



Jukka Hemilä, Jyri Pötry & Kai Häkkinen

Tuotannonohjaus ja tietojärjestelmät: kokemuksia sekä kehittämisperiaatteita

| Prologi-hankkeen loppuraportti

ISBN 978-951-38-7192-5 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2009

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374



Julkaisun sarja, numero ja
raporttikoodi

VTT Working Papers 130
VTT-WORK-130

Tekijä(t) Jukka Hemilä, Jyri Pötry & Kai Häkkinen		
Nimeke Tuotannonohjaus ja tietojärjestelmät: kokemuksia sekä kehittämisperiaatteita – Prologi-hankkeen loppuraportti		
Tiivistelmä Tämä raportti perustuu Prologi-hankkeen tuloksiin vuosilta 2008–2009. Prologi oli tuotannonohjauksen teknologiansiirtohanke suomalaisille valmistavan teollisuuden yrityksille. Teknologiansiirron menetelminä olivat työpajat, demot ja benchmarking-vierailut. Vierailujen tavoitteena oli löytää parhaita käytäntöjä tuotantoprosessien, tuotannonohjauksen, tietotekniikan sekä logistiikan alueilta. Vierailuja tehtiin suomalaisiin, unkarilaisiin, saksalaisiin ja italialaisiin yrityksiin. Teknologiansiirron käytännön tuloksina luotiin kehittämissuunnitelmia ja vaatimusmäärittelyjä sekä tehtiin erilaisia tuotannon ohjausjärjestelmiin liittyviä laboratoriotestejä. Tämä raportti kertoo pääasiassa Euroopan-vierailujen havainnoista, mutta myös kotimaisten benchmarkien johtopäätöksistä sekä tuotannonohjauksen kehittämisestä yleisesti.		
ISBN 978-951-38-7192-5 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinnumero 20985
Julkaisuaika Lokakuu 2009	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 37 s.
Projektin nimi Prologi	Toimeksiantaja(t) PKAMK	
Avainsanat Tuotannonohjaus, tietojärjestelmät, benchmarking, ERP, MES	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	



Series title, number and
report code of publication

VTT Working Papers 130
VTT-WORK-130

Author(s) Jukka Hemilä, Jyri Pötry & Kai Häkkinen		
Title Experiences and discussion on methods and tools for production planning and scheduling – Prologi final report		
Abstract This report is based on a Prologi project. The purpose of the project was technology transfer for Finnish manufacturing SMEs. The technology transfer was carried out by the following methods: workshops, demos and benchmarks. The idea was to find European best practices in the fields of manufacturing planning and control, ICT utilisation and logistics. The visits took place in several Finnish, Hungarian, German and Italian companies and scientific institutes. This report emphasises the European benchmarks, but also concerns other findings.		
ISBN 978-951-38-7192-5 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 20985
Date October 2009	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 37 p.
Name of project Prologi	Commissioned by PKAMK	
Keywords Production scheduling, production planning, ERP, MES, logistics	Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P. O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4520 Fax +358 20 722 4374	

Alkusanat

PKAMK:n hallinnoimassa kansainvälisen teknologiansiirron hankkeessa edistettiin suomalaisten pk-yritysten osaamista, joka liittyi erityisesti tehdastason tuotannonohjauksen menetelmiin sekä järjestelmiin. Teknologiansiirron lähteitä olivat erityisesti VTT, kansainväliset tutkimuslaitokset ja järjestelmätoimittajat, edistyksellisiä ratkaisuja tehneet koti- ja ulkomaiset yritykset sekä PKAMK ja kotimaiset asiantuntijayritykset. Teknologiansiirron kohteita olivat ensisijaisesti hankkeen asiakasyritykset mutta myös toteuttajaorganisaatiot, joista erityisesti palvelu- ja asiantuntijayritysten voidaan katsoa olevan sekä ”lähteitä” että ”kohteita”. Tärkein teknologiansiirron väline oli PKAMK:lla toimiva tuotannonohjauksen ja logistiikan Tulo-laboratorio, jossa ratkaisuja testattiin ja jonne niitä myös jäi tulevaan koulutus- ja kehityskäyttöön. Toinen merkittävä teknologia- ja osaamisensiirron menetelmä hankkeessa oli kotimaiset ja kansainväliset benchmarking-vierailut. Näitä vierailuja toteutettiin hankkeen aikana lukuisia. Tässä raportissa kerrotaan yleisesti hankkeen toimenpiteistä ja tuloksista sekä kansainvälisistä benchmarking-vierailuista.

Kotimaassa vierailumme suuntautuivat Valtra Oy:lle, Kone Oyj:lle, Junttan Oy:lle, Metso Minerals Oyj:lle, ABB Marine Oy:lle sekä Norpe Oy:lle. Vierailut olivat antoisia, ja emännät sekä isännät olivat nähneet paljon vaivaa vuoksemme. Esitämme tässä suurkiitokset heille kaikille.

Haluamme kiittää myös hankkeen rahoittajia ja osallistujia sekä ulkopuolisia asiantuntijoita, joita olivat Tekes, Chiller Oy, Hub Logistics Oy, Josek Oy, Arcusys Oy, Manu Online Oy sekä TKK.

Tekijät

Sisällysluettelo

Alkusanat	5
1. Johdanto	7
1.1 Tehdastason tuotannonohjauksen ja logistiikan tarpeet yleisesti	7
1.2 Teknologiansiirto	9
2. Yritysvierailut	10
2.1 Unkari	10
2.1.1 Bekomold	11
2.1.2 Fauser AG	12
2.2 Saksa	13
2.2.1 Airbus	14
2.2.2 Bremen University – LogDynamics Laboratory	17
2.2.3 Volkswagen	18
2.2.4 MAN Nutzfahrzeuge	20
2.3 Italia	22
2.3.1 Whirlpool	23
2.3.2 Dell'Orto	25
2.4 Yhteenveto kotimaan yritysvierailuista	26
3. Pohdintaa tuotannonohjauksen kehittämistä pk-yrityksissä	27
3.1 Tuotannonohjauksen menetelmät	27
3.1.1 Suunnittelutaso/karkeasuunnittelu	27
3.1.2 Aikataulutustaso	29
3.1.3 Toteutustaso / hienokuormitus / töiden järjestely	30
3.2 Pohdintaa tuotannon tietojärjestelmäkehityksestä	30
4. Yhteenveto	33
Loppusanat	35
Lähdeluettelo	36

1. Johdanto

Kappaletavaratuotantoyritysten tuotannonohjaus- ja logistiikkaosaaminen on usein puutteellista. Kehittämistyössä ja investoinneissa on tavallisesti keskitytty valmistus- ja suunnittelutekniikkaan. Tämä heijastuu järjestelmien ja menetelmien soveltamiseen: tuotesuunnittelu ja automaatio voivat olla hyvinkin korkeatasoisia, kun taas tuotannon ohjauksen välineet ovat vajavaisia, vanhentuneita ja toimintaa rajoittavia. Prologi-hankkeen tavoitteena oli yhdessä kansainvälisen verkoston kanssa edistää uusiin tekniikoihin, menetelmiin, standardeihin ja sovelluksiin perustuvia tuotannonohjaus- ja logistiikkaratkaisuja kohdeyrityksissä. Tärkein teknologian siirron väline oli tuotannonohjauksen ja logistiikan laboratorio (Tulo), joka sijaitsee PKAMK:ssa. Tulo-laboratorio pyrkii osaamisen kasvattamiseen, mikä tapahtuu välittömässä yhteistyössä yritysten kanssa sekä kouluttamalla insinöörejä, joilla on jäsentynyt käsitys tuotannonohjauksesta sekä siihen liittyvistä menetelmistä ja työkaluista. Laboratorio toimii kehittämis-, testaus- ja koulutusympäristönä, ja se kattaa tuotannonohjauksen eri tasot sekä erityyppiset ja -laajuiset järjestelmät (ERP, MES ja PDM).

1.1 Tehdastason tuotannonohjauksen ja logistiikan tarpeet yleisesti

Hankkeen lähtökohdat olivat käytännölliset. Tehdastason tuotannonohjauksen luonne vaihtelee eri tuotantotyyppien välillä. Kappaletavaratuotannossa – jota tässä hankkeessa kehitetään – korostuu hienosuunnittelu eli kapasiteettirajoitukset reaaliajassa huomioiva yksityiskohtainen tuotannon aikataulutus. Esimerkiksi konepajatuotannossa valmistettavia tuotteita, valmistusrakenteita ja tuotannon reitityksiä sekä ohjauspisteitä – yleensä soluja, koneryhmiä ja koneita – voi olla hyvin runsaasti. Lähes kaikissa tällaisissa tapauksissa on hyödyllistä käyttää visuaalisia ohjaus- ja suunnittelutyökaluja.

Jossakin vaiheessa tullaan pisteeseen, jossa visualisoinnin ohella kaivataan myös hienokuormitusalgoritmien käyttöä. Hienosuunnittelun toimivuus vaatii puolestaan paljon yksityiskohtaiselta kapasiteetti- sekä materiaalitiedon hallinnalta ja ylläpidolta. Yhtäaikainen materiaali- ja kapasiteettisuunnittelu reaaliaikaiset rajoitukset huomioiden onkin juuri hienosuunnittelun erityispiirre. Lisäksi toimiva hienosuunnittelu edellyttää, että eri

1. Johdanto

tuotteiden reititykset sekä asetusten ja jalostavan työn vaiheajat hallitaan riittävän hyvin. Erityisongelmana ovat asetusajkojen optimointi (luonnollisesti vasta asetusajkojen minimoinnin jälkeen) sekä aikataulutusta ja materiaalioptimointi tilanteessa, jossa useita jonossa olevia töitä ajetaan yhdellä kertaa. Näin tapahtuu esimerkiksi pintakäsittelyissä, nestauksissa tai muissa lähinnä valmistusketjun alkupäässä olevissa vaiheissa.

Hienosuunnittelun ohella tiedon välittäminen ja keruu ylempien järjestelmien ja tuotannon välillä on merkittävä kysymys. Tuotanto tarvitsee paitsi työmääriä myös runsaasti muuta ohje-, ohjelma-, tuote- jne. tietoa toimiakseen hyvin. Paluusuuntaan tapahtuva tuotannon tila-, toteuma-, jäljitettävyyden- ja laatu-tiedon sekä erilaisen hallinnollisen tiedon keruu on tärkeää mutta myös yllättävän vaativaa etenkin, jos ohjaus- ja siten myös tiedonkeruupisteitä on runsaasti. Koska ihmistyön osuus on kappalevaratuotannossa huomattava, ovat henkilökäyttöliittymät, visuaalinen ohjaus tai muut tiedonvaihtotavat juuri tuotannon henkilöstön kanssa olennainen osa teknistä MES-tason ratkaisua. Tiedonkeruun yksinkertaisuutta, kattavuutta, toimintavarmuutta sekä integraatiota on kuitenkin helpommin vaatia kuin toteuttaa. Tiedonkeruun ongelma säilyy yleensä silloinkin, kun tuotanto saadaan virtautetuksi ja hienokuormitusjärjestelmien tarve eliminoiduksi.

Logistiikalta puolestaan vaaditaan tehokkaiden toimintamallien ja parhaiden tekniikoiden soveltamista. Logistiikan ulkoistaminen (logistiikkapalvelut, VMI-tyyppiset toimintamallit jne.) on ollut ehkä merkittävin tekijä tuotantoyritysten logistiikan kehittämisessä (esim. Häkkinen et al. 2007; Hemilä, 2007). Tavallista nimittäin on, että tuotantoyritykset eivät ole erityisen halukkaita eivätkä aina kyvykkäitäkään kehittämään omia logistiikkatoimintojaan (Hemilä et al. 2007a). Teknisesti ongelmana on eri tilanteisiin sopivien toimintamallien etsiminen, arviointi ja vertailu sekä materiaalien hallinta (ajoitukset, materiaalitiedon reaaliaikainen ylläpito ja välitys eri toimijoiden ja järjestelmien välillä) useaan toimipaikkaan ja organisaatioon hajautuneessa ympäristössä (Hemilä et al. 2007c). Palveluja tarjoavat logistiikkaoperaattorit vastaavasti hallitsevat alueen omana ydintoimintonaan (Hemilä et al. 2007b). Logistiikan ulkoistusratkaisut korostavat materiaalinhallinnan ja siihen liittyvien järjestelmien integraation merkitystä.

Käytännössä tehdastason tuotannonohjaus ja logistiikka asiaan liittyvine työkaluineen ovat useimmissa yrityksissä varovasti ilmaisten kehittämistä vaativassa tilassa. Asiaan on vasta viime aikoina alettu kiinnittää huomiota, ja samalla erilaisia järjestelmiäkin on ilmestynyt tehtaiden lattialle. Riskinä tällöin on toimintamallien ja sovelluskentän kokonaisnäköyksen kadottaminen, erillissovellusten kursiminen toistensa viereen ja päälle, spagetti-integraatio ja/tai manuaalisen lisäntymisen sekä osaoptimointi.

