikutus asiakasarvon kehittymiseen. Työnaikaisiin havaintoihin perustuen asiakasarvoon vaikuttavien tekijöiden rajaaminen tietylle alueelle ei ole perusteltua. Uuden MES-järjestelmän ominaisuuden avulla voidaan kohdistaa enemmän huomiota oleellisiin asioihin, josta mm. Kanyalkar ja Adil (2007) mainitsivat julkaisussaan, joka käsittelee yksityiskohtaisen tuotannosuunnittelun mahdollistamia hyötyjä.

4.2.2 Hienosuunnittelun työkalu – Manu

Tuotannosuunnittelijoiden haastattelujen sekä ydinryhmän palaverissa saatujen tietojen perusteella on muodostunut käsitys, että suunnittelutyössä eniten haasteita aiheuttavat sen hitaus sekä ajanpuute. Hitaus on peräisin siitä, että suunnittelun kannalta tarpeellista tietoa tarvitsee hakea ERP-järjestelmän sisältä monesta eri ohjelmasta, joista voidaan tarkastella samanaikaisesti vain kahta kerrallaan. Visuaalisuuden puutteen on todettu hidastavan suunnittelutyötä huomattavasti. Manun ominaisuuksia on havainnollistettu tuotannosuunnittelijoille, joiden vastaanotto niiden suhteen on ollut erittäin positiivinen. Järjestelmän tulevien käyttäjien mielipiteillä on syytä olla merkitystä sen ominaisuuksia ke-

hitettäessä. Useimmin esille tuotuja kehityskohteita ovat olleet visuaalisuus, käyttömukavuus sekä nopeus. Manu tuo haastattelujen sekä työnaikaisten havaintojen perusteella ratkaisun näihin kaikkiin.

Manussa kapasiteetin hallinta, työjonojen muokkaaminen sekä kuormitusryhmien hallinta tapahtuu yhdeltä näkymältä. Tämän voidaan nähdä nopeuttavan suunnitteluprosessin tekemistä huomattavasti. Inmania ja Salea (2011) mukaillen, tärkeimpiä ketterän toiminnan tarkastelukohtia ovat tuotannosuunnittelun nopeuteen vaikuttavat tekijät. Hienosuunnitelman tekemisen yhteydessä on tunnettava eri töiden sisältämät työvaiheet sekä niiden pituudet. Näiden tietojen avulla nähdään, kuinka kapasiteettia varataan eri kuormitusryhmille. On myös tiedettävä töiden vapauttamispäivä (tuotantoon), ennustettu valmistuspäivä, työhön sisältyvät materiaalit sekä käytettävissä oleva kapasiteetti kuormitusryhmäkohtaisesti.



Kuva 28. Manun näkymä.

Manun päänäkymä (kuva 28) tarjoaa suunnittelun kannalta kaiken oleellisen tiedon sekä mahdollistaa kapasiteetin hallinnan, mukaan lukien kapasiteetin lisäämisen ja vähentämisen. Kapasiteetin hallinta on ominaisuus, josta on tullut Manun esittelyjen yhteydessä paljon positiivista palautetta. Manu sisältää Gantt-tilin, jonka avulla suunnitteluun saadaan mukaan tuotannosuunnittelijoiden kaipaamaa visuaalisuutta. Työnaikaisten havaintojen tueksi myös, mm. Haverila ja kumppanit (2009) sekä Carvalho ja kumppanit (2015) puhuvat julkaisuissaan visuaalisuuden tuomista avuista resurssien suunnitteluun. Manun hyvänä puolena on myös se, että sitä voidaan käyttää samanaikaisesti kaikkien tuotannosuunnittelijoiden kesken. Tämä nopeuttaa suunnittelutyötä, mutta aiheuttaa myös haasteita, jotka kuitenkin voidaan ratkaista uusien ehtojen luomisella. Jokaisen käyttäjän on syytä voida tallentaa vain tekemiään muutoksia ERP-järjestelmään.

Gantt-taulu on visuaalinen tapa havainnollistaa tuotannon kuormitusta. Se on myös tärkeä työkalu projektien hallinnassa. Sitä käytetään usein tuotannosuunnittelun työkaluna. Gantt-taulussa töiden ajoitusta hallitaan siirtämällä siinä olevia palkkeja ajallisesti vaakatasossa tai kuormitusryhmien kesken pystysuunnassa. (Brčić & Mlinarić 2018) Kuvassa 28 vaaka-akseli kuvaa siis aikaa ja pystyakseli kuormitusryhmiä. Palkin pituus havainnollistaa työvaiheen pituutta.

Nykyaikaiset ohjelmistot (joita kohdeyrityksellä ei ole ollut käytössä ennen tätä projektia hienosuunnittelun osalta) mahdollistavat Gantt-taulun tietojen päivittämisen reaaliaikaisesti ERP-järjestelmään. ERP-järjestelmän tieto pysyy siis jatkuvasti ajan tasalla. Reaaliajassa tapahtuvan seurannan mahdollistamana voidaan myös reagoida tuotannossa tapahtuviin muutoksiin välittömästi niiden tapahduttua.

Manua voidaan vielä tulevaisuudessa kehittää enemmän kohdeyrityksen tarpeisiin sopivaksi, kun sen käytöstä kertyy enemmän kokemusta. Työvaiheiden yhteyteen voidaan esimerkiksi lisätä visuaalisuutta eri värien avulla. Eri väreillä voidaan kertoa esimerkiksi työn etenemisen kannalta oleellista tietoa tai kuormitusryhmiin liittyvää tietoa. Visuaalinen näkymä auttaa ymmärtämään suunnitelmaa helpommin myös ulkopuolisten silmin, tehden siitä informatiivisempaa. Kapasiteetin hallintaa on huomattavasti yksinkertaisempaa tehdä visuaalisen taulun avulla kuin katsomalla ERP-järjestelmässä päivämääriä monesta eri ohjelmasta.

Esimerkiksi, specialstreamin kohdalla Manu tuo huomattavaa ajallista helpotusta töiden järjestelemiseen. Specialstreamissa tehdään viikkotasolla noin 120 työtä, jotka on tulevaisuudessa suunniteltava optimaaliseen tuotantojärjestykseen. Ilman Manua, specialstreamin töiden kannalta oleellisten tietojen paikantamiseen kuluisi aikaa vähintään 5 min/työ (venttiilin ja yhdistelmän osat/työvaiheet jne.) * 120 työtä/viikko → 600 min/viikko. → 10 tuntia/viikko. Tämän lisäksi täytyy vielä suunnitella optimaalinen työjärjestys (vertailla töitä), tarkastella kuormitusryhmien käytettävissä olevia kapasiteetteja sekä vahvistaa todellinen käytössä oleva kapasiteetti tuotannosta.

Todellisuudessa suunnittelun piirissä tulee olemaan enemmän töitä kuin mitä viikkotasolla tehdään. Toisin sanoen, 120 työn sisällyttämisessä viikkosuunnitelmaan on tutkittava enemmän kuin 120 työtä, joiden joukosta työt tulevalle viikolle valitaan. Manun avulla osien paikantamiseen voidaan olettaa menevän 120 työn kohdalla alle 2 tuntia. Tällöin aikaa jää muiden suunnitteluun vaikuttavien tekijöiden huomioimiseen. Tulevan viikon yksityiskohtainen tuotannosuunnitelma voidaan tällöin suunnitella torstain ja perjantain aikana eli suunniteltujen aikarajoitteiden puitteissa.

