

Kari Uusi-Pohjola

**TILAUSKOHTAISEN TUOTESUUNNITTELUPROSESSIN
KEHITTÄMINEN**

Opinnäytetyö syksy 2017

SeAMK Tekniikan yksikkö

YAMK Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Teknologiaosaamisen johtaminen YAMK

Tekijä: Kari Uusi-Pohjola

Työn nimi: Tilauskohtaisen tuotesuunnitteluprosessin kehittäminen

Supervisor: Jorma Nevaranta

Vuosi: 2017 Sivumäärä: 60 Liitteiden lukumäärä: 4

Tutkimuksen tavoitteena on rationalisoida ja nopeuttaa ohjaamojen tilauskohtaisten asiakasoptioiden tuotesuunnittelu- ja toimitusprosessia. Lisäksi tarkoituksena on parantaa sopivien suunnittelutyökalujen avulla työn tehokkuutta ja raportointia.

Tavoitteena on myös parantaa ohjaamotehtaan tuotteiden toimitusvarmuutta kehittämällä tilausta vastaavan myyntirakenteen virheettömyyttä. Tällä voidaan vähentää osapuutteita, jalostamatonta työtä tuotantoprosessissa ja sitä kautta parantaa tuotekannattavuutta.

Tutkimus suoritettiin kirjallisuusselvitysten, tuotetiimien ja asiakkaiden haastattelujen avulla. Lisäksi perehdyttiin yrityksen käytössä oleviin prosessikuvauksiin ja käytännön toimintatapoihin.

Resursoinnin hallinnan ja ennustettavuuden parantamiseksi analysoitiin suunnittelutehtäviä, jotka on tehty tilauksille viime vuosina.

.

Avainsanat: suunnitteluprosessi, tilaus, lean, räätälöinti, virtaustehokkuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Master's degree programme in Technology Competence Management

Author: Kari Uusi-Pohjola

Title of the thesis: The development of product engineering process for a customer specification order

Supervisor: Jorma Nevaranta

Year: 2017 Number of pages: 60 Number of appendices: 4

The target of the thesis was to rationalize and speed up the process of order specific engineering and delivery. The purpose was also to improve efficiency of the engineering work and reporting with a suitable software.

Due to previous actions, the target was to improve delivery accuracy to a customer, to secure valid bill of material for cabins, decrease non value added work on engineering and manufacturing processes and improve product profitability.

The thesis was carried out by literature review, interview of product team members and customer contact persons. Current processes were also analyzed, and descriptions were compared with the procedure in practice.

To improve the management of engineering resources and better forecast, design assignments for orders during last years were analyzed.

Keywords: Design, process, order, lean, tailoring, flow, efficiency

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvaluettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Tutkimuksen taustaa	9
1.2 Tehtaan tuotevalikoima	10
1.3 Tilausprosessin lähtötilanteen vuoden 2013 yleinen kuvaus.....	11
1.3.1 Ohjaamokategoriat.....	11
1.3.2 Tilausten määrittelyn toimintatapa asiakkaittain 2013.....	13
1.3.3 Myyntirakenne MRP-järjestelmään	14
1.3.4 Tilauskohtaisen suunnittelun pullonkaulat.....	14
1.3.5 Suunnittelun ohjelmistot.....	15
2 TUTKIMUSMENETELMÄT	17
2.1 Tuotetiimien henkilöiden haastattelut	17
2.2 Toimitettujen ohjaamotilausten datan arviointi	17
2.3 Arvovirtakuvaus – Hukan tunnistaminen	17
3 TEOREETTINEN VIITEKEHYS	19
3.1 Lean - Hukan tunnistaminen	19
3.2 Lean - resurssitehokkuus vs. virtaustehokkuus.....	20
3.3 Rääätälöinti teollisuudessa	24
3.4 Rääätälöinti ja valmistuksen ohjausprosessit.....	26
4 TUTKIMUSONGELMA.....	28
4.1 Tutkimuskysymykset	28
5 TILAUSKOHTAINEN SUUNNITTELUN NYKYTILANNE.....	29
5.1 Leanin mukaisten toimintatapojen implementointi.....	29
5.2 Yrityksen organisaatorakenne	29
5.3 Tilauskohtainen suunnitteluprosessi	30

5.4	Asiakaskohtaiset toimintatavat 2017	31
5.5	Prosessia hidastavat asiakaskohtaiset tekijät	33
5.6	Prosessia hidastavat yleiset tekijät.....	34
5.7	Ohjelmistot nykytilanteessa.....	34
5.8	Prosessikaaviot nykytilanteessa 2017.....	37
6	KEHITTÄMISEHDOTUKSIA	44
6.1	Osaluettelorakenteet vs. asiakkaan tilaus	44
6.2	Masterdata optimointi PDM – MRP	45
6.3	Asiakkaan suunnittelutilaus (DA).....	46
6.4	Tilauskonfiguraattori.....	47
6.5	Ohjelmistot.....	47
7	KAPASITEETIN ENNUSTAMINEN JA RESURSOINTI.....	48
7.1	Asiakkaan myyntiennusteen hyödyntäminen	48
7.2	Loppuasiakasoptioiden historiatietojen hyödyntäminen	48
7.3	Tuote- ja tuotannosuunnittelun resursoinnin kehittäminen	51
7.4	Tuotannon resursoinnin ennakointi	52
8	POHDINTA	53
9	YHTEENVETO VAIKUTUKSISTA LIIKETOIMINTAAN	54
9.1	Uudelleen tekemisen minimointi.....	54
9.2	Toimitusvarmuus/ asiakastyytyväisyys.....	54
9.3	Läpimenoajat.....	55
9.4	Varaston arvo ja keskeneräinen tuotanto	55
9.5	Laatu	56
9.6	Tulos	57
10	LÄHTEET	59
11	LIITTEET	60

Kuvaluettelo

Kuva 1. Yrityksen ohjaamoreferenssejä.....	10
Kuva 2. Tuotetiedon hallintaympäristö 2013	16
Kuva 3. Tehokkuusmatriisi	24
Kuva 4. Prosessien ohjaustavat.....	27
Kuva 5. Suunnitteluohjelmistot 2017	36
Kuva 6. Tilauksen käsittely prosessikaavio	37
Kuva 7. DA-suunnitteluprosessikaavio.....	39
Kuva 8. Ohjelmistonäkymä DA-prosessin eri vaiheista. Testi DA	40
Kuva 9. Ohjelmistoyleisnäkymä Design Assignment (DA). Testi DA	40
Kuva 10. Ohjelmistonäkymä DA-perustiedoista. Testi DA	41
Kuva 11. Tuotetiedon hallinta tilaukselle 2017 PDM	43
Kuva 12. Suunnittelutehtävät kpl asiakkaittain kaikki 2014–2017	50
Kuva 13. Suunnittelutehtävät jakautuma asiakkaittain 2014–2017	50

Käytetyt termit ja lyhenteet

Arvoketjuanalyysi	Menetelmä, jolla määritellään prosessin arvoa tuottavat ja tuottamattomat (työ)vaiheet.
Asiakas	Ohjaamotehtaan asiakas, konevalmistaja.
DA	(Design Assignment). Asiakkaalta tullut suunnittelutilauksen mukainen suunnittelutehtävä.
DOH	Varaston kiertonopeus (Days On Hand)
ECN	(Engineering change notice) Suunnittelumuutostiedote. Käytetään suunnittelumuutostietojen välittämiseen yrityksen organisaatioon.
E-coat	Elektroforeettinen pintakäsittelymenetelmä.
ECO	(Engineering change order) Suunnittelumuutostilaus. Käytetään suunnittelumuutoksen tietojen välitykseen PDM -> MRP
Loppuasiakas	Konevalmistajan asiakas, loppukäyttäjä.
MRP	(Material Requirements Planning) Tuotannon-ohjausjärjestelmä.
Ohjaamomäärittely	Asiakkaan määrittelemä ohjaamon toimitussisältö.
Optiosuunnittelu	Ohjaamoiden lisävarustesuunnittelu. Tässä työssä asiakohtaisesti määriteltyjen lisävarusteiden tuotesuunnittelu.
PDM	(Product Data Management) Tuotetiedon hallinta
Tilauskonfiguraattori	Ohjelmisto, jolla määritellään tuotteen toimitussisältö tietyin ennakkoon määriteltyin konfigurointisääntöjä noudattaen.

ZP

(Engineering block, SAP) Suunnittelutehtävästä johtuva esto tuotannonohjausjärjestelmässä. Estää tilauksen etenemisen järjestelmässä ennen suunnittelun valmistumista.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa

Tutkimus tehtiin Fortaco Ostrobothnia Oy:lle. Ohjaamotehdas kuuluu Fortaco Group konserniin.

Fortaco Group on konetekniikka- ja valmistuskumppani joka on erikoistunut toimimaan raskaan kaluston, energian ja meriteollisuuden alihankintamarkkinoilla. Vahvuuksia ovat täydelliset koneiden kokoonpanot, työkoneiden ohjaamot, hitsatut teräskomponentit. Valmistavia liiketoimintayksiköitä on yhteensä 5kpl Itä-Euroopassa ja 3kpl Suomessa. (<http://www.fortacogroup.com/company/this-is-fortaco.html> 2017/10.)

Yrityksen kokoonpanoyksikössä valmistettavia tuotteita ovat vakiovarustellut ja asiakasräätälöidyt työkoneohjaamot sekä E-coat pintakäsittely.

Yrityksen asiakkaita ovat pääasiassa työkoneiden valmistajat, joiden loppuasiakkaita ovat mm. satamaoperaattorit, kaivosteollisuus, infrastruktuurirakentajat ja puunkorjuuyritykset. Yrityksen päämarkkina-alueena ovat Pohjoismaat ja Eurooppa. (<http://www.fortacogroup.com/company/this-is-fortaco.html> 2017/10.)

Tässä tutkimuksessa esitetään tilauskohtaisen tuotesuunnittelun käytössä olleiden ohjelmistojen ja -prosessien lähtötilanne vuonna 2013 verrattuna vuoden 2017 nykytilanteeseen. Prosessien nykytila kartoitettiin arvovirta-analyysiin perustuvan hukan arvioinnin avulla. Arvionnin tulosten perusteella tehtiin ehdotus tulevaisuuden tavoitetilasta.

Viime vuosina yritys on ottanut käyttöön Leanin mukaisia toimintatapoja valmistusprosessien kehittämisessä, joten on luonnollista soveltaa niitä myös tuotesuunnittelussa.

Tutkimuksen apuna voidaan katsoa olleen vaikuttamassa kirjoittajan pitkän työuran aikana yrityksen palveluksessa kertyneet työkokemukset eri tehtävissä.

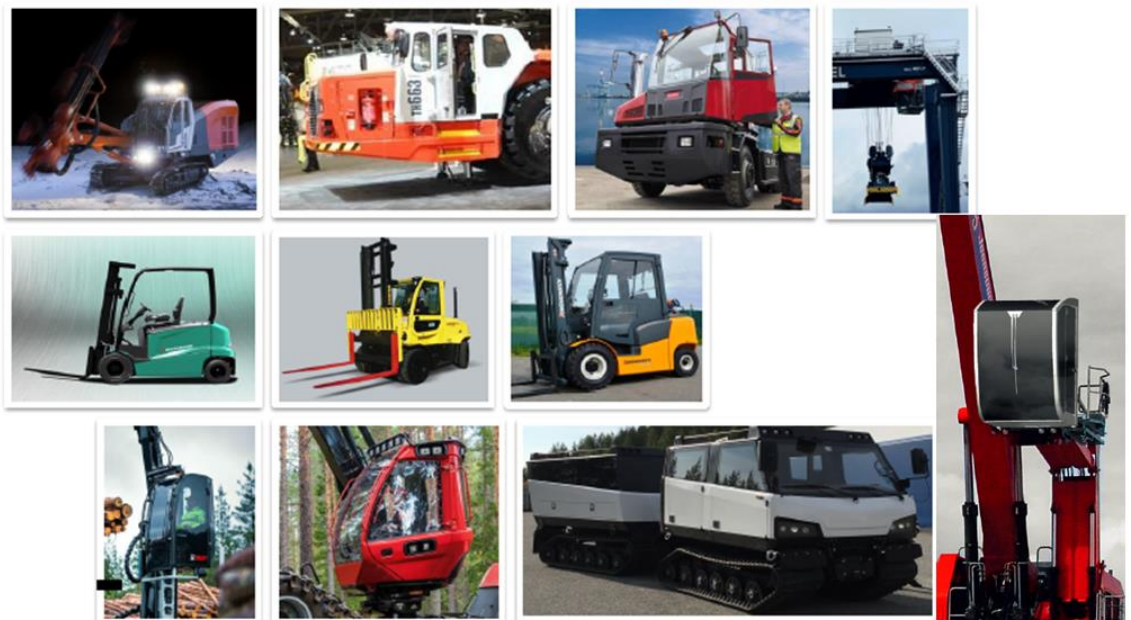
Tänä aikana on tullut esiin ongelmatilanteita jotka ovat haitanneet työn sujuvaa etenemistä. Myös omalta osaltaan keskustelut näiden ongelmien ratkaisemiseksi ovat olleet hyvää lähtötietoa lähtötilanteen kartoittamisessa.

1.2 Tehtaan tuotevalikoima

Fortaco on keskittynyt valmistamaan ja suunnittelemaan työkoneohjaamoita erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Kuvassa 1. on esitelty työkonevalmistajien valmiita tuotteita. Ylärivissä vasemmalla oikealle: pintaporakone, kaivosdumppi, Terminaalitraktori ja konttienkäsittelykone. Keskirivissä haarukkatrukkeja. Alarivissä vasemmalta oikealle: Puutavarakuormain, metsäkoneharvesteri, tela-ajoneuvo ja irtomateriaalinkäsittelykone.

REFERENCES IN CABIN MANUFACTURING



Kuva 1. Yrityksen ohjaamoreferenssejä

(<http://www.fortacogroup.com/products/assembly-cabin.html> 2017.02.04.)

1.3 Tilausprosessin lähtötilanteen vuoden 2013 yleinen kuvaus

Tilausprosessin yleinen kuvaus lähtötilanteessa vuonna 2013 on esitelty alla. Tilauksen käsittelyssä sovellettava käytäntö on riippuvainen ohjaamokategoriasta.

1.3.1 Ohjaamokategoriat

Ohjaamojen varustelutasoja on neljä erilaista:

1. Vakiovarusteltu ohjaamo: Ohjaamo toimitetaan aina vakiovarusteltuna eikä siihen ole valittavissa tilauskohtaisia optioita. Ohjaamo voi olla osittain- tai täydellisesti varusteltu.
2. Konfiguroitava ohjaamo: Ohjaamon toimitussisältö valitaan ennakkoon suunnitelluista vakio-optioista tai moduuleista.

Tilauskonfiguroinnissa on yrityksessä käytössä kahdenlaista tapaa:

- Konfigurointi MRP (tuotannonohjausjärjestelmä) järjestelmässä.
- Konfigurointi PDM-järjestelmässä (tuotetiedon hallinta)

Ohjaamon rakenne on suunniteltava konfiguroitavaksi ja edellyttää tiettyjen vaihtoehtoisten moduuleiden suunnittelemista omiksi osaluettelorakenteikseen. Lisäksi optiot voivat olla toistensa poissulkevia, toimintonsa tai fyysisen rakenteensa takia.

3. Tilauskohtaisesti räätälöitävä ohjaamo

Tilauskohtaisesti räätälöitävät ohjaamot sisältävät enimmäkseen ennakkoon suunniteltuja vakio-optioita. Ne voivat olla aiemmin suunniteltuja, mutta vaativat

tilauskohtaisen päivityksen vastaamaan nykytilannetta. Esimerkkinä voidaan mainita sähköpiirikaavioiden päivityksen aiheuttamat muutokset johdinsarjoihin.

Standardioptioiden lisäksi asiakkaan on mahdollista lisätä tilaukselle myös täysin uusia suunnittelua vaativia lisävarusteita (optioita). Optioista avataan suunnittelupyyntö (DA, Design Assignment) Fortacon suunnittelulle PDM-järjestelmään.