Kappalevaratuotannossa on edelleen hyvin harvinaista hienokuormitukseen (erityisesti laskentaan perustuvaan) kykenevien MES-järjestelmien käyttö. Kyseisiä järjestelmiä käytetään pikemminkin prosessi- ja panostyyppisessä tuotannossa, jossa niiden sovellusalueet painottuvat olennaisesti toisin kuin kappalevaratuotannossa. Toisaalta uusien järjestelmien soveltaminen voi olla hyvin virtaavassa ja visuaalisesti ohjautuvas-

sa tuotannossa täysin turhaa. MES-järjestelmät voivat olla joissakin tapauksissa osa ratkaisua, mutta olennainen teknologiaan liittyvä ongelma on puutteellinen ja jäsenytymättömän tietämys erilaisista teknisistä ratkaisuista (esim. ns. järjestelmäkartta) sekä systemaattisen kehittämisajattelun ja -suunnitelman puute. Kokonaan tehdastason ohjausta ei voi eikä kannata irrottaa yritystason tuotannon suunnittelusta ja ohjauksesta.

1.2 Teknologiansiirto

Tuotannonohjaus on hedelmällinen teknologiansiirron aihe. Tämä johtuu toisaalta aihealueen laajuudesta ja monimutkaisuudesta, toisaalta sen melko hitaasta kehitystahdista. Harva on käytännössä ratkaissut kaikkia kysymyksiä täydellisesti, mutta erinomaisesti toimivia tuotantolaitoksia ja nerokkuutta hipovia osaratkaisuja on maailmalta löydettävissä.

Tehdastason ohjaukseen liittyvää tietämystä ja teknologiaa on saatavissa useilta erilaisilta organisaatioilta ympäri maailmaa. Käytännöllisistä syistä Prologi-hankkeessa keskityttiin eurooppalaiseen osaamiseen. Hankkeeseen osallistunut VTT toimi aktiivisena teknologian siirtäjänä sekä kansainvälisten yhteyksien tarjoajana. Tämä oli luonteva toimintatapa, sillä VTT:n tutkijat ovat olleet mukana lukuisissa tuotantoon ja logistiikan kehittämiseen liittyvissä hankkeissa niin kansallisesti kuin kansainvälisesti. VTT vastasi Prologi-hankkeen kansainvälisestä osuudesta tutkijoiden laajan yritys- ja tutkimuskontaktiverkoston kautta. Hankkeen aikana toteutettiin myös useita kotimaisia benchmarking-vierailuja. Tämä raportti painottuu hankkeen kansainvälisten vierailujen antiin, mutta muitakin tuotannonohjaukseen liittyviä asioita käsitellään.

2. Yritysvierailut

Ensimmäisenä kansainvälisenä benchmarkingina toteutettiin vierailu Unkariin Budapes-
tin seudulle lokakuussa 2008. Matkalle osallistuivat Jukka Hemilä VTT:ltä ja Jyri Pötry
PKAMK:sta. Seuraava matka tehtiin huhtikuussa 2009, ja kohteena oli Pohjois-Saksa.
Tälle matkalle osallistuivat Aarno Törmälä HUB Logistics Oy:stä, Mika Oinas Chiller
Oy:stä, Jyri Pötry ja Anton Korpelainen PKAMK:sta sekä Jukka Hemilä VTT:ltä. Kol-
mas kansainvälinen benchmarking-matka ajoittui toukokuulle 2009, ja tuolloin kohteena
oli Milanon seutu Pohjois-Italiassa. Italian matkalle osallistuivat Anton Korpelainen
PKAMK:sta ja Jukka Hemilä VTT:ltä.

Kotimaassa vierailimme useissa tuotantoyrityksissä. Näistä emme julkaise yksityis-
kohtaista raporttia vaan yhteenvedon omista yleisistä näkemyksistämme, joihin vierai-
luilla päädyimme. Kotimaan vierailukohteemme olivat Valtra Oyj, Kone Oyj, ABB Ma-
rine Oyj, Metso Minerals Oyj, Junttan Oy sekä Norpe Oy. Vierailut onnistuivat hyvin ja
täyttivät hienosti tavoitteensa Prologi-hankkeen osana.

2.1 Unkari

Ensimmäinen vierailu tehtiin Unkarin Budapestiin lokakuussa 2008. Unkarin asukaslu-
ku on noin kymmenen miljoonaa, ja asukkaista noin 1,67 miljoonaa asuu Budapestissä.
Unkarin rajanaapureina ovat Itävalta, Slovenia, Kroatia, Serbia ja Montenegro, Roma-
nia, Ukraina ja Slovakia. Suurin osa Unkarista on melko alavaa maata ja tasankoa. Poh-
joisessa lähellä Slovakian rajaa on kukkuloita ja matalia vuoria. Unkarin korkein kohta
on Kekes-vuorella (1 014 m) Budapestistä koilliseen. Maan jakaa kahtia Tonava (unka-
riksi *Duna*), joka kulkee Slovakiasta Budapestin läpi etelään. Muita tärkeitä jokia ovat
Tisza ja Drava. Unkarin suurin järvi on Budapestistä lounaaseen sijaitseva Balaton. Il-
masto on leuto. Talvet ovat kylmiä ja kosteita; kesät puolestaan lämpimiä ja toisinaan
hyvin kuivia.

Unkarin tärkeimmät teollisuustuotteet ovat elektroniikka, ajoneuvot ja elintarvikkeet.
Tärkeimmät tuontituotteet ovat raaka-aineet, elintarvikkeet, koneet ja laitteet. Unkarin
tärkeimmät kauppakumppanit ovat Saksa, Itävalta ja Italia. Maan kilpailukyvyssä on
parantamisen varaa. WEF:n vuoden 2007 syksyn vertailussa yleinen kilpailukykyindek-

si oli 47. paras 131 maan joukossa. Yritysten kilpailukykyindeksi oli 47. paras 127 maasta. IMD:n vuoden 2008 kevään vertailussa Unkari oli 38. kaikkiaan 55 tutkitun maan joukossa. (Finpro, 2009.)

Finpro (2009) on listannut maaraportissaan Unkarin vahvuuksia ja mahdollisuuksia:

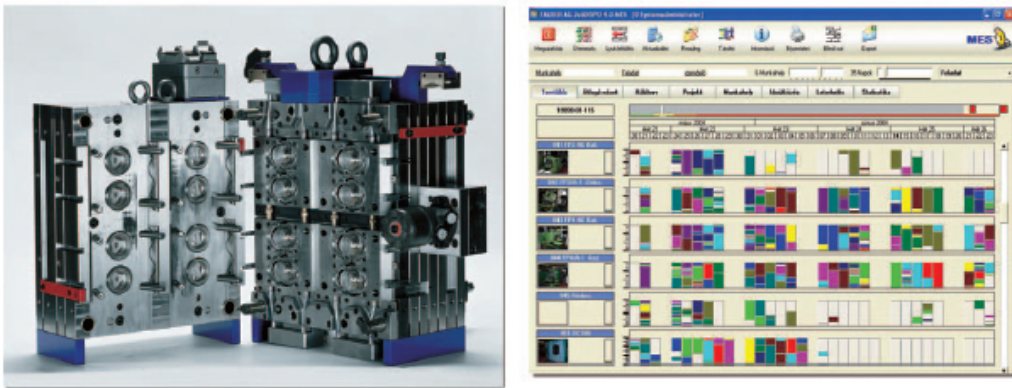
- Unkari on maantieteellisesti EU:n portti Balkanille ja Kaakkois-Eurooppaan, mikä tekee siitä merkittävän logistiikkapalveluja tuottavan ja tarjoavan keskitymän.
- Tekninen koulutus on korkeatasoista ja kansainvälisesti arvostettua.
- Teollisen toiminnan tuottavuus on parasta uusien EU-maiden joukossa.
- Alueellisesti Unkari on pieni ja keskittynyt taloudellinen toimintaympäristö.
- Tieverkosto ja tietoliikenne ovat kehittyneet erittäin paljon.
- Työvoimakustannusten nousu on saatu hallintaan. Vaikka palkat ovat nousseet prosentuaalisesti nopeasti 2000-luvun alusta, euroissa kustannusten nousu on jäänyt vanhojen EU-maiden tasolle.

2.1.1 Bekomold

Vierailukohteemme oli työkalujen ja valumuottien valmistajayhtiö Bekomold, yksi ohjelmistoyritys Fauser AG:n MES-järjestelmäasiakkaista. Bekomold käyttää tuotannon hienokuormituksen suunnitteluun ja ohjaukseen Fauser AG:n JobDispo MES-järjestelmää (katso esimerkki kuvassa 1). Bekomoldilla on tuotekehityksessä, suunnittelussa ja tuotannossa noin yhdeksänkymmentä työntekijää. Bekomoldin tuoterepertuaari koostuu suurista ja laajoista ruiskuvalumuottitoimituksista aina yksittäisiin pieniin muotteihin asti. Esimerkkinä voidaan mainita muovipullon korkkien valumuotit. Ruiskuvalutuotteesta löytyy esimerkki kuvassa 1. Muottien tärkein vaatimus on mittatarkkuus, ja niiden tulee kestää miljoonia käyttökertoja. Uuden muotin suunnitteluprosessi kestää noin vuoden. Tärkeintä on saavuttaa haluttu ulkonäkö ja toimivuus, ja muotin toimivuus, jäähdytys ja valmistusolosuhteet asettavatkin suunnittelulle suuria haasteita. Bekomold suunnittelee kaikki muotit 3D-suunnitteluohjelmistolla ja testaa simuloiden niiden toimintaa.

Bekomold käyttää materiaali- ja taloushallinnon ERP-järjestelmänä SAPia, johon on integroitu yrityksen PLM:ksi nimittämä järjestelmä. JobDispon MES-järjestelmää käytetään vastaavasti tuotannon hienokuormituksen hallinnassa (katso kuvaruutukaappaus kuvassa 1) ja työnsuunnittelussa. Bekomoldilla on käytössään myös raportointityökalu, joka oli integroitu JobDispoon.

2. Yritysvierailut



Kuva 1. Bekomoldin lopputuote ja esimerkki JobDispo MES järjestelmän hienokuormitustyökä-lusta (kuvat Fauser AG).

MES-järjestelmällä hallitaan tuotantohenkilöresursseja sekä noin viisikymmentä tuotanto-laitetta. Tuotanto toimi vierailumme aikana ympäri vuorokauden. Bekomold vaikutti edis-tykselliseltä konepajalta, jolla oli moderni laitekanta ja nykyaikaiset ohjausjärjestelmät. Tietotekniikkaa sovellettiin yllättävän laajasti: vastaavaa (toimivaa) järjestelmärepertuaaria ei samankokoisista suomalaisista konepajoista löydä. Toisaalta vaikutti myös siltä, että tietotekniikka- ja palveluyritysten tietotaito ja kokemus tarjota ratkaisuja tämän kokoisille konepajayrityksille olivat huippuluokkaa. Bekomoldin henkilökunta oli melko iäkstä, mitä pidettiin tulevaisuuden suurimpana haasteena. Unkarissa on voimakas pula osaa-vasta, nuoresta tuotantohenkilökunnasta. Ongelma tuntuu olevan Euroopan laajuinen.

2.1.2 Fauser AG

Fauser AG on saksalainen ohjelmistotalo, jolla on neljä toimipisteitä eri puolilla Saksaa sekä yksi Unkarissa. Fauser AG:n ohjelmistoperhe on nimeltään JobDispo. Fauser AG on itse kehittänyt JobDispo-ohjelmistoperheen, jota se edelleen kehittää, markkinoi ja myy. Nykyisin JobDispon käyttäjäorganisaatioita on yli seitsemänsataa eri puolilla maa-ilmaa. JobDispo soveltuu ilmeisen hyvin erilaisten teollisuudenalojen tarpeisiin.

JobDispo on täysin integroitu modulaarinen ohjelmistopaketti tuotannollisen toimin-nan ohjaamiseen ja hallintaan. Kuva 2 esittää JobDispon moduuleja. JobDISPO ERP® on integroitu tilaustenhallintaohjelmisto, JobDISPO MES® puolestaan on tarkoitettu reaaliaikaisen tuotannon hienokuormituksen suunnitteluun ja aikataulutukseen. JobDIS-PO MDC® on tarkoitettu tuotantodatan keruuseen ja JobDISPO EAI® järjestelmien väliseen integraatioon. Lisämoduulit, kuten JobDISPO FAP®, on tarkoitettu tuotannon layout-suunnitteluun. Valikoimassa on myös muita teolliseen valmistustoimintaan liit-tyviä lisäsovelluksia. Tuoteperehen kerrotaan soveltuvan erityisesti pienten ja kes-kisuurten yritysten tarpeisiin, mitä havaintomme Bekomold-vierailulta selvästi tuki. Toimialaan liittyvä osaaminen vaikutti olevan korkealuokkaista.



Kuva 2. JobDispon moduulit (kuva JobDispo / Fauser AG).

