



Veli Matti Kuisma

Joustavan konepaja-automaation käyttöönoton onnistumisen edellytykset

VTT PUBLICATIONS 655

Joustavan konepaja-automaation käyttöönoton onnistumisen edellytykset

Veli Matti Kuisma

*Tekniikan tohtorin tutkinnon suorittamiseksi laadittu väitöskirja, joka esitetään
Teknillisen korkeakoulun tuotantotalouden osaston luvalla julkisesti tarkastetta-
vaksi korkeakoulun luentosalissa TU 1 auditorio (Otaniementie 17, Espoo)
marraskuun 24. päivänä 2007, klo 12.*



ISBN 978-951-38-7045-4 (nid.)

ISSN 1235-0621 (nid.)

ISBN 978-951-38-7046-1 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1455-0849 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

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

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 5888

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 5888

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland

phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 5888

Toimitus Anni Kääriäinen

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

Kuisma, Veli Matti. Joustavan konepaja-automaation käyttöönoton onnistumisen edellytykset [How to Succeed in Implementing Flexible Factory Automation]. Espoo 2007. VTT Publications 655. 240 s. + liitt. 68 s.

Avainsanat flexible manufacturing systems, socio-technical system, lean production, product workshop

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena on määritellä joustavan konepaja-automaation kestävä käyttöönoton malli. Tutkimus on pitkittäistutkimus, jossa seurataan kahden vuosikymmenen ajan FMS-konepajojen sosioteknistä kehittymistä. Kehittymistä tarkastellaan sosioteknisen muutoksen, organisaatiomuutoksen ja toiminnan tuloksellisuuden valossa. Tutkimuksen kohteena on case-yrityksen tuoteverstaas ja vertailuaineistona on 13 suomalaista konepajaa. Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönottojen onnistumista tarkastellaan pitkällä aikavälillä. Tutkimuksessa tuoteverstaasta ja joustavaa valmistusjärjestelmää lähestytään sosioteknisen järjestelmäteorian näkökulmasta, jossa yhdistetään tekninen järjestelmä ja sosiaalinen järjestelmä. Kuvattua järjestelmää pyritään laajentamaan joustavan tuotantoautomaation ja tuotannon järjestelyiden sekä organisoinnin muodostamaksi kokonaisuudeksi. Tutkimus sijoittuu työpsykologian ja tuotantotalouden piiriin.

Tutkimuksen empiirisen osan ensimmäisenä osatavoitteena oli selvittää, miten joustavat valmistusjärjestelmät otettiin käyttöön. Osatavoitetta tarkasteltiin tapaustutkimuksen projektin toteutuksen kuvauksella, johon verrattiin vertailuaineistojen projektien toteutusta. Toisena osatavoitteena oli selvittää, miten joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto vaikutti verstaan tuotantoon, työn organisointiin, työsisältöihin ja tuotannon tehokkuuteen. Osatavoitetta tarkasteltiin monipuolisin tutkimusmenetelmin. Tutkimuksen kolmantena osatavoitteena oli selvittää, miten onnistuneet ja epäonnistuneet käyttöönottoprojektit erosivat toisistaan. Tavoitteena oli löytää käyttöönoton kriittiset tekijät, joiden kautta määritettiin kestävä käyttöönoton malli.

Tutkimus osoitti, että joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotoissa oli suuria eroja, jotka vaikuttavat myös tuottavuuden kehittymiseen pitkällä aikavälillä. Tutkimuksen mukaan FMS-työ on muuttunut viimeisen 15 vuoden aikana fyysisesti kuormittavammaksi ja työn aikapaineisuus on kasvanut. Onnistuneet ja epäonnistuneet käyttöönottoprojektit erosivat mm. käyttöönoton nopeudessa ja tuottavuuden kehittämisessä, ja onnistuneiden projektien järjestelmät olivat lisäksi pitkäikäisempiä. Laadittu kestävä käyttöönoton malli on sovellettavissa konepajateollisuuden vaativien sosioteknisten järjestelmien käyttöönottoon. Malli kuvaa myös tuotantoyksikön tuottavuuden kehittämisen merkitystä pitkällä aikavälillä. Kuvattu sosiotekninen järjestelmä oli muuttunut tutkimuksen aikana. Tutkimuksen mukaan parhaan tuottavuuden saa sosioteknisen ja kevyt-tuotantomallin piirteitä yhdistävällä tuotantomallilla.

Kuisma, Veli Matti. Joustavan konepaja-automaation käyttöönoton onnistumisen edellytykset [How to Succeed in Implementing Flexible Factory Automation]. Espoo 2007. VTT Publications 655. 240 p. + app. 68 p.

Keywords flexible manufacturing systems, socio-technical system, lean production, product workshop

Abstract

The aim of the research is to outline a sustainable implementation model for flexible machine shop automation. The research is a 20-year longitudinal study of the development of Finnish machine shops applying flexible manufacturing systems. The development is assessed in terms of socio-technical and organisational change as well as operational performance. The object of the research is the product workshop of the case study company, with 13 Finnish machine shops serving as reference material. The success of the implementation of flexible manufacturing systems was assessed over a long time span. In its approach to flexible manufacturing systems, the research draws from the socio-technical systems theory, which combines the technical and the social system. The discussion aims at expanding the described system into an entity constituted by flexible production automation and production arrangements as well as the organisational approach. The research falls into the areas of industrial psychology and industrial economics.

The first specific objective of the empirical part of the research was to find out how flexible manufacturing systems were implemented. This specific objective was analysed through a description of the case study project implementation, with which the project implementations in the reference material were compared. The second specific objective was to study the impact of the implementation of flexible manufacturing systems on the workshop's production, organisation of work, work content and productivity. This specific objective was analysed using multifaceted research methods. The third specific objective of the research was to discover the differences between successful and unsuccessful implementation projects. The purpose of this analysis was to identify the critical factors of implementation, through which the model for sustainable implementation was defined.

The research showed that there were considerable differences between the implementations of flexible manufacturing systems, which also had a long-term impact on the development of productivity. According to the research, the work related to flexible manufacturing systems has become physically more demanding and the time pressures have grown during the last 15 years. When comparing successful and unsuccessful implementation projects, there were differences between the implementation speed and the development of productivity, and the systems of successful projects lasted longer. The prepared model for sustainable implementation can be applied to demanding system implementations in the mechanical engineering industry. The model also describes the long-term significance of productivity improvement in the production unit. The described socio-technical system underwent changes during the research. According to the research, the best result is attained by a production model that combines the characteristics of the socio-technical and lean production models.

Alkusanat

Lähtölaukaus tälle tutkimukselle oli Ammattienedistämislaitokselle suunnittelemani FM-järjestelmä (joustava valmistusjärjestelmä). FM-järjestelmän suunnittelua varten perehdyin Suomessa käytössä oleviin järjestelmiin syksyllä 1985 ja keräsin ensimmäiset aineistot järjestelmien käyttöönotoista ja käyttäjien työsisällöistä. Osallistuin case-yrityksen tehdasprojektiin vuosina 1988–1990. Tehdasprojektissa syntyi lisensiaatintyöni.

Työskentelin Ammattienedistämislaitoksen konepajatekniikan laboratoriossa konepaja-automaation ja FMS-tekniikan kouluttajana vuodet 1986–1994. AEL:ssä koulutin yli 1000 NC-tekniikan ja FMS-tekniikan ammattilaista. Kurssien aikana tuli ilmi erilaisia ongelmatilanteita, joita FM-järjestelmän käyttöönotoissa oli esiintynyt. Kouluttaessani ja konsultoidessani eri yrityksiä havaitsin niissä eri käytäntöjä ja toimintatapoja, joiden otaksuin vaikuttavan tuotannollisen toiminnan tehokkuuteen. Väitöskirjaa varten keräsin 14 konepajasta aineiston, jonka avulla pyrin selvittämään konepajojen muutosprosessia ja sen vaikutuksia. Samalla perehdyin kirjallisuudessa esitettyihin käyttöönoton malleihin, joista kuitenkin tuntui puuttuvan vahva lattia- ja johtotason näkemys käyttöönoton toteutuksesta ja työnorganisoinnista. Siirryin teollisuuden palvelukseen ensin kehittämään konepajaa ja sitten tuotantojohtajaksi rakentamaan kaksikin FMS-yksikköä eri tehtaisiin. Koin käytännön vastuun ja koko yrityksen toimintojen paineen projektien toteutuksessa. Tämä toi mukaan uuden näkökulman: yksittäistä järjestelmää laajemman, koko yritystä koskevan strategisen ajattelun.

Siirtyessäni syksyllä 2006 VTT:n palvelukseen tutkimukseni sai uutta vauhtia. Tutkimuksen tekemistä on erityisesti helpottanut kaikki se tuki, jota olen saanut professori Matti Vartiaiselta, johtavalta tutkijalta, tekniikan tohtori Raimo Hyötyläiseltä ja erikoistutkija, tekniikan lisensiaatti Kai Häkkiseltä. Haluan kiittää myös esitarkastajia professori Juha Varista ja dosentti, filosofian tohtori Pentti Seppälää kehittävästä kommentista. Lopuksi haluan kiittää teollisuusneuvos, tekniikan tohtori Pekka Malista ja ekonomisti, kauppatieteiden tohtori Timo Airaksista työni kriittisestä läpikäynnistä, filosofian maisteri Juha Kuismaa suomen kieltä koskevista kommentista ja maatalous- ja metsätieteiden tohtori Risto Kuismaa sekä professori Timo Sneekiä lukuisista työtäni koskevista keskusteluista. Vaimoni Sinikka on antanut työrauhan ja kannustuksen tässä prosessissa.

Suolijärvellä, juhannusaattona 2007

Veli Matti Kuisma

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	III
Abstract	IV
Alkusanat	V
Tutkimuksessa käytetyt käsitteet ja lyhenteet	X
1. Johdanto	1
2. Työprosessi ja työn organisaation muuttuminen tuotantotekniikan kehittyessä....	7
2.1 Muutos konepajateollisuudessa 1980-luvulta 2000-luvulle	7
2.2 Massatuotannosta ketterään tuotantoon	9
2.3 Joustava tuotanto ja joustavat valmistusjärjestelmät	16
2.3.1 Tekniikan kehityksen vaiheita	16
2.3.2 Joustavat valmistusjärjestelmät	18
2.3.3 FM-järjestelmien käyttöönoton tuotannolliset ja taloudelliset hyödyt	22
2.3.4 Yhteenveto: joustavat valmistusjärjestelmät ja järjestelmien edut	27
2.4 Joustava valmistusjärjestelmä sosioteknisenä järjestelmänä	27
2.4.1 Tekninen järjestelmä	31
2.4.2 Sosiaalinen järjestelmä	32
2.4.3 Sosioteknisen järjestelmän kriittinen tarkastelu joustavan tuotantotekniikan näkökulmasta	33
2.5 Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto	35
2.5.1 Käyttöönoton vaiheet	35
2.5.2 Käyttöönottostrategiat	36
2.5.3 Käyttöönottoprosessin toteutus	41
2.5.4 Käyttöhenkilöstön työ toteutetuissa järjestelmissä	43
2.5.5 Miten käyttöönotoissa on onnistuttu?	45
2.5.6 Yhteenveto: Miten joustavaa tuotantoautomaatiota pitäisi ottaa käyttöön ja miten työt tulisi organisoida?	46
2.6 Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton tutkimus	47
2.6.1 FM-järjestelmien rakenne	47
2.6.2 FM-järjestelmien käytettävyys, käyttöaste ja turvallisuus	49

2.6.3	FM-järjestelmien käyttöönoton, työn organisaation ja käyttöönoton onnistuminen	49
2.6.4	Tutkimuksissa havaittuja ongelmia ja puutteita	51
2.6.5	Yhteenveto	53
3.	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	56
4.	Tutkimusmenetelmät	57
4.1	Tutkimuksen metodologiset lähtökohdat.....	57
4.2	Tutkimusaineisto	57
4.3	Tutkimusmenetelmät	60
4.4	Aineiston analysointi	67
4.5	Tutkimuksen toteuttaminen	69
5.	Tapaustutkimus: erään tuoteverstaan kehittäminen	
	1980-luvulta 2000-luvun alkuun.....	71
5.1	Liikeideasta moderniksi teollisuusyritykseksi.....	71
5.2	Käyttöönottoprojektin toteutus	77
5.3	Kehittämisen vaikutukset	81
5.3.1	Kehitysprojektin vaikutukset työn organisointiin ja työsisältöihin sekä henkilöstön kokema työn muutos	81
5.3.2	Tehdas 90 -projektin tuotannollisten ja taloudellisten tavoitteiden toteutuminen.....	93
5.4	Muutokset 1990-luvulta 2000-luvulle	102
5.4.1	Maailmanlaajuinen lama	102
5.4.2	Laadun merkitys.....	102
5.4.3	Yrityskulttuurien muutokset.....	103
5.5	Globalisaatio iskee – sosiotekninen järjestelmä muutoksen kourissa ...	104
5.5.1	Teknisen järjestelmän muutokset.....	106
5.5.2	Muutokset sosiaalisessa järjestelmässä	109
5.6	Yhteenveto ja johtopäätöksiä.....	111
5.6.1	FMS-projektin toteutus	111
5.6.2	Kehitysprojektin tuomat muutokset	111
5.6.3	Sosioteknisen järjestelmän muutos	114
6.	Tapaustutkimuksen vertailuaineisto: käyttöönottoprojektien toteutukset ja tuotannon muutokset 1980-luvulta 2000-luvun alkuun	117
6.1	Käyttöönottoprojektien toteutus	117

6.1.1	Projektien lähtökohdat	117
6.1.2	Käyttöönottojen onnistuminen	120
6.1.3	Kustannusten toteutuminen	121
6.1.4	Käyttäjien kokemukset järjestelmien käyttöönotosta	122
6.2	Kehittämisen vaikutukset tuotantoon, tekniikkaan, työsisältöihin, työn organisointiin ja tuottavuuteen	126
6.2.1	Tuotannon ja tekniikan muutokset	126
6.2.2	Työn organisointi ja työn piirteet	131
6.2.3	Vaikutukset verstaiden liiketoimintaan ja tuottavuuteen	136
6.3	Onnistuneiden ja epäonnistuneiden käyttöönottoprojektien erot	138
6.3.1	Käyttöönoton onnistumiseen vaikuttavat tekijät	138
6.3.2	Käyttöönottoprojektien toteutuksen erot	140
6.3.3	Verstaan toiminnan laajuuden, kannattavuuden ja jatkuvuuden kehittyminen onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa	145
6.3.4	Tuotantotoiminnan ohjattavuuden ja laadun kehittyminen projekteissa	146
6.4	Muutokset 1980-luvulta 2000-luvulle – sosiotekniset järjestelmät muuttuvat	147
6.4.1	Teknisen järjestelmän muutokset	148
6.4.2	Sosiaalisen järjestelmän muutokset	150
6.4.3	Sosioteknisen järjestelmän ympäristötekijöiden muutokset	155
6.5	Yhteenveto ja johtopäätöksiä	160
7.	Tulosten tarkastelu	165
7.1	FM-järjestelmien käyttöönoton onnistumiseen vaikuttavat tekijät	165
7.1.1	Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto	165
7.1.2	Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton vaikutus toimintaan	167
7.1.3	Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien erot	174
7.2	FM-järjestelmä sosioteknisenä järjestelmänä	177
7.3	Konepaja-automaation kestävä käyttöönoton malli	187
7.4	Tutkimuksen arviointi	195
7.4.1	Tutkimusasetelma: case-tutkimus ja vertailuaineisto	195
7.4.2	Pitkittäistutkimus ja tutkimuksen aikarelevanttius	198
7.4.3	Tiedonkeruumenetelmät	200
7.4.4	Aineiston analysointi	203

8. Johtopäätökset ja suositukset.....	204
8.1 Kestävän käyttöönoton malli.....	204
8.2 Sosiotekninen järjestelmä FMS-ympäristössä.....	204
8.3 Jatkotutkimushaasteita.....	205
Lähdeluettelo	207

LIITEET

- Liite A: Suomen konepajateollisuuden tunnuslukuja
- Liite B: Projektin toteutuksen haastattelulomake ja tulokset
- Liite C: FM-järjestelmien käyttöhenkilöstön haastattelulomakkeet 1993–1994 ja 2006
- Liite D: Verstaiden liiketoiminnan kehityksen haastattelu- ja aineiston keruulomake
- Liite E: JDS- ja BMS-tutkimusmenetelmien kuvaukset sekä BMS-tutkimuslomakkeet
- Liite F: Tutkimuksessa mukana olleiden tuotantoyksiköiden FM-järjestelmien ja tuotantojärjestelmien rakenne ja kuvaus
- Liite G: Käyttöhenkilöstön taustatiedot
- Liite H: Kaikkien verstaiden talouslukujen vertailu ennen ja jälkeen projektin (t-testi)
- Liite I: Onnistuneiden projektien talouslukujen vertailu ennen ja jälkeen (t-testi)
- Liite J: Epäonnistuneiden projektien talouslukujen vertailu ennen ja jälkeen (t-testi)
- Liite K: Erikoistuotetuotannon tunnuslukuja vuosilta 1977–2001
- Liite L: Case-tehtaan layout ja materiaalivirtaus
- Liite M: Koulutussisältöjen jakauma
- Liite N: JDS-tulokset vuosilta 1988, 1991 ja 1994
- Liite O: Vertailuaineiston tunnuslukuja
- Liite P: Sosioteknisen järjestelmän muutos
- Liite Q: Projektin kestoon, myöhästymään ja käyttöasteen nousuun vaikuttavia selittäviä tekijöitä (regressioanalyysi)

Tutkimuksessa käytetyt käsitteet ja lyhenteet

ABC-ANALYYSI

Tuoteperheiden määrittelyssä osat, valmistettavat ja ostettavat komponentit ryhmitellään käytön määrän ja ostovolyymin mukaisiin luokkiin.

AGILE MANUFACTURING

Ketterä tuotanto

BENCHMARKING

Esikuva-analyysi tai vertailuanalyysi tarkoittaa oman toiminnan vertaamista toisten toimintaan, usein parhaaseen vastaavaan käytäntöön. Benchmarking voi olla strategioiden vertailua, prosessien vertailua tai datan (mittareiden) vertailua.

BKT Bruttokansantuote

BMS Työn psyykkisen kuormittavuuden mittaamenetelmä, B = Belastung, psyykkinen väsymys, M = Monotonie, monotonia, S = Sättigung, psyykkinen kyllästyneisyys

CAD Computer Aided Design, tietokonetuettu tuotekehitys- ja tuotesuunnittelu

CAM Computer Aided Manufacturing, tietotekniikan käyttö esimerkiksi työstökoneiden ohjauksessa ja valvonnassa

CIM Computer Integrated Manufacturing, tietokonein ohjattu ja valvottu tuotanto

CRM Customer Research Management, asiakastietojärjestelmä

DEMING Demingin kehittämisperiaate, Plan, Do, Study, Act. Suunnittele, toteuta, tarkista ja toimi.

DNC Direct (Distributed) Numerical Control/Communication, NC-ohjelmien hallinta, kuten NC-ohjelman siirto ohjelmointilaitteelta työstökoneelle ilman tietovälinettä (reikänauhaa)

E-BUSINESS Verkkokauppa, verkkoliiketoiminta

ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
FMS	Flexible Manufacturing System, joustava valmistusjärjestelmä, FM-järjestelmä
HCIM	Human Computerized Integrated Manufacturing, tietokone- ja henkilöavusteisesti tuettu tuotanto, puoliautomaattinen tuotanto
JDS	Job Diagnostic Survey, työn tutkimusmenetelmä, jolla arvioidaan työn vaatimia taitoja, työkokonaisuutta, työn merkittävyyttä, itseenäisyyttä ja työn antamaa palautetta, palautetta ihmisiltä sekä ihmisten välisen kanssakäymisen määrää.
JOT	Juuri Oikeaan Tarpeeseen (engl. JIT, just in time)
KANBAN	Materiaalin ohjauskortti
KET	Keskeneräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma
MASS CUSTOMIZATION	Massaräätälöinnin keskeisin tavoite on kehittää, valmistaa, markkinoida ja toimittaa kohtuuhintaisia tuotteita ja palveluita asiakkaiden tarpeisiin.
NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus
PC	Personal Computer, mikrotietokone
PCS	Process Control System, prosessinohjausjärjestelmä (Valmet Tehdasautomaation käyttämä FMS:n prosessiohjauksen nimi)
PDM	Production Data Management, tuotetiedonhallinta, tuotepiirustusten ja dokumenttien hallinta
PRE	Process Re-engineering, tuotannon uudelleensuunnittelu
OKA	Omakustannusarvo
OMS	Operative Manufacturing System, FMS:n järjestelmätason ohjaus (Valmet Tehdasautomaation käyttämä FM-järjestelmäohjauksen nimi)

OSAPERHE	Ryhmäteknologialla määritetyt tietyt piirteet ja ominaisuuden omaavat osat, esimerkiksi pyörähdyskappaleet maksimihalkaisijaltaan 100 mm ja pituudeltaan 150 mm
R&D	Tuotekehitys
RMS	Reconfigurable Manufacturing Systems, uudelleenrakennettava valmistusjärjestelmä, jossa on avoin ohjausarkkitehtuuri, suurnopeuskoneet, modulaariset koneet, joustavat menetelmät ja monipuolisesti koulutettu työvoima.
SPC	Statistical Process Control, tilastollinen prosessin ohjaus
TBM	Time Based Management, massaräätälöinnin johtamisen periaate, jossa aika on tärkeä mittari. Pyritään lyhentämään kaikkea yrityksessä kuluva aikka, kuten poistamaan tuhlausta, odotusta, kuljetusta, turhaa työtä ja varastointia.
TFP	Total Factory Productivity, kokonaistuottavuus. Kokonaistuottavuudella tarkoitetaan kaikkia muista kuin työvoiman ja pääoman määrästä johtuvia luottavuuskasvun vaikutuksia. Näitä ovat mm. tekninen kehitys, organisaatioiden innovaatiot yritysten yhteistyössä ja teknisen tiedon levittäytymisestä johtuvat vaikutukset sekä työvoiman osaamistason kasvu.
TKA	Tuotantokustannusarvo
TQC	Total Quality Control, laadun kokonaisohjaus
TQM	Total Quality Management, laadun kokonaisjohtaminen
TUOTEVERSTAS	Tutkimuksessa käytetään kohdeyksiköstä nimeä tuoteversta tai lyhyemmin versta. Versta on itsenäinen tulosityksikkö, jolla on oma tulosityksikkökohtainen tuloseuranta ja raportointi. Yksikköä johtaa yleensä tuotanto- tai valmistuspäällikkö.
TYKY	TYKY-toiminta, työkykyä ylläpitävää henkilöstön työterveyttä edistävää toimintaa
WCM	World Class Manufacturing, valioluokan valmistus, Richard Schonbergerin nimeämä japanilaislähtöinen tuotantomalli

1. Johdanto

Viimeisen parinkymmenen vuoden aikana Suomen konepajateollisuus on muuttanut perusteellisesti. Konepajateollisuudessa elettiin 1980–1990-luvuilla aikaa, jolloin otettiin käyttöön runsaasti uutta tuotantotekniikkaa. 1990-luvun alun lama synnytti suurtyöttömyyden ja kysynnän laskun. Perinteiset tuotantorakenteet ja toimintatavat kyseenalaistettiin. Tutkimuksen taustana ovat Suomen konepajateollisuudessa viimeisen 20 vuoden aikana tapahtuneet muutokset. Tutkimuksessa kuvataan case-yrityksen tuotannon sosioteknisen järjestelmän kehittymistä, jota verrataan 13 muusta konepajan verstaan vastaavaan kehitykseen. Erityisenä tutkimuskohteena ovat joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönottojen onnistuminen sekä niiden vaikutukset tuoteverstaiden toimintaan, työn organisaatioon, työsisältöihin ja tuottavuuteen.

Tutkimuksen tausta

Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton vaiheisiin kuuluvat tavoitteiden määrittely, järjestelmän suunnittelu, järjestelmän ylösajo ja käyttö sekä kehittämistoiminta (Hyötyläinen 1993 ja 1998). Käyttöönotto laajemmin käsitettynä sisältää tuotantotekniikan suunnitteluun, tuotanto-organisaatioon, työturvallisuuden, koulutukseen ja työn opastukseen liittyviä tekijöitä (Blumberg & Gerwin 1984, Köhler & Schultz-Wild 1985, Vartiainen ym. 1986, Kuisma 1990, Börjesson 1997).

FM-järjestelmien käyttöönotto on koettu yrityksissä haasteeksi, josta yritykset ovat selviytyneet vaihtelevalla menestyksellä (Adler 1991, Börjesson 1997). Uusi tekniikka on muuttanut erityisesti ihmisten työtehtäviä, työsisältöjä ja henkistä hyvinvointia sekä konepajan toiminnan järjestelyjä, kuten ohjausta ja tuottavuutta. Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotossa perinteinen taylorismiin perustava toimintatapa on saanut voimakasta kritiikkiä. Vaihtoehtoisiksi toimintamalleiksi on esitetty kevyttuotantomallia, sosioteknistä tuotantomallia ja mm. antroposentristä tuotantomallia (Jaikumar 1986, Julkunen 1988, Brödner 1990, Alasoini 1990, Basu & Miroshnik 1999, Paez ym. 2004, Seppälä & Kle-mola 2004). Tutkimuksista ei ole kuitenkaan löydettävissä yksiselitteisesti FMS-työhön sopivinta tuotantomallia.

Tutkimuksen perusteet

Joustavilla valmistusjärjestelmillä on katsottu saavutettavan merkittäviä kilpailuetuja. Näitä ovat mm. lyhyemmät toimitusajat, laadukkaammat tuotteet ja tehokkaampi kapasiteetin käyttöaste (Ranky 1983, Sata 1984, Pylkkänen 1985, Jaikumar 1986, Lakso 1988, Mieskonen 1989, Pietiläinen & Mieskonen 1994, Hyötyläinen 1998, Chen 1998, Layek ym. 2000, Narain ym. 2000, Abdel-Malek ym. 2003, Schmenner & Tatikonda 2005). Tutkimukset ovat olleet hyvin FMS-myönteisiä: kritiikkiä FM-järjestelmien tehokkuutta tai tuottavuutta kohtaan ei ole juuri esitetty.

Varsin mielenkiintoisen näkökannan keskusteluun ovat tuoneet muutamat tutkijat, kuten Hayes ja Jaikumar (1991), Börjesson (1996), Börjesson (1997), Sun (2001) ja Bayazit (2005), sillä heidän mukaansa osa FM-järjestelmistä on purettu tai järjestelmien käyttöönotto on epäonnistunut. Heidän mukaansa FM-järjestelmät olivat kalliita ja ne sisälsivät suuria käyttöönottoriskejä. Sun (2001) toteaa, että USA:ssa 70 prosenttia FM-järjestelmien käyttäjistä koki käyttöönoton tuoneen nollatuloksen investoinnille. Börjesson (1997) toteaa, että FM-järjestelmät eivät nousseet menestykselliseksi investoinneiksi.

Suomessa joustavia valmistusjärjestelmiä on tutkittu mm. käytettävyyden (Lakso 1988), saavutettavien etujen, rakenteen, turvallisuuden ja järjestelmän käyttöönoton kannalta (Seppälä ym. 1988b, Pietiläinen & Mieskonen 1994, Kuivanen 1996) sekä niiden luotettavuuden (Kuhmonen 1997). Käyttöönoton tutkimuksissa on pitäydytty yleensä vain yhdessä tai kahdessa järjestelmässä. Suomessa järjestelmien käyttöönottoa tutkittiin 1985–1998. Näissä tutkimuksissa selvitettiin käyttöönottoa, työsisältöjä, järjestelmien organisointia ja jonkin verran koulutusta (Toikka 1986, Vartiainen ym. 1988, Seppälä ym. 1988a, Hyötyläinen 1993 ja 1998). Hyötyläinen (1998) tuo väitöskirjassaan esiin näkemyksen, että FMS:n käyttöönoton onnistuminen riippuu organisaation kyvystä ja valmiudesta ottaa käyttöön järjestelmää. Hyötyläinen (1998) hahmottaa mallin FMS:n käyttöönotosta. Mallissa ei kuitenkaan oteta kantaa koko tuoteverstaasta koskeviin tuloksiin ja hyötyihin. Tulokset kuvataan kolmen case-tutkimuksen valossa. Yhteenvedona voidaan sanoa, että aiemmissa tutkimuksissa ei ole selvitty käyttöönoton onnistumiseen tai epäonnistumiseen liittyviä tekijöitä. Tutkimuksista puuttuu monitahoinen tarkastelunäkökulma, jossa yhtä aikaa kartoitetaan projektin toteutusta, saavutettuja tuloksia ja henkilöstön työsisältöjen ja työn organisointia sekä niiden eroja.

Salminen ym. (2000) tutkivat suomalaisen teollisuuden muutosprojekteja vuosina 1996–1999. Heidän mukaansa olisi tutkittava vielä lisää kehitysprojektien pannonstekijöiden, kuten koulutuksen ja henkilöstön osallistumisen yhteyksiä taloudellisiin ja toiminnallisiin tuloksiin. Lisäksi heidän mukaansa muutoksen hallintaan pitää kehittää useita eri teorioita.

Järjestelmän käyttäjien työstä on eri tutkimuksissa esitetty ristiriitaisia tietoja. Kortteisen (1992) mukaan FM-järjestelmän käyttö koetaan työnä, jossa ei ole etenemis- eikä kehittymismahdollisuuksia. Lisäksi järjestelmän käyttö koettiin varsin kielteisenä, jopa fyysisesti raskaana. Muissa tutkimuksissa FMS-työ oli motivoivaa ja työ koettiin haastavana ja kehittävänä (Köhler & Schultz-Wild 1985, Toikka 1986, Seppälä ym. 1988b, Vartiainen ym. 1988, Vartiainen & Teikari 1998). Köhler ja Schultz-Wild (1985) ja Martin ym. (1990) tuovat tutkimuksissaan esiin FMS-työn sisäiset ja ulkoiset tehtävät sekä vertikaalisen tehtäväjaon. Tähän tutkimusongelmaan Börjesson (1997) palaa kuvaamalla yhden järjestelmän tehtäväjakoa ja työnorganisointia. Tutkimuksista näyttää kuitenkin puuttuvan laaja, useista järjestelmistä koostuva tutkimusaineisto, joka koskee organisaation kehittymistä pitkällä aikavälillä. Tutkimusten suurin puute on ollut aineiston suppeus, jonka takia ei ole pystytty vertailemaan erilaisia toimintamalleja ja työn organisaatiota. **Lisäksi tehdyt tutkimukset ovat koskeneet pääasiassa itse järjestelmää eivätkä tuoteverstaasta kokonaisuutena.**

Julkunen (1988) pohtii FMS-järjestelmän käyttöä sosioteknisen teorian näkökulmasta. Ryhmämäinen työ, työkierto, itseohjautuvuus, ryhmän yhteinen vastuu ja tavoitteet voivat konkretisoida FM-järjestelmässä. Tämä kuitenkin riippuu konepajan tavasta ottaa käyttöön uutta tekniikkaa ja työn organisointitavoista. Julkunen mukaan FM-järjestelmän käyttö on jotain muuta kuin perinteistä työtä koneella. Se on enemmänkin uusi ajattelu- ja toimintatapa.

Sosioteknistä koulukuntaa voidaan kritisoida työn liiallisesta humanisoinnista, sillä se sivuutti teknisen järjestelmän ja painotti sosiaalista järjestelmää. Tästä syystä sosioteknisen järjestelmän teoria tarvitsee uudelleenmäärittämistä joustavan tuotantotekniikan käyttöönoton näkökulmasta (van Beinum 1988, Majchrzak 1988, Alasoini 2001a, Seppälä 2006). Toikka (1986) esittää näkemyksen, jonka mukaan automaatiotyötä ei ole syytä tutkia perinteisellä ammattityön käsitteistöllä, jossa työt olivat yksilöllisiä ja perustuivat pitkälti kokemuseräiseen ammattitaitoon. Ristiriitaiset tutkimustulokset eivät anna selkeää kuvaa sosio-

teknisen teorian, tayloristisen työnjaon tai kevyttuotantomallin piirteistä FMS-työn perustana (Seppälä & Klemola 2004).