4. Projektikohtaisesti varustellut ohjaamot

Projektikohtaisesti varustellun ohjaamon varustelusta suurin osa määräytyy loppuasiakaskohtaisesti. Yleisesti tilaus sisältää uusia optioita ja näissä ohjaamoissa käytetään myös enakkoon suunniteltuja optioita.

Esimerkkeinä loppuasiakkaan tilaamista optioista voisi mainita loppuasiakkaan asennettavaksi toimittama kommunikaatoradio, joka saadaan ohjaamotoimittajalle usein vasta lähellä ohjaamon toimitusta. Toinen esimerkki on peruutuskamerajärjestelmän ohjaamon osuuteen kuuluvat komponentit.

Asiakasvarustelujen määrittely on useasti selvitetty vapaamuotoisella tekstillä kirjallisesti, mutta määrittelyssä saatetaan viitata vain aikaisempaan tilaukseen, esimerkiksi: "Kuten tilauksessa XXXXX".

Täysin uusissa optioissa asiakas ei välttämättä määrittele tarkasti millaisen lisävarusteen pitäisi olla, vaan kuvailee sen ominaisuudet ja halutut toiminnot. Ohjaamotoimittajan tuotesuunnittelun tehtäväksi jää selvittää eri vaihtoehdot ja tarjota sopivaa ratkaisua. Ensisijaisesti pyritään soveltamaan aikaisemmin käytettyjä ratkaisuja, mikäli vain ovat sopivia kyseiseen tapaukseen.

Tyypillisesti tällaisia ohjaamoja tilataan mm. kontinkäsittelyyn erikoistuneiden satamaoperaattoreiden toimesta. Heillä voi olla käytössä useita kymmeniä vastaavanlaisia koneita yhtäaikaan. Vaatimuksena on usein myös yhdenmukaisuus aikaisemmin toimitettujen koneiden kanssa.

Tällä loppuasiakas varmistaa koneen kuljettajan joustavan siirtymisen koneesta toiseen, kun koneen hallinta on samanlainen eikä uutta koulutusta tarvita. Myös

koneen käyttökustannuksiin vaikuttavat huollot ja varaosat ovat samanlaiset kuin jo olemassa olevissa koneissa.

1.3.2 Tilausten määrittelyn toimintatapa asiakkaittain 2013

Tässä työssä on tarkemman tarkastelun kohteeksi otettu optioita sisältävät ja räätelöivät ohjaamot kahdelta eri asiakkaalta. Työssä on käsitelty myös näiden asiakkaiden tilausmäärittelyt lähtötilanteessa tuotelinjottain. Näiden asiakkaiden tilaukset sisältävät useimmiten loppuasiakkaalle suunniteltavia uusia optioita.

Asiakkaalla 1 on kolme eri tuotelinjaa ja alkuvaiheessa vain yhdeltä tuotelinjalta on tilattu ohjaamoja. Asiakkaan eri tuotantolinjojen tilaukset on keskitetty ja ohjaamotilaus lähetetään ohjaamotehtaan tilauskäsittelyyn. Useimmiten tilauksessa on maininta optiosuunnittelusta, mutta ei aina. Tällöin ei kuitenkaan ole vielä selvillä asiakasoptioiden lähtötiedot, vaan ne saadaan myöhemmin. Suunnittelun lähtötiedot määritellään asiakkaan eri tuotelinjojen tuotekehitysosastoilla, joiden toimintatavat poikkeavat hieman toisistaan.

Asiakkaalla 2 on kolme eri tuotelinjaa. Asiakkaalle on toimitettu ohjaamoja vuosien ajan ja tilauskäytäntö on 2A- ja 2B-tuotelinjoilla vakiintunut ja on kohtuullisen toimiva. Tuotelinja 2C tilaa ohjaamoja projektinomaisesti.

Tuotelinja 2A käyttää tilauskonfiguraattoria ja suunnittelun lähtötiedot on yleensä aina määritelty etukäteen. Vuosien aikana tuotelinjan ohjaamoihin on tehty paljon optiosuunnittelua, usein asiakas viittaa tilauksissa jo suunniteltuihin DA-numeroihin. Tämä nopeuttaa suunnittelutehtävien läpimenoaikaa ohjaamotoimittajalla.

Tuotelinja 2B ei käytä konfiguraattoria vaan ohjaamotilaus lähetetään valmistavalta tehtaalta ilman mainintaa optioista. Tilaus pitää vahvistaa mahdollisimman pian. Tilauksen tullessa ohjaamon tilusrakenne oli harvoin selvillä, koska tilaukset sisältävät usein tilauskohtaisia uusia asiakasoptioita.

Tilauksille määritellään optiot asiakkaan toimesta tuotekehityskeskuksessa. Nämä kaksi prosessia, tilaus ja optiosuunnittelu asiakkaalla, ovat erilliset ja menevät

tapauskohtaisesti limittäin. Osa suunnittelun lähtötiedoista kuitenkin puuttuu usein tilauksen tullessa.

Tuotelinja 2C ei käytä konfiguraattoria eikä tuoterakennetta ole standardoitu kuin osittain. Se sisältää aina asiakaskohtaista suunnittelua ja tyypillisesti suunnittelun lähtötiedot eivät ole asiakkaan toimesta valmiina suunnittelun aloitushetkellä. Ohjaamoon tehdään joskus muutoksia konevalmistajan toimesta vielä ohjaamon toimituksen jälkeen. Nämä muutokset pyydetään päivittämään ohjaamon dokumentteihin jälkikäteen maininnalla ”asiakkaan tekemät muutokset”.

1.3.3 Myyntirakenne MRP-järjestelmään

Asiakkaan tilaamat standardivarustelut käsitellään tilauskonfiguraattorissa ja siirretään tuotannonohjausjärjestelmään (MRP) myyntirakenteeksi. Mikäli tilauksessa on suunniteltavia uusia asiakaskohtaisia optiota, kyseinen tilaus odottaa ”engineering-block” (ZP) –tilassa MRP-järjestelmässä. Tällöin tilausta ei voida siirtää eteenpäin MRP-järjestelmässä ennen kuin suunnittelutehtävä on kuitattu valmistuneeksi.

Uusien optioiden osaluettelorakenteiden valmistuttua PDM-ohjelmistoon, kyseinen rakenne lisätään tilauksen myyntirakenteeseen. Tämän jälkeen tilusrakenne siirretään tuotannonohjausjärjestelmään (MRP). Seuraavassa vaiheessa tilaus vapautetaan jolloin tilaus kuormittuu tuotannonohjausjärjestelmään tuotantorakenteeksi.

1.3.4 Tilauskohtaisen suunnittelun pullonkaulat

Lähtötilanteessa tilauskohtaisen optiosuunnittelun tuottamien dokumenttien läpimenoaika tuotannon käyttöön on ollut usein liian pitkä. Tämän on todettu johtuvan mm. seuraavista seikoista:

- Ohjaamotehtaan suunnittelulle saapuvat suunnittelutehtävän lähtötiedot asiakkaalta ovat usein puutteellisia, ne muuttuvat tai saadaan myöhäisessä vaiheessa pyydettyyn ohjaamon toimituspäivään verrattuna.
- Suunnittelun resursointi ja kapasiteetin ennustaminen on haasteellista. Tämä johtuu mm. tilausten sisältämien suunnittelutehtävien työmäärän ennakoimattomuudesta. Kehitysmahdollisuuksia on tilauksen määrittelyketjussa (Asiakas – Ohjaamovalmistaja).
- Uusien asiakasvarusteluiden tarkka hinnoittelu on työlästä.
- Suunnittelussa käytettävien ohjelmien määrä on suuri.
- Sähkösuunnittelun optioihin liittyviä tarvittavia modifiointeja ei ole aina otettu huomioon kirjallisessa tilausmäärittelyssä. Näistä johtuvat poikkeamat huomataan vasta kun käydään sähköpiirikaaviota läpi. Lisäksi kaaviot voivat olla ristiriidassa varsinaisen kirjallisen tilausmäärittelyn kanssa. Tämä yleensä johtuu siitä, että asiakas lähettää ohjaamoerittelyn ohjaamovalmistajalle ennen kuin tähän kuuluva sähkösuunnittelu on valmistunut.

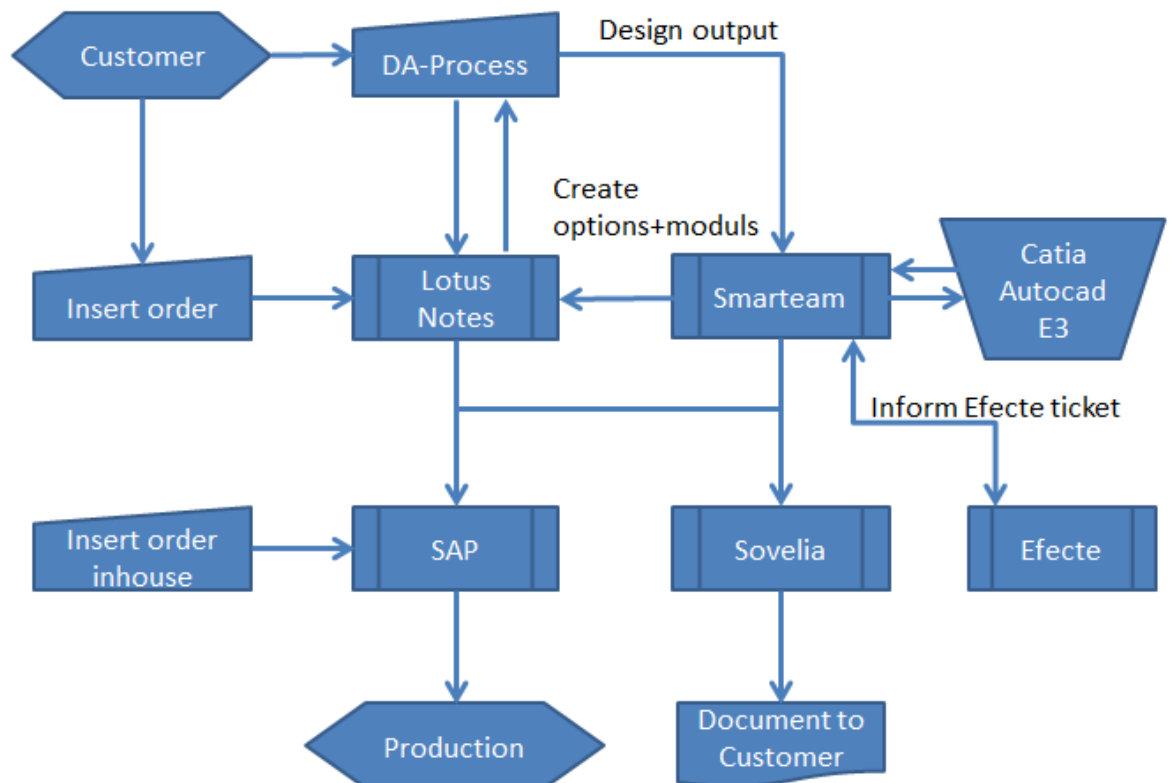
1.3.5 Suunnittelun ohjelmistot

Lähtötilanteessa vuonna 2013 olivat käytössä seuraavat ohjelmistot jotka on esitetty kuvassa 2.

- 3D-suunnitteluohjelmistona Catia V5. Ohjelmiston kustannustehokkuus ei ollut paras mahdollinen yrityksen tarpeisiin.
- PDM-ohjelmistona Smarteam.
- Dokumenttien jakelu-ohjelmistona yrityksen sisäisesti ja asiakkaille oli Smarteam-yhteensopiva Auric.

- Muutostiedotteiden informaation välitykseen sekä yrityksen sisäisten tuotemuutosehdotusten tekemiseen käytettiin IT-puolella yleisesti käytettyä Efecte-ohjelmistoa.
- Tilauskonfiguraattorina Lotus Notes ohjelmistoon räätälöityä ohjelmisto ja MRP-järjestelmän omaa konfiguraattoria.

PLM ENVIRONMENT DESCRIPTION 2013



Kuva 2. Tuotetiedon hallintaympäristö 2013
(Fortaco Ostrobothnia toimintaohjeet. 2013.)

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Tuotetiimien henkilöiden haastattelut

Tutkimuksessa on käytetty teemahaastattelua. Henkilöitä on haastateltu vapaamuotoisesti tutkimuksen kohteena olevilta tuotelinjoilta ja asiakkaiden yhteyshenkilöitä sekä lähtötilanteessa että uuden toimintatavan implementoinnin yhteydessä. Haastattelut on toteutettu normaaleissa työtehtäviin kuuluvissa tilanteissa, tavoitteena selvittää tai kehittää toimintatapoja ja siten parantaa prosessia.

2.2 Toimitettujen ohjaamotilausten datan arviointi

Tutkimuksessa on kerätty tietoa toimitettujen ohjaamoiden myyntirakenteista PDM/- ja MRP-järjestelmistä. Ohjaamojen rakennetiedot ovat PDM järjestelmässä sekä tuotannon MRP järjestelmässä. Nykyinen MRP-järjestelmä on ollut käytössä muutaman vuoden ja sitä vanhemmat tiedot ovat tallennettuina edellisessä MRP-tietokannassa.

Toimitettujen tilausten DA-suunnittelun dataa on arvioitu. Esimerkiksi: työmäärä ja läpimenoajat verrattuna kyseessä olevan ajan käytettyihin resursseihin.

2.3 Arvovirtakuvaus – Hukan tunnistaminen

Asiakkaiden toimintatapojen mukaiset tilausprosessit arvioitiin käyttämällä arvovirta-analyysimenetelmää. Se toteutettiin workshop-periaatteella, suunnittelun ja tuotannosuunnittelun yhteistyönä molemmilta tuotelinjoilta. Näiden perusteella todettiin prosessien nykytilanne ja niissä olevat erot tavoitteena olevaan prosessiin.

Arvovirtakuvauksen tarkoituksena on myös määrittellä tavoitetila kartoitetuille prosessille. Tässä tapauksessa tavoitetila on ohjaamotehtaan sisäisesti määritelty prosessikaavion mukainen toimintatapa.

Arvovirta-analyysit määriteltiin myös DA-suunnittelulle ja tuotteiden muutossuunnittelulle.

3 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

3.1 Lean - Hukan tunnistaminen

Arvovirta-analyysi (Value stream mapping) on menetelmä jolla voidaan tunnistaa prosessissa oleva hukka. Arvovirtaan kuuluvat kaikki ne toiminnot (arvoa tuottavat ja tuottamattomat) jotka tarvitaan tuotteen valmistamiseksi läpi päätoimintojen. (Rother M, Cook J. 2003, 3.)

Tässä työssä keskitytään asiantuntijatyön kehittämiseen, joten alla on esitelty yleisempiä asiantuntijatyössä esiintyviä hukan muotoja:

1. **Ylituotanto** aiheuttaa muita hukan muotoja (liian paljon, liian aikaisin ja varmuuden vuoksi). Asiantuntijatyössä ylituotanto voi esiintyä esimerkiksi seuraavasti:
 - Turha mittaaminen tai -raportointi
 - Palaverit joihin on kutsuttu osallistujia varmuuden vuoksi.
 - Väärä priorisointi, jolloin tehdään kiireellisiä, mutta ei virtauksen kannalta tärkeitä töitä. (Torkkola S. 2016, 25-26.)
2. **Odottelu ja viivästykset**. Tällöin ei voida hyödyntää tehokkaasti resursseja. Asiantuntijatyössä esimerkiksi asiakas odottaa tilaamansa palvelua tai työtä ei ole voitu aloittaa, koska tekijä puuttuu. (Torkkola S. 2016, 26.)
3. **Tarpeeton työ ja kuljettaminen**. Tämä ei tuota lisäarvoa eikä asiakas ei ole valmis maksamaan. Asiantuntijatyössä tämä voi ilmetä työn siirtämisenä henkilöltä tai osastolta toiselle. funktionaalisessa organisaatiorakenteessa tyypillistä toimintaa. (Torkkola S. 2016, 26.)
4. **Laatuvirheet ja uudelleen tekeminen (Vikakysyntä)**. Kun työ on tehty virheellisesti, asiakas tai seuraava työvaihe ei ole tyytyväinen siihen vaan

se palautetaan korjattavaksi. Virheellinen työ voi johtua keskeytyksistä, väärinkäsityksistä tai häiriöistä. (Torkkola S. 2016, 27.)