2.2 Saksa

Toinen matka suuntautui Pohjois-Saksaan: Hampurin, Bremenin ja Hannoverin seuduille. Seuraavassa esitellään Finpron (2008) maaraporttiin kirjattuja näkemyksiä Saksasta.

Saksa on 82,2 miljoonalla asukkaallaan Euroopan runsasväestöisin maa Venäjän jälkeen. Sen talous on Euroopan suurin ja maailman kolmanneksi suurin Yhdysvaltojen ja Japanin jälkeen. Saksalaiset yritykset ja kuluttajat ovat vaativia asiakkaita. Yrityksen tuotteelta ja koko tuotepaketilta vaaditaan todella hyvää laatua. Tuotantokapasiteetin pitää riittää sovitun määrän toimittamiseen sovittuna aikana, ja markkinointikoneiston on oltava tehokas.

Saksan väestö ja yritykset ovat jakaantuneet eri puolille maata. Ruhrin alueella Nordrhein Westfahlenin osavaltiossa on maan suurin väestö- sekä raskaan teollisuuden keskittymä. Baden-Württembergissä on runsaasti kone- ja hienomekaanista teollisuutta. Baijerissa tuotetaan paljon elektroniikkaa ja tietotekniikkaa. Pohjoinen Saksa on perinteisesti ollut merkittävä kuljetusten ja kaupan keskus. Frankfurtin ympäristöön on keskittynyt Saksan pankkimailma, Müncheniin vastaavasti vakuutuslaitokset. Berliinistä on muodostumassa politiikan, sähköisen median sekä viihde- ja musiikkiteollisuuden keskipiste.

Berliiniä ympäröivien itäisen Saksan osavaltioiden teollisuus on viimeisen kymmenen vuoden aikana kokenut täydellisen uudistumisen. Vanhat rakenteet on hävitetty, ja tilalle on tullut paljon uusinwestointeja (mm. mikroelektroniikka- ja autoteollisuutta). Itäisessä Saksassa on myös orastavia biotekniikan keskuksia sekä entuudestaan siellä ollut elintarviketeollisuutta. Saksin osavaltion vienti kasvaa erityisesti autoteollisuus-

2. Yritysvierailut

den (Volkswagen, Porsche, BMW ja Opel) ansiosta. Saksan tärkeimmät teollisuustuotteet ovat kuljetusvälineet, koneet ja laitteet, sähköteollisuuden tuotteet, elektroniikka sekä elintarvikkeet. Päätuontituotteet puolestaan ovat elektroniikka, ajoneuvot, kemikaalit, koneet ja laitteet, elintarvikkeet, polttoaineet sekä raaka-aineet. Saksan tärkeimmät kauppakumppanit ovat Ranska, Yhdysvallat, Iso-Britannia, Italia ja Alankomaat. (Finpro, Saksan maaraportti 2008.)

Saksaan tehtyjen yritysvierailujen teemat olivat seuraavat:

- tuotannosuunnittelu, aikataulutus ja ohjaaminen
- ERP- ja MES-järjestelmät tuotantokäytössä
- visuaalisen ohjaamisen menetelmät
- Lean-käytännöt ja -sovellukset.

2.2.1 Airbus

Tehtaalla meitä kierrätti kokenut ja kohtelias herrasmies, jolla oli ilmeisesti loistava numeromuisti. Seuraavassa hieman todistusaineistoa.

Hampurin tehdas on Airbus Deutschlandin pääkonttori ja samalla laajin tuotantoyksikkö Saksassa – se työllistää yli satatuhatta henkeä. Elbejoen rannalla sijaitseva Finkenwerderin tehdas on perustettu vuonna 1937, mitä ennen alueella toimi telakka. Tehdasalue käsittää sataviisikymmentä hehtaaria, josta osa on täytettyä telakka-alueita. Täyttämiseen käytettiin aikoinaan 5,3 miljoonaa kuutiota Elben pohja- ja rantahiekkaa.

Hampurissa toimii Airbusin kabiini- ja rahtitilojen kustomoinnin osaamiskeskittymä. A300/A310-, A320- sekä A380-sarjojen koneiden kabiinit kalustetaan ja koneet maalataan täällä. Eurooppalaisten ja Lähi-idän asiakkaiden A380-sarjan koneet luovutetaan Hampurin tehtaalta.

Airbusin tausta on siviili- ja sotilastarkoituksiin tehtyjen kuljetuskoneiden tuotannossa. Ensimmäinen eurooppalaisen verkoston voimin tuotettu Airbus A300 valmistui vuonna 1965. Verkoston tärkeimmät osat ovat Saksassa (mm. runko), Ranskassa (mm. ohjaamo), Englannissa (mm. siivet) sekä Espanjassa (mm. vakaajat). Finkenwerderin tehtaalla tehdään osia kaikkiin koneisiin.

Tällä hetkellä Airbusin hallussa on 55 % markkinoista, ja se hallitsee Boeingin kanssa lentokonemarkkinoita suvereenisti. Kaikkiaan Airbus on valmistanut 5 616 konetta. Vuonna 2008 koneita tehtiin yhteensä 483 kappaletta. Tilauskanta on seitsemän vuotta. Saksassa Airbusilla työskentelee 25 000 ja koko Euroopassa 58 000 henkilöä. Tuotekehitys sijaitsee Bremenissä, ja toimittajia on noin 1 500. Tärkeimpiä hankittavia kokonaisuuksia ovat moottorit ja tietokone- ja ohjausjärjestelmät. Huomattava osuus, noin puolet toimittajista, on yhdysvaltalaisia. Erikseen mainittiin, että Airbusin jättiläiskone 380:n projekti kärsii korkeasti koulutetun työvoiman pulasta.

A320-sarjan koneita on valmistettu noin 3 200 kappaletta, joten se on kokoluokassaan lukumääräisesti eniten myyty konetyyppi. A320-perheeseen kuuluu neljä eri mallia,

joissa on sama ohjaamo ja samat lennonhallintalaitteet (kuvassa 3 esimerkkinä A319 mallinen kone). Ainoastaan rungon pituus vaihtuu mallin mukaan.



Kuva 3. A319-mallinen kone lähdössä testilennolle (kuva Jukka Hemilä).

Finkenwerderissä kootaan malleja A318, A319 ja A321. Koneita on valmistunut yli tuhat vuoden 1993 jälkeen. Airbusien elinikä on noin 25 vuotta tai 90 000 nousua ja laskua tai 100 000 lentotuntia.

Tietoja ja havaintoja tuotannosta

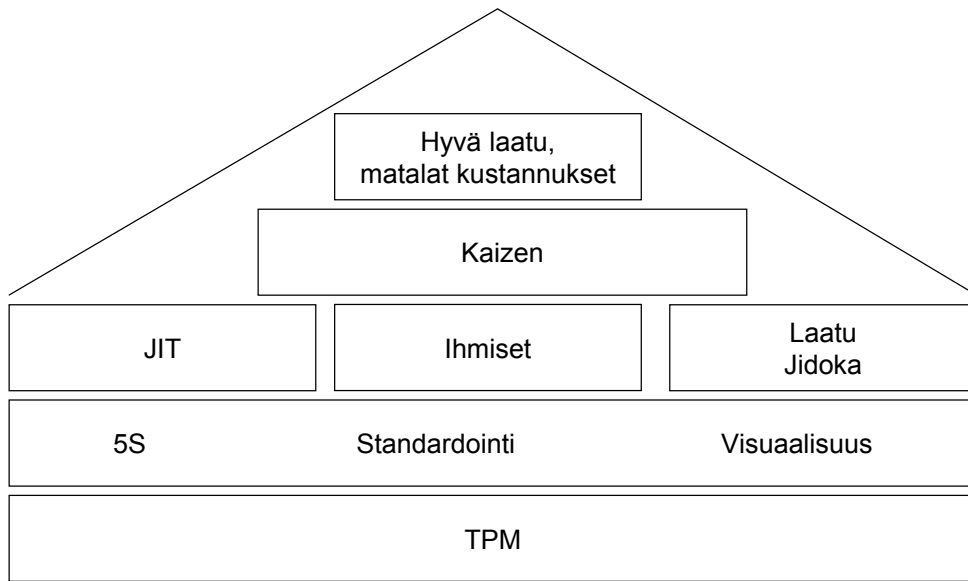
Airbusin valmistus kestää kaikkiaan 9–12 kuukautta. Loppukokoonpano testeineen kestää noin neljäkymmentä päivää, josta varsinainen kokoonpanotyö vie noin kaksikymmentä ja maalaus seitsemän päivää. Testaamisen osuus ajasta on huomattava. Erilaisia testiohjelmia on yhteensä 100 000. Tehtaalla työskennellään kahdessa vuorossa.

Näkyviä merkkejä koulutus- ja kehittämistoiminnasta olivat muun muassa *Lean academy* -hankkeen kyltit sekä vierailumme aikana meneillään ollut sisäinen SAP-koulutus, jota pidettiin tuotannon vieressä sijaitsevassa viihtyisän näköisessä koulutustilassa.

Runkokokoonpanossa oli kahdeksan asennuspaikkaa, erikoisuutena muun muassa hitaasti, metrin tunnissa liikkuva kokoonpano- ja varustelulinja. Siiven asennustarkkuudeksi väitettiin 0,04 mm. Läpimeno kestää viisi päivää varusteluasemaa kohti. Tahtiaika¹ oli 9,3 tuntia. Airbus käyttää Toyotan laatutalon mukaista mallia toiminnassaan (katso kuva 4).

¹ Aikaväli, jolla yksiköitä syötetään hihnalle tai kokoonpanolinjalle.

2. Yritysvierailut



Kuva 4. Airbusin laatutalo oli lähes yksi yhteen Toyotan version kanssa (kuva Jyri Pötry).

Kuljetuskustannusten osuudeksi kerrottiin 1–2 %, vaikka hyvin suuria komponentteja kuten siipiä kuljetetaan lentoteitse ympäri Eurooppaa. Kuljetukset hoidetaan Airbusin omilla tähän tarkoitukseen rakennetuilla Beluga-kuljetuskoneilla (kuva 5).



Kuva 5. Airbus käyttää omia A300 malliin perustuvia Beluga-kuljetuskoneita osien kuljettamiseen maasta toiseen (kuva Jukka Hemilä).

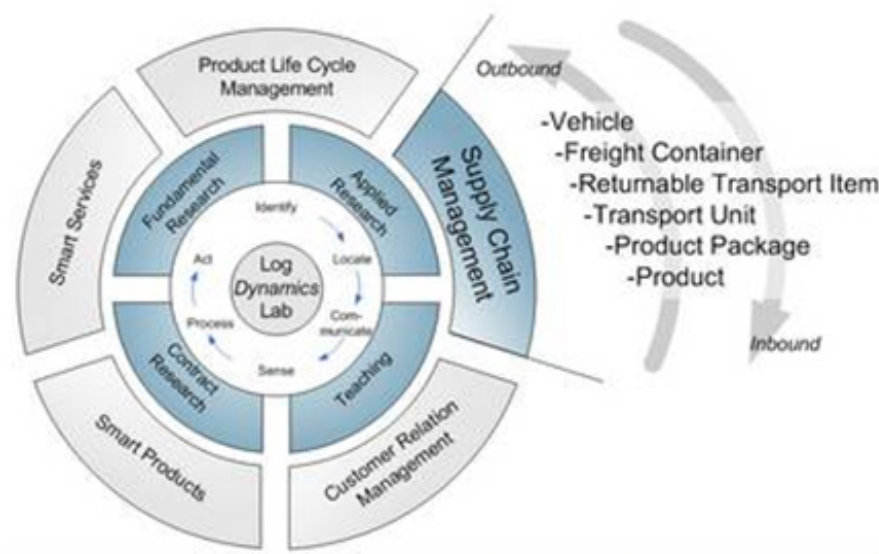
Oppaamme korosti useaan kertaan, ettei tällaisia koneita pystyttäisi tekemään yhden maan voimin. Se, miten moni tuotannon hajauttamisen syistä löytyy teknistaloudellisten tekijöiden ohella politiikasta, jäi arvailtavaksi.

Tuotannossa näkyi ERP:stä tulostettuja paperisia, materiaaleihin liitettyjä työmääräimiä, joissa oli aikataulutietona aikaisin sallittu aloitus. Adicomin MES-järjestelmää,

jota Airbus tietävästi käyttää, ei tällä tehtaalla havaittu. On mahdollista, että järjestelmä on laajemmin käytössä valmistusketjun alkupäässä osien valmistuksessa.

2.2.2 Bremen University – LogDynamics Laboratory

Vierailimme Bremenin yliopiston erillisen tutkimuslaitoksen BIBA:n (*Bremen Institute for Production and Logistics*) kehittämässä ja ylläpitämässä LogDynamics-laboratoriossa. Laboratorio toimii logistiikan ja tuotannon tutkimusympäristönä sovellettaessa RFID-, anturi-, automaatio-, ja telematiikkateknologioita käytäntöön. Esimerkki laboratorion tutkimusympäristöstä kuvassa 6.



Kuva 6. LogDynamics-laboratorion teknologia-alueet (kuva BIBA).