4.3 Viestinnän kehitys

Järjestelmien puutteiden lisäksi on huomattu puutteita myös raportoinnissa. Raportteja keskityttiin tarkastelemaan projektiyksikön suuntaan menevien raporttien osalta. Heilalan ja Vohon (2001) mukaan informaation rooli nopeissa muutoksissa tuotantotoiminnassa on huomattava ja tätä myös tehtaan toiminnassa kaivataan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että viestintäkanavien kehityksen avulla suunnitelmallisuudesta voitaisiin joustaa tulevaisuudessa.

4.3.1 Viestintä tehtaan ulkopuolelle

Tilauksien etenemisten seurannan aiheuttamien haasteiden kitkemiseksi työssä kehitettiin viestintää. Tähän liittyviä haasteita ovat käsitelleet julkaisussaan myös Men ja Bowen (2016). Yleisimmät kysymykset ovat työnaikaisten havaintojen perusteella:

- 1) ”Missä työvaiheessa työ on tällä hetkellä menossa?”
- 2) ”Milloin kokoonpano aloitetaan ja milloin se valmistuu?”
- 3) ”Mikä on syy sille, ettei työ etene tuotannossa suunnitellusti?”

Tästä syystä on päätetty alkaa välittämään edellä mainittuihin kysymyksiin vastaavaa tietoa projektipäälliköiden käyttämälle ”M3 Supply Chain Follow-Up”- raportille (kuva 29). Raportille lisättiin tietoa viimeisimmästä rework-statuksesta, ongelman kuvauksesta, sekä ERP-järjestelmän asiakastilauksen suunnitellusta valmistumispäivämäärästä, jonka tiedon parantamiseksi on myös tehty kehityshankkeita MES-järjestelmän suhteen.

	J	K	L	
9:06				
028				
Latest Rework Status	Defect description(s)	Remarks [Defect line]		st
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	77
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	22
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	22
REWORK-Siirretty TW-Korjauspisteelle	Työkortti virheet / ei vastaa IPOa;Työmäärä	Lisättävä Extratag venttiin pesään./ Suuntanuoli lisättävä (vaati		22
REWORK-Siirretty TW-Korjauspisteelle	Työkortti virheet / ei vastaa IPOa;Työmäärä	Lisättävä Extratag venttiin pesään./1. Toimilaite ja todennäköis		22
REWORK-Siirretty TW-Korjauspisteelle	Työkortti virheet / ei vastaa IPOa;Työmäärä	Lisättävä Extratag venttiin pesään./Korjausmaalaus/22.1.2019		22
REWORK-Siirretty TW-Korjauspisteelle	Yhdistelmä Kokoonpano;Kokoonpano mui	1. Suuntanuoli lisättävä (vaatimus molemmilla puolilla)/21.1.20		22

Kuva 29. M3 Supply Chain Follow-Up.

”M3 Supply Chain Follow-Up”-raportilla olevat tiedot päivittyvät kerran vuorokauden aikana. Tämä on projektipäälliköiden haastatteluihin perustuen, tarpeeksi tarkkaa tietoa heidän tarpeisiinsa.

Keskustelun aiheena on myös ollut, että nämä samat muutokset voitaisiin viedä GDC:hen (kuva 30). GDC toimii yhtenä tiedonlähteenä projektiyksikölle. Projektipäälliköt käyttävät tiedon hankkimiseen raportteja sekä GDC:tä (kyselyiden lisäksi). Tätä muutosta ei ole kuitenkaan vielä lähdetty toteuttamaan. On päätetty ensiksi ottaa selvää, että millaisia hyötyjä voidaan saavuttaa muiden, jo toteutusasteella olevien kehityshankkeiden avulla. Tietojen vieminen GDC:hen ei kuitenkaan ole poissuljettua tulevaisuudessa.

Esimerkiksi tähän voitaisiin sijoittaa reworkin status tiedot ja uusin arvioitu valmistuspäivämäärä

Voidaan myös sisällyttää viimeisin lokaatio, jossa työvaihe kuitattu sekä arvioitu valmistuminen

action item	CO Number	CO Line	IPO number	CO Line status	CO line general status	Order responsible	Ordered quantity	CO line description	Order date	Warehouse	Priority	Re d
action item	0001259412	1	4000600310_01	66	23 Packed	HKIVENTEIR	1	D1FH03DR1C118G-L-B1JVU12/55H-Z-VG9215HE6/K45-K1-CG16-RC19H	06-09-2013	FBA	5	17-
action item	0001296061	27	0398513051_09	66	24 Delivered	HKINIFELISA	1	VALVE CONTROLLER	12-03-2014	FBA		06-

Kuva 30. GDC.

4.3.2 Viestintä tehtaan sisällä

Viestintä on oleellinen osa yhdessä tekemistä. Vaikka tämän työn aikana on yritetty vähentää ihmisten välistä kommunikointia eri ratkaisujen avulla, on sanomatta selvää, ettei ilman kunnollista viestintää tai kommunikointia voida kehittää yhteistoimintaa kovinkaan vahvasti. Kommunikointi on Ilorannan ja Pajunen-Muhosen (2008) mukaan sitä tärkeämpää, mitä pidempiä toimitusajat ovat ja mitä monimutkaisempaa tuotanto on. Tämä toteamus tukee myös käsitystä siitä, että viestinnän kehitys todella on oleellinen osa hienosuunnitteluprojektia sekä tätä diplomityötä, auttaen saavuttamaan halutut päämäärät. Lagesin ym. (2018) mukaan toimituskykyyn vaikuttaa vahvasti myös asiakkaan antaman tiedon laatu, joten siihen on myös jatkossa kiinnitettävä enemmän huomiota projektien alusta asti.

Valmistuksessa voitaisiin tulevaisuudessa viestiä näyttöjen avulla seuraaville työvaiheille, että mitä sinne on tulossa työlle seuraavaksi. Viestinnässä on syytä käydä ilmi myös tuotannonaikaiset ongelmat reaaliajassa. Suunnittelun lisäksi viestintä sekä sen mahdollisesti mukanaan tuoma ennustettavuus ovat tärkeitä asioita, jotta tuotanto etenee sujuvasti. MES-järjestelmään kehitteillä oleva automaattinen valmistuspäivämäärän ennustusominaisuus tukee tätä myös hyvin. Informaation lisääminen auttaa työntekijöitä noudattamaan työjärjestystä vielä luotettavammin. Tällöin he osaisivat paremmin puuttua epäkohtiin työjärjestyksissä. Nämä kehitysehdotukset tulee kuitenkin ottaa käyttöön vasta, kun yksityiskohtaista suunnitelmaa voidaan toteuttaa. Suunnitelman toteuttaminen

tapahtuu Manun avulla. Ennen Manun käyttöönottoa viestinnän tehostamisesta tuotannossa ei ole vastaavaa hyötyä.