Tutkimuksen tavoite ja rajaukset

Tutkimuksen tavoitteena on kuvata eräiden suomalaisten konepajojen sosioteknisen tuotantojärjestelmän muutosta ja kehittymistä 1980-luvulta 2000-luvun alkuun. Tutkimuksessa käsitellään joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton aiheuttamia sosioteknisiä muutoksia ja vaikutuksia. Tutkimuksen tavoitteena on kehittää joustavan konepaja-automaation kestävä käyttöönoton malli, joka tukee yrityksen (tuoteverstaan) liiketoimintaa pidemmällä aikavälillä. Tehdesään strategista päätöstä joustavaan valmistusjärjestelmään siirtymisestä johto on valinnan edessä: toteutetaanko järjestelmän käyttöönotto taylorististen periaatteiden mukaisesti ja käytetäänkö järjestelmää sen mukaan vai mennäänkö avoimeen itseohjautuvaan sosiotekniseen tuotantojärjestelmään.

Kestävän käyttöönoton mallin tavoitteena on toimia työvälineenä tuottavuuden ja asiakaspalvelun kehittämisessä sekä edistää mahdollisuuksia liiketoiminnan kasvattamiseen. Mallin tulee olla myös kestävä ja ylläpidettävä. Tällä tarkoitetaan, että mallia voidaan soveltaa koko järjestelmän käyttöiän ajan ja että mallin tulee olla avoin muuttuville olosuhteille. Käyttöönotossa on kyse muutoksen hallinnasta, joka asettaa mallille vaatimuksia ja on osa kokonaisvaltaista johtamista. Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset esitetään luvussa 3. Tutkimuksessa mukana olevat tuoteverstaat ja FM-järjestelmät kuvataan liitteessä F.

Tutkimus on pitkittäistutkimus, jossa seurataan kahden vuosikymmenen ajan FMS-konepajojen sosioteknisten järjestelmien kehittymistä (vrt. Pettigrew 1990). Tutkimuksen kohteena olevia tuotantoyksiköitä kutsutaan tuoteverstaiksi tai lyhyemmin verstaiksi. Kehittymistä tarkastellaan sosioteknisen muutoksen, organisaatiomuutoksen ja toiminnan tuloksellisuuden valossa. Lisäksi vertaillaan onnistuneiden ja epäonnistuneiden käyttöönottoprojektien eroja. Tutkimuksessa verstaajärjestelmää lähestytään sosioteknisen järjestelmäteorian näkökulmasta, jossa yhdistetään tekninen järjestelmä ja ihmisten muodostama sosiaalinen järjestelmä. Tuoteverstaan kuvausta pyritään laajentamaan yrityskulttuurin, johtamisen, ohjauksen ja organisoinnin muodostamaksi kokonaisuudeksi. Näin pyritään luomaan kuva siitä, miten joustava tuotantoautomaatio on muuttanut perinteistä konepajan tuotantohenkilöstön työtä. Lisäksi selvitetään, miten sosiotekni-

nen järjestelmä on muuttunut parin viime vuosikymmenen aikana ja miten FMS:n organisaatio, johtaminen ja toimintaympäristö ovat muuttuneet.

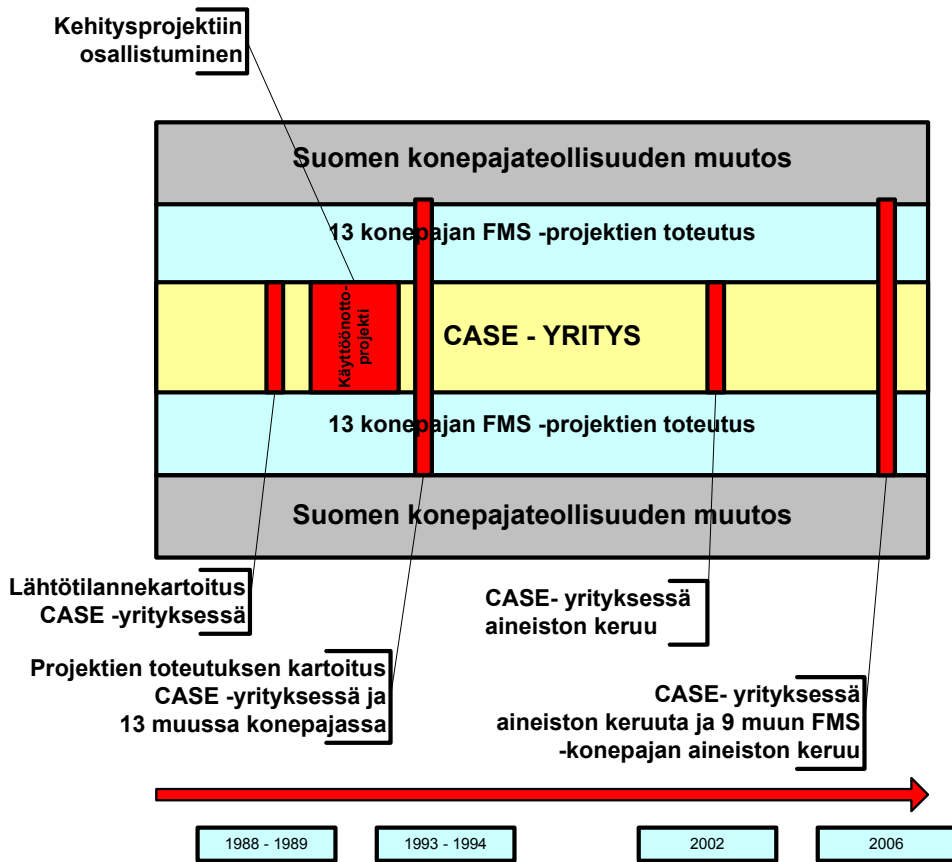
Tutkimusmenetelmät

Seurasin tutkimuksessa suomalaisen case-yrityksen FM-järjestelmän käyttöönottoa ja järjestelmän käyttöä 1980-luvulta 2000-luvun alkuun. Case-yrityksessä tein alkutilanteen analyysin ennen käyttöönottoprojektia ja seurasin käyttöönottoprojektia osallistumalla siihen kahden vuoden ajan asiantuntijana. Tänä aikana tein myös työn piirteiden analyysit (JDS, Job Diagnostic Survey) ja kuormitusmittaukset (BMS, BelastungMonotonieSättigung). Mittaukset toistettiin vuosina 1988, 1991 ja 1994. Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus kuvataan luvussa 4.

Tutkimuksen rakenne

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ensin muutosta, joka koskee Suomen konepajateollisuuden kehitystä parin viimeisen vuosikymmenen aikana. Samalla arvioidaan tuotannon organisaatiomuotoja ja työprosessin kehittymistä sekä tarkastellaan joustavaa tuotantotekniikkaa. Toiseksi tarkastellaan valmistusjärjestelmää sosioteknisestä näkökulmasta. Tällöin pyritään hahmottamaan tutkimuksen kohteena olleiden tuoteverstaiden toimintoja ja ohjausta sekä tuotanto-organisaatiota. Kolmanneksi analysoidaan joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönottoa käyttöönottovaiheiden, tuotantoparadigmojen (tuotannon organisaatiomuotojen), käyttöönottostrategioiden ja henkilöstön työn kehittymisen kannalta. Neljänneksi tarkastellaan joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton tutkimista. Kirjallisuuskatsauksen lopussa kuvataan joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönottojen tutkimuksissa ja tutkimusmenetelmissä havaittuja puutteita ja ongelmia sekä kehitettyjä käyttöönoton malleja.

Tutkimuksen empiirisessä osassa tarkastellaan case-yrityksen ja vertailuaineistona toimivien 13 joustavan valmistusjärjestelmän avulla käyttöönottoa ja työtä joustavassa valmistusjärjestelmässä sekä sosioteknisen järjestelmän kehittymistä ja sen vaikutuksia. Arviointi ulottuu aina vuoteen 2006 (kuva 1). Tulosten tarkastelu -osassa esitetään kestävä käyttöönoton malli ja kuvataan FM-järjestelmän muodostaman sosioteknisen järjestelmän muutosta. Lopuksi arvioidaan tutkimuksen suoritusta ja esitetään jatkotutkimusaiheita.



Kuva 1. Tutkimuksen aikajänne ja tutkimuksen vaiheet.

2. Työprosessi ja työn organisaation muuttuminen tuotantotekniikan kehittyessä

2.1 Muutos konepajateollisuudessa 1980-luvulta 2000-luvulle

Teollisuuden tuottavuus

Suomen kilpailukyky on tämän tutkimuksen muodostamalla tarkastelujaksolla ollut hyvä. Esimerkiksi eräässä selvityksessä globaalien kilpailukykyindikaattoreiden mukaan Suomi on ollut vuosina 2005 ja 2006 maailman toiseksi kilpailukykyisin valtio (ks. Vihriälä 2006). Teollisuuden tuottavuuden kasvu on ollut nopeaa, ja tuotantorakenne on uudistunut. Syinä kilpailukykyyn hyvään tasoon voidaan pitää talouden hyvää suorituskykyä, jonka osatekijöitä ovat työpanos ja työn tuottavuus. Lisäksi suorituskykyyn vaikuttaa tuotantorakenne, joka on keskeinen teollisuuden kasvumahdollisuuksiin vaikuttava tekijä. Kolmas tekijä on tuotantorakennetta määrittävä liiketoimintaympäristö, johon voidaan vaikuttaa elinkeinopolitiikalla (Lipponen & Viitamo 2003).

Suomen teollisen työn tuottavuuden kasvu on ollut vahvaa jo kaksi vuosikymmentä. Teknistä kehitystä ja osaamistason nousua kuvaava kokonaistuottavuus on kasvavassa määrin syrjäyttänyt pääomavaltaisuuteen perustuvaa tuottavuuden kasvua, mikä kuvastaa tuotantoresurssien käytön tehostumista. Tuotantorakenne on muuttunut osaamisintensiviseen suuntaan. Työn tuottavuus on riippuvainen kokonaistuottavuudesta (TFP, Total Factory Productivity) ja pääomavaltaisuudesta. Suomessa pääasiallisin työn tuottavuuden pitkän aikavälin kasvun lähde on ollut kokonaistuottavuus, jonka keskimääräinen vaikutus on ollut noin 1,8 prosenttia vuodessa. Pääomavaltaisuuden vaikutus 1990-luvulla on vaihdellut vuosittain 1,2–1,8 prosentin välillä. Tuottavuuskasvun rakenne muuttui olennaisesti 1990-luvun loppua kohden: vaikka kokonaistuottavuuden kasvu oli yli 3 prosenttia, pääomavaltaisuuden vaikutus pysähtyi ja kääntyi negatiiviseksi (Lipponen & Viitamo 2003). Työn tuottavuuden muutos (kokonaistuottavuuden muutos) esitetään liitteessä A, taulu 1.

Vuonna 2004 alle 10 henkeä työllistävien pienten yritysten osuus oli Suomessa 94 prosenttia (KTM 2005), mutta niiden osuus teollisuuden tuotannosta oli vain 5 prosenttia ja työllisyydestä 10 prosenttia. Työn tuottavuuden kehitys on painot-

tunut suuryrityksiin. Suuryritysten tuottavuuden kasvu on ollut kaksinkertainen maan keskiarvoon verrattuna, kun taas pienten yritysten tuottavuuden kasvu on ollut vain 3/4 keskiarvosta (Lipponen & Viitamo 2003).

Teknologiaateollisuus ja konepajateollisuus

Suomen kone- ja metallituoteteollisuuden tuotannon volyymi laski laman aikana vuonna 1990 0,5 prosenttia ja vuoden 1991 aikana 16,6 prosenttia. Konepajateollisuus selvisi lamasta vuosien 1992 ja 1993 aikana: vuonna 1992 kasvua oli 5,6 prosenttia ja seuraavana vuonna 9,1 prosenttia (Metalliteollisuus, MET 1994). Vuodesta 1995 vuoteen 2005 Suomen kone- ja metallituoteteollisuuden tuotannon määrä kasvoi 36 prosenttia ja jalostusarvo samaan aikaan 44,5 prosenttia (Teknologiaateollisuus 2006).

Koko teknologiaateollisuuden tuottavuus kasvoi 202 prosenttia vuodesta 1995 vuoteen 2005. Samaan aikaan teknologiaateollisuuteen kuuluvan kone- ja metallituoteteollisuuden tuottavuuden kasvu oli vain 20,9 prosenttia. Koko teknologiaateollisuuden erinomainen tuottavuuden kasvu perustuu elektroniikka- ja sähköteknisen teollisuuden hyvään tuottavuuskehitykseen.

Laman vaikutuksesta kone- ja metallituoteteollisuudessa käyttökateprosentti (kannattavuus) laski vajaasta 8 prosentista alle 4 prosenttiin. Vuonna 1991 Suomen konepajateollisuuden nettotulos oli vajaat neljä prosenttia negatiivinen (Metalliteollisuus, MET 1994). Tuloskehitys kääntyi nousuun vasta 1993. Vuonna 1995 kone- ja metallituoteteollisuuden käyttökate nousi 10 prosenttiin, josta se on laskenut 8 prosenttiin vuositasolla. Tuloskehitys oli 4–6 prosenttia (ks. myös liite A, taulu 2). Tuloskehitys ei ole yltänyt kohtuullisiin 6–8 prosentin tavoitteisiin vielä 2000-luvullakaan (Metalli- ja elektroniikkateollisuus, MET 2001, Teknologiaateollisuus 2006).

Investoinnit ja tekniikan kehittäminen

Laman aikana Suomen teknologiaateollisuuden investoinnit putosivat kolmanneksen. Teknologiaateollisuuden investoinnit kasvoivat vuodesta 1995 vuoteen 2002 saakka, josta lähtien ne ovat laskeneet (ks. liite A, taulu 3). Tutkimus- ja kehittämisinvestoinnit kasvoivat vuodesta 1991 vuoteen 2005 yli viisinkertaisiksi (ks. liite A, taulu 4).

Teollisuuden työvoima

Teollisuuden työvoima oli vuonna 1990 reilut 530 000, ja laman myötä työvoiman määrä väheni vuoteen 1993 mennessä noin 400 000:een. Lukujen perusteella lama ajoittuu vuosiin 1989–1993. Vuonna 1990 metalliteollisuuden työvoiman määrä oli 191 000, ja laman vaikutuksesta vuoteen 1993 mennessä noin 50 000 työpaikkaa hävisi. Laman jälkeen työvoiman määrä oli korkeimmillaan 221 000 vuonna 2002, ja vuodesta 2002 vuoteen 2006 työvoiman määrä vähentyi 10 prosenttia (liite A, taulu 5). Vuonna 2005 elektroniikka- ja sähköteollisuuden suomalaisissa tytäryhtiöissä ulkomailla työskenteli 76 000 henkilöä, kun vuonna 1995 henkilömäärä oli ollut 33 000. Suurin osa henkilöstöstä työskentelee Kaukoidässä. Kiinan osuus on 15,7 prosenttia. Vuonna 2005 suomalaisen kone- ja metallituoteollisuuden ulkomaisissa tytäryrityksissä työskenteli 74 000 henkeä, joista Länsi-Euroopassa työskenteli vajaa 40 000 (Teknologiaateollisuus 2006).

2.2 Massatuotannosta ketterään tuotantoon

Tieteellinen liikkeenjohto ja sen rajoitukset

Taylorismissa työprosessi rationalisoidaan ja liikkeenjohtoa systematisoidaan. Periaatteena on systemaattinen toiminta palkkatyön johtamisessa ja työvoiman käytössä (Taylor 1914, Kasvio 1986, Julkunen 1987). Taylor lähti työn rationalisoinnissa liikkeelle käsityksestä, että johdon oli selvitettävä fysiologisesti maksimaalinen suoritustaso ja kytkettävä siihen palkka sekä pyrittävä saamaan työntekijä työskentelemään maksimisuoritustasolla. Työ jaettiin välillisiin ja välittömiin tehtäviin. Lattiatason työ vapautettiin aivotyöstä, joksi määriteltiin harkintaa ja suunnittelua koskeva työ. Tämä johti työnjakoon ja eritasoihin tehtävärakenteisiin (Kasvio 1986, Jaikumar 1986, Julkunen 1987, Brödner 1990, Vartiainen 1994).

Henry Ford otti autoteollisuudessa käyttöön liukuhihnan. Ihminen toimi liukuhihnan tai koneen osana eli ihminen oli koneen jatke, joka ylläpiti valmistusprosessia. Kuljetushihna ratkaisi kuljetus- ja sisäiset logistiikkaongelmat sekä yksinkertaisti tuotannon suunnittelua ja valvontaa. Tavoitteena oli, että **tällä tavoin järjestettynä työprosessi loi periaatteet massatuotannolle, jossa edellytettiin osien, työvälineiden, ihmistyön ja osakomponenttien standardointia** (Kasvio 1986, Julkunen 1987). Tieteellinen liikkeenjohto, työliikkeiden tutkimus ja liu-

kuhina muodostavat tuotannon rationalisoinnin perustan. Fordismin muodostamaa ihmiskuvaa voidaan kutsua taloudellis-rationaaliseksi (Vartiainen 1994).

Maailmansodat ja monet tieteelliset keksinnöt nopeuttivat teollisuuden kehitystä 1900-luvun alussa. Taylorismia ja sen oppeja käytettiin. Automaatio oli mekaanista automaatiota. Mekaanisen automaation mahdollisti osien helppo kokoonpantavuus, vaihdettavuus ja kiinnittäminen (Kasvio 1986, Womack ym. 1990). Suurien sarjojen osia valmistettiin erikoistyöstökoneilla ja transfer-linjoilla (Groover 1987, Brödner 1990), ja kuljetusjärjestelmänä oli varhaisvaiheessa liukuhina. Voidaankin sanoa, että **mekaaninen automaatio mahdollisti massatuotannon**. Massatuotanto saavutti huippunsa 1950- ja 1960-luvuilla (Ollus ym. 1990, Duguay ym. 1997). USA:ssa tuottavuuden kasvu saavutti huippunsa 1960. Vuosina 1965–1973 tuottavuuden kasvu oli pudonnut 2,3 prosenttiin ja vuosina 1973–1978 tuottavuus oli enää 0,2 prosenttia. USA:n teollisuus oli menettänyt kilpailukykyä 1980-luvulle tultaessa (Duguay ym. 1997, Mital & Pennathur 2004).

Mekaaninen automaatio, kuten liukuhina, pakotti ihmisen toimimaan linjan tahdissa. Koneet, kuljetukset ja työtehtävät muodostivat tiiviisti toisiinsa sidotun kokonaisuuden. Muutos prosessissa tai tuotteessa edellytti yleensä koko tuotantolinjan uudelleenrakentamista. Konepajojen sarjatuotannossa koneet oli yleensä sijoitettu funktionaalisesti, kuten sorvaamoon, hitsaamoon ja kokoonpanoon. Rene (1997) pitää tärkeänä viime vuosisadan tuotannollisen toiminnan kehityksessä kolmea merkittävää seikkaa: Ensiksi tieteellistä liikkeenjohtoa, jolloin tuottavuus tuli tärkeäksi kilpailukeinoksi. Toiseksi laatua, sillä sen merkitys kasvoi vuosisadan puolessavälissä ja siitä tuli vahva kilpailutekijä. Kolmanneksi markkinoiden globalisoitumista, jossa lisääntyvä kilpailu ja asiakkaiden tarpeet edellyttävät yhä joustavampaa tuotantoa.

Työn humanisointikokeilut

Toisen maailmansodan jälkeinen aika oli voimakasta tuottavuuden kasvun ja noususuhdanteen aikaa. Tultaessa 1960-luvun loppupuolelle havahduttiin työelämän muutostarpeisiin ja työelämää koskeviin vaatimuksiin. Jo 1940-luvulta Tavistock-instituutin ympärille syntynyt koulukunta kehitti työn uudelleenorganisoinnin opin sosioteknisestä teoriasta. Työelämän tutkimus oli varsin vilkasta useissa maissa, kuten Englannissa, Norjassa, Saksassa, Ruotsissa ja Hollannissa. Humanisointialto kiinnitti huomiota teknologian kehitykseen, työn rationali-

sointiin, työntekijöiden vastarintaan, työelämän laatuun ja työelämän kriittisiin kysymyksiin (Kasvio 1986, Julkunen 1987, Alasoini 1990, Vartiainen 1994). Humanisointia kuvaa voimakas taylorismin vastaisuus. Humanisointiaalto synnytti teorian työn laajentamisesta, työn rikastamisesta ja osittain itseohjautuvista työryhmistä. Mukaan liitettiin Maslow'n tarveteoria. Tarpeiden tyydyttäminen nähtiin yksilön kasvun välineenä, jossa työtehtävien laajentaminen, vastuun lisääminen, itseohjautuvuus, sitoutuminen organisaatioon ja tehokas viestintä koettiin korkean työmotivaation lähteiksi (Maslow 1943, Ruohotie 1982, Vartiainen 1994).

Työn rikastaminen lähtee Hertzbergin työtyytyväisyys- ja motivaatioteoriasta (Hertzberg 1966). Teorian mukaan työolosuhteissa vaikuttavat kannuste- ja ympäristötekijät. Hackman ja Oldham (1980) kytkevät mukaan työnsuunnittelun, jossa työn muotoilulla on merkitystä työmotivaatioon. Tutkijat tuovat esille työn ydinpiirteet, tehtävän kokonaisuuden, työn merkityksen, itsenäisyyden, palautteen, vastuun ja työn mielekkyyden. He loivat JDS-työntutkimusmenetelmän, jota tässäkin tutkimuksessa käytetään (Hackman & Oldham 1980, Vartiainen & Teikari 1990).

Uusfordismi

Uusfordismin käsite syntyi humanisointiaallon kritiikistä. Kritiikissä korostettiin, että uudet työn organisaatiomuodot ainoastaan muuntavat fordismia eivätkä vapauta ja humanisoi työtä siten kuin humanisointikokeiluissa on annettu ymmärtää. Uusfordismia on nimitetty myös jälkitaylorismiksi tai jälkifordismiksi (Julkunen 1987). Uusfordistinen tarkastelutapa pyrkii kuvaamaan tietotekniikan käyttöönottoa ohjaus- ja valvontatoiminnoissa. Uusfordismin mukaan automaatio lisää esikuntaa ja työprosessista pyritään muodostamaan mahdollisimman itsetoimiva ja ammattityövoimasta riippumaton. Työt prosessien valvonnassa köyhtyvät sisällöllisesti ja samanlaistuvat. Työprosessi kytketään tiukasti kaiken kattavaan tietojärjestelmään sekä alistetaan ohjelmointi- ja valvontakeskuksille. Itseohjautuvat ryhmät alistetaan tuotanto-ohjelmalle, ryhmille annetaan kollektiivinen vastuu ja ryhmien välisten riippuvuuksien oletetaan valvovan ryhmien toimintaa. Uusfordistista työprosessia määrittävät tietotekniikka, tietokoneavusteiset ohjaus- ja valvontajärjestelmät, automaatio, uudet organisoitiperiaatteet ja uudet työsuhdemallit (Julkunen 1987, Alasoini 1993).

1990-luvun kehittämisparadigmat

1990-luvun loppu tuotti suuren määrän malleja siitä, miten työt tulisi tulevaisuudessa järjestää; näitä ovat ainakin WCM eli valioluokan valmistus (Schonberger 1989), kevyttuotantomalli (Lean), antroposentrinen (ihmiskeskeinen) malli, fraktaalitehdasmalli sekä ketterä tuotantomalli (Agile Manufacturing). Yhdistävänä tekijänä näissä on taylorismin vastaisuus. Mallit ovat kriittisessä suhteessa tekniikkälähtöiseen tuotantoajatteluun. Malleissa korostetaan tekniikan sijasta työvoiman korkeaa koulutusta, monitaitoisuutta, organisaation sisäistä kommunikaatiota ja inhimillisten voimavarojen tehokkaampaa käyttöä (Brödner 1990, Womack ym. 1990, Wobbe 1991, Warnecke 1992, Alasoini 1993, Vartiainen 1994, Gunasekaran & Yussuf 2002, Saad & Gindy 2007).

Parhaat tuotantokäytännöt, kuten Lean, WCM ja JIT, ovat lähtöisin japanilaisesta tuotantofilosofiasta (Voss 2005). Valioluokan valmistus (WCM) pyrkii vaikuttamaan kaikkiin tuotannon osa-alueisiin, kuten laadunohjaukseen, työnsuunnitteluun, koulutukseen, työnjohtoon, toimittaja- ja asiakassuhteisiin, tuotesuunnitteluun, tehtaan layoutiin, tuotannon ajoitukseen, varastojen hallintaan, tuotelinjoihin, kappaleiden käsittelyyn, konevalintoihin, kunnossapitoon, automaatioon ja tietojärjestelmiin. Valioluokan valmistus pyrkii yksinkertaistamiseen ja suoraviivaiseen toimintaan. Tässä käytetään Demingin kehittämisperiaatteesta (Lillrank & Kano 1989, s. 20–23) johdettua kuuden askeleen menetelmää: tee, arvioi, mittaa, analysoi, korjaa ja johda lattialta (Schonberger 1982, Schonberger 1989). Valioluokan valmistus pyrkii jatkuvan parantamisen soveltamiseen tuotannon kaikilla osa-alueilla ja on avoin kaikille tuotannon kehitystekniikoille (Voss 2005).

Kevyttuotanto

Kevyttuotanto (Lean-tuotanto) on lähtöisin Toyotan moottoritehtaalta 1950-luvulta. Kevyttuotantoa sovellettiin 1960-luvulla Toyotan autojen kokoonpanolinjoilla ja 1970-luvulla kevyttuotantomalli ulotettiin koskemaan toimitusketjua. Kevyttuotantomalli pyrkii ongelmien ratkaisulla eliminoimaan hukkatyön, varastot, läpimenoajat ja resurssit. Hukan vähentämisen keskeisinä elementteinä ovat ensiksikin lisäarvon määrittäminen tuotteille ja palveluille, toiseksi arvoketjujen määrittäminen, kuten ongelman ratkaisu, informaation hallinta tilauksesta toimitukseen ja materiaalin käsittely raaka-aineesta tuotteeksi. Kolmas kulmakivi on virtaus, joka määrittää tehokkuuden koko tuotantoketjulle. Neljäs kulmakivi on imuohjaus (Womack ym. 1990, Basu & Miroshnik 1999, Paez ym. 2004, Hines ym. 2004).

Kevyttuotantomallissa tarkastelun lähtökohtana on koko liiketoimintaprosessi, ja siinä sovelletaan kolmea periaatetta, joilla päästään parempaan tuottavuuteen. Ensiksi kevyttuotanto on **tuotantofilosofia, jossa tähtäimenä on asiakastytyväisyys ja jatkuva parantaminen**. Mallissa pyritään optimoimaan tuotantoketju markkinoinnista tuotesuunnitteluun, prosessisuunnitteluun, materiaalin hankintaan ja tuotantoprosessiin sekä tuotteiden jälkimarkkinointiin saakka (Womack ym. 1990, Basu & Miroshnik 1999, Paez ym. 2004, Hines ym. 2004).

Toiseksi kevyttuotanto sisältää **menetelmän organisaation osallistumisesta tuotannon kehittämisen, tuotannon ja koordinoinnin**. Kevyttuotantomallissa käytetään monitaitoisia työryhmiä organisaation kaikilla tasoilla. Tuotantotoimintaa tukee joustava automaatio. Kevyttuotantomallissa kehitystä yritetään edistää työryhmissä, kuten laatupiiritoiminnassa (Womack ym. 1990, Basu & Miroshnik 1999, Pavnaskari ym. 2003, Paez ym. 2004, Hines ym. 2004).

Kolmanneksi kevyttuotannossa sovelletaan määritettyjä **tekniikoita, kuten JO-Tia, rinnakkaissuunnittelua ja tarkastusjärjestelmiä ongelmien kohdentamiseen** (Paez ym. 2004). Taulukossa 1 esitetään kevyttuotannon eri ominaispiirteitä.

Taulukko 1. Kevyttuotannon piirteitä (Basu & Miroshnik 1999, s. 715).

Kehittäminen	Hankinta	Valmistus	Jakelu	Yritystoiminta
Toimittajien osallistuminen		Hukan eliminointi	Bufferit	Globaali verkosto
Monitasoiset tiimit	Suuret alihankinta-verkostot	Jatkuva parantaminen	Asiakkaan osallistuminen	Tietorakenteet
Rinnakkais-suunnittelu		Monitaitoiset tiimit	Aggressiivinen markkinointi	
Integraatio koordinoinnin sijaan		Nollavirhelaatu/JIT Vaakatasoiset informaatiojärjestelmät		
Strateginen johtaminen		Hajautettu vastuu/integroitu imuohjaus		
		Imuohjaus työnohjauksen sijaan		
Peruseriaatteen				
Monitaitoiset tiimit				
Ei puskureita				
Verkostot				
Vaakatasoinen informaatio				
Ei epäsuoria resursseja				

Kevyttuotanto on kehittynyt koko ajan ja jatkaa kehittymistä. Kevyttuotannon kehitysvaiheet voidaan jakaa neljään vaiheeseen (taulukko 2). Kevyttuotannon ongelmaksi koetaan edelleen, että se on painottunut autoteollisuuteen. Toinen ongelma on resurssien käytössä. Kevyttuotanto on saanut kritiikkiä riistämisestä, pakko-ohjauksesta ja työn epäinhimillistämistä. Tämä on tuonut esiin motivaatiokysymykset, vaikuttamisen mahdollisuuden ja arvostuskysymykset. Kolmantena ongelmana on strategisen näkemyksen puute erilaisten tekniikoiden ja työkalujen soveltamisissa kevyttuotannon projekteissa. Neljäntenä ongelmana on toimitusketjujen muutosten hallinta. Kevyttuotannon ongelmat tulevat esille eri variaatioiden hallinnassa ja kapasiteetin muutosten hallinnassa. Kanban-ohjaus(kortti) on joustamaton muutoksiin (Hines ym. 2004).

Taulukko 2. Kevyttuotannon kehitysvaiheita ja ongelmia (Hines ym. 2004, s. 996 ja 999).

Lean-tuotannon vaiheita ja ongelmia				
PIIRRE	1980 – 1990 TIETOISUUS	1990 – 1995 LAATU	1995 – 2000 LAATU, KUSTANNUKSET JA TOIMITUKSET	2000 - ARVOJÄRJES- TELMA
Tutkimusten painopiste	Tuotantokäytäntöjen levittäminen	Parhaiden käytäntöjen levittäminen, Benchmarking	Kustannusten optimointi, toimittajajyhteistyö	Kapasiteetin hallinta Verkostoituminen
Leanin painopiste	JOT, kustannukset	Kustannukset, koulutus, TQM, prosessin uudelleen suunnittelu	Kustannukset, prosessiperustainen virtaus Ulkoistaminen	Arvot ja kustannukset Integroidut toimitusketjut
Avain liiketoiminta-prosessi	Valmistus Lattiatason prosessit	Valmistuksen ja materiaalien hoitaminen	Tilausten hoitaminen	Integroidut prosessit, kuten tilaustoimitusprosessi ja uuden tuotteen kehittäminen
Teollisuuden ala	Autoteollisuus, autojen kokoonpanolinjat	Autoteollisuus, autojen ja osakokoonpanojen kokoonpanolinjat	Tuotanto yleisesti, toistuvatuotanto	Suuret ja pienet tuotantovolyymit Palvelusektoriin panostus
Puutteet ja ongelmat	Vain autoteollisuus Vain yrityksen sisäiset tekijät Kokonaisvaltainen suunnittelu Ulkona lattiatasolta	Henkilöresurssien käyttö, työntekijöiden riistäminen Toimitusketjujen hallinta Kokonaisuuden dynaaminen kehittäminen	Yhä pääasiassa autoteollisuudessa Prosessiin integroituminen Yhtiön sisäiset suhteet vaihtelun hallinta	Globaalit tekijät Asiakkaiden tarpeiden huomioiminen Strateginen integrointi, E-business

Yhteenveto: Miksi tarvitaan uutta ajattelua työprosessin kehittämiseen?

Taylorismin rajat tulivat vastaan, kun markkinat ja tuotantoprosessit kehittyivät. Massatuotemarkkinat eivät olleet enää itsestäänselvyys, eivätkä ne olleet ennustettavissa. Tuotemarkkinoille syntyi tarve pienille ja joustaville sarjoille. Tämä

murensi massatuotannon rakenteita, joihin taylorismi ja fordismi erityisesti soveltuivat. Lisäksi taylorismin mukaisen massatuotannon tuottavuuskehitys hidastui ja pysähtyi. Tämä loi paineita mm. USA:ssa kehittää uusia tuotantomuotoja ja panostaa joustavaan tuotantoon. Toisaalta taylorismin vastainen kritiikki loi pohjaa työn suunnittelun uusille periaatteille (Womack ym. 1990, Vartiainen 1994).