Laboratorion tutkimus- ja kehittämistoimintaan kuuluvat muun muassa:

- liiketoimintamallien kehitys mobiiliteknologioita hyödyntäen
- automaattinen tunnistaminen logistiikassa
- alusta (*platform*) dynaamisten logistiikan ja tuotannon prosessien sovellusten kehittämiseen, demonstraatioihin ja testaamiseen
- toimiminen koulutus- ja skenaariotyöskentelyn ympäristönä.

Laboratoriossa on implementoitu lukuisia erilaisia teknologioita ja sovelluksia:

- langattomat teknologiat kuten WLAN, Bluetooth, GSM ja UMTS
- automaattiset tunnistusteknologiat kuten RFID (*radio frequency identification*) ja optiset tunnistusteknologiat, jotka hyödyntävät viivakoodeja ja 2D-koodeja
- paikannusteknologiat, jotka perustuvat radiotaajuustekniikkaan, WLAN-, UWB-, GPS- tai Galileo-teknologioihin
- ohjelmistointegraatiot eri järjestelmien välillä (middleware ja ohjelmistoagentit).

2. Yritysvierailut

Laboratorio on kehitetty pääasiassa tutkimuksen perusrahoituksella, mutta kaikki sovellukset tehdään yritysten tarpeisiin perustuen. Yritykset rahoittavat nykyisin suuren osan laboratorion toiminnasta mukaan lukien uusien teknologioiden sovellustutkimuksen. Laboratorio toimii yhteistyössä eri yliopistoyksiköiden kanssa (esim. käyttäytymistieteet, matematiikan laitos), joten se ei palvele ainoastaan logistiikan ja tuotannon kenttää. Monitasoisen yhteistyön kautta laboratoriossa saadaan testatuksi laajoja järjestelmiä, teknologioita, sovelluksia ja kokonaisratkaisuja ennen varsinaista käyttöönottoa yrityksissä. Toiminta on hyvin monimuotoista ja skaalautuu pienistä testeistä suuriin tutkimuskokonaisuuksiin. Vastaavanlainen toiminta palvelisi hyvin myös suomalaista teollisuutta.

2.2.3 Volkswagen

Volkswagen Group on eräs maailman johtavista autonvalmistajista noin 10 %:n markkinaosuudella maailman automarkkinoista. Isäntämme mukaan Toyota on markkinajohtaja, GM toinen ja VW-konserni kolmas maailman markkinaosuuksissa. VW on samalla Euroopan suurin autonvalmistaja. Volkswagenin pääkonttori sijaitsee Wolfsburgissa, jonka tehtaassa vierailimme. Länsi-Eurooppa on maailman suurin autojen markkina-alue, jossa joka viides auto (19,5 %) tulee Volkswagen Groupista. Volkswagen Group rakentuu yhdeksästä eri tuotemerkistä ja seitsemästä eri maasta: Volkswagen, Audi, Bentley, Bugatti, Lamborghini, SEAT, Skoda, Scania ja Volkswagen Commercial Vehicles. Jokaisella tuotemerkillä on omat erityispiirteensä, ja siten ne palvelevat eri markkinatarpeita. (Volkswagen, 2009.)

Volkswagen Groupilla on 48 tuotantolaitosta kolmessatoista Euroopan valtiossa ja lisäksi kuudessa maassa Amerikassa, Aasiassa ja Afrikassa. Maailmanlaajuisesti ryhmä työllistää yli 360 000 työntekijää ja valmistaa yli 25 000 ajoneuvoa päivässä. Saksassa on kaikkiaan kuusi tehdasta ja 90 000 työntekijää. Vuonna 2008 tuotettiin 6,3 miljoonaa autoa. Wolfsburgin tehtaalla valmistetaan yhteensä 2 800 autoa päivässä, joten kyseessä on eräs maailman suurimmista autotehtaista. Volkswagenin tuotantoyksiköt Wolfsburgissa ovat

- Volkswagen, 43 600 työntekijää, mallit: Golf, Golf Plus, Golf Variant, komponenttitehdas
- Auto5000 GmbH, 4 200 työntekijää, mallit: Touran ja Tiguan (kuvassa 7 Tiguan malleja tehtaalla edustalla)
- Sitech Sitztechnik GmbH, 1 500 työntekijää: istuinteknologiat.



Kuva 7. Taustalla Volkswagenin Wolfsburgin tehtaan voimalaitos ja etualalla Tiguan-mallin autoja koeajoradalla (kuva Jukka Hemilä).

Tietoja ja havaintoja tuotannosta

45–50 % tuotettavien autojen osista hankitaan ulkoa. Kaikkea osavalmistusta ei suinkaan ole ulkoistettu: esimerkiksi korin suuremmat ohutlevyosat valmistetaan samassa tehtaassa. Tuotanto on erittäin pitkälle automatisoitua. Pienten osien prässäys on automatisoitu 98-prosenttisesti; isompien osien prässäys ja stanssaus 95-prosenttisesti. Maa- ja lausosastolla automatisointiaste on 75 %. Vähiten automaatiota voidaan hyödyntää loppukokoonpanossa. Levyprässien tuotantonopeus on neljäkymmentä osaa minuutissa. Esiasetettuja suuria muotteja näkyi hyvässä järjestyksessä lattialla kymmenittäin odottamassa vaihtoa. Alkuperäin ohutlevyvalmistuksessa lattialla odottavissa materiaaleissa ja puolivalmisteissa näkyi hyvin vähän merkintöjä. Se tuntui yllättävältä, sillä levyt tulevat tehtaaseen esileikattuina, ja volyyymi on yli kaksisataa tonnia päivässä.

Läpimenoaika prässeistä valmiiseen koriin on kaksi tuntia. Materiaalien merkinnät ja erilaiset tuotannon ja töiden ohjausnäytöt lisääntyivät loppukokoonpanoa kohden. Osastojen siisteyttä raportoitiin tyypilliseen tapaan värikoodien avulla ilmoitustauluilla. Erittäin vaikuttava kokoonpanovaihe oli alustan, moottorin ja voimansiirron käsittävän osakokoonpanon liittäminen yhdellä nopealla liikkeellä koriin, joka oli ensin keskitetty nopeasti ja yksinkertaisesti kahden pisteen avulla paikoilleen.

Loppukokoonpanon aikataulu näytetään työntekijöille yhden vuoron pituudelta. Jäädetyt loppukokoonpano-ohjelman pituus on kaksi viikkoa, ja sen parissa työskentelee viisituhatta henkilöä. Tehtaassa kaikki tapahtuu tilausperusteisesti. Loppukokoonpanon aikataulu toimii myös kysyntätietona ja impulssina toimittajille. Tavarat tuodaan suoraan toimittajilta, ja näiden varastot sijaitsevat lähellä tehdasta.

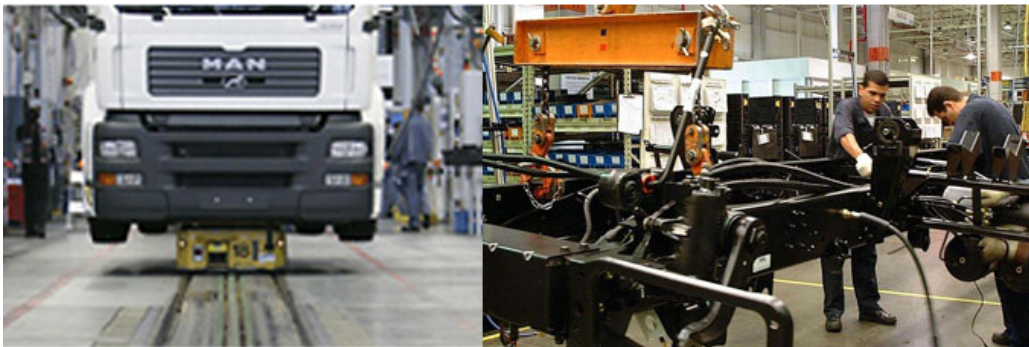
2. Yritysvierailut

Elinkaaren hallinnan ja jäljitettävyyden toimintoja tehdaslattialla oli ainakin nk. konekortin kerääminen jokaisesta autoyksilöstä. Tähän rekisteriin kirjataan muun muassa töiden kuittaukset ja tärkeimpien osien sarjanumerot. Tuotetiedon ja elinkaaren hallinnan työkaluna käytettiin SAP PLM:ää. Elinkaaren alkupäästä puhuttaessa saimme kuulla, että kokonaan uuden auton vienti tuotantoon kestää puoli vuotta, mikäli tarvitaan muutoksia loppukokoonpanolinjoilla.

2.2.4 MAN Nutzfahrzeuge

Viimeinen yritysvierailukohtemme Saksan matkalla oli MANin hyötyajoneuvotehdas Salzgitterissä. MAN-hyötyajoneuvot ryhmän (*MAN Nutzfahrzeuge Group*) pääkonttori sijaitsee Münchenissä, jossa on myös yhtiön suurin tehdas. Kaikkiaan MAN työllistää noin 53 000 työntekijää, joista hyötyajoneuvot työllistävät maailmanlaajuisesti noin 36 000, MAN Turbo 8 000 ja MAN Diesel 5 000 työntekijää. Hyötyajoneuvoryhmään kuuluu kuorma- ja linja-autojen tuotannot. Vuonna 2008 MAN toimitti noin 96 000 kuorma-autoa ja yli 7 000 bussia. Liikevaihto oli noin 10,6 miljardia euroa. MANin liikevaihto, tulos sekä tuotantomäärät ovat olleet jatkuvassa kasvussa vuodesta 2003. MANin markkinaosuus hyötyajoneuvoissa on maailman kolmanneksi suurin Mercedes Benzin (1.) ja Volvon (2.) jälkeen.

MANin Salzgitterin tehdas on keskittynyt raskaiden ja keskiraskaiden kuorma-autojen loppukokoonpanoon (esimerkki tuotannosta kuvassa 8), ei-ohjaavien akselien tuotantoon sekä alustarakenteiden valmistukseen. Erikoisuutena tehtaalla on tuotantoyksikkö, joka toimittaa MANin moottoritehtaille moottoreiden kiertokanget. Kiertokankituotanto on seurausta erilaisten yritysostojen kautta tapahtuneista laajentumisista, ja poliittisista syistä sitä ei haluta siirtää moottoritehtaiden yhteyteen. Taustalla vaikuttavat työntekijäjärjestöt ja muut näkökulmat, jotka estävät tuotannon siirron taloudellisesti järkevämpiin kohteisiin. Salzgitterin tehtaalla työskentelee yhteensä noin 2 600 työntekijää, joista suorassa työsuhteessa MANiin on 1 900 työntekijää ja alihankkijoiden palveluksessa on noin 700 työntekijää.



Kuva 8. MAN-kuorma-autojen tuotantoa (kuvat <http://www.MAN.de>).

Salzgitterin tehtaan tuotantokapasiteetti on tällä hetkellä noin sata kuorma-autoa päivässä. Akseleita valmistetaan kaikkiaan yli 400 ja kiertokankia noin 180 kappaletta päivässä. Linja-autojen runkoja tehtaalla valmistuu kahdentoista kappaaleen päivävauhdilla.

Tuotannon kehittämiseen on panostettu koko kuluvan vuosikymmenen. Suurempi erillinen tuotantojärjestelmän kehittämishanke aloitettiin vuonna 2003. Ensimmäinen toimenpide oli 5S:n toteuttaminen. Haastavimmaksi tässä osoittautui se, että henkilökohtaisista työkaluista luovuttiin ja osa siivouksesta siirrettiin työntekijöiden vastuulle (tavarat paikoilleen). Samalla kapasiteettia on kasvatettu tuntuvasti niin, että vuodessa voidaan tehdä 30 000 alustaa. Suurin työ on kuitenkin ollut kehittämishenkisen kulttuurin luomisessa aiemmin hierarkkiseen organisaatioon.

Kaikki tuotanto tehdään tilausperusteisesti massaräätälöimällä. Kaikkiaan lopputuotekombinaatioita on miljoonia. Jonkin verran tehdään myös projektitoimituksia. Jälkivaruustelua tms. kustomointeja voidaan teettää myös ulkona, jolloin oma tuotantoprosessi pystytään pitämään loppukokoonpanon osalta riittävän vakiona. Massaräätälöinnin kannalta tärkeä tuotetiedon hallinnan järjestelmä (PDM) on oma, MANia varten kehitetty ja SAPIin integroitu. Suunnitteilla on siirtyminen SAP PLM:n käyttäjäksi. Myös myyntikonfiguraattori on erikseen MANia varten luotu.