4.4 Priorisoidut työt ja niiden sisällyttäminen tuotantosuunnitelmaan

Tässä kappaleessa käsitellään kuinka priorisointien negatiivisista ilmiöistä voidaan päästä eroon tai kuinka niiden negatiivisia vaikutuksia voidaan vähentää. Priorisoinnit vaikuttavat osaltaan myös tuotannonaikaiseen vaihtelevuuteen ja sen hallintaan. Priorisointien avulla on tarkoitus hallita tuotannon työjärjestystä, mutta niiden spontaanilla toteuttamisella on todettu olevan negatiivisia vaikutuksia tuotantoon. Tämän vuoksi on katsottu erittäin tärkeäksi luoda tarkat säännöt priorisoinnin suhteen. Kuten Stevenson (2009) julkaisussaan ilmaisi, tarvitaan tilausten priorisoimiseksi kuitenkin valtavasti tietoa töiden statuksista sekä niihin sisältyvistä työvaiheista. Priorisointeja on alettava hallitsemaan ajallisesti sekä määrällisesti. Niihin liittyen on ehdotettu seuraavanlaisia säännöksiä:

- 1) Priorisointeja ei voi sisällyttää tulevan viikon tuotantosuunnitelmaan kuluvaan viikon torstain jälkeisenä aikana. Priorisointipäätöksistä tarvitsee siis informoida streamien tuotannonsuunnittelijoita viimeistään kuluvaan viikon torstaina. Jos priorisoitu tilaus on reworkin työ, on siitä ilmoitettava reworkin tuotannonsuunnittelijalle kuluvaan viikon keskiviikkoon mennessä.
 - Priorisointeja ei saa sisällyttää tuotantoon siten, että ne muuttavat jo valmiiksi suunniteltua tuotantojärjestystä. Poislukien poikkeustilanteet tulevan viikon aikana, kuten osapuutteet sinne suunnitelluilla töillä.
 - Jos tuotannolla ei ole selkeää tuotantosuunnitelmaa tai sellaista ei kyetä noudattamaan, voidaan priorisointipyyntöjen sekä uudelleenajoituspyyntöjen määrän olettaa kasvavan. Tilausten etenemistä halutaan aina tarkastella, kuten Hirsto (2012) myös julkaisussaan totesi. Erityisesti töiden etenemisen tarkempaa seuranta voidaan odottaa priorisoitujen töiden osalta.
- 2) Priorisoinneilla on oltava sovittuna streamkohtainen rajallinen määrä. Sovitaan absoluuttinen määrä priorisoiduille töille viikkotasolla tai muulla järkeväksi katsotulla aikajaksolla.
 - Muiden kuin priorisoitujen töiden eteneminen tulee myös varmistaa tuotannossa, jotta vältetään priorisointitarpeiden kasvaminen liian suureksi ja sitä kautta niiden merkityksen menettäminen. Kun priorisoinneista ei saada niiden suuren määrän vuoksi hyötyä, aiheuttavat ne vain turhaa toimintaa.
- 3) Priorisoinneista saatava hyöty on oltava osoitettavissa. Priorisoinnit hidastuttavat aina muiden töiden etenemistä tuotannossa, eikä muiden töiden etenemistä tuotannossa

voida hidastuttaa perusteettomasti tai heikoin perustein. Esimerkiksi, asiakkaan hakkuus priorisoinnille ei välttämättä ole riittävä peruste.

- Työn priorisoinnissa on otettava huomioon muun tilauksen tilanne, johon työ sisältyy. Jos työn priorisointi ei edistä tilauksen toimitusta, asiakastarkastuksen ajankohtaa tai muuta oleellista virstanpylvästä, ei sitä kannata priorisoida.
- 4) Perustellusti korkean prioriteetin saanut työ sijoitetaan viikkosuunnitelmassa vaatimusten mukaiselle paikalle, mahdollisuuksien mukaan. Tätä ei kuitenkaan tehdä hetken mielijohteesta, vaan suunnitellusti.
- Kun priorisointi on hyvin perusteltua ja tieto siitä tulee tuotannosuunnittelijoille ajoissa, ei tuotannosuunnittelijoilla ole syytä olla sisällyttämättä sitä tulevan viikon tuotannosuunnitelmaan.
- 5) Ajatusmallina on syytä olla tulevaisuudessa, että kaikki asiakkaat ovat tärkeitä ja onnistuminen kaikkien kanssa on kohdeyrityksen toiminnan tavoitteena. Myös priorisointiperiaatteiden on tuettava tätä ajatusmaailmaa.

Kun priorisointeja aletaan toteuttamaan yllä mainittujen säännösten mukaisesti, tulevat työjonot olemaan kuvan 20 mukaisesti huomattavasti selkeämpiä ja johdonmukaisempia. Priorisointien merkitys kasvaa niiden vähentyessä. Toisin sanoen, kun niiden määrää rajoitetaan, tulee niistä tehokkaampia. Tällöin ne eivät myöskään häiritse tuotantoa nykyisessä mittakaavassa. Esimerkiksi, on huomattavasti tehokkaampaa priorisoida 20 kappaletta töitä (mahdollistaen niiden menemisen tuotannosta lävitse ensisijaisessa asemassa) kuin, että töitä olisi vaikkapa 200 kappaletta. Suuren määrän vuoksi priorisoinnit menettävät voimansa ja merkityksensä. Kohdeyrityksen tuotannossa ei voida valmistaa esimerkiksi 200 työtä ”ensisijaisessa” asemassa muihin töihin nähden. Tällainen määrä priorisointeja aiheuttaa ainoastaan turhaa työtä ja sekaannusta tuotannossa. Priorisointitapoja voidaan myös harkita tulevaisuudessa muokattavan siten, että korkean prioriteetin saavuttaa vain kahta kautta. Nämä ovat:

- 1) Työ on ollut aiemmin viikoittaisessa tuotannosuunnitelmassa ja se on pudonnut sieltä pois valmistusprosessin aikaisten ongelmien takia. Tämä voisi olla, esimerkiksi osan rikkoutumisen tai testien läpäisemättömyyden takia.
- 2) Työ koetaan erittäin tärkeäksi ja sille halutaan antaa tavallista korkeampi prioriteetti, että se saadaan nopeammin valmiiksi. Priorisoinneista saatava hyöty on oltava osoitettavissa. Työn priorisoimisen tarvitsee lähtökohtaisesti edistää merkittävästi, esimerkiksi tilauksen etenemistä, asiakastarkastuksen ajankohtaa tai muuta merkittäväksi katsottua virstanpylvästä. On myös osoitettava työ, jonka priorisoitu työ tulee korvaamaan viikoittaisessa tuotannosuunnitelmassa.

5 YHTEENVETO

“Koska toimintaympäristö muuttuu jatkuvasti, yrityksen toiminnankin on jatkuvasti uudistuttava. Kaikki asiat voi aina tehdä paremmin, ja pitääkin tehdä paremmin. Tämä on itsestään selvää, kun katsoo yrityksen toimintaa asiakkaan näkökulmasta. On tärkeää ymmärtää, että mitä pidemmälle yritys kehittyy, sitä enemmän avautuu uusia kehittämismahdollisuuksia. Kun yrityksellä on kirkas suunta ja kaikki yrityksessä katsovat yritystä sen tuotteiden käyttäjien ja asiakkaiden silmin, parannettavaa löytyy koko ajan.” (Alahuhta 2015) Asiakkaat huomioivia parannuksia tehtäessä on kuitenkin varmistuttava siitä, että kehitettävät asiat vahvistavat myös yrityksen toimintaa, eivätkä ainoastaan palvele asiakkaita paremmin.

