



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TEEMU YLILAURI
KOKOONPANOKESKEISEN TUOTANTOKETJUN SOVITTAMINEN
LIIKETOIMINTOIHIN
Diplomityö

Tarkastaja: professori Seppo Torvinen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
automaatio-, kone-, ja
materiaalitekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
4.12.2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

YLILAURI, TEEMU: Kokoonpanokeskeisen tuotantoketjun sovittaminen liiketoimintoihin

Diplomityö, 66 sivua, 2 liitesivua

lokakuu 2013

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastaja: Seppo Torvinen

Avainsanat: Asiakasrätälöity toimitus, konfiguroitavuus, tuotannon vaiheistus

Tämän diplomityön tavoite on muodostaa Fastems Oy Ab:n asiakasrätälöityjen toimitusten tuotantoon toimintamalli, jolla tuotantoprosessi voidaan vaiheistaa. Nykyisin näiden toimitettavien laitteistojen tuotannon työtunnit kirjautuvat yhdelle vaiheelle, jolloin toimituksen seurattavuus on haastavaa. Lisäksi tavoitteena on saada aikaan suunnittelu-lähetys- ketjuun läpinäkyvyyttä, jolloin kommunikointi ketjun eri osien välillä on yhdenmukaisempaa.

Tutkimustyö koostuu teoriaosuudesta ja soveltavasta osasta. Teoria pohjautuu yleisesti hyväksi todettuihin tuotannon prosessimalleihin, ja yksityiskohtaisempaan tutkimustietoon kehityshankkeiden toteutuksesta. Soveltava osuus jakautuu nykytilan analyysiin, ja sen pohjalta ehdotettuun tuotantoketjun vaiheistamisen malliin lyhyellä aikavälillä sekä suunnittelu-lähetys -ketjun tehokkuuden kehittämiseen pitkällä aikavälillä.

Selvitystyön pohjalta tässä työssä ehdotetaan asiakasrätälöityjen toimitusten tuotannon vaiheistuksen käyttöönottoa ERP-järjestelmässä, ja osoitetaan kuinka se voidaan toteuttaa. Vaiheistuksessa kannattaa edetä karkeasta kohti hienojakoisempaa, eli nykyisestä yhden vaiheen kokoonpanosta kahteen, kokoonpanoon ja testaukseen. Yksistään tämän jalkautus antaa arvokasta tietoa tuotannon vaiheesta, ja sen avulla saadaan palautetta siitä kuinka vaiheistusta voidaan laajentaa koskemaan alikokoonpanoja, suunnittelu-lähetys -ketjua tai jopa koko toimitusprosessia.

Vaiheistustyö on linjassa Fastemsin tuotevakioinnin ja kustannus seurannan kehittämisen kanssa. Vaiheistus voidaan karkealla tasolla toteuttaa itsenäisesti, mutta hienojakoisemmalla tasolla sen kehitys riippuu tuotevakioinnin kehitysasteesta. Toisaalta kustannus seuranta riippuu osaltaan tuotannon vaiheistuksesta, joten nämä kolme kehitystyötä on syytä toteuttaa rinnakkaisina.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Master's Degree Programme in Mechanical Engineering
YLILAURI, TEEMU: Adapting of the Assembly Based Production to the Needs
of Business Activities
Master of Science Thesis, 66 pages, 2 Appendix pages
October 2013
Major: Product Development
Examiner: Professor Seppo Torvinen
Keywords: Customized Solutions, configuration, phasing the production

The purpose of this Thesis is to create for Fastems customized solutions production a model, with which the production can be phased. Nowadays productive working hours are reported in a single phase, which makes it hard to follow the readiness of the delivery. The purpose is also to make the design-sending -chain clearer to follow, so that the communication within the chain could be in line.

This research consists of a theory part and an applied part. The theory is based on commonly acknowledged models of processes and on more specific research results made for the same kind of development projects. The applied part is divided into the analysis of the current state, to the development of phasing the production in a short term period, and developing the effectivity of design-sending -chain in a long term period.

Based on this research, it is suggested that customized deliveries production will be phased in the ERP-system, and it is shown how to do it. Phasing should be executed from a simple to more specific division. In the beginning it means to split the production to assembly and test phases. By executing this, important knowledge and feedback will be gained when phasing the production to more specific parts, or even phasing the whole delivery chain.

This development process is in line with other development processes (standardization of deliveries and monitoring the expenses of deliveries) executed in Fastems at the moment. On rough level production phases can be developed independently, but on more detailed level it is dependent on the level standardization of the delivery. On the other hand, monitoring the expenses is dependent on the production phases, so all these three development processes should be executed concurrently.

ALKUSANAT

”Matka jatkuu: Älkää kysykö miten, kysykää miksi!” –Taisteluasema MIR, Trabant Express, 1997

Työn aiheena tuotannon kehitys on ollut kaikessa yksinkertaisuudessaan haastava. Mikään asia ei ole ollut irrallinen kokonaisuus, vaan vuorovaikutuksessa muuhun toimintaan. Tämän vuoksi haaste ei ole ollut miten kehittää, vaan miksi.

Haluan kiittää työn tarkastajaa Seppo Torvista ja Fastems Oy Ab:n ohjausryhmää, erityisesti Kari Molariusta, joka haastoi aktiivisesti kirjoittamani sisällön ja jalosti ideoita kokemuksellaan.

Tampereella 5.12.2013

Teemu Ylilauri

SISÄLLYS

Tiivistelmä.....	II
Abstract	III
Alkusanat.....	IV
Lyhenteet, termit ja merkinnät	VII
1 Johdanto.....	1
1.1 Lähtökohdat	1
1.1.1 Kohdeyritys	2
1.1.2 Tuotteet	3
1.1.3 Liiketoimintaprosessi.....	4
1.1.4 Perehtyminen nykytilaan haastattelun avulla.....	6
1.2 Tutkimusongelma	7
1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset.....	8
1.3.1 Tavoiteltavat hyödyt projektiliiketoiminnan kannalta.....	8
1.3.2 Tavoiteltavat hyödyt kokoonpanokeskeisen tuotannon kannalta.....	9
1.3.3 Tavoiteltavat hyödyt materiaalinhallinnan kannalta.....	9
1.4 Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne.....	9
2 Teoria.....	11
2.1 Muutoksen hallinta	11
2.2 Projektiliiketoiminta	12
2.3 Toiminnanohjaus	14
2.3.1 Tuotantoprosessi.....	15
2.3.2 Toiminnanohjausjärjestelmä	21
2.3.3 Logistiikka	24
2.3.4 Tuotannon kehittäminen	25
2.3.5 Erilaisia teoriallejä tuotantoon ja sen kehittämiseen.....	25
2.4 Benchmark	28
2.5 Käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä	30
3 CS-liiketoiminnan tuotannonohjauksen kehittäminen	33
3.1 Tuotannonohjauksen nykytila	33
3.1.1 Suunnittelu-lähetys -ketju	33
3.1.2 Suunnittelusta saatavat lähtötiedot	35
3.1.3 Tuotannonohjaus	36
3.1.4 Osto ja vastaanotto.....	38
3.1.5 Tuotanto	39
3.1.6 Lähetys.....	40
3.1.7 Mitä teoriallejä nykyinen toimintatapa muistuttaa?	43
3.1.8 Nykytilan ongelmat	44
3.2 Tuotannonohjauksen tavoitetila	44
3.2.1 Olemassaolevien työkalujen tarjoamat mahdollisuudet tuotannon vaiheistukseen	45

3.2.2	Vakioituvuuden edut CS-liiketoiminnassa	53
3.2.3	Tavoitetilan vaatimukset työntekijän kannalta.....	55
3.3	Kehitystyö	55
3.4	Kehityksen mittarit	59
4	Päätelmät ja jatkosuunnitelma	63
4.1	Päätelmät.....	63
4.2	Jatkosuunnitelma	64
4.2.1	Miten jalkautetaan?.....	64
4.2.2	Kannattavuuslaskelma	64
4.3	Yhteenveto	66
	Lähteet.....	67
	Liitteet	69

LYHENTEET, TERMIT JA MERKINNÄT

Aton-PDM	Fastemsin käyttämä tuotetiedon hallintajärjestelmä
CAD	Computer-aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
CS	Customized Solutions, asiakasräätälöidyt järjestelmät
Eplan B8	Sähkösuunnitteluohjelmisto
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
ETO	Engineer to Order, tilauksen mukaan suunniteltava
EXW	Toimitusehto, tuotteen lähetysviikko
Fasto	Fastems-toiminnanohjaus-, Tieto oy:n Lean System -ERP-järjestelmä
FAT	Factory Acceptance Test, tehdastesti
FMS	Flexible Manufacturing System, joustava valmistusjärjestelmä
FPC	Flexible Pallet Container, joustava palettikontti
FPM	Flexible Pallet Magazine, joustava palettimakasiini
Kuormitus	Tarkoittaa Fastemsilla tarvittavien töiden, työvaiheiden ja materiaalivarausten alustamista ja ajoittamista tuotantopaikalle.
LCS	Lifecycle Services, asennus, käyttöönotto ja huolto
LSM	Loading Station Moving, liikkuva latausasema
MLS	Multi Level System, monitasoinen FMS
MMS	Manufacturing Management System, automaation ohjausohjelmisto
MS	Modular Solutions, vakioidut järjestelmät

MTO	Make to Order, tilauksen mukaan valmistettava
PDM	Product Data Management, tuotetiedon hallintajärjestelmä
PDS	Project Data Sheet, Fastemsin sisäinen työkalu, joka sisältää suunnittelutyön vaatimat lähtötiedot
RPC	Robotized Production Cell, robotisoitu valmistussolu
Solid Works	3D-suunnitteluohjelmisto
Työllelaitto	Tarkoittaa Fastemilla lupaa tuotteen kuormitukseen

1 JOHDANTO

Fastems Oy Ab (jatkossa Fastems) on kansainvälisesti tunnettu tehdasautomaation toimittaja. Yritys valmistaa joustavia valmistusjärjestelmiä (FMS, Flexible Manufacturing System) ja robottisoluja lastuavan työstön CNC-työstökoneiden (Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus) automaatioon sekä tarjoaa automaatioon liittyviä palveluja. Fastemsin liiketoiminta on kaksinkertaistunut vuonna 2008 alkaneen yleisen talouden laskusuhdanteen jälkeen.

Kasvanut liikevaihto ja lisääntynyt kansainvälistyminen on tuonut haasteita myös tuotannonohjaukseen ja sen hallittavuuteen. Tässä diplomityössä keskitytään kokoonpanokeskeisen tuotannonohjauksen kehittämiseen niin, että materiaali saadaan virtaamaan tuotantoketjun läpi tehokkaammin. Tavoitteena on muodostaa menettelytavat, joiden lopputuloksena valmistusketju on vaiheitettu (yrityksen kielenkäytössä vakiintunut termi vaiheistus, jota käytetään jatkossa) siten, että lopputuotteen moduuleja ja alikokoonpanoja kyetään seuraamaan, ja niiden valmiusaste ja valmistumishetki tiedetään. Tällä tiedolla tuotanto-osasto voi tasata tulevia kuormitushuippuja ennalta ja voi pitkällä aikavälillä tehostaa tuottavuutta. Lisäksi vaiheistuksen tuottamalla tiedolla projektijohto saa selville tietyn toimituksen tuotannon valmiusasteen.

Työn aihe ”Kokoonpanokeskeisen tuotantoketjun sovittaminen liiketoimintoihin” tarkoittaa, että tuotannonohjaus ei ole erillinen osakokonaisuus, vaan se on sovitettava osaksi liiketoiminnan kokonaisuutta. Tällöin on otettava huomioon tuotannonohjausta edeltävä rajapinta eli tuotteen suunnittelu, sekä tuotantoa seuraava vaihe eli järjestelmän toimitus asiakkaalle. Tämä kokonaisuus vaikuttaa yrityksen liiketoiminnan niihin toimituksiin, jotka ovat taloudellisesti merkittävimpiä, ja joissa edeltävien vaiheiden aikataulun jättämät kasaantuvat toimitusvaiheeseen.

1.1 Lähtökohdat

Fastems teettää tämän työn, koska se on kohdannut positiivisen ongelman. Viimeisen vuosikymmenen aikana sen toiminta on laajentunut, kansainvälistynyt ja toiminta perustuu yhä enemmän verkostoitumiseen. Toiminnan muuttuessa vanhat toimintamallit eivät välttämättä ole parhaat mahdolliset toiminnanohjaukseen. Tämä työ teetetään siksi, että nykyistä toimintaa voidaan tarkastella kriittisesti laajalta näkökannalta, ja että erityisesti kokoonpanokeskeiseen tuotantoon voidaan tämän pohjalta ehdottaa uusia menettelytapoja. Tarkoitus ei ole täydellisesti uudistaa menetelmiä, vaan paikantaa puutteita ja määrittellä näille korjaavat toimenpiteet samalla aiheuttamatta uusia

ongelmia jossain toisaalla. Työssä rakennetaan nykyiseen toimintaan sopiva ideaalinen toimintamalli ja sille priorisoitu jalkautussuunnitelma.

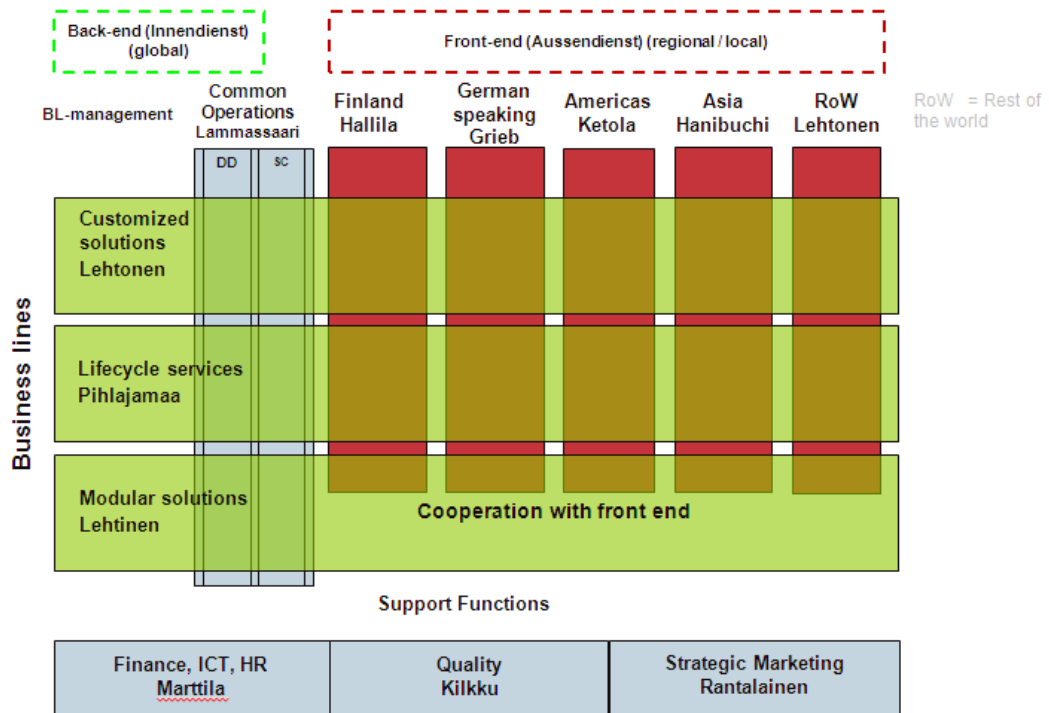
Seuraavassa luvussa on tarkoitus esitellä Fastemsin toiminta lyhyesti, esittää viimeaikaiset liiketoiminnan tunnusluvut ja muuttunut markkinoiden kysyntä. Tämän jälkeen määritellään ongelma, johon tässä työssä pureudutaan.

1.1.1 Kohdeyritys

Fastems on kansainvälisesti tunnettu ja merkittävä tehdasautomaation toimittaja. Yritys valmistaa joustavia valmistusjärjestelmiä ja robotisoituja valmistussoluja (RPC, Robotized Production Cell) lastuavan työstön CNC-työstökoneiden automaatioon sekä tarjoaa konepaja-automaatioon liittyviä palveluja. Tärkeimpiä asiakkaita ovat ilmailuteollisuus, rakennus- ja kaivosteollisuus, konevalmistajat sekä komponentti- ja kokoonpanotehtaat. Fastemsin tuottamat valmistusjärjestelmät ovat räätälöitävissä sopivaksi aina yksittäisen työstökoneen tuotantosolusta koko tehtaan kattavaan järjestelmään. Järjestelmät ovat sovitettavissa yhteen yli 60 työstökonevalmistajan koneiden kanssa. (<http://www.fastems.com/fi/yritys/>. 17.7.2013)

Fastemsin juuret ovat vuodelta 1901. Nykyinen liiketoiminta ja yritysnimi syntyi vuosituuhannen vaihteessa, kun Fastems eriytettiin omaksi yritykseksi Mercantilesta. Vuoden 2012 lopussa Fastemsin henkilöstömäärä oli 442 ja liikevaihto 86,9M€. (Fastems oy Annual Review 2012, s. 10. Viitattu 17.7.2013)

Nykyisessä yrityksen strategiamallissa (kuva 1) on Fastemsin toiminnot ryhmitelty BACK-END- ja FRONT-END -toimintoihin. Asiakkuuksien hoidosta vastaavat FRONT-END -toiminnot, jotka ovat jaoteltu alueellisesti tai paikallisesti. BACK-END -toiminnot vastaavat lopputuotteen teknisestä toteutuksesta, mikä tarkoittaa myyntivaiheen teknistä tukea, layout-suunnittelua, tuotteen lopullista suunnittelua, osien ostoa, kokoonpanoa ja tuotteen toimittamista ja käyttöönottoa. BACK-END -toiminnot on jaettu kolmeen liiketoimintaosioon, joiden lopputuotteet tai palvelut poikkeavat toisistaan: Customized Solutions (CS, asiakaskohtaisesti räätälöity lopputuote), Modular Solutions (MS, vakion kaltainen lopputuote) ja Lifecycle Services (LCS, matka-asennus, käyttöönotto ja huolto). BACK-END -liiketoiminnot taas käyttävät yrityksen yhteistä suunnittelu- ja valmistuskapasiteettia liiketoimintoihinsa (D&D, Design&Development ja SC, Supply Chain). Näistä yhteisistä resursseista vastaa COMMON OPERATIONS -toiminto. Yhdessä FRONT-END:in ja BACK-END:in taloudenhallinnasta, laaduntuottokyvystä ja markkinoinnista vastaa Support Functions -toiminto.

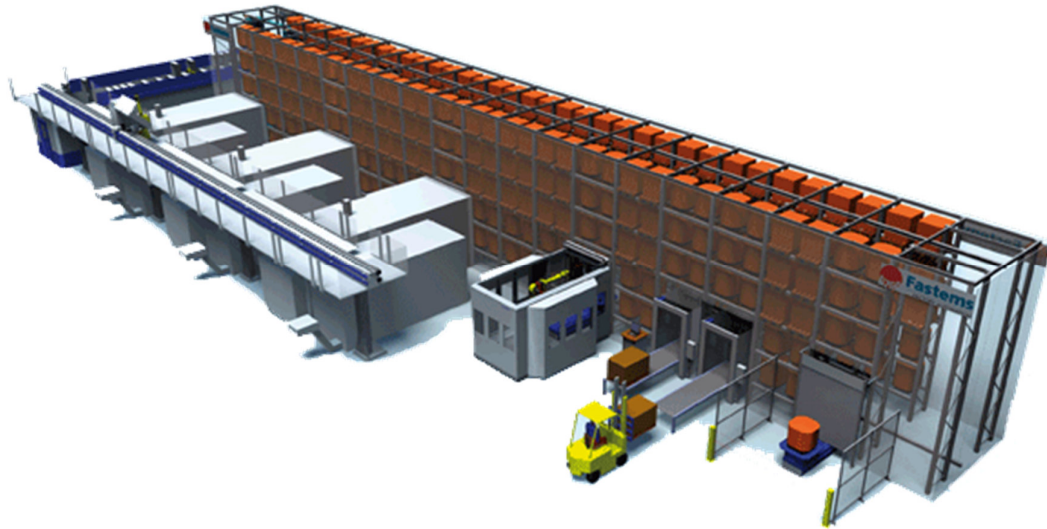


DD Design & Development = Design for deliveries, Product Development, Design Tools
 SC Supply Chain = Sourcing, Direct Purchasing, Manufacturing, Internal logistics

Kuva 1 Fastemsin organisaatiomalli 2012.

1.1.2 Tuotteet

Fastemsin liiketoiminta perustuu liikevaihdon kannalta pääasiassa FMS-järjestelmiin. FMS-järjestelmä voidaan määrittellä tietokoneohjatuksi, itsenäisistä tai lähes itsenäisistä osista koostuvaksi työasemaksi, jolla on automaattinan materiaalin lataus ja käsittely. (Slack, N. Et al. s.251). Järjestelmä koostuu latausasemista, mahdollisesta paletti- tai materiaalivarastosta, integroiduista työstökoneista ja muista mahdollisista integroiduista järjestelmäkomponenteista. Laajin tarjoaman tuotteista on asiakkaalle räätälöity MLS-järjestelmä (Multilevel System, monitasojärjestelmä, kuvassa 2) ja pienin FPC-järjestelmä (Flexible Pallet Container, joustava paletinhallinta). FPC:n lisäksi hieman suurempi FPM (Flexible Pallet Magazine) kuuluu niin sanottuihin konttijärjestelmiin, eli niitä ei juurikaan räätälöidä asiakaskohtaisesti, vaan ne ovat pitkälti vakiotuotteita. Lisäksi Fastems valmistaa RoboFMS-järjestelmiä joissa nivelvarsirobotti korvaa hyllystöhissin materiaalinkäsittelyssä. Liiketoiminnan myyntituotteisiin kuuluu myös oleellisena osana MMS-ohjausohjelmistot (Manufacturing Management System) ja niiden käyttökoulutus asiakkaalle. Lisäksi Fastems tarjoaa myydyille tuotteilleen huolto- ja tukipalveluita. (<http://www.fastems.com/fi/tuotteet/>. 25.7.2013).

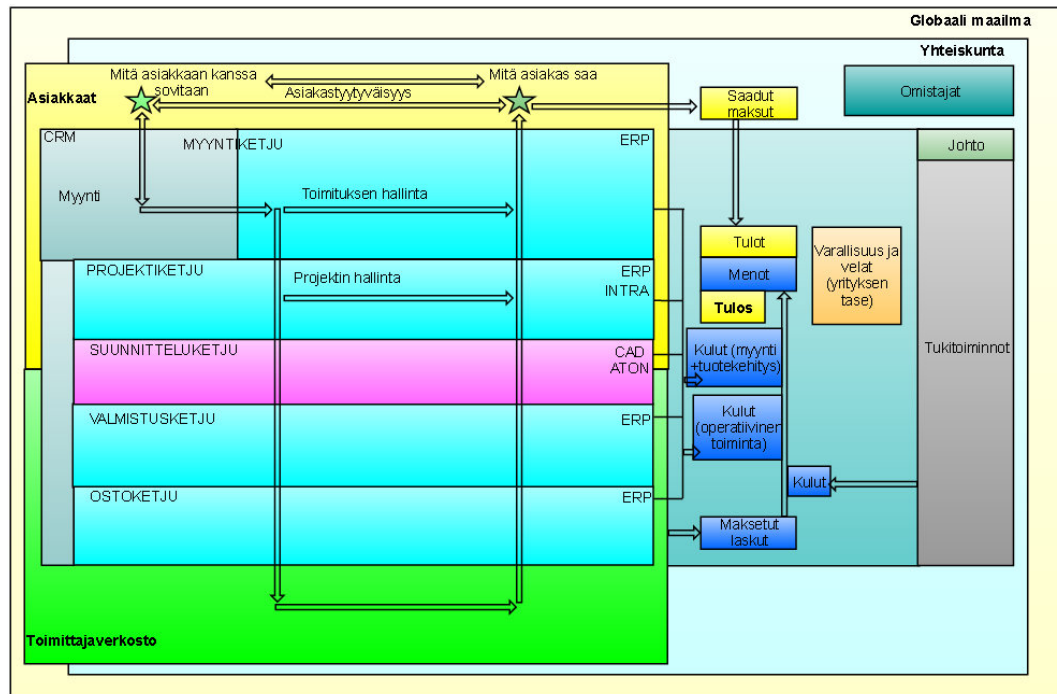


Kuva 2 MLS-järjestelmä: <http://www.fastems.com/fi/tuotteet/palettiautomaatio/monitasojarjestelma/> 25.7.13

Kuten aiemmin tässä kappaleessa esitetystä organisaatiokaaviosta käy ilmi, MLS-järjestelmien liiketoiminnasta vastaa Customized solutions-toiminto (jatkossa CS-toiminto), FPC- ja FPM-järjestelmistä Modular solutions -toiminto (MS) ja asiakkaan asennus-, käyttöönotto- ja huoltotoiminnasta Lifecycle services -toiminto (LSC).

1.1.3 Liiketoimintaprosessi

Fastemsin tilaus-toimitus -prosessi etenee karkeasti kuvan 3 mukaisesti. Toimitusprosessi voidaan jakaa myynti-, projekti-, suunnittelu-, osto- ja valmistusketjuun.



Kuva 3 Fastemsin liiketoimintaprosessi. Kari Molarius

Laajempia toimituksia, jotka vaativat toimituskohtaisen projektipäällikön, kutsutaan Fastemsiilla projektitoimituksiksi. Usein siis näistä toimituksista käytetään projektinimitystä, ja niiden hallintaan käytetään projektinohjauksen menetelmiä.

Keskeiset prosessin ohjaamiseen käytettävät tiedonhallintajärjestelmät ovat myynnin SuperOffice-CRM- (Customer Relationship Management), Fasto-ERP- (Enterprise Resource Planning) ja suunnittelun Aton-PDM -järjestelmä (Product Data Management).

Markkinoiden kysynnän muutos projektiliiketoiminnassa

Vuonna 2008 alkaneen taloudellisen taantuman jälkeen asiakkaiden haluamat järjestelmät alkoivat olla yhä räätälöidympiä asiakkaan yksilöllisiin tarpeisiin. Erityisesti ilmailuteollisuus asetti Fastemsin projektiosaamisen ja suunnittelun koetukselle (Fastems vuosikertomus 2009). Tämä johtaa nykyisessä toiminnassa haasteisiin projektitoiminnan sisällä suunnittelun lisäksi myös ketjun loppupäässä. Tuotteiden kysynnän ennustaminen on haastavaa, joten tuotannon ja ostonkin on oltava ketterät toimissaan. Ilmailuteollisuuden kysyntään vastaaminen tarjoaa kuitenkin mahdollisuuden myös laajempiin toimitussopimuksiin. Lisäksi kyky toimittaa laajempia kokonaisuuksia parantaa Fastemsin kilpailuasemaa.

1.1.4 Perehtyminen nykytilaan haastattelun avulla

Tätä työtä edelsi tilannekatsaus Fastemsin toimintaan yleisesti. Katsaus toteutettiin yrityksen sisäisten haastattelujen avulla keväällä 2013. Lisäksi pyrittiin selvittämään kuinka aktiivisesti nykyisiä tietojärjestelmiä ja erityisesti Fasto-ERP-järjestelmää käytetään liiketoimintaprosessin ohjaamiseen. Seuraavassa esitellään lyhyesti sisäisissä haastatteluissa esiinnousseet keskeiset havainnot.

Haastatellut henkilöt osastoittain (toiminto/haastateltujen henkilöiden määrä):

Tuotehallinta	3
Liiketoimenjohtaja	1
Projektitiimin johtaja	1
Suunnitteluryhmän johtaja	1
Tietojärjestelmien pääkäyttäjä	3
Yksikönjohtaja	2
Tuotannosuunnittelu	2
Osto- ja hankintatiimin johto	1
Osto ja hankinta	3
Tuotannonjohto	1
Työnjohto	2
Tuotanto	2
Logistiikkaosasto	1
Matka-asennusten johtaja	1
Talousoosasto	2
Huolto-osaston johto	1
Varaosatiimi	1
Yhteensä	28

Yleisimmät huomiot liittyen aiheisiin, joita tässä työssä tullaan käsittelemään:

- Projektien seuranta monenkirjavaa
- Projektin vaiheseuranta olematonta ja vaikeaa vaiheiden laajuuden vuoksi (vaiheiden kestot useita viikkoja)
- Faston käytön rutiinit puuttuvat: monet erilaiset tavat käyttää Fastoa aiheuttavat päänaivaa talousoosastolle, joka lopulta joutuu tulkitsemaan mitä milläkin merkinnällä on pyritty tarkoittamaan
- Excel-taulukoiden käyttö runsasta eri liiketoiminnan osastoilla
- Materiaalien hallintaan käytännössä kaivataan ohjeita: Jos lopputuotteen rakenteet olisivat vakiodumpia, niin yksittäisten kokoonpanovaiheiden materiaalit voitaisiin varastoida samoille lavapaikoille. Tämä helpottaisi keräilyä ja säästäisi varastotilaa
- logistiikkatoiminnot ovat sekavat: vaativat roolijakoa ja järjestelmän tukea

- Faston ominaisuustoiveita on ollut monenlaisia ja valitettavan usein toteutuksen jälkeen on huomattu, ettei kyseistä ominaisuutta tarvitakaan todellisuudessa.