5. **Keskeneräinen työ.** Asiantuntijatyössä on keskeneräisiä töitä, joita on aloitettu, mutta ei saatu valmiiksi, esimerkkeinä sähköposteja, projekteja ja raportteja. (Torkkola S. 2016, 26.)
6. **Virheiden korjaaminen.** Asiantuntijatyössä esiintyy esimerkiksi manuaalista saman tiedon syöttämistä eri järjestelmiin tai liikkumista sovelluksista toisiin, lisäksi tiedon lajittelu ja hakeminen. Liikkumista paikasta toiseen tapahtuu toistuvasti ja se voi johtua toimiston huonosta layoutista. (Torkkola S. 2016, 27.)
7. **Epätarkoituksenmukainen käsittely.** Mikäli ei ole tiedossa tarkasti mitä asiakas haluaa, voidaan tehdä asiakkaan kannalta jalostamatonta työtä. Esimerkiksi: turhia raportteja, tarkistuksia tai jopa turhia työvaiheita. Lisäksi tapahtuu työn tekemistä suurissa erissä vaikka tekeminen pienissä kokonaisuuksissa olisi tehokkaampaa. (Lean asiantuntijatyön johtamisessa, Sari Torkkola). (Torkkola S. 2016, 27.)

Edellä mainittujen hukan muotojen tunnistaminen antavat hyvän lähtökohdan prosessin kehittämiseksi.

3.2 Lean - resurssitehokkuus vs. virtaustehokkuus

Resurssitehokkuus - resurssien käytön maksimointi. Resurssitehokkuus on perinteisesti käytetty tapa jo vuosisatoja. Teollisuudessa on peruseriaatteena pilkkoa tehtävä työ pienempiin kokonaisuuksiin ja antaa ne eri ihmisten tai organisaatioiden eri funktioiden tehtäväksi. (Modig & Åhlström 2013, sivu 22.)

Toinen periaate on mittakaavaedun tavoittelu. Resurssien tehokkuutta on voitu lisätä keräämällä pieniä tehtäviä yhteen ja tekemällä suuria määriä samantapaisia tehtäviä, jolloin tuotteiden yksikkökustannukset on saatu pieneksi. Resurssitehokkuuden määritelmänä voidaan pitää paljonko jotain resurssia hyödynnetään tietyssä ajanjaksona. (Modig & Åhlström 2013, 22.)

Virtaustehokkuus – tarpeiden tyydyttäminen

Virtaustehokkuus keskittyy käsiteltävään tuotteeseen. Teollisuudessa tuote voi olla valmistettava komponentti, laite tai kone. Palvelualalla tuote voi olla asiakas, dokumentoitu suunnitelma tai myyntitapahtuma. (Modig & Åhlström 2013, 24.)

Virtaustehokkuuden määritelmänä voidaan pitää sitä paljonko tuote jalostuu tiettyä ajanjaksona. Laskenta alkaa tarpeen määrittelystä ja päättyy tarpeen tyydyttämiseen (Modig & Åhlström 2013, 24.)

Esimerkikkinä virtaustehokkuudesta yrityksessä on tarve uuden option valmistusdokumenteille. Dokumentit on saatava sovituksessa ajassa tuotannon käyttöön, että sovittu toimitusaika voidaan pitää.

”Riittää kun seuraamme, paljonko aikaa kuluu siitä hetkestä, kun asiakas antaa meille tilauksen, siihen pisteeseen, jossa saamme maksun. Ja lyhennämme tätä aikaa jatkuvasti – Taiichi Ohno” (Torkkola S. 2016, 60.)

Sari Torkkolan (2016, 60) mukaan työn virtaus on olemassa jos työn tekijä pystyy vastaamaan alla oleviin kysymyksiin:

1. Mikä on seuraava sovittu työtehtäväni?
2. Mistä saan työtehtävänäni?
3. Miten kauan tämän työtehtävän tekeminen pitäisi kestää?
4. Mihin toimitan valmistuneen työn?
5. Milloin toimitan valmistuneen työni?

Lean-ajattelumallissa on tavoitteena työn optimaalinen eteneminen organisaatiossa, jolloin virtaustehokkuus on korkea. Kuitenkin asiantuntijatyössä työn tarkka resursointi on vaikeaa johtuen työn määrän vaihtelusta. Leanin mukaan työmäärän vaihtelu onkin hyväksyttävä asia ja pyritään sopeuttamaan organisaatio siihen. (Torkkola S. 2016, 60.)

Virtauksen katkeamisen suurin syy ovat keskeytykset. Asiantuntijatyössä tarvitaan tietoa muilta: asiakkaalta lähtötietoja, muulta organisaatiolta työaikatietoja uuden

option ollessa kyseessä jne. Tutkimuksien mukaan työn keskeytyksestä johtuvat työn vaihtamiset voivat aiheuttaa lisäaikaa työn käsittelyssä jopa 40 % ja vaativaan tehtävään kiinni pääseminen voi viedä jopa 15 minuuttia. (Torkkola S. 2016, 61.)

Organisoimalla työtä uudelleen voidaan saada lisää kapasiteettia arvoa tuottavaan työhön. (Torkkola S. 2016, 62.)

Lean-periaatteen mukaisia keinoja prosessin sujuvoittamiseksi toimihenkilötyössä ovat:

- Eliminoidaan työvaiheita ja tehtävien siirtoa henkilöltä toiselle
- Eliminoidaan turhat hyväksynnät
- Yhdistellään työvaiheita
- Muutetaan tehtävien järjestystä, rytmiä ja ajoitusta
- Toteutetaan imuohjaus
- Pienennä eräkokoa
- Parannetaan laatua
- Visualisoidaan tilannekuva
- Eliminoidaan turha liike ja siirtäminen
- Vakioidaan
- Lopetetaan arvoa tuottamattomien tehtävien tekeminen
- Perustetaan eri funktioista osa-aikaisia työsoluja
- Tasoitetaan työkuormaa kysynnän tahdin avulla
- Käytetään suoritusjärjestyksenä fifoa (first in, first out). (Torkkola S 2016, 124)

Tehokkuusmatriisi. Kuvassa 3 esitetään tehokkuusmatriisi, jolla esitetään resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden eroja sekä työn vaihtelun vaikutusta työn tehokkuuteen.

Organisaatio voidaan luokitella resurssimatriisin mukaan kahdella tavalla:

- pieni vai suuri resurssitehokkuus
- pieni vai suuri virtaustehokkuus

Kuvan vasemmassa ylänurkassa on suuri resurssitehokkuus ja pieni virtaustehokkuus. Tämän tyyppisessä organisaatiossa on yleensä osaoptimoituja toimintoja, jotka pyrkivät maksimoimaan oman tehokkuutensa toisistaan riippumatta. Tuotteen kustannukset ovat pienet toimintojen tehokkuudesta johtuen, mutta virtaustehokkuus on todella heikko. Tämä johtaa siihen, että palveluissa yleensä asiakas joutuu odottamaan kauan tilaamansa palvelun toimitusta.

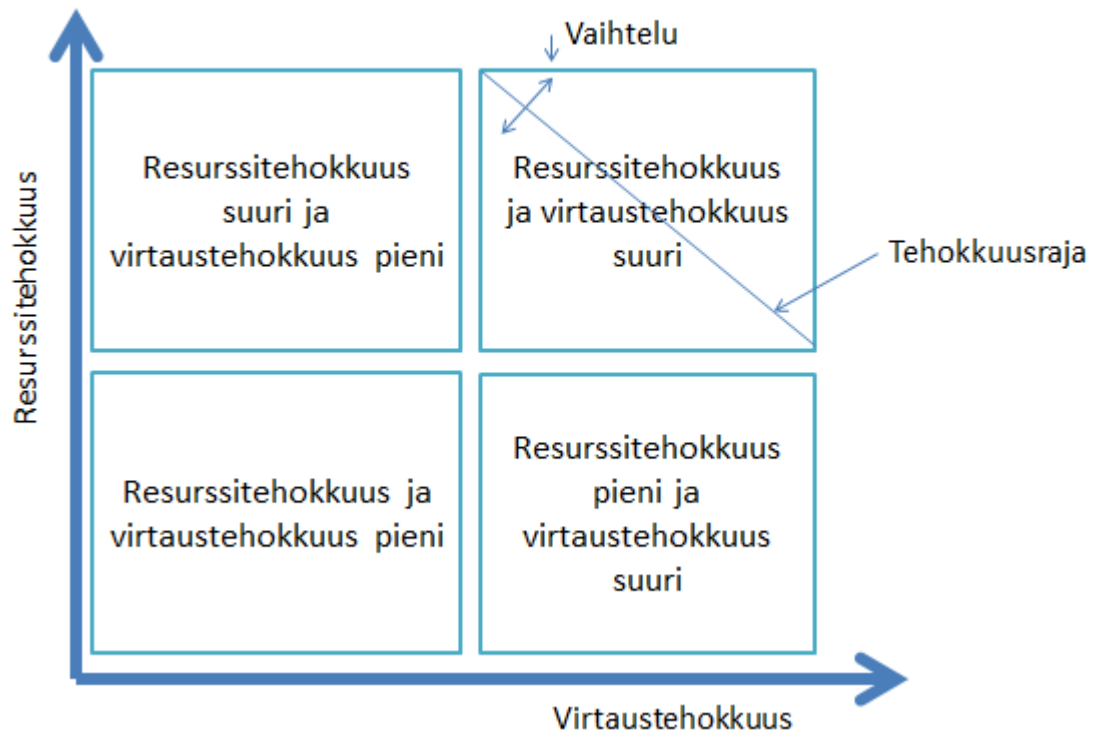
Matriisin oikeassa alakulmassa on resurssitehokkuus pieni ja virtaustehokkuus suuri. Asiakkaan kannalta näin saadaan nopein palvelu aikaan. Tämän tyyppisessä organisaatiossa on oltava vapaata kapasiteettia jota käytetään resurssitehokkuuden kustannuksella. (Modig & Åhlström 2013, 76.)

Matriisin vasemmassa alakulmassa sekä resurssitehokkuus että virtaustehokkuus ovat heikkoja. Tämän tyyppiset organisaatiot eivät osaa hyödyntää resurssejaan tehokkaasti. Ne eivät pysty luomaan virtausta prosesseihin, mikä on todella vältettävä tilanne. (Modig & Åhlström 2013, 76.)

Matriisin oikeassa yläkulmassa resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus ovat molemmat suuria. Tähän tilaan on erittäin vaikea päästä ja kuvassa onkin esitetty tehokkuusraja. (Modig & Åhlström 2013, 76.)

Työkuorman vaihtelun taso (esitetty kuvassa tehokkuusmatriisi: tehokkuusraja) määrittelee mihin kohtaan organisaatio voi päästä tehokkuusmatriisissa (Modig & Åhlström 2013, 78.)

Tehokkuusmatriisi



Kuva 3. Tehokkuusmatriisi
(Modig & Åhlström 2013, 78)

3.3 Räätelöinti teollisuudessa

Teollisuudessa on tullut esiin kasvava asiakaskohtaisten tuotteiden tarve, mikä on aiheuttanut yrityksissä tarvetta parantaa tuotteidensa räätälöitävyyttä. Tämä on todettu myös vuonna 1999 tehdyssä tutkimuksessa Iso-Britanniassa sekä Suomessa 2007. Tutkimuksen mukaan myös Suomessa suuri osa yrityksistä räätälöi jo tuotteitaan, mutta on huomattu tarve entistä asiakaskohtaisempien tuotteiden valmistamiseen kustannustehokkaasti ja lyhyellä toimitusajalla. (Ahonniemi L, Mertanen M, Mäkipää M, Sievänen M, Suomala P ja Ruohonen M. 2007, 13.)

Tuotannon suhde markkinoihin on ollut myös Suomessa kehityksen kohteena koko ajan. Käsitettä massaräätelöinti voidaan käsitellä neljällä erilaisella tavalla,

tosin niistä on käytössä paljon erilaisia kombinaatioita sovellettuna erilaisiin markkinatilanteisiin. (Ahonniemi ym. 2007, 15.)

Massatuotanto on tunnetuin tuotantometodi, jolla pyritään valmistamaan suuria eriä vakiotuotetta mahdollisimman tehokkaasti kilpailukykyiseen hintaan. Erilaisten tuotevariaatioiden määrä pidetään pienenä tuotantokustannusten minimoimiseksi. Näin tähdätään suurille markkinoille vakiotuotteilla ja tyypillisesti tuotteiden varastotaso on korkea toimitusten turvaamiseksi. Lean- ja JIT-tuotantomalliin liittyy myös tiiviisti jatkuva parantaminen. (Ahonniemi ym. 2007, 15.)

Uniikki käsityö aiheuttaa muutoksia sekä prosessissa että tuotteessa, mistä johtuen tuote on kyllä uniikki, mutta korkeilla tuotantokustannuksilla. Kun halutaan tuotantokustannuksia alaspäin, mutta tarjota samalla asiakaskohtaisia muutoksia tuotteeseen, massaräätälöinti on vaihtoehtoinen tapa varioida tuote. Tällä pyritään pitämään tuotantoprosessi lähes muuttumattomana. Se edellyttää joustavia tuotantojärjestelmiä, jotka käsittelevät joustavasti erilaisten tuoterakenteiden yhdistelmiä. (Ahonniemi ym. 2007, 16.)

Edellä mainittu tapa valmistaa tuotteita vaatii teknologiaympäristöltä riittävää kehittyneisyyttä. Lisäksi se vaatii koko tuotantoketjulta sitoutumista kehittämään laatua, toimitusaikaa ja tuotantoa vastaamaan kansainväliseen kilpailuun. (Ahonniemi ym. 2007, 17.)

Tuotteet ovat erilaisia, samoin niiden kehittämistarpeet riippuen asiakkaasta tai asiakasryhmistä. Massaräätälöinti voi olla mukautuva, kosmeettinen, läpinäkyvä tai yhteistoiminnallinen ja vaikuttaa tuotteen toiminnallisuuteen tai ulkomuotoon. Tuotteita voidaan räätälöidä ja prosesseja mukauttaa tarvittaessa asiakaskohtaisesti. (Ahonniemi ym. 2007, 18.)

Mukautuva massaräätälöinti perustuu tuotteen myyntimoduulien ja niiden yhdistelmien suunnitteluun edeltä käsin. Asiakas käyttää tilauskonfiguraattoria, joka on parhaimmillaan yhdistetty PDM-järjestelmään ja edellyttää yritykseltä hyvää tuotetiedon hallintaa. (Ahonniemi ym. 2007, 18.)

Kosmeettinen massaräätälöinti on nimensä mukaisesti muutos tuotteen ulkonäköön tai käyttötarkoitukseen. Yleensä räätälöinti tehdään aivan valmistusprosessin loppuvaiheessa. (Ahonniemi ym. 2007, 18-19.)

Läpinäkyvä massaräätälöinti perustuu asiakasmieltymyksen hyödyntämiseen tuotesuunnittelussa. (Ahonniemi ym. 2007, 19.)

Yhteistoiminnallinen massaräätälöinti on asiakasvuorovaikutteinen ja siksi haastavin ja edellä mainituista kustannuksiltaan korkein tapa räätälöidä tuotetta. Tuotteen valmistaminen asiakkaan tarpeita vastaavaksi vaatii usein tuotesuunnittelua ja esisuunniteltujen moduulien hyödyntäminen on haasteellista. (Ahonniemi ym. 2007 s.18-19.)