Humanisointiaalto toi mukanaan useita eri kokeiluja. Kuitenkin näyttää siltä, että useat niistä jäivät kokeiluiksi ja elivät aikansa. Työn humanisointiaalto toi osittain itseohjautuvan työn, työn laajentamisen, työn rikastamisen tarpeet ja ihmisen älyllisen kapasiteetin käytön lattiatasen töissä (Julkunen 1987).

Kevyttuotantomalli on saanut voimakasta kritiikkiä stressiin perustuvasta johtamisesta. Malli kuuluu japanilaiseen kulttuuriin ja sitä sovellettiin alun perin auto-teollisuudessa. Kevyttuotantomalli ei ota huomioon eri yksilöiden välistä todellista suorituskykyä (Alasoini 1993, Niepce & Molleman 1998, Hines ym. 2004). Kevyttuotantomallin käyttöönottoa on myös kritisoitu menetelmälähtöisyydestä, jossa inhimillinen näkökulma laiminlyödään korkeaan tulokseen pääsemiseksi. Myös kehitysmenetelmien virheellisestä käytöstä on raportoitu (Pavnaskari ym. 2003). Vartiainen (1994) tuo esiin näkökohdan, jossa tulevaisuuden toimintamallit ovat näiden edellä mainittujen yhdistelmiä. Ne selviävät vasta kokeilujen ja kehittämisen kautta. Taylorismiin perustuva työn organisaatorakenne ei ole joustava eikä tehokas joustavaan tuotantotekniikkaan (Kauppinen & Andersin 1992). Välttämättömäksi tulevat uudet tavat organisoida joustava tuotantoautomaatio.

Kevyttuotannossa tiimityö perustuu tiukasti kontrolloituun ja kurinalaiseen toimintaan, jossa tuotanto, kehittäminen ja prosessin valvonta on yhdistetty. Kevyttuotannon ja sosioteknisen järjestelmän periaatteiden yhdistämisellä voidaan saavuttaa merkittävä tuottavuuden ja laadun parannus. Tämä kuitenkin edellyttää teknologisten vaatimusten ja resurssien tasapainottamista (Tranfield & Smith 2002, Genaidy & Karwowski 2003, Paez ym. 2004). Conti ym. (2006) eivät tutkimuksessaan löytäneet kevyttuotannon ja stressin välistä yhteyttä. Tutkimus oli tehty kyselyin ja haastatteluin lähes 1400 työntekijälle, jotka olivat pääasiassa kokoonpanijoita. Lisäksi Contin ym. tutkimuksessa työn vaatimukset ja työn sisältö olivat suurempia stressin lähteitä kuin johtaminen ja valvonta. Tällä hetkellä ei tiedetä riippuvuutta työn vaatimusten ja terveyden välillä. Japanissa on raportoitu sydänsairauksien ja työn kuormittavuuden välisistä yhteyksistä (Genaidy & Karwowski 2003). Kevyttuotanto koettiin kiireisenä ja aikapaineisena työnä erityisesti FMS-työssä (Seppälä & Klemola 2004).

Tulevaisuuden tuotantomalleilta edellytetään yhä nopeampaa reagointia markkinoiden ja tuotteiden muutoksiin. Ihmisen ja organisaation rooli tulevat korostumaan. Avaintekijöiksi nousevat työntekijöiden ammattitaito, monikielinen työvoima, kannustinjärjestelmät, koulutuksen tason ja sisällön merkitys, palkkausjärjestelmät sekä ammattiyhdistysliikkeen rooli (Gunasekaran & Yussuf 2002).

2.3 Joustava tuotanto ja joustavat valmistusjärjestelmät

2.3.1 Tekniikan kehityksen vaiheita

Tekniikan kehityksessä voidaan nähdä eri jaksoja. Näitä ovat teollisen vallankumouksen kausi, tieteellisen liikkeenjohdon kausi ja globalisaatio (Puckey 1955, Ayres 1984, von Wright 1987, van Beinum 1988, von Wright 1992). Julkunen (1987) tarkastelee kehitystä pitkien aaltojen teorian valossa. Andersin ja Kauppinen (1992) jakavat konepajateollisuuden automaation neljään sukupolveen: käsityövaiheeseen ennen 1900-lukua, jäykkään automaatioon 1900-luvun alkupuolella, numeeriseen ohjaukseen 1950-luvulta alkaen ja älykkäisiin järjestelmiin 2000-luvulta alkaen.

Globalisaation haasteet tuottavuuden kehittämiseksi

Kauppinen (1987) toteaa, että muutosten todellista suuruutta on vaikea nähdä niiden keskellä eläen. On kuitenkin selvää, että jo tapahtuneet ja parhaillaan tapahtuvat tuotantomuodon muutokset ovat niin ratkaisevanlaatuisia, että ne tullaan aikanaan nimeämään erääksi käännekohdaksi teollisen tuotannon kehityksessä. Nyt 20 vuotta myöhemmin tuotantoympäristö on muuttunut globaaliksi. Menestymisen kulmakiviksi nähdään inhimillisen pääoman kehittäminen koulutuksen avulla sekä tuotantoprosessien asteittainen parantaminen ottamalla käyttöön korkeatasoisia tekniikkaa (de la Fuente 2006). Baldwin (2006) näkee globalisaation osittumisen näkökulmasta. Ensimmäistä osittumista edisti kuljetuskustannusten aleneminen ja nyt toista osittumista informaation ja koordinoinnin kustannusten romahtaminen.

Konepajateollisuudelle globalisaatio on haaste ja vaikeasti ennustettavissa. Byrd III (2007) ennustaa teknologisia kehityshyppäyksiä, kokonaisratkaisujen toimituskonsepteja (järjestelmätoimittajuuden lisääntymistä) ja globaalien toimijoiden

lisääntymistä. Teknologian myynnin ja kehittämisen hän näkee keskittyvän yhä suurempiin toimijoihin, kuten Haas Automation Inc., Hardigne Inc., Mazak Corporation ja MAG Industries Automation Systems.

1980-luvulla CIM:lle (CIM, Computer Integrated Manufacturing) ladattiin suuret odotukset ja sitä pidettiin mullistavana tuotantoautomaation perustana. Mitälin ja Pennathurin (2004) mukaan CIM-järjestelmien toteutumisen esteenä ovat olleet monimutkaisten järjestelmien, komponenttien ja alajärjestelmien liitynnät. Toisena esteenä on ollut yhteisten tietokantojen sovittaminen yhteen (NC-ohjelmat, tuotetietojen hallintajärjestelmät, huoltotietokannat ja tuotannonohjaus). Tästä syystä CIM ei ole tuotantojärjestelmänä tullut käyttöön, eikä sitä myöskään käsitellä omana järjestelmänään tässä tutkimuksessa.

Massaräätälöinti ja joustava tuotantoautomaatio

Massaräätälöinnin (Mass Customization) keskeinen tavoite on kehittää, valmistaa, markkinoida ja toimittaa kohtuuhintaisia varioituvia tuotteita ja palveluita, jotka täyttävät lähes kaikki asiakkaiden tarpeet. Massaräätälöinnillä pyritään vaikuttamaan koko yrityksen toimintatapaan ja prosesseihin. Massaräätälöinnillä pyritään pienempiin kokonaisuuksiin perustuvaan jatkuvaan kehittämiseen. Tuotannossa hyödynnetään joustavia valmistusprosesseja, yleiskäyttöisiä koneita, monitaitoista työvoimaa ja tilausohjautuvaa tuotantoa. Massaräätälöinnissä käytetään TBM (Time Based Management) -perusteista johtamismenetelmää (Pine II 1993, Sarinko 1999). Massaräätälöinnin periaatteet soveltuvat hyvin suomalaisen joustavaan piensarjatuotantoon.

Tuotantoautomaatio ja joustava tuotantomalli piensarjatuotantoon

NC-konetta voidaan pitää yhtenä konepajatekniikan merkittävimmistä virstanpylväistä, ja NC-kone on joustavan tuotantoautomaation peruselementti (Kauppinen 1986). NC-kone muutti perinteisen mekaanisen ja kiinteän automaation. NC-koneita otettiin käyttöön taylorististen oppien mukaisesti. NC-työt ositettiin ja jaettiin eri ammattihenkilöiden kesken. NC-kone kuitenkin vaikutti työn suoritukseen siten, että varsinaisen tuotteen arvoa nostavan operaation ohjauksen suoritti itse kone. Valmistava työ siirtyi eri toimintasekvenssien ja niihin liittyvän tiedon hallintaan. Ohjelmoijat, asettajat ja koneenkäyttäjät tekivät prosessia suunnittelevia, valmistelevia ja ylläpitäviä tehtäviä. Koneen käyttäjä toimi ko-

neen osana suorittaen materiaalin käsittelyyn liittyviä tehtäviä. Asettajat suorittivat työstökoneiden asetusten vaihdot eli vaihtoivat ohjelmat, työkalut, ajoivat ensimmäisen kappaleen ja ottivat tarvittavat mittalastut. NC-kone siirsi koneistajan itse prosessinhallinnasta prosessin ylläpitäjäksi (Sundquist 1983, Kuisma 1990).

NC-koneen joustavuus kyseenalaisti funktionaalisen toimintatavan. NC-koneen ympärille voitiin sijoitella muita koneita apukoneiksi. Eri tuotannon organisointimuotojen kehittyminen funktionaalisesta tuotannosta tuoteverstaasiin ja solutuotantoon asetti uusia vaatimuksia työn organisointiin ja suoritukseen.

1970-luvulla tuotantosoluja ruvettiin automatisoimaan ja tuoteperhekohtainen valmistus loi tarpeen uusille konepajatekniikan keksinnöille. Aloitettiin joustavien valmistusyksiköiden ja järjestelmien käyttöönotto. Paineet joustavan tuotannon käyttöönottoon tulivat 1970-luvun laman myötä. Jäykät järjestelmät ja tuotantorakenteet eivät menestyneet markkinoilla, joiden vaatimukset edellyttivät tuotteiden suunnittelulta nopeutta, tuotannolta pieniä sarjoja ja tuotteelta yksilöllisyyttä (Ollus ym. 1990, Brödner 1990). Corbettin (1996) mukaan NC-koneiden suunnittelussa on hallittava yhä monimutkaisemmat NC-koneiden ja konejärjestelmien rakenteet. Koneiden työkaluhallinnat, ohjattavien akseleiden ja karojen määrän lisääntyessä, ylemmän tason tiedonhallinnat ja tiedonsiirto asettavat vaatimukset työstökoneiden suunnittelussa vaatimaan järjestelmäajatteluun. Tällöin on ratkaistava kasvava käyttäjän riippuvuus valmistuksen teknisestä asiantuntemuksesta. Monimutkainen järjestelmä vaatii ylläpitoa ja vähentää käyttäjän toimintavapautta. Kuinka yhä monimutkaisempaa NC-tekniikkaa tai tuotantojärjestelmiä tulisi ottaa käyttöön ja käyttää?

2.3.2 Joustavat valmistusjärjestelmät

Joustavan valmistusjärjestelmän kehitys

FMS-tekniikkaan tunnettiin mielenkiintoa USA:ssa, Japanissa ja Englannissa jo 1960-luvulla. Ensimmäiset FM-järjestelmät (Flexible Manufacturing System) rakennettiin koneistuskeskusten ympärille. FM-järjestelmiä kehitettiin yhdessä DNC-tekniikan kanssa (Direct Numerical Control, DNC). Japanissa oli jo 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa useita koneryhmiä, joita kutsuttiin DNC-ryhmiksi tai -linjoiksi. Ohjelmien käsittely oli keskitetty, mutta ei ollut yhteistä kappa-

leenkäsittelyjärjestelmää. Transfer-konelinjoja ja DNC-linjoja voidaankin pitää FM-järjestelmän kehityksen esiasteena. FM-järjestelmän nykyiset ominaisuudet kehittyivät transfer-konelinjoista vasta 1980-luvulla (Jablonowski 1985, Kauppinen 1986 ja 1988).

Vuonna 1981 FM-järjestelmien määrä oli USA:ssa 25, Japanissa 40 ja Euroopassa 50. Koko maailmassa FM-järjestelmien määrä oli vuonna 1985 noin 300 (Jablonowski 1985), vuoden 1988 lopussa 799 kappaletta (Mieskonen 1989) ja vuoden 1990 lopussa 1000 kappaletta (Lakso ym. 1991). Vuoden 2006 lopussa Fastems Oy on jo yksistään toimittanut yli 600 FM-järjestelmää ympäri maailmaa (Fastems 2007).

FMS-tekniikan kehityshistoria on noin 40-vuotinen. FM-järjestelmien määrä moninkertaistui 1980-luvulla. FM-järjestelmien määrittely oli varsin pitkään epämääräistä. Lakso (1988) toteaa vielä väitöskirjassaan, että FM-järjestelmälle ei ole täsmällistä määritelmää ja listaa seikkaperäisen luettelon FM-järjestelmän kuvaukseksi. Kauppinen ym. (1990) määrittelevät FM-järjestelmän seuraavasti: FMS on joustava ja automaattinen valmistusjärjestelmä, joka on rakennettu kahden tai useamman NC-työstökoneen ympärille. Järjestelmään liittyy materiaalinkäsittelyjärjestelmä ja keskusohjaus. Työnvaiheiden järjestys on useimmiten vapaa.

FM-järjestelmätyypit

FM-järjestelmät voidaan jakaa tuotantotyyppin mukaisesti lastuavan työstön järjestelmiin ja levytyöjärjestelmiin. Levytyöjärjestelmät ovat kehittyneet 1980-luvulta, ja ne ovat nykyisin useimmiten varsin kompakteja. Levytyöjärjestelmä voi sisältää esimerkiksi levyvaraston, levytyökeskuksen, kulmaleikkurin, väliinpudotusasetat ja taivutusautomaatin. Levytyöjärjestelmään voidaan integroida robotisoitua taivutusta. Levytyöjärjestelmän raaka-aine voidaan syöttää arkkeina tai kelalta. Levyn paksuudet ovat tyypillisesti alle 3 mm. (Kauppinen ym. 1990.) Lastuavan työstön järjestelmät voidaan jakaa kokoluokittain kompakteihin, keskikokoisiin ja suuren kapasiteetin järjestelmiin. (Ranta & Tchijov 1990, Pietiläinen & Mieskonen 1994.)

Suomalaiset FM-järjestelmät

Suomen ensimmäinen FM-järjestelmä otettiin käyttöön 1982. Vuonna 1985 FM-järjestelmiä oli viisi kappaletta ja vuonna 1989 niitä oli 14. Vuoden 1992 alussa FM-järjestelmiä oli Suomessa 35 kappaletta (Pietiläinen & Mieskonen 1994). Tämän jälkeen järjestelmiä on myyty Suomeen 2–3 kappaletta vuodessa. Vuoden 2006 lopussa Suomessa järjestelmiä oli käytössä reilut 50 kappaletta. 1980- ja 1990-luvun alun jälkeen FM-järjestelmien käyttöönottojen määrä on siis selvästi hidastunut Suomessa.

Aluksi pääosa suomalaisista FM-järjestelmistä otettiin käyttöön tehtaissa, joissa on useita satoja työntekijöitä. Kolmannes FM-järjestelmistä on pienissä yksiköissä, joissa toiminta on keskittynyt FM-järjestelmän ympärille (Pietiläinen & Mieskonen 1994). Jaikumarin (1986) mukaan yhdysvaltalaisissa FM-järjestelmissä erilaisten osien määrä vaihteli 10:stä 1727:ään ja japanilaisissa FM-järjestelmissä vastaava luku oli keskimäärin 93 erilaista osaa. Suomalaisissa järjestelmissä erilaisten osien määrä vaihteli 5:stä 600:aan keskiarvon ollessa 134 (Mieskonen 1989, Ranta & Tchijov 1990, Pietiläinen 1993).

Uuden sukupolven FM-järjestelmät

FM-järjestelmien kehitystä on tapahtunut järjestelmään liitettävien työstökoneiden, työkalujen, järjestelmän ohjauksen sekä itse järjestelmän teknisten ratkaisujen kehittymisen kautta. Taulukossa 3 on erään suomalaisen FM-järjestelmävalmistajan järjestelmätekniiikan vertailua 1980–1990-luvun vaihteesta 2000-luvun alun järjestelmiin. Viimeisen parin vuosikymmenen aikana lastuavat NC-koneet ovat nopeutuneet merkittävästi. Pikaliikenopeudet, ohjauksen prosessointikyky ja nopeus ovat moninkertaistuneet. Uudet konetyypit, kuten moniakseliset sorvauskeskukset, ovat kehittyneet osaksi konepaja-automaatiota. Tiedonsiirto toteutetaan pääosin tehdasverkon välityksellä työpisteessä olevaan mikrotietokoneeseen tai FMS-ohjauksen tietokoneeseen. NC-koneisiin liittyvä kappaleen käsittelyautomaatiikka on lisääntynyt mm. portaalirobottien ja pylväs-nivelistörobottien muodossa (Granholm 2007a, Andersson 2007, Halila 2007).

Myynnin kannalta järjestelmät ovat eriytyneet pieniin kompakteihin järjestelmiin ja suuriin räätälöityihin järjestelmiin. Tämä suuntaus näyttää olevan sekä lastuavan työstön että ohutlevytyöstön FM-järjestelmissä. Pienten järjestelmien rakenne

ja ohjaus ovat toimittajakohtaisesti standardoituneet. Nämä järjestelmät kootaan vakiomoduuleista ilman räätälöintiä. Kompaktit järjestelmät ovat tuotteena pitkälle tuotteistettuja, ja järjestelmien koko rajoittuu vain muutamaankin työstökoneeseen. Suuret järjestelmäratkaisut ovat yleensä räätälöityjä. Nämä järjestelmät ovat koko tuoteverstaan käsittäviä kokonaisuuksia, joihin kuuluvat monipuoliset liitännät eri toimintojen välillä. Kokonaisjärjestelmässä on yhteydet mm. tuotannonohjaukseen, tuotesuunnitteluun, menetelmäsuunnitteluun ja varastojen hallintaan. Suuriin järjestelmiin liitetään nykyään yhä useammin automatisoituja robottisoluja (Granholm 2007a).

Robottisolujen osalta kehitys on ollut merkittävää. Tässäkin yhtenä osatekijänä on ollut tuotteistuminen ja pienten osaratkaisujen kehittyminen tuotteeksi. Näitä ovat mm. konenäön vakiintuminen, tarttuja- ja kiinnitinratkaisujen kehittyminen, valmiiden kokonaisuuksien toimittaminen käyttöpaikalle ja soluohjauksien kehittyminen. Robottien määrän kasvu on esimerkiksi autoteollisuudessa parantanut prosessin laatua merkittävästi (Kochan 2005, Huovinen 2007, Fastems 2007).

FM-järjestelmien rakentamisen perusongelmat ovat samat kuin 1980- ja 1990-lukujen järjestelmissä. Erilaisten ja erimerkkisten koneiden sekä järjestelmien liittäminen tuottaa edelleen ongelmia. Eräs ratkaisu tähän voivat olla web-pohjaiset liittymät ja verkon kautta tapahtuva tiedonsiirto eri koneiden ja FM-järjestelmän välillä. Ethernet-liittymät tulivat 1980-luvulla FM-järjestelmiin ja ovat muodostuneet standardiksi. FM-järjestelmän ohjauksen ja NC-koneiden tai ohjelmointilaitteen välinen ohjelmien siirto tapahtuu perinteisesti Ethernetin kautta. Merkittävä muutos koneiden ja oheislaitteiden liittämisessä FM-järjestelmään on tapahtunut kenttäväylätekniikan käyttöönoton myötä. Järjestelmien asennusajat ovat lyhentyneet, ja kaapelointien määrä on oleellisesti vähentynyt (Zhou ym. 2004, Granholm 2007b).

Taulukko 3. Erään FMS-toimittajan järjestelmien kehitys 1980–1990-luvun vaihteesta 2000-luvun alkuun (Granholm 2007b).

	1980- ja 1990-luvun vaihde	2000-luvun alku
Järjestelmien myynti	Järjestelmät projektikohtaisia Paljon suunnittelutyötä Tuotteistamisaste alhainen	Tuotteistus pitkälle viety Pienet kompaktit järjestelmät (ilman räätälöintiä), Suuret räätälöidyt järjestelmät FM-järjestelmät korvaavat transfer-linjoja Uudelleen konfiguroitavuus
FMS-ohjaus	Alkuun ohjaukset toteutettu PDP- tietokoneella, myöhemmin HP- tietokoneella Käyttöjärjestelmänä Unix 1990-luvun alussa kaksitasoiset ohjausratkaisut (järjestelmätaso ja prosessitaso)	Windows-pohjainen ohjaus Kompakteissa järjestelmissä standardiohjaus Suurissa järjestelmissä ohjausten liittynät lisääntyneet muihin järjestelmiin Web-liittynät yleistyvät Ohjaus parametrisoitu
Käyttöliittymä	Käyttöliittymät järjestelmätasolla merkkipohjaisia Ohjelmistohierarkia polkurakenteinen Paljon perustietojen syöttöä eri näytöille	Windows -tyyppiset näytöt Selkeät ja havainnolliset näytöt (värit, grafiikka) Tietojen syötön tarve pienempi Helppokäyttöinen
Hyllystöhissi, siirtovaunu	Virransyöttö kaapeleilla Tiedon siirto i/o-liittymillä ja RS-liittymällä Varastopaikat ja työstöasemat määritettiin ajamalla	Virran syöttö virtakiskoilla Optinen ohjaustiedon siirto Absoluuttianturit Vaihtovirtamoottoriohjaus Varastopaikkojen ja työstöasemien määritys ohjelmallisesti
Työkalu-järjestelmät	Työkalumakasiinit työstökoneilla Työkalutietojen siirto saattomuistilla tai ohjelmallisesti työkalutiedostona	Suurien järjestelmien työkaluvarastot kehittyneitä ja integroitavissa järjestelmään Työkaluvarastojen simulointi ja optimointi mahdollista
NC-ohjelmien käsittely	Ohjelmat joko työstökoneen muistissa tai tiedonsiirto RS -liittymän kautta, kehittyneissä järjestelmissä ohjelmien siirto työstökoneelle automaattisesti paletin tunnisteen mukaan	Tiedonsiirtokapasiteetti kasvanut ja luotettavuus parantunut Web-pohjaiset ratkaisut mahdollistavat helpot varmistukset PDM-liittynät mahdollisia FMS-työpisteeseen

Eräs piirre järjestelmien kehittymisessä näyttää olevan transfer-linjojen korvaaminen FMS-tyyppisillä järjestelmillä. Uudelleenkonfiguroitavuus (RMS, Reconfigurable Manufacturing Systems) tulee yhä tärkeämmäksi. Tätä helpottavat ohjausten modulaarisuus ja kappaleiden käsittelyratkaisut pintaportaalien avulla (Granholm 2007b).

2.3.3 FM-järjestelmien käyttöönoton tuotannolliset ja taloudelliset hyödyt

FM-järjestelmillä nähdään saavutettavan joustavuus-, tuottavuus-, kustannus- ja laatu-etuja. FM-järjestelmillä pyritään NC-koneiden joustavuuteen ja suurten sarjojen valmistuslinjojen tuomiin etuihin. FM-järjestelmän tehokkuus perustuu osin järjestelmän joustavuuteen, osin laitteiden luotettavuuteen, korkeaan automaatioasteeseen ja käyttökonekannan ammattitaitoon.

Joustavuuskäsitteitä

Pylkkänen (1985) jakaa joustavuuden kolmeen osatekijään: ominaisjoustavuuteen, rakenteelliseen joustavuuteen ja strategiseen joustavuuteen. Joustavuuskäsitteistä koneiden joustavuus, käytön joustavuus, prosessin joustavuus, tuotejoustavuus ja volyyimijoustavuus ovat vakiintuneita ja yleisemmin käytettyjä joustavuuskäsitteitä (Gerwin & Leung 1986, Nordahl & Nilsson 1996, Chen 1998, Layek ym. 2000, Narain ym. 2000, Abdel-Malek ym. 2003, Schmenner & Tatikonda 2005, Gerwin 2005, Boyle 2006). Narain ym. (2000) ryhmittelevät joustavuuskäsitteet välttämättömiin, riittäviin ja kilpailukykyä kuvaaviin joustavuuskäsitteisiin. Välttämättömät ovat luonteeltaan operatiivisia, ja niihin kuuluvat koneet, volyyimi, työvoima, materiaalin käsittely, tuote ja käytön joustavuus. Riittäviin kuuluvat tuotantoprosessin joustavuus ja operaatioiden ohjelmien ja materiaalien joustavuus. Kilpailukykyyn kuuluvat markkinat, tuotanto ja laajentuminen. Chenin ja Adamin (1991) mukaan FM-järjestelmien hankinnassa Kerney & Treckerin 50 asiakkaasta 37 mainitsee joustavuuden yhdeksi tärkeimmistä tekijöistä.

FM-järjestelmän joustavuutta, etuja ja taloudellisuutta on tutkittu vertaamalla FMS-tekniikalla suoritettua valmistusta perinteiseen NC-tekniikalla suoritettavaan valmistukseen (Ranky 1983, Sata 1984, Pylkkänen 1984 ja 1985, Bullinger ym. 1986, Lakso 1988, Mieskonen 1989, Ollus ym. 1990, Chen & Adam 1991, Pietiläinen & Mieskonen 1994, Nordahl & Nilsson 1996, Halila 2007). Perinteisesti FM-järjestelmän odotetaan korvaavan useita yksittäisiä NC-koneita, eli FM-järjestelmällä voidaan tehdä jopa moninkertainen tuotanto verrattuna yksittäisiin NC-koneisiin. FM-järjestelmät tehostavat tuotantoa lyhentämällä läpäisy-aikoja jopa 80 prosenttia ja asetusajoja 90 prosenttia. Odotusajat eri vaiheiden välillä pienenevät 50–75 prosenttia (Ranky 1983, Sata 1984, Kauppinen 1988, Hyötyläinen 1993, Halila 2007).

FM-järjestelmällä saavutettavia etuja

Satan (1984) mukaan FMS tarvitsee käyttäjiä noin viidesosan perinteiseen valmistukseen verrattuna. Hartleyn (1984) mukaan ihmistyövoiman säästö on noin 60–75 prosenttia FM-järjestelmässä verrattuna tavanomaiseen valmistukseen, kun taas Hyötyläisen (1993) mukaan säästö on lähes 80 prosenttia. Mohsenin (1992) mukaan FM-järjestelmän käyttöönotto tuo työvoimakustannuksissa säästöä 25 prosenttia. Lakson ja Vihisen (1989) mukaan FMS-tekniikka ja roboti-

sointi eivät vähennä työpaikkoja. FMS:n tulo suomalaisiin yrityksiin ei ole Sepälän ym. (1988a) mukaan aiheuttanut irtisanomisia. Osa henkilöstöstä on siirretty tehtaan organisaatiossa muihin tehtäviin. Chen ja Adam (1991) selvittivät 84 FMS-projektia, joissa tuottavuuden kasvu oli 23 prosenttia.

FMS:n vaikutukset kapasiteetin käyttöön ovat tuotantokapasiteetin lisääntyminen, miehittämättömän työstön antama lisäkapasiteetti sekä järjestelmän korkea käyttöaste. Lakso (1988) tutki väitöskirjassaan joustavan valmistusjärjestelmän käytösuhdetta ja käytettävyyttä. Tuloksena todetaan, että FMS:n käytösuhde tutkimuksen aikana oli 81 prosenttia ja käytettävyyttä 91,9 prosenttia. Vikaantumistajuus todettiin pienemmäksi kuin kansainvälisissä tutkimuksissa. Tuloksien mukaan FMS on kolmivuorotyössä 2,8 kertaa tehokkaampi kuin yksittäinen NC-kone.

Tuotantoautomaatio-, FMS- ja JOT-investointien kannattavuutta ja investointilaskentamenetelmiä tutkittiin 251 englantilaisessa pienessä ja keskisuurissa yrityksessä (Tayles & Drury 1994). Yleisimmät investointilaskentamenetelmät olivat takaisinmaksuajan ja investoinnin sisäisen koron menetelmät. Takaisinmaksuajan menetelmää käytettiin 64 prosentissa FMS-projekteja. Tutkimuksessaan Tayles ja Drury (1994) kuitenkin toteavat, että tuotantoautomaatioinvestointeja ja JOT-investointeja ei voida arvioida pelkästään rahallisilla mittareilla. On arvioita ei-rahassa mitattavien suureiden, kuten laadun, asiakaspalvelun, luotettavuuden, joustavuuden ja alhaisempien kustannusten, kehittymisestä.

Toisaalta edellä kuvattujen lukujen tiedot perustuvat 1980-luvun alun tai 1980-luvun puolenvälin aineistoon, aikaan, jolloin FMS-tekniikka ei ollut vielä vakiintunutta. FMS-tekniikka on näistä ajoista kehittynyt. Mieskonen (1989) ja Ollus ym. (1990) vertailevat suomalaisia järjestelmän käyttöönottoja eräiden Euroopan maiden käyttöönottoihin. Tutkimusten mukaan suomalaiset järjestelmät investointeina ovat pienempiä ja joustavampia, mutta saavutetut edut ovat vähintään samaa tasoa kuin muissa maissa. Miehittämättömän työstön soveltamisessa ollaan jopa edellä. Pietiläinen ja Mieskonen (1994) pitävätkin suomalaista kompaktiin ja standardoituun järjestelmään kohdistuvaa investointistrategiaa kannattavampana kuin suuriin asiakasräätelöityihin järjestelmiin panostamista. Yritykset asettavat joustavan valmistusjärjestelmän käyttöönoton tavoitteiksi asiakaspalvelutavoitteita, kuten joustavuus, lyhyt toimitusaika ja korkea laatu, sekä kannattavuustavoitteita, kuten kustannustehokkuus, korkea käyttöaste ja pieni vaihto-omaisuus. Lisäksi hankinnan syitä ovat strategiset ja markkinoinnin mää-

räämät syyt (Jaikummar 1986, Mieskonen 1989, Ollus ym. 1990, Hörte & Lindberg 1991, Rene 1997, Andersson 2007, Granholm 2007a). Edellä mainittujen tutkimusten perusteella nähdään, että FMS:llä on ollut lyhyellä tähtäimellä selviä etuja, mutta näistä tutkimuksista ei ole löydettävissä pitkän aikavälin etujen selvitystä. Toisaalta ei ole löydettävissä suomalaisten FM-järjestelmien pitkän aikavälin kilpailukykyä koskevia tutkimuksia.

FMS-projektien onnistumisen mittaaminen

Tässä tutkimuksessa FMS-projektien toteutusta tarkastellaan myös taloudellisiin tunnusluviin ja niitä käytetään myös onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien vertailussa. Tuottavuutta ja kannattavuutta voidaan tutkia ja tarkastella monesta näkökulmasta ja monella eri tavalla. Ensinnäkin kansantaloustieteilijät tarkastelevat ja vertailevat eri teollisuuden toimialojen kilpailukykyä ja tuottavuutta joko kansainvälisin vertailuin tai yksittäisen maan eri yritysten tuottavuuden kautta. Tuottavuutta voidaan mitata suhteuttamalla tuotannon määrä yhteen panostekijään tai useiden panostekijöiden yhdistelmään. Mikäli tuotannon määrää tarkastellaan suhteessa yhteen panostekijään (esim. työpanos), puhutaan osatuottavuudesta. Vastaavasti kun tuotannon määrä on suhteutettu kaikkiin tuotanto-panoksiin, puhutaan kokonaistuottavuudesta. Kokonaistuottavuuden selvittäminen on erittäin vaikeaa, koska muiden panostekijöiden kuin työpanoksen mittaaminen ja yhdisteleminen on erittäin hankalaa (Kallinen 1986). Rantanen ja Holtari (1999, s. 30) pitävät tuottavuuden mittaamista hedelmällisimpänä silloin, kun tuottavuutta voidaan verrata saman yksikön aikaisemman ajanjakson arvoihin. Teknologiateollisuuden julkaisemat tuottavuusluvut on mitattu tuotannon suhteena tehtyihin työtunteihin.

Toiseksi yrityksen rahoittajat ja omistajat tarkastelevat usein yrityksen taloudellista tilaa tilinpäätösanalyysin avulla. Yrityksen hakiessa rahoitusta esimerkiksi tutkimus- tai investointihankkeeseen yrityksen ulkopuolelta voidaan tehdä tutkimus, jossa tutkimuksen keskeinen osa on hankeanalyysi (Yritystutkimusneuvottelukunta 1990).