Useimmat epäilivät ongelmien syyksi viimeisten vuosien aikana muuttunutta liiketoimintaa, eli asiakastoimitusten lisääntynyttä räätälöimistarvetta. Vastajaat kertoivat, että ennen toimintatavat olivat riittävät toiminnan hallintaan, mutta muuttuneen toiminnan myötä ei ole osattu muuttaa toimintatapoja. Toimintatapojen muutoksiin kaivattiin yhtenäistä linjaa ja vastuunjakoa, ja toisaalta ohjeita niiden käytännön toteutukseen. Kun haastatelluilta henkilöiltä kysyttiin mielipidettä Faston käytöstä, niin todettiin sen käytön tuntuvan vaikealta. Useimpien mielestä sen käytön oppii parhaiten, kun on pakko, ja jos ei ole pakko, niin ei mielellään opettele. Käyttöön myös kaivattiin ohjeita.

Nykyisen toiminnanohjausjärjestelmän käyttö on siis haastellista. Vaikka tuotannon seuranta saataisiin Fastoon ja hallintaan tuotannon osalta, ei informaatio välttämättä välity organisaation muille sidosryhmille. Toisaalta kaikkien ei tarvitsekaan seurata tuotannon tilaa Fastossa, mutta Fastoon tietoa syöttävien tulee todella tietää mitä tekevät jotta projektitiedon raportointi olisi luotettavaa.

1.2 Tutkimusongelma

Kokoonpanokeskeisen tuotantoketjun läpimenoaika on huomattavan pitkä ja sen valmiusasteen seuranta on vaikeaa.

Kokoonpanokeskeinen tuotanto tarkoittaa Fastemsin kohdalla sitä, että yritys ostaa osat ja kokoaa ne yhteen suunnitellulla tavalla. Tämän ketjun pituus on suunnittelun valmistuttua usein noin kymmenen viikkoa. Tästä oston osuus on neljästä kahdeksaan viikkoa, ja kokoonpanon ja testauksen osuus on noin kahdesta neljään viikkoon. Kun laitetta kokoaa ja testaa useampi työntekijä, tarvitsee tuotannon läpiviemi useita satoja työtunteja.

Toimituksen läpiviennin kannalta vaiheiden seuranta on tärkeää ja tuotannon osalta sitä ei tällä hetkellä tehdä. Kun aikaisemmin toimitukset olivat usein yksinkertaisempia tai vakioidumpia, oli myös kokoonpanotyö vakioidumpaa ja ennustettavampaa. Nykyään toisistaan poikkeavien tuotteiden kokoonpano on kestoaltaan ja vaihtelevuudeltaan suurta, jolloin valmiusastetta tai valmistuksen päättymisajankohtaa on mahdotonta tarkasti arvioida. Lisäksi kokoonpanevan työn tehokkuutta on vaikea arvioida, koska työtunteja ei voida kohdistaa vaiheille, vaan kaikki kerätään samalle työlle. Tämän vuoksi tässä diplomityössä tutkitaan kuinka tuotantoketju voidaan parhaalla mahdollisella tavalla vaiheistaa, jotta projektin luotettava seuranta tuotannon osalta on mahdollista, ja jotta kokoonpanon työtä voidaan vaiheistuksen seurauksena tehostaa.

Yrityksen motivaatio toiminnan kehittämiseen on suuri, sillä markkinat vaativat vakiotuotteiden ohella myös räätälöityjä järjestelmiä.

1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

- 1) Työn tavoitteena on määritellä menettelytavat, joiden lopputuloksena tuotantoketju on vaiheistettu siten että toimituksen moduulien ja alikokoonpanojen kokoonpanoprosessia kytetään seuraamaan ja niiden valmiusaste ja valmistumishetki tiedetään.
- 2) Edellä olevan tiedon pohjalta toinen tavoite on määritellä suunnittelusta saatavien lähtötietojen tavoitetilä, eli suuntaviivat siitä kuinka suunnittelutieto palvelee parhaalla tavalla tuotantoa, ja kuinka tämä tieto voidaan parhaiten välittää tuotantoon.
- 3) Edellisten tulee johtaa siihen, että suunnittelu-lähetysketjun tiedot kirjataan ERP-järjestelmään ja tämä jälki säilyy läpi ketjun, ja tätä tietoa voidaan hyödyntää myös loppuasennuspaikalla.

Työ rajautuu CS-liiketoiminnan FMS-tuotteiden kokoonpanokeskeiseen tuotantoon, jossa toimitukset hoidetaan projekteina ja projektiliiketoiminnan periaatteiden mukaan. Työssä otetaan huomioon se, mitkä kehityskohteet voidaan toteuttaa tuotannossa vaikuttamatta muuhun toimintaan, ja toisaalta mitkä valmiudet tuotannolla on vastata kehitykseen, jos liiketoimintamalli muuttuu.

Seuraavassa tarkastellaan hyötyjä, joita on mahdollista saavuttaa, kun tavoitteisiin päästään. Hyötyjä tarkastellaan tuotannon tasolla sekä sitä ylemmällä ja alemmalla liiketoiminnan tasolla. Ylemmäksi tasoksi valitaan projektiliiketoiminta, sillä kokoonpanokeskeinen tuotanto on jalostava osa projektitoimitusta. Alemmaksi tasoksi valitaan nimikekohtainen materiaalinhallinta, sillä sen osuus on merkittävää tuotannonohjaukselle.

1.3.1 Tavoiteltavat hyödyt projektiliiketoiminnan kannalta

Välitön hyöty

Tuotannon vaiheistuksen avulla projektista vastaavat saavat täsmällisempää tietoa toimituksen valmiusasteesta.

Välillinen hyöty

Vaiheistuksen seuranta mahdollistaa toimituksen läpimenoajan lyhenemisen, kun saadaan tarkempaa tietoa siitä mitä vaiheita tulee kehittää suunnittelun, oston tai tuotannon osalta.

1.3.2 Tavoiteltavat hyödyt kokoonpanokeskeisen tuotannon kannalta

Välitön hyöty

Vaiheistuksen seurauksena tuotanto jakautuu hallittavampiin kokonaisuuksiin, mikä helpottaa resurssisuunnittelua.

Välillinen hyöty

Vaiheistuksen kautta saavutetaan parempi ennustettavuus ja täten resurssien tasaisempi kuormitus. Lisäksi vaiheiden tuntikertymät välittävät täsmällisempää tietoa mahdollisista poikkeamista tuotannon johdolle ja suunnittelulle.

1.3.3 Tavoiteltavat hyödyt materiaalinhallinnan kannalta

Välitön hyöty

Töiden materiaalit saadaan ajoitettua täsmällisemmin kokoonpanon tarpeiden mukaisesti.

Välillinen hyöty

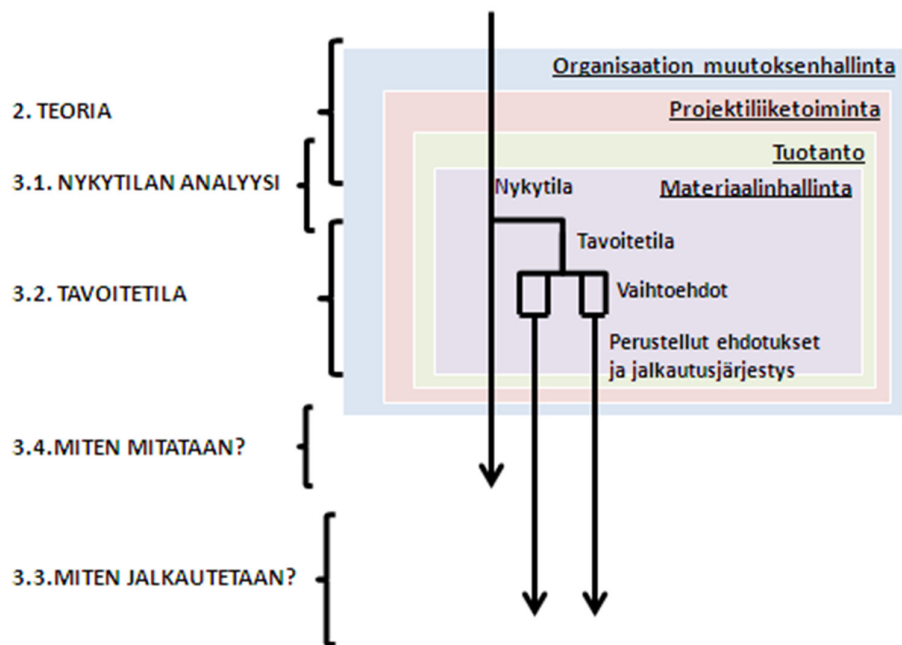
Vaiheistus osaltaan tukee modulaarisuutta, mikä taas mahdollistaa nimikkeiden toistuvuuden. Toistuvuus taas mahdollistaa hankintojen paremman kilpailutuksen.

1.4 Tutkimusmenetelmä ja työn rakenne

Tuotannon teoreettinen malli voi olla erinomainen apu käytännön työssä yksityisten teknisten ratkaisujen ja kehityshankkeiden sijoittamisessa kokonaisuuden osiksi (Lapinleimu, s. 10, lainattuna Jarl-Thure Erikssonina). Tuotannon järjestämiselle on olemassa lukuisia teorioita ja filosofioita. Tässä työssä ei pyritä jalkauttamaan erityistä filosofiaa Fastemsille, vaan lähinnä varmistamaan, että tarvittavat asiat tulevat otetuksi huomioon kun tuotannonohjaukseen tehdään muutoksia. Toisin sanoen pyritään välttymään siltä, että muutos toisaalla aiheuttaa uusia ongelmia jossain muualla.

Teorian merkitys korostuu, kun tarkastellaan vastaavanlaisten kehityskohteiden jalkautusta. Jalkautusten onnistumiset voivat olla kannustavia myös Fastemsin tuotannonkehitykselle, ja toisaalta muiden tekemistä virheistä voidaan ottaa myös opiksi.

Kuvassa 4 on esitetty työn rakenne. Työ etenee teorian kautta nykytilan analyysiin. Tavoitteiden ja nykytilan pohjalta nostetaan esiin vaihtoehtoiset tavoitetilat, jotka ovat sovitettavissa nykyiseen liiketoimintaan. Näistä valitaan perusteltu potentiaalisiin ehdotus toteutettavaksi.



Kuva 4 Työn rakenne

2 TEORIA

Edellisessä kappaleessa määritelty tavoite liittyy suoraan Fastemsin tuotantoketjuun. Koska kyse on kuitenkin yksittäisestä joskin oleellisesta osasta koko liiketoimintaketjua, on teoriaosuudessakin käsiteltävä ketjua kokonaisuutena. Tällä pyritään varmistamaan se, etteivät tuotantotoiminnan tasolla tehdyt muutokset vaikuta negatiivisesti liiketoiminnan ylemmillä tasoilla ja ettei toisaalta lähdetä tekemään radikaaleja muutoksia sellaiseen suuntaan, jota ei ole yleisesti tunnustettu mahdolliseksi. Teoriaosuudessa tarkastellaan koneteollisuudessakin yleisesti hyväksytyjä teoksia, ja näissä erityisesti kokoonpanevan tuotannon osuutta.

Teoriaosuudessa tarkastelu aloitetaan kokonaisvaltaisemmalta tasolta eli organisaation muutoksenhallinnasta. Sen jälkeen tarkastellaan Fastemsin CS-liiketoiminnassa keskeistä toimintatapaa eli projektiliiketoimintaa. Lisäksi käydään läpi toiminnan- ja tuotannonohjauksen keskeistä teoriaa.

2.1 Muutoksen hallinta

Organisaatiot muodostuvat yksilöistä, ryhmistä ja edellisten muodostamista rakenteista. (Robbins, S.P. et al. s.8). Organisaation olemassaolon tarkoitus on toimia kokonaisuutena jonkin yhteisen päämäärän hyväksi. Organisaatiota on johdettava, jotta toiminnan suunta säilyy. Johtajuus on taas sitä, että saadaan asiat tapahtumaan toisten ihmisten välityksellä. (Robbins, S.P. et al. s.4). Muutos tapahtuu joko ympäristön pakottamana tai suunniteltuna muutoksena kohti haluttua uutta toimintatapaa. (Robbins, S.P. et al. s.518). Jälkimmäisessä tapauksessa muutosta on osattava johtaa haluttuun suuntaan.

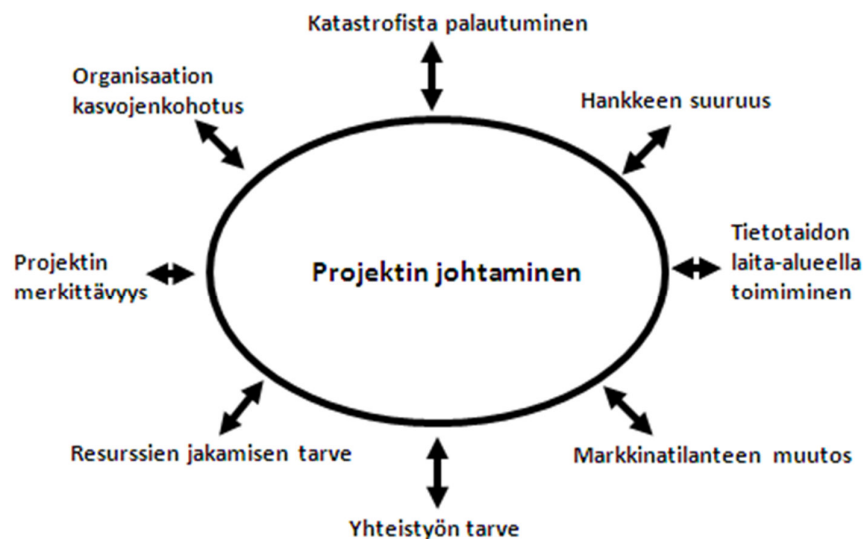
Aina kun organisaatio pyrkii kehittymään tai kehittämään jotain, toimii sen moottorina ihminen. (Robbins, S.P. et al. s.15). Siksi on tärkeää tarkastella ihmisen ja sitä kautta organisaation tapaa reagoida muutokseen ja ottaa se huomioon jo muutoksen suunnitteluvaiheessa. Ihmisen toiminnan muutos ulkopuolelta määrättynä aiheuttaa usein muutosvastarintaa. Muutosvastarinta on osoitus siitä, että asioilla on merkitystä ihmiselle, eikä rutiineja herkästi haluta muuttaa. Tällöin organisaatiossa säilyy tietty stabiilius, eli muutokset eivät tapahdu hallitsemattomasti. Sen haittapuoli taas on, että se hidastaa kehitystä. (Robbins, S.P. et al. s.519).

Muutosvastarinnasta selviytymiseen auttaa koulutus ja kommunikointi, eli kerrotaan avoimesti muutoksesta ja motivoidaan ”myymällä” tarve muutokseen. Muutoksen

jalkautuksessa on myös kohderyhmä osallistettava varhaisessa vaiheessa, ja valittava pilottivaiheessa positiivisesti muutokseen suhtautuvat tai avainhenkilöt koehenkilöiksi. (Robbins, S.P. et al. s.521). Kurt Lewinin kolmiaskelmallinen muutosmalli toteuttamiselle: Unfreezing (ravistelu, idean myyminen) -> movement (muutosprosessi) -> refreezing (muutoksen stabilointi). (Robbins, S.P. et al. s.523-524). Mitä vaikeampi asia on, sitä hyödyllisempää on pohtia sitä ryhmässä. Ryhmässä pohtimisen etu on myös siinä, että pohdinnan jälkeen asian jalkautus on nopeaa, sillä useimmat henkilöt on jo sitoutettu aiheeseen. (Robbins, S.P. et al. s.246).

2.2 Projektiliiketoiminta

Projekteiksi kutsutaan toimintojen joukkoa, jolla on määritetty aikataulu-, kustannus- ja tekninen suorituskykytavoite, ja joka sopii organisaation toimintaan ja strategiaan. Sen avulla luodaan jotain jota ei ole ennen ollut. (Cleland, D. et al. s.26). Projektin tarkoitus on aikaansaada strategiaa palveleva muutos, oli se sitten tuoterakenne, prosessityyppi, organisatorinen, tai vastaava. (Cleland, D. et al. s.71). Projektijohtamisen hyödyntämistä muutostyössä voidaan harkita kohdatessa seuraavanlaisia haasteita (kuva 5, Cleland, D. et al. s.75):



Kuva 5 Projektinhallinnan tarpeen vaatimuksia. Cleland, D. et al. mukailleen.

Fastems käyttää järjestelmätoimituksissa projekti-nimitystä. Toimitukseen liittyy suuri määrä variaatiota ja liikkuvia osia, joiden ohjaukseen käytetään projekteille tyypillistä ohjaustapaa. Yksittäinen projektitoimitus ei siis pyri palvelemaan strategian muutosta, mutta yhdessä niillä pyritään johtaa strategiaa haluttuun suuntaan.

Onnistuneelta projektien johtamiselta vaaditaan monipuolista osaamista, johon voidaan sisällyttää spesifi tavoite, kyvykäs johtaminen, ylimmän johdon tuki, kyvykkäät tekijät, riittävät resurssit ja aikataulu, jne. Projektit yleensä pilkotaan osiin, joita yhdistellään osakokonaisuuksiksi ja pyritään saattamaan yhteen tavoiteajassa ja budjetoiduilla resursseilla. Projektin aikataulun minimoimiseksi pyritään hoitamaan osia rinnakkain, jos mahdollista. Rinnakkaisuuksissa kuitenkin yleensä esiintyy kohtia, joita ei voi hoitaa ennen edellisen päättymistä. Tällaista reittiä projektin aikataulutuksessa kutsutaan kriittiseksi poluksi. (Slack, N. et al. s.551-583).

Projektiliiketoiminta ei ole vain yksittäisten toimitusten tekemistä asiakkaalle. Se on myös toimittaja- ja asiakasyrityksen välistä pitkäaikaista liiketoimintasuhteen rakentamista, jossa projektipäällikkö ja muut osalliset sillä hetkellä edustavat yritystä. Esimerkiksi Venäjällä liiketoimintaan liittyy paljon kokemukset aikaisemmasta yhteistyöstä, ja toimituksia tilataan ”tutuilta”. Hierarkian merkityksen korostumisessa on myös tärkeää tuntea niin sanotut oikeat kontaktihenkilöt. (Niittymäki, 2009. s 8-10). Projektityyppisellä ohjaustavalla Fastems myös pyrkii ottamaan asiakasnäkökulman huomioon tarkemmin kuin toimittamalla pelkän tuotteen ja palvelun.

Project Management Body of Knowledge (5th edition, 2013)

PMBOK on kansainvälisesti tunnustettu projektiliiketoimintakonsepti. Tunnetut ja yhdenmukaiset toimintatavat helpottavat ymmärtämään yritysten välistä toimintaa ja kommunikaatiota. Koska Fastemsin projektiliiketoimintaa yhtenäistetään toimimalla PMBOK:n konseptin mukaan, on syytä tarkastella tuotannon osuutta osana konseptia.

Koska projekteja tai niihin verrattavia ohjelmia on usein käynnissä lukuisia, voidaan niiden kokonaisuutta kutsua portfolioksi. Portfoliolla ohjataan sen aliprojekteja yhdessä saavuttamaan toiminnan strategiset tavoitteet (s.4). Projektien osalliset voidaan jakaa varsinaiseen projektitiimiin ja muuhun sidosryhmään. (s.31). Fastemsin organisaatiomallissa liiketoimintayksiköt ostavat sisäisesti CO:lta kokoonpanotyön, jolloin CO kuuluu projektin sidosryhmään, muttei itse projektitiimiin.

Projektin elinkaari voidaan jaotella karkeasti viiteen vaiheeseen tai prosessiin: aloitus-, valmistelu-, toteutus-, seuranta- ja päättämisvaihe (s. 418). Näillä prosesseilla kontrolloidaan muun muassa projektin integrointia, laajuutta, aikataulua, kustannuksia, laaduntuottoa, ihmisten johtamista, kommunikaatiota, riskejä, hankintaa ja sidosryhmiä (s.423). Luonnollisesti valmistelu tulee toteuttaa huolellisesti, sillä vaikka epävarmuustekijät ovat aluksi korkeat, niin myöhemmän toteutusvaiheen aikaiset muutokset tulevat sitä kalliimmiksi, mitä myöhemmin muutokset toteutetaan (s.40). Kaikkea ei voi ottaa huomioon, vaan projektiryhmä poimii erityisesti oleellimmat tekijät, joita pyritään seuraamaan ja kontrolloimaan elinkaaren vaiheissa (s.48).

Projektin aikataulun ja kustannusten seuranta ovat oleellisia osia projektinhallinnassa. Tuotannolla on oma paikkansa projektitoimituksen aikataulussa ja merkittävä rooli loppukustannuksissa materiaalin osuuden ollessa Fastemsin projektiliiketoiminnasta noin 65% (Fasto-ERP tapahtumat). Aikataulun osalta projekteilla on usein kriittisiä polkuja ja niissä vastaavasti tehtäviä, jotka on toteutettava ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä (s.176-183). Luonnollisesti projektin lopputuotteen ollessa fyysinen tuote, muodostaa tuotanto tällaisen vaiheen tilaus-toimitus -prosessissa.

Projektipääällikkö vastaa siitä, että projektitiimi ja sidosryhmät kommunikoivat riittävän tehokkaasti keskenään. Potentiaalisia kommunikaatiokanavia sanotaan olevan $n(n-1)/2$, missä n on sidosryhmän henkilömäärä (s.292). Jos siis sidosryhmän suuruus on viisi, niin kommunikaatiokanavia on 10, ja vastaavasti 20 sidosryhmää tuottaa jo noin 200 kanavaa. Lukumäärän kasvaessa on siis olennaista päättää mitä, kuka ja kenelle kommunikoidaan, ja mitä kanavia käytetään (s.292).

Toisaalta (Binder, J. et al. mukaan) kansainväliset tutkimusaineistot, jotka käsittelevät projektinjohtamisen peruseriaatteita ja kansainvälisten projektien onnistumisen suhdetta, eivät viittaa siihen, että nämä projektit olisivat perustaneet toimintansa PMBOK:een. Binder et al. mukaan jokaisessa kansainvälisessäkin projektinsa on tietyt toistuvat huomioitavat kohdat, mutta projektinjohtamisen täytyy mukautua yksittäiseen projektiin sen vaatimalla tavalla.

2.3 Toiminnanohjaus

Luvun otsikko Toiminnanohjaus tarkoittaa toimitusketjun hallintaa ja ohjausta. Tässä käydään lyhyesti läpi tuotannosuunnittelu yleensä, ja keskitytään lopulta enemmän toiminnanohjauksen alaiseen tuotannonohjaukseen.

Toimitusketju

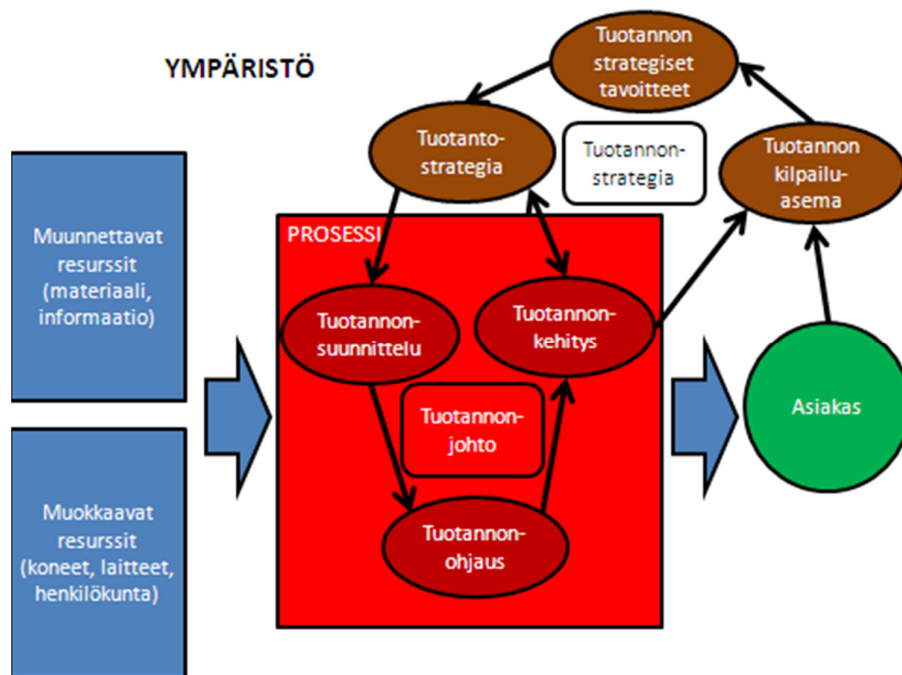
Toimitusketju (SC, supply chain) alkaa tilauksesta ja päättyy toimitukseen. Toimitusketjun operatiivisesta ohjauksesta voidaan käyttää termiä toiminnanohjaus. Sen tehtävänä on informoida myyntiä realistisista toimitusajoista ja ottaa tilaukset vastaan myynniltä, valmistussuunnitelman tekeminen ja toteutusimpulssien antaminen. (Lapinleimu, s.105).

Toimitusketju voidaan määrittää asiakkaalle arvoa tuottavien prosessien ketjuna. Ketjun tavoite on saada tehokkaasti aikaiseksi riittävä asiakasarvo. Tehokkuuden merkitys korostuu ketjussa, sillä säästetty euro ketjussa on suoraan lisääntynyt euro katteessa. Tällöin esimerkiksi materiaalikustannusten ollessa 65% kokonaiskustannuksista ja katteen ollessa 5%, viiden prosenttiyksikön säästö materiaalikuluissa tuplaa katteen 10%:iin. (Slack, N. et al. s.452). Ketjun merkittävimmät lenkit ovat toimittajat,

tuotantoprosessi ja jakelu, joista tässä keskitytään tarkemmin tuotantoon, ja lopussa tuodaan esiin näkökulmia jakelu- tai logistiikkatoiminnosta.

2.3.1 Tuotantoprosessi

Slack, N. et al, 2004, s.5-6: Tuotantotoiminta (kuva 6) on resurssien järjestämistä siten että toiminnalla voidaan tuottaa tuotteita ja palveluita.



Kuva 6 Tuotantoprosessi. Slack, N. et al. mukaillen

Prosessin tuotantopanokset ovat kuvan mukaisesti muunnettavia (materiaali, informaatio, jne.) ja niitä muokkaavia (koneet, laitteet, henkilökunta, jne.). Näistä muunnosprosessi muokkaa tuotteita, jotka päätyvät asiakkaalle. Muunnosprosessi itsessään sisältää tuotannosuunnittelun (tuotannontekijöiden järjesteleminen), tuotannonohjauksen (senhetkinen kysyntä-tarjonta), ja prosessia on pyrittävä myös jatkuvasti kehittämään. Muunnosprosessia ja resurssien jakoa kontrolloi tuotannonjohto. Kuvassa on myös kuvattu tuotannon strategiaosa, joka peilaa kulloisenkin kilpailullisen aseman mukaan tuotannon strategiset tavoitteet, joista taas muodostetaan tuotantostrategia. (Slack, N. et al. 2004. S.5-30).

Tuotannon strategia



Kuva 7 Tuotannon strategia, Slack, N. et al. mukaillen.

Tuotannon strategiaa ohjaa ennen kaikkea se, kuinka tärkeä on tuotannon rooli yrityksen liiketoiminnan kannalta. Rooli tarkoittaa sitä onko tavoitteena se, ettei tuotanto toimi jarruna liiketoiminnalle, onko tarkoitus olla suunnannäyttävä alallaan, vai jotain tältä väliltä. Tästä muodostuvat tuotannon strategiset tavoitteet, jotka yleensä koostuvat laatu-, nopeus-, toimitusvarmuus-, joustavuus- ja kustannustavoitteesta. (Slack, N. et al. 2004. S.37-56). Tässä mainitaan neljä peruseriaatetta strategian muodostumiselle (Slack, N. et al. 2004. S.68-80):

1. Top-down: Tuotannon rooli on toteuttaa yrityksen ylimmän johdon päätökset siitä minkä he määrittävät volyymille tai toiminnalle. Tällöin yksittäinen tuotantoyksikkö on yleensä vain pieni toimija muiden joukossa.
2. Bottom-up: Tuotannon kokemus määrää itse oman strategiansa. Ylimmän johdon tehtävä on jakaa riittävät resurssit strategian toteuttamiselle. Näin voi tapahtua esimerkiksi silloin kun tuotanto pystyy erityisen ketterään toimintaan, ja yritysjohto huomaa, että asiakas on valmis maksamaan nimenomaan ketteryydestä.
3. Market requirements: Markkinoiden vaatimukset määrittävät tuotannon strategian. Esimerkkinä toimii tilanne, jossa asiakas alkaakin vaatia aiempaa monipuolisempia ominaisuuksia, jolloin tuotannon on mukauduttava tähän toiveeseen.
4. Operations resources: Resurssit on tuotannon rajoittava tekijä, jolloin strategia muodostuu sen pohjalta mihin nykyisillä resursseilla kyetään, tai jos resurssit on erilaiset verrattuna kilpailijoihin.