3.4 Räätälöinti ja valmistuksen ohjausprosessit

Yrityksen toimitusketjun hallinta on oleellinen osa massaräätälöinnin valmistusprosessin hallintaa. Prosessin ohjaustapoja on erilaisia riippuen asiakkaasta ja tuotteesta. Tunnetuimmat ohjaustavat ovat:

- ETO (Engineering to order), tuotteen suunnittelu tilauskohtaisesti
- MTO (Make to order), tuotteen valmistus tilauskohtaisesti
- ATO (Assembly to order), tuotteen kokoonpano tilauskohtaisesti
- STO (Ship to order) tuotteen toimittaminen tilauskohtaisesti
- MTS (Make to stock), tuotteen valmistus varastoon. (Ahonniemi ym. 2007, 20.)

Ohjaustavat on esitetty kuvassa 4, jossa ne sijoittuvat kaavioon räätälöinnin asteen ja massatuotannon asteen suhteen.



Kuva 4. Prosessien ohjaustavat
(Ahonniemi ym. 2007, 21.)

Ohjaamotoimittajan ohjaustapana ohjaamoille käytetään räätälöity valmistus loppukokoonpanolle (MTO).

Tämän tutkimuksen kohteena on yhteistoiminnallinen räätälöinti. Edellä mainittu ohjaustapa on tarpeen silloin kun asiakas tilaa uuden, usein loppuasiakaskohtaisen ominaisuuden valmistettavaan ohjaamoon.

4 TUTKIMUSONGELMA

Tilauskohtaisessa suunnittelussa on tärkeää saada tilatun ohjaamon uudet optiot riittävän nopeasti valmiiksi, että ohjaamo voidaan toimittaa sovitussa ajassa asiakkaalle. Tämän takia on tärkeää, että suunnittelu etenee tehokkaasti ja suunnitteluprosessi on optimaalinen.

Kapasiteetin ennustetarkkuuden parantamisella on mahdollista varautua tarpeelliseen määrään resursseja oikeaan aikaan ja siten nopeuttaa tilaussuunnittelun läpimenoaikaa.

Selvitetään käytettävissä olevien suunnittelutyökalujen soveltuvuus tavoitteena olevaan suunnitteluprosessiin.

4.1 Tutkimuskysymykset

1. Miten optimoidaan prosessi asiakkaan lähtötiedoista valmiiksi valmistusdokumenteiksi?
2. Miten parannetaan kapasiteetin ennustamista ja resursointia?
3. Mitkä suunnitteluprosessin työkalut ovat tarkoitukseen sopivimmat?

5 TILAUSKOHTAINEN SUUNNITTELUN NYKYTILANNE

Tässä luvussa tarkastellaan tilauskohtaisen suunnittelun nykytilannetta ja tärkeimpiä muutoksia lähtötilanteeseen verrattuna.

5.1 Leanin mukaisten toimintatapojen implementointi

Yksikössä päätettiin panostaa Leanin mukaisten toimintatapojen käyttöönottoon vaiheittain. Koulutuksen toteutti ulkopuolinen konsulttitoimisto. Ensin koulutettiin Lean-asiantuntijat, jotka olivat esimiesten tukena työntekijöiden koulutuksessa myöhemmin.

Koulutus toteutettiin aikavälillä 2015–2016 koko henkilökunnalle. Ensin koulutettiin johtoryhmä, sitten esimiehet, työntekijät ja asiantuntijat. Esimiehet olivat aina mukana alaistensa koulutuksessa ja sen suunnittelussa.

Koulutuksessa käytettiin yrityksen eri osa-alueilla todellisia kehityskohteita, jotka toteutettiin myös soveltuvin osin. Esimerkiksi otettiin käyttöön mm. kehityslomakkeet, joita käytetään kehittämään omaa työtä ja prosesseja.

Lean-periaatteita on nyt sovellettu myös toimihenkilötyön kehittämiseen. Yrityksessä on tehty arvoketjuanalyysjä tuotannossa tärkeimmille tuotteille ja myös tilauskohtaisen suunnittelun hukan tunnistamiseen ja prosessin virtauksen parantamiseen.

5.2 Yrityksen organisaatorakenne

Yrityksen organisaatorakenne on muutettu asiakkuuksien mukaisesti toimiviksi tiimeiksi. Nämä tiimit on jaettu kahdelle tuotantolinjalle. Jakoperusteena on käytetty ohjaamon räätälöintiastetta. Tuotantolinjojen apuna on tukitoiminnot: Logistiikka/osto, Hankinta, Laatu, Taloushallinto ja Myynti. Tukitoiminnot tukevat tuotantolinjojen toimintaa omalla vastuualueellaan.

Tuotantolinjat ovat vastuussa tilaus-toimitusprosesseistaan kokonaisuudessaan. Tähän kuuluu asiakaskommunikaatio/ tilaukset, tilaus-toimitukseen liittyvät ylläpito-suunnittelu ja tilauskohtainen suunnittelu, tuotannon ohjaus ja ohjaamon valmistaminen. Edellisten lisäksi vastuualueeseen kuuluvat tuotekannattavuus ja sen kehittämiseen liittyvät kehitystoimenpiteet.

Tuotantolinjojen jokaisessa tiimissä on vastuuhenkilöt kuhunkin toimintoon, ja tiimi toimii yhteistyössä tilauksesta toimitukseen.

Näillä toimenpiteillä on saatu lisättyä asiakastyytyväisyyttä lisäämällä tiedonkulun tehokkuutta ja vastuunjakojen selkeyttä. Lisäksi on saavutettu resurssien tehokkaampi hyödyntäminen kuormitushuippujen tasaamisessa ristiinkoulutusta lisäämällä.

5.3 Tilauskohtainen suunnitteluprosessi

PDM-järjestelmässä käytetään suunnitteluprosessin (DA-prosessi) mukaista tilauskohtaisten asiakasoptioiden suunnittelun vaiheiden hyväksyntäohjelmistoa. Tämä mahdollistaa suunnitteluvaiheiden reaaliaikaisen seurannan. DA-prosessiin liittyvät vaiheet on esitetty prosessikaaviossa kuvassa 9.

DA-hyväksyntäohjelmisto on vuorovaikutteinen työkalu, jota käytetään suunnitteluprosessin aikana asiakkaan ja toimittajan tuotesuunnittelujen väliseen kommunikointiin suunnittelutehtävän eri vaiheissa. Kaikki suunnittelutehtävään liittyvät lähtötieto-dokumentit voidaan tallentaa liitteeksi tilattuun DA-tehtävään.

Asiakkaan tilaamaan suunnittelutehtävälle määritellään option arvioitu valmistuspäivämäärä ja toimitusaika. DA-tehtävän toimitusaika voi määrätä siihen liittyvän tilauksen toimitusajan. Suunnittelun valmistuttua liitetään DA-tehtävälle suunniteltu option rakenne dokumentteineen, option myyntihinta, suunnittelukustannukset ja mahdolliset muut kustannukset. Viimeisessä vaiheessa asiakas hyväksyy suunnittelun tuloksen, jolloin se on valmis toteutettavaksi ja laskutettavaksi.

Asiakkaan tilaamat standardivarustelut käsitellään PDM-tilauskonfiguraattorissa ja siirretään tuotannonohjausjärjestelmään (MRP) myyntirakenteeksi. Mikäli tilauksessa on suunniteltavia uusia asiakaskohtaisia varusteluja, kyseinen tilaus odottaa ”engineering-block” ZP-tilassa, eli tilausta ei voida siirtää eteenpäin MRP-järjestelmässä ennen kuin DA-tehtävä on kuitattu valmistuneeksi.

Suunnittelun valmistumisen jälkeen, kun uusien nimikkeiden perustiedot on lisätty MRP-järjestelmään, uusi rakenne voidaan lisätä myyntirakenteeseen. Tämän jälkeen tilaus vapautetaan ja se voidaan ottaa käyttöön tuotannonohjausjärjestelmässä.

5.4 Asiakaskohtaiset toimintatavat 2017

Asiakas 1: Kolme tuotelinjaa (1A,1B ja 1C)

Tuotelinja 1A on asiakkaan tuotantolinjoista suurin vuotuiselta tilausmäärältään. Ohjaamolle on tehty asiakkaan kanssa yhteistyössä kustannussäästöprojekti, jolla optimoitiin tämän ohjaamon rakenne kyseiselle konetyypille sopivaksi. Samalla pyrittiin rakennetta standardoimaan mahdollisimman pitkälle. Tavoitteena oli tilauskohtaisen suunnittelun minimoiminen. Tavoitteessa onnistuttiin asiakkaan tuotesuunnittelun kanssa tiiviillä yhteistyöllä ja tilauskohtainen suunnittelu onkin vähentynyt yli 50 %.

Tuotelinja käyttää PDM-tilauskonfiguraattoria itsenäisesti ja määrittelee tilaukselle maininnan DA-tehtävästä ja avaa sen. Suunnittelun lähtötiedot eivät aina ole valmiina linkitettyinä DA-tehtävälle, vaan edelleen käytetään sähköpostia lähtötietojen selvittelyssä. DA-prosessin eri vaiheissa tapahtuvat hyväksynät eivät aina toteudu asiakkaan toimesta, vaan se tehdään ohjaamovalmistajan suunnittelun toimesta. Kyseiset asiat on kuitenkin käsitelty sähköposteilla, joten juridisesti asia on kunnossa ja sähköpostihyväksyntä voidaan lisätä liitteeksi DA-tehtävään. Ohjaamotehtaan vaatimuksena on kuitenkin pidetty DA-tehtävän lopullista hyväksyntää asiakkaan toimesta, koska hyväksynnällä asiakas hyväksyy DA-tehtävän laskutettavaksi.

Tuotelinja 1B ei käytä konfiguraattoria, vaan konfigurointi tehdään ohjaamovalmistajan toimesta. Tämä tuote on juuri lisätty konfiguraattoriin ja käyttää osittain samoja moduleja tuotelinjan A tuotteen kanssa.

Tuotelinja 1C on tilannut vasta muutamia ohjaamoja eikä ohjaamojen rakenne ole vielä sopiva konfiguroitavaksi. Tilaukselle määritellään tilauskohtainen osaluettelo ilman konfigurointia.

Tuotelijoilla 1B ja 1C DA-tehtävien lähtötiedot ovat usein puutteelliset ja vaativat ohjaamotoimittajan suunnittelusta tarkentavia kyselyjä ennen kuin suunnittelu voidaan aloittaa tai saattaa loppuun. DA-tehtävä avataan ohjaamotoimittajan toimesta tässä vaiheessa

Asiakas 2: Kolme tuotelinjaa (2A,2B ja 2C)

Tuotelinja 2A avaa DA-tehtävän aina kun tilaus sisältää asiakasoptioita. Tämä on ohjaamotehtaan kannalta tavoiteltava toimintatapa. Usein viitataan aikaisemmin suunniteltuun DA-suunnittelutehtävään, josta voi hakea referenssitietoja. Tällä tavalla voidaan hyödyntää aikaisemmin tehtyä suunnittelutyötä ja nopeuttaa suunnittelun läpimenoa.

Tuotelinja 2B avaa DA-tehtävän ja lähtötiedot. Asiakkaan tilaussuunnittelun vastuu on siirtynyt valmistavalle tehtaalle tuotekehityskeskuksesta. Myös perusohjaamon rakenteeseen liittyvät asennuskuvat suunnitellaan asiakkaan toimesta. Tämä on selkeyttänyt suunnittelun tilannetta, koska nyt tilaus ja suunnittelu tehdään asiakkaalla samassa yksikössä. Ohjaamon määrittelyn lisäksi asiakas toimittaa listauksen tilaukselle käytettävistä sähkökaavioista. Kaaviot haetaan asiakkaan järjestelmästä. Mikäli tilaus sisältää uusia optioita, asiakas toimittaa myös uudet sähkökaaviot kyseiselle optiolle.

Tuotelinja 2C toimii projektimaisesti. Ohjaamosta saadaan ohjaamoerittely ennen kuin tilaus saapuu. Sähköpiirikaaviot saadaan usein vasta parin viikon viiveellä.

Ohjaamon rakenne voidaan määrittellä ohjaamoerittelyn perusteella osittain, lopullinen määrittely tehdään, kun sähkökaaviot on saatu. Sähkökaavioissa on tarkemmat asiakaskohtaiset ominaisuudet, jotka vaikuttavat ohjaamoerittelyssä mainittuihin ominaisuuksiin. Tyypillisesti loppuasiakas haluaa samanlaisen

ohjaamon kuin on aikaisemmin toimitettu. Tavoitteenaan on samanlainen käyttöliittymä operaattorille kuin aikaisemmin toimitetuilla ja uusilla koneilla. Tämän asiakkaan tuotelinjan suunnittelu ja valmistus ovat eri maissa.

5.5 Prosessia hidastavat asiakaskohtaiset tekijät

Tuotelinja 2A tilausprosessi ovat tavoitetilan mukaisia, eikä prosessissa ole merkittäviä hidastavia tekijöitä. Dokumenttien lähtötiedoissa on pieniä puutteita. Esimerkiksi sähköpiirikaavioissa on johtimien poikkipintojen merkinnöissä puutteita, jotka aiheuttavat lisätyötä johdinsarjojen päivitysten yhteydessä.

Tuotelinja 2B. Mikäli tilaukselle tulee DA, asiakas saattaa tehdä sähköpostilla etukäteiskyselyn ohjaamotehtaan tuotesuunnitteluun mahdollisesti tarvittavasta DA-tehtävästä ja avaa sen suunnittelun tarkistettua tarpeen. Itse DA-käsittely tehdään tavoitetila prosessin mukaisesti.

Asiakkaan toimittama ohjaamoerittely ja sähkökaaviot voivat edelleenkin olla toisinaan ristiriitaiset. Halutun option varmistamiseksi on ohjaamotoimittajan suunnittelusta tehtävä kysely asiakkaalle, tämä lisää työtä sekä viivästyttää DA-tehtävän valmistumista ohjaamotoimittajalla.

Tuotelinja 2C. Usein asiakkaan määrittelyyn liittyvät automaatio- ja sähkösuunnitteludokumentit saadaan myöhäisessä vaiheessa. Joissakin tapauksissa loppuasiakas voi muuttaa rakennetta vielä ohjaamon toimituksen jälkeenkin. Räättälöinti tehdään siinä tapauksessa asiakkaan toimesta, mutta tämä aiheuttaa osaluetteloiden päivityksiä ohjaamotoimittajalla. Lisäksi asiakas saattaa tilata muutosten vaatimia komponentteja ohjaamotoimittajalta.

Uusien optioiden materiaalihinnointelu tehdään MRP-ohjelmiston toiminnolla hinnallinen osaluettelo. Tässä huomioitavaa ovat ostohinnan oikeellisuus ja mahdolliset 0-hintaiset materiaalit. Lisäksi on tehtävä hintojen manuaalinen tarkistus.

Suunnittelutietoja (pääasiassa sähkö- ja automaatio-suunnittelu) saadaan myöhäisessä vaiheessa, vasta lähellä toivottua ohjaamon toimituspäivää.

Suunnittelua ei ehditä tehdä ajoissa, jolloin suunnittelun laatu kärsii ja virheiden mahdollisuus on suurempi.

Loppuasiakas saattaa muuttaa ohjaamon määrittelyä vielä siinä vaiheessa, jolloin ohjaamon suunnittelu on jo tehty ja tiedot siirretty ohjaamotoimittajan tuotannonohjausjärjestelmään.

5.6 Prosessia hidastavat yleiset tekijät

Leanin mukainen suunnittelutyön virtaus ei toimi parhaalla tavalla johtuen useista samaan aikaan olevista keskeneräisistä suunnittelutehtävistä. Työ voidaan joutua keskeyttämään vajavaisten suunnittelun lähtötietojen takia ja aloittamaan taas uudelleen. Lisäksi kuormitushuippujen aikana voidaan joutua viemään useita suunnittelutehtäviä eteenpäin samaan aikaan.

Merkittävä prosessia hidastava tekijä on, kun asiakas tekee muutoksia lähtötietoihin suunnittelun loppuvaiheessa.