Kolmas mittaamisen taso on yrityksen sisäinen tai tuoteverstaskohtainen seuranta. Tätä mittaamistasoa käytetään johtamisen välineenä. Mittareilla seurataan kehitystä ja voidaan vertailla yrityksen eri osastojen ja verstaiden kehitystä keskenään. Perinteisesti tuotannon tehtävänä on valmistaa ja toimittaa tuotevalikoita.

maan kuuluvia tuotteita haluttuina aikoina ja määrinä sekä laadultaan tarkoituksemukaisena mahdollisimman pienin kustannuksin. Tuotannon tehokkuutta mitataan toimitusajan, laadun, kustannusten, tuottavuuden ja kannattavuuden mukaan. Tuottavuus määritellään tuotoksen ja panoksen välisenä suhteena esim. kpl/työtunti. Osatuottavuuskäsite liittyy aina eri panostekijöihin. Tyypillisesti erikseen mitataan työn, pääoman ja raaka-aineen tuottavuutta. Usein tuottavuus ilmaistaan käänteislukuna (Chani & Jayabalan 2000)

Tayles ja Drury (1994) tarkastelevat FM-järjestelmien käyttöönoton ja JOT-tuotannon soveltamisen kannattavuutta. He toteavat, että näiden soveltamisen tehokkuutta ei voida mitata vain taloudellisilla mittareilla. Heidän mukaansa tuotannon tehokkuuden mittaaminen saa tulevaisuudessa yhä suuremman merkityksen, samoin tarkempi ja huolellisempi projektin suunnittelu.

Kehittämisen painopisteiden muutokset

Lisäksi Eloranta ym. (1994, s. 66) pitävät investointien tuomaa tuottavuuden parantamista kyseenalaisena, koska teollisuuden tuotantorakenne on viime vuosikymmeninä oleellisesti muuttunut. Tuotantoa on automatisoitu, koneet ja automaatiojärjestelmät korvaavat ihmisten tekemiä työvaiheita, ja näin ollen välittömän työn osuus on pudonnut. Heidän mukaansa suomalaisten metalliteollisuusyritysten työn tuottavuus laski 15 prosenttia vuosina 1986–1991 ja investointien tuottavuus laski 46 prosenttia. Elorannan ja Räisäsen (1986) tutkimuksen mukaan yritykset asettivat 1980-luvulla tuotannon kehittämisen tavoitteiksi tuottavuuden, laadun ja ohjattavuuden parantamisen. Tuottavuus on sidoksissa työn, materiaalin ja pääoman käytön tehokkuuteen. Ohjattavuus riippuu läpäisyajan, toimituskyvyn ja pääoman hallinnasta. Erityistä huomiota tuotannon kehittämishankkeissa on kiinnitetty vaihto-omaisuuden supistamiseen. Lillrankin (1990) mukaan 1990-luvun yritysten keskeisiä tavoitteita on asiakaspalvelukyky, jossa nopeus, laatu ja toimitusvarmuus ovat keskeiset menestystekijät. Alasoinin (2001a) mukaan 1990-luvulla kehittämisen painopiste siirtyi koko jalostusketjun virtaviivaistamiseen. Ylöstalon (2005) mukaan kehittämistoiminta teollisuudessa oli huipussaan vuoden 1995 aikana. Tuottavuutta, laatua ja palvelua koskevat kehittämisohjelmat ovat vähentyneet. Sen sijaan TYKY-toiminta ja työolosuhdeiden kehittäminen ovat lisääntyneet.

2.3.4 Yhteenveto: joustavat valmistusjärjestelmät ja järjestelmien edut

FMS-tekniikassa ei ole tapahtunut viimeisen 20 vuoden aikana paradigmanmuutosta. Perusongelmat ovat edelleen samat: eri laitteiden liitettävyyden, protokollat, monimutkaistuvat järjestelmäkokonaisuudet ja osaamisen sekä käytön hallinnan omaksuminen (Granholm 2007b). Järjestelmätekniikan kehitys on edennyt pienin askelin. Aikanaan mullistavina pidetyt MAP (Manufacturing Automation Procol) sekä CIM ovat jääneet aikansa lapsiksi (Byrd III 2007).

2000-luvun FM-järjestelmien käyttöönottoja koskevia tutkimuksia ei ollut löydettävissä. 1980-luvun lopun ja 1990-luvun alun tutkimuksia leimaa hyvin suuri FM-järjestelmämyönteisyys. Vuosituhannen vaihteen tutkimuksista oli löydettävissä hyvinkin kriittisiä arvioita (Eloranta ym. 1994, Börjesson 1997, Sun 2001, Bayazit 2005).

Tuottavuuden mittausmenetelmät ja kehitys ovat saaneet kritiikkiä. On jopa väitetty, että Suomen 1980-luvun lopun FMS-investoinnit olisivat olleet kannattamattomia (Kotiranta 1993). Tutkimuksissa esitetyt FM-järjestelmillä saavutetut edut tuottavuudessa ovat luokkaa ”tuottavuuden kasvu 120–200 prosenttia” (vrt. taulukko 1). Hyötyläisen (1993) ja Kelleyn (1986) mukaan tuottavuusluvut on usein saatu haastattelemalla ja arvioimalla eikä niinkään mittaamalla taloudellisin mittarein ja tunnusluvin. FMS-tuotannon ja Suomen kone- ja metallituote-teollisuuden pitkän aikavälin tuottavuuden kehittymisen vertailututkimusta ei ole löydettävissä. Kolmas kritiikki koskee ristiriitaisia työn tuottavuuslukuja, vrt. liite A ja Kotiranta (1993) sekä Eloranta ym. (1994).

Tutkimuksissa on jäänyt selvittämättä FMS-tuotantoon parhaiten soveltuva tuotantomalli. Kevyttuotantomalli ja sosiotekninen järjestelmä voisivat lähtökohdiltaan soveltua FMS-työhön.

2.4 Joustava valmistusjärjestelmä sosioteknisenä järjestelmänä

Tuotantotekniikan kehityksessä voidaan havaita mekaniisaatiovaihe ja tietotekniikkaan pohjautuva automaatiovaihe. Mekaniisaatiovaiheessa ensimmäisiä työstö-

koneita käytettäessä ihmisen toimintavapaus oli suuri. Mekanisaation toisessa vaiheessa otettaessa Taylorin opit ja liukuhihna käyttöön työntekijän toimintavapautta rajoitettiin. Tietotekniikkapohjaisen automaation käyttöönotossa NC-koneet otettiin käyttöön Taylorin oppien mukaan. Työntekijöiden toimintavapaus oli edelleen rajoitettu. Koneiden ja solujen muodostamassa automaatiassa, johon FM-järjestelmät kuuluvat, järjestelmä mahdollistaa työntekijälle monipuolisemman toimenkuvan (Jaikumar 1986, Hayes & Jaikumar 1991).

Taylorin opit otettiin Suomessa käyttöön varhain ja niitä on sovellettu tuotannon miehityksen ja työvoiman käytön suunnittelussa. Tieteellinen liikkeenjohto ei koskaan ole sopinut kovin hyvin suomalaisiin pieniin tuotantoyksikköihin ja pienerävalmistukseen. Työnjako työnjohdon ja työntekijöiden välillä on kuitenkin ollut selkeä ja tiukka (Kasvio 1986, Julkunen 1987, Alasoini 1990).

Työn humanisoinnin tutkimus- ja kehittämishankkeiden yhteydessä kiinnitettiin huomiota työsisältöön ja organisointiin. Näiden tutkimusten taustalla oli sosio-tekniinen näkökulma, jossa tuotanto nähdään teknisen ja sosiaalisen järjestelmän muodostamana kokonaisuutena. Automaation ja työn välisen suhteen odotettiin palauttavan työntekijöiden työsisältöön ammattitaidon, itsemääräämisen, vaihtelun, työhön osallistumisen ja yhteisvastuullisuuden (Julkunen 1987 ja 1988, Alasoini 1990).

Joustavan tuotantoautomaation käyttöönoton yhteydessä tieteellisen liikkeenjohdon mukainen työn organisaatio ei ole itsestäänselvyys. Monimutkaista järjestelmää käyttöönotettaessa tekniikan rinnalle on otettu uudet johtamistavat, työtavat ja organisaatio. Järjestelmien käyttöönottotutkimuksissa on nostettu esiin sosiaalisen järjestelmän käsitteitä (Toikka ym. 1988, van Beinum 1988, Julkunen 1988). Hyötyläisen (1993) tutkimuksessa mukana olleiden järjestelmien käyttöönoton pitkittymisen syynä oli liiallinen perinteinen, tekniikkakeskeinen suunnittelutapa. Käyttäjiä ei otettu tarpeeksi huomioon.

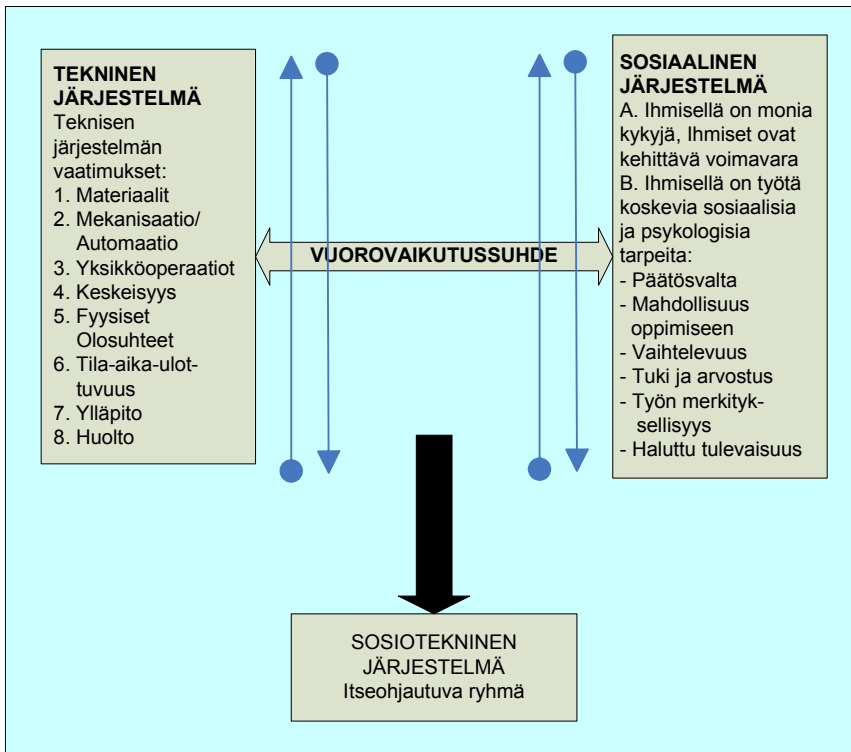
Sosioteknisen järjestelmäteorian esittivät Emery ja Trist vuonna 1960 (Julkunen 1987, Fox 1990). Sosiotekninen teoria pyrki kuvaamaan tehdasta sosioteknisenä järjestelmänä, jossa tekninen järjestelmä (koneet, laitteet, tuotannon kulku) ja sosiaalinen järjestelmä (työnjako, työtehtävät ja työroolit, työntekijöiden tarpeet ja tunteet, yhteistyösuhteet) kietoutuvat toisiinsa (Julkunen 1987, van Beinum 1988). Van Eijnatten (1993) jakaa sosioteknisen järjestelmäteorian kehityksen

kolmeen vaiheeseen: Sosioteknisen ajattelun pioneerivaihe ajoittuu vuosiin 1949–1959 ja klassinen sosioteknisen ajattelun vaihe vuosiin 1959–1971. Moderni vaihe alkoi vuoden 1971 jälkeen.

Cherns (1976) esittää sosioteknisen järjestelmän suunnitteluun seuraavat periaatteet: Ensiksi prosessin suunnittelun ja päämäärien tulee olla yhteensopivia. Toiseksi on minimoitava kriittiset tehtävät ja tehtävien välinen roolijako. Kolmanneksi on minimoitava vaihtelu, mahdollistettava monipuoliset tehtävät ja määritettävä rajattu alue. Neljäntenä on informaatiovirta. Viidentenä on yhdenmukainen tuki kaikille ryhmän jäsenille. Kuudentena ovat yhteiset arvot, kuten mahdollisuus oppimiseen, päätöksentekoon, sosiaaliseen kanssakäymiseen, haluttuun tulevaisuuteen ja vaihtelevuuteen työssä.

Sosiotekninen järjestelmä esittää organisaatiot avoimina järjestelminä, joissa tietty tuotantotekniikka ei määrää yhtä organisaatiomuotoa, vaan yrityksissä on valinnan mahdollisuus. Avointen järjestelmien on katsottu soveltuvan erityisesti alati muuttuviin olosuhteisiin (Julkunen 1987, Hendrick 1987, van Beinum 1988, Vartiainen 1994). Van Beinum (1988) määrittää sosioteknisen järjestelmän riippuvuussuhteet organisaation ja sen moninaisen ympäristön välillä sekä riippuvuuden ihmisen ja tekniikan välillä (kuva 2).

Tuotantotekniikka on jaettu perinteisesti yksittäis- tai piensarjatuotantoon, massatuotantoon ja prosessituotantoon. Tietopohjainen tekniikka käsittää rutiininomaiset tekniikat, insinööritekniikat ja ammattikunta-kohtaiset (tietopohjaiset) tekniikat (esim. lakimies). Tekninen riippuvuus on jaettu ylhäältä johdetuksi, välittäväksi ja intensiiviseksi tekniikaksi. Järjestelmien monimutkaistuessa, muuttuessa ennalta arvaamattomiksi ja turbulenttisiksi, vaatimukset organisaatiolle, joustavuudelle ja uuden oppimiselle tulevat yhä tärkeämmiksi. Sosiotekninen järjestelmä yhdistää teknisen järjestelmän, layoutin, materiaalin ja työvälineet, jotka luovat ja määräävät tehtävät, jotka on hoidettava. Sosioteknisen järjestelmän tulee löytää soveltuvin työjärjestelmä kriittisten teknisten vaatimusten käyttöön (van Beinum 1988).



Kuva 2. Sosiotekninen järjestelmä (van Beinum 1988, s. 6).

Sosioteknisen koulukunnan perusteiden mukaan ensiksi tietyllä tuotantotekniikalla voidaan valita erilaisia työn organisaatioita. Toiseksi tuotannossa ei voida erikseen optimoida tekniikkaa ja sosiaalista organisaatiota. Kolmanneksi yritysten toimintaympäristön muutokset edellyttävät tuotanto-organisaatiolta itseohjautuvuutta (Julkunen 1987, van Beinum 1988).

Sosioteknisessä järjestelmässä ympäristö luokitellaan sosioekonomiseksi, opetukselliseksi, poliittiseksi ja kulttuurilliseksi (Hendrick 1987). Hörte ja Lindberg (1994) esittävät tuotantoautomaation käytölle sosiotekniseen teoriaan perustuvan mallinsa, joka rakentuu ihmiskeskeisestä johtamisesta ja tekniikkakeskeisestä lähestymistavasta. Ihmiskeskeistä johtamistapaa kuvataan vaihtoehtoisena strategiana, jossa työntekijöiden tehtävät ja organisaatiot kehittyvät ja jossa layout ja järjestelmän materiaalitoiminta ovat virtaavia. Ihmiskeskeinen johtamistapa ei pyri minimoimaan henkilötarvetta, vaan käyttää hyvin motivoitunutta ja koulutettua työvoimaa. Tekniikkakeskeisessä strategiassa vähäinen ja hyvin koulutettu

ja taitava työvoima käyttää suuren automaatioasteen omaavaa järjestelmää. Kolmanneksi Hörte ja Lindberg esittävät teknologisen ja ihmiskeskeisen strategian yhdistelmää. Nordahlin ja Nilssonin (1996) mukaan monitaitoinen henkilöstö on keskeisimpiä resursseja joustavassa tuotannossa.

Brödner (1990) esittää mallinsa ihmiskeskeisestä tietokoneintegroidusta tuotannosta (Computer and Human-Integrated Manufacturing, HCIM). Tässä tuotantojärjestelmät muodostavat automaatioosaarekkeitä, joissa valmistetaan tiettyjä osaperheitä hyvin koulutetulla työvoimalla tietokonetta ja tietotekniikkaa hyväksikäyttäen. Näissä työntekijät työskentelevät ryhmissä (team), ja tehtävänkuvat vaihtelevat ja muodostavat rikkaamman työsisällön.

2.4.1 Tekninen järjestelmä

Kuvassa 2 esitetään sosiaalisen ja teknisen järjestelmän ominaispiirteitä. Tekniseen järjestelmään kuuluvat materiaalit, jotka tuotetaan tai jalostetaan. Mekaniisaation ja automaation taso on eräs tärkeimmistä piirteistä. Muutettaessa tai kehitettäessä automaatiota teknisessä järjestelmässä automaatio muuttaa myös muita teknisen tai sosiaalisen järjestelmän vaatimuksia. Yksikköoperaatiot ylläpitävät ja muuttavat prosessia. Ne muodostuvat tehtäviksi, joista henkilö tai ryhmä vastaa. Keskeisyyden asteella tarkoitetaan tehtävien vaativuutta. Fyysiset olosuhteet tulevat esiin meluna, ilman epäpuhtautena ja likana. Tila-aikavarauksella tarkoitetaan tehtävien suorituksen kiireellisyyttä, valvontaa, yhteistä vastuuta ja ihmisten välisten kontaktien tarvetta. Huolto ja ylläpito ovat osa teknisen järjestelmän ylläpitoa (van Beinum 1988).

Sosioteknisestä järjestelmästä on muistettava, että jokaisessa teknisessä järjestelmässä on omat vaatimukset sosiaaliselle järjestelmälle ja työympäristölle. FMS-tekniikan käytössä voidaan soveltaa sosioteknisen järjestelmän piirteitä. FMS voidaan kuvata sosioteknisesti tekniikan, käyttöhenkilöstön ja ympäristön muodostamana avoimena järjestelmänä. FM-järjestelmällä valmistetaan piensarjatuotannon mukaisesti vaihtelevassa järjestyksessä tuotteita, joissa käyttöhenkilöstöllä on valmistuksen ohjauksessa ja prosessin ylläpidossa ratkaiseva merkitys. Ympäristö ohjaa järjestelmää mm. antaen valmistuspyyntöjä, ja ympäristölle annetaan pyyntöjä materiaaleista, työkaluista ja ohjelmista. Toisaalta henkilöstö on vastuussa kalliista laitteista, korkeasta käyttösuhteesta ja suurista tuottovaatimuksista ympäristölle (Julkunen 1988, Börjesson 1997).

FMS sitä käyttävine henkilöineen on hyvin monimutkainen sosiotekninen järjestelmä. Tekninen järjestelmä muodostuu useista NC-koneista ja työstökoneista, materiaalinkäsittelylaitteista, tietokoneista, prosessin ohjausjärjestelmästä, työkaluista, työkalujen hallinta- ja asetusjärjestelmistä ja NC-ohjelmista. Järjestelmä on hyvin pitkälle automatisoitu ja voi toimia useita tunteja miehittämättömänä, jolloin NC-koneiden ja FM-järjestelmän ohjaukset valvovat prosessin toimintoja. Börjessonin (1991) mukaan korkealla järjestelmän automaatioasteella luodaan mahdollisuuksia sosiotekniselle toimintatavalle. Korkea automaatioaste antaa vapauksia valita ja suorittaa tehtäviä käyttäjän mielen mukaan ja vähentää välitöntä järjestelmän huolehtimisen tarvetta. Järjestelmä vaatii ylläpitoa ja kappaleiden, ohjelmien ja työkalujen vaihtamista ja huoltamista. Ihminen toimii joustavasti järjestelmän toimintojen ylläpitäjänä ja kehittäjänä. Korkeasta automaatioasteesta ja lukuisista ohjaustasoista ja järjestelmistä johtuen järjestelmän sisäiset ja ulkoiset riippuvuudet eivät ole aina selvästi havaittavissa ja ymmärrettävissä. FM-järjestelmän voidaan katsoa muodostuvan materiaalin-, informaation- ja työkalujen käsittelyn muodostamasta teknisestä järjestelmästä, jossa käyttäjällä on ylläpitävä, ohjaava ja kehittävä rooli.

2.4.2 Sosiaalinen järjestelmä

FM-järjestelmän käyttäjät ja järjestelmän käyttöön liittyvät välilliset henkilöt muodostavat sosiaalisen organisaation. Sosiaalinen organisaatio suunnittelee ja ratkaisee työnjaon, työn roolit ja tehtävärakenteet FM-järjestelmän käytössä. Sosiaalisen organisaation suunnittelussa lähtökohtana on kaksi tekijää: **1) ihmisillä on monia kykyjä, ja he ovat kehitettävä voimavara, ja 2) ihmisillä on työtä koskevia sosiaalisia ja psykologisia vaatimuksia** sen lisäksi, että heillä on työsuhteeseen liittyviä vaatimuksia, kuten palkka, työaika jne. Ihmisen tarpeet kohdistuvat mahdollisuuteen osallistua omaa työtä koskevaan päätöksentekoon, oppia työssä, vaihtelevuuteen työssä, olosuhteisiin, joissa saa tukea ja arvostusta työtovereilta, tunnetta työn merkityksellisyydestä ja haluttavaa tulevaisuutta. Sosioteknisen teorian mukainen organisaatio on osittain itseohjautuva (kuva 2). Ryhmällä on kokonaisuudessaan vastuu ja taito hoitaa joukkoa tehtäviä (van Beinum 1988, Vartiainen 1994).

Itseohjautuvassa työssä voidaan nähdä seuraavia työn piirteitä (Julkunen 1988, Vartiainen 1994, Börjesson 1996):

- 1. Vaakatason työnjako:** Työtehtävät sisältävät monia eri samantasoisia tehtäviä ja toimintoja. Työntekijät voivat kiertää tehtävästä toiseen, ja työryhmä hallitsee tehtävät. Työntekijöillä on pyrkimys kehittyä ja oppia kaikki ryhmän tehtävät. Ryhmällä on päätösvalta näihin tehtäviin.
- 2. Pystysuora työnjako:** Työtehtävät sisältävät henkisiä ja ruumiillisia toimintoja. Henkisiä tehtäviä on siirretty työnjohdolta ja esimiehiltä työryhmälle. Työryhmässä on ryhmän itse valitsema johtaja tai edustaja.
- 3. Ennaltamäärääminen:** Työt ovat joustavia, ja ryhmä voi itsenäisesti suunnitella, toteuttaa ja jakaa tehtävät keskenään.
- 4. Työtehtävien välisten riippuvuuksien ja tuotantoprosessin sisältämän vaihtelevuuden hallinta:** Ryhmä voi itse toteuttaa ja päättää, miten ja missä järjestyksessä ryhmän vastuulla olevat tuotantoprosessin tehtävät toteutetaan. Ryhmä kontrolloi itse poissaolojaan ja osallistumistaan eri tehtäviin.
- 5. Tehokkuus:** Ryhmäjärjestelmä synnyttää tehokkuutta valmistusprosessissa, materiaalien hankinnassa, tuotteiden toimittamisessa, ryhmän jäsenten valinnassa ja palkkauksessa.
- 6. Tasapuolisuus:** Työntekijät voivat itse vaikuttaa työympäristön kehittämiseen, työn organisointiin ja sisäiseen työnjakoon.

Edellä mainitut työn piirteet ovat niitä, jotka FM-järjestelmien käyttöönotossa ovat tulleet esille monesti yritysten ja erehdysten kautta (Julkunen 1988).

2.4.3 Sosioteknisen järjestelmän kriittinen tarkastelu joustavan tuotantotekniikan näkökulmasta

Van Beinum (1988) toteaa, että perinteinen sosiotekninen teoria on vanhentunut uuden joustavan tuotantotekniikan työympäristöä suunniteltaessa. Ongelmia tulee siitä, miten informaatiojärjestelmät ja informaation käsittely muuttavat tehtävien ja vaatimusten määrittystä. Toisaalta taloudellinen ulottuvuus tulee yhä merkityksellisemmäksi osaksi sosioekonomista järjestelmää. Kolmanneksi tekniset järjestelmät tulevat yhä enemmän riippuvaisiksi ihmisen työpanoksesta. Tämä aiheuttaa paineita koulutukselle ja yritysstrategioiden kehittämiselle.

Parkm ja Han (2002) toteavat, että tehtävien ja työrakenteiden merkitys kasvaa yhä enemmän otettaessa käyttöön kehittynyttä tuotantotekniikkaa. Taitojen (tietämystaidot), tietojen (informaation käsittely) ja tekniikan välisen riippuvuuden merkitys kasvaa yhä merkittävämmäksi. Tutkimuksessa on jäänyt selvittämättä sosioteknisen järjestelmän tehokkuus uuden tuotantotekniikan käyttöönotossa.

Niepe ja Molleman (1998) ja Paez ym. (2004) ovat hahmottaneet kevyttuotantoa ja sosioteknistä järjestelmää yhdistäviä tekijöitä. Kumpikin analyysi painottuu kevyttuotantoon. Niepe ja Molleman (1998) ehdottavat tutkimusta, jossa etsitään paras sovellus molempien tuotantomuotojen parhaista piirteistä. Paez ym. (2004) pitävät tärkeänä teknisen järjestelmän vaatimuksia ihmisen käytännölle, mutta kuitenkin he eivät ota kantaa sosioteknisen järjestelmän kykyyn hallita laatua, kustannuksia, tuottavuuden kehitystä ja aikapainetta.

Osittainen itseohjautuvuus on saanut osakseen kritiikkiä, koska toimintaa aina ohjataan jossakin muodossa. Tässä onkin merkitystä sillä, kuinka työntekijät kokevat yrityskulttuurin, normit, yrityksen tavoitteet, valvonnan ja taloudelliset kiihokkeet (Julkunen 1988). Yrityskulttuuri-käsitteen popularisointi Suomessa tapahtui 1980-luvun alussa. Sen keskeisinä teemoina olivat asiakaslähtöisyys ja yrityksen kannattavuus, mutta ihmisten johtamiseen liittyviä perusarvoja ei työnjohdossa käsitelty. Yrityskulttuuri otettiin johtamisen välineeksi ja sen keskeiseksi arvoksi nostettiin inhimillinen kasvu sekä kovien ja pehmeiden arvojen vaikutuksen tasapainottaminen johtamisessa (Schein 1987, Alvesson & Berg 1992).

Sosioteknisellä periaatteella suunnitellut tuotantotavat ovat saaneet kritiikkiä tuottavuuden korostamisesta (Gustavsen 1993, s. 185). Esimerkkinä tästä ovat Volvon Kalmarin ja Uddevallan tehtaiden sulkemiset. Aikanaan tehtaat perustettiin mallitehtaita, joissa työntekijät toimivat 15–20 hengen itsenäisissä ryhmissä. Gustavsen pitääkin tapausta Skandinaviassa merkittävänä käänteenä kohti taylorismia.

Seppälän ja Klemolan (2004) tutkimus osoittaa, että suomalaisissa konepajoissa on käytössä sosioteknisen järjestelmän ja kevyttuotannon sekamalli. Voidaanko kyseistä tulosta vahvistaa tässä tutkimuksessa?

2.5 Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto

2.5.1 Käyttöönoton vaiheet

Hyötyläinen (1993) ja Sun ja Riis (1994) jakavat FM-järjestelmän suunnittelun ja käyttöönoton neljään vaiheeseen: (1) tavoitteiden määrittely, (2) suunnittelu-vaihe, (3) ylösajo (käyttöönotto) sekä (4) käyttö ja kehittämistoiminta. Syitä järjestelmän käyttöönottoon ovat nykyisen valmistusjärjestelmän suoritustason puutteellisuus ja tulevaisuuden tarpeet (Gerwin & Leung 1986). Usein tuotantotekniikan kehittäminen liittyy yrityksen pitkän tähtäimen suunnitelmiin ja valittuun liiketoiminta- ja tuotantostrategiaan. Yleensä FM-järjestelmän soveltamismahdollisuuksien määrittäminen on aloitettu esitutkimuksella, jossa on kartoitettu olemassa olevan tuotantotekniikan ongelmia ja hahmoteltu tulevaa tuotantotekniikkaa (Hyötyläinen 1993).

Tavoitteiden määrittelyssä asetetaan ja tarkennetaan FM-järjestelmän tekniset, tuotannolliset ja taloudelliset tavoitteet. Tavoitteet voivat koskea mm. seuraavia seikkoja: tuoteperhe, tuotteiden laatu, kapasiteetti, kustannustaso, joustavuus, työvoima, toimitusaika- ja varmuus, keskeneräinen tuotanto ja varastot (Hyötyläinen 1993).

Varsinaisen suunnittelun Hyötyläinen (1993) jakaa järjestelmäsuunnitteluun ja organisaation suunnitteluun. Järjestelmäsuunnittelu koskee tuotteiden ja tuoteperheen suunnittelua, valmistusprosessin ja -tekniikan suunnittelua sekä ohjausjärjestelmän suunnittelua. Organisaatiosuunnittelussa tehdään työn organisaatio- ja koulutustavan valinta ja suunnittelu. Suunnitteluvaihe johtaa investointisuunnitelmaan ja laiteinvestointeihin. Näin siirrytään toteutusvaiheeseen. Suunnitteluvaihetta Mohsen (1992) ja Chani ja Jabalayan (2000) pitävät kaikkein tärkeimpänä projektin onnistumisen kannalta.

Toteutusvaihe konkretisoituu käyttöönotossa. Käyttöönotto käsittää asennuksen ja käyntiinajon sekä varsinaisen käyttöönoton eli järjestelmän ylösajon. Järjestelmän sisäänajossa tapahtuu käytön lopullinen opettelu ja järjestelmän vikojen korjaaminen (Blumberg & Gerwin 1984, Hyötyläinen 1993). Tässä tutkimuksessa käyttöönottovaihetta nimitetään rakentamis- ja käyntiinajovaiheeksi.

Rakentamis- ja käyntiinajovaihetta seuraa varsinainen järjestelmän normaali käyttö. Ensimmäisten kuukausien aikana tapahtuu vielä käyttövirheitä ja ohjelmistoissa on edelleen parannettavaa. Voidaankin sanoa, että ensimmäinen vuosi on jatkuvaa parantamista ja kehittämistä (Kuisma 1990).

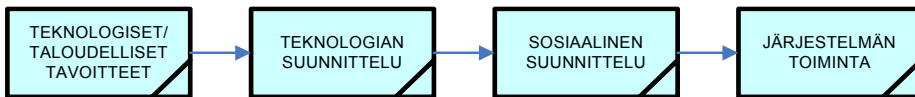
Ollus ym. (1990) pitävät investoinnin perusteluja ja investointilaskelmia, FM-järjestelmän suunnitteluprosessia, järjestelmätoimittajan ja käyttäjän suhdetta sekä koulutusta käyttöönoton ja käytön kriittisenä tekijänä.

2.5.2 Käyttöönottostrategiat

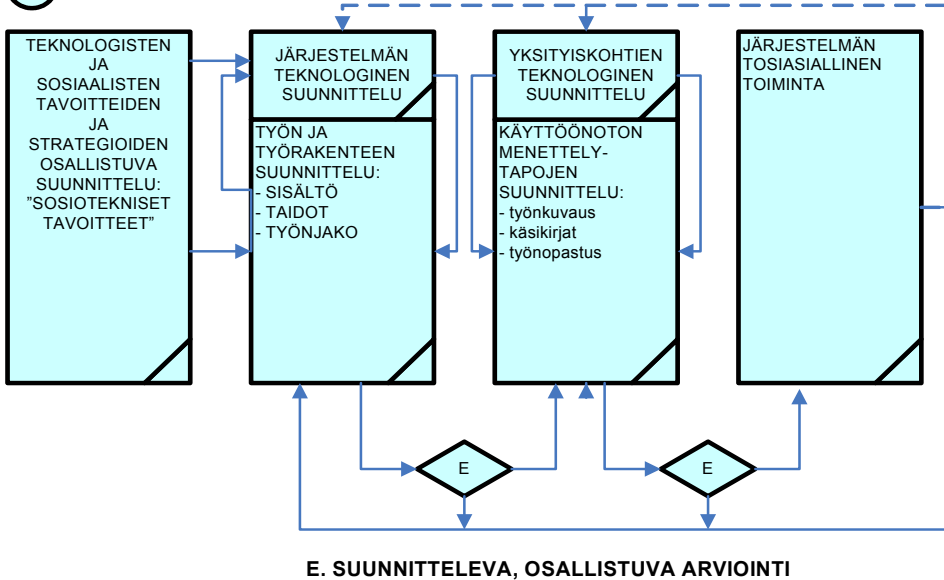
Käyttöönottostrategialla tarkoitetaan FM-järjestelmän koko käyttöönottoprosessin toteutustavan valintaa, joka koskee käyttöönoton suunnittelua, käyttäjien toimintaa ja käyttöönottoprosessin toteutusta. Toteutustavan valinnalla on ratkaiseva merkitys käyttöönoton onnistumiseen. Toteutustavan valinta ratkaisee mm. eri henkilöstöryhmien osallistumisen, projektiorganisaation, informaationkulun ja tulevan työn organisaation. Käyttöönottostrategioiden käsitteistö on sekavaa, sillä käyttöönottostrategioihin sekoitetaan tuotantomallit, käyttöönoton eri vaiheet ja organisoinnin eri periaatteet. Hjelm ym. (1990) jakavat käyttöönoton teknisiin ja organisaatiomuuttujiin. Boerin ym. (1990) mukaan organisaatiotekijöitä ovat puoli-itseenäiset ryhmät, monitaitoiset henkilöt, laajan tehtäväkuvan omaava ryhmä ja ongelmanratkaisukykyinen automaatioosaareke.