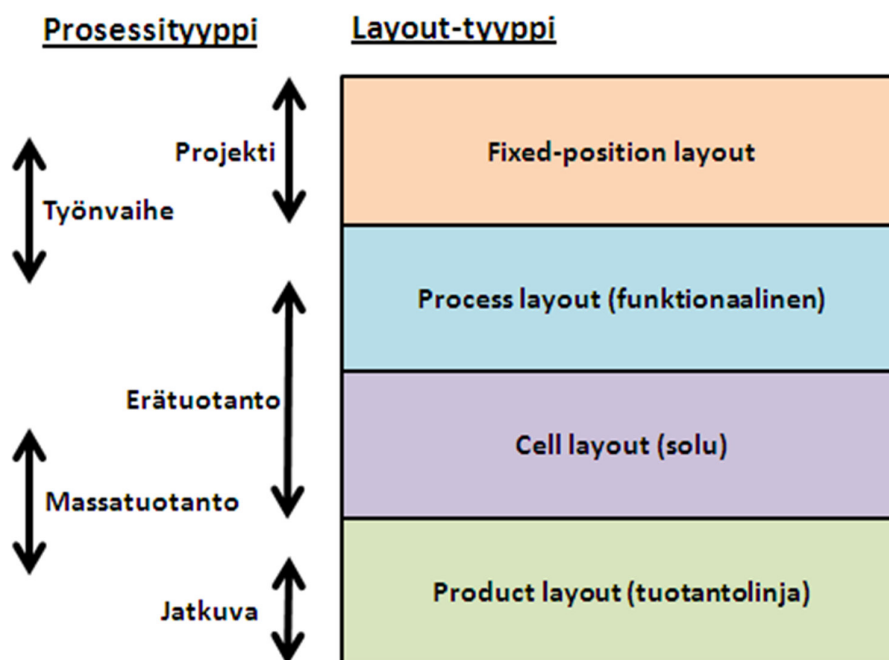
Periaatteet ovat vain suuntaa antavia, ja useimmiten ne toimivat limittäin keskenään.

Tuotannosuunnittelu



Operations Manager –termi voidaan suomentaa tuotannosuunnittelijaksi. Tässä tuotannosuunnittelulla tarkoitetaan tuotannontekijöiden järjestämistä optimaalisella tavalla. Tämä taas voidaan jakaa tuotesuunnitteluun, verkostonsuunnitteluun, layout- ja tavaravirtasuunnitteluun, jalostustekniikoiden suunnitteluun ja työsuunnitteluun. Yksi tuotannosuunnittelija voi olla vastuussa useammasta osuudesta, riippuen yrityksen koosta (Slack et al. 2004, s.92-94). Koska tämä työ keskittyy tuotannonkehitykseen, perehdytään jatkossa enemmän layout- ja tavaravirta-, sekä työsuunnitteluun. Muut osat huomioidaan siltä osin kuin ne liittyvät edellisiin.

Tuotannosuunnittelun toteutus riippuu prosessin tyypistä. Esimerkiksi pienivolyymista mutta varioituvuudeltaan suurta prosessia voidaan kutsua projektiprosessiksi, ja päinvastaista tyyppiä jatkuvaksi prosessiksi. (Slack, N et al., s.111-112). Tehtaan layout-suunnittelu on suuresti riippuvainen siitä millainen on yrityksen tuotantoprosessi. Kuvassa 8 on esitetty peruslayout-tyypit riippuen tuotantoprosessista (Slack, N. et al. s.207 mukaan):



Kuva 8 Prosessi- ja layouttyypit. Slack, N. et al. mukaillen.

Prosessit ovat usein kuitenkin osittain yhtä ja osittain toista tyyppiä, jolloin layout-tyyppien valinta ei ole yksinkertaista, vaan se on sekoitus kahta tai useampaa tyyppiä. Hyvän layoutin tunnusmerkkejä ovat turvallisuus, materiaalivirran nopeus, helppo saatavuus ja merkintöjen selkeys, työskentelyergonomia, johtamisen mahdollistaminen, kulkemisen helppous, optimaalinen tilankäyttö ja pitkän aikavälin joustavuus. Esimerkiksi fixed-position layout-tyypille on vaikea kuvata optimaalista layoutia, mutta tärkeintä sen toimivuuden kannalta on tuotannontekijöiden helppo ja tehokas sijainti tuotteen ympärillä, ja se että materiaali on mahdollista kuljettaa alueelle ja ulos. Funktionaalisen layoutin toimivuutta voidaan taas mitata esimerkiksi niin sanottujen latausten määrän ja solujen välimatkan suhteella, eli minimoimalla siirtojen ja kuljetusten määrä. (Slack, N. et al, s.219-223).

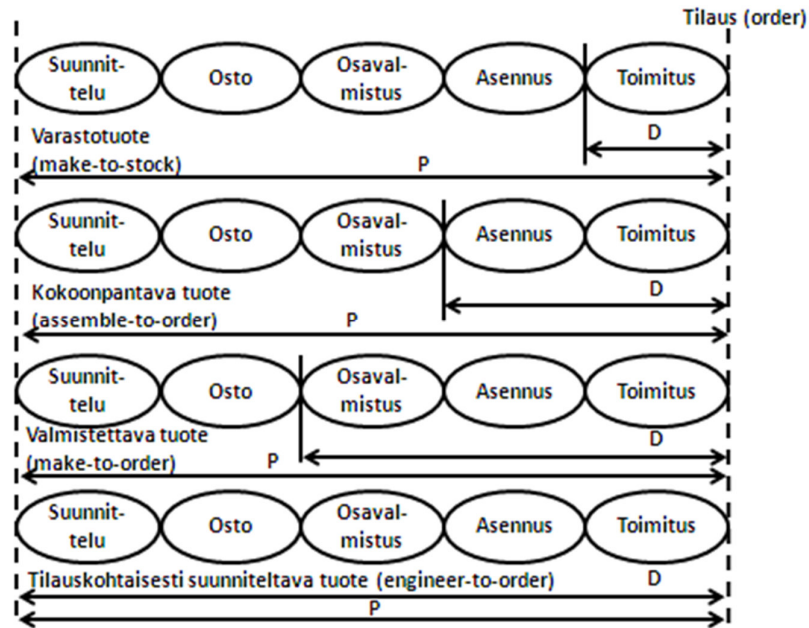
Työn suunnittelu on tuotannosuunnittelun ihmisläheisin osa. Siinä ei voida tarkastella vain materiaalia ja sitä käsitteleviä koneita ja laitteita, vaan huomioon on otettava muun muassa ergonomia, työssä kehittyminen ja motivaatio pitkällä aikavälillä, delegointitapa (erilaiset ihmiset päätyvät samaan lopputulokseen erilaisia reittejä pitkin, kun hänelle on delegoitu toivottu lopputulos) ja tiimityön mahdollisuudet. Tietyn työhön käytettävän ajan mittauksessa ihmisen kohdalla on otettava huomioon perusaika, joka menee tietyn vaiheen tekemiseen. Vaiheiden toistuessa perusaikaan on lisättävä henkilökohtaisten tarpeiden hoitoon käytettävä aika (esimerkiksi lepoaika), ja näistä saadaan standardiaika. (Slack, N. et al. s.244-318).

Tuotannonohjaus



Kun tuotannosuunnittelu ottaa huomioon resurssit, niin tuotannonohjaus huolehtii että resursseilla tyydytetään senhetkinen kysyntä ja tehdään se tehokkaasti ja taloudellisesti. Ohjaus perustuu tuotanto-ohjelmaan, joka tehdään usein pitkän, keskipitkän ja lyhyen aikavälin mukaan (esimerkiksi vuosi, viikko ja päivä). (Slack, N. et al. s.322-326).

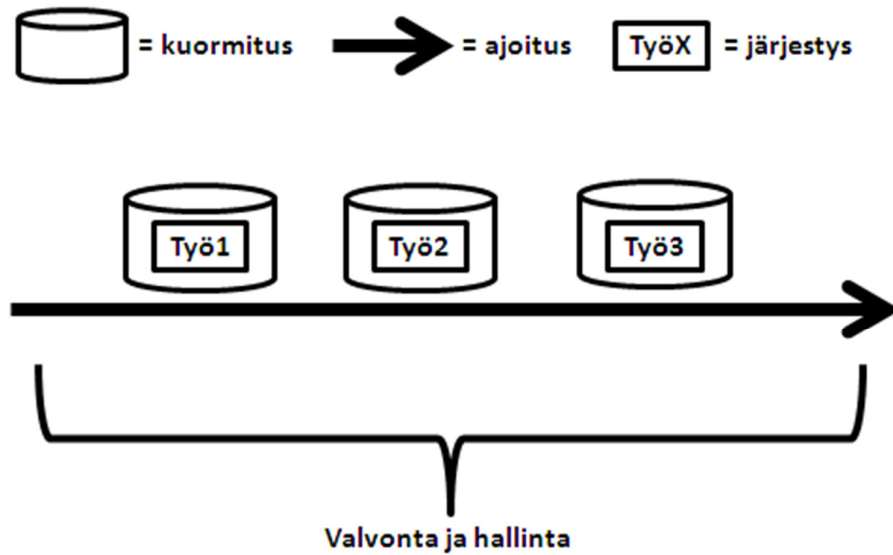
Luonnollisesti optimaalista olisi että kysyntä on tasaista, mutta näin ei usein ole. Kun kysyntä on tasaista, voidaan tarjota tuote nopeasti tekemällä niitä varastoon tai saattaa ne valmiiksi lähes oikeaan aikaan. Kysynnän ollessa epätasaista, asiakas joutuu pahimmillaan odottamaan, että tilauksen jälkeen aletaan vasta suunnitella tuotetta, hankkia materiaalit, työstää osat, koota ja lopulta vasta toimittaa. Tässä esitetään erilaisia toimitusaikamalleja ja käytetään läpimenoaika:toimitusaika -suhteelle merkintää P:D (throughput-time:demand-time, ks. kuva 9). (Slack, N. et al. s.331-332).



Kuva 9 P ja D erityyppisissä tuotannonohjaustapauksissa. Slack, N. et al. mukailten.

Suunnittelua vaativa tuote on aina läpimenoajaltaan P, eli suunnittelusta toimitukseen (Engineer-to-order). Kysyntään vastaaminen D on aina jotain tältä väliltä. Kuvassa on esitetty neljä erilaista P:D-suhdetta, mutta prosessikohtaisesti vaiheita voi olla enemmän tai vähemmän, ja D voi olla kaikkea niiden väliltä.

Kysynnän ja tarjonnan suhde tulee sovittaa tuotannonohjauksella prosessiin määrän, ajoituksen ja laadun puitteissa. Määrä ja ajoitus taas voidaan sovittaa yhteen kuormittamisen, kuormitusjärjestyksen, ajoituksen ja valvonnan ja hallinnan avulla (kuva 10). (Slack, N. et al. s.333-350).



Kuva 10 Määrän ja ajoituksen yhteensovitus. Slack, N. et al. mukailleen.

Määrän ja ajoituksen yhteensovitusta voidaan myös kutsua lyhyen aikavälin valmistussuunnitelmaksi. Se sisältää lopputuotteen toimitusajankohdan, verkon sisäiset toimitusajat, sen aikavälin, jolla kukin yksikkö tekee omat tehtävänsä, eri vaiheissa tarvittavat materiaalit ja tilauksen aiheuttaman kuormituksen määrän yksiköittäin. (Lapinleimu, s. 115).

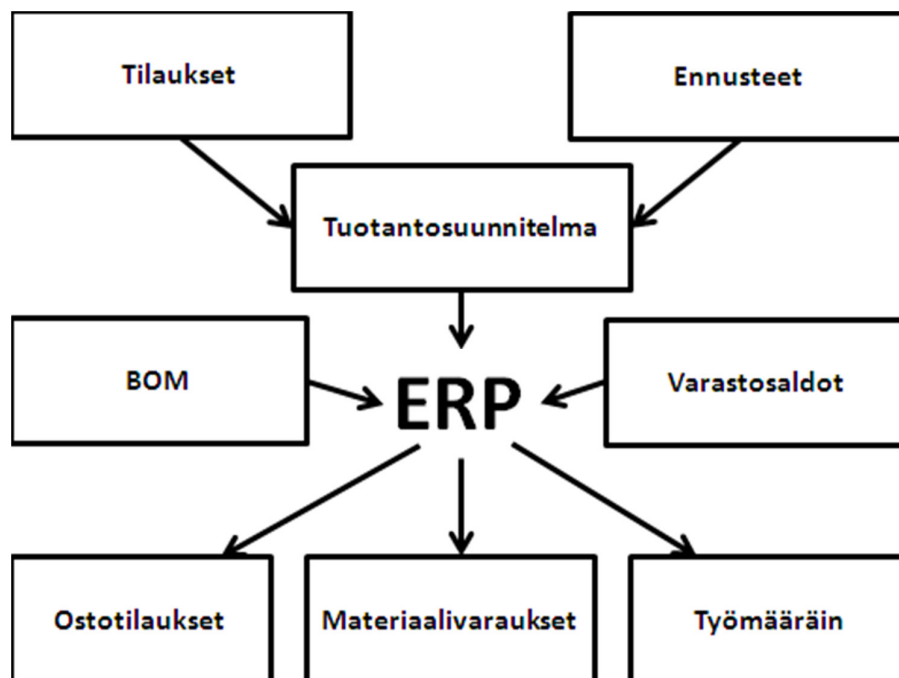
Valmistussuunnitelman mukaisessa kuormituksessa on kuitenkin otettava huomioon keskeytykset, siirrot, mahdolliset odottamattomat ongelmat ja kapasiteetti. Toisin sanoen on erotettava arvoa tuottava aika maksimaalisesta ajasta. Suunnitelmassa saa olla sen verran hajontaa, mikä pystytään valmistusyksiköiden joustavuudella korjaamaan (Lapinleimu, s.115). Työjärjestys voidaan muodostaa myös eri tavoin riippuen siitä, mikä työ on tärkein tai mahdollinen kuhunkin aikaväliin. Järjestys voidaan myös päättää kulloisenkin tilanteen mukaan, esimerkiksi jos imuohjautuva tuotanto vaatii tiettyä vaihetta toisen edelle. Lisäksi tuotannon aikataulutuksen haasteellisuus kasvaa eksponentiaalisesti töiden ja resurssien määrän kasvaessa (Metaxiotis, K.S. et al, 2003). Tämän vuoksi valvonnan ja hallinnan merkitys kasvaa, kun huomioon otettavat asiat lisääntyvät, kuormitusaikataulu kiristyy tai odottamattomia keskeytyksiä ilmenee, eli kun tuotanto-ohjelmasta joudutaan poikkeamaan.

Tuotantoprosessin ohjaustyyppinä voi olla useammantyyppisiä, ja useamman tyyppin yhdistelmiä. Perustyyppisiin kuuluu työntöohjaus (prosessin vaiheiden välissä on keskeseräisen työn materiaalivarastoja), ja imuohjaus (keskeseräisen työn varastot pyritään minimoimaan tekemällä vain seuraavan vaiheen tarpeeseen). Imuohjaukselle

on tyypillistä valmistettävien osien tai kokoonpanojen toistuvuus ja lyhyt osavalmistuksen aika. (Seppo Torvisen luentokalvo TTE-1010, 2007, luento 7, viitattuna Lapinleimuun) Työntö-imuohjauksen yhdistelmässä tuotannonohjaus on imuohjautuvaa tilauksen kytkeytymispisteeseen asti, josta se alkaa työntöohjautua. Tilauskohtainen loppukokoonpano (ATO, Assemble to order) kuuluu työntö-imuohjaukseen, kun ETO ja MTO (Make to order) on työntöohjauksen, ja STO (Ship to order) ja MTS (make to stock) imuohjauksen piirissä. (Hopp&Spearman, s.340.)

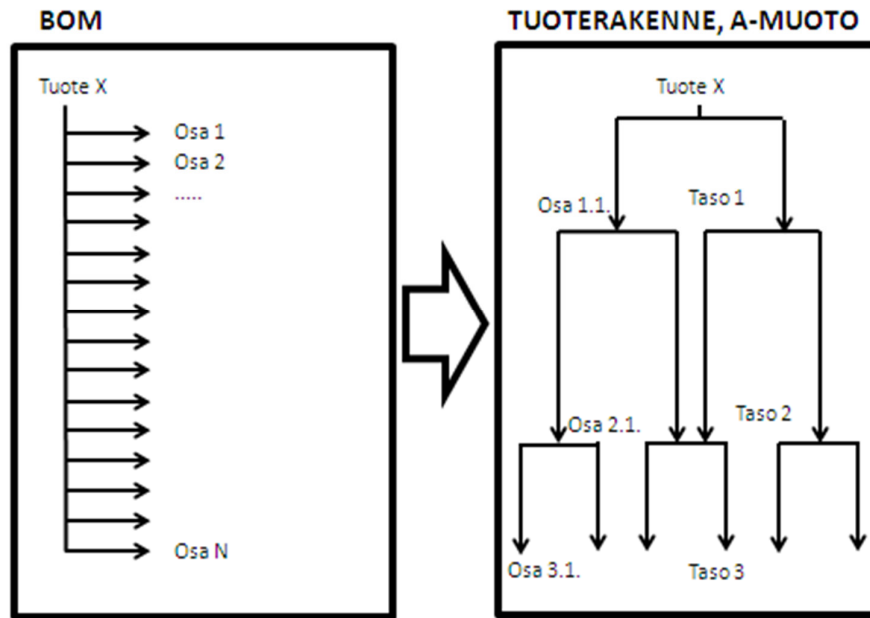
2.3.2 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmän (Enterprise resource planning, ERP) tehtävä on jatkuvasti vastaanottaa toiminnasta tietoa, tehdä laskelmia ja lopulta tulostaa tietoa halutussa muodossa. Tuotannon kannalta ERP:n päätarkoitus on materiaalin hallinta (MRP, Material resource planning), eli vastaanottaa tilaukset ja ennusteet (joiden pohjalta tehdään tuotantosuunnitelma), materiaaliluettelo (BOM, Bills of materials) ja varastosaldot, ja tulostaa näistä ostotilaukset, materiaalivaraukset ja työmääräimet (kuva 11). (Slack, N. Et al. s.483-487).



Kuva 11 Materiaalin hallinta ERP:ssä. Slack, N. et al. mukailleen.

Materiaaliluettelon pohjalta ERP muodostaa tuoterakenteen, jonka yläpäässä on valmis tuote, ja alaspäin edetessä käydään läpi valmistushaarojen tasoja. Tyypillinen kokoonpantava rakenne on A:n muotoinen (kuva 12), joskin rakenteita voi olla muitakin (T, V, X, jne.) (Slack, N. et al. s.494).



Kuva 12 Materiaaliluettelosta tuoterakenteeksi. Slack, N. et al. mukaillen.

Tuoterakenteen haarat voivat siis olla osakokoonpanoja, joista tehdään jokaisesta eri työmääräimet tai varastosta keräilyt, ja jotka lopulta kootaan lopputuotteeksi.

ERP-järjestelmät ovat tänä päivänä suurten järjestelmien pelikenttää. Vuonna 2011 suomalaisyrityksistä 75% käytti jotain tunnettua ERP-toimittajaa (yksittäisistä SAP 23%, Microsoft Dynamics 14% ja Tieto 3%). Nykyään ERP:ltä vaaditaan ketteryyttä muuttuvassa liiketoimintaympäristössä. Siksi järjestelmän on kyettävä muuttumaan käyttäjäyrityksen mukana. Ennen istuttiin viikkoja kestäneillä ERP-kursseilla, nykyään oppiminen tapahtuu työn ohessa. (Tietoviikko, 16.9.2011, s.18). On siis oleellista, että järjestelmän toimittajan on oltava asiakasyrityksen kanssa kehitystyössä mukana, ja että käyttäjällä on helposti saatavilla olevia käyttöohjeita.

Fastems käyttää Tieto oy:n Lean System 6.3. ERP-järjestelmää. Tarkemmin tätä esitellään luvussa 2.5.

Toimiakseen tehokkaasti ERP tulee joko sovitaa yrityksen liiketoimintaan tai liiketoiminta tulee sovitaa ERP-järjestelmään. (Slack, N. et al. s.508-509). Liiketoiminnalla on kuitenkin aikojen kuluessa tapana muuttua, jolloin väistämättä tulee tarve sopeuttaa ERP uuteen toimintamalliin, tai ottaa käyttöön aikaisemmin käytöstä poisjätettyjä ominaisuuksia.

ERP-järjestelmän menestyksekkäällä käyttöönotolla vaikuttaisi olevan muutakin hyötyä kuin toiminnanohjaustietojen saattaminen yhteen paikkaan kaikkien ulottuville. ERP:n

sovittaminen yrityksen muiden tietojärjestelmien, ja myös asiakasyritysten vastaavien kanssa yhteensopivaksi, on merkittävässä roolissa (korrelaatiokerroin 0,8229) päätöksentekonopeuden ja tiedon saatavuuden osalta. Näin siis ERP:n hyöty ulottuisi nopeampaan materiaalin tai osien hankinta-aikaan myös toimittajilta. (Ram, Jivant. et al. 2013).

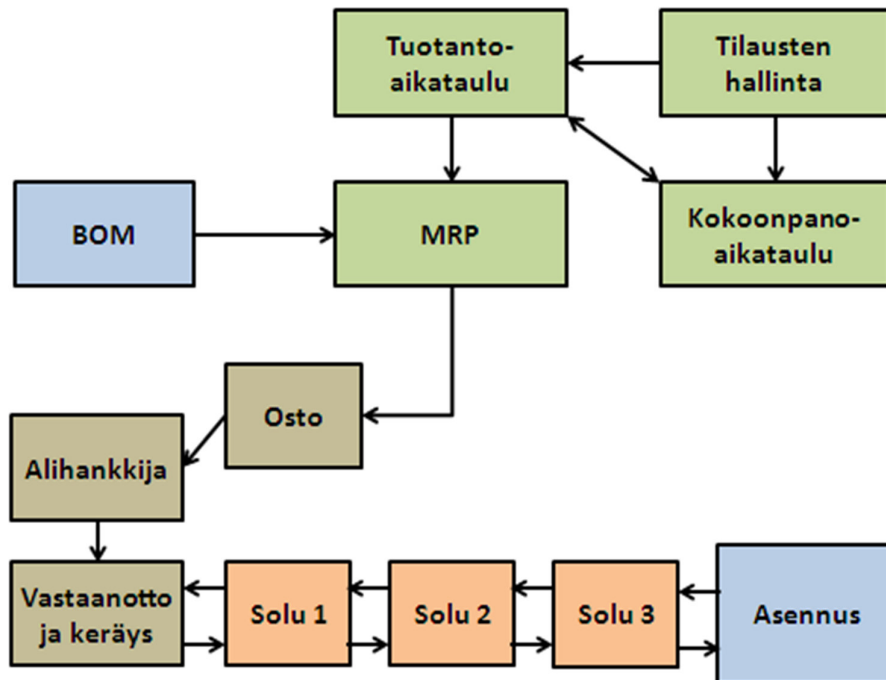
ERP:n tietyn ominaisuuden käyttöönoton vakiintuminen tapahtuu yleensä aikaisintaan vuoden päästä käyttöönotosta. Lisäksi yleensä ERP:n käyttöönoton aikaiset odotukset järjestelmän hyödyistä jäävät kuitenkin saavuttamatta useamman käyttövuoden jälkeen. (Jones, M.C. et. Al. 2008, s. 450). Jälkikoulutuksella voidaan siis kehittää jo käyttöönotetun järjestelmän ominaisuuksien käyttöä, mutta jalkauttamiseen on varattava aikaa. ERP:n käyttöönoton jälkeistä kehitystäkin kannattaa siis toteuttaa projektina, jolle on määritetty tavoite, resurssit ja aikataulu. Erityisen suureen rooliin jälkeenpäin tehdyssä käyttöönotossa nousee inhimillinen näkökanta, sillä arkkitehtuuri on jo yleensä olemassa, ihmiset on vain sopeutettava sen käyttöön. (Kimiaee, F. et al. 2011). Yrityksen sisäinen valmiusaste, eli ERP-järjestelmän käytön ”myyminen” ja sen kouluttamiseen varattu resurssi (tai näiden laiminlyönti) on havaittu suurimmaksi epäonnistumistekijäksi, ja ERP-projektiryhmän osallistuminen ja ylimmän johdon tuki toiseksi suurimmaksi onnistumistekijäksi SAP:n ERP-käyttöönotossa. (Edellinen 53,33% tapauksissa yhtenä epäonnistumistekijänä, ja jälkimmäinen 48,28% tapauksissa onnistuneissa käyttöönototapauksissa. Suurin onnistumistekijä oli liiketoiminnan sopivuus SAP:iin). (Gergeya, V.B. et al, 2005).

IT-järjestelmän käyttö henkilökohtaisesti kehittyy tietoisesti ja tiedostamatta. Tietoinen kehitys tarkoittaa luonnollisesti sitä, että käyttäjä tietoisesti perehtyy ohjelmaan, kehittää sitä tai pyrkii kehittämään käyttötapaansa. Tiedostamaton kehittyminen tapahtuu toistojen kautta. (Doll W.J. et al. 2003). Toisaalta järjestelmää jo useamman vuoden käyttänyt käyttäjä omaksuu ERP:n avulla toteutetun uuden toimintatavan tehokkaimmin, mikäli hänelle ensin koulutetaan vähintään minimi ERP:n entuudestaan käyttäjälle tuntemattomasta ominaisuudesta, perustellaan käyttötavan merkitys kokonaisuuden hallinnan ja oman työn tehokkuuden kannalta, ja annetaan käyttäjän itse testata työtään järjestelmän avulla. (Jones, M.C. et. Al. 2008, s. 445). Toisin sanoen käyttäjän on ensin ymmärrettävä kokonaisuus ja oma osuus osana sitä. Sen jälkeen hän on valmiimpi omaksumaan ERP:n käyttöä ja tehostamaan myös omaa työtään sen avulla.

MRP perustuu tuotannon kohdalla ennemminkin työntö- kuin imumalliin. Voiko ERP:n avulla ohjata imumallista tuotantoa? JIT-menetelmä (just in time, juuri oikeaan tarpeeseen) on yksi hukan minimoinnin ja jalostavan ajan maksimoinnin muoto, jonka kanban-työkalun (merkkikortti, tai muu havainnollinen tilauspistettä ilmaiseva väline) käyttö perustuu imuohjaukseen. Aiemmin mainittiin, että tilauskohtainen loppukokoonpano (ATO) voi perustua työntö-imuohjaukseen. Yhdistämällä JIT ja

MRP, voidaan työntö-imuohjausta pyrkiä kontrolloimaan tuotannossa. (Slack, N. et al. s.531-535).

MRP:n (ERP:n) yhdistäminen alihankkijan toimittamiin osiin, ja tuotannon ohjaaminen kanbanin mukaisesti voidaan karkealla tasolla kuvata seuraavalla tavalla (kuva 13, Slack, N. et al. s.544-555):



Kuva 13 Asennusaikataulun ja oston hallinta MRP:n avulla, ja kanban-ohjaus sisäiseen materiaalivirtaan. Slack, N. et al. mukaillen.

2.3.3 Logistiikka

Logistiikka on (Karrus, K. 1998, s.13 mukaan):

”Materiaali-, tieto-, ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto- ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvopalvelujen sekä asiakaspalvelun ja –suhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä.”

Satunnaisten, pitkän toimitusajan osien hankinta on haastavaa, kun tilaus-toimitus-ketju on ETO:n kaltainen. Siksi olisi tarkasteltava ensin onko toimitusajoissa muualla turhaa löysää, joka tulisi aina ensin poistaa tehokkuutta tavoiteltaessa (Karrus, K. s.60). Piirtämällä prosessin ajankäytöllisesti (tilaus-toimitusaika ja jalostava työaika) auki, löytyy usein näkyvimpänä osana jouto-aika tai odotusaika suurimpana osana kokonaisajasta (Karrus, K. s.62).

Nykyään yhä verkostoituneempi toimintatapa yleensä lisää logistiikan käyttöä tilaus-toimitusketjussa. Logistiikka itsessään ei jalosta lopputuotetta, vaikka lisääkin sen saatavuutta. Logistiikka voidaan muun muassa nähdä: (Lapinleimu, s.61)

- Katkoksenä prosessissa
- Liitäntäpintana
- Kustannuksena
- Potentiaalisena häiriökohteena

Tällöin logistiikan yhdeksi keskeiseksi tehtäväksi tuleekin arvoa laskevien tai kustannuksia kasvattavien vaiheiden poisto tai parempi hallinta (Karrus, K. s.27).