Suunnittelun lähtötietona ovat pääasiassa ohjaamovalmistajan dokumentit: 3D-mallit, piirustukset, spesifikaatiot komponenteille. 3D-malleja on suunniteltu aiemmin Catia 3D -ohjelmistolla ja ennen ensimmäistä muokkaukset näitä malleja täytyy ensin konvertoida kääntöohjelmistolla yhteensopivaksi Solid Works-ohjelmistolle. Sen jälkeen varsinainen mallin muokkaus on mahdollinen ja voidaan tehdä vaadittavat muutokset malliin. Muutetusta Solid Worksin 3D-mallista täytyy aina tehdä varsinainen piirustus uudelleen.

5.7 Ohjelmistot nykytilanteessa

Muutos ohjelmistoihin tehtiin vuodenvaihteessa 2014, jolloin yhtiössä otettiin käyttöön uudet suunnitteluohjelmistot ja tuotetiedon hallintaohjelmistot.

3D-suunnitteluohjelmisto Solid Works koostuu mm. seuraavista moduleista :

- 3D-suunnittelu, sheet metal, pintamallinnus

- kokoonpanot
- valmistuspiirustukset
- analyysi
- simulointi
- Cad datan hallinta: Cad-tiedostot, kokoonpanot ja revisioinnit.

PDM (Product Lifecycle Management) -järjestelmä Sovelia koostuu mm. seuraavista toiminnoista:

- nimikkeiden perustiedot
- osaluettelorakenteet
- dokumenttien jakelu
- dokumenttien hallinta
- suunnittelumuutosten hallinta
 - asiakasrajapintaan DA (Design Assignment) Web-pohjainen sovellus
 - sisäisiin tuotemuutospyyntöihin ECR (Engineering change request)

Myyntikonfiguraattori Citrus on erillinen web-pohjainen sovellus, joka on integroitu Soveliaan. Myyntikonfiguraattori sisältää seuraavat toiminnot:

- tilauskonfigurointi
- optioiden konfigurointi
- konfigurointisäännöt
- myynti- ja siirtohinnot

E3 Sähkösuunnitteluohjelmisto sisältää seuraavat toiminnot:

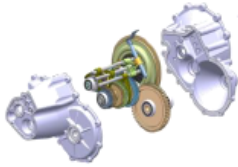

- piirikaaviosuunnittelu

- johdinsarjasuunnittelu
- johdinsarjojen valmistusdokumentit: katkentalistat, materiaaliluettelot, kytkentätaulukot ja johtosarjan layoutkuvat.

Autocad LT 2D sähkösuunnitteluohjelmisto sisältää seuraavat toiminnot:

- johdinsarjojen ylläpito, vanhat piirustukset
- kokoonpanokuvien ylläpito, vanhat piirustukset

ENGINEERING TOOLS

<p>SOLIDWORKS</p> <p>Product development and mechanical engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 3D ▪ Assemblies ▪ Drawings ▪ Analyses ▪ Simulations  <p>CAD</p> <p>Data management</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CAD files ▪ Assemblies ▪ Revisions 	<p>SOVELIA</p> <p>Product lifecycle management</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Items ▪ structures ▪ Data quality ▪ Process maintenance ▪ Engineering change management ▪ Project management <p>Data distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Internal ▪ External <p>Document management</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Archive ▪ Revision control ▪ Approval processes
<p>E-series</p> <p>Electric development and engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wiring diagrams ▪ Wiring harness drawings and component lists 	<p>citrus</p> <p>Product configurator</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Order configuration ▪ Option configuration ▪ Configuration rules ▪ Customer prices ▪ Transfer prices 

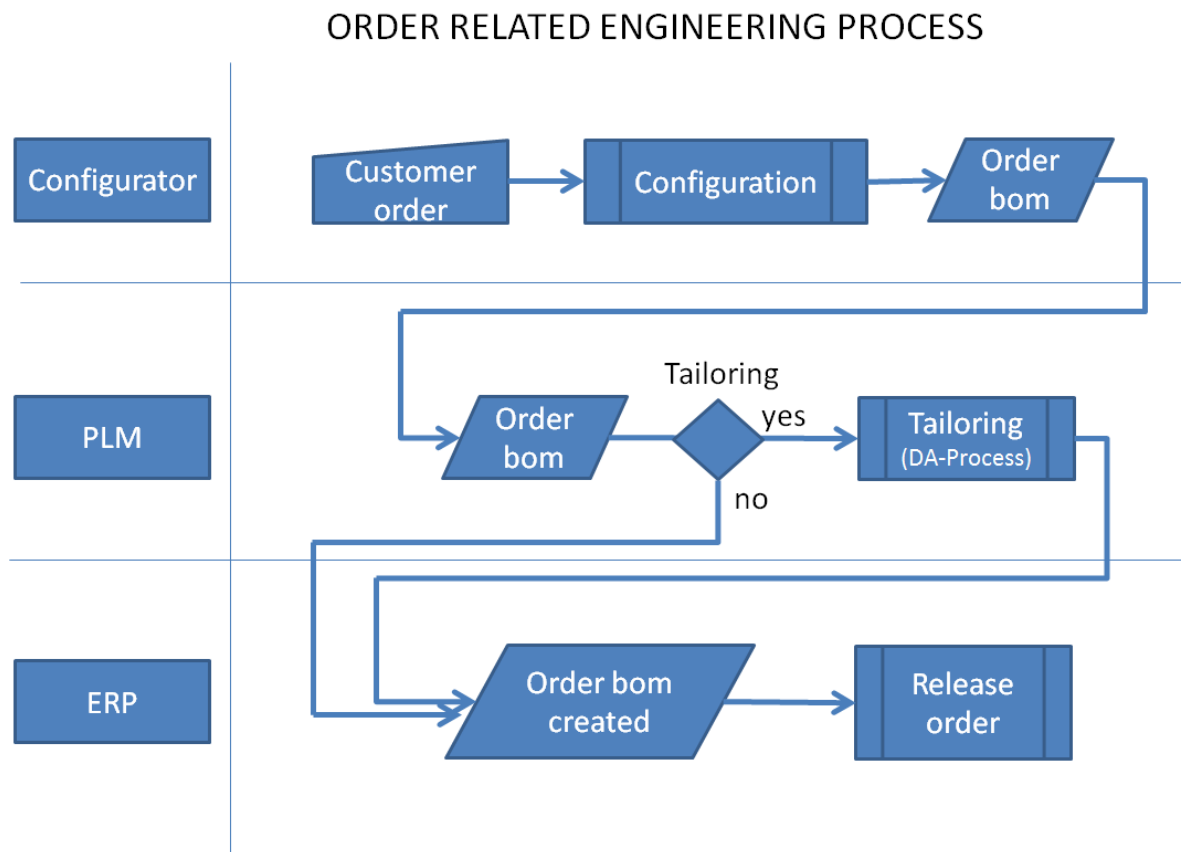
Kuva 5. Suunnitteluohjelmistot 2017

(<http://www.fortacogroup.com/products/assembly-cabin.html>, viitattu 2017.02.04.)

Kuvassa 5 esitetään suunnitteluohjelmistojen toiminnallisuudet vuonna 2017.

5.8 Prosessikaaviot nykytilanteessa 2017

Kuvassa 6 esitetään tilauksen käsittely ja räätälöinti eri ohjelmistoissa. Tilaus määritellään ensin konfiguraattorissa ja sen jälkeen tilauksesta muodostetaan tarkistuksen jälkeen tilauskohtainen osaluettelo tuotetiedon hallintaohjelmistoon. Tilauksella voi olla DA-suunnittelutehtävä, kaaviossa "Tailoring", jolloin tilaukselle tehdään tilauskohtainen suunnittelu DA-prosessin mukaisesti. Sen jälkeen lisätään uusi suunniteltu rakenne tilaukselle ja myyntitilausrakenne siirretään MRP-järjestelmään. Sen jälkeen tilaus voidaan "vapauttaa", jonka jälkeen se on käytettävissä MRP-järjestelmässä.



Kuva 6. Tilauksen käsittely prosessikaavio (Fortaco Ostrobothnia toimintaohjeet.)

Kuvassa 7 esitetään Design Assignment (DA), kaaviossa "tailoring" prosessikuvaus:

Draft: Asiakas avaa suunnittelutehtävän ja linkittää haluamansa dokumentit suunnittelun lähtötiedoiksi. Lisäksi tehtävään voidaan lisätä päivämäärä, koska halutaan suunnittelun olevan valmis ja koska pitää antaa arvio suunnittelun hinnasta ja muutoksen hintavaikutus tuotteeseen tai option myyntihinta. Tässä vaiheessa tehtävä ei ole vielä aktiivinen ohjaamovalmistajalle.

Submitted: Suunnittelutehtävä on siirretty ohjaamotoimittajalle työtilaukseksi.

Design proposal: Ohjaamotoimittaja antaa ehdotuksen suunnittelutehtävän toteuttamisesta, hinta-arviot suunnittelusta ja hintavaikutuksesta tuotteeseen tai option myyntihinnasta. Lisäksi määritellään toimitusaika optiolle. Tässä vaiheessa voidaan suunnittelutehtävää kommentoida ja pyytää esimerkiksi lisätietoja asiakkaalta sekä antaa takaraja tietojen saamiselle, että pysytään tavoiteaikataulussa.

Proposal approved: Asiakas on hyväksynyt suunnittelutehtävän kuvauksen ja hintavaikutukset. Suunnittelu voidaan aloittaa ehdotuksen mukaisesti. Tässä vaiheessa suunnittelu toteutetaan yksityiskohtaisesti, ja todetaan olivatko alkuperäiset arviot oikeat suunnittelusta ja option hinnasta.

For approval: Tarkempi suunnittelun tulos lähetetään asiakkaalle hyväksyttäväksi. Muutetaan myyntihinta ja suunnittelukustannus mikäli tarpeen.

Approved: Tässä vaiheessa asiakas voi palauttaa suunnittelutehtävän korjattavaksi tai hyväksyä sen. Hyväksytty suunnittelutulos on hyväksytty myös samalla laskutettavaksi.

Completed: Valmis suunnittelutulos, osaluettelot ja dokumentit siirretään MRP-järjestelmään ja laskutetaan asiakkaalta.

Interrupted: Asiakas voi keskeyttää suunnittelun missä vaiheessa vain. Suunnittelukustannukset veloitetaan kuten on asiakkaan kanssa sovittu.

Obsolete: Suunnittelutehtävä voidaan siirtää tähän tilaan, jos sitä ei voida käyttää enää jostain syystä.



Kuva 7. DA-suunnitteluprosessikaavio
(Fortaco Ostrobothnia toimintaohjeet 2017.)

Kuvassa 8 esitetään Design Assignment (DA) eri vaiheet. Järjestelmään tallentuu päivämäärät milloin kyseistä työvaihetta on käsitelty.

Status data		
Current	User	Date
Created	ADM	Dec 4, 2013
Submitted	ADM	Dec 14, 2013
Design proposal	ADM	Dec 20, 2013
Proposal approved	ADM	Dec 20, 2013
For approval	ADM	Dec 20, 2013
Approved	ADM	Dec 20, 2013
Completed	ADM	Dec 20, 2013

Kuva 8. Ohjelmistonäkymä DA-prosessin eri vaiheista. Testi DA (Sovelia ohjelmisto.)

Kuvassa 9 esitetään Design Assignment (DA) yleisnäkymä jossa näkyy kyseille DA-suunnittelutehtävälle linkitetyt osaluettelot ja suunnittelun lähtötiedot. Nimikkeellä näkyy myös "status description" joka määrittelee kyseisen nimikkeen valmiusasteen. Esimerkissä "TESTINIMIKE_EO" on tuotannon käytettävissä.

Descripti...	Status description	Parent relation	Cl...
DA-TEST.-	Completed	Item-DA relation	
TESTINIMIKE_EO	In Production	DA-Object relation	
DA-TESTDOC-00.	Ready	DA-Object relation	
DAC-TEST.1	Ready	DA-Object relation	
DOC-000026.-	Ready	DA-Object relation	

Kuva 9. Ohjelmistoyleisnäkymä Design Assignment (DA). Testi DA (Sovelia ohjelmisto.)

Kuvassa 10 esitetään yleisnäkymä Design Assignment (DA) perustiedoista. Näkymä on yhteenveto DA-suunnittelutehtävässä sovituista asioista, tärkeimpänä suunnittelu- ja muut kustannukset, option myyntihinta asiakkaalle ja koska optio on valmis siirrettäväksi MRP-järjestelmään.

Basic attributes	
Customer	CAD-QUALITY FINLAND OY
Priority	2 Normal - Change date determined by production
Cabin number	12345
Cabin type	CADQ SPECIAL
Design Assignment request	CAD-Q tarra ohjaamoon
Design type	Customer order
Customer's reference number	JK TEST
Additional email	<input type="text"/>
Proposed design ready date	Dec 24, 2013
Requested design ready date	Dec 24, 2013
DA response required from customer	Dec 5, 2013
DA response required from Fortaco	Dec 5, 2013
Estimated sales price	1.0
Design cost	1.0
Other cost	1.0
Confirmed sales price	3.0
DA leadtime in days	1
(V) Number of revisions	1
(V) ERP description	DA TESTI
Has Bom	true
Has 3D driven child	true
(V) DA includes items	TESTINIMIKE_E007

Kuva 10. Ohjelmistonäkymä DA-perustiedoista. Testi DA (Sovelia ohjelmisto.)

Liitteessä 4. esitetään ylimmäisenä prosessi, jossa ohjaamo runko voidaan kuormittaa valmistukseen ennusteen tai olemassa olevan tilauksen perusteella, jota ei ole viety vielä tuotannonohjaus järjestelmään.

Liitteen 4, alemmassa kaaviossa on kuvattu DA-suunnitteluprosessi. Olennaista tässä on, että DA-prosessi ajoittuu ennen virallisen tilauksen saapumista asiakkaalta. Tavoitteena on saada tiedot sitä aikaisemmin mitä suurempi on DA-suunnittelun oletettu työmäärä. Asiakkaan tuotesuunnittelu pääsääntöisesti osaa arvioida suunnittelun määrän. Tietenkin käytännössä joskus tulee tilanteita, jossa myös asiakkaan suunnittelussa ollaan myöhässä tilapäisen työkuorman takia.

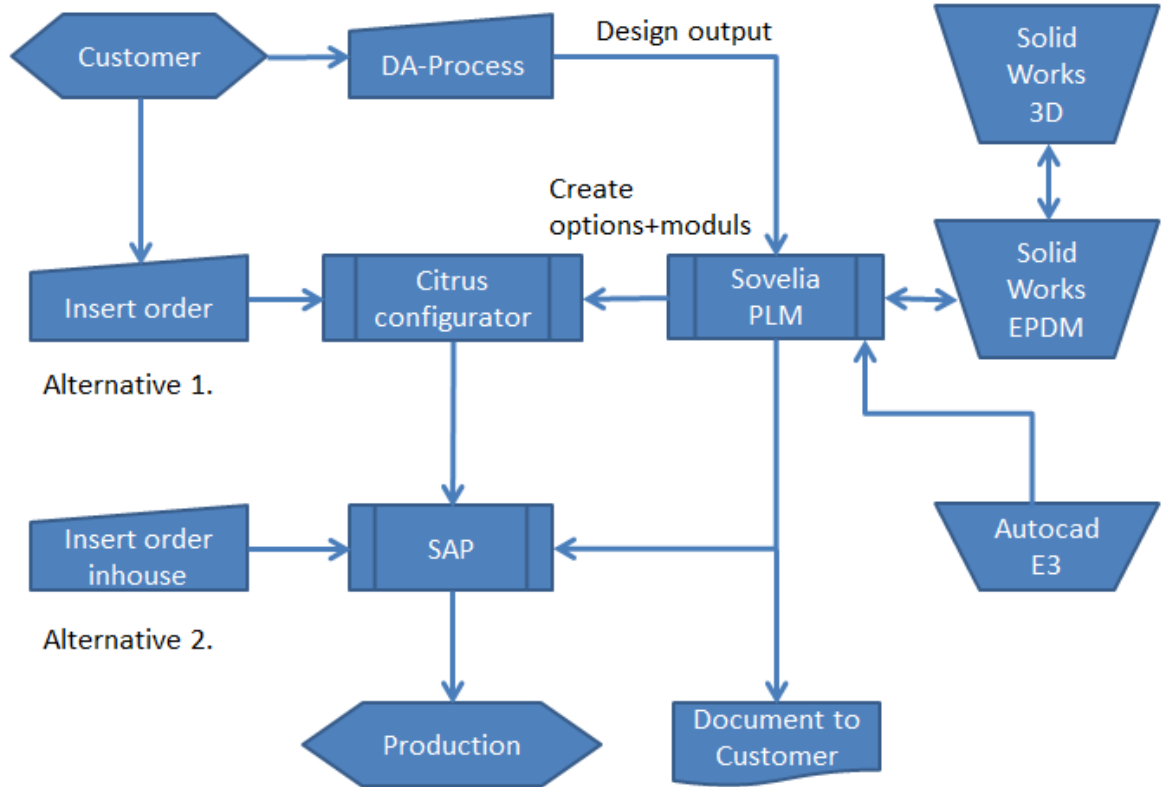
Tällöin suunnittelun valmistumiseksi ajoissa tilaukseen nähden täytyy tehdä erikoistoimenpiteitä, esimerkiksi käyttämällä joustavaa työaikaa tai ostamalla tilapäistä suunnitteluresurssia. Ostopalveluja käytetään yleensä kun työkuorma on pidempään korkeammalla tasolla.