Käyttöönottostrategioiksi ovat muodostuneet perinteinen eli tekniikkakeskeinen käyttöönottostrategia ja käyttäjäkeskeinen eli osallistuva käyttöönottostrategia, (kuva 3, Köhler & Schultz-Wild 1983, Kemp ym. 1984, Hacker 1986, Weber ym. 1986, Brödner 1990, Börjesson 1991). Muita, uudempia strategioita ovat työkeskeinen järjestelmäsuunnittelu ja kevyttuotantomalli (Hyötyläinen 1993). Kelley (1986) jakaa käyttöönottotavat tieteellisen liikkeenjohdon mukaiseen (Taylorin oppien mukaiseen) käyttöönototapaan, tekniikkakeskeiseen osallistuvaan käyttöönototapaan ja työntekijäkeskeiseen osallistuvaan käyttöönototapaan. Kaikissa edellä mainituissa strategioissa sivuutetaan itse käyttöönottoprosessi tai se saa vain vähän huomiota.

A PERINTEINEN MALLI



B "TOISTUVA" OSALLISTUVA MALLI



Kuva 3. Perinteinen ja osallistuva kehittämisstrategia (ks. Hacker 1986, s. 118).

Tekniikkakeskeinen (perinteinen) käyttöönottostrategia

Tekniikkakeskeisen käyttöönottostrategian juuret voidaan nähdä tieteellisen liikkeenjohdon (Taylorin) opeissa. Tekniikkakeskeisessä lähestymistavassa järjestelmän suunnittelu ja käyttöönotto ovat erillisiä toimintoja. Järjestelmä suunnitellaan mahdollisimman valmiiksi, ja pyrkimyksenä on mahdollisimman automaattinen järjestelmä, jossa työtä pyritään rationalisoimaan ja korvaamaan ihmistyövoimaa. Käyttäjän rooli järjestelmässä on toimia koneen osana ja järjestelmän valvojana. Ohjausjärjestelmästä pyritään suunnittelemaan automaattista ja etäältä ohjattavaa sekä valvottavaa (Köhler & Schultz-Wild 1983 ja 1985, Blumberg & Gerwin 1984, Toikka 1986, Kelley 1986, Vartiainen ym. 1986, Kuisma 1990, Börjesson 1997, Hyötyläinen 1993 ja 1998, Chani & Jayabalan 2000).

Perinteistä, korvaavaa strategiaa luonnehtivat seuraavat asiat (Köhler & Schultz-Wild 1983 ja 1985, Vartiainen ym. 1986, Toikka 1986, Kuisma 1990):

- Henkilöstön suhteellisen matala osaamis- ja taitotaso, jopa ammattitaidotonta työvoimaa käytetään.
- Jyrkkä horisontaalinen ja vertikaalinen työnjako järjestelmien sisäisissä toiminnoissa: koulutetut työnjohtajat tai ryhmänvetäjät vastaavat suunnittelusta ja tuotannon ohjauksesta, vähemmän koulutetut työntekijät vastaavat rajatuista tuotantotehtävistä, ammattitaidottomia aputyöntekijöitä käytetään esimerkiksi kappaleiden panostamiseen ja purkuun järjestelmässä.
- Varsinainen suunnittelu ja korkea ammattitaitoa vaativat valmistelutehtävät (esimerkiksi ohjelmointi) kuuluvat järjestelmän ulkopuolisille yksiköille.
- Suurin osa oppimisesta tapahtuu harjaantumalla työssä yritys ja erehdys -menetelmällä; työn ulkopuolista koulutusta annetaan lähinnä työnjohtajille, ohjelmoijille ja kunnossapitohenkilöstölle; koulutuksesta huolehtivat yleensä koneiden ja laitteiden toimittajat.
- Järjestelmä miehitetään valitsemalla vanhan tuotannon parhaat työntekijät.

Börjessonin (1991) mukaan tämä strategia on perinteinen, funktionaalinen tapa toimia. Työn organisaatio perustuu hierarkkiseen työnjakoon ja kapea-alaiseen osaamiseen. Automaatiolla pyritään rationalisoimaan välitön työ, ja pyrkimyksenä on automaattinen miehittämätön tehdas (Köhler & Schultz-Wild 1983 ja 1985, Toikka 1986, Vartiainen ym. 1986, Bullinger ym. 1986, Kuisma 1990, Hyötyläinen 1993).

Tekniikkakeskeisessä käyttöönottostrategiassa säästetään kustannuksia koulutuksessa, sillä pääosa koulutuksesta tapahtuu harjoittelemalla käytännön työssä. Toisaalta korkea-asteinen valvontatekniikka ja ohjelmointi erillisessä ohjelmointiyksikössä sekä DNC-tekniikka mahdollistavat vaativien töiden tekemisen muualla. Perinteisellä tavoin organisoitu työ ei yleensä aiheuta muutosvastarintaa (Köhler & Schultz-Wild 1983).

Köhlerin ja Schultz-Wildin (1983) mukaan tuotannolliset ongelmat ovat yleisesti tunnettuja tässä organisaatiomuodossa. Normaalin työajan ulkopuolella ei saavuteta korkeata käyttösuhdetta, koska järjestelmän käyttöön liittyy paljon FMS-käytön ulkopuolisten suorittamia ylläpitotehtäviä, joita ovat mm. vikojen korjaus, työkalujen asetus ja ohjelmointi. Ongelmia seuraa lisäksi henkilöstön alhaisesta motivaatiosta, joka on seurausta hierarkkisesta ja ositetusta työnjaosta. Toisaalta jos normaaliin tuotantoon tulee poikkeavia muutoksia, niiden hallinta voi aiheuttaa ylimääräisiä riskejä ja kustannuksia. Hierarkkinen organisaatio saattaa aiheuttaa laadunhallinnan ongelman vastuun jakaantuessa monelle taholle (Köhler & Schultz-Wild 1983). Adlerin (1994) tutkimuksen mukaan perinteisellä tavalla organisoitu käyttöönotto voi johtaa yhtä hyvään tulokseen kuin käyttäjäkeskeinen käyttöönottopa.

Käyttäjäkeskeinen osallistava järjestelmän käyttöönottostrategia

Käyttäjäkeskeisessä käyttöönottostrategiassa on sosioteknisen lähestymistavan mukaisia piirteitä. Sosioteknisen lähestymistavan mukaan tuotantojärjestelmiä pitää lähestyä monimutkaisina ja dynaamisesti kehittyvinä avoimina järjestelminä, jotka käsittävät kaksi alajärjestelmää: teknisen ja sosiaalisen järjestelmän. Tämän mukaan tuotantojärjestelmä on tehokas vain, jos molemmat osajärjestelmät toimivat hyvin, mikä merkitsee sitä, että osajärjestelmät täytyy koordinoida keskenään (Kelley 1986, Julkunen 1988, Kuisma 1990, Hyötyläinen 1993).

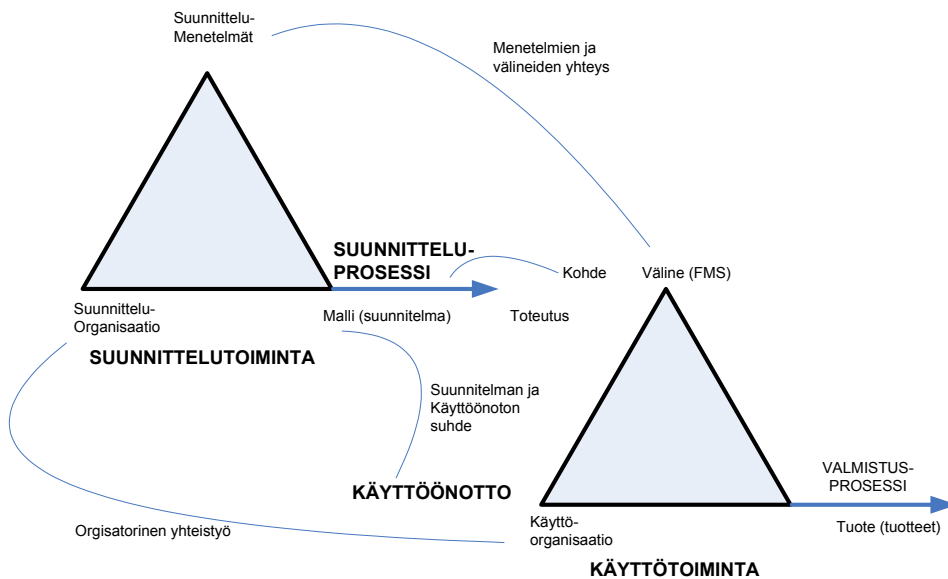
Käyttäjäkeskeinen lähestymistapa nähdään vaihtoehtona tekniikkakeskeiselle lähestymistavalle (Brödner 1990). Käyttäjäkeskeistä lähestymistapaa kuvaa työntekijöiden osallistuminen ja ammattitaidon hyödyntäminen. Koko henkilöstöllä on samantasoinen, suhteellisen korkea osaamis- ja taitotaso. Järjestelmän sisäisissä toiminnoissa ei ole jyrkkää työnjakoa, vaan kukin työntekijä on periaatteessa pätevä hoitamaan kaikkia työtehtäviä ryhmätyön ja työkierron rajoissa. Suunnittelu- ja valmistelutehtävät tehdään ryhmän toimesta järjestelmän sisällä, ja ainoastaan vaativimmat ohjelmointi- ja korjaustehtävät kuuluvat erikoishenkilöstölle. Välittömän johtamisen tarve on vähäistä, ja ratkaisut tehdään ryhmän sisällä. Työn ulkopuolisen koulutuksen osuus on huomattava, pyrkimys on antaa perustiedot sekä työstöstä että tietotekniikasta. Järjestelmä miehitetään valitsemalla ryhmän jäsenet erilaisia ammattitaitoja omaavista työntekijöistä (Köhler & Schultz-Wild 1983 ja 1985, Toikka ym. 1985, Toikka 1986, Wall ym. 1990a, Vartiainen ym. 1988, Börjesson 1991).

Käyttäjakeskeisen lähestymistavan eduiksi Köhler ja Schultz-Wild (1983) mainitsevat, että palkkataso muodostuu FMS:ssä korkeammaksi kuin perinteisessä valmistuksessa, mikä johtuu korkeammista ammattitaitovaatimuksista. Osallistuva käyttöönotto tulee kalliimmaksi, mutta pitkällä aikavälillä käyttäjien ongelmien ratkaisukyky kasvaa ja saavutetaan kustannussäästöjä. Käyttösuhde on parempi, koska käyttäjät pystyvät ohjelmoimaan, huoltamaan ja tekemään pieniä korjauksia itse. Ei olla riippuvaisia erikoisasantuntijoista, jotka usein työskentelevät vain päivävuoroissa. Motivaatio korkealaatuiseen tuotantoon on korkeampi. Henkilöiden laaja-alainen koulutus parantaa osaamista, ja ryhmää muodostettaessa mukaan otettavien osaamisen lähtötaso voi olla alempi.

Haittapuoliksi vaihtoehtoisessa organisaatiossa Köhler ja Schultz-Wild (1983) mainitsevat, että tasainen työnjako vaatii interaktiivisen ohjauksen FMS:n ja NC-koneilla tapahtuvan ohjelmoinnin välillä. Osaston ja homogeenisen FMS-työryhmän yhteistyö oli vaikeaa. Jos järjestelmän henkilökunta on alakoulutettu, korkeat järjestelmän tuoton vaatimukset saattavat johtaa FMS-työntekijöiden keskittymiseen tiettyihin rutiinitöihin, eivätkä he halua tehdä muiden töitä. Laaja työkierto ei toteudu. Lisäksi koulutuksen järjestäminen vaatii infrastruktuuri-investointeja (opettajat, koulutusohjelmat ja oppimateriaalit). Tämä oli mahdollista tehdä vain pitkän tähtäyksen suunnittelulla. Fix-Sterzin ym. (1986) mukaan homogeeninen käyttäjäryhmä tulee vallitsevaksi tulevaisuudessa. FMS:n organisointi on luonnollista järjestää uudella tavalla, koska FMS-työ on useiden tutkimusten mukaan luonteeltaan ryhmätöitä (Aliot 1984, Köhler & Schultz-Wild 1983, Toikka ym. 1985, Vartiainen ym. 1986, Gupta ym. 1993).

Käyttösuuntautuneen suunnittelun malli

Käyttösuuntautuneessa suunnittelun mallissa käyttäjät osallistuvat suunnittelu-prosessiin ja käyttöönotto nähdään suunnittelun jatkona. Tämä edellyttää suunnitteluorganisaation ja käyttöorganisaation organisatorista yhteistyötä (Dittrich & Lindeberg 2004). Mallissa järjestelmän käyttöönotto nähdään kehittyvänä toimintajärjestelmänä, johon kuuluu järjestelmäkonseptin suunnittelu, yksityiskohtainen tekninen suunnittelu ja teknisten suunnitelmien integrointi (kuva 4). Suunnittelu jatkuu käyttöönotossa, ja suunnittelu nähdään oppimis- ja koulutusprosessina (Hyötyläinen 1993). Hyötyläisen mallissa korotetaan kehittämistä, mutta malli ei ota kantaa siihen, miten kehittämistä toteutetaan käyttöönoton jälkeen pitkällä aikavälillä.



Kuva 4. Käyttösuuntautuneen suunnittelun malli (Hyötyläinen 1993, s. 104).

2.5.3 Käyttöönottoprosessin toteutus

Käyttöönottoprosessissa konkretisoituu valittu käyttöönottostrategia, johon kuuluvat työn organisaation ja tehtävien muodostaminen, käyttöönottokoulutus ja henkilöiden osallistuminen käyttöönottoon.

Työn organisointi ja työn sisältöjen kehittäminen FM-järjestelmissä

FM-järjestelmän työn organisoinnin suunnittelu on osa järjestelmän käyttöönoton suunnittelua ja toteutusta. Työn organisoinnin suunnittelu ja työn sisältöjen kehittäminen käsittävät järjestelmän käytön organisoinnin, annettavan koulutuksen, työpisteiden suunnittelun, työnjaon ja johtamistavan sekä työkuultuurin muodostumisen. Wall ym. (1990b) jakavat uuden valmistustekniikan työn piirteet neljään osa-alueeseen: 1. ohjaus ja valvonta, 2. tiedolliset vaatimukset (ongelmanratkaisu), 3. vastuu tuotannosta (vastuu tuotannon tuloksesta ja kalliista virheistä) ja 4. sosiaalinen sidonnaisuus (kanssakäyminen, auttaminen, kannustus, suosio, tuki, palaute). Jackson ja Wall (1991) pitävät erityisen tärkeänä työnmuotoilun merkitystä kehitettäessä työsisältöjä ja työkokonaisuuksia. Tällöin päästiin seisokeissa jopa 80 prosentin vähenemiseen.

Koulutus käyttöönoton yhteydessä

Uuteen tekniikkaan kouluttamista voidaan tarkastella määrällisenä ja laadullisena haasteena. Blumbergin ja Alberin (1982), Köhlerin ja Schultz-Wildin (1983), Toikan ym. (1985), Vartiaisen ym. (1986), Schonbergerin (1989), Guptan ym. (1993) ja Chanin ja Jayabalanin (2000) mukaan FMS-työ voidaan toteuttaa ryhmätyönä ja laaja-alaisella koulutuksella voidaan vaikuttaa myönteisesti järjestelmän ja tuotantolaitoksen käyttösuhteeseen.

Fix-Stertz ym. (1986) esittävät 12 päivää koulutuksen keskimääräiseksi pituudeksi FMS-tekniikkaan (N = 278, FMS:t ja solut). Seppälä ym. (1988b) kouluttivat käyttäjiä kaikkiaan 30 päivää, joista varsinaisen FMS-koulutuksen osuus oli 9 päivää. Koulutus toteutettiin käyttöönoton yhteydessä ja sitä kutsuttiin systeemi-koulutukseksi (Norros ym. 1988).

Systeemikoulutus (Toikka 1986) toteutetaan mallijärjestelmillä, joissa käyttäjille annetaan systeemimallit ja suoritusmallit. Osan malleista oppilaat muodostavat itse kouluttajan ohjauksessa. Tätä koulutustapaa kokeiltiin Linnavuoren FMS:n käyttöönoton yhteydessä. Kokemukset olivat tutkijoiden mukaan myönteisiä, mutta tutkimuksen tavoitteeseen, ”kaikki osaavat kaikki tehtävät”, ei aivan päästy.

Saksalaisessa FM-järjestelmän käyttöönottoa koskevassa tutkimuksessa, jossa rakennettiin koetehdas, koulutusohjelma suunniteltiin kaikille käyttäjille sisältäen työhön liittyvät välttämättömät ammattitaitovaatimukset (Köhler & Schultz-Wild 1983). Koulutus sisälsi työn uudet elementit, kuten koneiden rikkoutumisen jälkeisen korjaamisen. Tämä antoi hyvät mahdollisuudet vähittäiseen oppimiseen ja järjestelmän toimintaperiaatteiden ymmärtämiseen. Toisen ryhmän koulutus oli systemaattisemmin rakennettu. Koulutusjakso kesti kaikkiaan 1,5 vuotta kummallakin ryhmällä (Köhler & Schultz-Wild 1983). Yritykset eivät kuitenkaan anna jatkuvaa koulutusta, vaan koulutus jää käyttöönottoon. Koulutuksen vähäisyys tulee ilmi ongelman ratkaisussa, jossa tarvitaan syvällisempää tietoa puoliautomaattisen prosessin ohjauksesta (Mårtensson 1996).

Käyttäjien osallistuminen käyttöönottoon

Käyttäjien osallistuminen järjestelmien käyttöönottoon on ollut vähäistä, tai se on tapahtunut vasta projektin loppuvaiheessa. Usein käyttäjät ovat kokeneet, että

järjestelmä annetaan valmiina (Toikka 1986). Seppälä ym. (1988b) tutkivat vuosien 1982–1988 aikana käyttöönotettuja suomalaisia järjestelmiä. Näissä lähes 80 prosenttia tulevista järjestelmän käyttäjistä oli osallistunut järjestelmän käyttöönottoon asennusvaiheessa. Työpaikan järjestelyihin ja työaseman yksityiskohtiin oli päässyt vaikuttamaan noin kolmasosa haastatelluista. Kuitenkin 84 prosenttia FMS:n käyttäjistä oli sitä mieltä, että ei päässyt juurikaan vaikuttamaan järjestelmän suunnitteluun. Käyttäjien osallistuminen koettiin erityisen tärkeäksi järjestelmien käyttöönotossa (Hyötyläinen 1998).

2.5.4 Käyttöhenkilöstön työ toteutetuissa järjestelmissä

Mårtensson (1996) esittää FMS-operaattorin työn vaatimuksiksi monipuolista työsisältöä, vastuuta ja osallistumista, ongelman ratkaisua, valinnan mahdollisuutta työsuorituksen tekemiseen, yhteistyötä ryhmän muiden jäsenten kanssa sekä mahdollisuutta kehittyä. Koneistajan työ FM-järjestelmässä sisältää mm. työjonojen muodostamista, ohjelmointia ja ohjelmien korjailua, asetusten tekoa, työkaluhoitoa (esiasetusta, vaihtoa, säätöä ja huoltoa), työkappaleiden mittausta ja tarkastusta, työkappaleiden kiinnitystä ja irrotusta, koneiden kunnossapitoa, häiriöiden poistoa ja valvontaa (Hartley 1984, Vartiainen ym. 1986, Vartiainen ym. 1988, Seppälä ym. 1988b, Kuisma 1990, Martin ym. 1990, Seppälä ym. 1992, Mårtensson 1996). Työtehtävien määrä vaihtelee järjestelmäkohtaisesti. Erilaisten käsitöiden osuus vaihtelee 40–80 prosentin välillä (Seppälä ym. 1988b, Seppälä ym. 1992, Mårtensson 1996).

Seppälän ym. (1988a) tutkimuksen mukaan FM-järjestelmät oli organisoitu FMS-käyttäjien ja FMS-avustajien töiksi. FMS-käyttäjillä valvonnan osuus oli 36 prosenttia työajasta ja käsityön osuus 34 prosenttia. FMS:n avustajien vastaavat luvut olivat 17 prosenttia ja 60 prosenttia työajasta. Tehtävät olivat jakaantuneet vaativiin ammattitöihin ja vähemmän vaativiin ammattitöihin. FMS-käyttäjät käyttivät suunnitteluun 10 prosenttia työajasta ja avustajat keskimäärin 6 prosenttia.

Mårtenssonin (1996) ja Chanin ja Jayabalanin (2000) mukaan FMS-käyttäjien osallistuminen uuden kehittämiseen ei ole vielä kovin yleistä. Uuden tekniikan käyttöönottoon liittyvät muutokset koettiin positiivisina. Neljäsosan mielestä työn fyysisen kuormittuneisuuden koettiin vähentyneen ja työn sisällön moni-

puolistuneen. Työ koettiin mielenkiintoisempana ja vaihtelevampana sekä mahdollisuus kehittyä työssä koettiin positiivisena. Kielteisenä koettiin valvonnan ja koneriippuvuuden lisääntyminen, mikä lisäsi psyykkistä kuormittuneisuutta, stressiä ja kiirettä.

Työskentelyä joustavassa valmistusjärjestelmässä sekä työn vaikutuksia käyttöhenkilöstön motivaatioon ja työtyytyväisyyteen on selvitetty useissa tutkimuksissa (Blumberg & Alber 1982, Vartiainen ym. 1986, Wall ym. 1987, Seppälä ym. 1988a, Vartiainen ym. 1988, Adler 1991 ja 1994, Seppälä & Klemola 2004). Tutkimuksissa on päädytty siihen, että FMS-työ ositettuna ei ole motivoivaa käyttöhenkilöille. Lisäksi työ oli joissakin järjestelmissä fyysisesti raskasta ja jopa likaista. Henkisen työn osuus on tällöin pieni. Järjestelmän käyttäjien työn psyykkinen kuormittuneisuus on pienempi kuin perinteisesti organisoidussa ositetussa työssä tai NC-koneistajien työssä (Wall ym. 1987, Vartiainen ym. 1988, Adler 1991 ja 1994).

Tiimityö FM-järjestelmän käytössä

Järjestelmissä, joissa ryhmä vastaa järjestelmän käytöstä, työ saa positiivisia piirteitä. Tällöin järjestelmän käyttäjien kommunikointimahdollisuudet ja vastuu lisääntyvät ja työstä saa palautetta paremmin. Yhteistyö myös mahdollistaa tarvittaessa irrottautumisen välittömästä työprosessista (Seppälä ym. 1987, Seppälä ym. 1988b, Seppälä ym. 1992, Mårtensson 1996, Alasoini 2001b). Tiimityön osuus Suomessa yli 50 hengen yrityksissä on kuitenkin vielä vain 30 prosenttia, kun se vastaavasti Ruotsissa on kaksinkertainen. Sen sijaan työkierron soveltaminen on yleisempää Suomessa kuin Ruotsissa (Kevätsalo 1999, Alasoini 2001b, Lehtonen 2002). Tiimityö on saanut voimakasta kritiikkiä mm. autonomian vähenemisestä ja holhouksen lisääntymisestä (Siltala 2004) eikä tiimityö toisaalta ole lisääntynyt viime vuosina suomalaisilla työpaikoilla (Ylöstalo 2005).

Työnteon mielekkyyden muutokset 1990-luvulta 2000-luvun alkuun

Viime aikoina on käyty keskustelua työelämän huonontuneesta tilanteesta (Siltala 2004, Alasoini 2006). Työnteon mielekkyyden indeksi oli laman jälkeen negatiivinen ja kääntyi 1990-luvun puolessavälissä positiiviseksi. Indeksillä kääntyi voimakkaasti negatiiviseksi taas 2000-luvun alussa ja saavutti alhaisimmat arvot vuosina 2004 ja 2005. Työnteon mielekkyyden muutoksen on katsottu olevan

riippuvainen teollisuusyrityksissä taloudellisesta tilanteesta ja työmarkkinoiden epävarmuudesta (Alasoini 2006, s. 33). Metalliliiton jäsenkyselyn mukaan ammattitaitovaatimukset ovat kasvaneet jonkin verran 1980-luvulta. Toisaalta osaamisvaatimukset olivat huipussaan 1990. Tutkimuksen mukaan työn yksipuolisuus ja toistotyön osuus ovat lisääntyneet pitkällä aikavälillä (Lehtonen 2002).

2.5.5 Miten käyttöönotoissa on onnistuttu?

Onnistuneelle ja nopealle joustavan valmistusjärjestelmän käyttöönotolle on ollut tyypillistä se, että yrityksellä on ollut riittävän pitkä ja monipuolinen kokemus NC-tekniikasta (Seppälä ym. 1988b).

FMS-käyttöönottojen epäonnistumisesta on raportoitu lukuisia kertoja. Majchrzakin (1988) mukaan epäonnistumisia on ollut 50–70 prosentissa yhdysvaltalaisista firmoista. Zammuto ja O'Connor (1992) raportoivat tutkimuksessaan, että Englannissa 67 prosenttia FMS-projekteista on epäonnistunut ja osa konepajoista on jopa luopunut tekniikasta. Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto on pitkä prosessi. Hyötyläisen (1993) tutkimuksessa toisen järjestelmän käyttöönotto kesti 4,5 vuotta ja toisen 3 vuotta. Käyttöönottoaika on laskettu suunnittelun alusta normaaliin käyttöön saakka. Sunin ja Riisin (1994) mukaan jopa pienten FM-järjestelmien käyttöönotto vie 2–3 vuotta. Heidän tutkimuksessaan toisen FMS:n käyttöönotto vei 2,5 vuotta ja toisen 5,5 vuotta.

Järjestelmään siirryttäessä voidaan odottaa korkeita järjestelmän käynnistyskustannuksia. Suomalaisten joustavien valmistusjärjestelmien käyttöaste on jäänyt noin 70 prosenttiin. Syy tähän ei ole niinkään järjestelmissä, vaan tavassa, jolla niitä käytetään. Järjestelmiä johdetaan ja käytetään usein kuin perinteistä funktionaalista tehdasta. Lisäksi uusien tuotteiden ottaminen järjestelmään on ollut vaikeaa, koska tarvittavaa osaamista ei ole ollut (Pietiläinen & Mieskonen 1994).

Annettu koulutus on usein ollut riittämätöntä. Hyötyläisen (1993) tutkimuksessa mukana olleet järjestelmän käyttäjät saivat keskimääräistä enemmän koulutusta eli 36–46 päivää, mutta se ei ollut riittävästi. Käyttäjien ammattitaidon kehittyminen vie Seppälän ym. (1988) mukaan vähintään 2–8 kuukautta. Hyötyläisen (1993) mukaan toisen FM-järjestelmän käytön oppiminen vei 1,5 vuotta. Fix-Sterzin ym. (1986) mukaan Saksassa FMS-koulutuksen pituus on noin 12

päivää. Tätä arviota voidaan pitää käytännössä reaalisenä, mutta tämä edellyttää, että järjestelmän alimmat tasot ovat entuudestaan hallinnassa (NC-koneen ohjaus ja ohjelmointi konetason osalta) (Kuisma 1986, Kuisma ym. 1986).

Järjestelmien käyttöönottoa ovat hidastaneet mm. yritysjohton asenteet. Muina tärkeinä syinä ovat olleet järjestelmän suuri hankintahinta, tekniset esteet (mm. asiakas kohtaisten ohjelmien virheet), laitteiden huono yhteenliitettävyys, standardien puute, hankinnan taloudelliset rajoitukset, taantumien pelko, työntekijöiden kielteinen suhtautuminen ja ammattitaitoisen työvoiman puute (Hyötyläinen 1993).

Voidaan päätellä, että käyttöönotto on eräs kriittisimmistä vaiheista hankittaessa FM-järjestelmää. Järjestelmän käyttöönotto on suunniteltava huolellisesti. Suurin osa joustavalla valmistusjärjestelmällä saavutettavista eduista ei liity itse järjestelmään, vaan sen käyttöönoton suunnitteluun (Ollus ym. 1990, Chani & Jayabalan 2000). Eräässä tutkimuksessa (Chani & Jayabalan 2000) todettiin, että 60 prosenttia käyttöönoton ongelmista aiheutui suoraan epäonnistuneesta järjestelmän valinnasta ja huonosta käyttöönoton suunnittelusta. McDermott ja Stock (1999) ja Chani ja Jayabalan (2000) pitävät organisaatiokulttuuria eräänä tärkeimmistä käyttöönoton onnistumisen tekijöistä. Guptan ym. (1993) mukaan suurimmat käyttöönoton ongelmat johtuvat tekniikan ja käyttäjien yhteensovittamisesta.

Vaihtoehtoisessa työn organisoinnissa kaikki osaavat kaikki työtehtävät ja työkiertoa käytetään. Vain jotkin ohjelmointi- ja huoltotehtävät tehdään järjestelmän ulkopuolella. Järjestelmän miehitys ja koulutus on tehty eri tavoin. Laitteiston käyttöhenkilöstö on valittu parhaista NC-koneistajista ja työntekijöistä. Työssä harjaantumisen lisäksi merkittävä osa koulutuksesta on annettu työstötekniikassa ja tietokonetekniikassa (Köhler & Schultz-Wild 1983, Mårtensson 1996).

2.5.6 Yhteenveto: Miten joustavaa tuotantoautomaatiota pitäisi ottaa käyttöön ja miten työt tulisi organisoida?

Edellä kuvattujen käyttöönottojen onnistumiset ja epäonnistumiset herättävät kysymyksiä, miksi käyttöönotossa kuluu jopa viisi vuotta, kun toiset yritykset selviävät siitä alle kolmessa vuodessa. Selkeää vastausta käyttöönottojen onnistumisten eroihin ei ollut tutkimuksista löydettävissä. Merkittävimmät erot löytyvät mm. koulutuksesta, henkilöstön osallistumisesta ja työn organisoinnista.

Käyttöönottostrategioita ja tehtaan toimintamalleja on kehitetty. Kuten edellä todettiin, käyttöönottavat jaettiin Taylorin oppien mukaiseen käyttöönototapaan, tekniikkakeskeiseen osallistuvaan käyttöönototapaan sekä työntekijäkeskeiseen osallistuvaan käyttöönototapaan. Käyttöönotoissa on pyritty irti jäykistä toimintatavoista ja työn organisaatioista. Tutkimuksissa ei kuitenkaan ole tarkasteltu verstasta kokonaisuudessaan sosioteknisenä yksikkönä. Työsisältöjen ja työn organisoinnin välillä oli myös eri tutkimuksissa löydettävissä eroja. Näiden vaikutusta tai kehittymisen merkitystä ei ollut tutkimuksista löydettävissä.

2.6 Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton tutkimus

Useimpien joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönottoa koskevien tutkimusten tavoitteena on ollut selvittää, mitä FM-järjestelmät ovat ja kuinka luotettavia ja turvallisia ne ovat. Tutkimukset liittyvät 1) järjestelmien rakenteen selvittämiseen, 2) järjestelmien luotettavuuden ja käyttösuhteen sekä turvallisuuden selvittämiseen, 3) yhden tai kahden järjestelmän käyttöönoton tai työn organisaation selvittämiseen sekä 4) järjestelmillä saavutettujen hyötyjen selvittämiseen. Näissä tutkimuksissa näkökulma on ollut joko tekninen tai työpsykologinen lähestymistapa (Fix-Sterz ym. 1986, Lakso 1988, Hyötyläinen 1993 ja 1998, Pietiläinen & Mieskonen 1994, Kuivanen 1996, Börjesson 1997).

Joustavaa tuotantoautomaatiota on tutkittu analyyttisesti tilastojen ja kirjallisuuden perusteella, havainnoimalla järjestelmiä (esim. selvitetty turvallisuutta), kokeellisin menetelmin (esim. rakentamalla koetehdas) ja kyselyin (esim. hyvinvointi ja kuormittuminen). Tutkimusotteena on usein toimintatutkimus, jossa tutkijat ovat osallistuneet projektin toteutukseen. Lisäksi empiiriset tutkimukset ovat usein luonteeltaan tapaustutkimuksia (case-tutkimuksia).