2.3.4 Tuotannon kehittäminen

Tuotannon toiminta ei ole koskaan valmis, vaan kilpailijoiden kehittyessä täytyy itsekin kehittyä. Kehittäminen aloitetaan mittaamalla nykyinen suorituskyky, vertaamalla sitä määrättyihin mittareihin, määrittämällä kehityskohteet ja tavoitteet, ottamalla kehitystoimet vihdoin käyttöön ja valvomalla niitä, ja lopulta mittaamalla ollenko toimissa onnistuttu. Tällaisille kehityssykleille on kehitetty erilaisia vaihtoehtoja, kuten PDCA-sykli (Plan, do, check, act) tai Demingin ympyrä (Define, measure, analyse, improve, control). Kehitys voidaan nähdä tapahtuvan joko kertaparannuksena, jatkuvana parantamisena tai näiden yhdistelmänä. (Slack, N. et al. s.638-657).

Vertaamalla itseä kilpailijoihin, ei-kilpailijoihin, tai jopa oman yrityksen muihin osastoihin, joilla on samankaltaisuutta prosesseissaan, kutsutaan benchmarkingiksi. Hyvän benchmarkingin kriittisin osa on asettaa tavoitteet vertailulle. Lisäksi on tunnettava oma prosessi läpikotaisin, jotta tiedettäisiin mitä kysyä. Toisaalta kysymykset täytyy esittää hienovaraisesti, eli ei saa kysyä sellaista jota itse ei olisi valmis jakamaan toiselle. (Slack, N. et al. s. 644-645). Tähän työhön liittyvä benchmark on esitelty omassa luvussaan 2.4.

2.3.5 Erilaisia teoriamalleja tuotantoon ja sen kehittämiseen

Concurrent Engineering ja modulointi

Concurrent Engineering (CE) on suunnittelutapa, jossa kaikki suunnittelun eri osatoiminnot tuotteen ja sen tuotannon kehittämiseksi tehdään integroidusti toisiinsa vaikuttaen. Sillä siis pyritään laadunparantamiseen ja nopeampaan tuote- ja tuotantotekniseen suunnitteluun tekemällä suunnittelua ja tuotannonkehitystä rinnakkain. (Lapinleimu s.32-33).

CE keskittyy tuotteen sisältöön. Modulaarisuus taas keskittyy tuotteen ominaisuuteen, mutta vaatii CE:tä toimiakseen. (Lehtonen, 2007, s.70-80). Moduuleilla tarkoitetaan rajapinnoiltaan määritettyä lopputuotteen osaa, jollaisista lopulta muodostuu lopputuotteen rakenteellinen kokonaisuus. (Lapinleimu, s.34). Toisin sanoen modulaarinen (oikeastaan muuntelumodulaarinen, jota usein puhekielessä käytetään moduloinnin muodossa) rakenne koostuu moduuleista tai lohkoista, joilla on määritelty rajapinta, ja jotka kuuluvat moduulijärjestelmään. Moduulijärjestelmä taas koostuu näistä

lohkoista, joka sisältää niiden vaihtokelpoisuutta. (Lehtonen, T. 2007, s.88). Tällainen modulointitapa voi olla kokoonpanoperusteista (jolla tuetaan tuotantoa) tai toiminnallista (tuetaan myyntiä). (Lehtonen, T. 2007, s.92).

Modulaarinen rakenne on myös konfiguroituva, eli kokoonpantava (systemaattisesti muunneltava, Lehtonen, T. 2007, s.70-80). Tällöin välttyään asiakaskohtaiselta suunnittelulta. (Lapinleimu, s.151 ja Lehtonen, s. 74). Konfiguroitavuus onkin tärkein yksittäinen syy käyttää moduloitavia tuoterakenteita (Lehtonen, T. 2001, s. 70). Modulaarinen rakenne ei ole ehdoton edellytys konfiguroinnille, mutta puhdas konfigurointi-toimintatapa käytännössä yleensä edellyttää sitä. Konfiguroinnissa tuoteyksilöä ei kuitenkaan tarvitse kyetä määrittämään yhdellä kertaa, vaan tilaus-toimitus -prosessissa määrittely voi tarkentua jopa kolme kertaa. (Lehtonen, T. 2001, s. 71).

Aina konfigurointia ei kuitenkaan voi toteuttaa täysin, vaan osittain. Esimerkiksi järjestelmäsuunnittelussa suunnitellaan yhteen tai useampaan konfiguroitavaan tuoteyksilöön tai vakiotuotteeseen perustuva asiakaskohtainen järjestelmä. Joskus joitakin komponentteja on välttämättä suunniteltava asiakaskohtaisesti tai se kannattaa tehdä, koska tarjottavia ratkaisuja ei pystytä tietämään etukäteen tai vakioiminen on mahdotonta.

Konfiguroinnin käyttöön siirrytään usein projektitoiminnasta, koska se on taloudellisesti kannattavampaa (Lehtonen, 2007, s.73). Kannattavuus ilmenee välillisesti muun muassa lyhyemmän tilaus-toimitusajan, vähäisemmän asiakaskohtaisen suunnittelun (tai jopa sen eliminoinnin), tuotannon ohjattavuuden parantumisen (toistuvuus ja ennakoitavuus) ja myynnin helpottamisen avulla. (Lehtonen, s. 73-76).

Ideaalinen modulaarinen tuoterakenne olisi kiinteä aina moduulitasolle (tiettyyn rakennehaaraan asti, kun edetään haaroja alhaalta ylös), jonka jälkeen lopputuote koostetaan poimimalla halutut moduulit yhteen ja liittämällä optiot lopputuotteeseen. (Lapinleimu, s. 156). Modulaarisuuden käytöstä on saatu hyviä kokemuksia, mutta esimerkiksi Suomessa sitä ei ole osattu hyödyntää tai se on ymmärretty väärin. Modulaarisuus on myös käsitteenä niin vaihteleva, että sen soveltaminen on haasteellista (Lapinleimu, s.36).

Fraktaaliperiaate

Luonnossa pienistä kokonaisuuksista muodostuu suurta. Ihminen on pyrkinyt selvittämään luonnon monimuotoisuutta erilaisilla teorioilla. Eräs näistä teorioista on fraktaalisuus. Fraktaaliperiaate on luonnossa sitä, että kokonaisuus muodostuu asteittain pienemmistä, mutta samankaltaisista osista. Toisin sanoen puun taimi on haaroittunut, haaroista taas haaroittunut, ja niin edelleen (kuva 13):

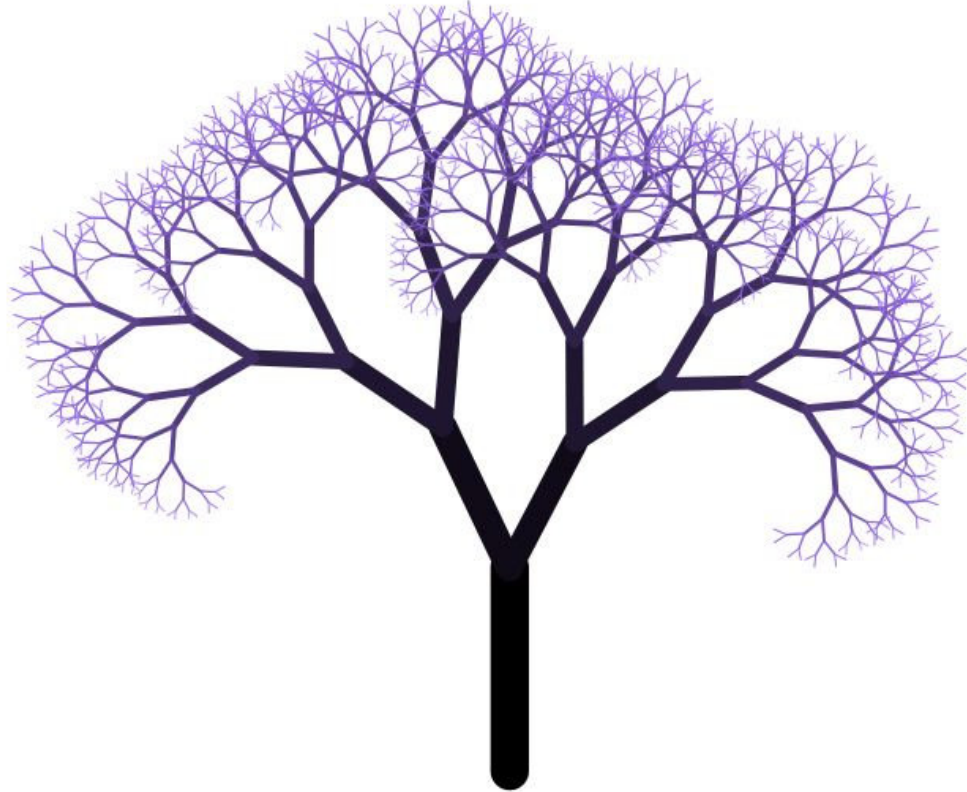
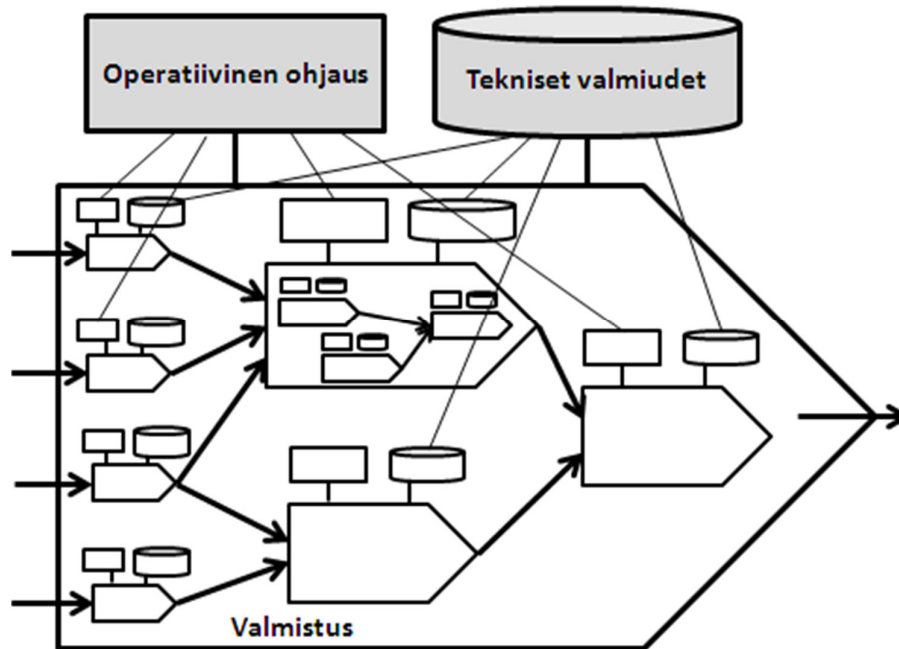


Figure 14 Kuva lainattu 17.9.2013. <http://blogs.unimelb.edu.au/sciencecommunication/2012/10/18/living-on-terra-fractal-2/>

Warnecken Die Fraktale Fabrik – Revolution der Unternehmenskultur toi esiin tehtaan joka muodostui itsenäisistä fraktaaleista, jotka muodostivat ylemmän tason fraktaaleita. Itsenäisyydestä huolimatta tasot ja yksittäiset fraktaalit palvelivat yhdessä yhteistä tavoitetta. Niille kaikille on ominaista: samankaltaisuus, itseorganisoituvuus, itseoptimoituvuus, tavoitteellisuus ja dynaamisuus. (Lapinleimu, s.27)

Valmistuksen perusyksikkö on jo aiemmin kuvatun tuotantoprosessin kaltainen. Tässä se kuvataan hieman yksinkertaistettuna ja yhdistettynä fraktaaliperiaatteeseen (kuva 15). Tekninen valmiusyksikkö (sis. tuotteen suunnittelutiedot, operatiiviset ja tuotantotekniset tiedot eli esimerkiksi BOM:n, tuoterakenteen ja tuotanto-ohjelman) ja operatiivinen ohjausyksikkö saavat tilaus- tai valmistusimpulssin. Valmistusyksikkö saa operatiiviselta ohjausyksiköltä käskyn toimia, ja tekniset tiedot se saa tekniseltä valmiusyksiköltä. Työt jakaantuvat valmistusyksikön sisällä samaan tapaan kuin ylemmällä tasolla. Lopulta sisään tulevat materiaalivirrat jalostetaan moduuleiksi, ja ne lopulta lopullista tuoterakennetta vastaavaksi lopputuotteeksi. (Lapinleimu, s.80-81.)



Kuva 15 Valmistuksen perusyksikkö johon on sovellettu fraktaaliperiaatetta. Mukaillen Lapinleimua.

Se kuinka edellisten yksiköiden materiaalit virtaavat yksiköstä toiseen ja ulos, muodostaa valmistusrakenteen (huomioi, että jatkossa tullaan puhumaan Fastemsin valmistusrakenteesta, jolla todellisuudessa tarkoitetaan tämän kappaleen tuoterakennetta). Valmistusyksiköillä on kullakin yksi tai useampi tuoteosa, joka sen on määrä valmistaa. Tuoteosat taas voidaan johtaa tuoterakenteen haaroista. Se että tehdäänkö tuoteosa itse vai tilataanko se toimittajalta, ei ole merkityksellistä valmistusrakenteen kannalta. Toisaalta se, että materiaali konkreettisesti virtaa tuotannon läpi, on havaittu merkitykselliseksi. Toisin sanoen virta ei sisällä poikkisuuntaisuutta, tai varsinkaan vastavirtaisuutta. (Lapinleimu, s.90). Fraktaaliperiaate voidaan nähdä imuohjautuvana, mutta todellisuudessa se menettää imuohjautuvuuden nopeusedun. Käytännössä siis tilausimpulssi välitetään vain alemmalle tasolle, jotka taas välittävät impulssia omille toimittajilleen (tai taas yhä alemmalle tasolle). (Lapinleimu, s.111-114). Fraktaalien sovellustapa Fastemsille esitellään liitteessä 2.

2.4 Benchmark

Benchmarkin merkitys perusteltiin aiemmin luvussa 2.3.4, ja käytännössä toteutettu benchmark toisiin suomalaisiin teollisuusyrityksiin esitetään tässä työssä edelleen teoria-luvun alla. Benchmark-kohteet eivät ole suoranaisia kilpailijoita Fastemsille, eivätkä ne ole tuotantotyypeiltään täysin verrattavissa Fastemsin tuotantoon. Siksi vierailuista tehdyt havainnot avataan teoriakehityksen alle.

Benchmark-vierailut on toteutettu syksyn 2013 aikana viiteen yritykseen, joista valittiin kolme tämän työn aiheen kannalta merkittävintä kohdetta lähempään tarkasteluun. Ensimmäinen yritys valmistaa kaivosteollisuuden ajoneuvoja, toinen metsätyökoneita ja kolmas teollisuuden automaattisia tuotantolinjoja. Yritykset nimetään jatkossa numeroilla 1, 2 ja 3. Huomioitavaa on, että tapaukset 1 ja 2 myyvät satoja tuotteita vuosittain (kymmeniä samaan tuoteperheeseen kuuluvia), ja tapaus 3 myy kymmeniä tuotteita (joista suurin osa on vakiomoduuleista koostuvia, ja muutama uudelleensuunniteltava). Vierailun tavoite oli yleisen tuotannonohjauksen ja – toteutuksen ohella selvittää, kuinka tuotannonohjaus toteutetaan yrityksen ERP-järjestelmässä ja materiaalivirta hallitaan aina keräilystä toimitukseen asti.

- Tuotannonohjaus:

1. Tuoterakenne muodostetaan erillisellä konfiguraattorilla moduulijaon pohjalta, rakenne vyörytetään ERP:iin ja kuormitetaan yhdellä kertaa. Tuotannonohjauksen päätehtävä on tuotannon aikataulutus. Ostoprosessi alkaa, kun tuotteen tarjous etenee HOT CASE:ksi (lähes varma sopimus).
2. Tuoterakenne luodaan Excel-pohjaisella konfiguraattorilla, joka vyöryttää rakenteen ERP:iin kuormittuen samalla. Tuoterakenne luodaan vasta, kun kaupalle on osoitettu oma aikaikkuna tahtiajoitetulta tuotantoprosessilta. Ostoprosessi alkaa vasta kun tuote on myyty, sillä jonotusaika on muutama kuukausi, vaikka itse kokoonpano kestää muutaman päivän.
3. Yritys ei käytä ERP:ia tuotannonohjauksessa, vaan koostaa tuoterakenteen moduulipohjaisesti ja myy tuotantotilan projektille. Yrityksellä ei myöskään ole varsinaista tuotannonohjaajaa, vaan tuotantopäällikkö vastaa tila- ja työvoimaresursseista, ja ostopäällikkö osien saatavuudesta.

- Materiaalinhallinta:

1. 2-laatikko- ja ämpäritavara on kokoonpanoalueiden välittömässä läheisyydessä. Muiden osien varastopaikat on sijoitettu siten, että oletetut saman alikokoonpanon osat voidaan kerätä yhdeltä alueelta. Osat kerätään kokoonpanon vaihealueelle, josta ne kuittaantuvat työlle, kun se päätetään ERP:ssä. Lähetettävät lopputuotteet ovat kooltaan sellaisia, ettei niitä pureta lähetykseen, vaan toimitetaan kokonaisuutena. Kokoonpannun tuotteen ja sen irto-osien lähetyksestä vastaa lähettämö, jolloin he ovat vastuussa myös mahdollisista lähetyksen puutteista.
2. 2-laatikko- ja ämpäritavara on kokoonpanoalueiden välittömässä läheisyydessä, ja asentajilla on oikeus kerätä ainoastaan näitä tavaroita. Keräily vastaa muista osista, jotka säilytetään erillisessä varastorakennuksessa. Yritys oli aiemmin huomannut valmistusrakenteiden virheet korjaantuvan lähes itsestään sillä, että kaikki varasto-osat kerätään laitteelle, jolloin suunnittelun

materiaalipuutteet tulivat tiedotetuksi keräilijöiden kautta, ei siis sekä asentajien että keräilijöiden kautta. Tämänkin yrityksen lähetettävän materiaalin puutteista vastaa lähettämö.

3. Ostopäällikkö saa valmistusrakenteen mukaisen listan tarvittavista osista ja moduuleista. Listan perusteella hän päättää miltä rakenteen haaran tasolta hän hankkii osat toimittajilta. Ämpäritavara sijaitsee tuotantopaikkojen ympärillä, ja osto-osat kerätään moduuleittain tuotantopaikan lavalle.

Kohteissa yksi ja kaksi tuote myydään konfiguraattorin avulla, jolloin asiakaskohtainen suunnittelu on minimaalista, mutta silti tarjoomaa riittää yleensä aina kattamaan asiakkaan tarpeen. Yritys numero kaksi suunnittelee moduulit siten, että suunnittelun ja tuotannon välissä on erillinen tuotantoon saattamisryhmä, joka koostaa moduulit osista ja varmistaa, että ne täyttävät moduloinnin kriteerit ja että ne on valmistettavia. Kohde numero kolme antaa myyjille kriteerit, joiden sisällä myyjä saa myydä tuotteita vapaasti. Jos asiakas pyytää tuotetta kriteerien ulkopuolelta (ei mahdu vakiomittoihin tai sisältää uuden toiminnallisuuden), niin tekninen tuki tarkistaa kuuluuko kyseinen tuote tulevaan tuotestrategian mukaisiin kehityskohteisiin. Jos kuuluu, niin asiakkaalle saadaan myydä tuote ilman tuotekehityskustannuksia. Jos tuote ei kuulu tuotestrategian piiriin, niin tuotekehityskustannukset veloitetaan asiakkaalta.

Moduloinnin pohjalta toteutettu konfigurointi mahdollistaa yrityksissä yksi ja kaksi ennusteperusteisen oston ja valmistuksen, sekä yhdellä kertaa tapahtuvan tuoterakenteen kuormittamisen (vaikka tuotanto toteutetaankin eriaikaisissa vaiheissa). Vaiheistus taas helpottaa materiaalinhallintaa ja yhdessä selkeän vastuunjaon kanssa, sekä toimitettavan tuotteen eheys että tuoterakenteen toimivuus voidaan varmistaa.

Toki modulaarisuus on vähemmän haasteellista, kun samankaltaisia tuotteita tai tuoterakenteita myydään kymmeniä vuodessa, eikä lopputuotteen koko riipu asiakkaasta. Toisaalta yritys numero kolme on saanut modulaarisuusperiaatteen toimimaan sillä että myy tietyn levyisiä koneita, joihin toiminnalliset moduulit voidaan lisätä kasvattamalla koneen pituutta. Yritykset tosin myönsivät, etteivät heidänkään systeeminsä ole aukottomia, vaan puutteita ja myöhästymisiä tapahtuu tämän tästä. Toisaalta ongelmien juurisyihin puuttuminen on heillä vähentänyt puuteiden aiheuttamaa kiirettä tuotannossa ja lisännyt täten tuotannon kapasiteettia.

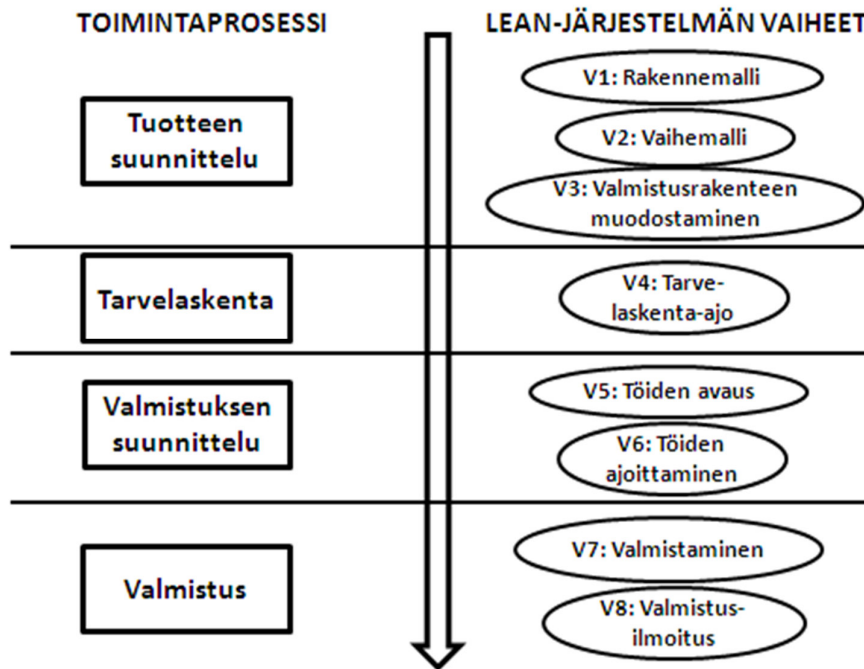
2.5 Käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä

Fastemsin ERP-järjestelmällä (Fasto) voidaan hallita koko toimitusketjua aina myynnistä toimitukseen. Tuotannonohjaukseen on olemassa useita eri työkaluja, riippuen toimituksen ja toiminnan laajuudesta. Seuraavassa esitetään projektiohjautuvan

valmistuksen toimintaprosessi vaiheineen siten, kuinka Faston toimittaja Tieto Oy sen ohjeistaa toteutettavan.

Projektiohjautuvan valmistuksen ohjaus, Lean Systemissä, Tieto, 2013

Projektivalmistus on tyypillisesti suurten koneiden ja laitteiden valmistusta, jotka ovat asiakasprojektikohtaisesti suunniteltavia, valmistettavia ja toimitettavia. Valmistusketju Lean System -ERP-järjestelmässä on ohjeistettu seuraavalla tavalla (Tieto, 2013):



Kuva 16 Valmistusketju. Tieto-Lean Systemiä mukaillen.

Kuvan mukaan projektivalmistus tulisi toteuttaa vaiheiden (V) mukaan:

1. Rakennemalli CAD-ohjelmasta Leaniin lukemalla
2. Luetaan projektin rakenteelle vaihemalli, johon tullaan syöttämään käytetty työaika vaiheittain, jolle taas lasketaan työaikakustannukset
3. Määritellään lopputuotteen kaltainen haluttu valmistusrakenne. Tämä voidaan tehdä vanhan valmistusrakenteen pohjalta, kopioimalla rakennemallilta, käsin syöttämällä tai edellisten yhdistelmällä. Rakenne voidaan myös muodostaa konfiguraattorilla (3.a.), jonka päälle voidaan haluttaessa yhdistää edellisten tapojen mukaan osia. Valmistusrakenteelle voidaan myös lisätä osia jälkeinpäin.
 - a. Valmistusrakenne voidaan konfiguroida erillisellä Lean-konfiguraattorilla. Tässä voidaan siis kaikista mahdollisista rakenteen sallimista moduuleista valita asiakkaan haluamat ja moduulijärjestelmän sallimat vaihtoehdot.
4. Tilauspohjaisen valmistusrakenteen pohjalta voidaan tehdä materiaalivarauksia, joista tausta-ajo tekee osto- ja keräilyehdotukset.

5. Leanissa työn avaaminen tarkoittaa yleensä omaan valmistukseen kohdistuvaa ns. valmistustilausta. Työt avataan koko hierarkia kerrallaan, tai tasoittain. Töille syötetään tässä valmistusalue ja paikkatiedot.
6. Töiden ajoitus voidaan Leanissa tehdä joko käyttäjän oman suunnitelman mukaan, tai vaihtoehtoisesti Works Balancerilla (6.a.)
 - a. Works Balancerilla kontrolloidaan työn vaiheistusta ja kuormitusta. Vaiheistussuunnittelussa voidaan työn vaiheita siirrellä ja muokata halutulla tavalla. Kuormitussuunnittelussa taas nähdään vaiheiden kumuloituva kuorma yksittäisillä kuormitusryhmillä.
7. Valmistuksessa työn vaiheet ovat jakautuneet kuormitusryhmille (soluille). Ryhmät voivat itsenäisesti seurata työlistaa ja tehdä tulevat työt halutussa järjestyksessä. Vaiheet voidaan tulostaa työkorkeille, joista nähdään edellisten ja seuraavien vaiheiden järjestys ja aikataulu. Työlle kerätään materiaalit, jotka kuitataan joko KET:iin tai suoraan työlle kustannuksiksi.
8. Valmistuessaan työ kuitataan valmiiksi. Samalla järjestelmä tarkastaa rivit, laskee yksikköhinnan tuotteelle (materiaali- ja työaikakustannus), kirjaa sen valmiiksi, kirjaa sen varastoon, kuittaa työn ja vaiheet valmiiksi, ja kuittaa jäljelle jääneet materiaalityökalit.

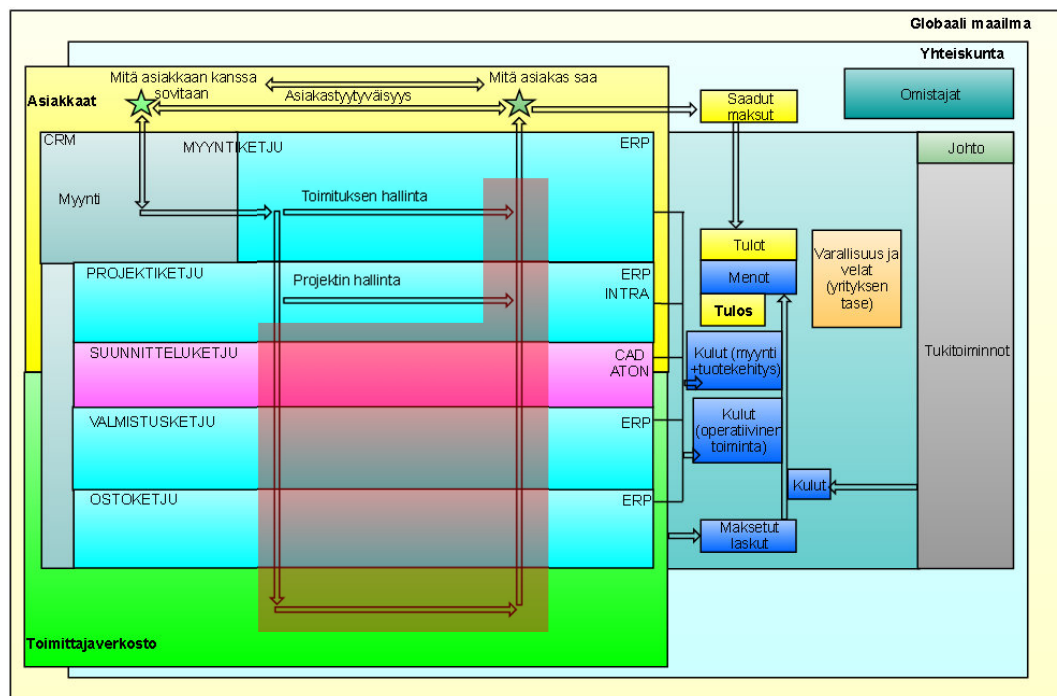
Tieto oy:n ETO-ohjauksen suosituksissa toistuvat samat vaiheet kuin tässä esitetyllä projektiohjatulla toimintatavalla, eli ERP-järjestelmän puolesta on periaatteessa sama kumpaa nimitystä käyttää tuotannonohjauksesta.