Kun kysymyksessä on uuden option suunnittelu, suunnitteluprosessin aikana selvitetään uusien komponenttien saatavuus, hintatiedot ja toimitusaika.

DA-suunnittelussa onkin erityisen tärkeää selvittää heti suunnittelun alkuvaiheessa mahdollisten pitkän toimitusajan komponenttien määrä ja saatavuus. Nämä komponentit pyritään yhteistyössä asiakkaan suunnitteluosaston kanssa sopimaan ja tilaamaan jo suunnittelun alkuvaiheessa, ettei ohjaamon toimitusaika muodostu liian pitkäksi haluttuun toimitusaikaan nähden.

Kuvassa 11 esitetään tuotetiedonhallinta ohjelmistoympäristö tilauksilla joilla on DA-suunnittelua.

PLM ENVIRONMENT DESCRIPTION 2017



Kuva 11. Tuotetiedon hallinta tilaukselle 2017 PDM (Fortaco Ostrobothnia toimintaohjeet.)

6 KEHITTÄMISEHDOTUKSIA

Tässä luvussa käsitellään ehdotuksia prosesseihin ja toimintatapoihin liittyen. Kaikkia ehdotuksia ei ole mahdollista toteuttaa nykytilanteessa, mutta ehdotukset voidaan ottaa huomioon, kun suunnitellaan muutoksia järjestelmiin tai hankitaan uusia. Lisäksi tässä on kuvattu viimeisimmät toteutetut muutokset, joilla kehitetään suunnittelua.

6.1 Osaluettelorakenteet vs. asiakkaan tilaus

Tilauskohtaista osaluettelorakennetta verrataan asiakkaan tilausdokumentaatioon PDM-järjestelmässä ennen kuin se siirretään MRP-järjestelmään. Erikoistapauksissa on apuna mahdollista käyttää kokoonpanohenkilöiden asiantuntemusta ohjaamon tilausrakenteen varmistamiseksi. Esimerkkinä voidaan mainita varaosaohjaamo joka on tilattu vaurioituneen ohjaamon tilalle.

Tuoterakenteen virheiden vähentämiseksi yksi keino on määritellä ohjaamorakenteen standardisuus ja moduloida mahdollisimman useita vaihtuvia ominaisuuksia. Tämä mahdollistaa ohjaamon rakenteen osittaisen konfiguroinnin, jolloin tilauskohtaisen suunnittelun määrä vähenee. Lisäksi etuna on suunnittelun läpimenoajan lyheneminen.

Tuotelinja 2C:n kanssa on saatu valmiiksi vuoden 2017 alussa tuotekehitysprojekti, jossa päivitettiin ohjaamon sähköjärjestelmä. Tässä yhteydessä ohjaamon rakenteita standardoitiin sähköjen osalta. Tämä ohjaamomalli on tarkoitus lisätä myyntikonfiguraattoriin ja se tulee olemaan pilottiohjaamo tällä tuotantolinjalla.

Tästä saatujen kokemusten pohjalta tavoitteena on ohjaamon konfiguroitavuuden edelleen lisääminen yhteistyössä asiakkaan kanssa.

6.2 Masterdata optimointi PDM – MRP

Kaikille nimikkeille määritellään perustiedot hankintaa varten. Suunnittelija lisää manuaalisesti tiedot PDM-järjestelmässä, tuotannosuunnittelija ja hankinta täydentävät tiedot omalla vastuualueellaan.

Perustietojen määrittelyn nopeuttamiseksi voidaan PDM järjestelmään lisätä usein käytettävien nimikkeiden template-pohjia, joissa on valmiiksi määritelty oikeat arvot kullekin kyseisen nimikeryhmän vakioperustiedoille. Esimerkikkejä erilaisista nimikkeistä ovat: teräskomponentit, hitsattavat rakenteet, kokoonpanorakenteet ja johdinsarjat.

Tullikoodi valitaan alasvetovalikosta, eikä sitä ole mahdollista hakea nimen perusteella. Nimikkeistö on tällä hetkellä liian laaja ohjaamotehtaan tarpeisiin. Tullikoodiston määrää kannattaa rajata vastaamaan paremmin käytössä olevia nimikkeitä. Tällä voidaan nopeuttaa oikean tullikoodin valintaa ja vähentämään mahdollisen väärän tullikoodin käyttöä. Lisäksi oikean koodin valitsemiseksi pitäisi olla mahdollista tehdä haku nimellä.

Tieto suunnittelumuutoksen vaikutuksesta konfigurointiin on välitettävä henkilölle joka vastaa konfigurointisääntöjen luomisesta. Tällöin suunnittelumuutoksen mukainen konfigurointi tehdään kehitysinsinöörin toimesta kun optio on MRP järjestelmässä. Konfiguroinnin osaamista on suositeltavaa laajentaa järjestämällä sisäistä koulutusta yrityksessä.

Eri osa-alueille voidaan tehdä tiivistetty pikaohje käyttämällä esimerkiksi kuvakaappauksia järjestelmän kustakin työvaiheesta. Tällä voidaan nopeuttaa perustietojen lisäämistä. Lisäksi se toimii hyvänä muistin tukena koulutustilanteessa.

Uusien nimikkeiden perustiedot kannattaa käsitellä muutostiedote (ECN) kerrallaan. Tällöin varmistetaan virtaustehokas käsittely muutoksen tai uusien rakenteiden läpimenolle järjestelmästä toiseen (PDM – MRP).

6.3 Asiakkaan suunnittelutilaus (DA)

Tavoitteena on saada asiakkaan tilauksen mukana kaikki tarvittavat dokumentit tilaussuunnittelun tekemiseksi. Lisäksi tavoitteena on että asiakas avaa itse DA-suunnittelutehtävän järjestelmään ja tekee tarvittavat hyväksynyt suunnittelun eri vaiheissa.

Tavoitteena on asiakkaan DA-prosessiohjelmiston käyttö itsenäisesti. Tavoitteeseen pääsemiseksi voidaan tehdä hyvä koulutuspaketti, jossa on myös korostettu asiakkaan mahdollisuutta seurata tilauksia ja tilauksille liittyvän DA-suunnittelun edistymistä.

Tämä tavoite tuntuu kokemuksen perusteella haastavalta. Asiakas haluaa mielellään käyttää sähköpostia ja jättää tämän tyyppiset asiat ohjaamatoimittajan vastuulle. Tämä vaatii neuvotteluja asiakkaan kanssa ja yhteistyössä on sovittava toimenpiteistä miten päästään tavoitteeseen.

Asiakas voi tilata myös aikaisemmin suunnitellun DA-tehtävän mukaisen option avaamatta uutta DA-tehtävää. Tämä edellyttää option sopivuuden varmistamista kyseiselle tilaukselle. Varmistuksen voi tehdä asiakas itse, jolloin vastuu asiakasoption sopivuudesta ko. tilaukselle jää asiakkaalle. Toinen vaihtoehto on tilata optio ohjaamatoimittajalta. Tällöin kuitenkin suunnittelutyö jää selvästi pienemmäksi. Lisäksi sähköpiirikaaviot pitää saada samaan aikaan kuin ohjaamon muut lähtötiedot.

DA-suunnittelutehtävien seuranta pitäisi saada selkeämmäksi esimerkiksi visualisointia lisäämällä. Tavoitteena on tilaukselle liittyvän suunnittelun valmiusasteen ja tavoitepäivämäärien toteutumisen seuranta. Tilauksessa olevan DA-suunnittelun lähtötietojen ja valmistumisen deadline-päivämäärät on hyvä tuoda näkyviin tilauksen päätasolle. Tämä vaatii muutoksia PDM-järjestelmän "order items" -kenttien toimintaan, mutta toimiessaan antaa mahdollisuuden seurata DA-suunnittelun edistymistä suoraan PDM-järjestelmästä. Seuranta on mahdollista myös asiakkaan niille kontaktihenkilöille, joilla on oikeudet järjestelmään.

6.4 Tilauskonfiguraattori

Tavoitteena on konfiguraattorin omatoimisen käytön lisääminen asiakkaalla. Tavoitteeseen pääsemiseksi voidaan tehdä hyvä koulutuspaketti, jossa on myös korostettu asiakkaan mahdollisuutta seurata tilauksia ja tilauksille liittyvän DA-suunnittelun edistymistä kuten DA-suunnittelunkin tapauksessa.

Mikäli konfiguraattorin käyttöönotto asiakkaan toimesta muodostuu kynnyskysymykseksi, täytyy alussa mainitut asiat kuitenkin toteuttaa muulla tavoin. Tällöin vaihtoehtona on käyttää konfiguraattorin tilalla ohjaamoerittelyä kuten nytkin. Asiakas lähettää muutostiedotteet ohjaamotoimittajalle muutoksen koskiessa tilauksen sisältöä. Tämä toteutetaan tilaukseen liittyvän ohjaamoerittelyn versioinnilla.

6.5 Ohjelmistot

Nykyiset käytössä olevat ohjelmistot ovat yrityksen tarpeisiin sopivat, mutta manuaalisen työn osuutta kuitenkin pitäisi voida vähentää mekaniikkasuunnittelussa. Saman tiedon syöttäminen eri kenttiin on hukkaa ja sen tekemistä ohjelmallisesti kannattaa harkita (Solid Works / Solid works EPDM).

Myytävien lopputuotteiden ja optioiden hinnoittelun kehittäminen ohjelmiston avulla nopeuttaisi DA-suunnittelun läpimenoa sekä tarjouslaskentaa.

7 KAPASITEETIN ENNUSTAMINEN JA RESURSOINTI

7.1 Asiakkaan myyntiennusteen hyödyntäminen

Asiakkaan myyntiennuste analysoidaan kerran kuukaudessa, lisäksi pidetään säännölliset palaverit asiakkaiden kanssa mahdollisten uusien projektien tai tilausten tilanteesta. Tällainen yhteydenpito asiakkaaseen on tärkeä keino pysyä tietoisena siitä, miltä asiakkaan lähitulevaisuus näyttää tilauksien kannalta.

Edellisen lisäksi asiakkaalta on saatava lopputuotteen valmistuksen ”master plan”. Se on asiakkaan suunnitelma / ennuste lopputuotteiden valmistusmääristä, mitä päivitetään määrävälein.

Edellä mainittua ennustetta voidaan hyödyntää ohjaamotehtaassa kapasiteetin ja resursoinnin ennakkoinnin tueksi koko suunnittelu- ja valmistusketjussa.

7.2 Loppuasiakasoptioiden historiatietojen hyödyntäminen

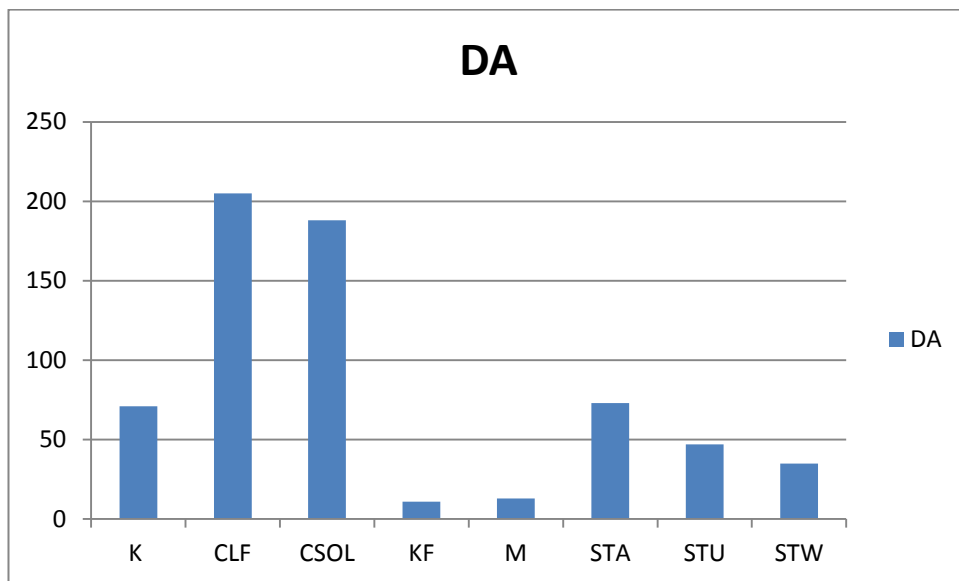
Ohjaamon rakenne määritellään loppuasiakkaan toivomusten mukaisesti ja otsikkoon lisätään tieto loppuasiakkaasta projektinumeroineen. Aikaisemmin suunniteltujen asiakaskohtaisten optioiden historiatietojen saatavuus on mahdollista . Asiakas voi lisätä ohjaamotehtaan PDM-järjestelmästä aikaisemmin suunnitellun option tunnuksen tilaukselle. Suunnittelija tarkistaa onko ko. tilattu optio yhteensopiva sillä hetkellä käytössä oleviin sähköpiirikaavioihin tai onko sitä mahdollista asentaa ohjaamoon tilattujen muiden optioiden kanssa.

Ohjaamojen varustelutaso voidaan määritellä loppuasiakkaittain historiatietoihin perustuen. Varustelutasot voidaan kategorisoida mahdollisen suunnittelun kannalta varustelutason laajuuden mukaisesti.

Ohjaamon toteutunut varustelun laajuus korreloi jossain määrin kyseisen loppuasiakkaan DA-suunnittelun määrän kanssa. Lisäämällä nämä arviot

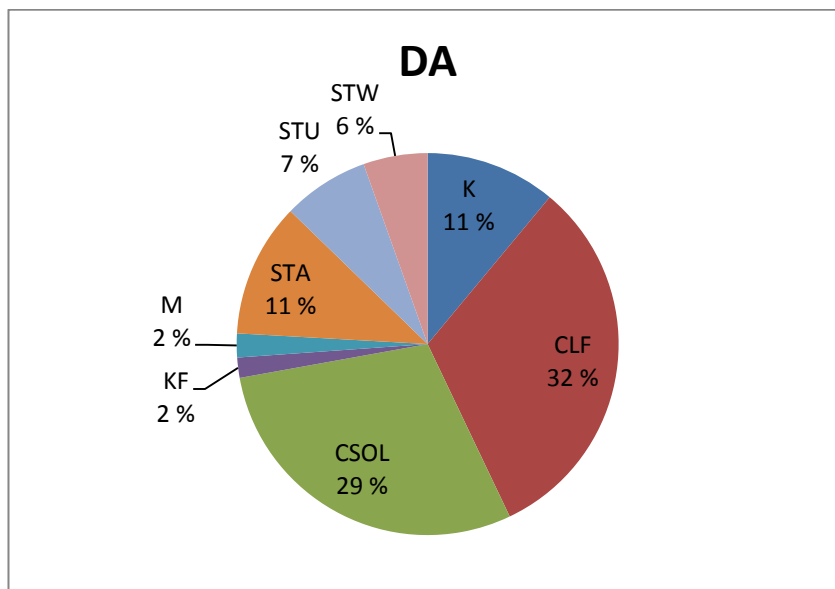
ennustetaulukkaan voidaan arvioida myös suunnittelukapasiteetin mahdollinen tarve ennusteajanjaksolla.