Kuorma-autot valmistetaan tilausperusteisesti. Toimitusaika on noin kolme kuukautta. Toimitusketjun hallinnassa ei tällä hetkellä ollut tiedossa mitään suurempia kehitystarpeita. Osia pidetään melko paljon varastossa, ja varastointitarve lasketaan yksinkertaisesti vuosiennusteen ja toimitusaikojen perusteella. Kokoonpanovaiheiden standardiajat on määritelty yksityiskohtaisesti. Kokoonpanolinjan olennainen ominaisuus on siis joustavuus, kyky tehdä varsin erilaisia ja erimittaisia rekkoja. Tuotannon tasaus tehdään erityisesti rekan akseliluvun perusteella. Loppukokoonpanon aikataulun pituus on yksitoista päivää. Tahtiaika on noin 9,5 minuuttia. Tiukimmat vaiheet suhteessa tahtiaikaan ovat hytin ja moottorin asentaminen alustaan sekä nesteiden täyttäminen ja akselien liittäminen. Tuotantotiloissa olevat materiaalit on merkitty huolellisesti.

Tehtaan suorituskykyymittarit olivat tuottavuus (välittömät työminuutit), keskeneräinen tuotanto, uusiksi tehty ”rework”-työ, toimitusvarmuus ja laatumittaristo. Kokoonpanopaikkojen *Takt info* -taululla esitettiin työhohje- ja TPM-tietoja (kunnossapidon tehtävälisat kussakin pisteessä sekä vikaloki), pisteen siisteys eli 5S-tila, kulloinkin aktiivinen jatkuvan kehittämisen toimenpide ja sen tila sekä erilaisia muita mittareita.

Toimintoja oli ulkoistettu suhteellisen vähän. Tehtaaseen tulevat materiaalit sijoitettiin omaan varastoon ja toimitettiin kokoonpanopaikoille omin voimin. Esikokoonpanon työntekijät kävivät itse keräämässä keräyslistan mukaisia kokoonpanosettejä keräilykärryihin. Erilaisia letku- ja johdinsarjoja koottiin loppukokoonpanopaikan vieressä. Myös moottorien loppukokoonpano tehtiin samassa tehtaassa. Rungot lakattiin hieman yllättäen käsityönä. Jokaiselle rekalle kerätään konekortti, johon merkittiin henkilökohtaiset töiden kuittausleimat (kokoonpanon ”alivaihe”, kuka teki, menikö vaihe oikein vai väärin). Konekortti- ja muita materiaalitietoja hallinnoitiin ERP-järjestelmällä (SAP).

2. Yritysvierailut

Mielenkiintoinen konsepti oli ns. *truck-in-a-box*, joka tarkoittaa perusrekan kokoonpanosettiä. Näitä settejä kerätään yhteen muun muassa Saksassa ja kootaan valmiiksi rekoiksi Etelä-Afrikassa. Haasteena toimintamallissa on dokumentointi, jäljitettävyyys ja takuuasiat.

MANin kuorma-autotehdas vaikutti hyvin nykyaikaiselta, siistiltä ja tehokkaalta tuotantolaitokselta. Volyymit olivat paljon pienemmät kuin henkilöautoteollisuudessa, mutta toimintamallit noudattivat pääpiirteissään henkilöautoteollisuuden tehokkuusoppeja. Kuorma-autotehtaan automaatioaste oli kuitenkin huomattavasti vaikkapa Volkswagenia alhaisempi. Tuotannon tuotevariaatioidenhallinta oli merkittävää. Vierailumme aikana ei linjalla ollut kahta samanlaista kuorma-autoa peräkkäin. Ulospäin tuotevariaatiot näkyivät muun muassa runkojen pituudessa, akseleiden lukumäärissä ja hytin koossa, mutta ulkokuori kätki sisälleen vielä lukuisia variaatioita. Esimerkiksi vaihteisto, moottori, johdinsarjat sekä hytin erilaiset lisävarusteet lisäsivät huomattavasti tuotevarianttien määrää. MANin strategiana on tehdä noin kahdentoista vuoden välein kokonaan uusi tuotemalli, ja tällä välillä tuotemalleihin tehdään normaalisti kaksi kasvojenkohotusta. Uudistuksen liittyvät lähinnä kuorma-autojen ulkonäköön; perusrakenne pidetään samana. Tämä toimintatapa lienee omaksuttu henkilöautoteollisuudesta, jossa tuotelinkaaret ovat kuitenkin huomattavasti lyhyempiä.

2.3 Italia

Prologi-hankkeen kolmas Euroopan-matka suuntautui Pohjois-Italiaan Milanon seudulle. Italian tärkeimmät teollisuustuotteet ovat teräs-, metalli- ja koneteollisuustuotteet, kemikaalit, elintarvikkeet, tekstiilit, vaatteet, kengät, moottoriajoneuvot sekä matkailu. Italian tärkeimmät kauppakumppanit tulevat Saksasta, Ranskasta, Yhdysvalloista, Espanjasta ja Iso-Britanniasta. Italia on ostovoimaltaan merkittävä markkina-alue: sillä on yli 57 miljoonan kuluttajan markkinat.

Italian talouden avainsektoreita on avattu kilpailulle ja suuria valtionyrityksiä yksityistetty. Italiassa on varsin dynaaminen ja erikoistunut pk-yrityssektori, joka lyö oman leimansa maan yrityskulttuuriin. Perheyrityksiä on Italiassa edelleen paljon. Osa italialaisista kansainvälisestikin tunnetuista yrityksistä ja konserneista on edelleen yksityisomisteisia ja perhejohdettuja. Esimerkkeinä voidaan mainita muun muassa Fiat, Pirelli, Olivetti, Montedison ja kulutushyödykkeissä Benetton, Marzotto, Del Vecchio ja Ferrero.

Italian talouskasvu on ollut pitkään euroalueen hitaimpia, ja alueelliset erot maan sisällä ovat merkittäviä. Pohjoisen ja eteläisen Italian välillä on suuria eroja kehityksessä, työttömyydessä ja yritysten menestyksessä nimenomaan Pohjois-Italian eduksi. Siinä, missä pohjoisosissa on paikoin lähes täystyöllisyys ja jopa työvoimapulaa, on työttömyys Etelä-Italiassa noussut jopa reilusti yli kahdenkymmenen prosentin, ja valtaosa Italian lähes kolmesta miljoonasta työttömästä on keskittynyt Etelä-Italiaan. Pienyritysjyys ei ole koskaan kukoistanut Etelä-Italiassa samaan tapaan kuin pohjoisessa, mikä

johtuu paljolti vuosisataisesta kulttuuriperinnöstä ja sosiaalisen pääoman puutteesta. (Finpro Italian maaraportti 2008.) Prologi-hankkeen Italian benchmarking toteutettiin kahdessa yrityksessä: Whirlpoolissa ja Dell’Ortossa.

2.3.1 Whirlpool

Whirlpool Corporation on yksi maailman johtavista kodinkoneiden valmistajista ja markkinoijista. Whirlpoolin liikevaihto vuonna 2008 oli 18,9 miljardia dollaria. Whirlpool on kodinkoneiden markkinajohtaja Pohjois-Amerikassa, ja sillä on merkittävä markkinaosuus myös Euroopan ja Aasian kodinkonemarkkinoista. Whirlpool työllistää maailmanlaajuisesti noin 70 000 työntekijää.

Vierailukohteemme oli Whirlpool Europan alaisuuteen kuuluva tehdas, jossa valmistetaan Euroopan markkinoille pakastimia ja pyykinpesukoneita. Yrityksen strategian mukaisesti tuotteet valmistetaan alueellisesti. Tuotannolla on omat alueorganisaationsa Aasiassa, Latinalaisessa Amerikassa, Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa. Pesukoneiden ja pakastimien globaali tuotekehitys oli sijoitettu vierailukohteeseemme Milanon pohjoispuolelle.

Whirlpool käyttää toiminnanohjauksessa SAP:tä kaikilla muilla tasoilla paitsi tuotannossa. Tuotannonohjauksessa käytetään paikallisia sovelluksia ja automaatiotason ja tehdastason laitteiden ohjauksessa MES-järjestelmää (esimerkki kuvassa 9). SAP:n käyttö tullaan laajentamaan koko konserniin, jotta erillisistä järjestelmistä päästäisiin eroon. 2000-luvun alkupuolella Whirlpoolissa käytiin läpi koko tietojärjestelmäkenttä, minkä seurauksena löydettiin 197 aktiivisessa käytössä olevaa erillistä sovellusta. Aktiivinen käyttö tarkoitti, että samaa sovellusta käytti vähintään kaksi henkilöä. Tämän vuoksi laadittiin strategia tietojärjestelmien kehittämiseksi ja päätettiin, että tarvitaan selkeä syy, mikäli jokin sovellus halutaan pitää.

Tietojärjestelmien uudistus oli osa laajempaa liiketoiminnan kehitystyötä, jossa lähtökohtina olivat yrityksen laajuinen informaatiovirta ja sitä kautta Lean-ajattelun rakentaminen tuotantoon. Tavoitteena oli standardisoida toimintoja, jotta tuotannosta saataisiin kaikki teho irti. Tavoitteena oli myös parantaa tuotteiden laatua toimivien prosessien kautta. Kodinkonevalmistuksen katetuotot liikkuvat alle viidessä prosentissa, joten kaikki investoinnit on perusteltava taloudellisilla eduilla. Kodinkonevalmistajista Miele on ylivoimainen laatujohtaja Euroopassa, mutta sen lopputuotteet ovat myös kalliita. Miele on rakentanut itselleen hyvin uskottavan laatujohtajan aseman, jota Whirlpool pitää yhtenä esikuvanaan.

Whirlpool lähti määrätietoisesti kehittämään tuotantoa (kuva 9) ja kaikkia prosessejaan, jotta lopputuotteiden laatu paranisi – kuitenkin niiden hintaa merkittävästi korottamatta. Whirlpool on Euroopan markkinoilla nyt kolmantena, mutta yritys on saavuttamassa markkinauskollisuutta parantuneen laadun kautta. Whirlpool uskoo että valittu tie on oikea

2. Yritysvierailut

kodinkonemarkkinoiden kilpailussa. Toimintamalli perustuu Lean-ajatteluun, jossa virtaviivaisella toiminnalla tuotetaan kustannustehokkaasti laadukkaita lopputuotteita.



Kuva 9. Tuotannon MES-järjestelmä käytössä (kuva <http://www.Siemens.com>) ja Whirlpoolin tuotannon varastotoimintoja (kuva <http://www.Whirlpool.com>).

Whirlpool otti käyttöön Siemensin Simatic MES-järjestelmän vuonna 2001. Se oli silloin tarkoituksenmukaisin järjestelmä, jolla voitiin liittyä ylemmän tason liiketoimintasovelluksiin kuten toiminnanohjaukseen. Toiminnanohjauksesta saadaan tuoterakennetietoa sekä tilauskanta tuotannon hienokuormituksen käytettäväksi. SAP R/3:ssa suunnitellaan niin sanottu toimitusketju, joka perustuu asiakkailta saatuihin tilauksiin. Tilaukset tulevat usein vain 5–10 päivää ennen tarvetta omilta aluevarastoilta ja Ikean kaltaisilta suurilta asiakkailta. Tuotantoa aletaan suunnitella tilausohjautuvasti, ja tilausten perusteella tehdään karkeasuunnittelu. On tiettyjä tuotteita, joita esimerkiksi voidaan viedä maalauslinjalta läpi vain kerran viikossa. Tällaiset reunaehdot asettavat omat rajoituksensa tuotannon karkeasuunnitteluun. MES-tason järjestelmällä tilaustarve toteutetaan ja tilauksia yhdistellään sopivan kokoisiksi eriksi tuotantoon.

Tehtaalla tehdään mahdollisuuksien mukaan valmiiksi erilaisia standardimoduuleja ennen tuotantotilauksia. Moduulit kohdistetaan valmiille tilauksille ja tehdään tuotannossa lopputuotteiksi. Tuotanto voi vain hylätä tai hyväksyä tuotanto-ohjelman, ei tehdä muutoksia siihen. Tuotannonsuunnittelu vastaa muutosten tekemisestä. Tuotannossa on synkronoitu toisiinsa monta erillistä osakokoonpanolinjaa, sillä loppukokoonpanoon voi tulla hyvin erilaisia osamoduuleja. Whirlpool käyttää tuotannossa muun muassa RFID-teknologiaa, jolla automatisoidaan eri osien reaaliaikainen seuranta. Tuotantoprosessiin on määritelty muutamia avainkohteita, joissa tuotteiden kuuluu kulloinkin olla, jotta kokonaisuus valmistuu ajallaan. Tuotantoon on määritelty eri vaiheiden välille tarkat tahitajat, jotka edesauttavat linjojen välistä synkronointia. Tiettyjä kriittisiä komponentteja seurataan sarjanumerotasolla, jotta viat ja laatupoikkeamat voidaan tarvittaessa jäljittää.

Whirlpoolilla on muutamia keskeisiä KPI-tunnuslukuja (*Key Performance Indicator*). Tehokkuus on yksi keskeisimmistä, ja sitä seurataan sekä materiaalin käyttöä mittaa-

malla että työntekijöitä tarkkailemalla (esimerkiksi kuinka monta tuntia kuluu yhtä lopputuotetta/SKU:ta [*Stock Keeping Unit*] kohti). Toinen keskeinen suorituskykymittari on toimitusvarmuus. Toimitusvarmuuden aluevarastosta asiakkaalle on oltava 100 %. Siihen pääasiassa päästäänkin, mutta sen sijaan toimitusvarmuus tehtaalta aluevarastolle on vain 95 %. Aluevaraston varmuusvarastotasolla toimintaa säädetään niin, että toimitusvarmuus asiakkaalle ei kärsi, vaikka tuotannon toimitusvarmuus ei aina olisikaan 100 %.