Diplomityössä on sivuttu usein myös liikkeenjohdollisia sekä inhimillisiä tekijöitä koskevaa kirjallisuutta, sillä niiden on katsottu olevan oleellinen osa kokonaisvaltaista kehittämistä tuotannossa. Ilman liikkeenjohdollisten linjausten liittämistä tuotantoon, olisivat ne vain kätteettomia mainoksia. Ilman inhimillisten tekijöiden sisällyttämistä päätöksentekoon, ei voitaisi koskaan saavuttaa erinomaisia kehitystuloksia manuaalisessa työympäristössä.

Tämän diplomityön aikana suoritettiin järjestelmien hankintoja, kehitettiin viestintää sekä tehtiin useita kehitysehdotuksia toimintatapojen suhteen. Hankinnat etenivät hitaasti, mutta varmasti. Järjestelmien kehityshankkeet olivat haasteellisia, sillä niiden yhteydessä oli huomioitava suoranaisten hyötyjen (esim. nopeuden kasvun ja tiedonlaadun paraneamisen) saavuttamisen lisäksi myös epäsuoria sekä vaikeammin mitattavissa olevia asioita, kuten käyttömukavuutta, järjestelmien soveltuvuutta kohdeyrityksen dataan yms. Kehittämiseen ja hankintaan saatiin työn aikana apua kyseisiin järjestelmiin erikoistuneilta henkilöiltä. Ilman heidän tukeaan, eivät järjestelmien hankinnat olisi onnistuneet. Niin kuin Heilala ja Voho (2001) myös totesivat julkaisussaan, kokoonpanojärjestelmillä tarvitsee olla joustavuutta ja kykyä toimia virheiden kanssa. Näihin asioihin kehityshankkeiden yhteydessä yritettiin myös kiinnittää mahdollisimman paljon huomiota.

Priorisointien aiheuttamiin haasteisiin haettiin kestäviä ratkaisuja järjestelmien kehittämistä sekä toimintatapoja muuttamalla. Vaikka järjestelmät olisivat kuinka hienoja tahansa, ihmisten toiminnassa on erittäin tärkeää luoda yhteiset pelisäännöt yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Jos kaikki tulkitsevat järjestelmiä ja niistä saatavaa tietoa havaittavasti eri tavalla, ei tiedon hyödyntäminen voi olla optimaalista. On siis myös jatkossa panostettava siihen, että henkilöstöllä on tarpeeksi syvälinen käsitys järjestelmissä esiintyvistä tiedoista sekä niiden vaikutuspiiristä. Järjestelmien kehittyessä jatkuvasti,

myös tietoisuutta niitä koskevista asioista on syytä päivittää. Syy-seuraussuhteiden sisäistäminen edistää laajemman ymmärryksen kehittymistä, jonka avulla poikkeustilanteisiin reagoiminen helpottuu.

Azar ja kumppanit (2007) saivat TBI:n (Technology Builders Incorporated) case-tutkimuksessaan tuotua monenlaisia hyötyjä esille, liittyen mm. riskien, kustannuksien ja presedenssin tarkkailuun sekä yhteneväisen ymmärryksen kehittymiseen strategisista liiketoiminnan arvoista sidosryhmäläisten keskuudessa. Nämä hyödyt saatiin arvo-orientoituneen priorisoinnin (VOP) avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli parantaa TBI:n kykyä vastata muuttuviin vaatimuksiin, kovassa kasvussa olevassa liiketoiminnassaan. Vaikka kohdeyritys case-tutkimuksessa oli huomattavasti pienempi kuin tämän työn kohdeyritys, voidaan havaittujen tulosten todeta mukailevan hyvin toisiaan.

Azarin ja kumppaneiden (2007) julkaisussa mainitaan, että TBI:llä on saavutettu samantaisia tuloksia myös muista projekteista, joissa he ovat hyödyntäneet arvo-orientoitunutta priorisointia. Arvo-orientoituneen priorisoinnin hyötyjen sanotaan perustuvan täsmällisyyden sijasta sen selkeyteen. Case-tutkimuksen tuloksiin sekä Azarin ja kumppaneiden (2007) julkaisussa tehtyihin projektien tulosten vertailuun viitaten, sen avulla voitaisiin saavuttaa hyötyjä myös kohdeyrityksen toiminnassa. Selkeyden tärkeyden voidaan olettaa kasvavan sitä mukaa, mitä suuremman kokoluokan yrityksestä on kyse. Erityisesti hyötyjä voitaisiin saavuttaa arvo-orientoituneen priorisoinnin avulla päätöksentekoprosessiin. Päätöksentekoprosessi on sidoksissa priorisointien aiheuttamiin haasteisiin, joten sen avulla voitaisiin saada apua myös priorisointiin liittyvissä haasteissa. Tämän diplomityön aikana on tehty vastaavia havaintoja kuin kyseisessä case-tutkimuksessa, joten tutkimusten tulosten voidaan nähdä tukevan toisiaan, vaikka tulokset on saavutettu osittain eri tutkimusmenetelmien avulla.

Tuotannossa esiintyvää työjärjestyksen vaihtelevuutta voidaan hallita, mm. standardoitujen toimintojen avulla. Näitä ei ole aina yksinkertaista sisällyttää asiakasräätälöityyn ja manuaaliseen tuotantoon. Johnsenin ja Hvamin (2018) case-tutkimukseen viitaten olisi kuitenkin hyvänä lähtökohtana, jos ETO-yrityksissä selvitetään standardoitujen ja ei-standardoitujen räätälöintien todelliset kustannukset yritykselle, niissä ilmenevine eroavaisuuksineen. Työn aikana tehtyihin havaintoihin perustuen, kohdeyrityksellä ei ole vielä kovinkaan tarkkaa tietoa näihin liittyen. Kustannukset eivät ole useinkaan helposti selvitettävissä, sillä niiden laskemiseksi on tunnettava erinomaisesti kaikki kustannuksia aiheuttavat tekijät osa- tai moduulikohtaisesti. Tästä myös Johnsen ja Hvam (2018) mainitsivat julkaisussaan. Tässä onnistuessa, sillä voisi olla suuri potentiaali parantaa kohdeyrityksen toimintaa. Sen avuksi olisi kuitenkin kehitettävä huomattavasti tehokkaamat menetelmät kustannusten kohdistamiseen tietyille töille, vaatien investointeja.

Toimintatapoja lähdettiin muokkaamaan priorisointien sekä tuotannossa esiintyvän valinnaisuuden vaikutuspiirien kartoittamisella sekä niihin liittyvän tietouden lisäämisellä. Tämän avulla luotiin priorisointia koskevat säännöt tuotannon yksityiskohtaisessa suunnittelussa.

Joustava asiakaslähtöinen tuotanto sisältää aina priorisointia. On kuitenkin täysin eri asia toteuttaa sitä suunnitelmallisesti kuin suunnittelemattomasti. Tuotannon on myös kyettävä vastaamaan yksityiskohtaisesti suunnitellun tuotannon aiheuttamiin haasteisiin, mm. työjärjestyksen hallinnan suhteen. Holweg ja kumppanit (2018) toteavat julkaisussaan, että tuotantotyyppistä riippumatta yksityiskohtaisen aikataulun puuttuminen voi aiheuttaa korkeita turhia kustannuksia. Samaa voidaan myös todeta silloin, jos hyvin tehtyä suunnitelmaa ei kyetä jostain syystä noudattamaan tuotannossa. Tämän vuoksi myös tuotantotoimiin tehtiin työn aikana useita muutoksia, jotta se sopeutuisi paremmin suunnitelmalliseen toimintaan.