2.6.1 FM-järjestelmien rakenne

Järjestelmien rakennetta on tutkittu tilastoista ja kysely- ja haastattelumenetelmin (Edghill & Davies 1985, Fix-Sterz ym. 1986, Jaikumar 1986, Budenbender & Scheller 1987, Mieskonen 1989, Pietiläinen & Mieskonen 1994).

Taulukko 4. FM-järjestelmien rakennetta koskevia tutkimuksia, tutkimusmenetelmiä ja tutkimusten keskeisiä tavoitteita.

<i>Tutkija</i>	<i>Menetelmä</i>	<i>Tutkimuksen kohde</i>	<i>Keskeinen tutkimuksen tavoite</i>
<i>Edghill & Davies (1985)</i>	<i>kyselytutkimus</i>	<i>107 järjestelmää</i>	<i>järjestelmän rakenne</i>
<i>Fix-Sterz ym. (1986)</i>	<i>kyselytutkimus</i>	<i>276 järjestelmää ja koneyksikköä</i>	<i>järjestelmien tekninen rakenne, käyttöönoton koulutus, käytön organisointi</i>
<i>Jaikumar (1986)</i>	<i>kyselytutkimus</i>	<i>35 järjestelmää USA:ssa 60 järjestelmää Japanissa</i>	<i>järjestelmien rakenne järjestelmien käyttöönoton vaikutukset, järjestelmien suunnittelun erot USA:ssa ja Japanissa</i>
<i>Shah (1987)</i>	<i>kyselyt, haastattelut</i>	<i>17 eurooppalaista FM-järjestelmää</i>	<i>järjestelmien rakenne, joustavuus, valmistettavat tuotteet</i>
<i>Mieskonen (1989)</i>	<i>tilastot, kyselytutkimus</i>	<i>14 suomalaista FMS:ää</i>	<i>järjestelmien rakenne, joustavuus ja käyttö</i>
<i>Pietiläinen & Mieskonen (1994)</i>	<i>tilastot, kyselyt, vertailu kansainväliseen aineistoon</i>	<i>17 suomalaista FMS:ää Itävallan FMS-tietokanta</i>	<i>järjestelmien rakenne, teollisuudenalat, hankinta</i>

Tällaiset selvitykset antavat kuvan järjestelmien teknisestä rakenteesta ja valmistettavista tuotteista (taulukko 4). Niistä saadaan myös kuva tehokkuudesta, joustavuudesta ja taloudellisuudesta. **Kyseisistä tutkimuksista on kuitenkin vaikea päätellä vaikutuksia ympäristöön eli sitä tuoteverstaasta, jossa FM-järjestelmä toimii.** Tuoteverstaas on kokonaisuus, jossa tuotannon järjestelyt vaikuttavat järjestelmästä saavutettaviin hyötyihin. Toisaalta käyttäjät ja sosiaalinen organisaatio on sivuutettu lähes kokonaan näissä selvityksissä. Käyttöönottoon ja sen problematiikkaan ei kiinnitetä riittävän syvällistä huomiota. Toisaalta tilastoja tutkimalla ja kirjallisilla kyselymenetelmillä ei voida päästä oleellisiin tietoihin käsiksi, jos tutkija ei tunne järjestelmää tai tapaa käyttöhenkilöitä. Nämä selvitykset ovat kuitenkin hyvä pohja ja taustamateriaali syvällisempiin tutkimuksiin. Järjestelmien käyttöönoton kokonaisuudesta saisi jo huomattavasti enemmän irti tapaustutkimuksella, jos käytettäisiin useita eri menetelmiä rinnakkain, kuten haastatteluja, havainnointeja ja testejä.

2.6.2 FM-järjestelmien käytettävyys, käyttöaste ja turvallisuus

FM-järjestelmien käytettävyttä ja käyttöastetta on Suomessa tutkittu yhden järjestelmän osalta perusteellisesti (Lakso 1988). Tutkimusaineisto kerättiin havainnoinnin mittauslaitteisiin ja seurantaraportteihin perustuvilla menetelmillä. Tässä järjestelmässä seurattiin järjestelmän toimintaa puolentoista vuoden ajan. Tutkimuksella saatiin varsin hyvä kuva erään järjestelmän vikaantumisesta, käytettävydestä ja käyttösuhteesta. Aineistoa verrattiin 1980-luvun alussa tehtyyn NC-koneiden käyttöä selvittävään kysely- ja seurantatutkimukseen.

Järjestelmien vaikutusta käyttösuhteen nousuun on selvitetty myös useilla kyselytutkimuksilla (Sata 1984, Jaikumar 1986, Mieskonen 1989). Useat näistä kyselytutkimuksen tuloksista ovat arvioita, eivätkä perustu tarkkoihin mittauksiin. Käyttösuhteita ja käytettävyttä sekä vikaantumista Lakso ym. (1991) selvittivät 15 konepajassa. Tutkimusmenetelminä olivat haastattelut, kyselyt ja yrityksistä saadut seurantaraportit.

Järjestelmien turvallisuutta on tutkittu yritysten tapaturmatilastoista ja haastatteleamalla yritysten henkilökuntaa (Vartiainen ym. 1988, Kuivanen ym. 1988, Vannas 1993). Kuivanen ym. (1988) tutkivat joustavien tuotantojärjestelmien käyttövarmuutta ja turvallisuutta. Tietoja tutkijat keräsivät yhdestätoista metallialan yrityksestä Suomessa. Automaatiojärjestelmien käyttövarmuus- ja häiriötiedot perustuivat pääasiassa haastateltujen henkilökohtaisiin kokemuksiin ja muihinvaraisiin tietoihin.

2.6.3 FM-järjestelmien käyttöönoton, työn organisaation ja käyttöönoton onnistuminen

FM-järjestelmien käyttöönottoa on tutkittu tapaustutkimuksina, kuvailevina tutkimuksina ja kuvailevan sekä selittävän tutkimuksen muodostamana yhdistelmänä. Perusteellisimmissä tutkimuksissa on käytetty useita eri menetelmiä (taulukko 5).

Taulukko 5. FM-järjestelmien käyttöönottoa ja työn organisaatiota koskevia tutkimuksia, tutkimusmenetelmiä ja tutkimusten keskeisiä tavoitteita.

<i>Tutkija</i>	<i>Menetelmä</i>	<i>Tutkimuksen keskeinen tavoite ja kohde</i>
<i>Köhler & Schultz-Wild (1983) ja (1985)</i>	<i>toimintatutkimus, osallistuminen, kouluttaminen</i>	<i>käyttöönototavan ja järjestelmän organisoinnin kehittäminen, FM-järjestelmän rakentaminen</i>
<i>Blumberg & Gerwin (1984)</i>	<i>kirjallisuus</i>	<i>FM-järjestelmän työn sisältöjen ja organisoinnin selvittäminen</i>
<i>Vartiainen ym. (1986)</i>	<i>etsintä, esitutkimus, kyselyt ja haastattelut</i>	<i>ensimmäisten suomalaisten FM-järjestelmien käyttöönottojen kartoitus</i>
<i>Kelley (1986)</i>	<i>kirjallisuus</i>	<i>FM-järjestelmän käyttöönottostrategiat, organisointi ja vaatimukset käyttäjälle</i>
<i>Graham & Rosenthal (1986)</i>	<i>kirjallisuus</i>	<i>FM-järjestelmän organisointi ja vaatimukset käyttäjälle</i>
<i>Seppälä ym. (1988a)</i>	<i>tapaustutkimus osallistumalla, kouluttamalla, havainnoimalla, haastattelut ja kyselyt</i>	<i>kahden järjestelmän käyttöönoton selvittäminen, johon liittyvät käytön organisointi, tutkimusmenetelmän kehittäminen</i>
<i>Vartiainen ym. (1988)</i>	<i>selittävä ja tapaustutkimus (useita eri menetelmiä*)</i>	<i>tehtaan uudelleen rakentaminen, FM-järjestelmän käyttöönotto</i>
<i>Kuisma (1990)</i>	<i>selittävä ja tapaustutkimus (useita eri menetelmiä*)</i>	<i>tehtaan uudelleen rakentaminen, FM-järjestelmän käyttöönotto</i>
<i>Wall ym. (1990a)</i>	<i>kirjallisuus</i>	<i>FM-järjestelmien käyttöönotto</i>
<i>Adler (1991)</i>	<i>tapaustutkimus</i>	<i>FMS-työn vaikutukset ja sisältö kolmessa eri järjestelmässä, JDS-mittaukset</i>
<i>Vannas (1993)</i>	<i>haastattelut, kyselyt ja tilastot</i>	<i>FM-järjestelmien turvallisuus ja käyttöönotto</i>
<i>Hyötyläinen (1993) ja (1998)</i>	<i>tapaustutkimus</i>	<i>FM-järjestelmien suunnittelustrategian kehittäminen</i>
<i>Pietiläinen & Mieskonen (1994)</i>	<i>tilastot ja kyselyt</i>	<i>FM-järjestelmien rakenne ja käyttö</i>
<i>Börjesson (1997)</i>	<i>väitös</i>	<i>FM-järjestelmän suunnittelu, käyttöönotto ja käyttö, sosiotekninen lähestyminen</i>
<i>Sun (2001)</i>	<i>kysely</i>	<i>18 maassa FM-järjestelmän käyttöä ja integraatiota</i>
<i>Boyle (2006)</i>	<i>kirjallisuus</i>	<i>järjestelmän joustavuus</i>
<i>Zhang ym. (2006)</i>	<i>kysely</i>	<i>tuotannon kehittäminen, 273 yritystä</i>

**) Menetelminä olivat haastattelut, kyselyt, psykologiset kyselyt, havainnointi, kouluttaminen sekä osallistuminen projektiyöskentelyyn ja projektin johtamiseen.*

2.6.4 Tutkimuksissa havaittuja ongelmia ja puutteita

Aikaisempien FM-järjestelmän käyttöönottoa koskevien tutkimusten puutteena on koko tuotantoyksikköä koskevien tutkimusten puute. Ei löydy myöskään tutkimusta, joka tarkastelee FM-järjestelmän käyttöönottoa pitkän aikavälin perspektiivillä. Vaikka FM-järjestelmiä on tutkittu, ei ole tarkasteltu toiminnan kehittymistä työsisältöjen, teknisen kehittymisen ja tuottavuuden kannalta.

Otos on suppea useimmissa tutkimuksissa. Tutkittaessa joustavan tuotantoautomaation käyttöönottoa tai käyttöä vain yhden tapauksen varassa tutkimustuloksiin saattavat vaikuttaa tapaustutkimuksen erityisongelmat, jotka saattavat vääristää tuloksia hyvinkin paljon. Seppälän ym. (1988b) ja Hyötyläisen (1993) tutkimuksissa mm. laitetöimitukset myöhästyivät noin 1,5 vuotta, molemmat tutkivat samaa käyttöönottoprojektia. Lakson (1988) tutkimuksissa koneiden yksilölliset ominaisuudet saattavat ratkaista käytettävyyden ja tutkimus ajoittui jo käyttöönotettuun järjestelmään. Toisaalta käyttöönottotutkimuksissa mahdollisia vaikuttavia tekijöitä on erityisen paljon, ja vain laajalla otoksella löydetään muutoksen oleelliset kriteerit. Klein ym. (2001) esittävät tutkimuskysymykseksi sen, miten käyttöönotot kehittyvät ajan myötä.

Puoliautomaattisten järjestelmien tutkiminen kohtaa aivan erilaisia ongelmia kuin perinteinen automaatiotutkimus, jossa keskitytään järjestelmien aiheuttamaan mahdolliseen turvallisuusriskiin (esim. ydinvoimala). Joustavan konepaja-automaation tutkimisessa tutkimuksen kohdetta tulee tarkastella monitieteellisesti (Toikka ym. 1988). Boyle (2006) peräänkuuluttaa FM-järjestelmien käyttöönottojen empiiristä tutkimista. Hän ei pidä riittävänä kirjallisista lähteistä koottuja tutkimuksia.

On lähes mahdotonta tehdä yleistyksiä toimintatutkimuksesta, jossa tutkijat osallistuvat kehittämisprosessiin, kun on kyseessä yksi tai kaksi järjestelmää. Tutkimuksen objektiivisuus voi muodostua ongelmaksi, jos toimintatutkimuksessa tutkijoiden panos itse prosessiin on liian ohjaava (Toikka ym. 1988).

Kirjallisuustutkimuksen varassa käytännön muutosprosessista tai järjestelmän käytöstä ei saada kuvattua todellista tilannetta, jossa mukana on tuote, materiaalit, henkilöt ja asiakas eli koko liiketoimintaketju. Kelley (1986) suosittelee käyttöönottotutkimuksen suorittamista teollisuudessa järjestelmäprojektien yhteydessä.

Todelliset olosuhteet ovat saavutettavissa konepajoissa. Hyvin lähelle todellisia tutkimusolosuhteita päästään rakentamalla koetehdas (vrt. Köhler & Schultz-Wild 1983, järjestelmä tehtiin todellisten tuotteiden valmistukseen). Salminen (1995) esittää käyttöönottoprojektien koulutuksen vaikutuksen tutkimista. Adler (1994) vertailee tutkimuksessaan kolmea eri käyttötapaa: perinteistä, tiimimäistä ja Blumbergin ja Gerwinin (1984) tutkimuksessa esiteltyä käyttöönottoa. Parhaiten FMS:n käytön tutkimuksissa on edetty käyttämällä monipuolisia menetelmiä (vrt. Vartiainen ym. 1988, Kuivanen ym. 1988, Seppälä ym. 1988b). Näin on pyritty saamaan monipuolinen varmistus asiaan. Missään tutkimuksessa ei selvitetä käyttöönottoprosessia alusta loppuun koko tuotantoa koskevana sosioteknisenä muutosprosessina. Taulukossa 6 esitetään eräiden FM-järjestelmien käyttöönottoa koskevien tutkimusten sijoittuminen käyttöönottoprojektin eri vaiheisiin.

Seppälän ym. (1988b) tutkimus rajoittuu kahteen FMS:ään ja niistä saatavaan tietoon ja kokemukseen. Ensinnäkin tutkimuksen aikana rakennettiin FMS, jolla valmistetaan pyörähdyskappaleita. FMS-ohjaus ei sisältänyt järjestelmätasoa (ainoastaan prosessiohjauksen). Lisäksi rakennusprojekti myöhästyi lähes kaksi vuotta, mikä vaikutti oleellisesti tutkimuksen suoritukseen. Tutkimuksen tulokset jäävät liiaksi yhden järjestelmän käyttöönoton varaan. Järjestelmä oli ohjaukseltaan yksinkertainen, mikä ei voi olla vaikuttamatta tutkimuksen tuloksiin. Voidaankin kysyä, paljonko projekti olisi myöhästynyt ilman osallistuvaa käyttöönottotutkimusta. Osallistuvan käyttöönoton tutkimusten (Vartiainen ym. 1988) puutteena ja ongelmana on se, että tutkittuja järjestelmiä on vähän ja aineisto jää suppeaksi. Toisaalta aineistoa pitäisi laajentaa tuotannon tehokkuutta ja taloudellisuutta tarkastelevaksi. Syitä alhaiseen käyttöasteeseen voi löytyä myös tältä puolelta.

Taulukko 6. Eräiden FM-järjestelmien käyttöönottotutkimusten painopistealueet. X tarkoittaa tutkimuksen sijoittumista käyttöönottoprojektin eri vaiheisiin ja (..) tarkoittaa, ettei asiasisältöä ole tutkittu.

Tutkimus	VANHA TUOTANTO- TEKNIikka	KÄYTTÖNOTTOVAIHE				UUSI TUOTANTO- TEKNIikka
		Esitut- kimus	Suunnit- telu	Rakentami- nen	Käytön vakiinnut- taminen	
<i>Köhler & Schultz-Wild (1983)</i>	..	..	X	X	X	X
<i>Blumberg & Gerwin (1984)</i>	..	..	..	..	..	X
<i>Vartiainen ym. (1986)</i>	..	..	..	..	..	X
<i>Shah (1987)</i>	..	..	..	..	..	X
<i>Seppälä ym. (1988b)</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Lakso (1988)</i>	..	..	..	..	..	X
<i>Vartiainen ym. (1988)</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Kuisma (1990)</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Börjesson (1991)</i>	..	X	X	X	X	X
<i>Adler (1991)</i>	..	..	X	X	X	X
<i>Vannas (1993)</i>	..	..	..	X	X	X
<i>Hyötyläinen (1993)</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Adler (1994)</i>	..	..	X	X	X	X
<i>Pietiläinen & Mieskonen (1994)</i>	..	..	..	..	..	X
<i>Salminen (1995)</i>	..	..	..	..	..	X
<i>Vartiainen & Teikari (1998)</i>	..	X	X	X	X	X
<i>Hyötyläinen (1998)</i>	..	..	X	X	X	X
<i>Bayazit (2005)</i>	..	X	X	..	..	X

2.6.5 Yhteenveto

Suomen konepajateollisuuden tuottavuuden lisääminen

Työn tuottavuutta voidaan lisätä kolmella tavalla. Ensimmäinen on työvoiman laadun parantaminen koulutuksen ja työkokemuksen avulla. Toinen tapa on investoida koneisiin, laitteisiin ja automaattisiin järjestelmiin. Kolmas tapa on teknologinen kehitys. Teknologinen kehitys tarkoittaa uusia tapoja tehdä tuotteita ja uusia toimintamalleja, tehdä tuotanto tehokkaammin tai tehdä uusia, entistä parempia tuotteita (Pohjola 2007).

Tuotantomallit

Taylorismiin perustuva tuotantomalli ei ole joustava eikä tehokas joustavassa valmistuksessa. Tulevaisuudessa tuotantomalleilta edellytetään yhä nopeampaa reagointia markkinoiden ja tuotteiden muutoksiin. Kuten todettiin, kevyttuotantomallin soveltamisessa on omat ongelmansa. Ketterä tuotantomalli on tuotekehityspainotteinen, ja sosioteknistä järjestelmää on kritisoitu tehottomuudesta. Joustavaan tuotantoon soveltuvan tuotantomallin on otettava huomioon markkinoiden, tuotannon ja kansainvälisen toiminnan vaatimukset (Julkunen 1987 ja 1988, Kauppinen & Andersin 1992, Vartiainen 1994, Tranfield & Smith 2002, Genaidy & Karwowski 2003, Paez ym. 2004, Seppälä & Klemola 2004, Seppälä 2006).

FM-järjestelmien käyttöönotto

FM-järjestelmiä koskevissa tutkimuksissa ei selvitetä käyttöönoton tehokkuutta ja taloudellisuutta. Joustavan valmistusjärjestelmän käyttöönottoa ei ole tutkittu kokonaisuutena eli sosioteknisenä systeeminä, jossa tarkastellaan koko konepajan tuotantoa, tekniikkaa ja työn organisointia (Köhler & Schultz-Wild 1985, Hyötyläinen 1998, Börjesson 1997).

Mieskosen (1989) ja Pietiläisen ja Mieskosen (1994) kartoittamat FMS-tutkimukset edustavat varsin hyvin suomalaisia konepajoja ja FM-järjestelmiä. Kansainvälisten järjestelmien rakennetta koskevat tutkimukset (Fix-Sterz ym. 1986, Jaikumar 1986, Shah 1987) vertailevat järjestelmiä kyselytutkimuksiin perustuen. Sekä kotimaisista että ulkomaisista tutkimuksista puuttuvat syvällisempi tarkastelu, syiden etsiminen, työn kokeminen ja osin taloudellinenkin näkökanta. Toisaalta taloudelliset luvut ovat usein muistikuviiin ja kirjallisuuteen perustuvia.

Tuotantojärjestelmien automatisointi on vähentänyt välillistä työtä. Välillisen työn väheneminen on ollut lähinnä tietojen käsittelyyn ja siirtoihin liittyviä tehtäviä sekä ohjelmointiin liittyviä tehtäviä. Tämä on aiheuttanut sen, että fyysisesti raskasta työtä ei ole automatisoitu ja se on jäänyt käyttäjille (vrt. Blumberg & Gerwin 1984, Vartiainen ym. 1988). Tämä sekä henkisen työn niukkuus automaattisissa järjestelmissä ovat osaltaan olleet aiheuttamassa työn psyykkistä kuormittuneisuutta huonosti organisoidussa työssä. Käyttöönoton onnistumista voidaan kritisoida annetun koulutuksen tavan, määrän ja laadun suhteen (vrt. Seppälä ym. 1988b). Edellä mainitut tutkimukset eivät käsittele käyttöönoton

ongelmaa tekniikan, talouden ja työn kokonaisuuden kannalta. Toisaalta kaikkia tutkimuksia vaivaa suppea aineisto. Sunin (2001) mukaan yritykset ottavat usein ensin käyttöön uuden tekniikan ja sitten vasta resurssit ja muodostavat organisaation. Sun esittääkin tulevaisuuden tutkimukseksi käyttöönoton hyödyntämistä henkilöstön kehittämisessä.

Sosiotekninen järjestelmä

Sosioteknisen koulukunnan perusteesejä oli, että tietyllä tuotantotekniikalla voidaan valita erilaisia työn organisaatioita. Toinen perusteesei oli, että tuotannossa ei voi erikseen optimoida tekniikkaa ja sosiaalista organisaatiota, vaan ne on nähtävä yhtenä sosioteknisenä kokonaisuutena.

Julkusen (1988) mukaan joustavissa valmistusjärjestelmissä työn organisaation käsite osoittautuu moniselitteiseksi, eikä koko se tutkimus- ja keskustelutraditio, joka on kytkeytynyt ns. työn uusiin organisaatiomuotoihin, ole tuonut asiaan käsitteellistä selkeyttä ja jämäkkyyttä. Sosioteknikkojen tekniset ja sosiaalisen järjestelmän käsitteet ovat olleet moniselitteiset. Monet valmistusjärjestelmien kehittämisen kannalta olennaiset kysymykset tuntuvat putoavan käsitteelliseen tyhjiöön tai sotkeutuvan käsitteellisiin epämääräisyyksiin. Oleellinen puute aikaisemmissa tutkimuksissa on niiden keskittyminen vain itse järjestelmään eikä kokonaisuuteen ja toiminnan kehittymiseen pitkällä aikavälillä. Lisäksi ei löydy tutkimusta, jossa olisi tarkasteltu FM-järjestelmien käyttöönottoa 2000-luvun näkökulmasta. Ei ole löydettävissä myöskään pitkittäistutkimusta FMS-tekniikan ja käyttöönottojen onnistumisesta.

3. Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa kuvataan suomalaisen konepajateollisuuden muutosta esimerkiksi valitun case-yrityksen tuotantoprosessin muutoksen ja 13 konepajan tuoteverstaan muutoksen kautta. Keskeisenä tutkimuskohteena on tuotannon tuotantotekniikan kehittyminen, työn organisaation muutokset ja niiden vaikutukset toimintaan. Tutkimuksessa tarkastellaan joustavan konepaja-automaation käyttöönottoa esimerkiksi yrityksessä, sen toteutusta ja vaikutuksia henkilöstön työhön ja verstaan tuottavuuteen kahden vuosikymmenen ajalta. Vertailuaineistona tarkastellaan vastaavien järjestelmien käyttöönoton toteutusta 13 suomalaisessa tuoteverstaassa. Tutkimuksen päätavoitteena on kuvata sosioteknisen tuotantojärjestelmän muutosta ja kehittymistä verstaasolla 1980-luvulta tähän päivään. Keskeinen tutkimuskysymys on, miten joustavien valmistusjärjestelmien muodostamat sosiotekniset järjestelmät ovat muuttuneet 20 vuoden aikana ja mitkä tekijät ovat vaikuttaneet käyttöönoton onnistumiseen pitkällä aikavälillä.

Tätä selvitetään seuraavien alakysymysten avulla:

- Tutkimuskysymys 1. Miten käyttöönottoprojektit toteutettiin?
- Tutkimuskysymys 2. Mikä oli FM-järjestelmän käyttöönoton vaikutus verstaan tuotantoon, työn organisaatioon, työsisältöihin ja tuotannon tehokkuuteen?
- Tutkimuskysymys 3. Miten onnistuneet ja epäonnistuneet käyttöönottoprojektit eroavat toisistaan?

Lisäksi tutkimuksen tavoitteena on saadun tiedon avulla kehittää hyvä konepajojen sosioteknisten järjestelmien käyttöönottotapa eli kestävä käyttöönoton malli.

4. Tutkimusmenetelmät

4.1 Tutkimuksen metodologiset lähtökohdat

Tieteellä tarkoitetaan toisaalta luontoa, ihmistä ja yhteiskuntaa koskevien tietojen systemaattista kokonaisuutta (tieteellisen tutkimuksen tulokset) ja toisaalta tällaisten tietojen tarkoituksellista ja järjestelmällistä tavoittelua (tieteellinen tutkimusprosessi) (Niiniluoto 1984).

Erlaisia tieteenkäsitteitä on syntynyt eri aikoina vallinneiden käsitysten, tiedettä tutkineiden filosofien sekä eri tieteenalojen tavoitteiden ja perinteiden pohjalta. Niistä merkittävimpiä, ehkä valtakäsityksinä pidettäviä ovat positivismi ja hermeneutiikka. Edellisen takana on nähtävissä yleisempi filosofinen realismin koulukunta ja jälkimmäisen takana on idealismi. Liiketaloustiede, sosiologia, psykologia ja työpsykologia ovat luonteeltaan sekä positivistisia että hermeneuttisia (Olkkonen 1994).

Tämän tutkimuksen aihepiiri kuuluu työpsykologian ja tuotantotalouden piiriin, ja tutkimuksen kohteena on konepajan tuoteverstaas. Case-yrityksen osalta tutkimus on tapaustutkimus (Yin 2003). Tästä syystä tutkimusote on monitahoinen. Aineistoa kerättiin kvantitatiivisin menetelmin (verstaiden sisäiset raportit ja tunnusluvut, kyselyt) ja kvalitatiivisin menetelmin (haastattelut). Haastattelut tehtiin siten, että ne ovat toistettavissa, mutta toisaalta asian ymmärtäminen ja haastattelun tulosten tulkinta vaativat verstaiden toiminnan ja FMS-tekniikan syvällistä tuntemusta. Tutkimuksessa selvitetään sosioteknisen järjestelmän kehittymistä muuttuvassa pitkän aikavälin kontekstissa. Tutkimuksen kohteiden määrän suppeus vaikeuttaa tulosten yleistettävyyttä. Luonnollisesti vain osaa tämän tutkimuksen aineistosta voidaan tarkastella tilastollisin menetelmin. Tästä syystä pyrin lähestymään tutkittavaa ilmiötä hermeneuttisella tutkimusotteella. Tutkimuskohteeksi sain tutkimuksen käynnistyessä noin puolet Suomessa käytönotetuista FM-järjestelmistä.

4.2 Tutkimusaineisto

Analysoin case-yrityksen tuotantoprosessin kehittymistä kahden vuosikymmenen aikana. Case-yrityksenä on 1950-luvulla perustetun konepajan tuoteverstaas.

Tapaustutkimus mahdollistaa kokonaisvaltaisen ja syvällisen merkityksen tulokinnan luonnollisessa yhteydessä (Yin 2003). Tapaustutkimuksen ja vertailututkimuksen aineiston keruussa käytin samoja menetelmiä ja lomakkeita. Tapaustutkimus on pitkittäistutkimus, jossa toistin haastattelut ja aineiston keruun kahdesta viiteen eri kertaan. Tapaustutkimuksen aloitin kartoituksella vuonna 1988, ja siinä tavoitteena oli luoda kuva tuoteverstaan tuotannollisesta, taloudellisesta ja työn organisaation tilasta. Tuoteverstaan kehitysprojektiin osallistuin kahden vuoden ajan olemalla mukana FMS-projektin projektiryhmässä sekä antamalla henkilöstölle FMS-koulutusta. Case-yrityksestä keräsin tutkimusaineistoa vuosina 1988, 1991, 1994 ja 2002 sekä 2006. Haastatteluissa käytin samoja kyselylomakkeita kuin vertailuaineiston keruussa (ks. liitteet B, C ja D). Liitteessä E on lyhyt kuvaus JDS- ja BMS-menetelmistä ja kyseisten menetelmien kyselylomakkeet sekä BMS-tulosten tulkintaohje.

Vertailuaineiston keräsin analysoimalla 13 suomalaisen yrityksen tuoteverstaasta, joissa oli otettu käyttöön joustava valmistusjärjestelmä (FMS). Kohdeyrityksien valintaa edelsi yhteydenotto 20 yritykseen, joissa oli toteutettu FMS-projekti. Järjestelmät otettiin käyttöön vuosina 1989–1993. Yrityksille lähetin tutkimussuunnitelman ja kuvauksen tutkimuksen suorittamisesta. Haastattelujen runkona käytin kyselylomakkeita (ks. liitteet B, C ja D). Kaksi yritystä kieltäytyi tutkimuksesta, ja neljän yrityksen henkilöstöä oli vaihtunut tai projektista oli tutkimuksen tulosten kannalta liian pitkä aika, jotta projekti olisi voitu valita tutkimukseen. Kaikki projektit oli toteutettu eri tuoteverstaissa tai tuotetehtaissa. Yritykset edustivat tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kymmentä eri suomalaista yritystä tai konsernia. Vertailututkimuksen aineiston keräsin vuosina 1993, 1994 ja 2006. Tutkittujen verstaiden taustatiedot, kuten rakenne, automaatioaste sekä tuotannon erityispiirteet projektin jälkeen ja vuonna 2006, ovat liitteessä F.

Tutkituista verstaista 12 oli lastuavan työstön verstaista ja kaksi oli levytyöverstasta. Kaikki tutkimuksessa mukana olevat järjestelmät olivat kooltaan pieniä tai kompakteja järjestelmiä. Yli viiden työstökoneen järjestelmiä oli verstaissa 1, 2, 3, 5, 9, 10 ja 12. Verstaiden 6 ja 8 FM-järjestelmät olivat levytyöjärjestelmiä, ja loput järjestelmistä olivat lastuavan työstön järjestelmiä. Tutkituista FM-järjestelmistä verstaiden 2 ja 4 FMS oli ajettu alas. Verstaan 2 järjestelmän varasto oli otettu aihiovarastokäyttöön. Verstaan 4 FMS oli purettu. Verstaan 6 levytyöstön FMS oli uudistettu perusteellisesti 1995 vain kolmen vuoden käytön jälkeen. Tällöin levyvarasto ja keskusohjaus purettiin ja tilalle rakennettiin sa-

man toimittajan uuden sukupolven FM-järjestelmä, joka oli edelleen käytössä vuonna 2006. Verstaiden 3 ja 14 FM-järjestelmään oli lisätty yksi vaakakarainen koneistuskeskus vuosien 1995 ja 1997 aikana (ks. liite F).

Tutkimuksessa mukana olevat tuoteverstaat olivat itsenäisiä tulosvastuullisia yksiköitä, joiden vastuualueella oli tietyn osakokonaisuuden valmistus ja kokoonpano. Verstaiden toimintoihin kuuluivat yleensä menetelmäsuunnittelu, tuotannonohjaus, ostot, työnsuunnittelu sekä valmistus ja kokoonpano. Varsinaista suunnittelua ja myyntiä verstaiden toimintoihin ei kuulunut. Verstasta johti yleensä valmistuspäällikkö tai tuotantopäällikkö. Hänen alaisenaan toimi työntekijöitä ja teknisiä toimihenkilöitä. Työntekijöihin kuuluivat koneistajat, kokoonpanijat, ohjelmoijat, siivoajat jne.

Tutkituista verstaista kymmenessä (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12 ja 13) FMS edusti valmistuksen laitteista merkittävää osaa eli FMS oli ohjaavana yksikkönä. Tutkimuksen versta 1 edusti konepajaa, jossa oli kolme FM-järjestelmää käytössä ja neljäs FM-järjestelmä otettiin käyttöön 2003. Verstaissa 1, 7, 11 ja 14 työstökoneita oli 10–45; näissä verstaissa FMS ei ollut verstaan ohjaavana yksikkönä. Verstaiden henkilömäärä vaihteli 61:stä 347 henkilöön. Ohjaavalla yksiköllä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että A-osat (päätuotantoprosessi) valmistetaan FMS:ssä ja tuotantoa ohjataan A-osien valmistuksen mukaan. A-osien materiaalivirta määräsi tuotannon syklin.

Tutkimuksessa kohderyhmänä olivat verstaan henkilökunnasta ne, jotka olivat olleet keskeisesti projektissa mukana. Haastateltavien määrä vaihteli kolmesta neljään kussakin verstaassa. Kaikkiaan haastateltuja oli 46. Jokaisesta projektista haastateltavien joukossa oli projektin vetäjä. Useimmissa projekteissa projektin vetäjä oli nimitetty projektipäälliköksi. FMS-projektien toteutusta selvitettiin haastattelulomakkeen avulla (ks. liite B).