3 CS-LIIKETOIMINNAN TUOTANNONOHJAUksen KEHITTÄMINEN

Tämän luvun tarkoitus on analysoida Fastemsin CS-tilaus-toimitus -ketjun, ja erityisesti sen tuotannonohjauksen nykytilaa. Nykytilaa arvioidaan teorian pohjalta. Tämän jälkeen ehdotetaan tapoja kehittää toimintaa.

3.1 Tuotannonohjauksen nykytila

Luvussa 1.1.3. esiteltiin Fastemsin liiketoimintaprosessi karkealla tasolla. Seuraavassa analysoidaan nykyinen prosessin osa, joka alkaa suunnittelusta ja päättyy lähetykseen (kuva 17). Yksityiskohtaisempi kuvaus prosessista liitteessä 1.



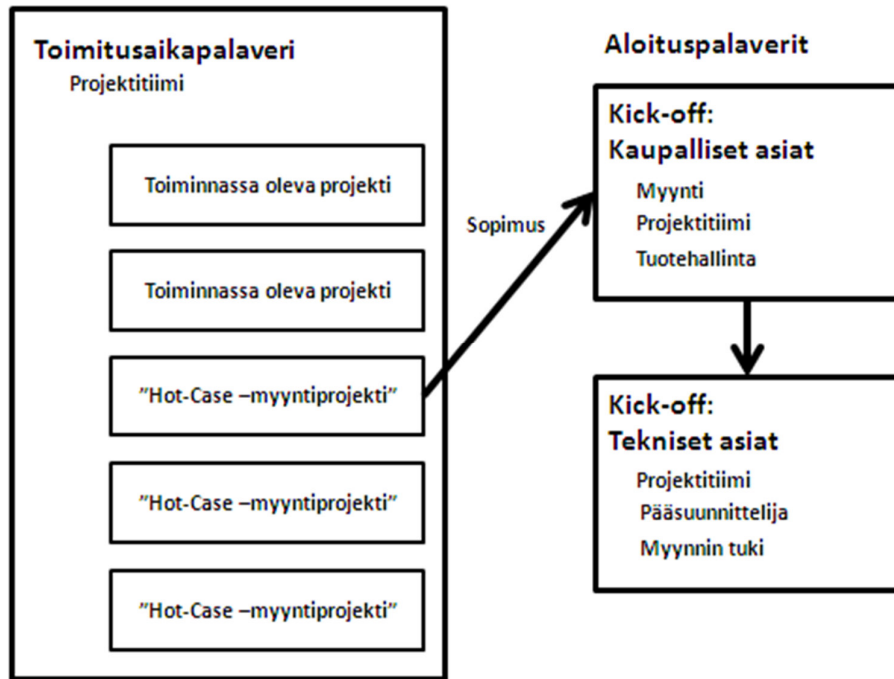
Kuva 17 Suunnittelu-lähetys -ketju osana liiketoimintaprosessia. Kari Molarius, Fastems oy.

3.1.1 Suunnittelu-lähetys -ketju

Suunnittelu-lähetys -ketjun aikataulu

Yksittäisen projektin suunnittelu-lähetys-ketjun aikataulu pohjautuu koko CS-liiketoiminnan viikottaiseen toimitusaikalaveriin, jossa katselmoidaan kaikkien projektien toimituksia suhteessa resursseihin, ja luvataan toimitusaika ”Hot-case-

tarjouksille”. Jos kauppa syntyy, niin ”Hot-Case-myyntiprojekti” realisoituu. Varsinainen tuotantoaikataulu sovitaan projektin aloituspalavereiden jälkeen (kuva 18).



Kuva 18 CS-liiketoiminnan projektiaikataulun muodostuminen.

Tämän jälkeen projekti avataan ja julkistetaan, ja suunnittelu-toimitusketjun osat varaavat viikkojen tarkkuudella tarvittavan ajan oman osuutensa toteutukselle. Aikataulu kirjataan kussakin osastossa omaan Excel-dokumenttiin, johon voidaan osaston työt viikkokohtaisesti aikatauluttaa, ellei muutoksia tapahdu matkan varrella. Kuvassa 19 esitettynä yksittäisen projektin osalta tuotannon Excel-pohja (tuotantosuunnitelma), jossa kirjain R (ready) kuvaa suunnittelun valmistumisviikkoa, K kokoonpanoa, T testausta, F tehdystä ja L lähetystä.

		A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	W	X	Y	Z	AA	AB											
1	Production Schedule	Current Week				30																						
2	Operations, Tampere units	Updated				24.7.2013																						
3	Lahdesjärvi	June		July		August		September		October		November																
4		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
5	Proje	Type																										
32	25906	DMC-XHD			R										K	K	K	K	T	T	F	L						
62	25906	LSM-XHD			R										K	K	K	T	T	F	L							
149	25906	SDS			R																							
210	25906	AISLE			R																							

Kuva 19 Projektin 25906 hissien (DMC-XHD), latausaseman (LSM-XHD), aseman oven (SDS) ja käytävävarustuksen (AISLE) aikataulu.

3.1.2 Suunnittelusta saatavat lähtötiedot

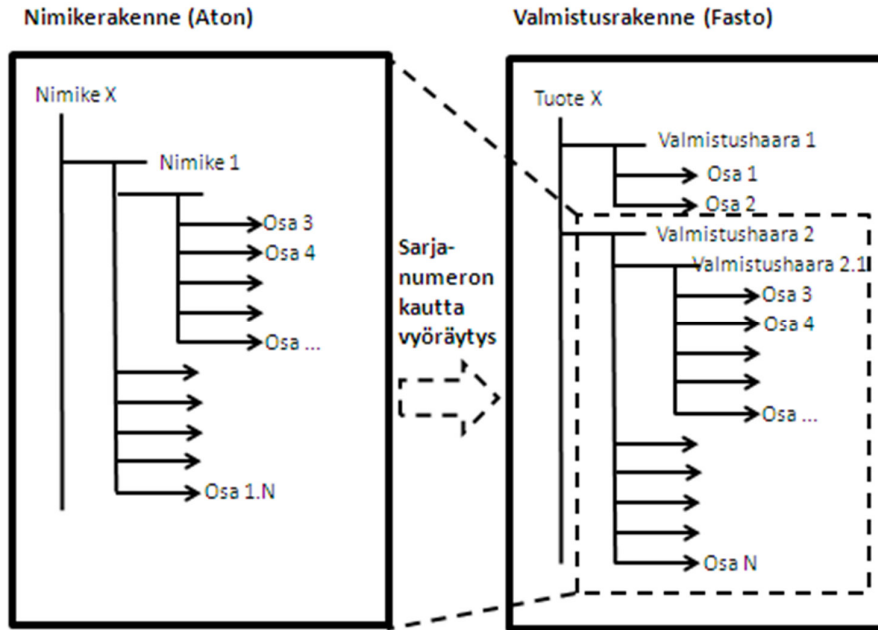
Käytännössä kaikki Fastemsin toimitukset vaativat joltain osin suunnittelutyötä. Yleisin suunnittelua vaativa osuus FMS-toimituksissa on hissin haarukointi (se kuinka hissi poimii, kuljettaa ja luovuttaa siirrettävän kappaleen paikasta toiseen) mekaniikan osalta ja työstökoneen liitäntä ohjelmiston osalta. FMS- ja robotiikkatuotteet ovat pitkälle asiakasräätälöityjä toimituksia, ja sisältävät paljon mekaniikka-, sähkö- ja ohjelmistosuunnittelua. **Nimensä mukaisesti tämä CS-liiketoiminta (Customized Solutions) toteuttaa suunnittelun osalta ETO-tyyppistä toimintaa.**

Suunnitteluosastojen ja valmistuksen välinen tiedonsiirto eri suunnittelutyökalujen ja Faston välillä tapahtuu seuraavasti:

Mekaniikkasuunnittelu

Fastemsin mekaniikkasuunnittelun varsinainen työkalu on Solid Works -CAD. Suunnitteluvastuu yksittäisistä järjestelmän osista jaetaan suunnittelutiimin jäsenille. Suunnittelija piirtää kyseisen osuuden Solid Worksilla valmiiksi, ja muodostaa alikokoonpanosta nimikerakenteen Atoniin. Aton on Fastemsin tuotetiedon hallintajärjestelmä, jossa synnytetään suurin osa Fastemsin uusista nimikkeistä.

Valmistusrakenteet eivät sellaisenaan siirry Atonista Fastoon. Suunnittelija kopioi ensin nimikerakenteesta sarjanumeron, joka on nimikerakenteen kaltainen, mutta projektikohtaisesti muokattavissa. Sarjanumeron rakenne muistuttaa siis lopullista valmistusrakenteen haaraa. Tämä rakenne luetaan Atonista Fastoon, jolloin useammasta erillisestä haarasta saadaan lopulta tuotannon käyttämä valmistusrakenne (kuva 20). Tämän jälkeen suunnittelija antaa kuormitusluvan tuotannonohjaajalle kuormitettavasta rakennehaarasta sähköpostitse. Käytännössä suunnittelija ei saa valmistusrakennetta kerralla valmiiksi, vaan joutuu täydentämään sitä suunnittelun edetessä.



Kuva 20 Atonin nimikerakenteen vyörytys valmistusrakenteen haaraksi

MS-liiketoiminnassa, jossa tuoterakenteet ovat lähes vakioita, valmistusrakenne voidaan muodostaa kerralla valmiiksi äitirakennemallia hyödyntäen.

Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnitteluun käytetään Fastemsissa pääasiassa Eplan B8 -ohjelmaa. Sähköistysjärjestelmä suunnitellaan ohjelmalla lopulliseen muotoonsa, minkä jälkeen suunnittelija siirtää sen Atonin kautta Fastoon valmistusrakenteelle. Tämän jälkeen suunnittelija antaa sähköpostilla tuotannonohjaajalle luvan kuormittaa rakenteen haara.

Ohjelmistosuunnittelu

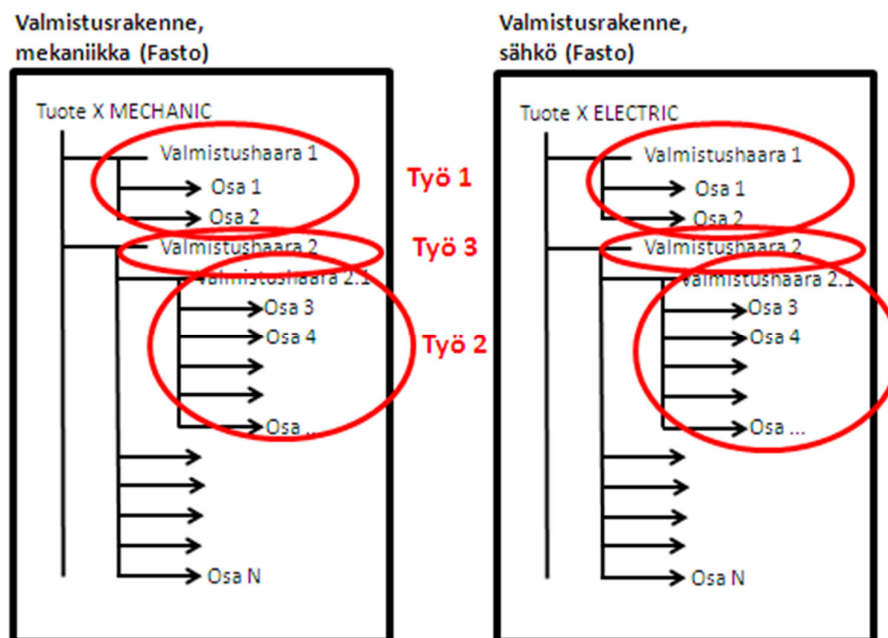
Ohjelmistosuunnittelu jakautuu Fastemsilla yksikön sisällä useampaan eri osaan ja ohjelmointiohjelmaan. Osastossa tehdään erikseen muun muassa alemman tason automaatio-ohjelmaa asiakasräätälöitäviin tuotteisiin, koneliityntäohjelmointia tuotteen ja työstökoneen välille, ylemmällä tasolla järjestelmän ohjaussuunnittelua ja käyttöliittymäsuunnittelua. Asiakkaan käyttämä lopullinen ohjausohjelmisto on nykyään nimeltään MMS5 (Manufacturing Management System). Vanhemmissa toimituksissa käytetään tarvittaessa vanhempaa versiota, MMS4:ää.

3.1.3 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjaus sijoittuu Fastemsilla suunnittelun ja valmistuksen väliseen rajapintaan, jossa tuotannonohjaaja kuormittaa suunnittelun aikaansaamat valmistusrakenteen haarat. Kuormittaminen tarkoittaa tarvittavien materiaalivarausten

tekemistä sekä töiden avaamista ja ajoittamista. Tuotannonohjauksen työkaluna toimii Fasto. Tuotannonohjaaja tarkistaa tuotannon toimitusaikataulusta ajoituksen ja ohjauttaa ostettavan tai varastosta kerättävän materiaalin oikealle tuotantopaikalle. CS-tuotannossa tämä tarkoittaa tuotteen materiaalivarausten tekemistä haara kerrallaan, sitä mukaa kun suunnittelusta tulee valmiusimpulssi. MS-valmistuksessa vakioitunut valmistusrakenne voidaan kuormittaa kerralla läpi.

Valmistusrakenteen ylin taso jaetaan usein erikseen mekaniikkaan (MECHANIC), sähköön (ELECTRIC) ja ohjelmisto-osiin (CONTROL). Näiden kuormittaminen aloitetaan haara kerrallaan alatasolta kohti ylempää tasoa, eli kuvassa 21 esimerkiksi haara 1 kuormitetaan ensin, sitten 2.1 ja vasta sen jälkeen haara 2. Haaran kuormituksen seurauksena muodostuu työ, jolle on määrätty vaihe, materiaalivaraukset osista, sekä kokoonpanoajankohta ja -paikka.



Kuva 21 CS-toiminnan kuormitustapa.

Toki yksittäisestä osasta voidaan tehdä erikseen materiaalivaraus, jolle voidaan määrittää hankinta-ajankohta ja ohjauspaikka. Tätä käytetään erityisesti silloin, jos jo kuormitetulle haaralle lisätään myöhemmin osia. MS-liiketoiminnan tapa kuormittaa ”laskemalla läpi”, ei nykyisellään sovellu CS-liiketoimintaan, koska valmistusrakenne ei ole kerralla valmis, vaan valmistuu tipoittain suunnittelusta. Lisäksi rakenteen haarojen kokoonpanoajat ja -paikat vaihtelevat.

Fastemsin tuotteiden valmistusrakenne (tuoterakenne) Fastossa on periaatteeltaan A-rakenteen kaltainen, eli alaspäin haaroittuva. Ylin taso ei kuitenkaan ole lopputuotteen

alikkoonpanojen mukainen, vaan ylimmältä tasolta alkaen suunnitteluosaston mukaan jakautuva. **Tämä ei tue modulaarista tuotantotapaa**, jossa tiettyyn haaraan asti alhaalta ylös noustaessa voitaisiin määrittää moduulien taso, joka on sen tason muiden haarojen (moduulien) mukaan osa moduulijärjestelmää, ja toisaalta tällöin vaihtokelpoinen itsenäisenä kokonaisuutena. Toisin sanoen mekaniikkakomponenttia ei voi vaihtaa toiseen ilman sen vaatimaa sähkö- ja ohjauselementtiä. Tällöin **tämä estää myös aidon asiakaskonfiguroinnin**.

3.1.4 Osto ja vastaanotto

Kun tuotteen valmistusrakenne on kuormitettu, syntyy sen materiaalivarauksista Fastossa ostoehdotukset ostajalle. Ostoehdotukset koostuvat pääsääntöisesti kahdenlaisista nimikkeistä:

1. Työlle ostettavat osat: Osat, joita ei ole niiden hinnan tai koon vuoksi järkevää pitää varastossa, ostetaan erikseen kuormitetulle työlle.
2. Varasto-ohjatut osat: Varaston varausohjauksella hankittavat, useissa tuotteissa tai moduleissa käytettävät osat tai komponentit. Osat ohjataan varastoon, josta ne kerätään työlle.

Muun tyyppiset nimikkeet ovat pääasiassa ämpäritavaraa, joiden varastotäydennys perustuu visuaaliseen valvontaan.

Faston tuottama ostoehdotus siis sisältää tiedon osto-osan tarvepäivämäärästä ja kappalemäärästä. Ostaja kilpailuttaa tarjoukset eri toimittajilla, tai ostaa osan suoraan sopimustoimittajalta. Faston kautta työlle ostetun osan kustannus kohdistuu kuormitetun työn kautta projektille, jolloin projektin materiaalikustannuksia voidaan seurata.

Kun ostettava osa saapuu tehtaalle, niin vastaanottaja tarkastaa, että sisältö on määrältään tilauksen mukainen. Kuorma kirjataan saapuneeksi ERP-järjestelmään, jolloin kuorman erät kuittaantuvat vastaanotetuiksi ja ne voidaan ohjata oikeille tuotanto- tai varastopaikoille. Varasto-osien kustannukset siirtyvät työn kautta projektille, vasta kun osat keräillään työlle.

Fastemilla hankintatoiminnan merkitystä on alettu viime vuosina korostaa. Tuotannossa pyritään yhä enemmän siihen, että osia ei tehdä itse, vaan ostetaan toimittajilta. Kokoonpanosta osa tehdään omalla tehtaalla ja osa vasta asiakkaan luona. FMS-toimituksissa esimerkiksi hissi ja asema kootaan omalla tehtaalla, hyllystö ja käytävävarustus vasta loppuasiakkaan tiloissa.

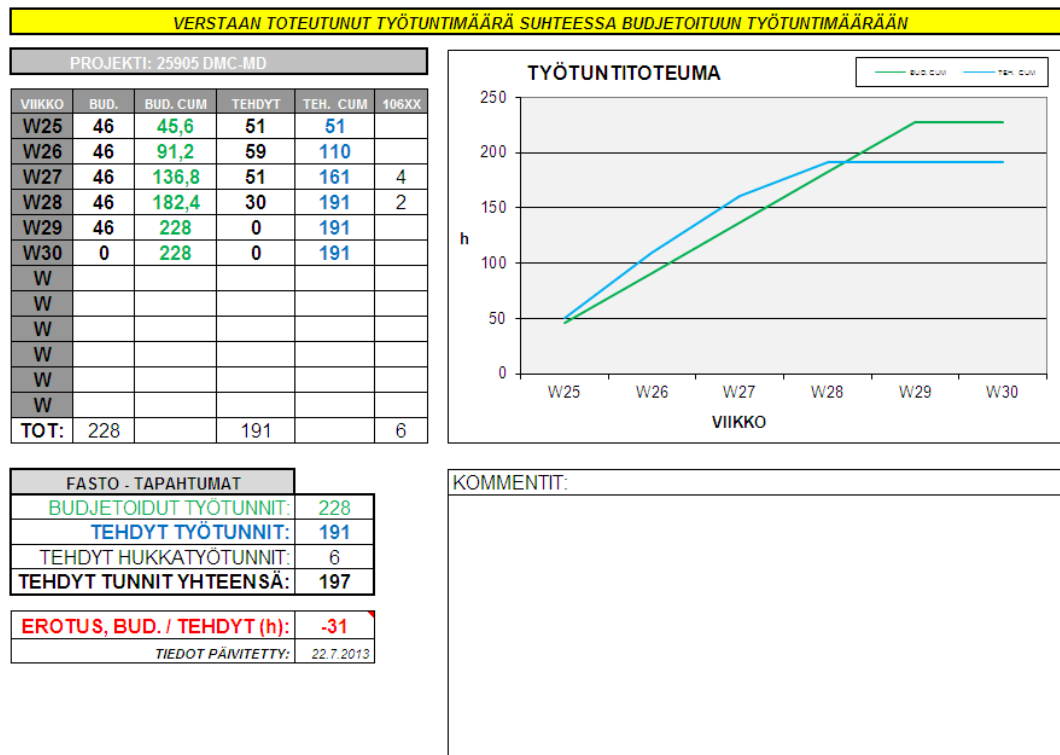
Ostotoiminnassa Fastoon ei tehdä ennustepohjaisia varauksia, vaan pitkän toimitusajan osien ostajat pitävät itse kirjaa projektilestoista, joiden pääkokoonpano ei ole vielä valmistunut suunnittelusta, eli osaa ei ole vielä kuormitettu. Tämä ei periaatteessa ole ongelma niin kauan kuin ostaja tai tuotannonohjaaja on tietoinen siitä, ettei kuormituksen jälkeen samaa osaa saa ostaa toiseen kertaan samalle tarpeelle.

Fastems on ottanut myös yksittäisen toimittajan yksittäisen toimitettavan nimikkeen kohdalla koekäyttöön kaupintavarasto-toimintatavan. Tämä tarkoittaa sitä, että tavarantoimittaja valmistaa järkeväksi kokemansa eräkoon nimikettä, varastoi erää omissa tiloissaan, ja huolehtii siitä, että Fastemilla on jatkuvasti käytettävissään pieni puskuri tätä tuotetta. Kustannukset siirtyvät nimikkeestä toimittajalta Fastemille silloin, kun tuote kerätään kokoonpanolle. Toimittaja hyötyy tästä siten, että voi valmistaa tuotetta omaan kuormitustilanteeseensa nähden sopivan eräkoon, ja että Fastems lunastaa näitä säännöllisesti.

3.1.5 Tuotanto

Tuotannolla tarkoitetaan tässä keräilyä, kokoonpanoa ja testausta. Tuotanto kirjaa työtuntinsa valmistusrakenteen valitulle päähaaran työlle. Keräilijä kerää kuormituksesta syntyneet varasto-ohjatut materiaalit töille, kuittaa ne ERP:iin keräilyksi ja nimeää niille varastoon materiaalilavan ennen kuin varsinainen kokoonpano alkaa. Asentajat kokoonpanevat tuotteen niin valmiiksi kuin se on testauksen ja kuljetuksen kannalta mahdollista, jotta asiakkaan tiloissa tehtävä asennustyö olisi mahdollisimman vähäistä. Kokoonpantu tuote viedään testausasemalle, jossa se koekäytetään ja säädetään siinä määrin kuin on turvallisuuden ja käyttöönoton kannalta tarpeen. **Testauksessa tehdyt havainnot kirjataan erilliseen Word-tiedostoon.** Tämän jälkeen tuote puretaan kuljetusvalmiuteen. **Asentajat ja testaajat eivät kuittaa ERP:iin kokoonpanoa tai testausta valmiiksi.**

Tuotannon työtunteja seurataan päätyölle kirjattujen tuntien mukaan. Työlle on budjetoitu tietty tuntimäärä, ja sen toteutuminen kirjataan Fastoon, josta se tulostetaan Exceliin (kuvassa 22 projektin 25905 DMC-MD-hissin kokoonpano).



Kuva 22 Projektin 25905 DMC-MD-hissin kokoonpano.

Esimerkkikuvassa työtunnit noudattavat budjetoitua ja lopulta alittavat sen. Seurannan etuna on se että raportti erittelee tehdyt työtunnit suhteessa hukkatyön määrään (vialliset osat, osapuutteet, jne.) ja budjettiin, ja tällä tavalla voidaan ennakoida onko tuotanto aikataulussa. Seurannan ongelmana on se, että tunnit kirjataan yhdelle työlle, jolloin ongelmat tuotannon tietyssä vaiheessa ovat jälkepäin kommentti-kentän varassa, eikä voida eritellä sitä, mikä kunkin vaiheen todellinen kesto oli.

Projektin tuotannon seurannan kannalta yhdelle työlle kirjaaminen on kriittinen ongelma. Tällä tavoin toteutettuna kokoonpano on usein satoja työtunteja sisältävä jakso, jonka keskeneräistä valmiusastetta ei voi seurata järjestelmistä. Myöskään mahdollinen hukkatyö ei ilmene kokoonpanon vaiheen tasolla, jolloin systemaattisen suunnitteluvirheen paikantaminen on vaikeaa. Valmistumista ei myöskään kirjata ERP:iin, vaan valmistumistieto välittyy suullisesti kokoonpanosta ja testauksesta lähettämöön. Kokoonpanon vaihetietous siis loppuu, kun työn keräilyt on kuitattu valmiiksi ERP:iin.

3.1.6 Lähetys

Kun kokoonpantava tuote on testattu, hyväksytty (FAT, Factory Acceptance Test) ja purettu, siirretään se odottamaan lähetystä. Kokoonpannut kokonaisuudet pakataan kuljetustavan perusteella joko maa- tai merikuljetusta varten. Lähettäjä kerää tehtaalta työlle alunperin kerätyt irto-osat ja kokonaisuudet, ja pakkaa ne erilliselle lavalle. Osia

ei kuitata keräilyksi lähetukseen, eikä niistä siis siirry ERP:iin merkintää. Fastems käyttää lähetettävien irto-osien ja meripakkaamisen kohdalla erillistä logistiikkayhteistyökumppania, jonka tiloissa voidaan tarvittaessa varastoida materiaalia.

Lähetysimpulssi toimituksille saadaan Excel-pohjaisesta lähetyslistasta, johon pääsääntöisesti tuotannosuunnittelija kirjaa lähetyspäivämäärän luvatus, tai myöhästymistapauksessa oletettavan toimitusajankohdan mukaan. Lisäksi tuotannosuunnittelija tekee irto-osille lähetysvihkon, joka sisältää valmistusrakenteelta kuormitetut työt materiaaleineen, joiden ohjauspaikaksi on kirjattu ”Lähetys”. Vihkon avulla lähettäjä kerää ”Lähetys”-osat ja kokoonpanon irto-osat yhteen kokoonpanon lähetysten kanssa. Kuvassa 21 on esitetty seitsemän erilaista materiaalivirtaa, joista viisi päättyy päälähetysten kolleihin.

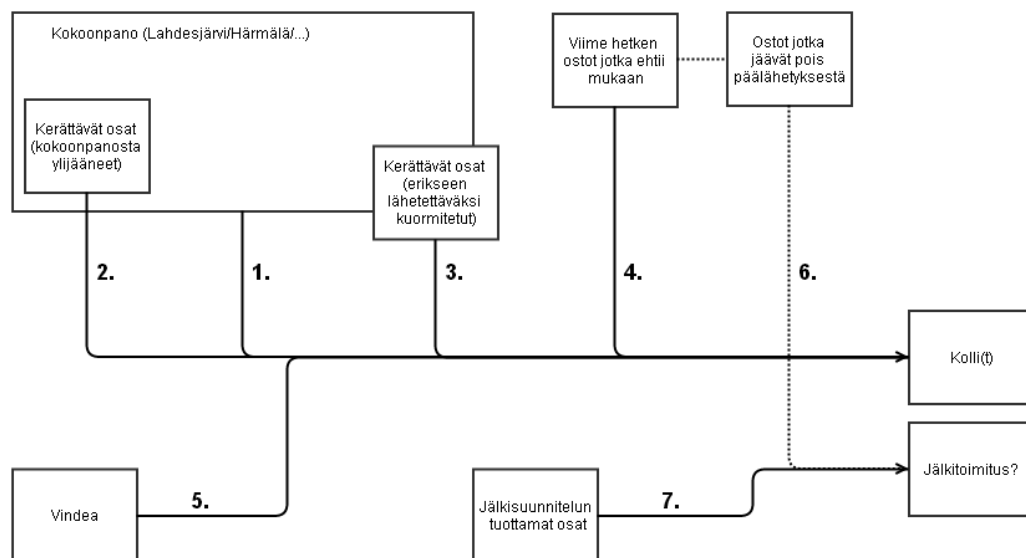


Figure 23 Eri materiaalivirtojen päätyminen lähetysten kolleihin.

Joskus lähetyksestä jää joitain materiaaleja puuttumaan myöhästyneiden alihankkijan toimitusten, tai jälkepäin todettujen suunnittelun puutteiden vuoksi (materiaalivirrat 6 ja 7). Tällöin tulee tarpeettoman paljon ylimääräistä työtä ja kustannuksia aiheuttavia jälkitoimituksia.