Joustavuuden osalta tässä työssä käsiteltiin myös henkilöstön taitotasojen vaikutusta siihen. Henkilöstön moniosaamisen puutteen todettiin alentavan tuotannon joustavuutta, sillä he eivät yleisesti kykene suorittamaan jokaista streamiin tulevan työn kokoonpanoa. On kuitenkin todettu, että streamien sisäisten töiden vaikeusasteen vaihtelut eivät ole kovinkaan suuria, joten tämä ongelma olisi varmasti korjattavissa. Tämän ongelman vuoksi on erittäin haasteellista määritellä todellinen käytössä oleva kapasiteetti osastojen sisäisesti. Tähän haasteeseen ovat paneutuneet kirjallisuudessaan, mm. Heilala ja Voho (2001) sekä Aswathappa ja Bhat (2009), joiden mukaan työntekijöiden taitotasoilla on suuri vaikutus tuotannon kykyyn toimia joustavasti. Ratkaisut löytyvät työntekijöiden kouluttamisesta sekä sitouttamisesta. Tämä on selkeä jatkokehityskohde tuotannossa.

Hakkilan tehtaalla suurin epävarmuus tilausten toimittamisesta ajallaan ei ole kuitenkaan tuotannollisista asioista riippuvainen, vaan usein myöhässä olevat tilaukset ovat myöhässä aikataulusta jo ennen kaikkien tarvittavien osien saapumista. Täten työt ovat siis myöhässä jo ennen kokoonpanoprosessin alkamista. Tämä voidaan helposti näyttää toteen, kun verrataan päivämääriä, jolloin työt on vapautettu tuotantoon sekä asiakkaalle luvattuun toimituspäivämääriä keskenään. Pääasiallisen projektin tavoitteena oli tuotannon suunnittelun paikkansapitävyyden olevan 80 prosentin tasolla ja luottamus on edelleen korkealla, että siihen tullaan kehityshankkeiden käyttöönoton myötä pääsemään. Diplomityön aikana tehdyt kehityshankkeet tukevat kyseistä tavoitetta erinomaisesti.

Työn tekemisen aikana havaittiin nopeasti, että myös raportoinnissa esiintyi useita puutteita, joista moni vaikuttaa projektiyksikön suuntaan. Työn aikana selvitettiin, että onko tiedon vieminen raporteille kannattavaa. Lopputuloksena tehtiin muutospyyntö ”M3 supply chain follow-up”-raportille, johon lisättiin projektiyksikön suunnalta usein kysyttyä tietoa, liittyen tilausten keskeytymiseen tai hitaaseen etenemiseen tuotannossa. Tämän tueksi lähdettiin kehittämään MES-järjestelmään ominaisuutta, joka päivittää jokaiselle

työlle uusia ennusteita valmistumispäivämääristä laskennallisen logiikan avulla. Nämä uudistukset tukevat oletetusti hyvin toisiaan tiedon laadun paranemisen sekä sen jakamisen helpottumisen kautta.

MES-järjestelmän automaattisen päivitysominaisuuden käyttöönotto on vielä tekemättä tämän diplomityön valmistumisen hetkellä. Eniten haasteita tässä aiheutti uusien ominaisuuksien sovittaminen kohdeyrityksen tuotantoon ja dataan. Edistystä kuitenkin tapahtuu jatkuvasti ja ennen pitkään käyttöönotto tapahtuu. Tämän kehityksen ensisijainen tavoite on parantaa tiedon laatua sekä vähentää henkilöiden välistä viestinnän määrää projektiyksikön ja tehtaan välillä. Tämä vapauttaa tuotannonsuunnittelijoiden, työnjohtajien sekä projektipäälliköiden aikaa arvoa tuottavaan työhön. Näin saadaan vapautettua lisää resursseja, mm. tuotannon työjonojen hallintaan sekä tuotannon johtamiseen. Nämä eivät voi olla vaikuttamatta positiivisesti tuotannon suorituskykyyn.

Hienosuunnittelun haasteisiin lähdettiin hankkimaan apua ERP-järjestelmän apuohjelman hankinnan (Manu) kautta. Järjestelmän käyttöönotto on vielä tämän diplomityön valmistumisen hetkellä tekemättä. Todellinen kuva Manun hyödyistä saadaan vasta, kun sillä voidaan käsitellä kohdeyrityksen omaa dataa. Järjestelmähankkeiden kanssa ei haluta kiirehtiä. Niiden käyttöönotto tapahtuu noin 1-2 kuukautta tämän diplomityön valmistumisen jälkeen. Optimaalinen nopeus kehitystyössä ei useinkaan ole nopein mahdollinen.

On varmaa, että järjestelmiin ja toimintatapoihin tulee tehdä säännöllisesti muutoksia myös tulevaisuudessa. Tuotantoympäristöt, globaalit markkinat sekä maailma ylipäätänsä ovat jatkuvasti muutoksen alla, ja se altistaa myös tuotantoalan yrityksiä kehittämään jatkuvasti toimintaansa vallitsevien trendien mukaisesti. Syrjäyttäviä teknologioita syntyy ajan mittaan. Näiden seurauksena uusia toimintatapoja syntyy ja uusia valmistusmenetelmiä luodaan.

Kaiken kaikkiaan työn voi sanoa onnistuneen hyvin, sillä työn aikana on saatu tehtyä useita kehityshankkeita, joiden hyötyjä on myös saatu todennettua eri määrissä. Ilman tämän diplomityön aikana tehtyä perinpohjaista nykytila-analyysia, ei myöskään järjestelmiä tai toimintatapoja olisi osattu lähteä kehittämään oikeaan suuntaan, monia eri näkökulmia huomioiden. Useat työn aikana tehdyt muutokset ovat implementoitavissa myös kohdeyrityksen muille tehtailla, joten niillä on suuri potentiaali parantaa myös muiden tehtaiden toimintaa. Kehityshankkeista erityisesti järjestelmien kehityshankkeet ovat implementoitavissa muilla kohdeyrityksen tehtailla eri puolilla maailmaa.

Alahuhta (2015) on hahmottanut kokemuksiinsa perustuen viisi tärkeää johtamisen avainperiaatetta, jotka ovat ”kirkas suunta ja selkeät tavoitteet”, ”avoimuus ja suoruus”, ”fokus”, ”yksinkertaisuus” ja ”oikea-aikaisuus”. Nämä ovat myös työnaikaisiin havaintoihin perustuen juuri niitä asioita, joihin keskittymällä on ylipäänsä mahdollista saavuttaa yhteisesti sovitut tavoitteet ja kehittää toimintaa strategisesti. Ilman selkeitä tavoitteita tai

toiminnan kirkasta suuntaa on mahdotonta saada työntekijöitä tekemään töitä yhteisten päämäärien eteen. Ilman avoimuutta tai suoruutta, on mahdotonta oppia virheistä tai kasvaa yhteen organisaation sisäisesti. Ilman yksinkertaisuutta, asioita ei voida koskaan tehdä mahdollisimman tehokkaasti, suurien ihmismäärien toimiessa yhdessä. Ilman fokuksia, ei voida koskaan tiedostaa omia vahvuuksiaan tai heikkouksiaan kokonaisvaltaisesti. Ilman oikea-aikaisuutta, ei voida koskaan saavuttaa kriittisesti tärkeitä kilpailuetuja.