Järjestelmien käyttöä, työnorganisointia ja järjestelmän vaikutusta työhön selvitettiin käyttäjien, ohjelmoijien ja muiden käyttöön liittyvien henkilöiden haastatteluilla. Haastateltavien määrä vaihteli kahdesta seitsemään kussakin verstaassa. Käyttöhenkilöstön haastatteluja ei suoritettu verstaassa seitsemän, koska käyttäjät oli vaihdettu tehdasjärjestelyjen yhteydessä ja käyttäjäryhmä oli vasta aloittamassa työskentelyä FM-järjestelmällä. Kaikkien haastateltujen työ liittyi läheisesti FMS:n käyttöön ja toiminnan ylläpitämiseen. Haastateltuja oli

yhteensä 51, ja he olivat FMS-koneistajia, FMS-operaattoreita ja NC-ohjelmoijia. Käyttöhenkilökunnan haastattelut toteutettiin ennalta laaditun puolistrukturoidun haastattelulomakkeen avulla (ks. liite C). Liitteessä G on henkilöiden taustatiedot, kuten ikä, ammattinimike, sukupuoli, koulutus ja työssäoloaika. Vuoden 2006 haastatteluissa oli mukana 17 FMS-koneistajaa ja NC-ohjelmoijaa.

FMS-tekniikan soveltamista, tekniikasta luopumista ja FMS-tekniikan kehittämistä tutkin vuoden 2006 aikana haastatteleamalla tuotannon kehityspäälliköitä, tuotantopäälliköitä, tuotantojohtajia ja toimitusjohtajia. Haastatteluissa käytettiin runkona haastattelulomakkeita, jotka oli muotoiltu aiemmin käytetystä tutkimuslomakkeesta (ks. liite D). Aineiston keruuta täydensin yritysten sisäisistä raporteista ja vuosikertomuksista saatujen tietojen avulla. Haastateltavia oli yhteensä 12.

4.3 Tutkimusmenetelmät

Tiedonhankinta on tässä tutkimuksessa ollut sekä kvantitatiivista että kvalitatiivista. Kvantitatiivista tutkimusta edustavat lähinnä kyselyt ja verstaaiden toiminnan tehokkuuden, talouslukujen ja verstaaiden sisäisten tilastojen kerääminen sekä niiden käsittely ja raportointi. Laadullista tutkimusta tässä tutkimuksessa edustavat haastattelut. Haastattelujen tulkinta on suoritettu lähinnä hermeneuttisella tutkimusotteella.

Eskolan (1981) mukaan introspektio eli tutkijan omista tunteistaan, kokemuksistaan ja käyttäytymisestään tekemät havainnot voivat olla tärkeitä tiedon lähteitä. Eskola toteaa myös, että tutkimustyötä ei tarvitse irrottaa muusta elämästä, vaan antaa elämän rikastuttaa työtä ja päinvastoin. Omat tutkimuslähtökohtani ovat hyvin vahvasti sidoksissa tähän tutkimusotteeseen. Vuosina 1985–1986 suunnitelin AEL:ään rakennetun FM-järjestelmän, jonka käyttöönotossa toimin projektipäällikkönä. Kyseisen yrityksen luonteen ja oman tehtäväkuvani takia jouduin perehtymään FMS-tekniikkaan perusteellisesti (toimin AEL:ssä konepajautomaation, FMS-tekniikan ja NC-tekniikan koulutussuunnittelijana). Lisensiaatinopin aineiston keräsin case-yrityksestä, jonka FMS:n käyttöönoton projektiryhmän jäsenenä olin kaksi vuotta. Tämän jälkeen olin FMS-projektipäällikkönä AEL:ssä, jolloin FM-järjestelmän ohjaus uusittiin. Vuosina 1987–1994 FMS-kursseillani oli yli 1000 oppilasta. Tämä luo käytännön introspektion. Vuosina 1994–1997 olin erääseen yritykseen perustetun tuoteverstaan

projektipäällikkönä. Tällöin rakennettiin uusi tehdas FM-järjestelmiseen. Lisäksi vuonna 2003 olin hankkimassa FM-järjestelmää erääseen toiseen konepajaan.

Karma ja Komulainen (1984) varoittavat introspektiosta, jossa tutkittavaan kohteeseen on läheinen suhde, kuten oppilaat, alaiset ja esimiehet. On selvää, että olen tuntenut valtaosan haastatelluista FMS-käyttäjistä, työnjohtajista ja verstaapäälliköistä entuudestaan. Henkilöihin olen ollut yhteydessä pitämälläni FMS-kursseilla, konsultoinnissa tai tehdasvierailuissa. Tästä on tutkimuksen kannalta etua. Luottamus oli selvästi havaittavissa haastatteluissa ja tiedonkeruussa. Haastattelujen yhteydessä ja tiedonkeruussa kirjasin ylös vain ne tiedot, jotka silloin sain. Omista tunteista ja kokemuksesta tekemäni havainnot jätin kirjaamatta. Kokemuksestani on ollut hyötyä arvioidessani tulosten luotettavuutta sekä valitessani materiaalia teoreettiseen viitekehykseen ja ymmärtäessäni niitä ongelmia ja vaikeuksia, joita FMS-projektin toteutuksessa on. Toisaalta noin 10 vuoden tuotantojohtajan kokemus on tuonut ulottuvuuden yritysstrategiaan, yrityksen johtamiseen ja yrityskulttuuriin.

Verstaiden tuotannon ja talouden muutokset

Projektien toteutuksen onnistumisen arvioin tarkastelemalla yrityksen layoutin, organisaation, tekniikan ja tuottavuuden muutosta. Tarkastelussa otin lähtökohdaksi edellisen toimintavuoden ennen projektia ja projektin jälkeisen toimintavuoden. Tarkastelun suoritin yrityksen omiin sisäisiin raportteihin ja kirjallisiin seurantajärjestelmiin tukeutuen. Keräsin tutkimusaineiston ennalta laadittujen lomakkeiden avulla (ks. liite D). Tutkimuslomake oli laadittu pohjautuen Eloorannan ja Räisäsen (1986) kehittämän tuotannon ohjattavuusanalyysin työkirjaan, jota olen soveltuvien osin laajentanut lisensiaatintyössäni (Kuisma 1990). Useimmat yritykset antoivat myöhempää analysointia ja tulosten kirjaamista varten suuren joukon kirjallista materiaalia. Yrityksissä aineiston keräämisestä vastasi verstaan valmistuspäällikkö. Aineiston keruussa avustivat yrityksen talousosasto, laadunvarmistuksen henkilökunta ja muut tekniset toimihenkilöt. Lomakkeet kävin läpi yhdessä valmistuspäällikön kanssa. Lisätietoja keräsin yrityksen talous-, laatu- ja henkilöstöosastoilta.

Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton vaikutuksia verstaan tuotantotoimintaan ja tuotanto-organisaatioon selvitin liitteen B kysymyksillä 26.1–26.8 ja liitteen D kysymyksillä 3.1, 3.2, 3.3 ja 3.7. Tarkastelussa selvitin layoutin

muutosta, tuotanto-organisaatiota ja eri henkilöstöryhmien määrää ja toimintojen järjestelyjä. Liitteen B kysymyksillä 26.1–26.8 sain selville tuotannon ohjauksen, virtauksen ja varastointien, alihankintojen (ks. myös liite D, kysymys 3.7) ja tarkastuksen muutoksiin ja laadunohjauksessa tapahtuneisiin muutoksiin sekä valvonnassa ja johtamisessa tapahtuneisiin muutoksiin.

Verstaan taloudellisessa tuloksessa tapahtuneita muutoksia selvitin tarkastelemalla verstaan tuloslaskelmaa, vaihto-omaisuuden määrää ja kiertonopeutta, sijoitetun pääoman määrää ja valmistettujen tuotteiden määrää molempina tarkkailuvuosina (ks. liite D, kysymykset 2, 4.1, 4.2, 4.3 ja 4.4). Nämä luvut perustuvat verstaisten omiin seurantaraportteihin. Eri lukuihin pyysin selvitystä tai sain liitteeksi useista verstaista alkuperäiset kopiot kyseisistä seurantaraporteista. Verstaan taloudellisia tunnuslukuja (kuten käyttökatetta, tuottavuutta, taloudellisuutta, jalostusarvoa, kustannusrakennetta) laskin em. tietojen perusteella kullekin tarkkailuvuodelle.

Verstaisten tuottavuutta tarkasteltiin myös ns. välillisillä mittareilla (ks. liite D, kysymykset 4.5, 4.6 ja 4.7). Yrityksistä keräsin analysointia varten yritysten sisäisiä raportteja mm. käyttösuhteista, käytettävyydestä, layoutista, konekannasta, materiaalivirrasta, läpimenoajasta, tuottavuuden kehittymisestä, toimitusvarmuudesta ja laadun mittauksen tunnusluvuista. Joustavan valmistusjärjestelmän vaikutusta henkilöstön määrään kysyttiin liitteen B kysymyksellä 25. Vuoden 2006 haastatteluissa pyrin kuvaamaan johtamisen, informaatiojärjestelmien, yrityskulttuurin ja toimintaympäristön muutoksia (ks. liite D).

FMS-projektien toteutus

Tein haastattelun diagnostisesti syvähaastattelun periaatetta noudattaen. Kävin kysymykset lomakkeiden perusteella läpi ja tarvittaessa tarkensin lisäkysymyksiä. Kirjasin havainnot ja huomiot ylös. Tietoja tarkistettiin projektidokumenteista. Toteutettuun järjestelmään tutustuttiin tehdaskierroksella. Useimmat järjestelmät olivat tuttuja jo FMS-koulutuksen yhteydestä, jolloin koulutusmateriaali oli muokattu kyseistä järjestelmää vastaavaksi.

Projektien toteutuksesta pyrin selvittämään projektin lähtötilannetta, taustaa ja ajankohtaa (ks. liite B, kysymykset 1, 2, 5 ja 6). Projektien kustannuksia ja investointilaskelmia selvitin liitteen B kysymyksillä 3, 3b ja 4. Järjestelmien

rakennetta, konekantaa, automaatioastetta ja valmistettavia kappaleita selvitin liitteen D kysymyksillä 3.1, 3.4, 3.5 ja 3.6. Käyttöönottoprojektin eri vaiheiden kestoja, projektiorganisaatiota, toteutusvastuita, järjestelmän suunnittelua ja hankintaa selvitin liitteen B kysymyksillä 7–18. Käyttöönottoprojektin yhteydessä annettua koulutusta, sen määrää ja osallistumista selvitin liitteen B kysymyksillä 19–21 sekä käyttäjille suoritetuilla haastattelukysymyksillä (ks. liite C, kysymykset 46–55). Ennakkoasennetta ja eri henkilöstöryhmien panosta projektiin kysyin liitteen B kysymyksillä 23–24 ja 27–31.

Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien toteutusten erot

Järjestelmien käyttöönoton onnistumisen ja epäonnistumisen vertailun suoritin em. tulosten valossa. Järjestelmäprojektin onnistumista kuvaaviksi mittareiksi valitsin projektin kestoajan, käyttöasteen nousun ja projektin kustannusten toteutumisen. Järjestelmän käyttöönottoa koskevia kysymyksiä tarkensin lisäkysymyksin, ja kaikki havainnot kirjattiin ylös. Lisäkysymyksillä selvitin järjestelmän nykyistä organisaatiota, tehtävien jakoa ja verstaan toimivuutta. Kysyin haastateltavien mielipidettä ja asennetta haastatteluun (ks. liite C, kysymys 56). Haastattelussa pyrin vapaamuotoiseen ja luottamukselliseen keskusteluun, jolla kartoitin työorganisaation toimintaa, henkilöstösuhteita, työnjakamista ja tehtävien hallintaa. Toiseksi onnistuneiden ja epäonnistuneiden FMS-projektien toteutusta voidaan tarkastella toimivana sosioteknisenä järjestelmänä. Edellä mainittujen henkilöstöhaastattelujen ja tuotannon sekä talousanalyysien perusteella selvitin järjestelmien käytön ja organisoinnin eroja.

FMS-käyttöhenkilöstön kokemat muutokset ja vaikutukset

Työprosessin ja sen eri osien, so. työntekijän työvälineen ja työn kohteen sekä niiden vuorovaikutuksen, luotettava tutkiminen edellyttää monitasoista lähestymistapaa (Vartiainen & Teikari 1989, Vartiainen 1989). Tutkimuksessa selvitin työn ulkoista toimintaa haastatteluin ja havainnoimalla sekä yrityksestä kerätyillä aineistolla. FMS:n käyttöhenkilöstön käyttöönotkokokemuksia järjestelmän käyttöönotosta selvitin liitteen C kysymyksillä 29 ja 30. Joustavan valmistusjärjestelmän käyttöönoton vaikutusta henkilöstön työturvallisuuteen, sairastumisiin ja poissaoloihin selvitin liitteen D kysymyksellä 4.7. Henkilöstökapasiteetin käytöstä selvitin tärkeät tunnusluvut sisäisten raporttien avulla. Näitä tunnuslukuja olivat mm. poissaoloraportit, henkilöstöluettelot ja ylityöraportit.

FMS-työn tavoiterakennetta ja työsisältöä pyrin selvittämään ennalta laadituilla kysymyksillä sekä JDS-kyselyn avulla (Hackman & Oldham 1980, Vartiainen 1989, Vartiainen & Teikari 1990). JDS-menetelmällä arvioidaan työn vaatimia taitoja, työkokonaisuutta, työn merkittävyyttä, itsenäisyyttä ja työn antamaa palautetta, palautetta ihmisiltä sekä kanssakäymisen määrää työssä. Menetelmällä selvitetään työn piirteiden yhteyksiä työn synnyttämiin tuntemuksiin. Menetelmä kuvaa lisäksi ns. kriittiset psykologiset tilat, jotka toimivat työn piirteiden ja työn synnyttämien tuntemusten välittäjinä. Lisäksi menetelmä ottaa huomioon tyytyväisyyden ympäristötekijöihin, mikä toimii yksilöllisenä muuntajana työn ja sen synnyttämien tuntemusten välillä.

Liitteessä E kuvataan työn piirteiden yhteydet tavoiteltuihin myönteisiin seurausilmiöihin. Liitteen C kysymyksillä 13–15, 28 ja 48 pyrin selvittämään työsisältöä. Työn vaativuuteen pyrin saamaan vastausta liitteen C kysymyksillä 19–24, 36–37 ja 39. Vastuun jakamista, vuorovaikutusta esimiehiin ja työtovereihin sekä vaikuttamista työn suoritukseen tutkin kysymyksillä 25–27 (ks. liite C). Kehittymistä työssä selvitin liitteen C kysymyksillä 31–33. Liitteessä C on palautteeseen ja arvostukseen liittyvät kysymykset 40–45. Vuoden 2006 haastatteluihin laadin lisäkysymykset 13b, 15, 24b, 31b ja 46b (ks. liite C). Kysymykset käsittelivät tekniikan, johtamisen, yrityskulttuurin ja työn kehittymisen piirteitä. JDS-kyselyssä pyrin löytämään niitä FMS-työn piirteitä, joita tulisi edelleen kehittää sekä muuttaa työn kehittymisen myötä. JDS- ja BMS-kyselylomakkeet ovat liitteessä E.

Tässä tutkimuksessa BMS-kyselyn tavoitteena oli selvittää FMS-työn psyykkisen kuormittavuuden eroja sekä muutosta järjestelmän käytön kehittyessä. Työntekijöiden hyvinvoinnin (työn emotionaalisia seurauksia) indikaattorina käytettiin työstä aiheutuvaa lyhytkestoista psyykkistä kuormittuneisuutta ja siinä tapahtuneita muutoksia työpäivän aikana (Järvenpää 1991, Kostama ym. 1992). Psyykkistä hyvinvointia selvitin BMS-kyselymenetelmällä (Plath & Richter 1984). Lyhytkestoisella psyykkisellä kuormittuneisuudella tarkoitetaan palautuvaa psyykkistä tilaa, jonka aiheuttavat psyykkiset kuormitustekijät ja toiminta, jota tehdään (Järvenpää 1991).

BMS-menetelmä (Belastung, Monotonie, Sättigung) arvioi lyhytkestoista kuormittuneisuutta psyykkisen väsymyksen, monotoniatilaa ja psyykkisen kyllästyneisyyden ulottuvuuksilla. Psyykinen väsymys johtuu pitkään kestävästä,

psykkisesti kuormittavasta toiminnasta. Sen tuntemuksia kuvataan muun muassa väsymyksenä, uupumuksena, haluttomuutena, haluna nukkua ja keskittymisvaikeuksina (Järvenpää 1991). Monotoniatila johtuu yksipuolisesta ja vähän ärsykeitä sisältävässä ympäristössä tehtävästä toistuvasta toiminnasta, jolloin aktiivaatiotaso tahattomasti alenee. Monotonian tuntemuksia ovat mm. väsymys ja unisuus, kyllästyneisyys, yksitoikkoisuus ja pitkästyneisyys (Järvenpää 1991). Toisin kuin psyykkisen väsymyksen kohdalla monotoniatilasta elpyminen on nopeaa esimerkiksi työtehtävän vaihtuessa. Psykkisellä kyllästyneisyydellä tarkoitetaan hermostunutta, rauhatonta tilaa, jossa aktiivaatiotaso kohoaa. Siihen liittyviä tuntemuksia ovat ärtyneisyys, kyllästyneisyys ja masentuneisuus. Työn tekeminen tai muu toiminta tuntuu tuolloin vastenmieliseltä. Myös tässä toipuminen on nopeaa (Järvenpää 1991). BMS-kyselyn arviointiohje ja tekninen kuvaus ovat liitteessä E. BMS-kyselyt tein vuosina 1988 ja 1991 sekä 1994 case-yrityksessä.

Yhteenveto tutkimuksesta

Taulukossa 7 on yhteenveto tutkimuksessa käytetyistä tutkimusmenetelmistä ja niillä tutkituista kohteista sekä tutkimusajankohdat.

Taulukko 7. Kohdeorganisaatioissa käytetyt tutkimusmenetelmät.

<i>Menetelmä</i>	<i>Tutkimus- kohde</i>	<i>Kohde</i>	<i>Tutkimus- ajankohta</i>	<i>Tutkimus- kysymys</i>
<i>Dokumenttien analysointi</i>	<i>Case</i>	<i>Projektien toteutus Projektin onnistuminen</i>	<i>1988, 1994, 2002, 2006</i>	<i>1, 2, 3</i>
<i>Dokumenttien analysointi</i>	<i>13 verstasta</i>	<i>Projektien toteutus ja onnistuminen, muutokset</i>	<i>1993–1994, 2006</i>	<i>1, 2, 3</i>
<i>Toiminnan- ohjaus- analyysi</i>	<i>Case 13 verstasta</i>	<i>Projektien toteutuksen onnistuminen Muutokset</i>	<i>1988, 1994, 2006 1994, 2006</i>	<i>1, 2, 3 1, 2, 3</i>
<i>JDS-kyselyt</i>	<i>Case</i>	<i>Työn piirteet, työn aiheutta- mat tuntemuk- set, tyytyväi- syys ympäris- tötekijöihin</i>	<i>1988, 1991, 1994</i>	<i>1, 2</i>
<i>BMS-kyselyt</i>	<i>Case</i>	<i>Työn psyyk- kinen hyvin- vointi</i>	<i>1988, 1991, 1994</i>	<i>1, 2</i>
<i>Osallistuminen projektiin</i>	<i>Case</i>	<i>Käyttäjien koulutus, projektin toteutus</i>	<i>1988–1990</i>	<i>1, 2, 3</i>
<i>Projekti- haastattelut</i>	<i>Case 13 verstasta</i>	<i>Projektin toteutus ja onnistuminen</i>	<i>1994 1994</i>	<i>1, 2, 3</i>
<i>FMS- operaattoreiden haastattelut</i>	<i>Case 13verstasta</i>	<i>Työ, työn- organisointi, sosiotekninen järjestelmä</i>	<i>1994 1993–1994</i>	<i>1, 2, 3</i>
<i>Teema- haastattelut</i>	<i>Case 9 verstasta</i>	<i>Muutokset, tekniikan kehitys</i>	<i>2006 2006</i>	<i>2, 3 2, 3</i>

4.4 Aineiston analysointi

Käytetyt tilastolliset menetelmät

Määrällisen tutkimusaineiston analysoimisessa käytin apuna SPSS Win (Statistical Package for Social Science) -tilasto-ohjelmistoa. Käyttöhenkilöstön haastattelulomakkeiden tulokset purin Excel-tilastokolaskentaohjelmistoon omiksi taulukoiksi, joissa laskin eri kysymysten lukumäärät, keskiarvot, keskihajonnat, mediaanit (keskiluvut), minimi- ja maksimiluvut sekä osasta kysymyksistä vastausten prosenttiosuudet. Projektien toteutuksen haastattelut purin Excel-tilaukiksi, jossa kysymyksestä riippuen vastaukset tulostin prosenttiosuuksina tai alkuperäisinä lukuina ja keskiarvoina, keskihajontoina ja minimi- sekä maksimilukuina. Eräistä vastauksista kirjasin projektin vetäjän vastauksen erikseen, koska oli oletettavaa, että projektin vetäjällä oli varmempi tieto kyseisen kysymyksen vastauksesta. Näitä kysymyksiä olivat esim. projektin kustannuksiin ja investointilaskelmiin liittyvät kysymykset.

Jokaisen yrityksen liiketoiminnan ja tuottavuuden kehittymisestä laadin Excel-tilaukotte, joilla laskin kehityksen tunnusluvut ja muutosprosentit. Kussakin taulukossa on kerrottu vuosi, johon luvut on deflatoitu. Projektien toteutuksen vertailut on deflatoitu projektin alkamisvuoteen. Euromääräiset luvut 1980-luvulta 2000-luvulle on deflatoitu yleensä vuoteen 2005. Deflatoinnissa on käytetty rahanarvon indeksiä. Indeksit on otettu tilastokeskuksen sarjoista.

Tutkimuksessa mukana olevia verstaiteja ei valittu tilastollisin perustein edustamaan suomalaisia tuoteverstaiteja, vaan verstaiksi valitsin kaikki mahdolliset verstaiteja, jotka olivat tutkittavissa tai joihin pääsin tutkimaan joustavan tuotantoautomaation käyttöönottoa. Tämän tutkimuksen kaikkiin kysymyksiin en saanut vastausta kaikista verstaiteista. Tulosten tilastollinen analyysi on vain suuntaa antavaa. Osa kysymyksistä sisältää laadullisia arvioita, mikä ei vähennä tulosten luotettavuutta, mutta vaativat enemmän tulosten tulkinnalta ja yleistykseltä.

Verstaiden talouslukujen muutosta arvioin t-testillä ja korrelaatiokertoimella (Pearson) (ks. liitteet H, I ja J). Samoin onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektin talouslukujen muutoksen tilastollisen vertailun suoritin t-testillä. Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien tunnuslukujen vertailun suoritin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tässä analyysissä viiden ja kuuden verstaan ryhmä on liian

pieni pitävien tilastollisten johtopäätösten tekemiseen. Tätä pyrittiin vahvistamaan käsittelemällä haastattelujen tulokset omina ryhminään: onnistuneissa projekteissa mukana oli 18 haastattelua ja epäonnistuneissa projekteissa 20 haastattelua.

JDS- ja BMS-kyselyiden työntekijäryhmien vastauksia vertailin riippumattomien otosten t-testillä. T-testillä tarkastelin kahta eri henkilöryhmää kerrallaan. Hypoteesiksi asetettiin, että näiden kahden koehenkilöryhmän jäsenten vastauksien keskiarvot ovat samat kunkin kysymyksen kohdalla. Tässä tutkimuksessa työntekijät on jaettu kolmeen ryhmään eli koneistajiin, kokoonpanijoihin ja toimihenkilöihin ja sitten on laskettu kunkin kysymyksen kohdalla ryhmien jäsenten vastausten keskiarvot. Lopuksi t-testillä on tutkittu, onko ryhmien vastauksien keskiarvoissa merkitseviä tilastollisia eroja. T-testin tuloksena saadaan keskiarvojen havaitun eron merkitsevyystaso. Merkitsevyystaso tarkoittaa todennäköisyyttä, jolla havaittu ero ryhmien keskiarvoissa saadaan, vaikka todellisuudessa ryhmien keskiarvot ovat samat. Merkitsevyystasoa 0,05 eli 5 prosenttia sanotaan melkein merkitseväksi, merkitsevyystasoa 0,01 eli yksi prosentti sanotaan merkitseväksi ja merkitsevyystasoa 0,001 eli 0,1 prosenttia erittäin merkitseväksi.

Käytönoton onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä arvioin (multipple) regressioanalyysin Stepwise-menetelmällä. Regressioanalyysiin selitettäväksi tekijöiksi valitsin projektin onnistumisen mittarit: projektin keston (pituus), myöhästymän ja käyttöasteen nousuun käytetyn ajan sekä projektikustannusten pitävyyden. Regressioanalyysiä varten laskin yhdistetyt selittäjät (muuttujat). Näitä olivat mm. koulutusmäärä, projektin johtaminen, käyttöönottopata, projektin organisoititapa ja konsultin käyttö. Esimerkiksi koulutusmäärien osalta yhdistettyyn muuttujaan laskettiin liitteen B kysymyksen 19 ennakkokoulutusmäärän, laitekoulutusmäärän, ulkopuolisen antaman koulutuksen määrän ja oman koulutuksen määrän summa aina verstaskohtaisesti. Projektin johtamiseen valittiin liitteen B kysymyksen 11 verstaskohtaiset keskiarvot. Konsultin käyttö on liitteen B kysymys 15. Regressioanalyysin käytössä on oltava varovainen, koska se pyrkii ottamaan otoksesta kaiken irti. Toisaalta pieni otos ja suuri muuttujamäärä voivat nostaa selitysosuuden korkeaksi (Karma & Komulainen 1984).

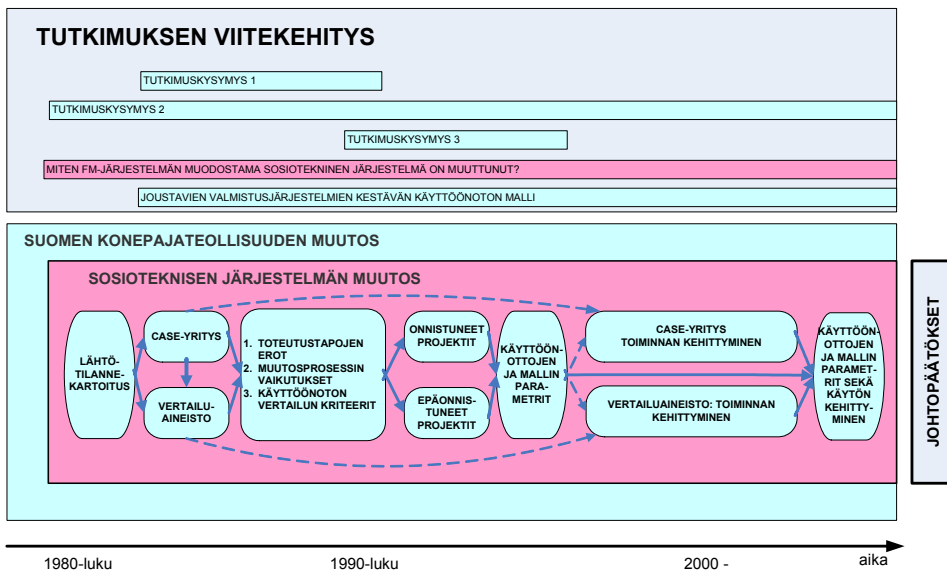
4.5 Tutkimuksen toteuttaminen

Tapaustutkimuksen aineiston keräsin vuosina 1987, 1988, 1991, 1993, 1994, 2002 ja 2006 ja vuosina 1988–1990 osallistuin case-yrityksen käyttöönottoprojektin projektiryhmään. Tutkimuksen kulku esitetään kuvassa 5. Tapaustutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tein toiminnanohjausanalyysin, jota täydensin työpsykologisin työniirrekyselyin (JDS) ja työntekijöiden kuormitusmittauksin (BMS). Tutkimuksen toisessa vaiheessa toistettiin toiminnan ohjausanalyysi. Lisäksi tässä vaiheessa kuvasin FMS:n käyttöönottoprosessin ja sen vaikutukset. Tutkimusta täydennettiin lisäksi kuormitusmittauksin. Vuonna 2002 tein tuotantotilanteen analyysin ja keräsin aineistoa tuotannon tehokkuudesta.

Viimeisessä tutkimusvaiheessa 2006 keräsin aineiston järjestelmän käyttäjä-, työjohto- ja johtotasolta. FM-järjestelmän käyttäjiä haastateltiin yhteensä 17 henkeä, ja verstaisten toimihenkilöitä oli haastatteluissa yhteensä 13 henkeä. Case-yrityksen talousluvut ulottuvat tässä tutkimuksessa vuoden 2001 loppuun saakka. Vuoden 2002 alusta kolme erillistä tuotetehdasta yhdistettiin samaksi tulosityksiköksi. Tällöin tulosseuranta, varastot ja tunnusluvut yhdistyivät suuremmaksi kokonaisuudeksi, joten vertailukelpoiset tunnusluvut ulottuvat vain vuoden 2001 loppuun saakka. Case-yrityksen erikoistuoteverstaan osuus oli uudessa tulosityksikössä henkilömäärästä ja liikevaihdosta vajaa kolmannes. Sosiotekniseen järjestelmään liittyvään aineiston keruu eli henkilöhaastattelut ja käyttäjien haastattelut voitiin suorittaa normaalisti vuonna 2006. JDS- ja BMS-kyselyihin en saanut lupaa. Perusteluna oli tiukka tuotantotilanne.

Vertailututkimusaineiston FMS-projekteista keräsin talven 1993–1994 sekä vuoden 2006 aikana. Aineiston keräsin yrityksissä paikan päällä. Aineiston keräämiseen käytin yleensä yksi tai kaksi työpäivää yritystä kohden. Haastateltavina olivat projektiin osallistuneet, järjestelmän käyttäjät ja esimiehet. Tutkimus- ja haastattelulomakkeet postitin verstaapäällikölle etukäteen aineiston keräämistä ja tutustumista varten. Haastattelut tein verstaan tiloissa (työnjohtajan huone tai vastaava). Haastattelussa ei ollut paikalla muita kuin haastattelijat ja haastateltavat. Kerätyn aineiston kirjasin ylös lomakkeille. Haastateltavien nimiä en antanut työnantajien, luottamushenkilöiden eikä muiden sivullisten käyttöön. Yhteenvedoissa henkilöiden nimiä ei mainita. Tulokset analysoin ja tulostin taulukkomuotoon. Postitin yrityksille raportin, jonka ne tarkistivat ja toimittivat takaisin. Tässä

yhteydessä pyysin yrityksiltä lisätietoja täydentämään ja varmistamaan tietojen oikeellisuutta.



Kuva 5. Tutkimuksen kulku.

5. Tapaustutkimus: erään tuoteverstaan kehittäminen 1980-luvulta 2000-luvun alkuun

5.1 Liikeideasta moderniksi teollisuusyritykseksi

Tämän tutkimuksen case-yritystä on tarkasteltava koko yrityksen kehityshistorian kautta, sillä yrityksen perustaminen ja kasvu moderniksi kansainväliseksi liikeyritykseksi ajoittuu Suomen metalliteollisuuden vaiheeseen, jossa otettiin käyttöön uudet tuotantomuodot, tuotantofilosofiat ja aina ajanmukaisin uusien tuotantotekniikka. Yrityksen kehitys ja kasvu ovat osa Suomen menestyvän konepajateollisuuden historiaa. Yrityksestä käytetään nimeä **case-yritys**, ja sijoituspaikkakunta on muutettu. Tutkimuksen kohteena olevan yrityksen muodostaessa konsernin myös näiden yritysten nimet on muutettu. Valmistettavista tuotteista käytetään nimeä erikoistuote.

Liiketoiminnan vaiheet 1980-luvun puoliväliin

Case-yritys perustettiin 1956 vanhan yrityksen sisaryritykseksi (ks. taulukko 8). 1960-luku oli case-yrityksessä toimintojen vakiinnuttamisen ajanjakso. Tällöin case-yritystä alettiin kehittää systemaattisesti pala palalta. Ensin panostettiin markkinointiin ja sen kehittämiseen, sitten taloushallintoon ja tuloslaskelman, katetuoton sekä tunnuslukujen käyttöönottoon.