Kuvassa 12 esitetään suunnittelutehtävien määrä PDM-järjestelmän DA-prosessia käyttäen toteutettu vuosina 2014/2 – 2017/5.



Kuva 12. Suunnittelutehtävät kpl asiakkaittain kaikki 2014–2017

Kuvassa 13 esitetään suunnittelutehtävien prosentuaalinen jakauma asiakkaittain jotka on PDM-järjestelmän DA-prosessia käyttäen toteutettu vuosina 2014 – 2017.



Kuva 13. Suunnittelutehtävät jakautuma asiakkaittain 2014–2017

7.3 Tuote- ja tuotannosuunnittelun resursoinnin kehittäminen

Tuote- ja tuotannosuunnittelun joustavuuden parantamiseen kuormitushuippujen tasaamisessa on mahdollista käyttää useita keinoja. Esimerkiksi suunnittelijoiden monitaitoisuutta voidaan kehittää ja tuotetuntemusta lisätä eri asiakkuuksien välisillä ristiinkoulutuksilla. Lisäksi on mahdollista lisätä osaamista suunnittelun, tuotannosuunnittelun, hankinnan rajapinnassa olevien tehtävien ristiinkoulutuksella. Esimerkiksi uusien tai muutettujen tuoterakenteiden perustietojen määrittelyssä voidaan tarvittaessa hyödyntää myös edellisen tai seuraavan toiminnon osaamista.

Perinteinen keino on yrityksen ulkopuolisen insinööritoimiston käyttäminen kuormituksen tasaamiseen, mutta tämä edellyttää yleensä pidempiaikaista tarvetta ja asettaa vaatimuksia osaamisen suhteen. Yrityksen järjestelmien, toimintatapojen ja tuotteiden tuntemus auttaa kustannustehokkaampaan lopputulokseen.

On syytä määritellä uusille ohjaamorakenteille standardiosuus etukäteen aina kun se vain on mahdollista. Lisäksi tehdään muutos nykyisille rakenteille yhteistyössä asiakkaan kanssa siten, että standardiosuutta lisätään mahdollisuuksien mukaan. Edellinen mahdollistaa ohjaamotilauksessa konfiguraattorin käyttämisen, eikä suunnitteluresurssia tarvita tilauksen käsittelyssä muuten kuin DA-suunnittelussa. Tällöin suunnitteluresurssia voidaan käyttää tuotteiden kehitystyöhön ja näin voidaan nopeuttaa tuotteen valmistusaikaa. Lisäksi voidaan saada materiaalisäästöjä tehokkaammin valmistettavilla osilla ja kokoonpanoilla.

Suunnittelun resursoinnin ennustamista voidaan parantaa käyttämällä hyväksi edellisessä luvussa mainittua asiakaskohtaisten tilausrakenteiden sisällön analysointia. Tilaukselle tehtävä suunnittelun määrä riippuu loppuasiakkaasta ja on olemassa kokemusperäistä tietoa suunnittelun aikaisemmasta määrästä eri loppuasiakkaille. Ohjaamon rakenne on yleensä sisällöltään edellisen tilauksen kaltainen pienin muutoksin. Tällöin voidaan myös arvioida tulevan tilauksen suunnittelun määrä ja siten määritellä resurssien tarve etukäteen.

Edellinen on tietysti vain ennuste ja on suuntaa antava. Tämä vaatii yhteistyötä asiakkaan ja ohjaamotehtaan suunnittelujen välillä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

7.4 Tuotannon resursoinnin ennakointi

Tuotannon resurssitarpeen määrittelyyn päätettiin ottaa käyttöön optiosuunnitelussa arvioitu kokoonpanoaika ja aikaisemmin suunnitelluille optiolle tuotantotilausten toteutuneiden aikojen perusteella laskettu keskimääräinen aika.

Kokoonpanoajat on määritelty PDM-järjestelmään optioiden perustiedoiksi, jotka summautuvat kulloinkin kyseessä olevalle tilausrakenteelle. Tilauksen kokonaistuntimäärä voidaan hyödyntää tuotannon hienokuormitusohjelmiston tarpeisiin tilauksilla. Näin voidaan arvioida ennakkoon kauanko kyseisen tilauksen ohjaamon kokoonpano kestää ja voidaan siten varata optimaalinen määrä valmistusresursseja.

Lisäksi näitä tilauskohtaisia kokoonpanoaikoja voidaan käyttää myös sovitulla kertoimella loppukokoonpanossa tavoiteaikoina, mikäli yrityksessä on käytössä tehokkuuteen perustuva palkitsemisjärjestelmä.

8 POHDINTA

Työ oli mielenkiintoinen, joskin melko haastavaa päivätyön ohella. Yrityksessä tapahtunut tuotannon kehitystoiminnan voimakas kasvu tämän tutkimuksen tekemisen aikana auttoi osaltaan saamaan eroja näkyviin verrattuja lähtötilanteeseen.

Opinnäytetyön tekeminen oli myös omalta osaltaan oppimisprosessi Lean-menetelmien hyödyntämiseen asiantuntijatyössä. Lisäksi tuli omakohtaisesti todettua tehokkuusparadoksin, työn uudelleen aloittamisen negatiiviset vaikutukset opinnäytetyön etenemiseen. Työlle pitää voida varata aikaa kerralla enemmän kuin pari tuntia, mieluummin kokonaisia työpäiviä, jolloin keskitytään vain opinnäytetyön tekemiseen. Silloin työn eteneminen on nopeampaa eikä työtä hidastavia uudelleen aloituksia tule niin paljon.

Selvästi on todettavissa, että ohjaamorakenteiden osittainenkin standardointi helpottaa ja nopeuttaa sekä suunnittelua että valmistusta sekä vähentää virheitä koko valmistusketjussa.

Haasteellista on saada asiakkaat toimimaan siten, että saadaan lähtötiedot ajoissa. Tämä voi johtua asiakkaan myyntiorganisaation toimintatavoista ja kilpailutilanteesta. Usein koneen valmistajan täytyy myydä hyvinkin räätälöityjä ratkaisuja loppuasiakkaalle, jota kauppa saadaan syntymään.

9 YHTEENVETO VAIKUTUKSISTA LIIKETOIMINTAAN

Tässä luvussa tarkastellaan tilauskohtaisen suunnittelun toiminnan laadun vaikutuksista yrityksen liiketoimintaan.

9.1 Uudelleen tekemisen minimointi

Osaluettelopoikkeamista johtuva uudelleen tekemisen vaikutus voi olla jopa useita tunteja tuotantotilausta kohden. Se kaikki on hukkaa ja pois suoraan yrityksen katteesta. Lisäksi sillä on kerrannaisvaikutuksia työn tehokkuuteen työn tekemisen rytmin häiriintymisen kautta. Lisäksi tarvitaan edelliseen liittyvät korjaavat toimenpiteet: ensin asentaja selvittää poikkeamaa ja sitten työnjohto vie asian eteenpäin suunnittelijalle, joka tekee tarvittavat korjaavat toimenpiteet osaluettelorakenteeseen. Tähän liittyy myös usein lisätyötä, materiaalin palautusta varastoon tai uudelleen keräilyä ja toimitusta tuotantolinjalle.

9.2 Toimitusvarmuus/ asiakastyytyväisyys

Toimitusvarmuus on ajallaan toimitettujen tuotteiden määrä verrattuna tilattujen tuotteiden kokonaismäärään.

Osaluettelorakenteiden virheettömyys vähentää uudelleen tekemistä, kuten aiemmin todettiin, ja sitä kautta sillä on positiivinen vaikutus toimitusvarmuuteen. Mitä aikaisemmin voidaan määritellä tilauskohtaisessa suunnittelussa rakenne, sitä aikaisemmin voidaan komponentit tilata ja riski materiaalien myöhästymiselle pienenee.

Toimitusvarmuuteen vaikuttavat toki materiaalien saatavuuden lisäksi myös käytettävissä olevien resurssien kuormitustilanne.

Kun asiakkaita on useita, vaatii resursoinnin tasapainottaminen joskus toimitusten tasapainottamista toimituspäivän suhteen asiakkaan kanssa yhteistyössä.

Asiakastyytyväisyys on asiakkaan kokema palvelun laatu, johon vaikuttavat kaikki kanssakäyminen palvelun tuottajan ja asiakkaan välillä.

Tilauskohtainen suunnittelu tehdään tiiviissä yhteistyössä asiakkaan suunnittelun välillä. Asiakkaan odotus on, että ohjaamotehdas toteuttaa ohjamaan tilatut optiot parhaalla mahdollisella asiantuntemuksella.

9.3 Läpimenoajat

Läpimenoaika on asiakkaan kannalta aika tuotteen tilauksesta sen toimitukseen, yrityksen kannalta se on tuotteen valmistuksen aloituksesta sen toimitukseen. Kaikki tilauskäsittelyssä tehtävä työ, suunnittelu ja muutokset vaikuttavat tilauksen läpimenoaikaan jo ennen kuin varsinainen valmistus voidaan aloittaa.

Osaluetteloiden standardointi vähentää tilaukselle tehtävää suunnittelutyötä (suunnittelu ja tuotannosuunnittelu). Lisäksi standardoinnin vaikutukset näkyvät positiivisina materiaalien tilaustoiminnoissa ja keräilyissä sekä kokoonpanotyö nopeutuu. Kaiken kaikkiaan prosessin ohjaus helpottuu, koska työ on pääosin samansisältöistä.

Asiakaskohtaiset optiot ovat kuitenkin ohjausta vaativa kohde ja voivat aiheuttaa läpimenoaikojen pidentymisen, mikäli työ ehditään aloittaa eikä materiaalia saada ajoissa. Lisäksi osaluetteloissa olevat poikkeamat voivat aiheuttaa läpimenoaikojen kasvua ylimääräisen työn ja mahdollisen materiaalipuutteen takia.

9.4 Varaston arvo ja keskeneräinen tuotanto

Yrityksen varaston arvo pyritään pitämään mahdollisimman pienenä vaarantamatta materiaalin saatavuutta tuotannossa. Tällöin varastoon sitoutunut pääoma on pienin mahdollinen ja pääoman tuottamat korkotuotot saadaan yrityksen hyödyksi esimerkiksi toiminnan kehittämiseen.

Varaston arvoon suunnittelun laadulla on merkitystä. Esimerkiksi jos osaluettelossa esiintyy poikkeamia, vaikkapa ylimääräisiä komponentteja, jotka jäävät käyttämättä suunnitellulle tilaukselle. Tällöin varastoon jäävät komponentit nostavat varaston arvoa, joka sitoo käyttöpääomaa. Vastaavasti, jos on onnistuttu käyttämään optioihin sellaisia komponentteja jotka ovat jo käytössä, se vähentää varastossa olevien nimikkeiden määrää ja varastopaikkoja. Lisäksi kyseiselle komponentille ei tarvitse erikseen määritellä minimivarastointimäärää.

Keskeneräinen tuotanto on tuotannon arvo (työt ja materiaali), joka on aloitettu, mutta ei ole vielä valmistunut. Mitä pidemmällä työ on, sitä suurempi on siihen sitoutunut työn ja materiaalin määrä.

Tilanteessa, jossa materiaali on myöhässä esimerkiksi myöhään valmistuneen suunnittelun takia, se saattaa viivästyttää työn läpimenoa, joka lisää keskeneräisen työn arvoa. Mahdolliset osaluettelopoikkeamat aiheuttavat myöskin viivettä tuotannon läpimenoon ongelman selvittelyn ja uudelleen tekemisen kautta.

9.5 Laatu

Tuotteen laatu on asiakastyytyvyyden ja yhteistyön jatkuvuuden kannalta erittäin tärkeä tekijä.

Laatukustannukset kasvavat potentiaalisesti mitä myöhäisemmässä vaiheessa virhe huomataan. Lisäksi virheiden korjaus tuotannossa lisää läpimenoaikaa ja laskee tehokkuutta.

Suunnittelulla määritellään 80 % tuotteen valmistuskustannuksista, joten ei ole yhdentekevää miten suunnittelu tehdään. Tuotteen osien valmistettavuus kilpailukykyisesti ja laadukkaasti on merkittävä kilpailutekijä. Lisäksi suunnittelun laatu ja rakenteiden virheettömyys parantavat osaltaan tuotteen laatua.

Suunnittelussa tehdään myös valmistusdokumentit, joista tulee ilmetä kaikki valmistuksen kannalta tarpeellinen tieto, jossa ei ole väärän tulkinnan mahdollisuutta.

9.6 Tulos

Yrityksen tulos koostuu mm. toiminnan laadun, tehokkuuden sekä materiaalien hankintahintojen vaikutuksesta. Lisäksi epäsuorasti siihen vaikuttavat henkilöstön työolosuhteisiin liittyvät työturvallisuustoimenpiteet, joilla on vaikutusta poissalojen sekä vakuutusmaksujen tason kautta yrityksen tulokseen.

Tämän työssä kuvatun suunnittelun vaikutukset tulokseen tulevat jokaisesta edellä mainitusta osakohdasta erikseen, joko negatiivisesti tai positiivisesti. Lisäksi edelliset kohdat vaikuttavat toisiinsa saman kaavan mukaisesti.

Kaikki uudelleen tekeminen on hukkaa ja heikentää tulosta.

Toimitusvarmuus on yleensä tulos tehokkaasta tuotannosta. Tehokas tuotanto on taas yleensä tulosta siitä, että edelliset osakohdat ovat kunnossa.

Tyytyväinen asiakas on yrityksen kannalta tärkeä asia. Se osoittaa, että asioita on tehty oikein ja antaa mahdollisuuden keskittyä yrityksen kehittämiseen myös muilla osa-alueilla, esimerkiksi yrityksen toiminnan tehostamiseen edelleen hukkaa vähentämällä ja kehittämällä valmistusmenetelmiä.

Suunnittelussa standardoitu työ nopeuttaa läpimenoaikaa. Lyhyt läpimenoaika vähentää keskeneräisen tuotannon määrää ja myös siihen sitoutunutta pääomaa. Vaikutus on yrityksen tulokseen siten positiivinen.

Varaston arvo ja keskeneräinen tuotanto sitovat pääomaa. Rakenteiden virheettömyys vähentävät varastossa olevan väärän materiaalin määrää ja samalla varaston arvoa. Lisäksi materiaalin saaminen ajoissa optimoi materiaalin kiertoajan varastossa (DOH) ja vähentää varaston keskimääräistä arvoa.

Virheistä johtuvat laatukustannukset ovat suoraan pois yrityksen tuloksesta ja ovat siten vältettäviä. Vaikutus on sitä suurempi, mitä myöhäisemmässä vaiheessa virhe huomataan.

Lisäksi yleensä huonolla laadulla on välillisiä vaikutuksia yrityksen toimintaan. Asiakas saattaa vaatia erityistoimenpiteitä varmistaakseen tuotteen laadun tason.

Yleensä tämä tarkoittaa säännöllisiä seurantapalavereita, joiden avulla varmistetaan että korjaavat toimenpiteet on tehty.

10 LÄHTEET

Ahonniemi Lea, Mertanen Markus, Mäkipää Marko, Sievänen Matti, Suomala Petri, Ruohoniemi Mikko. 7/2007. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Suomi: Teknologiateollisuus ry.