Kehityskohteiden tavoitteina on aina ollut pidemmän aikavälin hyötyjen saavuttaminen toimintatapojen, järjestelmien sekä henkilöstöresurssien kehittämisen suhteen. Mitään hankkeita ei olla lähdetty suorittamaan tai ehdottamaan ilman riskien kokonaisvaltaista kartoittamista.

Niin kuin tekstissä on myös jo aiemmin mainittu, asiat voidaan ja ne myös pitää pyrkiä aina tekemään paremmin. Se, että asiat tehdään niin hyvin kuin mahdollista, ei maksa mitään. Asiat eivät aina kuitenkaan onnistu ensimmäisellä yrittämällä suunnitellusti. Hyvätaoainen toiminta onkin usein seurausta pitkäaikaisesta, jatkuvasta ja johdonmukaisesta kehittämisestä sekä monista epäonnistumisista. Myös tämän työn aikana aloitetut kehityshankkeet tulevat vaatimaan onnistuakseen jatkuvaa kehittämistä tulevaisuudessa. Tämä on kuitenkin ymmärretty hyvin kohdeyrityksen sisällä.

LÄHTEET

Alahuhta, M. 2015. Johtajuus - kirkas suunta ja ihmisten voima. Docendo Oy.

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*, 19(4), pp. 349-371.

Annacchino, M. A. 2007. *The pursuit of new product development: The business development process*. Amsterdam; Boston: Butterworth-Heinemann.

Antoniou, A.; Lu, W.; Murray, W.; Wright, M. H. 2007. *Practical Optimization*. Springer US.

Anzanello, M.; Fogliatto, F.S. 2010. Scheduling learning dependent jobs in customised assembly lines. *International Journal of Production Research*, 48(22), pp. 6683-6699.

Aswathappa, K. & Bhat, K. S. 2009. *Production and operations management*. Rev. ed. Mumbai [India]: Himalaya Pub. House.

Azar, J., Smith, R. K., & Cordes, D. (2007). Value-oriented requirements prioritization in a small development organization. *IEEE Software*, 24(1), 32-37. DOI:10.1109/MS.2007.30

Barbosa, C.; Azevedo, A. 2018. Towards a hybrid multi-dimensional simulation approach for performance assessment of MTO and ETO manufacturing environments. *Procedia Manufacturing*, 17, pp. 852-859. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.137>.

Benedito, E. & Corominas, A. 2018. Embodying decisions on work shifts into strategic manufacturing capacity planning. *International Journal of Production Research*, 56(18), pp. 6135-6146.

Bicheno, J. & Holweg, M. 2016. *The lean toolbox. A handbook for lean transformation*. Production and inventory control, systems and industrial engineering (picsie) books. Fifth edition.

Brčić, M. & Mlinarić, D. 2018. Tracking Predictive Gantt Chart for Proactive Rescheduling in Stochastic Resource Constrained Project Scheduling. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 42(2), pp. 179-192.

Bushuev, M. A. 2018. Delivery performance improvement in two-stage supply chain. *International Journal of Production Economics*, 195, pp. 66-73.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.007>.

Caron, F.; Fiore, A. 1995. 'Engineer to order' companies: How to integrate manufacturing and innovative processes. *International Journal of Project Management*, 13(5), pp. 313-319.

[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00023-J](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00023-J).

Carvalho, A.; Oliveira, F; Scavarda, L. 2016. Tactical capacity planning in a real-world ETO industry case: A robust optimization approach. *International Journal of Production Economics*, 180, p. 158. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.032>.

Chryssolouris, G.; Konstantinos, E; Nikolaos, P; Dimitris, M; Aris, P. 2013. Flexibility and complexity: Is it a trade-off? *International Journal of Production Research*, 51(23-24), pp. 6788-6802.

Clark, D; Silvester, K; Knowles, S. 2013. Lean management systems: Creating a culture of continuous quality improvement. *Journal of Clinical Pathology*, 66(8), p. 638.

Coote, P. 2010. Value Stream Management. *Financial Management*, pp. 32-33.

Cordon, C. & Vollmann, T. E. 2008. *The Power of Two*. New York: Palgrave Macmillan UK.

Costa, C. J.; Ferreira, E; Bento, F; Aparicio, M. 2016. Enterprise resource planning adoption and satisfaction determinants. *Computers in Human Behavior*, 63(C), pp. 659-671.,

<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.090>.

Da Silveira, G.J.; Snider, B; Balakrishnan, J. 2013. Compensation-based incentives, ERP and delivery performance: Analysis from production and improvement perspectives. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 33 Issue: 4, pp.415-441, <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1108/01443571311307307>

Darling, J. R., & Beebe, S. A. (2007). Effective entrepreneurial communication in organization development: Achieving excellence based on leadership strategies and values. *Organization Development Journal*, 25(1), 76-93.

Dysvik, A; Kuvaas, B; Buch, R. 2016. Perceived investment in employee development and taking charge. *Journal of Managerial Psychology*, Vol. 31 Issue: 1, pp.50-60.

Ezaki, T.; Yanagisawa, D.; Nishinari, K. 2015. Dynamics of assembly production flow. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 427(C), pp. 62-73.

- Fogliatto, F. S. & Da Silveira, G. J. C. 2011. Mass customization: Engineering and managing global operations. London: Springer.
- Gardner, D. J. 2009. Mass customization: An enterprise-wide business strategy: how build to order, assemble to order, configure to order, make to order, and engineer to order manufacturers increase profits and better satisfy customers. Cupertino, CA: HappyAbout.info.
- Giret, A.; Trentesaux, D; Prabhu, V. 2015. Sustainability in manufacturing operations scheduling: A state of the art review. *Journal of Manufacturing Systems*, 37(P1), pp. 126-140., <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.08.002>.
- Gosling, J. & Naim, M. 2009. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122(2), pp. 741-754.
- Gray, D. & Vander Wal, T. 2012. *The connected company*. Beijing: O'Reilly.
- Guillaume, R; Grabot, B; Thierry, C. 2013. Management of the risk of backorders in a MTO–ATO/MTS context under imperfect requirements. *Applied Mathematical Modelling*, 37(16-17), pp. 8060-8078. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.03.019>.
- Guo, H.; Dunwen, Z.; Guoxing, T. 2011. *Advanced design and manufacturing technology I*. Stafa-Zurich, Switzerland; Enfield, NH: Trans Tech Publications.
- Güçdemir, H. & Selim, H. 2017. Customer centric production planning and control in job shops: A simulation optimization approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 43, pp. 100-116.
- Gyulai, D. & Monostori, L. 2017. Capacity management of modular assembly systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 43(P1), pp. 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.02.008>.
- Hastings, N. & Yeh, C-H. 1990. Job oriented production scheduling. *European Journal of Operational Research*, 47(1), pp. 35-48. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90087-R](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90087-R).
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. *Teollisuustalous*. 5. p. Tampere: Infacs.
- Haverila, M.; Uusi-Rauva, E.; Kouri, I; Miettinen, A. 2009. *Teollisuustalous*. 6. painos. Tampere: Infacs.
- Havusela, A. 2014. *Diplomityö. Toimitusvarmuuden kehittäminen Lean-toimintaympäristössä*. Vaasan yliopisto.