2.3.2 Dell'Orto

Toinen kohde Italian kierroksellamme oli Dell'Orto. Dell'Orton perhe omistaa edelleen yrityksen, jonka toiminta alkoi 1933. Dell'Orto on moottoripyörateollisuuden ja autoteollisuuden komponenttitoimittaja, joka suunnittelee ja valmistaa ratkaisuja moottoripyörien, autojen ja ruohonleikkureiden polttoaineensyöttöön. Dell'Ortolla on toimipiste Italian Cabiatesa (kuvassa 10 toimipisteen suunnittelu- ja testaustoimintaa), jossa työskentelee hiukan alle neljäsataa työntekijää. Nykyisin Dell'Orton liikevaihto on noin 60 miljoonaa euroa. Cabiatesa sijaitsee pääkonttori, myyntiosasto, tuotanto, logistiikka sekä tuotekehitys. Toinen keskus sijaitsee Intian Haryanassa ja palvelee Intian auto- ja moottoripyörateollisuuksia.

Dell'Orton kilpailijat ovat kooltaan ja tuotantomääriltään huomattavasti suurempia yhtiöitä. Kilpailijoita ovat esimerkiksi Bosch, Siemens, Magneti Marelli. Toisaalta esimerkiksi Boschin kanssa Dell'Orto tekee tietyillä sektoreilla yhteistyötä ja tarjoaa näin kokonaisratkaisuja autoteollisuuden asiakkaille. Dell'Orton toimintamallina on varasto-ohjautuva standardiosien tuotanto ja tilausohjautuvasti toteutettava loppukokoonpano. Dell'Ortolla on noin 150 toimittajaa, joista 25 vastaa yhteensä yli 90 %:n kokonaisvolyymista. Dell'Orto ulkoisti logistiikan palveluyhtiölle vuonna 2005. Nyt varasto sijaitsee 25 kilometrin päässä tehtaasta. Sieltä saadaan tuotanto-ohjelman mukaisesti setitetyt materiaalit tuotantoon oikea-aikaisesti 3–4 kertaa päivässä. Paluukuormassa viedään pois valmiita asiakastoimituksia.



Kuva 10. Testauslaboratorion toimintaa ja Dell'Orton suunnitteluosastoa (kuvat: <http://www.dellorto.it>).

2. Yritysvierailut

Logistiikan mittareista tärkeimpänä Dell’Ortolla mainittiin toimitusvarmuus. Oikea-aikaiset toimitukset ovat erityisen tärkeitä autoteollisuuden asiakkaille, joiden tuotanto perustuu pitkälti JIT-toimintaan. Toisaalta Dell’Orto mittaa varastotasoaan sekä paitsi omaa myös toimittajiensa toimitustäsmällisyyttä. Näitä kolmea mittaria hyväksi käyttäen Dell’Orto pyrkii optimoimaan omaa toimintaansa ja säilyttämään kilpailukykynsä kilpailijoihin nähden.

Tilaukannasta ja myyntiennusteesta luodaan tuotantoaikataulu. Aikataulua verrataan varastotasoon, jonka perusteella tilataan tarvittaessa lisää tuotannon komponentteja. Tämän jälkeen tehdään tuotannon materiaalivaraukset (MRP), joka lopulta johtaa tuotantosuunnitelmaan. Materiaalit kerätään oikea-aikaisesti varastosta tuotanto-ohjelman mukaisesti, ja logistiikkaoperaattori toimittaa komponentit linjalle. Työstökoneiden kuormituksen ohjaamiseen Dell’Orto käyttää TXT Solutionin MES-järjestelmää.

2.4 Yhteenveto kotimaan yritysvierailuista

Kotimaassa vierailimme Valtra Oy:lla, Kone Oyj:lla, Junttan Oy:lla, Metso Minerals Oyj:lla, ABB Marinella² sekä Norpe Oy:lla. Vierailut olivat antoisia, ja ne tapahtuivat hyvin myönteisessä ja avoimessa hengessä.

Tuotannonohjaukseen, tuotannon tietojärjestelmiin, massaräätälöintiin ym. liittyviä kehittämistoimia oli tehty ja niitä oli meneillään kaikissa yrityksissä, joissa vierailtiin. Seuraavassa luettelo eräistä ajankohtaisista kehittämisaiheista tai pulmista:

- kokoonpanolinjojen käyttöön siirtyminen
- tuotteiden modulaarisuuden kehittäminen ja siirtyminen konfiguroitaviin tuotteisiin
- tuotetiedon hallinta ja PLM erityisesti palveluliiketoiminnan edellytyksenä
- Leanin ja Toyota Production Systemin uusi tuleminen
- tietojärjestelmien uusiminen, arkkitehtuurikehitys ja käyttämättömänä olleiden toimintojen käyttöönotto
- materiaalien ja kapasiteetin hallinnan sekä aikataulutuksen rinnakkainen kehittäminen
- kehityshenkilöstön niukkuus suhteessa tavoitteisiin.

² Suomen tuotannonohjausyhdistys STO ry:n järjestämä vierailu.

3. Pohdintaa tuotannonohjauksen kehittämistä pk-yrityksissä

Yritysvierailujen perusteella vaikutti siltä, että tuotannonohjausmenetelmien ja -työkalujen kehitykseen on jälleen alettu panostaa. Aihe on koko lailla loputon ja myös pulmallinen, sillä käytännön menetelmä- ja työkaluratkaisut joudutaan tekemään yrityskohtaisesti. Kehitystoimintaan löytyy hyviä käsikirjoja, kuten *The Toyota Way Fieldbook*. Sen sijaan teosta, joka vastaavaan tapaan neuvoisi, kuinka rakentaa toimiva tuotannonohjausjärjestelmä kuhunkin tuotantotapaukseen, ei liene olemassa.

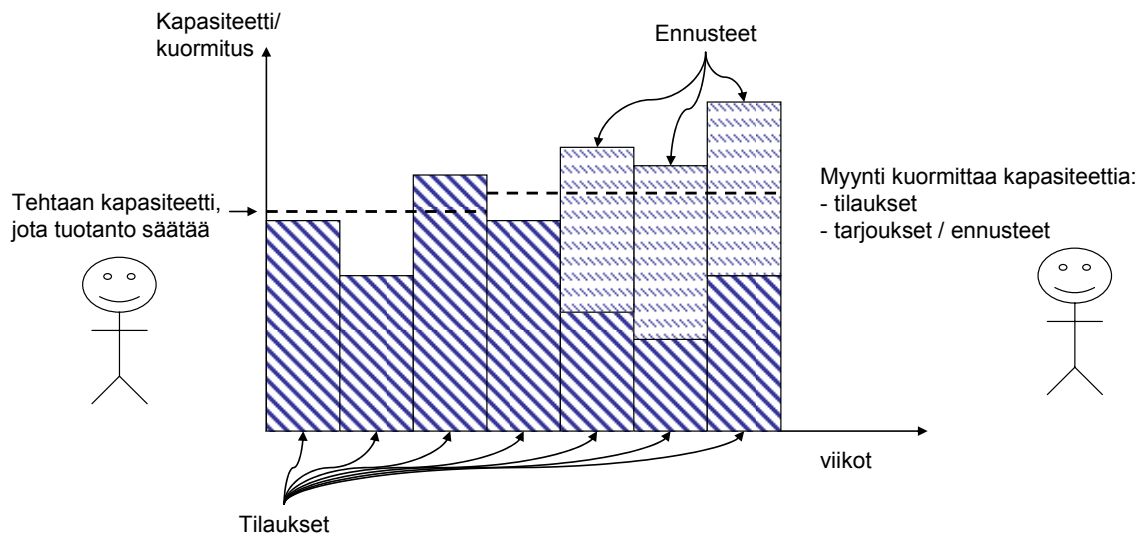
3.1 Tuotannonohjauksen menetelmät

Tuotannonohjauksessa on hyödyllistä soveltaa tasoajattelua. MRP II jakaa ohjauksen suunnittelu-, aikataulutus- ja ohjaustason (esim. Vollmann et al. 2005, Stevenson 2005). Käytännössä tavataan usein myös jaottelua karkea- ja hienosuunnitteluun sekä töiden järjestelyä. Tietojärjestelmien tasojako löytyy esim. ISA 95-standardista, joka erottelee yritys-, tehdas- ja automaatiotasot (ANSI 2000, 2001, 2005).

3.1.1 Suunnittelutaso/karkeasuunnittelu

Tärkein ohjaustaso on ns. karkeasuunnittelutaso, jossa myynti ja tuotanto sovitetaan toisiinsa aikavälillä, joka vaihtelee tuotannon luonteesta riippuen esimerkiksi yhdestä kahdeksaan kuukauteen. Karkeasuunnittelun tärkein tehtävä on järjestää edellytykset tuotannon järkevälle toteutukselle. Käytännössä pyritään varmistamaan, että tilauskanta on oikeassa suhteessa tehtaan kapasiteettiin. **Karkeasuunnittelu on tuotannonohjauksen tärkein suunnittelutaso** (katso kuva 11.). Se on peli, joka pelataan yleensä tietyn aikavälein riippuen tuotantotoiminnan luonteesta, toiminnan laajuudesta, organisaatiosta ja monesta muusta asiasta. Toimivaan karkeasuunnitteluprosessiin osallistuvat tyypillisesti sekä myynti että tuotanto. Myynti kertoo, paljonko kapasiteettia tarvitaan lähitulevaisuudessa, ja tuotanto puolestaan kertoo, miten kapasiteetti järjestetään. Lopputuloksena on yhteinen sopimus, jota noudatetaan seuraavaan karkeasuunnitteluun saakka.

3. Pohdintaa tuotannonohjauksen kehittämisestä pk-yrityksissä



Kuva 11. Karkeakuormitus (kuva Kai Häkkinen).

Karkeasuunnittelu tehdään – kuten nimikin kertoo – karkeasti. Tilaukset laitetaan yleensä sellaisenaan toimitusviikoille. Kuvaa luetaan niin, että kuormituksen tietyllä aikavälillä on oltava järkevissä suhteissa kapasiteettiin.

ERP-järjestelmät tukevat karkeasuunnittelua vaihtelevasti. Tyypillisesti niistä löytyy toimintoja, joissa summataan yhteen tilauksia ja ennusteita tuotepiheittäin ja verrataan näiden ilmaisemaa kysyntää kapasiteettiin. Kapasiteettitieto voidaan määrittellä karkeasuunnittelua varten erikseen tai sitten käytetään kokonaan tai osittain järjestelmän yleisiä kapasiteettiperustietoja. Suurille ja pienille yrityksille tarkoitetuissa ERP-järjestelmissä on hyvin suuria eroja karkeasuunnittelutoiminnoissa. Suuremmissa järjestelmissä karkeasuunnittelu on selvästi paremmin huomioitu ja toteutettu. Karkeasuunnitteluprosessin tuloksena ERP-järjestelmään syntyy tuotannon pääaikataulu (*Master Production Schedule, MPS*), johon seuraavat tuotannosuunnittelun tasot perustuvat. (Vollmann et al. 2005.) Mikäli samoja tuotteita voidaan valmistaa yrityksen eri toimipisteissä, tilaukset jaetaan tehtaille karkeasuunnittelutasolla. Samoin tuotanto tasoitetaan tavallisesti pääaikataulun luomisen yhteydessä.

Karkeasuunnittelutasolla siis sovitetaan kysyntä ja tarjota ja varmistetaan edellytykset tuotannon tarkemmalle suunnittelulle ja/tai toteutukselle. Ilman karkeasuunnittelua toiminta on kaoottista. Seuraavilla tasoilla ei mitenkään pystytä paikkaamaan huonoa karkeasuunnittelua. Karkeasuunnittelusysteemin rakentamiseksi ei oikeastaan ole olemassa teoriaa. Kausaalisia syy–seuraus-suhteita ei eksaktisti tunneta. Siten ei myöskään löydy ohjeistoa, joka kertoisi, millainen karkeasuunnittelujärjestelmä kannattaa tehdä, jos tuotanto on tietynlainen. Tämä tarkoittaa, että jokaisen firman on itse kehitettävä oma tapansa karkeasuunnitteluun. Vaikkei yhtä teoriaa olekaan, aiheesta löytyy runsaasti tutkimustietoa ja oppikirjoja. Lisäksi on järkevää kerätä tietoa siitä, miten muut firmat ovat asiaa hoitaneet ja minkälaisia kokemuksia ne ovat eri tavoista saaneet, ja ottaa tiedosta

opiksi. Vähänkin suuremmassa firmassa on hyvä pitää säännöllisesti karkeasuunnittelukokous, josta tehdään pöytäkirja. Tällä tavoin vähitellen syntyvästä prosessista tai järjestelmästä tulee traditio.