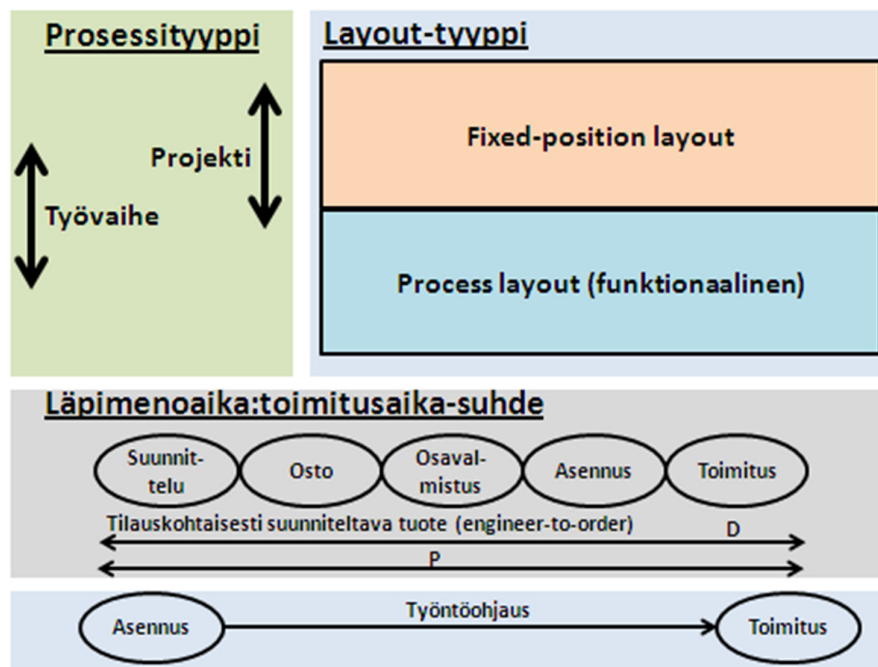
Lähetyksestä aiheutuvat työkustannukset kohdennetaan projektille erillisen Pakkaus- ja kuljetus-työn kautta, jonka tuotannosuunnittelija on avannut valmistusrakenteelta. Lähetyksessä koetaan ongelmaksi se, jos ostot myöhästyvät viime hetkeen asti. Tällöin lähetysvaiheessa kiire kumuloituu eikä osia ehditä pakata aina suunnitellulla tavalla. Lopullisella asennustyömaalla olevat matka-asentajat eivät tällöin aina löydä tarvittavaa osaa sieltä missä sen oletettavasti täytyisi sijaita. Siksi lähettämössä irto-osien ja

viimehetkillä saapuneiden osien kolli merkitään Open this first -kolliksi, jolloin asentaja saa näköhavainnon osasta, jota hän muutoin saattaisi etsiä tietyn kokoonpanon kohdalla.

Fastemsilla ei toistaiseksi eritellä kollojen sisältöjä muuten kuin otsikkotasolla (kaapeleita, kiskoja, peltiosia, tms.). Tämä otsikkotason erittely tehdään Excel-tiedostoon, joka voidaan tulostaa pakkalistaksi. Kollilistojen tekemisen ongelmana koetaan se, että nimikkeet eivät ole tunnistettavissa, kun ne ovat kiinni kokoonpanossa, eivätkä silloin, kun ne pakataan irto-osakolliin. **Toisin sanoen sen jälkeen, kun osat on kerätty nimetyiltä varastopaikoiltaan** (ovat siis olleet tässä vaiheessa tunnistettavissa nimikkeen kooditasolla), **niiden jäljitettävyys järjestelmässä katoaa.**

3.1.7 Mitä teorianallia nykyinen toimintatapa muistuttaa?

Toiminnan nykytilan kuvauksen ja johtopäätösten mukaan **Fastemsin CS-liiketoiminnan tuotantotapa muistuttaa ETO:ia**, eli tilauskohtaisesti suunniteltavaa tuotetta. MS-liiketoiminnassa tuotantotapa taas muistuttaa ATO:a (Assemble-to-order). **Layout-tyypiltään CS-tuotanto on fixed-positionin ja funktionaalisen välimuoto**, eli tuotanto tapahtuu pääasiassa kahdella kokoonpanopaikalla (hissi ja asema), ja tarvittaessa testipaikalla. Lisäksi toimitukselle osia ohjataan logistiikkapartnerilta, mikä voidaan nähdä yhtenä tuotantopaikkana. **Prosessityypiltään Fastemsin CS-tuotanto muistuttaa eniten työvaihe-tyyppiä, mutta asennus loppuasiakkaalla, käyttöönotto ja takuu aika tekevät toimituksesta projektin kaltaisen. Tuotannon ohjaustapa on työntöohjattu**, sillä kaikki ostot ja keräily tapahtuvat tilauksen mukaiselle työlle, eli ennusteohjausta ei käytetä. **Asennus mukaan lukien varsinainen lopputuote voidaan ajatella projektiohjattuna, layout-tyypiltään työntöohjattuna, fixed-positionina.** (Kuva 24):



Kuva 24 Fastemsin nykyinen toimintatapa CS-tuotannossa.

3.1.8 Nykytilan ongelmat

- Valmistusrakenne valmistuu vähän kerrallaan, koska asiakasräätälöityvyys vaatii paljon suunnittelutyötä. Usein tästä johtuen valmistusrakenteesta tulee muodoltaan sekava.
- Toiminnanohjausjärjestelmän ominaisuudet ovat vajavaisessa käytössä
- Tuotannonohjauksen dokumentteja tuotetaan useisiin eri järjestelmiin ERP:n ohella (erityisen paljon Excel-taulukoita)
- CS-tuotannon kuormittaminen on käytännössä yhden henkilön varassa
- Ostoilla on usein kiire, jolloin kilpailutus jää pois
- Pitkän toimitusajan hankinnan pelisäännöt puuttuvat
- Kokoonpano on usein satoja työtunteja sisältävä jakso, jolloin valmiusasteen seuranta järjestelmässä on mahdotonta
- Materiaalin hallinnan puutteet aiheuttavat turhaa etsintätyötä tuotannossa
- Lähetyksessä osien jäljitettävyyden on vaikeaa, koska nimikkeen tunnistaminen keräilyn jälkeen hankaloituu
- Jälkilähetystyötä liikaa

3.2 Tuotannonohjauksen tavoitetila

Luvussa 1.3. määritettiin työlle tavoitteet:

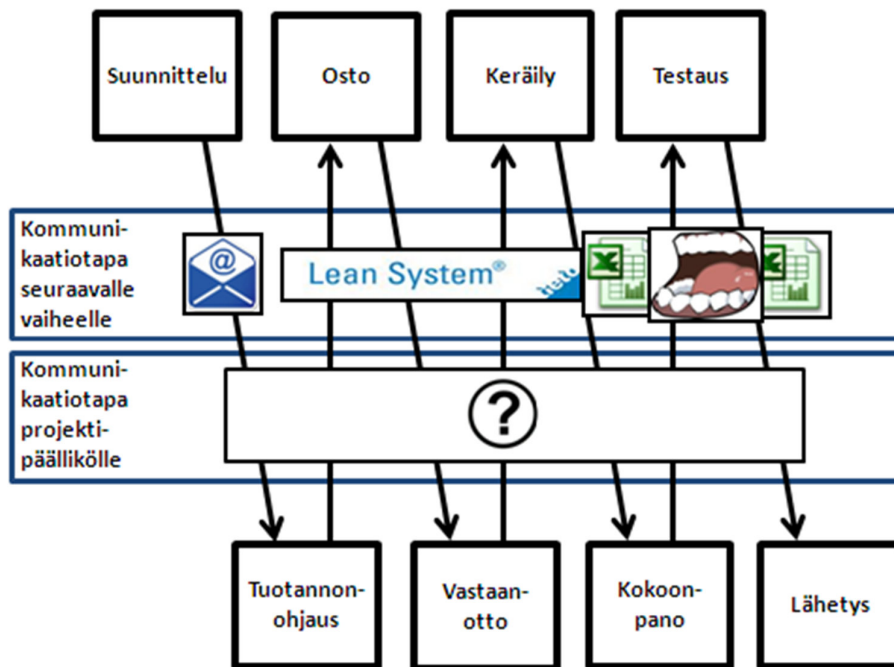
- 1) **Työn tavoitteena on määritellä menettelytavat, joiden lopputuloksena tuotantoketju on vaiheistettu siten, että toimituksen moduulien ja alikokoonpanojen kokoonpanoprosessia kyetään seuraamaan ja niiden valmiusaste ja valmistumishetki tiedetään.**
- 2) Edellä olevan tiedon pohjalta toinen tavoite on määritellä suunnittelusta saatavien lähtötietojen tavoitetila, eli suuntaviivat siitä, kuinka suunnittelutieto palvelee parhaalla tavalla tuotantoa, ja kuinka tämä tieto voidaan parhaiten välittää tuotantoon.
- 3) Edellisten tulee johtaa siihen, että suunnittelu-lähetysketjun tiedot kirjataan ERP-järjestelmään ja tämä jälki säilyy läpi ketjun, ja tätä tietoa voidaan hyödyntää myös loppuasennuspaikalla.

Näiden lisäksi on syytä määrittää tavoite, joka palvelee kokonaisvaltaisemmin liiketoimintaa:

- 4) Tuotteiden vakioidumpi rakenne vähentää pitkällä aikavälillä suunnittelun työmäärää, kesken toimituksen tapahtuvia muutoksia ja parantaa tuotantoketjun ennustettavuutta. Vakioituvuus siis vähentää toimitusketjun kustannuksia, ja vaikuttaa täten suoraan liiketoiminnan tulokseen.

3.2.1 Olemassaolevien työkalujen tarjoamat mahdollisuudet tuotannon vaiheistukseen

Olemassaolevilla työkaluilla tarkoitetaan tässä yhteydessä käytössä olevia tietojärjestelmiä, eli käytännössä Fastoa, Exceliä, sähköpostia ja suullista tiedon välitystä. Suunnittelu-lähetys-ketjussa informaatio välittyy nykyisin kuvan 25 mukaisella tavalla:

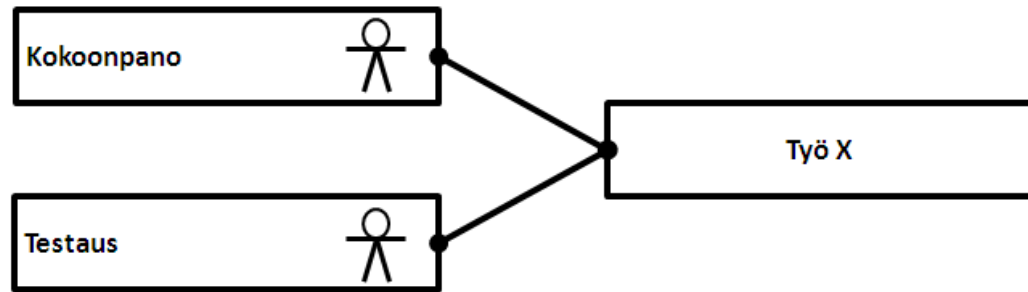


Kuva 25 Suunnittelu-lähetysketjun nykyinen kommunikointitapa.

Seuraavassa kartoitetaan mahdollisuutta laajentaa Faston osuutta suunnittelu-lähetys-ketjussa.

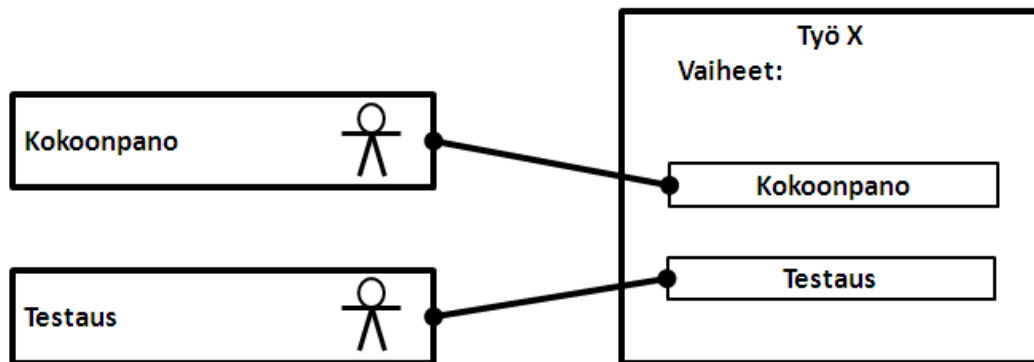
Työn vaiheistus

Tuotantoketju voidaan määrittää monella tavalla. Toisaalta se voi olla keräys-testausketju, toisaalta laajemmin suunnittelu-lähetys-ketju. Vaiheistamisen tarkasteluun valitaan tässä aluksi suppeampi ketju, sillä ketjun osia voidaan myöhemmin lisätä. Nykyisin työtuntien kirjaaminen tapahtuu kuvan 26 mukaisella tavalla, jossa työllä on vain yksi vaihe:



Kuva 26 Tuotannon nykyinen tapa kirjata työtunnit.

Fasto tarjoaa mahdollisuuden lisätä työlle useampia vaihteita. Yksinkertaisin sovellus tästä on jakaa työ aluksi kahteen vaiheeseen. Vaiheille kerrytetään erikseen työtunnit (kuva 27).

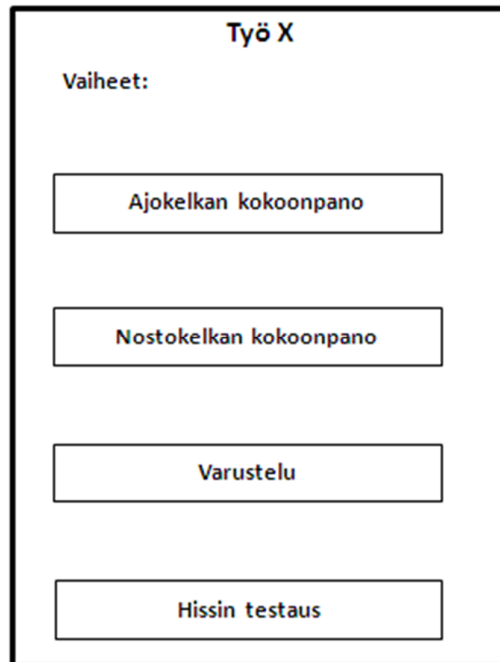


Kuva 27 Työtuntien kirjaaminen vaiheille.

Käytännössä työn kuormittaja avaa työn ja tälle vaiheet. Vaiheiden avaaminen on järkevää tehdä vaihemallin avulla. Pelkän työnumeron sijaan työntekijä kirjaa itsensä työn vaiheelle, ja valmistaessaan hän kuittaa sen valmiiksi. Jos työ jostain syystä keskeytyy, voi työntekijä keskeyttää vaiheen ja siirtyä toiseen. Kun työn viimeinen vaihe kuitataan valmiiksi, pyytää Fasto kuittaamaan työn valmiiksi. **Tällä tavalla saadaan työtunnit pilkottua tuotannon osalta pienemmiksi kokonaisuuksiksi, ja työnjohto tai projektipäällikkö voi seurata vaiheiden valmiusastetta Fastosta.**

Vaihemallin käyttö vaikuttaa positiivisesti myös yksittäisten nimikkeiden tai kokoonpanojen materiaalin käsittelyyn ja toimituksen hallintaan. **Jos töiden materiaalit kerätään omille lavoilleen nykyisen yhden lavan sijaan, tunnistaa lähettäjä tällöin tarkemmin kokoonpanossa ylijääneet irtosat, ja osaa kollitettaessa kohdistaa ne tarkemmin.** Toki tällöin edelleen lähetykseen päätyy esimerkiksi kiinnitystarvikkeita, joita ei varsinaisesti voida kohdistaa vaiheille.

Laajennettaessa vaiheiden määrää, voivat kokoonpanon ja testauksen vaiheet olla esimerkiksi (kuva 28):



Kuva 28 Kokoonpanon ja testauksen hienojakoisempi vaiheistus.

Vaiheistuksen avulla voidaan ottaa myös käyttöön toinen hyödyllinen ominaisuus Fastosta, kuormitusryhmän työlista. Kun vaihemallin avulla nähdään tietyn työn vaiheet järjestyksessä, niin kuormitusryhmän työlistalla nähdään tietyn vaiheen työjono. Kuormitusryhmän työlistalle siis päätyvät työt siinä järjestyksessä, johon tuotannonohjaaja on ne työn avaamisen yhteydessä kuormittanut (kuva 29). **Tällä tavoin työntekijä tai työnjohtaja voi määrätä jonossa priorisoidun järjestyksen, jos tiedetään jonkun työn olevan toista kiireellisempi.** Tarvittaessa useampaa vaihetta voidaan toteuttaa yhtäaikaaisesti. **Kuormitusryhmän työlistalla voidaan myös tarvittaessa korvata Excel-pohjainen työjärjestyslista, varsinkin silloin jos vaiheiden kestot ovat lyhyitä eikä Excel-tiedostoa ehditä päivittää.**

Työn tunnus	Työn nimi	Vaihe	i	t	d	h	Vaiheen nimi	Määrä	Kuorma/h	Suun.alku	Päättyy	Tila
FW071057	EU-ERP 20 EROTUSPISTIN AIH 010						SORVAUS	40	41	01.01.12	01.03.21	Aloituskelpoin
FW071058	EU-IRP 30 IRROTINPALA AIHIO 010						SORVAA	40	41	01.01.12	01.03.21	Aloituskelpoin
FW072794	EUNS 45259 Alapuolen koneistu 005						SORVAA	2	3	31.05.13	30.07.13	Aloituskelpoin
FW072803	EUNS 45259 Yläpuolen koneistu 005						SORVAA	3	21	31.05.13	30.08.13	Aloituskelpoin
FW073058	HUKKATYÖ 06/13 010						SORVAUS	4	1	12.06.13	19.07.13	Aloituskelpoin
FW073389	LOWER DIE BLOCK X92910 - 16 010						SORVAA	1	1	24.06.13	15.08.13	Aloituskelpoin
FW073389	LOWER DIE BLOCK X92910 - 16 050						SORVAA	1	1	24.06.13	15.08.13	Aloituskelpoin
FW073395	05385 642A Hammaspyörä_kone 010						SORVAUS	1	2	24.06.13	31.08.13	Aloituskelpoin
FW073417	SALPA 010						SORVAUS	5	11	25.06.13	01.08.13	Aloituskelpoin
FW074010	RUUVI M8x38,5 010						SORVAUS	5	6	25.06.13	01.08.13	Aloituskelpoin
FW073426	KÄSIPIYÖRÄ 110 010						SORVAUS	5	11	25.06.13	01.08.13	Aloituskelpoin
FW073474	18x11 38 5x27 010						SORVAUS	5	6	25.06.13	01.08.13	Aloituskelpoin

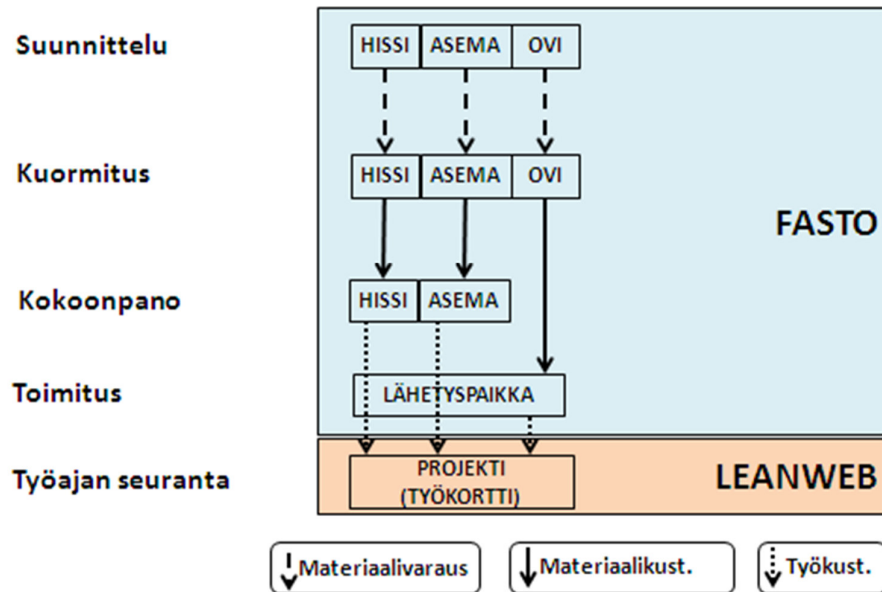
Kuva 29 Sorvausvaiheen kuormitusryhmän työlista.

Töiden vaiheistus voidaan toteuttaa jo nykyisin käytössä olevalla valmistusrakenteella. **Vaiheistuksen avulla tämän luvun alussa esitetty kommunikaatio välittyy Fastossa tuotannonohjauksesta lähetykseen.**

Vaiheistus Leanwebissa

Fasto ei ole toki ainoa tapa vaiheistaa tuotantoa. Leanweb on erityisesti huollon käyttämä huoltotöiden hallintaa varten rakennettu Faston käyttöliittymä. Järjestelmään voidaan avata töitä, vaiheistaa niitä ja raportoida työtunnit vastaavalla tavalla kuin perus-Fastossa. Leanweb kommunikoi Faston suuntaan, eli perustettu työ vaiheineen nähdään kumpaakin kautta. Toisaalta perus-Fastoon avattujen töiden selaus ei onnistu Leanwebissä.

Huollon toive olisi se että tuotannossa käytettäisiin (ainakin) testausvaiheessa Leanwebiä, koska tällöin testivaiheessa todetut poikkeavuudet saataisiin tallennetuiksi tekstitiedostojen sijasta jaettuun järjestelmään. Tämän toteutus ei taas tuotannon näkökulmasta ole käytännön ongelma, sillä tuotannon työkuormitukset kerääntyvät työlle, oli järjestelmä kumpi tahansa. Toisaalta materiaalin ohjauksessa joudutaan joka tapauksessa avaamaan työ Fastoon, jolloin Leanwebin tuntiraportointi olisi yksi ylimääräinen lenkki ketjussa. Jos tuotannon ja huollon välinen kommunikointi koetaan niin merkittäväksi, että Leanwebin tuntiraportointiin (ja toisaalta testivaiheen poikkeavuuksiin) siirrytään, niin sen tulisi tapahtua samaan aikaan kuin materiaalien vaiheistukseen siirrytään. Tällöin tuotannon työntekijöiden ei tarvitse ensin opetella vaihekohtaista raportointia Fastossa, ja kohta perään Leanwebissä. Faston ja Leanwebin yhteiskäytössä projektin töiden informaatiovirrat näyttäisivät seuraavalta (kuva 30):



Kuva 30 Materiaali- ja informaatiovirrat Faston ja Leanwebin yhdistelmässä.

Aktiviteettijako

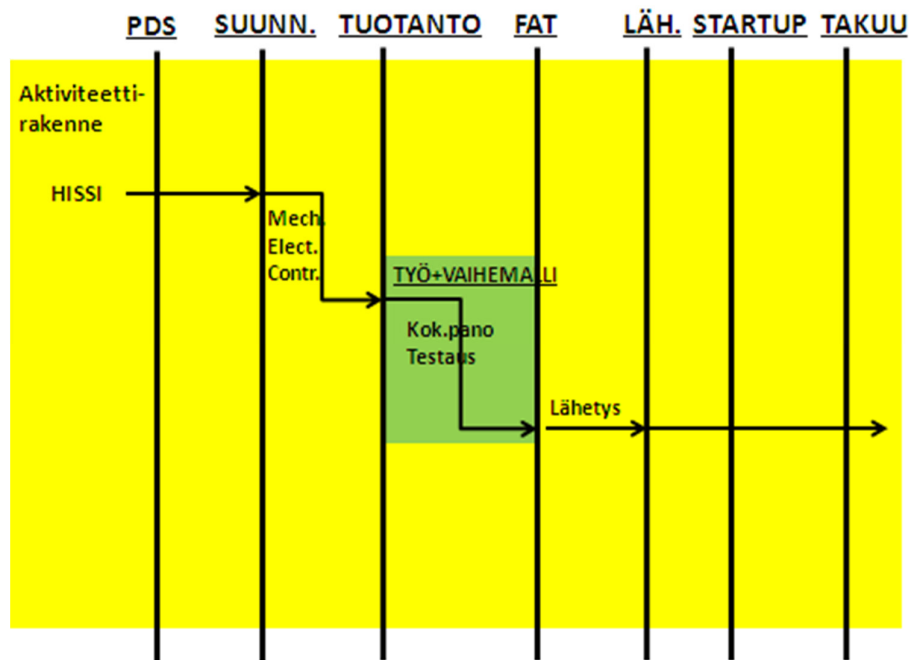
Toimitusprojekti on jaettu aktiviteetteihin, jotta kertyneitä kustannuksia voidaan tarkemmin seurata. Kuvassa 31 on esimerkkitoimitus, jonka mekaniikan aktiviteettijako koostuu suunnittelutyöstä, käytävävarustuksesta, latausasemasta, hissistä, ovesta, hyllystöstä, kaapelireiteistä ja kosketusnäytöstä.

Tunnus	i	t	d	h	Nimi	Tyyppi	Tila	Kulut	Alk.pvm	Enn	Ennustettu
25906					WIRTGEN	Project	Active		05.02.13		19.12.13
099					Financing Costs, Agent Provi	Cost	Active		05.02.13		19.12.13
0100					Project Management, Invoici	Cost	Active	-5779	05.02.13		19.12.13
0110					Layout Design	Activity	Active	-6160	05.02.13		19.12.13
0120					Documentation	Activity	Active	-728	05.02.13		19.12.13
10101					Internal Meetings	Cost	Active	-252	05.02.13		19.12.13
MECHANIC					MECHANIC	Activity	Active		05.02.13		19.12.13
LEAD MECH					Mechanic lead engineering	Activity	Active	-1092	05.02.13		19.12.13
AISLE					Aisle Equipment	Activity	Active	-19702,66	05.02.13		19.12.13
LSM-XHD					WIRTGEN WINDHAG / HER	Activity	Active	-55062,31	05.02.13		19.12.13
DMC-XHD					WIRTGEN WINDHAG / HER	Activity	Active	-122496,67	05.02.13		19.12.13
SDS+PHOTOCELLS					Safety Door	Activity	Active	-1532,03	05.02.13		19.12.13
STORAGE					Storage	Activity	Active	-89199,23	05.02.13		19.12.13
CABLE TRAYS					Cable trays	Activity	Active	-2687,93	05.02.13		19.12.13
TOUCH OP					Touch screen panel	Activity	Active		05.02.13		19.12.13
REPAIR PAINT					Repair Paint	Cost	Active		05.02.13		19.12.13
ELECTRIC					Electric	Activity	Active	-19233,03	05.02.13		19.12.13
CONTROL					Control system	Activity	Active		05.02.13		19.12.13
FAT					Factory Approval Test	Milestone	Active		05.02.13		19.12.13

Kuva 31 Projektin 25906 aktiviteettijakoa.

Tuotannon työt linkittyvät aina jollekin projekti-aktiviteetiparille, jolloin myöskin työn kustannukset kohdistuvat tälle. Aktiviteettirakenteet ovat muokattavissa projektikohtaisesti. Fastemsilla on ollut tarve kehittää kustannuseurainta ja toisaalta tuoterakennetta modulaarisempaan suuntaan. Aktiviteettijaon kohdalla se tarkoittaa MECHANIC-, ELECTRIC-, ja CONTROL-osituksen sijaan aktiviteettien jakoa toimituksen moduulien mukaisesti. **Nykyisin esimerkiksi suunnittelukustannukset jakautuvat MECHANIC-, ELECTRIC- ja CONTROL-haarojen alle, jolloin yksittäisen moduulin aktiviteetti ei kerää kaikkia sille kuuluvia kustannuksia.**

Kuvassa 32 esitetään hissien kustannuskertymä toimitusketjun läpi Fastemsin prosesseissa, kun kaikki ketjun osat noudattavat moduulikohtaista aktiviteettijakoa:



Kuva 32 HISSE-aktiviteetin kustannuskertymä toimitusketjussa.

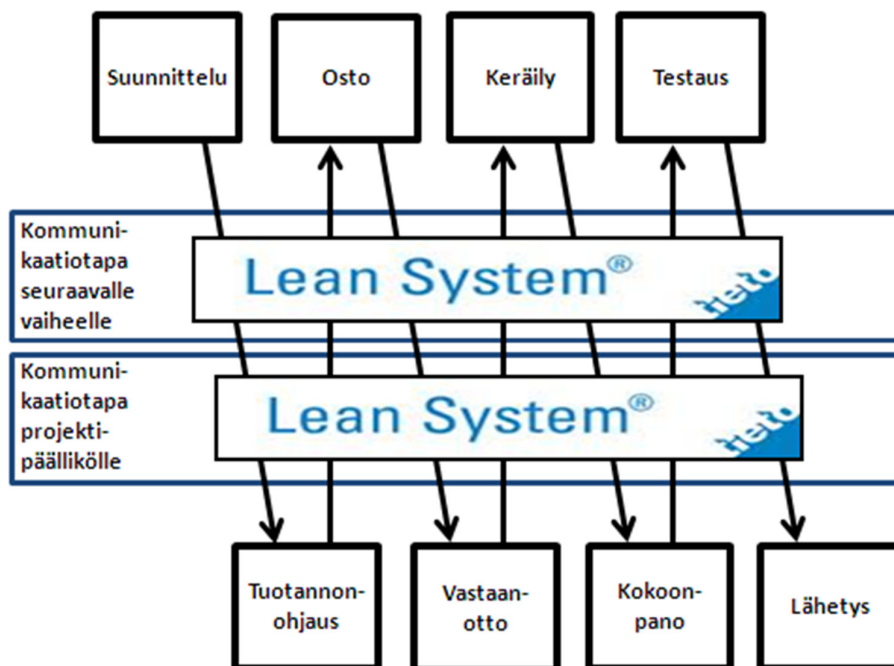
Kuvan mukaisesti projektille on tehty aktiviteettijako, josta kuvassa on esitetty ainoastaan hissi. Projektin karkeasuunnittelun jälkeen eri suunnitteluosastot kirjaavat hissiin käyttämänsä työ kustannukset hissiaktiviteetin alle, tuotantovaiheessa hissistä avataan työ, jonka vaiheiden kautta kustannukset kertyvät edelleen hissille. Vastaavasti ketju etenee läpi aina takuuajan päättymiseen asti. **Tällöin nähdään yhden aktiviteetin alta kaikki moduulille kertyneet kustannukset.**

Kappaleen alun kuvassa esitettiin, että kuormitusimpulssi suunnittelun ja tuotannon välillä tapahtuu sähköpostitse. Teoriassa on mahdollista, että vaiheistusta laajennettaisiin kattamaan suunnittelu-lähetys -ketju kokonaisuudessaan. Tällöin PDS:n valmistuessa moduulille avataan työ, jonka vaiheet näkyvät kuvassa 32:

Tunnus	Nimi	Alku	Loppu	Tila
FW076409	SIIRTOVAUNU DMC-LD TESTI	1.11.2013 0:00:00	31.12.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...010	MEKANIKKASUUNNITTELU	1.11.2013 0:00:00	15.11.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...020	SÄHKÖSUUNNITTELU	10.11.2013 0:00:00	20.11.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...030	OHJAUSSUUNNITTELU	10.11.2013 0:00:00	20.12.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...040	KUORMITUS	15.11.2013 0:00:00	22.11.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...050	OSTO	17.11.2013 0:00:00	30.11.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...060	KERÄILY	17.11.2013 0:00:00	10.12.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...070	KOKOONPANO	11.12.2013 0:00:00	20.12.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...080	TESTAUS	21.12.2013 0:00:00	27.12.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen
...090	LÄHETYS	28.12.2013 0:00:00	31.12.2013 0:00:00	Aloituskelpoinen

Kuva 33 Vaiheistuksen laajennus kattamaan suunnittelu-lähetys -ketju.