- Heilala, J & Voho, P. 1997. Human touch to efficient modular assembly system. *Assembly Automation*, Vol. 17 Issue: 4, pp.298-302.
- Heilala, J. & Voho, P. 2001. Modular reconfigurable flexible final assembly systems. *Assembly Automation*, 21(1), pp. 20-30.
- Hendry, L. C. 1998. Applying world class manufacturing to make-to-order companies: Problems and solutions. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(11), pp. 1086-1100. <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1108/01443579810231679>.
- Hicks, C; MCGovern, T; Earl, C.F. 2000. Supply chain management: A strategic issue in engineer to order manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 65(2), pp. 179-190. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00026-2).
- Hill, A & Hill, T. 2018. *Operations Strategy*. Palgrave MacMillan.
- Hirsto, J. 2012. Ventiilikokoonpanon tuotantosuunnitelma ja sen johtaminen. Diploma in operations management. Kehitysprojektin raportti. Aalto University Professional Development – Aalto PRO.
- Holweg, M.; Davies, J.; Meyer, A.; Lawson, B.; Schmenner, R. 2018. *Process Theory: The Principles of Operations Management*. First edition.
- Huang, S.; Lu, M; Wan, G. 2011. Integrated order selection and production scheduling under MTO strategy. *International Journal of Production Research*, 49(13), pp. 4085-4101.
- Huang, Y-S; Chen, M-W; Fang, C-C. 2013 A study of the optimal production strategy for hybrid production systems. *International Journal of Production Research*, 51(19).
- Hull, B. 2011. *Manufacturing best practices: Optimizing productivity and product quality*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Iloranta, K. & Pajunen-Muhonen, H. 2008. *Hankintojen johtaminen: Ostamisesta toimittajamarkkinoiden hallintaan*. Helsinki: Tietosanoma.
- Inman, A; Sale, R.; Green, K; Whitten, D. 2011. Agile manufacturing: Relation to JIT, operational performance and firm performance. *Journal of Operations Management*, 29(4), pp. 343-355.
- Iravani, S., Kolfal, B. and Van Oyen, M. 2011. Capability flexibility: a decision support methodology for parallel service and manufacturing systems with flexible servers, *IIE Transactions*, 43(5), pp. 363–382. doi: 10.1080/0740817X.2010.541177.

- Sarkis, J. Benchmarking for agility. *Benchmarking: An International Journal*. 2001; **8**(2): 88–107.
- Johnsen, S. & Hvam, L. 2018. Understanding the impact of non-standard customisations in an engineer-to-order context: A case study. *International Journal of Production Research*, pp. 1-15.
- Joo, B. J. & Xirouchakis, P. 2015. A production scheduling problem with uncertain sequence-dependent set-up times and random yield. *International Journal of Production Research*, **53**(9), pp. 1-16.
- Kanyalkar, A. P. & Adil, G.K. 2007. Aggregate and detailed production planning integrating procurement and distribution plans in a multi-site environment. *International Journal of Production Research*, **45**(22), pp. 5329-5353. <https://doi.org/10.1080/00207540600632174>.
- Kara, D. 1999. ERP integration. *InformationWeek*, **724**, pp. 1A-6A.
- Klocke, F. & Kuchle, A. 2011. *Manufacturing processes: 1. Cutting*. Berlin; London: Springer.
- Koski, J. 2015. Diplomityö. Tuotannonohjauksen kehittäminen venttiilituotannossa. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Kothari, C. R. 2004. *Research methodology: Methods & techniques*. 2nd rev. ed. New Delhi: New Age International (P) Ltd.
- Krajewski, L.; Rizman, L.; Malhotra, M. 2007. *Operations Management – Processes and Value Chains*. 8. Painos. New Jersey: Pearson Education Inc. 728 s. ISBN 0-13-187294-X
- Krishnamurthy, R; Yauch, C. 2007. Leagile manufacturing: A proposed corporate infrastructure. *International Journal of Operations & Production Management*, **27**(6), pp. 588-604.
- Kumar, S. A. & Suresh, N. 2009. *Operations management*. New Delhi: New Age International.
- Lages, C. R.; Piercy, N.; Malhotra, N.; Simões, C. 2018. Understanding the mechanisms of the relationship between shared values and service delivery performance of frontline employees. *The International Journal of Human Resource Management*, pp. 1-24. DOI: [10.1080/09585192.2018.1464491](https://doi.org/10.1080/09585192.2018.1464491).

Lampimäki, J. 2018. Diplomityö. Reducing Internal Failure Quality Costs Using Plan-for-Every-Part Methods in High-Mix-Low-Volume Production Within a Large Manufacturing Company – A Case Study. Saatavilla: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/26198/Lampim%C3%A4ki.pdf?sequence=3>.

Lapinleimu, I; Kauppinen, V; Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteol lisuuden tuotantojärjestelmät. 1. Painos. Porvoo: WSOY. 398 s. ISBN 951-0- 21436-1

Lee, C & Bruvold, N. 2003. Creating value for employees: Investment in employee development. *The International Journal of Human Resource Management*, 14(6), pp. 981-1000.

Lee, H L; Padmanabhan, V; Whang, S. 1997. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*. 43, 4. s. 546 – 558.

Li, H. & Womer, K. 2012. Optimizing the supply chain configuration for make-to-order manufacturing. *European Journal of Operational Research*, 221(1), pp. 118-128.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.03.025>.

Li, J; Lennartson, B; Tang, Y; Biller, S; Matta, A. 2017. Sustainable Production Automation. New York, [New York] (222 East 46th Street, New York, NY 10017): Momentum Press.

Linjuan Men, R.; Bowen, S 2016. Excellence in internal communication management. New York: Business Expert Press.

Little, D.; Rollins, R; Peck, M; Porter, J. 2000. Integrated planning and scheduling in the engineer-to-order sector. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 13(6), pp. 545-554.

Lock, D. 2013. Project management. 10th edition. Burlington, VT: Gower.

Logistiikan maailma. 2019a. Just-in-Time ja Imuohjaus. (Viitattu 07.02.2019). Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>.

Logistiikan maailma. 2019b. Tilauksen kohdennuspiste. (Viitattu 20.03.2019). Saatavilla: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>.

Logistiikan maailma. 2019c. Massaräätälöinti. (Viitattu 20.03.2019). Saatavilla: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/massaraatalointi/>.

Logistiikan maailma. 2019d. Tilauksesta suunnittelu. (Viitattu 18.03.2019). Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tilauksen-kohdennus-piste-opp/tilauksesta-suunnittelu-eto/>.

Logistiikan maailma. 2019e. Tilauksesta kokoonpano. (Viitattu 18.03.2019). Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tilauksen-kohdennus-piste-opp/tilauksesta-kokoonpano-ato/>.