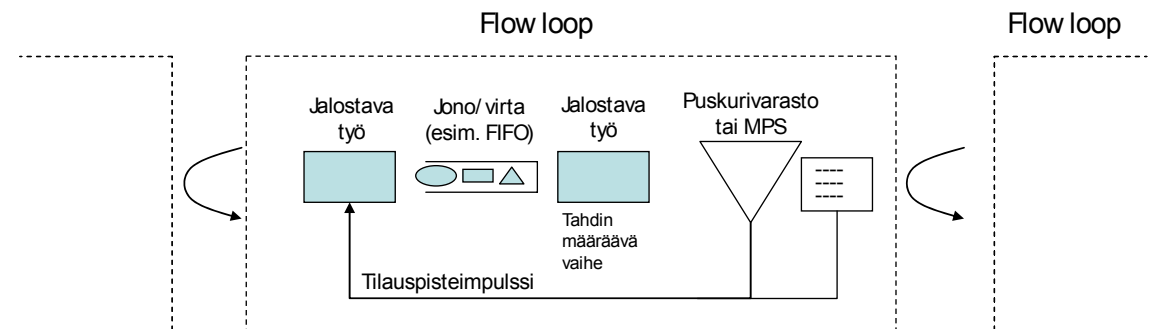
3.1.2 Aikataulutustaso

Aikataulutustason aikajänne on tyypillisesti muutamasta päivästä joihinkin viikkoihin. Tapauksissa, joissa on tarpeen tai mahdollista tasoittaa tuotantoa tekemällä suuria ja pieniä töitä vuorotellen, voidaan ajatella, että tasaus kuuluu myös aikataulutustasolle. Aikataulutuksessa on olennaista määritellä suunnittelulle sopiva tarkkuustaso sekä materiaalinohjaustavat: milloin sovelletaan tarvelaskentaa, varasto-ohjausta tai erilaisia JIT-menettelyjä. Se, tarvitaanko aikataululaskentaa ylipäätään, riippuu tuotantojärjestelmästä. Aikataulutustason toimintojen laajuus on hyvin erilainen tuotannossa, joka perustuu kulutustahtiin (*rate-based*), ja tilanteessa, jossa todella on laskettava sovelias toteutusjako eri tuotantotilauksille ja työvaiheille.

Aikataulutukseen perustuvassa tuotannossa olennaisin toiminto on materiaalitaravelaskenta (MRP). Kapasiteetin hallintaan liittyy aikataulutustasolla paitsi tuotannon tasaus myös mahdollinen kapasiteettitarvelaskenta. Kapasiteettitarvelaskenta (CRP) vaatii käytännössä tietojärjestelmän (ERP) ja kohtalaisen suuren määrän järjestelmän perustietoja toimiakseen (esim. Monk et al. 2006, Dumond 2005). Ei ole mikään ongelma saada kapasiteettitarvelaskentaa toimimaan sellaisenaan, mutta haasteena on saada sen avulla hyödyllistä informaatiota, pitää perustiedot ajan tasalla ja ennen kaikkea määritellä prosessit, joiden mukaan toimitaan, kun CRP näyttää ylikuormatilannetta. Ylikuormatilanteessa vaihtoehtoina on palata ylemmälle suunnittelutasolle, siirtää ongelma eteenpäin tuotantoon tai tehdä kapasiteettijärjestelyjä käytettävissä olevan ajan puitteissa.

Aikataulutukseen pätee sama kuin karkeasuunnitteluun: ei ole teoriaa, jonka perusteella voisi johtaa kullekin tuotantotyyppille parhaan aikataulutussuunnitelman. Aikataulutustaso on kuitenkin karkeasuunnittelua selkeämpää, ja menetelmät sekä työkalut noudattelevat yleisesti tunnettuja malleja (esim. Vollmann et al. 2005, Stevenson 2005). Heikkoutena tarvelaskentoihin perustuvassa aikataulutuksessa on erityisesti kriittisten tietojen määrä. Näitä tietoja ovat muun muassa varastosaldot, tuoterakenteet, reititykset, hankinta- ja valmistusajat, tilausten tilatiedot jne. Olennaista on päättää, mitkä osat materiaalien ja kapasiteetin hallinnasta jätetään tarvelaskentojen piiriin ja mitkä saadaan toimimaan muilla tavoin. Aikataulutustason toiminnot voidaan eliminoida vaikka kokonaan lyhentämällä tuotannon läpimenoaikaa ja virtauttamalla tuotanto kappaleittain tai hyvin pienissä erissä tapahtuvaksi. Tuotanto käynnistyy esimerkiksi *kanban*-kortin tai muun visuaalisen impulssin herättämänä tuotantotilauksen asemasta (esim. Liker 2004).

3. Pohdintaa tuotannonohjauksen kehittämisestä pk-yrityksissä



Kuva 12. Virtaavien, kulutustahdin mukaan toimivien *Flow loop* -silmukoiden periaate (Liker 2004).

3.1.3 Toteutustaso / hienokuormitus / töiden järjestely

Tuotannon toteutustasolle siirrytään, kun on saatu tuotantotilaus tai jokin muu impulssi tuotannon käynnistämiseksi. Keskeistä tällä tasolla on tiedon välitys tuotantoon (työmääräimet lisätietoineen) ja toteumatiedon keruu sekä joissakin tapauksissa hienokuormitus eli yksityiskohtainen aikataulutusta reaaliaikaiset kapasiteetti- ja materiaalirajoitteet huomioiden (esim. ANSI 2005). Monissa tapauksissa, kuten kokoonpanotyypissä tuotannossa, hienokuormitukselle ei ole tarvetta, vaan tuotanto voi toimia imuohjatusti tai muuten ilman uutta aikataulutusta. Tällöin pulmaksi muodostuu toteumatietojen keruu, sillä ne olisi usein pystyttävä kohdistamaan esimerkiksi tietyille työvaiheille. Kerättäviä tuotannon tietoja ovat esimerkiksi aloitus- ja lopetusajat, sarjanumerot ja muut jäljitettävyyssiedot, laatuun liittyvät tiedot, häiriötiedot, muut kapasiteetin tilaan liittyvät tiedot ja niin edelleen (ANSI 2005).

Usein saatetaan toimia niin, että tietojärjestelmän (ERP) annetaan laskea tarkat aikataulut yksityiskohtaisille työvaiheille, mutta nämä vaiheaikataulut jätetään tuotannossa huomiotta. Niiden ohessa pystytään kuitenkin tuottamaan työmääräimet tai jokin muu tapa yksilöidä työvaiheet. Esimerkiksi aloitukset ja lopetukset sekä materiaalien otot kirjataan näitä työmääräimiä ”vasten” tietojärjestelmään tai järjestelmästä tulostettuihin papereihin. Se, noudatteleeko toteuma vaiheaikataulua, voidaan sivuuttaa. Tietotekniikan avulla kannattaa pyrkiä eroon manuaalisesta tiedonkeruusta ja ylimääräisestä tietojen siirrosta paperilta järjestelmään. Tällä on suuri vaikutus käytettävissä olevan datan laatuun ja määrään.

3.2 Pohdintaa tuotannon tietojärjestelmäkehityksestä

Tasojen ja kuhunkin tasoon kuuluvien toimintojen erottelu on vähintään yhtä tärkeää tietojärjestelmissä kuin tuotannonohjauksen menetelmissä. ISA 95 -standardissa on määritelty tasohierarkia (yritys, tehdas ja automaatio) sekä tuotannon toiminnallisuudet kahden ylimmän tason osalta (ANSI 2005). Tilannetta mutkistavat myytävät sovellukset, joiden toiminnot ylittävät tasojen rajat. Lisäksi erilaiset tuotesuunnitteluun ja tuote-

3. Pohdintaa tuotannonohjauksen kehittämisestä pk-yrityksissä

tiedon hallintaan liittyvät toiminnot on rajattu kyseisestä standardista pois. Tasoajattelu on hyvä teollisuusyrityksen tietojärjestelmäkehityksen peruslähtökohta.

Järjestelmäkokonaisuutta olisi pyrittävä modularisoimaan. Tätä ei pidä sekoittaa tietojärjestelmätoimittajien (mainos)puheeseen ”ohjelmistomoduuleista”, jotka ovat usein vain saman kokonaisohjelman eri toimintoja. Tietojärjestelmäarkkitehtuurin modularisointia voidaan verrata tuotemodulointiin. Tuotekehitystä voidaan tehdä iteroimalla tiettyyn pisteeseen saakka, mutta jossain vaiheessa volyymin kasvaessa kehitettävä sellainen tuotealusta, jonka komponentteja voidaan tarpeen mukaan vaihtaa.

Monet teollisuusyritykset ovat yrittäneet räätälöidä kasvusta aiheutuvia kehitystarpeita keskitetysti ERP-järjestelmään. Tällöin tavoitellaan etuja kuten integraatiotarpeiden sekä käyttöönotto- ja koulutuskustannusten minimointia. Tämä voi kuitenkin tuottaa ongelmia muun muassa seuraavista syistä:

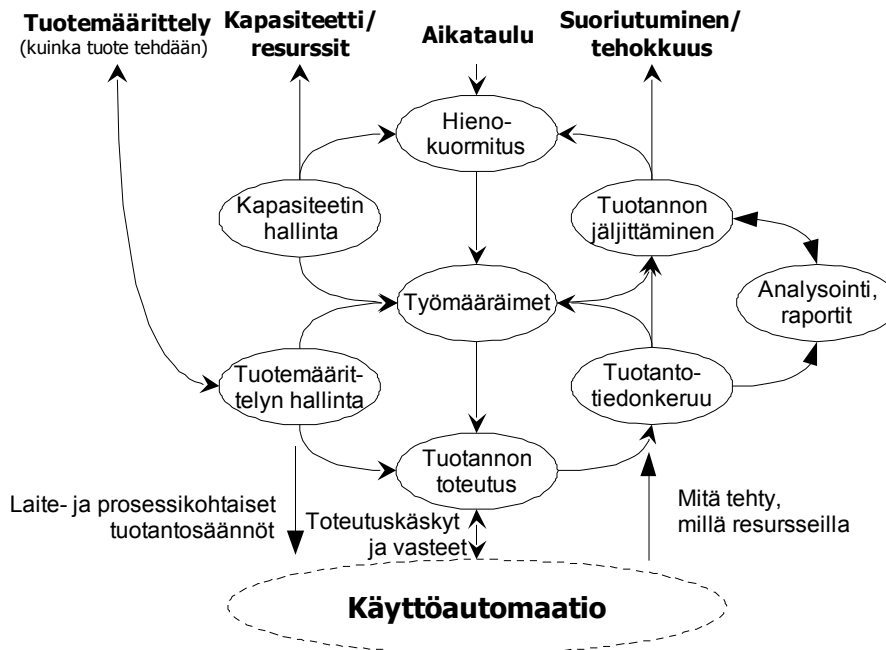
- ERP-järjestelmän toimintaperiaate ei palvele tuotetiedon hallintaa, tehdas- ja automaatiotasoa ym.
 - ERP-järjestelmä on lähtökohtaisesti transaktiopohjainen talous- ja materiaalihallinnon yhdistävä järjestelmä.
- On riskialtista olla riippuvainen yhdestä järjestelmäkehittäjästä tai toimittajasta.
- Räätälöityjen toimintojen kehittäminen ei ole ERP-toimittajan pääliiketoimintaa.
 - ERP-järjestelmäkehittäjällä tuskin on resursseja palvella kaikkien asiakkaiden räätälöintitarpeita.
- Iteratiivisen kehittämisen kustannukset ja tarvittava ylläpitotyö lisääntyvät nopeasti.
 - Mitä enemmän järjestelmää on räätälöity, sitä useammin sen ylläpito ja tuki on asiakkaan itsensä vastuulla.
 - Järjestelmäkokonaisuuden ylläpito ja päivittäminen vaikeutuvat nopeasti.

ERP-kehityksen lähtökohtana tulisikin mieluummin olla toiminnanohjauksen ydintoimintojen kehittäminen (talous, materiaalihallinto, johdon raportointi yms.). Teollisuusyrityksen kasvaessa vastaan tulevat usein tuotetiedonhallinnan tarpeet ja PDM-järjestelmän käyttöönotto. Tällöin tuotetiedon hallinta kokonaisuudessaan on järkevä siirtää ”PDM-vastuu-alueelle”. Tämä ei tarkoita pelkästään järjestelmän käyttöönottoa, vaan vastaavat toiminnot ja niiden mukaiset prosessit on otettava käyttöön sekä nimettävä oikeat henkilöt vastaamaan toiminnasta.