Näin koko suunnittelu-lähetys -ketjun vaiheet ja niiden valmiusaste nähdään Fastosta. Lisäksi suunnittelun valmistuessa kuormitusimpulssi siirtyy Fastossa kuormittajalle. Tällä mahdollistetaan tarvittaessa useamman tuotannonohjaajan käyttö (koska viesti ei välity sähköpostilla, vaan yleisemmin nähtävässä järjestelmässä) ja projektipäällikön olisi helpompi tarkastella sitä, missä vaiheessa oma projektin alikokoonpanot ovat. (kuva 34)



Kuva 34 Suunnittelu-toimitusketjun vaihtoehtoinen kommunikointitapa.

Suunnittelusta saatavien lähtötietojen tavoitetila

Suunnittelun tehtävä on valita ja tuottaa toimituksen toteuttamisessa tarvittavat nimikkeet, rakennemallit ja dokumentaatio (piirustukset, ohjeet ja ohjelmat). CS-toimituksissa, jotka nykyään ovat pitkälti asiakasräätälöityjä, on järkevää, että suunnittelu koostaa tuotannon käyttöön valmistusrakenteen. Valmistusrakenne on erityisesti töiden avaamiseen, materiaalin hankintaan ja kollittamiseen erinomainen työkalu. Se muodostuu toisiinsa liittyvistä osaluetteloista ja oikein tehtynä kuvaa toimituksen sisällön aina viimeiseen pulttiin ja mutteriin asti. Sillä kuinka valmistusrakenne muodostetaan, ei nykyään ole suurta merkitystä tuotannolle. Toisaalta **valmistusrakenteen oikeellisuudella ja suunnitellun aikataulun mukaisella valmistumisella** on merkitystä, sillä hankinta ja tuotanto on aikataulutettu suunnittelun valmistumisen pohjalle.

Vaihtoehtoisesti valmistusrakenne voidaan Fastossa tehdä monella eri tavalla, esimerkiksi kopioimalla rakennemalleja valmistusrakenteen riveille. Nykyisin tuoterakenne päivittyy usein, jolloin tämä menettelytapa ei ole CS-toimitusten kohdalla järkevää. MS-liiketoiminnassa suunnittelu tekee Fastoon rakennemallin, jota ei muuteta määritetyllä aikavälillä (yleensä versioiden päivitysväli noin yksi vuosi). **MS-tuotanto tekee rakennemallista omaan toimintaansa sopivan äitimallin, jonka pohjalta projektikohtaisen toimituksen valmistusrakenne muodostuu. Jos tulevaisuudessa CS-toimitusten sisältö on vakioidumpaa, niin tuotanto voisi hyödyntää tätä MS-tuotannon toimintatapaa.**

3.2.2 Vakioituvuuden edut CS-liiketoiminnassa

Edellinen luku käsitteli olemassa olevien työkalujen tarjoamia mahdollisuuksia CS-tuotannon vaiheistukseen, tiedon käsittelyyn ja tallentumiseen ERP-järjestelmässä ja suunnittelun lähtötietojen tavoitetilaa. CS-toimitukset ovat viime vuosina olleet asiakasräätälöityjä, vaikka niiden rakenteessa toistuu tietyt toiminnalliset osakokonaisuudet. Tarkoitus on ollut vakioida CS-alikokoonpanoja, vaikkei lopputoimitus olisikaan myyty konfiguroinnin periaatteella. Seuraavassa esitellään asteittainen suunnittelu-lähetys -ketjua koskeva kehitysehdotus siihen, mikäli toimitukset muuttuvat konfiguroituvampaan suuntaan. Toiminnan ei kuitenkaan tarvitse edetä konfiguroituvuuteen asti toteuttaakseen liiketoiminnan etua (vakioitu rakenne itsessään jo helpottaa hinnoittelua, vähentää suunnittelun määrää, helpottaa ostojen kilpailutusta ja tuotannon kuormitusta).

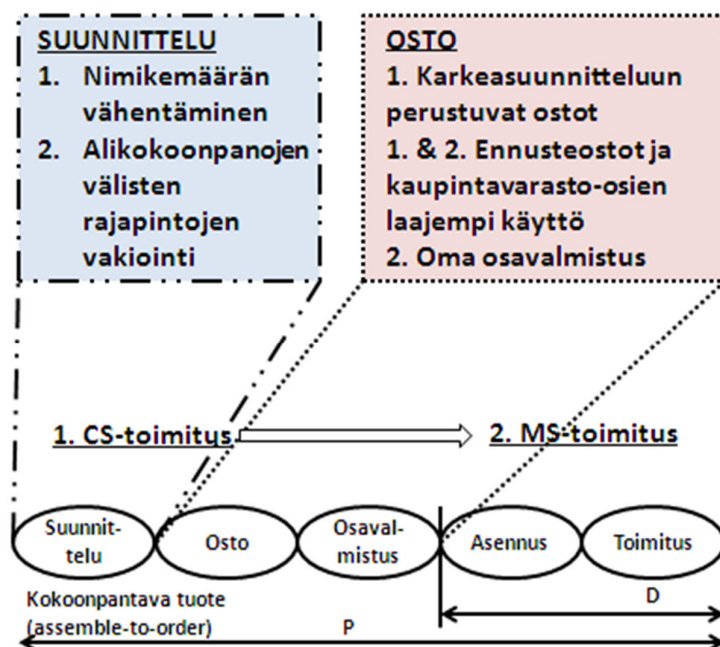
Konfiguroituvuus

Konfiguroituvuus tarkoittaisi sitä, että Fastems voi halutessaan myydä asiakkaalle tuotteita, jotka kootaan moduuleista ja sovitetaan asiakkaan tehdas-layoutin mukaan. Nykyisen CS-toimitusten ETO-toimintamallin tulisi asteittain siirtyä kohti ATO-mallia. Tämä tarkoittaa tilaus-toimitus -ketjussa suunnittelun, oston ja osavalmistuksen

siirtämistä tilauspistettä edeltävälle ajalle (kuva 35). MS-liiketoimintakaan ei toteuta aitoa ATO-mallia, sillä jokaiseen toimitukseen ostetaan osia.

Suunnittelulta ATO-toimintamalli vaatii vaiheittain siirtymistä kohti moduloitavia tuoterakenteita. Siirtymistä voidaan edistää määrittelemällä vakioituja alikokoonpanoja (äitimalleja), jotka rakentuvat nykyistä pienemmästä määrästä keskenään erilaisia nimikkeitä. Tämän jälkeen rakenteiden rajapinnat tulisi vakioida siten, että tietyn toiminnallisuuden täyttävistä alikokoonpanoista voidaan tarvittaessa tehdä keskenään vaihtokelpoisia (jolloin niitä voidaan kutsua modulaarisiksi, ja myydä konfiguroituvasti).

Oston ja osavalmistuksen osalta tämä tarkoittaisi sitä, että yhä suurempi osa alikokoonpanoista ja moduuleista ostetaan valmiina kokoonpanoina toimittajilta. Lisäksi kaupintavarastoja voidaan laajentaa kattamaan toistuvimmat mutta pisimmän toimitusajan vaatimat osat tai osakokoonpanot. Toinen vaihtoehto on tehdä ostoja ennustepohjaisesti ja tehdä alikokoonpanot itse kokoonpanon tarpeen mukaan imuohjattavaan puskurivarastoon. (kuva 35)



Kuva 35 Vaiheittainen siirtyminen ETO-toimintatavasta ATO:oon.

Teorialuvussa 2.3.3. painotettiin, että ennen kuin muutoksia aletaan suunnitella, tulee pohtia, onko toimitusajoissa muualla turhaa odotusaikaa, joka tulisi aina ensin poistaa tehokkuutta tavoiteltaessa. Ennen ennusteeseen perustuvaan ostamiseen siirtymistä, voidaan suunnittelun ja oston yhteistyöllä vaikuttaa nykyiseen pitkän toimitusajan

ostoihin. Benchmark-kohde numero kolmessa tällainen karkeasuunnittelupalaveri säästää ostoaikaa huomattavasti, kun pitkän toimitusajan ostot voidaan havaita ennalta.

3.2.3 Tavoitetilan vaatimukset työntekijän kannalta

Suunnittelu-lähetys –ketjun vaiheistaminen vaatii tiettyä kurinalaisuutta Faston käyttöön. Koska vaiheistamisella tavoitellaan lyhyellä aikavälillä **toimituksen valmiusasteen seuranta, tulee toimituksen jalostavan työn tekijöiden (Fastems-toimituksissa suunnittelu, kokoonpano ja testaus) tuntikirjaukset tehdä päivittäin moduuli- ja vaihekohtaisesti työtuntien raportointilomakkeelle**. Jalostavan työntekijän myös **aloittaa Fastossa moduulikohtainen vaiheensa** (kirjata esimerkiksi kokoonpanovaihe aloitetuksi), **ja lopulta päättää se**, kun vaihe on valmis. Viimeisen vaiheen ja samalla työn päättää viimeisen vaiheen valmistaja. Jos viimeinen vaihe on testaus, niin työnjohtaja päättää työn.

Tuntien kirjaaminen työn jalostusvaiheessa on merkittävää koko ketjun kannalta, sillä sen avulla jokainen Fasto-käyttäjä näkee missä vaiheessa toimituksen moduulit ovat, eikä tiedon välitys jää muistin varaiseksi. Toisaalta tällä tiedolla tuotesuunnittelu ja –kehitys voidaan kohdistaa tarkemmin moduuli- ja vaihekohtaisesti, jolloin myös jalostavan työn aikaiset, aiemmista vaiheista johtuvat sekaannukset voidaan minimoida.

3.3 Kehitystyö

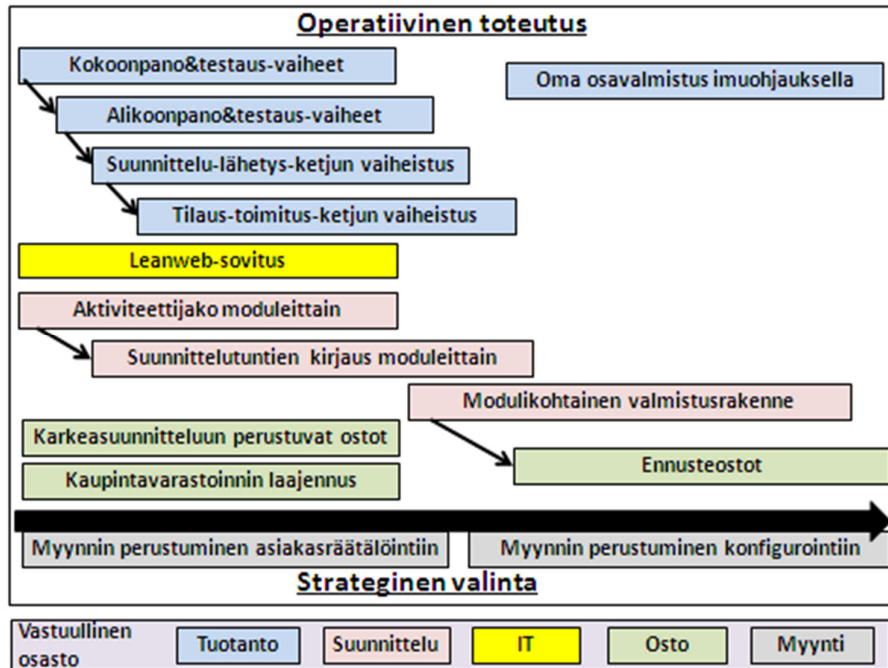
Taulukossa 1 olevaan matriisiin on koottu kaikki luvussa 3.2. mainitut kehityskohteet. Kohteet on numeroitu järjestyksessä ykkösestä 15:een. Sama numerointi on myös merkitty matriisin sarakkeille. Kohteiden keskinäiset riippuvuussuhteet on ilmaistu numerolla yksi.

Taulukko 1 Kehityskohteiden väliset riippuvuussuhteet.

Kehityskohde		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kokoonpanovaiheistus	1	1														
Testausvaiheistus	2		2													
Alikokoonpanovaiheet	3	1		3												
Alikokoonpanojen testausvaiheet	4		1	1	4											
Suunnittelu-lähetys-ketjun vaiheistus	5	1	1	1	1	5										
Tilaus-toimitusketjun vaiheistus	6	1	1	1	1	1	6									
Leanweb-sovitus	7							7								
Modulikohtainen aktiviteettijako	8								8							
Suunnittelutuntien kirjaus modulien aktiviteeteille	9								1	9						
Karkeasuunnitteluun perustuvat ostot	10										10					
Kaupintavarastoinnin laajennus	11											11				
Ennusteostot	12												12	1		
Oma osavalmistus imuohjauksella	13													13	1	
Modulikohtainen valmistusrakenne	14														14	
Myyntin perustuminen konfigurointiin	15												1	1	1	15

Kehityskohteet voidaan ryhmitellä kokonaisuuksiksi, joista vaiheistus, aktiviteettijako ja modulaarisuus sisältävät ryhmän sisäisiä riippuvuussuhteita. Vaiheistus on ajateltu toteutettavaksi siten, että ensin toteutetaan tuotannon raakavaiheistus (kokoonpano ja testaus), josta saadun kokemuksen perusteella voidaan vaiheistus tarvittaessa levittää kattamaan koko tilaus-toimitusketju. Suunnittelun työtuntien kirjaaminen modulikohtaisille aktiviteeteille vaatii aktiviteettijaon uudelleenjärjestelyä. Matriisin oikean alalaidan kohdat perustuvat pitkälti ETO-tyyppisestä toimintamallista siirtymiseen kohti ATO:a, mikäli tulevaisuudessa myynti toteutetaan konfiguroituvalla moduuliperusteisella valinnalla. Loput kehityskohteet ovat toisistaan riippumattomia, ja ne voidaan toteuttaa erikseen.

Kuvassa 36 on esitetty kehityskohteet kuvattuna aikajärjestyksessä vasemmalta oikealle. Toteutusvastuu on jaettu väreillä osastoittain: tuotanto, suunnittelu, osto, IT-osasto ja myynti. Vasemmalla ovat kohteet, jotka voidaan olemassaolevin työkaluin sovittaa toimintaan, ja jotka ovat tärkeitä kehittäessä räätälöityjen tuotteiden toimitusprosessia. Konfiguroitavuus taas edellyttää edellisten lisäksi moduulikohtaisen valmistusrakenteen käyttöä, joka mahdollistaa täsmälliset ennusteostot ja oman osavalmistuksen imuohjauksella.



Kuva 36 Strategian mukaisen tuotannonohjauksen kehityksen operatiiviset vaiheet toteutusjärjestyksessä.

Aiemmin on todettu, että tuotannonohjauksen kehityksessä on väistämättä otettava huomioon tuotannon ulkopuolisiakin tekijöitä. Samoin kuvasta nähdään, että kehitystyö ei ole yksin tuotannon työtä, vaan jalkautukseen tarvitaan apua muilta. Kuvasta ilmenevät kehityskohteiden vastuulliset osastot, mutta kunkin kohteen toteuttaminen vaatii osastojen välistä yhteistyötä. Teorialuvussa esitetty sitouttaminen on siis avainasemassa, kun kohteita aletaan kehittää.

Toteutus Fastossa

Esitetään tässä esimerkkitapaus hissien työkuormituksesta, kun työlle on tehty vaihemalli, joka sisältää kokoonpanon ja testauksen. Hissistä avataan Fastoon kuvan 37 mukainen työ:

Fasto Test Työnvaiheet (463) - Lean System

Lomake Muokkaa Työkalut Järjestys Näytä Rivi Ikkuna Ohje

Hae Uusi Tallenna Poista Pyyhi Tiedot Määrä Aloita Valmis

Rajaukset
Työ: FW071510 Nimike: SER03822 Määrä: 1 kpl

Työn tunnus: FW071510

Työn tunnus	Vaihe	i	t	d	h	Nimi	Seur.vaihe	Järi.	Tyyppi	Tila
FW071510	010					KOKOONPANO	020		Normaali	Aloituskelpoinen
FW071510	020					TESTAUS			Normaali	Aloituskelpoinen

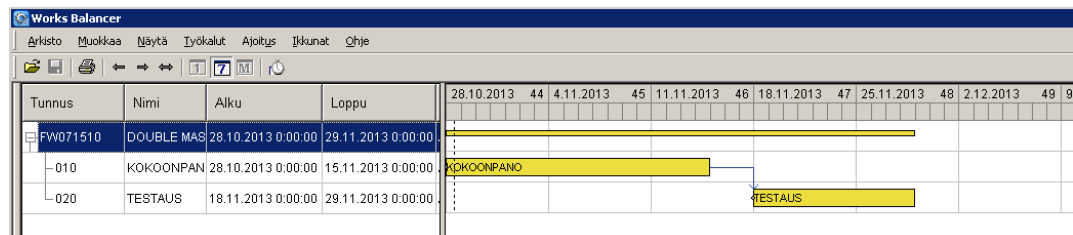
Kuva 37 Hissin työn vaiheet.

Vaiheiden tilaa voidaan seurata kuormitusryhmän työlistalta hakemalla työ tunnuksella:

Työn tunnus	Työn nimi	Vaihe	i	t	d	h	Vaiheen nimi	Määrä	Kuorma/h	Suun.alku	Päättyy	Tila	Seur.vaihe
FW071510	DOUBLE MAST CRANE DMC-XMI 010	KOKOONPANO	1	120	28.10.13	15.11.13	Aloituskelpoin	020					
FW071510	DOUBLE MAST CRANE DMC-XMI 020	TESTAUS	1	80	18.11.13	29.11.13	Aloituskelpoin						

Kuva 38 Kuormitusryhmän työlista työn FW071510 osalta.

Visuaalisemmin työn ja sen vaiheiden kestoa voidaan selailla Faston Works Balancerissa:



Kuva 39 Työ FW071510 Works Balancer -ikkunassa.

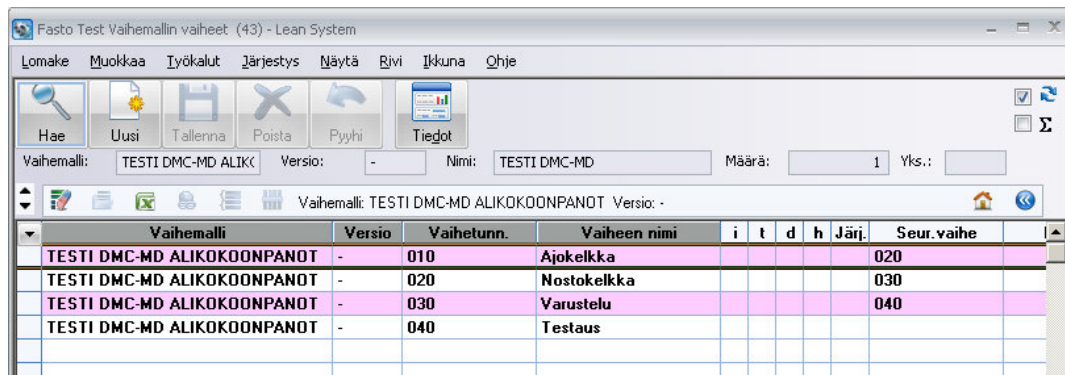
Lisäksi Balancerilla voidaan siirrellä työtä tai vaiheita kuormitustilanteen mukaan, jolloin kuormitusryhmän työlistan suunnitellut aloitus- ja lopetuspäivämäärät päivittyvät automaattisesti.

Tuntien raportointi tehdään nykyään raportointilomakkeella. Töille on käytännössä avattu vain yksi vaihe, jolle henkilö kirjaa työtunnit. Kun työlle määritellään useampi vaihe, niin raporttipohjaan kirjataan tunnit kullekin vaiheelle erikseen:

Projekti	Aktiviteetti	Työn tunnus	Vaihe	H	Tehty (h)	V	Palkkalaji	Vuoro
25904	MECHANIC	FW071510	010		8 0		PL11	Päivävuoro
25904	MECHANIC	FW071510	020		4 0		PL11	Päivävuoro

Kuva 40 Työtuntien raportointi työn vaiheelle.

Vastaavalla tavalla vaiheistusta voidaan laajentaa alikokoonpanoihin. Esimerkkikuvassa on esitetty hissien vaihemalli, jolla työ vaiheistetaan ajokelkka-, nostokelkka-, varustelu- ja testausosuuksiin:



The screenshot shows a software window titled 'Fasto Test Vaihemallin vaiheet (43) - Lean System'. It features a menu bar with options like 'Lomake', 'Muokkaa', 'Työkalut', 'Järjestys', 'Näytä', 'Rivi', 'Ikkuna', and 'Ohje'. Below the menu is a toolbar with icons for search, new, save, delete, undo, and print. A search bar contains 'Vaihemalli: TESTI DMC-MD ALIK...' and a version field shows 'Versio: -'. Below this is a table with columns: 'Vaihemalli', 'Versio', 'Vaihetunn.', 'Vaiheen nimi', 'i', 't', 'd', 'h', 'Järj.', 'Seur.vaihe', and a vertical scrollbar icon. The table contains four rows of data:

Vaihemalli	Versio	Vaihetunn.	Vaiheen nimi	i	t	d	h	Järj.	Seur.vaihe
TESTI DMC-MD ALIKOKOONPANOT	-	010	Ajokelkka						020
TESTI DMC-MD ALIKOKOONPANOT	-	020	Nostokelkka						030
TESTI DMC-MD ALIKOKOONPANOT	-	030	Varustelu						040
TESTI DMC-MD ALIKOKOONPANOT	-	040	Testaus						

Kuva 41 Vaihemallin laajennus alikokoonpanoihin.

Vaiheistamalla töitä voidaan periaatteessa samoilla työkaluilla laajentaa käyttö koskemaan suunnittelu-lähetys -ketjua, tai jopa koko toimitusketjua. Fastossa on myös projektitoimitusten seurantaan kehitetty Project Balancer -työkalu, joka voi toimia vastaavalla tavalla toimituksen hallinnan apuna. Sen käyttöön ei kuitenkaan tämän työn rajauksella perehdytä.

3.4 Kehityksen mittarit

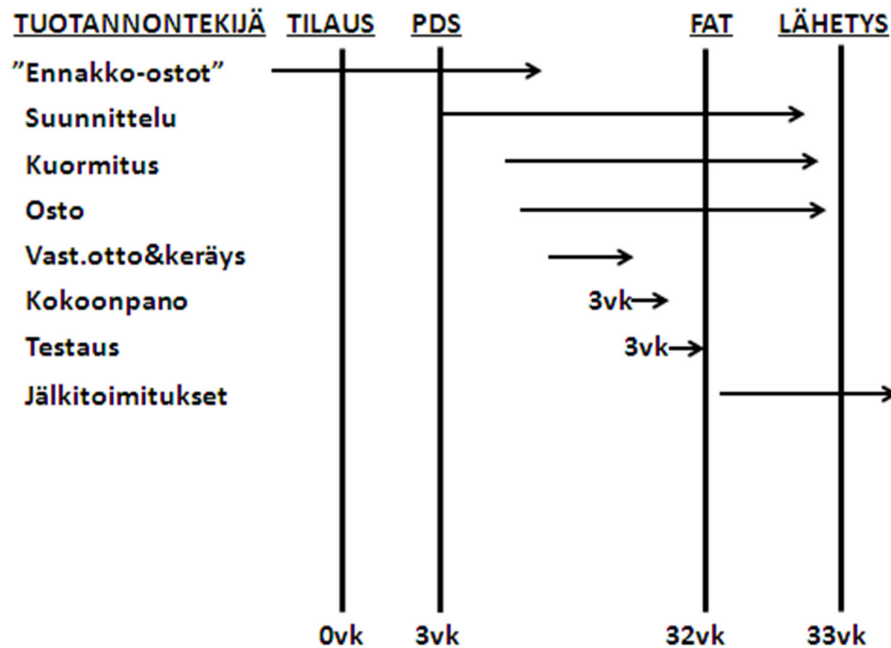
Toimitusketjussa ei ole yhtään lenkkiä, jonka toiminnan muutos ei aiheuttaisi muutosta toisaalla. Toisaalta yhteinen kehitys palvelee koko liiketoiminnan etua, jolloin oikein toteutettuna kehitystyön tulee näkyä yrityksen tuloksessa. Seuraavassa esitetään mittareita, jolla tuotannon tavoitteiden toteutumista voidaan mitata, ja toisaalta kuinka kehitystyön vaikutukset ovat mitattavissa toimitusketjun osalta.

Ensimmäinen tavoite eli tuotannon vaiheistus on jo itsessään mitattavissa. Kun vaiheistus etenee suuremmista kokonaisuuksista (kokoonpano ja testaus) pienempiin (edellisten alivaiheet), niin **eritellyt vaiheiden tuntikertymät mittaavat tavoitteen onnistumista**. Vaiheistus itsessään on arvokas väline projektin seurantaan, mutta tarkoitus on myös vaiheiden avulla kehittää pitkällä aikavälillä tuotannon tehokkuutta. Tällöin mittarina toimii **keskenään samankaltaisten toimitusten työtuntien kertymä, kun niitä verrataan pitkällä aikavälillä toisiinsa**. Toisaalta vaiheistuksella voidaan vaikuttaa työn standardisoitumiseen, ja mitata sen onnistumista **hukkatyötuntien määrällä**.

Toinen tavoite eli suunnittelusta saatavien lähtötietojen tavoitetila, ei ole helppo suoraan mitata. Tavoite voidaan kuitenkin tiivistää esimerkiksi seuraavalla tavalla: mitä nopeammin ja selkeämmin suunnittelu pystyy kuvaamaan toimitussopimuksen sisällön

valmistusrakenteen (tai äitirakennemallin) muodossa tuotannolle, sitä parempi. Tämä taas johtaa lyhyellä aikavälillä **materiaalinhallinnan paranemiseen** ja pitkällä aikavälillä **ostojen ennakointiin, tuotannon ennustettavuuteen ja siten myös suunnittelun ja tuotannon lyhentyneeseen läpimenoaikaan.**

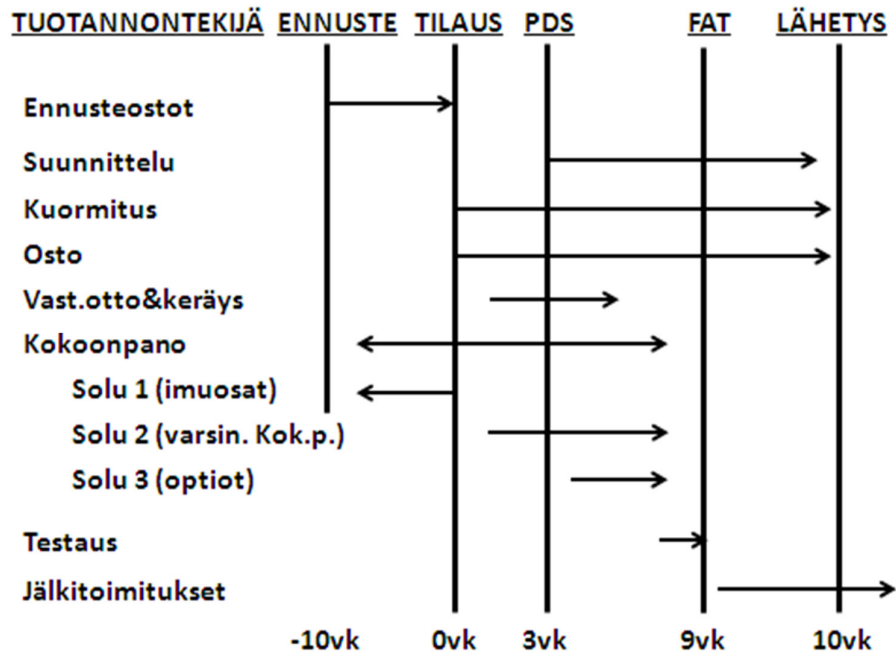
Kuvassa 42 esitetään esimerkkitapaus nykyisen toimintamallin mukaisesta läpimenoajasta (laskettu keskiarvo viiden CS-toimituksen suunnitellusta läpimenoajasta).