Modig, Niclas & Åhlström, Pär. 2013. Tätä on Lean. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Suomentaja Maarit Tillman. Sweden: Rheologica Publishing.

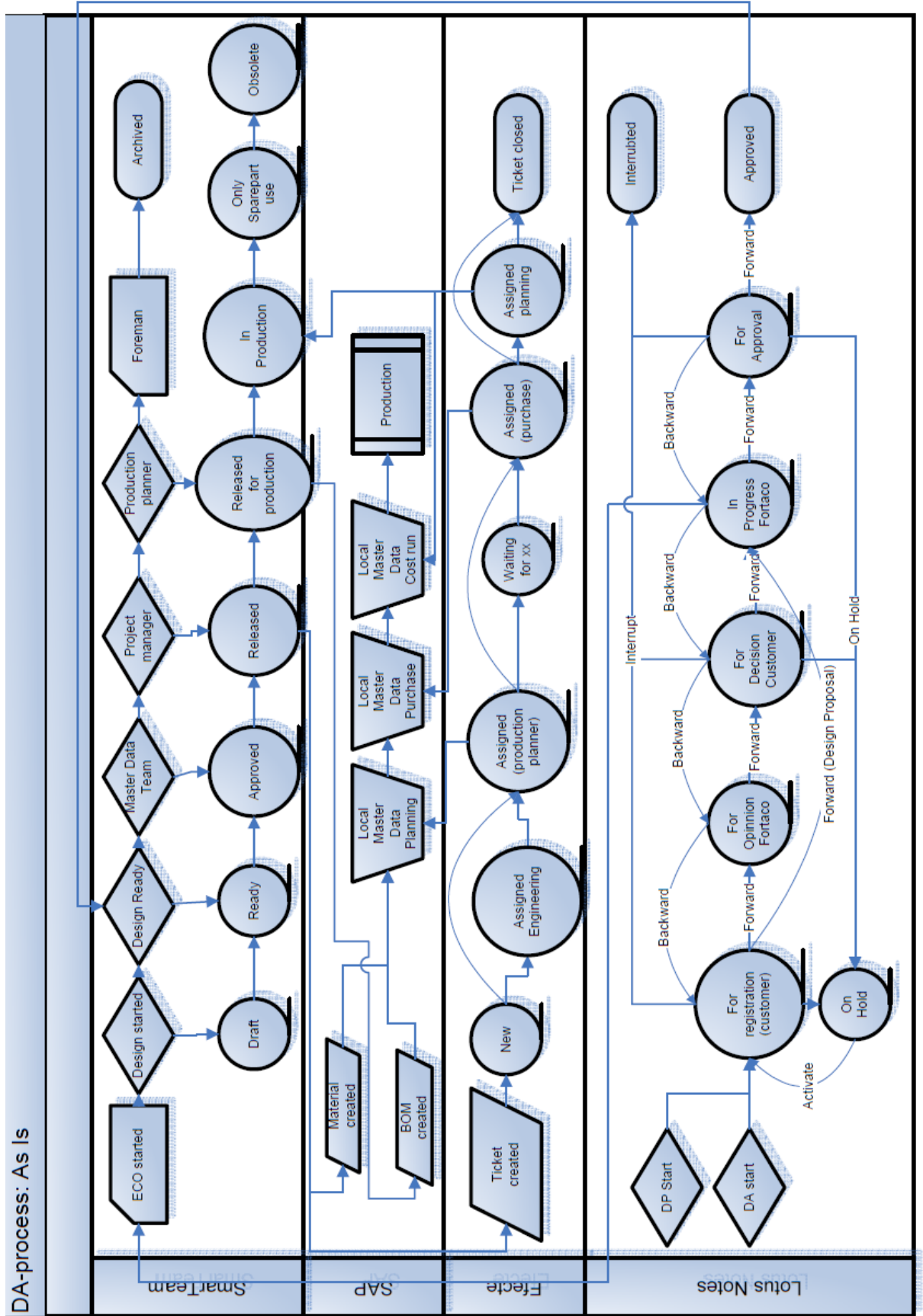
Rother, Mike & Cook John. 2003. Learning to See, value-stream mapping to create value and eliminate muda. Cambridge USA: The Lean Enterprise Institute

Torkkola, Sari. 2016. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum Pro.

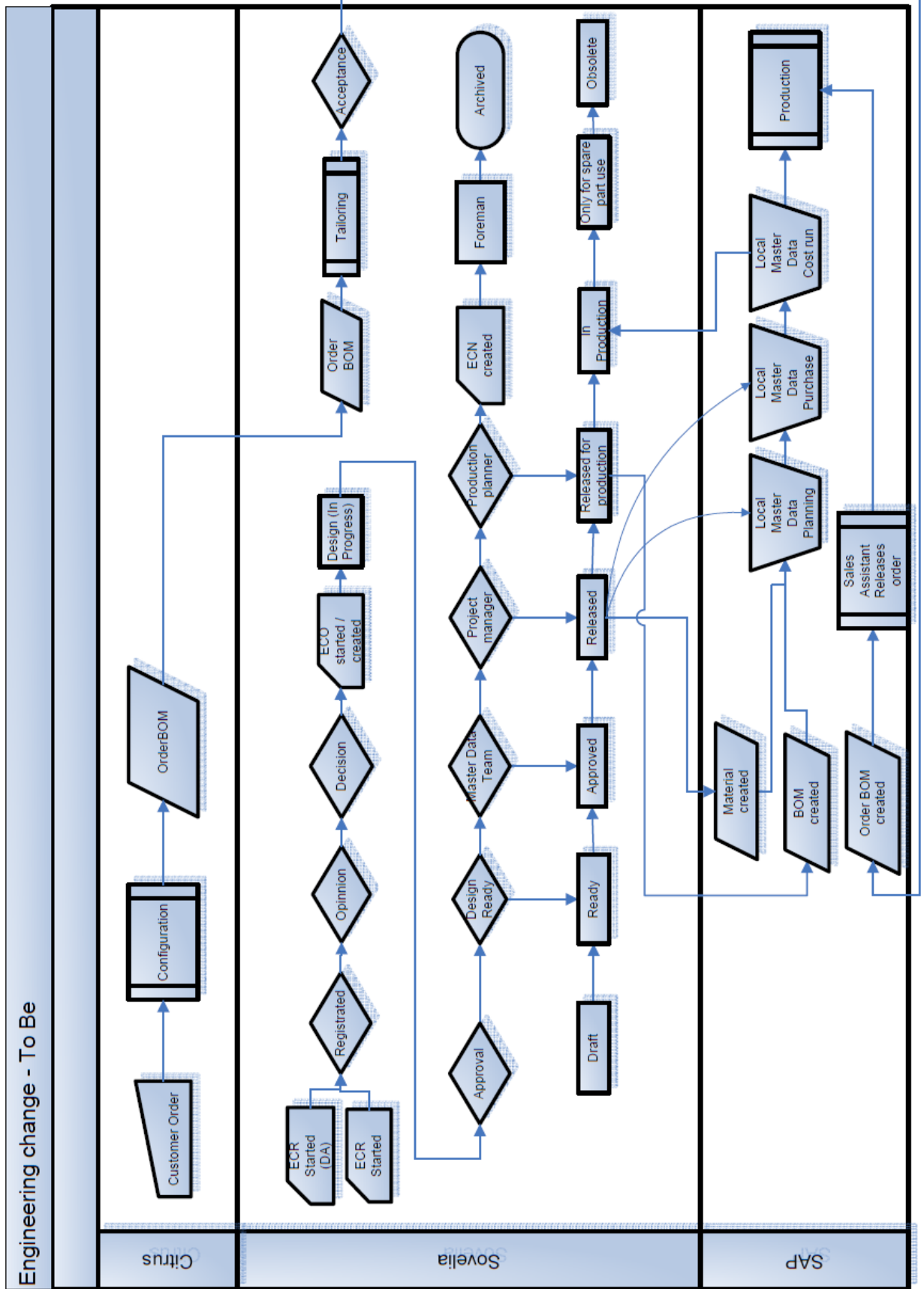
www.fortacogroup.com [Fortaco 2016]

Fortaco Ostrobothnia toimintaohjeet

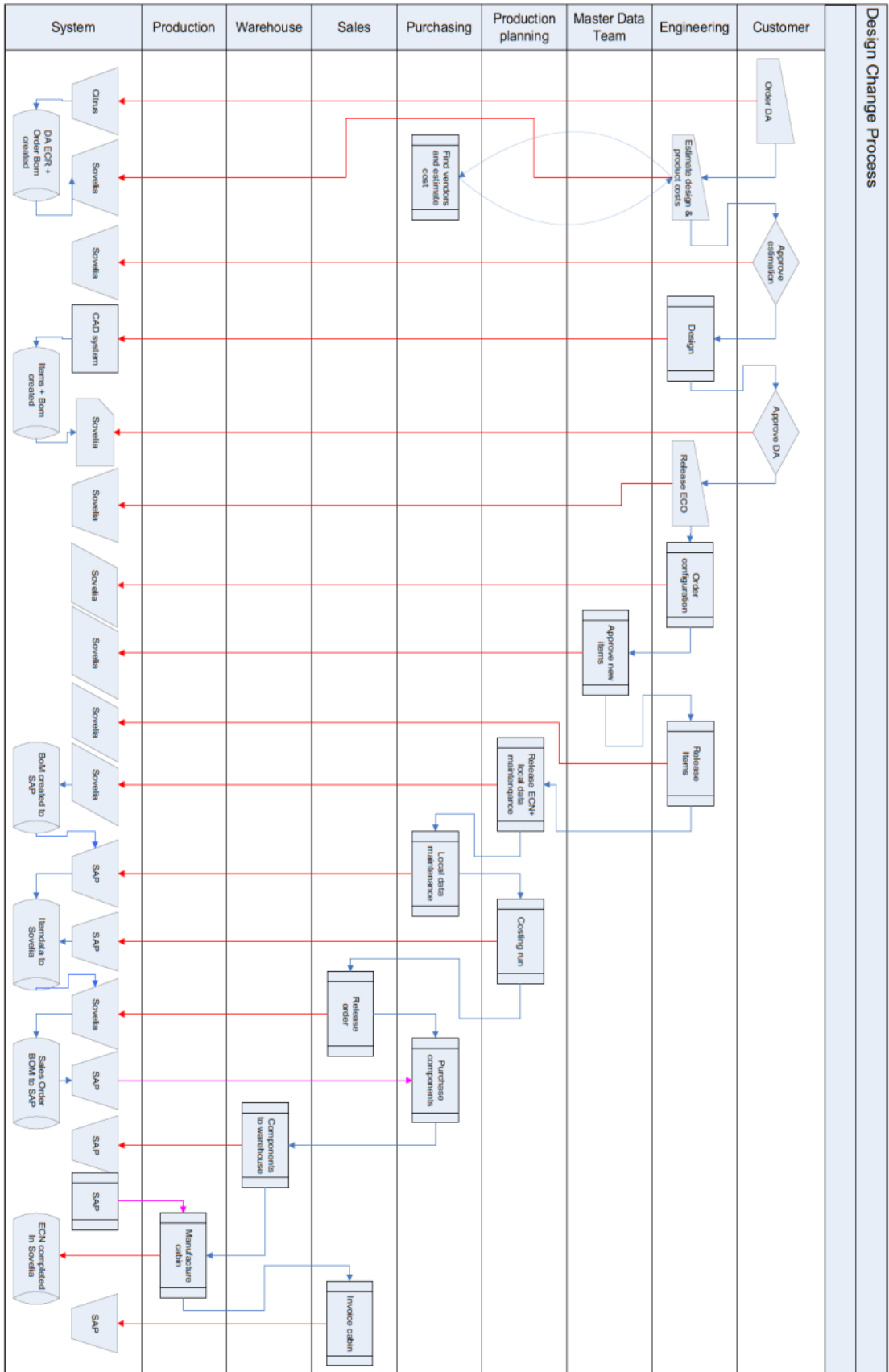
11 LIITTEET



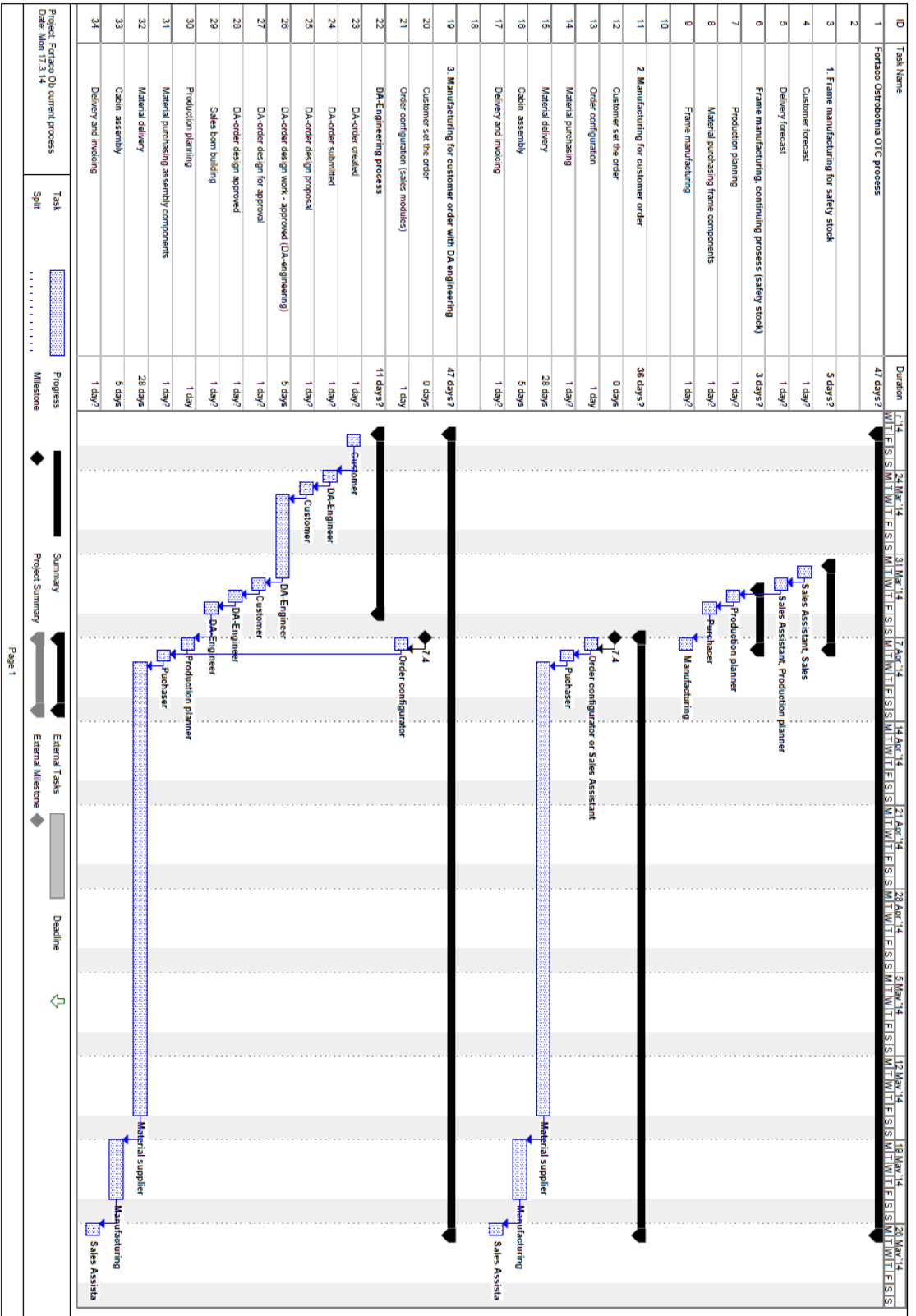
Liite 1. DA prosessikaavio lähtötilanteessa 2013 (Liite 1.)



Liite 2. Tilaukseen liittyvä suunnittelumuutos prosessi PDM -> MRP v.2014



Liite 3. Suunnittelumuutos prosessi.



Liite 4. Tilaussuunnitteluprosessi Gant kaaviona