Logistiikan maailma. 2019f. Varasto-ohjautuva tuotanto. (Viitattu 18.03.2019). Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tilauksen-kohdennus-piste-opp/varasto-ohjautuva-tuotanto-mts/>.

Logistiikan maailma. 2019g. Tilauksesta valmistus. (Viitattu 18.03.2019). Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tilauksen-kohdennus-piste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/>.

Mauergauz, Y. 2016. Advanced planning and scheduling in manufacturing and supply chains. Cham: Springer International Publishing.

Metso. 2019a. Metso yrityksenä (Verkkoaineisto). (Viitattu 06.02.2019). Saatavissa: <https://www.metso.com/fi/yritys/>.

Metso. 2019b. Liiketoimintakatsaus 2018 (Verkkoaineisto). (Viitattu 06.02.2019) Saatavissa: https://www.metso.com/siteassets/annual-report/2018/metso_liiketoimintakatsaus_2018.pdf

Metso. 2019c. Tehtaan pelastussuunnitelma. Saatavilla: <https://metsoflow.pelastussuunnitelma.fi/metsoventtiilitehdas/suunnitelma/>.

Metso. 2019d. Metson tilinpäätöstiedote 2018 (verkkoaineisto). Viitattu 01.04.2019. Saatavissa: https://www.metso.com/siteassets/documents/2018/finnish/metso_2018_q4_tilinpaaotos-tiedote.pdf.

Metso. 2019e. Strategia ja visio (verkkoaineisto). Viitattu 01.04.2019. Saatavissa: <https://www.metso.com/fi/yritys/strategia/>.

Mod, L. 2009. Diplomityö. Kokoonpanotuotannon asiakaslähtöisyyden kehittäminen. Tilauskohtaisen venttiiliyhdistelmätuotannon muutokset toimintaympäristön muutoksessa. Teknillinen korkeakoulu. Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2009/urn100015.pdf>.

Morikawa, K; Takahashi, K; Hirotani, D. 2014. Make-to-stock policies for a multistage serial system under a make-to-order production environment. International Journal of Production Economics, 147(PA), pp. 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.02.016> .

- Narasimhan, R.; Swink, M; Kim, S-W. 2006. Disentangling leanness and agility: An empirical investigation. *Journal of Operations Management*, 24(5), pp. 440-457.
- Nevins, J.L. & Whitney, D.E. 1989. *Concurrent Design of Products and Processes*, McGraw-Hill, ISBN 0-07-046341-7.
- Nieminen, S. 2016. *Hyvä hankinta - parempi bisnes*. Helsinki: Talentum Pro.
- Olhager, J. 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85(3), pp. 319-329., [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00119-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00119-1).
- Olhager, J., Seldin, E. 2007. in IFIP International Federation for Information Processing, Volume 246, *Advances in Production Management Systems*, eds. Olhager, J., Persson, F., (Boston: Springer), pp. 35–42.
- Olhager, J.; Rudberg, M; Wikner, J. 2001. Long-term capacity management: Linking the perspectives from manufacturing strategy and sales and operations planning. *International Journal of Production Economics*, 69(2), pp. 215-225. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00098-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00098-5).
- Paprocka, I. 2018. The model of maintenance planning and production scheduling for maximising robustness, *International Journal of Production Research*, DOI: 10.1080/00207543.2018.1492752. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1492752>.
- Parthasarthy, S. 2007. *Enterprise resource planning (ERP): A managerial and technical perspective*. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Rafiei, H. & Rabbani, M. 2011. Order partitioning and Order Penetration Point location in hybrid Make-To-Stock/Make-To-Order production contexts. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), pp. 550-560., <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.04.010>.
- Rao, R. V. 2011. *Advanced modeling and optimization of manufacturing processes: International research and development*. London: Springer.
- Santalainen, T. 2008. *Strateginen ajattelu. 2. tarkistetun painoksen lisäpainos*. Talentum Media Oy. ISBN 978-952-14-1122-9.
- Sayer, N. & Williams, B. 2007. *Lean for dummies*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Scott, D. 2000. *Customer satisfaction: Practical tools for building important relationships*. 3rd ed. Menlo Park, Calif.: Crisp Publications.

- Sheldon, D. H. 2006. World class sales & operations planning: A guide to successful implementation and robust execution. Ft. Lauderdale, FL: J. Ross Pub.
- Simchi-Levi, D. 2010. Operations rules: Delivering customer value through flexible operations. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Slack, N., Brandon-Jones, A.; Johnston, R. 2013. Operations management. 7th ed. Harlow: Pearson Education.
- Slack, N; Alistair, B-J; Johnston, R. 2016. Operations management. Eighth edition. Harlow: Pearson Education.
- Slack, N; Lewis, M. Operations strategy. 2002. Harlow: Prentice Hall.
- Srivastav, R.P.S. 2017. Entrepreneurship Development and Production Management, Himalaya Publishing House. ProQuest Ebook Central.
- Stevenson, W. 2009. Operations Management. 10. uud. p. New York: McGraw-Hill/Irwin Companies.
- Suri, R. 2015. A Timely Metric. Industrial Engineer, 47(10), pp. 36-41.
- Sund, K; Galavan, R; Huff, A. 2016. Uncertainty and Strategic Decision Making. [Bingley]: Emerald.
- Tadeuz, T.; Maruf, A. 2016. Scheduling Method for MTS/MTO Production System. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 114(1), pp. 12061-12070.
- Taghizadegan, S. 2013. Mastering Lean Six Sigma: Advanced black belt concepts. [New York, N.Y.] (222 East 46th Street, New York, NY 10017): Momentum Press.
- Tang, H. 2019. A new method of bottleneck analysis for manufacturing systems. Manufacturing Letters, 19, pp. 21-24., <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2019.01.003>.
- Tyson, S. K. 2015. Essentials of Human Resource Management. Sixth edition. London [England]: Routledge.
- Vadera, A. K. 2013. Constructive Deviance in Organizations: Integrating and Moving Forward. Journal of Management, 39(5), pp. 1221-1276.
- Wang, J. 2011. Lean Manufacturing. Business Bottom-Line Based. Boca Raton: CRC Press.

Willersrud, A; Imstrand, A; Hauger, S; Kittilsen, P. 2013. Short-term production optimization of offshore oil and gas production using nonlinear model predictive control, *Journal of Process Control*, Volume 23, Issue 2, Pages 215-223, ISSN 0959-1524, <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2012.08.005>.

Willner, O. 2016. Exploring the archetypes of engineer-to-order: An empirical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(3), pp. 242-264.

Willner, O; Rippel, M; Wandfluh, M; Schönsleben, P. 2013. Development of a Business Process Matrix for Structuring the Implications of Using Configurators in an Engineer-To-Order Environment. In: Emmanouilidis C., Taisch M., Kiritsis D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services. APMS 2012. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 397. Springer, Berlin, Heidelberg

Gibbert, M; Woodside, A. G., Golfetto, F. 2008. *Creating and managing superior customer value*. [Bingley, Eng.]: Emerald JAI.

Yeh, C-H. (2000). A customer-focused planning approach to make-to-order production. *Industrial Management & Data Systems*, 100(4), 180-187. doi:<http://dx.doi.org.lib-proxy.tuni.fi/10.1108/02635570010328693>

Yi, Y. 2014. *Customer value creation behavior*. Abingdon: Routledge.