Kuva 42 Työntöohjatun tilaus-toimitusprosessin nykyinen ETO-toimintamalli

Tilauksesta menee keskimäärin kolme viikkoa ennen PDS:n valmistumista ja suunnittelun aloittamista. Suunnittelun valmistuminen taas kestää keskimäärin 16 viikkoa, riippuen suunnitteluosastosta ja alikokoonpanosta. Suunnittelun työlleilaiton jälkeen tuotannosuunnittelu kuormittaa työt, jolloin osto ja kokoonpano voi alkaa. Kuvassa suunnittelu, kuormitus ja osto venyvät jopa FAT:n yli, sillä usein odottamattomat muutokset vaativat vielä jälkitoimituksia.

Kuva 43 esittää tilannetta, jossa toimintamalli on ATO-tyyppinen, ja jossa toimitukset ovat toistuvia. Mallissa lisäksi esitetään karkeasuunnittelu, eli heti tilauksen jälkeen kuormitetaan pitkän toimitusajan osat ostoon.



Kuva 43 Työntö-imuohjatun tilaus-toimitusprosessin modulaarisuutta hyödyntävä ATO-toimintamalli.

Vaikka toimituksia ei tehtäisi ATO-mallin mukaisesti, säästettäisiin pitkän toimitusajan osien ostossa useita viikkoja, mikäli ne saataisiin kuormitettua heti PDS:n jälkeen. Lisäksi myyntilayoutin standardointi toistuvammilla ja aiemmin kertaalleen suunnitelluilla kokonaisuuksilla säästäisi suunnittelun työtunteja, ja siten leikkaisi toimituksen pituutta.

Tässä luvussa on kerrottu rinnakkain tuotannon tuntimääristä ja toimitusketjun läpimenoajasta. Kuvassa 44 on yhteenveto siitä, kuinka tuotannon vaiheistus ja tuoterakenteiden vakiointi liittyvät toiminnan eri tasoihin ja kuinka niiden kehitystä voidaan mitata.

<u>MITTARI</u>	<u>Nyt</u>	<u>1-2v:n kuluttua</u>
<u>Projektiliiketoiminta</u> <ul style="list-style-type: none"> Toimitusketjun läpimenoaika 		
<u>Tuotanto</u> <ul style="list-style-type: none"> Kokoonpanon työtunnit/toimitus Hukkatyötuntien määrä/<u>vaihe</u> 		
<u>Materiaalinhallinta</u> <ul style="list-style-type: none"> Jälkilähetysten määrä/vuosi 		

Kuva 44 Suunnittelu-lähetys -ketjun kehityksen mittaaminen toiminnan eri tasoilla.

Tarkoitus on päästä pitkällä aikavälillä tuotannon **työnvaiheiden kestossa sadoista tunneista kymmentuntisiin vaiheisiin**. Vaiheiden standardointi vaikuttaa myös materiaalinhallintaan, jossa voidaan tämän avulla pyrkiä **tuotannon epätietoisuudesta johtuvien jälkilähetysten määrän eliminointiin**. Toimitusketjun ajalliseen keston voidaan karkeasuunnittelun avulla vaikuttaa välittömästi **poistamalla turhaa odottelua**, mutta todelliseen imuohjautuvuuteen päästään vain vakioimalla tuoterakenteita ja toimimalla asiakkaan vaatimien alikokoonpanojen mukaan ennustepohjaisesti.

Koska kokoonpanokeskeinen tuotanto on osa liiketoimintaa, on CS-liiketoiminnan tulos lopulta aidoin ja oikein mittari kehityksen toteutumiseksi. Vaikka tuotannon kehityksen osuutta on mahdotonta tarkasti osoittaa tuloksen paranemisen (tai heikentymisen) osalta, **on kehitystoimilla aina tavoiteltava parempaa liiketoiminnan tulosta**.

4 PÄÄTELMÄT JA JATKOSUUNNITELMA

4.1 Päätelmät

Fastemsin toimintatavat ovat joustavia ja toiminnanohjauksen työkalut ovat kattavat. Yrityksessä on kuitenkin havaittavissa se, että toiminta on viime vuosina muuttunut asiakasräätälöidymmäksi, mutta työkalujen käyttö ei ole päivittynyt sen mukana. Räättälöivät toimitukset on kuitenkin Fastemsin kilpailuetu, jota nykyinen strategiakin puoltaa (ilmailuteollisuuden merkitystä on korostettu strategiassa). Toiminnan kehittymisen tulee noudattaa yrityksen nykyistä strategiaa, joten työssä ei tulla ehdottamaan radikaalia uutta, vaan kehittämään nykyisten työkalujen käyttöä.

Tämän työn aihe on kokoonpanokeskeisen tuotannon sovittaminen liiketoimintaan. Aihe tarkoittaa sitä, että työssä pyritään rakentamaan nykyiseen toimintaan sopiva tuotannonohjausmalli, jonka jalkautus ei aiheuta ongelmia toimitusketjun muissa osissa, ja jonka toteutus hyödyttää myös yleisemmin liiketoimintaa. Työssä analysoidaan teorian pohjalta nykytilaa, ja muodostetaan toiminnalle tavoitemalli, joka on jalkautettavissa vaiheittain.

Jalkautuksen pitkän aikavälin tavoite on vakioidut tuoterakenteet. Tähän voidaan päästä pyrkimällä asteittain kohti moduloitua tuoterakennetta. Vaikkei moduloituun rakenteeseen päästäisikään tai tuotteita ei myytäisi konfiguroidusti, ovat vakioituvuuden hyödyt merkittävät.

Lyhyellä aikavälillä tavoitteena on vaiheistaa tuotanto, minkä etuja ovat tarkempi valmiusasteen seuranta, ja mikä johtaa työn standardoimisen kautta tehokkaampaan tuotantoketjuun ja kuormitushuippujen tasaamiseen. Vaiheistuksen toteuttaminen yhdessä aktiviteettien uudelleenmäärittämisen kanssa tarjoaa pohjan laajentaa vaiheistusta tarvittaessa koskemaan suunnittelu-lähetys -ketjua, tai jopa koko toimitusta kattavaksi seurantatavaksi.

Tuotannon vaiheistus, suunnittelusta saatavien tietojen tavoitetila ja tiedon järjestelmällisempi tallentuminen ERP-järjestelmään ovat realistinen tavoite, sillä tarvittavat työkalut ovat jo nykyisessä ERP:ssä olemassa. Niiden käytön perusteleva ja käyttäjien motivointi on oleellinen tekijä tavoitteen onnistumisessa. Pitkän aikavälin tavoite eli vakioituvat tuoterakenteet on haastava, sillä sen toteutus vaatii eri osastojen läheistä yhteistyötä ja aikaa. Tavoitteen etu on kuitenkin se, että se on jalkautettavissa vaiheittain, ja kukin vaihe on jo itsessään hyödyllinen toimitusketjun tehokkuuden

kannalta. Vakioituvuuteen tähdittäessä on kuitenkin muistettava, että Fastems haluaa jatkossakin toimittaa vahvasti asiakkaalle räätälöityjä tuotteita, joten toimintatapojen kehitykseen on jätettävä joustavuutta.

4.2 Jatkosuunnitelma

Työssä on tähän mennessä perusteltu miksi tuotanto tulee vaiheistaa, ja miksi tuoterakenteista tulisi tehdä vakioidumpia. Seuraavassa perustellaan, miten kehitys tulisi jalkauttaa, mitä jalkautus vaatii yksittäisiltä työntekijöiltä ja arvioidaan kehitystyön taloudellinen merkittävyys.

4.2.1 Miten jalkautetaan?

Kehitystoimet toimitusketjussa ja ERP:ssä vaativat aikaa. Tämän työn pohjalta suositus jatkoon kannalta on valita **kehityshankkeelle vetäjä**, ja varata hänelle aikaa johtaa toteutusta. **Hanke on syytä jalkauttaa yksinkertaisesta kohti hienojakoisempaa, eli tuotannossa moduulikohtaisesti kahdesta vaiheesta kohti useampia vaiheita.** Tällä varmistetaan se että osallistujat saadaan sitoutettua kehityshankkeeseen, mutta jokapäiväinen toiminta ei häiriidy liian kunnianhimoisen ja kertaluontoisen tavoitteen alla.

Tavoitteena on tuotannon lisäksi saada vaiheistus kattamaan koko suunnittelu-lähetys – ketju. Jotta tämä on mahdollista, tulee **selvittää täsmällisesti asiaan liittyvät Faston ominaisuudet, ja niiden käyttöönottamisen vaatimukset.** Esimerkiksi täytyy tietää mille lomakkeelle ja mihin ruutuihin kukin jalostavan työn tekijä kirjaa tuntinsa, ja millä tavalla resurssit määritetään. Tämä tieto on tärkeää selvittää etukäteen, koska tavoitteena on päästä ohjaamaan tuotantoa ja toimitusta entistä enemmän Faston avulla.

Suunnittelu-lähetys –ketjun vaiheistus tukee pitkän aikavälin tavoitetta, eli vakioituneeseen tuoterakenteeseen pyrkimistä. Tämän tavoitteen saavuttaminen vaatii kuitenkin monen osaston yhteistyötä, ja ylimmän johdon hyväksyntää ja tukea.

4.2.2 Kannattavuuslaskelma

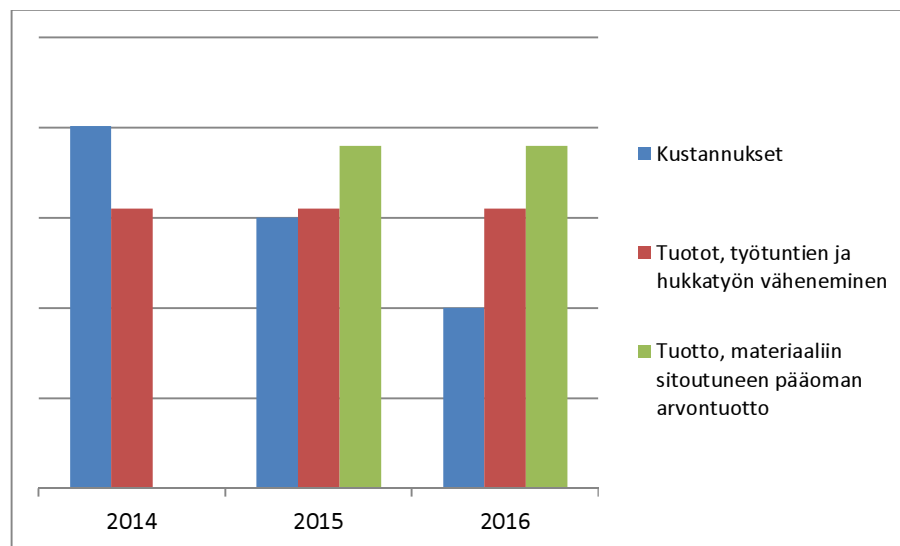
Lyhyellä aikavälillä (1-3v) suunnittelu-lähetys –ketjun vaiheistuksen kustannuksia ja tuottoja on haastavaa, mutta välttämätöntä arvioida. Oletetaan kehityksen kustannukseksi ensimmäisenä vuonna, että yksi työntekijä käyttää suoraan puolet työpanoksestaan tämän tavoitteen jalkautukseen, ja loppu kehitystyö vaatii muilta henkilöiltä (jalostavaa työtä tekevien osastojen esimiehet ja ulkopuolinen konsultaatioapu) yhteensä saman verran työpanosta. Seuraavana vuonna oletetaan että tämä työpanos puolittuu, ja kolmantena vuonna jälleen puolittuu. Lisäksi oletetaan että jatkossa jalostavan työn tekijöiden tuntiraportointiin käyttämä aika vaatii puoli tuntia

ylimääräistä työtä viikossa henkilöä kohden (noin 90 henkeä). Kustannukset osoitettu kuvassa 45.

Kehitystyön lyhyen aikavälin tuotoiksi oletetaan, että vaiheistuksen avulla saadun palautteen avulla CS-toimitusten tuotantoon käyttämät työtunnit putoavat 4% ja hukkatyötunnit 50%. Lisäksi oletetaan että toimitusketjun aikaisten muutosten aiheuttamat jälkilähetykset vähentyvät nykyisestä tasosta 30%. Nämä edut lasketaan pysyvän samoina vuodesta toiseen. Tuottoluvut esitetty kuvassa 45.

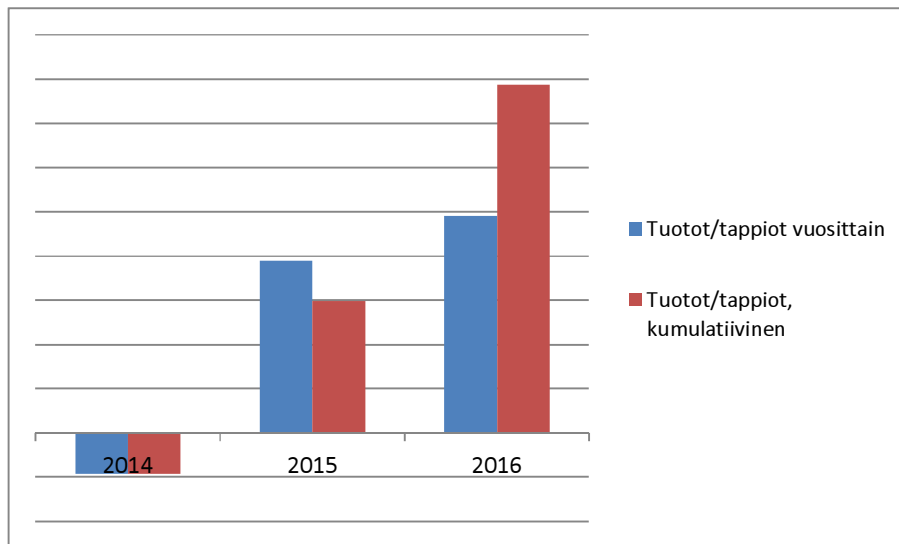
Pitkällä aikavälillä oletetaan että vaiheistuksesta saatavan palautteen (PDS:n valmistumisen ja lähetys –välin tehostamisen) ja vakioinnin kehittämisen avulla CS-toimitusten keskimääräinen tilaus-toimitus-aika vähenee nykyisestä 22%. **Vaikka liikevaihto ei samalla kasvaisikaan, tarkoittaisi tämä 22% vähemmän toimintaan sitoutunutta pääomaa ja resursseja.** Pelkästään materiaaliin sitoutuneen pääoman vapauttaminen tuottavaan toimintaan nykyisellä liikevaihdolla johtaa 6% tuotolla 1,3% säästöön materiaalikustannuksista vuosittain. Suhteellinen luku on prosentuaalisesti varsin pieni, mutta säästö absoluuttisena arvona merkittävä. Oletetaan että toimitusaika ei muutu ensimmäisenä vuonna, vaan vasta seuraavina vuosina.

Edellä mainittujen oletusten perusteella kehitystyön tuotot ja kustannukset seuraavan kolmen vuoden aikana on kuvan 45 mukaiset:



Kuva 45 Kehitysprojektin kustannukset ja tuotot eriteltynä seuraavan kolmen vuoden aikana.

Kuvaajasta näkyy että vuonna 2014 ennustetut kehityskustannukset ovat suuremmat kuin tuotot, mutta jo seuraavana vuonna kehitystyön tuotot ylittävät kustannukset. Tuottojen ja kustannusten summana luvut näyttävät vuosittain ja kumuloituvasti kuvan 46 mukaisilta:



Kuva 46 Kehitysprojektin kustannukset ja tuotot yhteenlaskettuna ja kumuloituvana seuraavan kolmen vuoden aikana.

Edellä olevat laskelmat pohjautuvat menopuolella realistisiin, ja tulopuolella varovaisiin lukemiin. Ne ovat silti olettamuksiin perustuvia, jolloin kolmen vuoden ajaksi ennustettuna ne ovat ainoastaan suuntaa antavia arvioita. Tärkeää on kuitenkin huomata se, että kehitysprojektin toteuttaminen vaatii alkuun toteuttajilta paljon työaika, mutta toteutuksen myötä vaadittu aika vähenee. Samalla sen aikaansaamat tuotot ovat jatkuvia, eli onnistuessaan kehitysprojektin tuotot pysyvät vuosittaisina, ja kustannukset vuosittain laskevana.

4.3 Yhteenveto

Kokoonpanokeskeisen tuotannon sovittaminen liiketoimintoihin ei ole ainoastaan sitä, että tuotanto saadaan hallittavampiin kokonaisuuksiin kirjaamalla työtunnit ERP-järjestelmään. Se on suunnittelu-lähetys –ketjun kehitystä siten, että vaiheistus edesauttaa toimitusketjun hallittavuutta, ja pitkällä aikavälillä tehostaa sen läpimenoa. Tämä diplomityö osoittaa laajemmalla näkökannalta sen, kuinka yksittäiset toimitusketjun lenkit ovat osa kokonaisuutta, ja että niiden kehittämisessä on otettava kokonaisuus huomioon. Siksi kehitystoimien toteutustapa (miten) ei usein ole suunnitelmien haastavin osa, vaan ymmärrys siitä mihin sillä kaikella pyritään (miksi).

LÄHTEET

Kirjallisuus

A Guide to the Project Management Body of Knowledge. 2013. 5. painos. Project Management Institute. Pennsylvania, USA. 589s.

Cleland, David I.; Ireland, Lewis R. 2006. Project Management: Strategic Design and Implementation. 5. painos. McGraw-Hill, New York, USA. 523s.

Hopp&Spearman, Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management, 2000, 340s.

Karrus, Kaij E. 1998. Logistiikka. 3. painos. WSOY/oppimateriaalit, Helsinki. 412s.

Lehtonen, Timo. 2007. Designing Modular Product Architecture in the New Product Development. Väitöskirja, Tampereen teknillinen yliopisto, julkaisu 713, Tampere, Suomi. 220s.

Robbins, Stephen P.; Judge, Timothy A.; Campbell, Timothy T. 2010. Organizational Behaviour. 1. painos. Pearson Education Limited, Harlow, England.

Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Stuart. Operations Management. 2004. 4.painos. Pearson Education Limited. Essex, England.

Artikkelit

Binder, Jean; Gardiner, Paul D.; Ritchie, James M. 2009: A model of success factors for global project management. Heriot-Watt University, School of Engineering and Physical Sciences, Edinburgh, Scotland. Julkaisussa Kähkönen, Kazi, Rekola, 2009: Human Side of Project Management. Project Management Association Finland (PMAF) & VTT, Helsinki, Finland

Doll, William J.; Deng, Xiaodong; Scazzero, Joseph A. 2003: A process for post-implementation IT benchmarking. The University of Toledo, OH, USA. Julkaistu Information & Management 41 (2003) ss. 199-201.

Gargeya, Vidyaranya, B.; Brady, Cydnee. 2005: Success and failure factors of adopting SAP in ERP implementation. University on North Carolina at Greensboro & Volvo Trucks North America, North Carolina, USA. Julkaisussa Business Process Management Journal, vol 11 No 5, 2005.

Kimiaee, F.; Ahmadian Yazdi, H.; Salajegheh, A. 2011: Project management, a solution for ERP failures. Azad University of Mashhad, Iran.

Niittymäki, Seppo. 2009: Towards management and leadership models for Russian business network. 14s. HAMK University of Applied Sciences, Training and Research Centre of Living Environment, Hämeenlinna, Finland. Julkaisussa Kähkönen, Kazi, Rekola, 2009: Human Side of Project Management. Project Management Association Finland (PMAF) & VTT, Helsinki, Finland

Powell, Daryl; Riezebos, Jan; Strandhagen, Jan Ola. 2012: Lean production and ERP systems in small- and medium-sized enterprises: ERP support for pull production. Julkaisussa International Journal of Production Research, 51:2, s.395-409.

Ram, Jivat; Corkindale, David; Wu, Ming-Lu. 2013: Implementation critical success factors (CFSs) for ERP: Do they contribute to implementation success and post-implementation performance? Julkaisussa Production Economics, 144 (2013) s. 157-174).

Internet-julkaisut

Fastemsin Internet-sivut: <http://www.fastems.com/fi/yritys/>. 17.7.2013

Esitteet

Fastem oy Annual Review 2012. 12s. Viitattu 17.7.2013

Fastem oy Annual Review 2009. 6s. Viitattu 26.7.2013

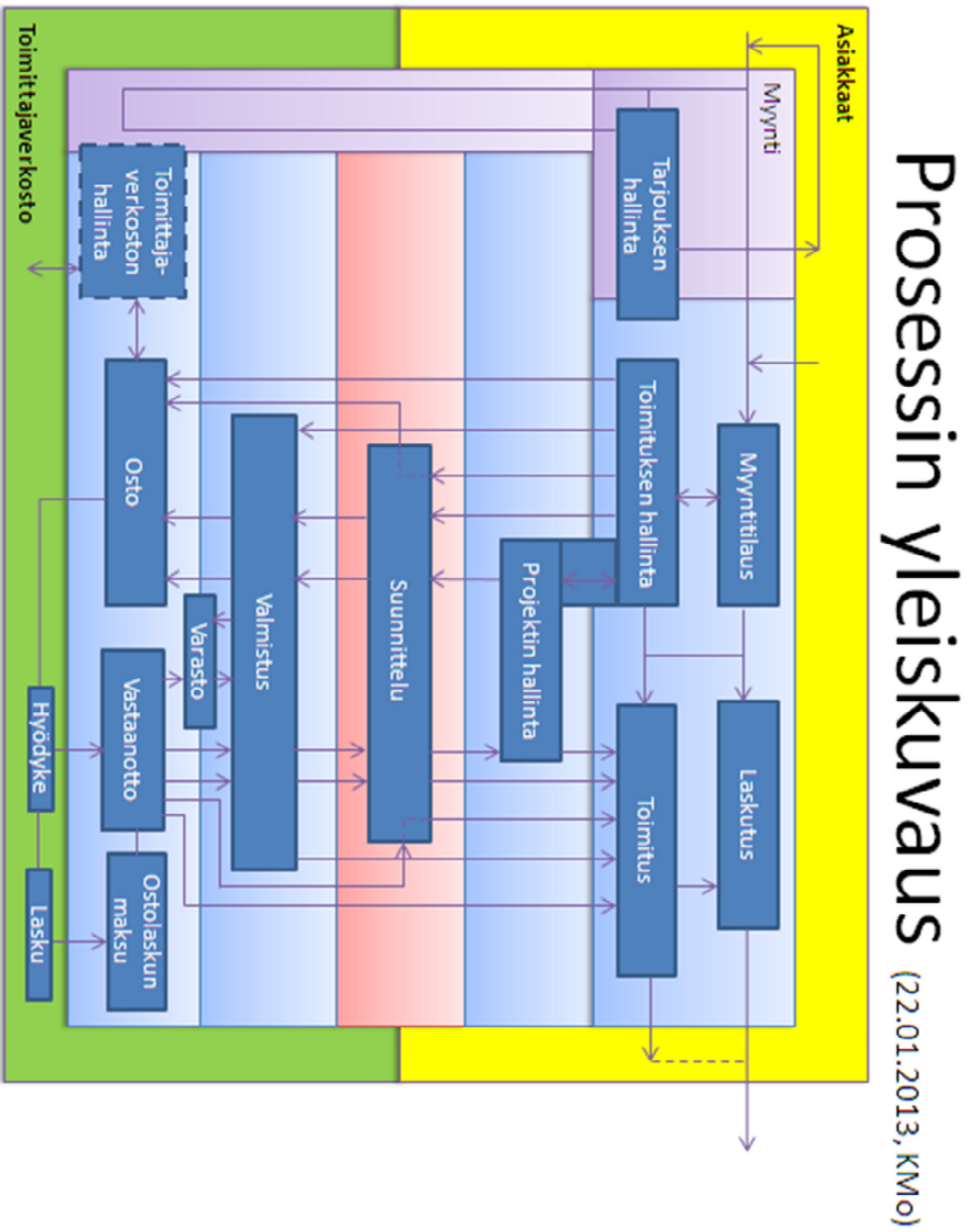
Lean-System, Tieto. Projektivalmistus: Toimintaprosessin kuvaus. Viitattu 2013 tulostettuun tieto.com:n jakamaan ohjeeseen.

LIITTEET

Liite 1. Prosessin kuvaus

Liite 2. Fraktaalinen organisaatiomalli

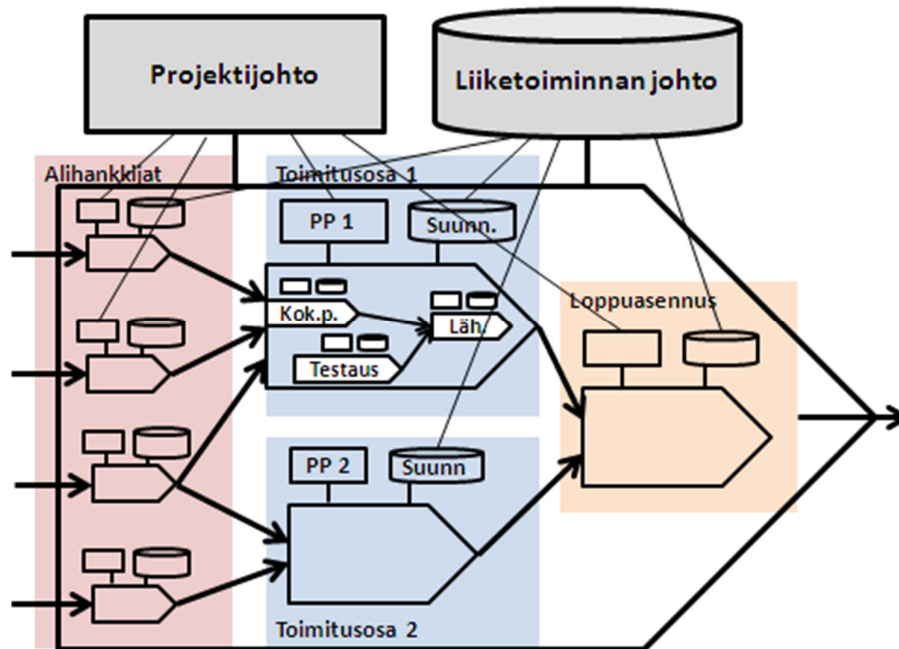
Liite 1: Prosessin kuvaus



Liite 2: Fraktaalinen organisaatiomalli

Fastemsin sisällä toteutetaan tällä hetkellä projektitoiminnan kehitysprojektia, jotta projektitoimitusten seuranta olisi yhtenäisempää. Yksi kehityskohde on ollut projektitoimitusten kategorisointi eri vaativuusluokkiin A, B, C ja D. A-vaativuusluokka on myyntihinnaltaan suurin, ja siihen varataan resursseja sekä toimitettavan tuotteen että palvelun kannalta, ja johon mahdollisesti ostetaan resursseja Fastemsin kumppaneilta. D-vaativuus tarkoittaa myyntihinnaltaan pienempää toimitusta, jossa tuote on vakio ja asiakas tunnettu.

Teorialuvussa esitettiin fraktaalimalli, jossa tuotanto koostui useammasta, malliltaan toistuvasta yksiköstä, joita johdettiin ylemmän tason yksiköstä. Vastaavaa mallia voisi harkita käytettävän Fastemsin projektien luokittelussa. Esimerkkikuvassa 47 A-luokan projekti on jaettu kahteen B-luokan projektiin, hankintaan ja loppuasennukseen:



Kuva 47 A-projektin toteutus jaettuna kahteen B-projektiin (toimitusosat 1 ja 2).

Fastemsin toiminnassa on aikaisemmin ollut projekteja, joiden toimitusosista osa tehdään yhdessä, toinen toisessa valmistusyksikössä. Lisäksi osa toimituksesta lähtee aikaisemmin tai eri paikasta kuin loput. Tällöin projektitoimituksen kokonaishallittavuus on suuri haaste, eikä vastuunjakokaan ole aina selvää. Esimerkkifraktaalimallin mukaan toimimalla vastuunjako olisi siinä mielessä selkeää, että jokainen yksikkö tietää tehtäväalueensa ja sen, kuka on vastuussa heille ja kenelle he vastaavat. Heikkoutena fraktaalisisessa toimintamallissa on sen byrokraattisuus, mikäli yksikkötasoja on useita.