Toinen eroteltava alue on tuotanto. Tuotannon tietojärjestelmätyökalujen kehittäminen tulisi erottaa toiminnanohjauksesta. Tuotannon toimintoja on kaikilla kolmella päätasolla, jotka siis ovat yritys-, tehdas- ja automaatiotasoa (toiminnot esitetty kuvassa 13). Sovellusten kannalta tämä tarkoittaa, että osa, mutta vain osa, tuotannon toiminnoista on ERP-järjestelmän vastuulla. Edellä kuvatuilla yritysvierailuilla havaittiin, että tehdastason ratkaisut Suomessa poikkeavat edistyksellisistä eurooppalaisista yrityksistä. Esimerkiksi Suomessa hyvin harvinaisia kappaletavaratuotantoon soveltuvia MES-

3. Pohdintaa tuotannonohjauksen kehittämisestä pk-yrityksissä

järjestelmiä tapasimme ainakin neljässä Euroopan vierailukohteessamme. Huomattavaa on, että kaksi yrityksistä sijoittuu pk-sektoriin, joten pelkkä toiminnan volyyymi ei ole selitys eroihin. Tyypillisestihän MES-järjestelmää tarvitsee teollinen yritys, jolla on lukuisia ohjattavia resursseja sekä tarve kerätä runsaasti hyvälaatuista ja mahdollisimman reaaliaikaista tietoa lattiatasolta.



Kuva 13. Tehdastason toiminnallisuudet (ANSI 2005).

Kolmas alue on tiedon välittäminen organisaation sisällä ja sidosryhmien välillä, mitä tässä kutsutaan yleistyvän sovellustyyppin mukaan portaalitoiminnallisuudeksi. Portaaliratkaisuilla pyritään useiden asiakaskommunikaatioon käytettävien sovellusten yhdistämiseen. Näitä sovelluksia voivat olla esimerkiksi asiakkaan tilausseuranta, verkkokauppa, varaosakirjat, varaosakauppa tai huolto. Usean järjestelmän ylläpidosta muodostuu taakka IT-organisaatiolle. Tämän takia useat yritykset ovat siirtäneet tai vaihtaneet nämä järjestelmät portaalialustalle, jonka avulla eri järjestelmät niputetaan yhdeksi kokonaisuudeksi. Portaalialustoja ja niihin liittyviä palveluja on tällä hetkellä melko hyvin saatavilla.

4. Yhteenveto

Tämä raportti perustuu Prologi-teknologiansiirtohankkeen tuloksiin. Hankkeen lähtökohtana oli kehittää tehdastason tuotannonohjausta noudattaen perusteltuja tuotannonohjauksen menetelmien ja työkalujen jaottelu- ja jäsennystapoja. Näitä kannattaa käyttää hyväksi kehittämistoiminnan suunnittelussa ja käytännön toteutuksessa. Niiden avulla pystytään pitämään käsitteet selvinä ja muutenkin helpottamaan ihmisten välistä kommunikointia, mikä ei ole ollenkaan taattua tuotannonohjauksen parissa työskennellessä. Tärkeimmät jaot ovat toisaalta suunnittelu–aikataulutus–toteutus ja toisaalta yritys–tehdas–tuotanto. Todellisuudessa asiat luonnollisesti kytkeytyvät ja sotkeutuvat toisiinsa. Niinpä myös Prologi-hankkeen työpajat, vierailut sekä testit sisälsivät esimerkiksi yritystason kysymyksiä ja ratkaisuja.

Yritysvierailuilla haimme hienokuorituksen ja MES-järjestelmien hyödyntämisen lisäksi näkemyksiä myös muista tuotantoon ja logistiikkaan liittyvistä asioista. Suuryhtiöillä on usein raskaat tietojärjestelmät, joilla tuetaan kaikkia yrityksen toimintoja. Pk-sektorin yritysten tarpeet ovat usein samankaltaiset mutta käytettävissä olevat resurssit selvästi pienemmät. Tällöin suurista yrityksistä voidaan hakea ratkaisuperiaatteita, vaikka toteutettavat toiminnot, prosessit ja työkalut onkin valittava toisin. Huomattavaa on esimerkiksi se, kuinka suuryhtiöt ovat kehittäneet omia liiketoimintaprosessejaan ja tehneet lukuisia määrittämiä toiminnoistaan. Näiden määrittelmien perusteella on helppo opettaa työntekijöille käytäntöjä ja ajaa uusia toimintatapoja organisaatioon. Vastaava olisi mahdollista ja tarpeellista myös pk-yrityksissä.

Kokemustemme perusteella näyttää siltä, että tehdastason ratkaisut Suomessa poikkeavat edistyksellisten eurooppalaisten yritysten ratkaisuista. Esimerkiksi kappalettava-
ratuotantoon soveltuvia MES-järjestelmiä tapasimme Suomessa vain Tulo-laboratoriossamme, kun niitä käytettiin ainakin neljässä vierailukohteessamme Euroopassa. Huomattavaa on, että kaksi mainituista yrityksistä sijoittuu pk-sektoriin, joten pelkkä toiminnan volyymi ei selitä eroja. Tyypillisestihän MES-järjestelmää tarvitsee teollinen yritys, jolla on lukuisia ohjattavia resursseja sekä tarve ja halu kerätä runsaasti hyvälaatuista tietoa lattiatasolta. Toimintatavoissa ja ratkaisuissa tehdastasolla näyttää siis olevan eroavaisuuksia. Olisikin syytä tutkia edelleen, miltä osin Suomessa voitaisiin oppia muista Euroopan maista, ja jatkaa parhaiden teknologioiden siirtoa edelleen.

4. Yhteenveto

Yritysvierailuilta saadut tiedot ja kokemukset sekä hankkeessa tiivistynyt näkemys tuotannonohjauksen ja ohjausjärjestelmien kehittämisestä on pyritty esittämään tämän raportin luvuissa 2 ja 3. Kotimaan yritysvierailuilla oli mielenkiintoista havaita muun muassa se, että Lean on jälleen noussut pinnalle. Muita havaintoja olivat siirtyminen solukokoonpanosta kokoonpanolinjojen käyttöön, tuotteiden modulaarisuuden kehittäminen sekä siirtyminen konfiguroitaviin tuotteisiin. Lisäksi vaikutti siltä, että tuotetiedon ja tuotteen elinkaaren hallintaan panostetaan palveluliiketoiminnan kehittämiseksi, tietojärjestelmiä ja järjestelmäarkkitehtuuria nykyaikaistetaan sekä pyritään parempiin kapasiteetin- ja materiaalinhallintakeinoihin. Negatiivisempaan asiana havaitsimme, että kehityshenkilöstöä oli niukasti suhteessa kehittämistavoitteisiin.

Loppusanat

Prologi-hankkeen tavoitteena oli siirtää teknologiaa suomalaisten teollisten yritysten hyödynnettäväksi. Teknologiansiirron välineitä olivat työpajat, yritysvierailut ja laboratoriotestit. Työpajoista vastasivat PKAMK, VTT, TKK sekä osallistuneet asiantuntijayritykset. Benchmarking-vierailut suuntautuivat niin kotimaisiin kuin kansainvälisiin yrityksiin. Matkat onnistuivat hyvin, ja isäntämme kertoivat avoimesti toimintamalleistaan ja käytännöistään. Opimme vierailuiden aikana paljon. Toimintamallina benchmarking soveltuu hyvin teknologiansiirtoon ja osaamisen siirtämiseen yritysten välillä. Muutenkin kokemukset hankemallista ja työnjaosta erityyppisten organisaatioiden kesken olivat erittäin myönteisiä.

Lähdeluettelo

Kirjallisuus ja artikkelit:

- Dumond, E. J. (2005): Understanding and using the capabilities of finite scheduling. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 105, No 4, s. 506–526.
- Hemilä, J. (2007): Service models for a small-sized Logistics Service Provider – A case study from Finland. *Proceedings of LDIC2007, International Conference on Dynamics in Logistics*, August 28th-30th, 2007, Bremen, Germany.
- Hemilä, J., Uoti, M., Oinas, M. (2007a): Logistics Outsourcing In Finnish Manufacturing Industry - A Challenge For Small Companies. *Work-In-Progress paper on The 19th Annual NOFOMA Conference*. 7–8 June 2007 Reykjavik Iceland.
- Hemilä, J., Salmela, E., Happonen, A. (2007b): The Role Of The Logistics Service Provider In VMI Operations. *Proceedings of the ISL2007, International Symposium on Logistics*, July, 9.–11. 2007, Budapest, Hungary.
- Hemilä, J., Oinas, M., Hakkarainen, S. (2007c): Logistiikan ulkoistuksella tehokkuutta tuotantoon. *Logistiikka. Supply Chain Memo -liite (2007) No: 3/2007*, 15–16.
- Häkkinen, K., Hemilä, J., Uoti, M., Salmela, E., Happonen, A., Hämäläinen, H., Siniluhta, E., Nousiainen, J., Kärkkäinen, M. (2007): VMI in industry. Theories, technologies and applications. *VTT Tiedotteita – Research Notes 2406*. VTT, Espoo. 142 s. ISBN 978-951-38-6956-4; 978-951-38-6957-1. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2406.pdf>.
- Liker, J. K. (2004) *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York. McGraw-Hill. 330 s.
- Monk, E. F., Wagner, Bret J. (2006): *Concepts in enterprise resource planning*. 2nd ed. Boston (Mass.), Thomson. 230 s.
- Stevenson, W. J. (2005): *Operations management*. 8th ed. Boston, McGraw-Hill. 879 s.
- Vollmann T. E., Berry W. J., Whybark D. C., Jacobs F. R. (2005): *Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management*. 5th edition, USA, McGraw-Hill. 598 s.

Standardit:

ANSI (American National Standard) (2000): ANSI/ISA–95.00.01, Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology.

ANSI (American National Standard) (2001): ANSI/ISA–95.00.02, Enterprise-Control System Integration Part 2: Object Model Attributes.

ANSI (American National Standard) (2005): ANSI/ISA—95.00.03, Enterprise Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management.

WWW-lähteet:

Airbus: <http://www.airbus.com/en/>

Biba tutkimuslaitoksen logistiikkalaboratorio: <http://logdynamics.biba.uni-bremen.de/>

Dell’Orto: <http://www.dellorto.it>

Finpro (2008, 2009). Maaraportit: Unkari, Italia, Saksa: <http://www.finpro.fi/maaraportit>

JobDispo: <http://www.jobdispo.de>

MAN hyötyajoneuvot: <http://www.man-mn.com/en/en.jsp>

Siemens: <http://www.siemens.com>

Volkswagen: <http://www.volkswagen.de>

Whirlpool: <http://www.whirlpool.com>

VTT Working Papers

- 118 Anna-Maija Hietajärvi, Erno Salmela, Ari Happonen & Ville Könönen. Kysyntä- ja toimitusketjun synkronointi metalli- ja konepajateollisuudessa Suomessa. Haastattelututkimus. 2009. 33 s. + liitt. 3 s.
- 119 Timo Korhonen & Simo Hostikka. Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS + Evac. Technical Reference and User's Guide. 2009. 91 p.
- 120 Veikko Kekkonen & Göran Koreneff. Euroopan yhdentyvät sähkömarkkinat ja markkinahinnan muodostuminen Suomen näkökulmasta. 2009. 80 s.
- 121 Rinat Abdurafikov. Russian electricity market. Current state and perspectives. 2009. 77 p. + app. 10 p.
- 122 Bettina Lemström, Juha Kiviluoma, Hannele Holttinen & Lasse Peltonen. Impact of wind power on regional power balance and transfer. 2009. 43 p.
- 123 Juha Forström. Euroopan kaasunhankinnan malli. 2009. 80 s.
- 124 Jyrki Tervo, Antti Manninen, Risto Ilola & Hannu Hänninen. State-of-the-art of Thermoelectric Materials Processing, Properties and Applications. 2009. 29 p.
- 125 Salla Lind, Björn Johansson, Johan Stahre, Cecilia Berlin, Åsa Fasth, Juhani Heilala, Kaj Helin, Sauli Kiviranta, Boris Krassi, Jari Montonen, Hannele Tonteri, Saija Vatanen & Juhani Viitaniemi. SIMTER. A Joint Simulation Tool for Production Development. 2009. 49 p.
- 126 Mikko Metso. NoTA L_INdown Layer Implementation in FGPA Design results. 2009. 20 p.
- 127 Marika Lanne & Ville Ojanen. Teollisen palveluliiketoiminnan menestystekijät ja yhteistyösuhteen hallinta - Fleet asset management - hankkeen työraportti 1. 2009. 65 s. + liitt. 12 s.
- 128 Alternative fuels with heavy-duty engines and vehicles. VTT's contribution. 2009. 106 p. + app. 8 p.
- 129 Stephen Fox. Generative production systems for sustainable product creation. 2009. 101 p.
- 130 Jukka Hemilä, Jyri Pötry & Kai Häkkinen. Tuotannonohjaus ja tietojärjestelmät: kokemuksia sekä kehittämisperiaatteita. 2009. 37 s.
- 131 Ilkka Hannula. Hydrogen production via thermal gasification of biomass in near-to-medium term. 2009. 41 p.
- 132 Hannele Holttinen & Anders Stenberg. Tuulivoiman tuotantotilastot. Vuosiraportti 2008. 2009. 49 s. + liitt. 8 s.