1970-luvun alussa tiloja rakennettiin useassa eri vaiheessa ja liikevaihto kasvoi kolminkertaiseksi. Merkittäviä kehitysaskeleita olivat laatujärjestelmän laatiminen ja metallilaboratorion perustaminen. Laatujärjestelmässä laadun ylläpito perustui pitkälti tarkastamiseen.

1980-luku oli kansainvälistymisen aikaa. Toimintaa oli 25 maassa ja valmistusta kuudessa maassa.

Taulukko 8. Case-yrityksen ja erikoistuotteiden valmistuksen vaiheita.

1956	<i>Yritys perustettiin</i>
1961	<i>Ensimmäiset ulkomaantoimitukset</i>
1963	<i>50 henkeä palkkalistoilla</i>
1964	<i>Ensimmäinen organisaatiokaavio</i>
1967	<i>100 henkeä palkkalistoilla</i>
1970	<i>318 henkeä palkkalistoilla, muutto Karhukorpeen ja erikoistuotteiden uudet tuoteperheet lanseerataan</i>
1971	<i>Tytäryhtiö perustettiin Ruotsiin</i>
1970	<i>Erikoistuotteita valmistetaan keskipitkissä sarjoissa (100–300 kpl), lukuisia tehdaslaajennuksia</i>
1974	<i>Vientipalkinto</i>
1977	<i>Saksan tytäryhtiö case-yritys GmbH perustettiin</i>
1980	<i>Brasilian tuotantoyksikkö perustettiin</i>
1982	<i>Case-yritys siirtyi A-konsernin omistukseen, tuoteverstaita perustetaan</i>
1984	<i>Kymmenes tytäryhtiö perustettiin</i>
1985	<i>Tytäryhtiö case-yritys Inc perustetaan USA:han, erikoistuoteosasto perustettiin</i>
1988	<i>Case-yritys osti Machine Inc:n</i>
1990	<i>Tehdas 90 otettiin käyttöön, erikoistuoteosastosta erikoistuotetehdas</i>
1996	<i>Case-yritys yhdistettiin A-konserniin</i>
1999	<i>A-konserni ja B-konserni yhdistyivät C-konserniksi</i>
2001	<i>Erikoistuotteiden tuotantoa käynnistettiin Kiinassa</i>
2002	<i>Erikoistuotetehdas yhdistettiin päätuoteryhmään</i>
2004	<i>Erikoistuotteiden valmistus alkoi Virossa</i>
2007	<i>Erikoistuotevalmistuksesta tulee oma tulosityksikkö</i>

Yrityskulttuurin muodostuminen ja johtamisen periaatteet

Case-yritys oli vielä 1960-luvun alussa pienyritys – yhden miehen perhe, jossa oli erinomainen yhteishenki.

”Yhteishenki perustui perustajan omiin arvoihin, joita olivat avoimuus, oikeudenmukaisuus, rehellisyys ja toisen ihmisen ja hänen ammattitaitonsa kunnioittaminen.”

Tälle perustalle case-yrityksen kulttuuri vähitellen rakentui. Yrityskulttuuri kehittyi ja jäsenyi yrityksen kasvun myötä.

Aluksi johtoryhmätyöskentely oli haparoivaa, muistioita ei tehty, ja asiat käsiteltiin omistajavetoisesti. Tultaessa 1980-luvulle johtaminen oli kriisissä.

*”Johdon tehtävät oli määritelty, mutta vastuita ja valtuuksia ei ollut määritelty. Yrityksen kovassa kasvuvaiheessa resursseista oli jatkuva pula. Eräs johtamisen ongelma oli strategian jalkauttamisessa operatiiviseen toimintaan. Strategia oli liian ylimalkainen monipuolistuneeseen markkinasegmenttiin nähden. **Vähitellen yrityksessä opittiin ymmärtämään tuotemarkkinastrategian tärkeys.** Kasvuvaiheessa organisaatio muuttui ja eli jatkuvasti. Perinteisesti yritystä hoidettiin funktionaalisen organisaation mukaisesti. Ihmiskeskeinen johtaminen oli vallitsevana myös lattiatasolla. Vuosikymmenten aikana toteutettiin lukuisia erilaisia kehitysprojekteja, joilla pyrittiin saavuttamaan uusi tekniikan tai toiminnan taso.”*

Yrityskulttuurista toimintafilosofiaan

Case-yritys oli pitkään omistajavetoinen yritys, jossa omistajan oma maailmankatsomus oli ratkaisevana tekijänä yrityskulttuurin muodostumisessa. Omistajasta lähtöisin olevat perusarvot elivät vahvana yrityksessä, ja ne siirtyivät uudelle toimitusjohtajalle, joka rakensi toiminta-ajatuksen, vision ja mission sekä toimintafilosofian näiden arvojen perustalle. **Yrityksen perusarvoiksi muodostuivat laatu, ihmisen kunnioittaminen ja kansainvälisyys.** Vuosina 1985–1986 laaditulla strategialla tähdättiin vuoteen 1995 saakka. Strategialla hahmotettiin skenaario, miltä ympäristö näyttää kymmenen vuoden päästä, ja määritettiin visio, jonka mukaisesti yrityksen tulee olla maailman markkinajohtaja sellu- ja paperiteollisuuden komponenteissa ja teknologiajohtaja valituissa sovelluksissa. Toimintafilosofia muodostui ja täsmentyi vähitellen.

Laatu yhtiön toimintafilosofian ensimmäisenä kulmakivenä

Laadun merkitys oli case-yrityksessä ymmärretty jo 1970-luvulla. Vuosikymmenen lopulla laadun painopiste siirtyi tarkastamisesta koneiden, työvälineiden ja järjestelmien kehittämiseen. TQM omaksuttiin uuden laatukäsikirjan myötä 1983. Sen mukaisesti jokainen yhtiön työntekijä oli vastuussa laadusta.

Tekniikan ja tuotantojärjestelmien kehittäminen

1970-luvulla case-yritys kasvoi moderniksi teollisuusyritykseksi. NC-koneet tekivät tuloaan Suomeen 1970-luvulla. Case-yritys seurasi koneiden kehitystä tarkkaan ja tutustui tekniikkaan perusteellisesti ennen koneiden hankintaa. Ensimmäiset NC-koneet olivat SMT-sorveja. 1980-luvulle tultaessa case-yritys olikin Suomen mittakaavassa merkittävä NC-koneiden käyttäjä. NC-koneet

mahdollistivat jopa yhden kappaleen sarjakoona. Samaan aikaan tuotantojärjestelyissä tuoteperheet ja solutoiminta saivat alkunsa. Solutoiminta alkoi jo ennen varsinaista NC-kautta ja ennen kuin soluista puhuttiin laajemmin Suomen teollisuudessa. Näin funktionaalisisessa toiminnassa tyypillisistä välivarastoista luovuttiin ja läpimenoaika lyheni.

Teknologiapainotteisen kehittämisen ohella liiketoimintaa kehitettiin 1970-luvun puolenvälin jälkeen systemaattisemmin. Ensimmäinen kunnollinen pitkän tähtäimen suunnitelma loi pohjan 1980–1990-lukujen kehitykselle. Määritettiin strategia, toiminta-ajatus ja päämäärät. Voidaankin sanoa, että systemaattinen yritys-suunnittelu käynnistyi ja toimi johdon työkaluna. Suunnitelma loi perusteellisen tuotantostrategian. Globalisoituminen ja haasteet tuotannolle pakottivat muodostamaan standardi- eli vakiotuoteprosessin, yksittäisvalmistusprosessin ja erikoistuote-prosessin. Prosessien jako perustui ABC-analyysiin ja tuotemarkkina-analyysiin. Toimenpiteillä luotiin pohja pitkälle tulevaisuuteen tuotannon kehittämiseksi.

Tuotantostrategiat ja niiden vaikutus tekniikan kehittämiseen

”Ensimmäinen varsinainen pitkän tähtäimen suunnitelma valmistui 1974, ja se hahmotti tulevaisuuden viideksi vuodeksi. Suunnitelma hahmotti tuotantostrategian.”

Tuotantostrategiassa määritettiin alihankintojen osuus, NC-politiikka ja koneinvestointien ja työvoiman hankinnan suuntaviivat. Yrityksestä kehittyi Suomen johtava vaikeiden materiaalien koneistaja. Monikonekäytöstä sovittiin ensimmäisten solujen käynnistyessä. Monikonekäyttö on eräissä yrityksissä otettu käyttöön vasta 2000-luvulla. Monikonekäyttö aiheutti tietysti muutosvastarintaa, jota yritys loivensi sivukonelisäpalkkiolla.

Tekniikkalähtöinen tuotanto luo kilpailukykyä

Yrityksen tuotantostrategiaa voidaan kuvata sanalla tekniikkalähtöinen. Yritys pyrki aina soveltamaan käyttökelpoisinta ja nykyaikaisinta jo valmiiksi koeteltua tuotantotekniikkaa. **Tuotemarkkinastrategiasta lähtöisin oleva teknologiastrategia asetti tuotannolle vaatimuksen valmistaa tuotteita kannattavasti pienissä sarjoissa.** Tämä johti siihen, että painopiste siirtyi Valmetin valmistamista erikoiskoneista NC-tekniikkaan. Ensimmäisenä tehokkaana koneena yritys hankki 10-paletin Okuma-työstökeskuksen. Kone mahdollisti vakioasetuksin jatkuvan, toistuvan piensarjatuotannon.

Funktionaalista tuotannosta tuotetehtaisiin – 1980-luvun alun kehitystoimenpiteitä

1980-luvun alussa kilpailu kiristyi. Case-yritys toimi kansainvälisillä markkinoilla, ja kasvun myötä toimitusaikavaikeudet ja hintakilpailu asettivat paineita tuottavuuden kehittämiseen. Tuotannon kehittämisen tavoitteena oli toiminnan ohjauksen ja tuottavuuden kehittäminen, pääkomponentin valmistuksen läpimenoajan lyhentäminen ja tuotantokustannusten alentaminen. Tuolloin yrityksessä vallitsi **tuotannon tehtäväjohtamisen periaate**, eli työnjohtaja sanoi, mitä tehdään ja missä järjestyksessä.

Käytännössä tuotannossa oli yksi prosessi, jossa molemmat markkinatarpeet hoidettiin. Funktionaalisen tuotantotavan ongelmana oli pitkä läpimenoaika. Vakiotuotteet olivat tuotannossa etusijalla, ja tilausohjautuvat tuotteet jäivät aina toisarvoiseen asemaan tuotannossa. Tästä aiheutui ongelmia toimitusvarmuuden ja tuotteiden kannattavuuden suhteen.

Tuoteverstaiden perustaminen edellytti työntutkimuksen aloittamista. Työntutkimuksella selvitettiin yksittäisten tehtävien analysoinnilla tuotantomenetelmien pullonkauloja, kehittämistarpeita, kapasiteettia ja ohjausperiaatteita. Tuoteverstaiden perustaminen aiheutti mittavat muutokset tehtailta. Käytännössä kaikki yrityksen tuotantotilat käytiin läpi, ja osastoja siirtyi talosta toiseen ja paikasta toiseen. **Tuoteverstaissa koneryhmät muodostivat tuotantosoluja.**

Karhukorven tehtaat muodostuivat seuraavista yksiköistä: henkilöstöhallinto, taloushallinto, laatuosasto, tuotekehitys ja tuotantoprosessit (asiakaspalvelutuotanto ja vakiotuotanto). Tuoteverstaita oli viisi. Ensin osastoista käytettiin nimeä tuoteverstaat, sitten vuosikymmenen lopulla nimeksi tuli osasto, ja 1990-luvun alussa osastoista muodostettiin itsenäisiä tuotetehtaita. Tuoteverstaita johtivat valmistuspäälliköt ja työnjohto. Menetelmäsuunnittelijat kehittivät ja paransivat tuotantomenetelmiä, ostosopimukset hoidettiin keskusjohdon kautta, ja tuotetehtaat hoitivat itse materiaalin kotiinkutsut (eli hankinnan tilaukset) ja vastaanotto-tarkastukset. Tavoitteena oli, että tuotannonohjausjärjestelmän kautta työkuorma välittyisi tuotantosoluihin ja solut itsenäisesti tekisivät tuotannon annetun kuormituslistan mukaan.

Tuotannon ongelmat

Funktionaalissa tuotannossa käytössä olleesta viikon kuormitusjaksosta ei luovuttu. Tämä aiheutti sen, että kukin vaihe vei aina viikon tilausten käsittelystä toimitukseen. Itse valmistusprosessissa läpimenoaika puolittui ja pääkomponenttisolussa pieneni jopa kuudesta viikosta viikkoon. Myös vaihto-omaisuuden kierto nopeus parani, mutta tavoitteisiin ei päästy. 1980-luvun alun kehitystoimenpiteissä keskeinen tavoite kuitenkin saavutettiin. Tuotantojärjestelmä vastasi liike-toiminnan rakennetta.

Tuotantoon perustetut solut jäivät fyysisiksi koneryhmiksi ja ihmiset jäivät omille koneilleen. Halukkuutta tehtävien kiertoon solun sisällä ei ollut, eikä monitaitoisuudella tavoiteltua joustavuutta saavutettu. Esteenä tässä olivat työnjohdon asenteet sekä koulutuksen riittämättömyys. Solujen toiminta osoittautui vaikeimmaksi ratkaista. Uusi toiminnanohjausjärjestelmä antoi merkittävää apua reaaliaikaiseen toiminnan ohjaamiseen. Työnjohdon tehtäväksi muodostui järjestelmän päivittäminen, mikä lisäsi rutiiniryön määrää ja vähensi valvontaan ja johtamiseen käytettävää aikaa.

Funktionaalinen tuotanto ja ositettu työ

Funktionaalissa tuotantotavassa tuotantoa johtivat työnjohtajat, ja heillä oli esimiehinään ylityönjohtaja ja valmistuspäälliköt. Työnjohtaja antoi työt ja kertoi suoritusjärjestyksen. Merkittävä muutos tähän oli työkortin käyttöönotto 1970-luvun puolessavälissä. Työt oli ositettu tayloristisella tavalla. Ammatinimikkeinä olivat esimerkiksi sorvaajat, jyräjät, asettajat, kappaleenvaihtajat ja hiojat. Solujen käytön soveltamisen myötä taylorismi alkoi murtua. Kappaleenvaihtajana oli tavallisimmin henkilö, jolla ei ollut ammatillista metallialan koulutusta.

Taylorismista solutuotantoon

1980-luvun alun keskeisenä tavoitteena oli perinteisestä funktionaalista toimintatavasta luopuminen. Soluja oli otettu käyttöön jo 1970-luvulla, ja kokemukset rohkaisivat laajentamaan solut koko tuotantoa koskeviksi. Solussa valmistuskohteenä oli osaperhe eli kyseisen tuotteen erikokoiset tuotevariaatiot. Soluissa koneet sijoiteltiin tarkoituksellisimmalla tavalla tuotteiden valmistusprosessin mukaisesti. Soluille ominaista oli heti alusta lähtien itseohjautuvuus ja monitaitoisuus.

Monitaitoisuuden lisääminen edellytti suurta koulutuspanosta. Case-yritys olikin koko 1980-luvun merkittävä tuotantohenkilöstön kouluttaja. Kuten edellä todettiin, rakennetut solut jäivät koneryhmäasteelle eivätkä aito tehtävien kierto ja monitaitoisuus toteutuneet. Tämän ongelman korjaamiseksi käynnistettiin **Tehdas 90 -projekti**. Projektissa panostettiin erityisesti koulutukseen, monitaitoisuuden lisäämiseen ja itsenäiseen ryhmämäiseen työhön.

5.2 Käyttöönottoprojektin toteutus

Vuonna 1985 erikoistuotteiden valmistukseen oli perustettu erikoistuoteosasto, joka oli siirretty Kollitien päähän liian ahtaisiin sekä toiminnallisesti sopimattomiin tiloihin. Erikoistuoteosasto kuului osana Karhukorven tehtaiden vakiotuotantoa. Erikoistuoteosaston tehtävänä oli valmistaa päätuotteiden komponentteja varsinaisille päätuoteosastoille (tehtaille) ja suoraan asiakastoimituksiin. Erikoistuoteosaston kapasiteetin määräävänä ja ohjaavana koneena oli Okumakoneistuskeskus. Kasvava kysyntä oli käyttänyt osaston joustovarot loppuun. Vuoden kestäneen esitutkimuksen jälkeen päätettiin perustaa Tehdas 90 -projekti vuoden 1987 syyskuussa.

Tehdas 90 -projektin keskeiseksi päämääräksi tuli joustavan valmistustekniikan käyttöönotto uuteen rakennettavaan erikoistuotetehtaaseen. FMS-tekniikan soveltaminen päätettiin aloittaa erikoistuotteiden valmistuksesta. Erikoistuotteiden valmistusvolyymit ja käytetyt materiaalit mahdollistivat pitkälle automatisoidun tuotannon käyttöönoton. Kehitysprosessin keskeisenä tavoitteena oli joustavuuden lisääminen ja asiakaspalvelukyvyn parantaminen, jopa yhden kappaleen eräkokoja valmistamalla. FMS-strategiaksi valittiin ”pienien askelten” strategia eli päätettiin kehittää olemassa olevaa tuotantoa niin pitkälle, että itse valmistusmenetelmän muutos oli lopulta hyvin pieni askel toteuttaa. Muutosprosessia vietiin läpi henkilökunnan osallistumista korostaen. Muutosprosessin läpiviemisissä uusi valmistusmenetelmä ja työympäristö pyrittiin saamaan mahdollisimman tutuksi ennen lopullista käyttöönottoa. Tavoitteeksi asetettiin koko henkilökunnan tietotaidon hyödyntäminen, työtyytyväisyyden parantaminen ja koko imagon parantaminen.

Projektiorganisaatio

Projekti organisoitiin perusteellisen projektisuunnitelman mukaisesti ja projektiin otettiin mukaan ulkopuolisia asiantuntijoita. Projektin aikana tehtiin kaksi diplomityötä tehtaan ohjauksesta ja käytetystä tekniikasta sekä lisensiaatintyö koulutuksesta ja työn organisoinnista. Projektin toteutusorganisaatioon kuului kolme eri tasoa. Projektin johtoryhmään valittiin kolme työnantajan, kolme työntekijöiden ja kaksi ulkopuolista edustajaa. Projektin johtajan keskeisiksi vastuualueiksi määritettiin projektin johtaminen ja perusratkaisujen tekeminen. Johtoryhmä hyväksyi projektisuunnitelman, siihen tehdyt muutokset sekä projektiryhmien perusmiehityksen ja varmisti resurssien saatavuuden. Projektipäällikkönä toimi erikoistuotetehtaan valmistuspäällikkö. Hänen tehtävänä oli projektisuunnitelman ja -aikataulun teko, projektiryhmien toimintaan osallistuminen, raportointi sekä projektin edistymisen valvonta.

Toisen projektiorganisaatiotason muodostivat kuusi projektiryhmää. Projektiryhmiin osallistui työntekijöitä ja toimihenkilöitä. Projektiryhmät jakaantuivat 12 osaprojektiin. Projektiryhmät vastasivat suunnitelmien toteuttamisesta. Kolmannen toteutusorganisaatiotason muodostivat pienryhmät, joiden kautta kaikki erikoistuoteosaston työntekijät pääsivät osallistumaan tehtaan suunnitteluun. Työntekijät osallistuivat simulaatiopelihin, joiden avulla opiskeltiin uutta tuotantojärjestelmää sekä kehitettiin tuotannon materiaalivirtausta. Simulaatiopelin avulla uusi tuotantojärjestelmä tuli tutuksi jo ennen järjestelmän käyttöönottoa. Jokainen työntekijä saattoi omaan työkokemukseensa perustuen antaa arvokkaita vihjeitä järjestelmän kehittämiseen.

Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteet kirjattiin **asiakaspalvelutavoitteisiin ja sisäisiin menestystekijöihin**. Asiakaspalvelutavoitteina olivat hinta, joustavuus, toimitusaika, toimitusvarmuus ja variaatioiden hallinta. Sisäisiksi menestystekijöiksi asetettiin 32 000 erikoistuotteen tuotantovolyymi 80 prosentin käyttöasteella, läpimenoajan lyhentäminen 20 päivästä 5 päivään, aihiovarastojen kiertonopeuden parantaminen arvosta 4 arvoon 25, tuotevaraston kiertonopeuden parantaminen arvosta 8,2 arvoon 50 ja kustannustehokkuus. Projektin takaisinmaksuajaksi laskettiin 4 vuotta ja suurimpien säästöjen arvioitiin tulevan vaihto-omaisuudesta vapautuvalla pääomalla.

Projektin toteutuminen

Taulukossa 9 on Tehdas 90 -projektin tärkeimmät vaiheet tapahtuma-aikoinen.

Taulukko 9. Tehdas 90 -projektin aikataulu.

<i>Syyskuu 1986</i>	<i>Esitutkimus alkoi</i>
<i>Syyskuu 1987</i>	<i>Päätös projektin aloittamisesta</i>
<i>Tammikuu 1988</i>	<i>Tehdas 90 -projektin aloitus</i>
<i>Helmikuu 1988</i>	<i>Rakennuksen suunnittelu käynnistyy</i>
<i>Toukokuu 1988</i>	<i>Suunnittelukokoukset toimistojen kanssa alkavat</i>
<i>Heinäkuu 1988</i>	<i>Rakennuslupahakemus rakennusvalvontavirastoon</i>
<i>Lokakuu 1988</i>	<i>Maanrakennustyöt alkavat</i>
<i>Tammikuu 1989</i>	<i>Päärakennusurakka sekä työmaakokoukset alkavat</i>
<i>Helmikuu 1989</i>	<i>Elementtien kokoonpano alkaa</i>
<i>Maaliskuu 1989</i>	<i>Peruskiven muuraustilaisuus</i>
<i>Toukokuu 1989</i>	<i>Elementtien kokoonpano valmis</i>
<i>Heinäkuu 1989</i>	<i>Ensimmäinen työstökeskus asennetaan käyttöön</i>
<i>Lokakuu 1989</i>	<i>FM-järjestelmän ja uusien työstökoneiden asennukset alkavat</i>
<i>Joulukuu 1989</i>	<i>Rakennus valmis ja tuotannon käynnistys FM-järjestelmällä</i>
<i>Tammikuu 1990</i>	<i>Vanhojen koneiden ja kokoonpanon siirto uuteen tehtaaseen</i>
<i>Helmikuu 1990</i>	<i>Tehdas 90 tuotantokäytössä kokonaisuudessaan</i>
<i>Maaliskuu 1990</i>	<i>Tehtaan ja sen yhteydessä olevan pääkonttorin avajaiset</i>

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan erikoistuoteosaston kehittymistä ja muutosta 1980-luvun puolivälistä 2000-luvulle. Ensimmäinen tarkasteluajankohta on vuoden 1987 tilanne. Joustavan tuotantoautomaation käyttöönottoprojektin toteutuksen vertailuvuosiksi valittiin 1989 ja 1993. Erikoistuoteosaston, sittemmin erikoistuotetehtaan, tunnusluvut ovat vuosilta 1989–2001 liitteessä K. Myöhemmin taulukoissa, kuvissa ja liitteissä esitetyt euromääräiset tunnusluvut on diskontattu vuoden 2005 rahanarvoon, ellei ole toisin mainittu. Tänä aikavälinä erikoistuoteosasto oli itsenäinen erikoistuotetehtas ja sillä oli oman tehdaskohtaisen tuloksen seuranta. Vuosien 1987–1993 lukuja käsitellään osaston lukuina, ja osaston tuloslaskelma poikkeaa erikoistuotetehtaan tuloslaskelmasta. Osaston tuloslaskelmassa laskutusarvona käytetään erikoistuotteen ja päätuotteen muodostaman yhdistelmän laskutusta. Yleiskulujen kohdentaminen poikkeaa erikoistuotetehtaan ja erikoistuoteosaston osalta. Vuoden 2002 alusta erikoistuotetehtaan tuloksen seuranta itsenäisenä yksikkönä lopetettiin.

Esitutkimuksessa ilmi tulleita ongelmia

Erikoistuoteosasto jakaantui koneistukseen, pieneen ja suureen kokoonpanoon sekä maalaamoon. Vuonna 1987 osastolla valmistui 24 638 erikoistuotetta. Tuotantovolyymi oli kaksinkertaistunut kolmessa vuodessa, mikä aiheutti painetta uuden tehokkaamman tuotantotekniikan käyttöönottamiseen. Asiakastoimitusten osuus oli noussut 1980-luvun lopulla vähitellen yhteen kolmasosaan osaston tuotannosta. Erikoistuoteosaston tuotanto toimi tuolloin tuoteverstasperiaatteella ja suurin osa tuotannosta oli varasto-ohjautuvaa. Tällöin vielä osto, myynti, tuotannon karkeakuormitus ja huolto olivat keskitettyjä. Vakiotuotannon valmistaminen perustui tuotannon ja myynnin laatimaan vuosituotantosuunnitelmaan. Asiakaspalvelutuotanto oli tilausohjautuvaa. Tuotannonohjaus perustui Primas-järjestelmän monitasoiseen tarvelaskentaan. Tuotantoa voitiin tasapainottaa siirtämällä kuormaa eteenpäin. Tarvelaskentajärjestelmä ulottui myös ostoon ja alihankintaan.

Järjestelmä oli jäykkä, mikä osaltaan lisäsi läpäisyaikojen pitenemistä ja pääoman sitoutumista keskeneräiseen tuotantoon. Myynnin ja tuotannon välinen yhteistyö ei toiminut kaikilta osin kitkatta, mikä myös lisäsi valmistuotevarastoa. Valmistettavat tuotteet jaettiin tuolloin pieniin ja suuriin erikoistuotteisiin sekä kahteen pääsarjaan.

Erikoistuotetehtaan tuotannon organisointi

Erikoistuotetehtaan valmistusprosessi jaettiin projektin yhteydessä vakiotoimitusprosessiin, pikatoimitusprosessiin ja erikoistoimitusprosessiin. Vakiotoimitusprosessi oli normaali tuotanto-ohjelman mukainen prosessi. Pikatoimitusprosessissa pyrittiin viiden päivän toimitukseen ja erikoistoimitusprosessissa tuotteeseen tehtiin tuote- ja menetelmäsuunnittelua.

Tekninen järjestelmä ja tuotannon ohjaus

Liitteessä L on erikoistuotetehtaan layout. Tehtaan layout on rakennettu kahden linjatyypin hyllystöhissin ympärille. Toinen hyllystöhissi muodosti FM-järjestelmän ja toinen palveli varastojärjestelmänä. FM-järjestelmään kuuluvat koneet ja laitteet olivat

– neljä vaakakaraista koneistuskeskusta (*Mazak*)

- yksi FMS-pesukone (*Idea-Machine*)
- neljä kiilaurakonetta (*Frömag/Hönnema*)
- yksi portaalisorvi (*Mazak-Valmet*)
- kaksi robottisorvia (*Okuma*)
- yksi NC-sorvi (*Mori-Seiki*)
- kolme manuaalikonetta (*jyrsinkone, säteisporakone, kärkisorvi*)
- yksi koordinaattimittauskone (*Zeiss*).

Kokoonpanoa palveli korkeavarasto hyllystöhisseeen, ja siellä puskuroitiin kokoonpanon osto- ja sorvausosat. Tuotannon ohjaus toimi imuperiaatteella, ja ohjauksen suunnittelujaksona pidettiin puolta viikkoa eli 60:tä tuntia. Imuperiaatteeseen kuului, että valmistusimpulssi tuli eri erikoistuotteiden osien kohdalla tuotantojärjestelmän eri osista. Ensinnäkin erikoistuotteiden koteloita ja kansia valmistettiin täysin tilauskohtaisesti suunnittelujakson puitteissa. Toiseksi erikoistuotteiden vivustoratkaisut valmistettiin täysin itseohjautuvasti (käyttäjä) virtaushyllystön ja kaksilaatikkoperiaatteen avulla. Kolmanneksi sorvausosien tilausimpulssi määräytyi kokoonpanon korkeavaraston hälytysrajan mukaan. Käyttäjä näki FM-järjestelmän päätteeltä, mitä osia kokoonpanossa tarvittiin, ja valmisti ne FMS:ssä. Työnsuunnittelu antoi kaksi kertaa viikossa kokoonpanolle tilaukset informaatiokortilla. Kokoonpanosta valmistuneen tuote-erän tiedot kirjattiin viivakoodin avulla tehtaan tuotannonohjausjärjestelmään. Projektin yhteydessä toiminnanohjausjärjestelmä vaihdettiin uuteen järjestelmään.

5.3 Kehittämisen vaikutukset

5.3.1 Kehitysprojektin vaikutukset työn organisointiin ja työsisältöihin sekä henkilöstön kokema työn muutos

Erikoistuoteosasto oli eriytetty omaksi osastokseen vuonna 1985. Koneistamossa työt oli yleensä järjestetty siten, että yksi henkilö hoiti kahta NC-konetta, ja manuaalikoneella oli aina yksi henkilö. Kaksi NC-ohjelmoijaa teki ohjelmat työstökoneille, ja asetuksia tekemässä oli kolme asettajaa. Vuodesta 1985 alkaen koneistamoon oli yritetty saada aikaan työkiertoa koneelta toiselle, mutta se ei saanut kovin suurta kannatusta työntekijöiltä. Kokoonpanossa työntekijä kokosi tuotesarjan aina erikoistuotteen alusta loppuun. Kokoonpanossa työ oli kohtuullisen hyvin muotoiltu kokonaisuudeksi ja vastuuta oli saatu siirrettyä alaspäin.

Erikoistuoteosastolla työskenteli valmistuspäällikön lisäksi työnsuunnittelija, menetelmäsuunnittelija, työntutkija, työkaluvaraston hoitaja ja kotiinkutsuja. Kuljetuksista huolehti kaksi henkilöä.

Työnjohtoa oli koneistuksessa kaksi henkeä ja kokoonpanossa oli oma työnjohtaja. Mainittakoon, että osaston työntekijöiden ja toimihenkilöiden sairauspoissaolot olivat 12,7 prosenttia vuoden 1988 työajasta, mikä oli noin kaksi kertaa suurempi kuin Suomen teollisuudessa keskimäärin.

Henkilöstön koulutus projektin yhteydessä

Tehdas 90 -projekti ja sitä edeltävä kehitystoiminta muuttivat perusteellisesti erikoistuotetehtaan tuotantotoimintaa. Tuotantotoiminta muutettiin tapahtuvaksi soluissa, ja samalla automaatioaste kasvoi FM-järjestelmän käyttöönoton myötä. Henkilökunnan taitovaatimukset nousivat huomattavasti toisaalta uuden sosiaalisen järjestelmän, toisaalta uuden teknisen järjestelmän myötä. Tehdas 90 -projektin keskeiseksi teemaksi nostettiin koulutus. Koulutuksen tavoitteeksi asetettiin sekä teknisen järjestelmän että uuden tuotantomuodon solutyöskentelyn hallitseminen. Koulutuspanokset koettiin tärkeänä oppimisena ja tutustumisena uuteen tehtaaseen jo ennakolta. Koko henkilökunnan osallistuminen koulutukseen mahdollisti osallistuvan suunnittelun.

Koulutusta annettiin eritasoisina FMS-kursseina yhteensä 12 päivän ajan AEL:ssä. Lisäksi henkilökunta osallistui laatua, pienryhmätoimintaa ja kehittämistekniikkaa käsitteleviin kursseihin. Koulutustilastot vuosilta 1987–1993 esitellään taulukossa 10. Tilastoihin ei ole kirjattu kaikkia sisäisiä koulutuksia eikä kehitysryhmien kokouksia. FMS-koulutuksen osuudeksi henkeä kohden tuli 12 työpäivää. Liitteessä M on koulutuksen aihekohtainen jakauma. NC-tekniikan koulutus painottui vuosille 1987–1988 ja FMS-tekniikan koulutus painottui vuodelle 1989. Tekniikan perusteiden koulutusta annettiin vuosina 1991 ja 1992. Laatu- ja tiimikoulutusta annettiin vuosina 1992 ja 1993.

Taulukko 10. Koulutustilastot vuosilta 1987–1993.

<i>Vuosi</i>	<i>Kursseja</i>	<i>Osallistujia</i>	<i>Päivät</i>	<i>Tunnit</i>
1987	5	6	25	175
1988	8	9	32	224
1989	33	274	688	4816
1990	10	17	55	385
1991	13	26	43	301
1992	13	40	145	1015
1993	17	116	332	2324
1994	7	8	37	259

Aloitetoiminta

Aloitetoiminta oli ollut käytössä case-yrityksessä pitkään ennen Tehdas 90 -projektia. Aloitettoimintaa kehitettiin projektin aikana ottamalla mukaan pika-aloite, jossa osaston päällikkö voi tehdä päätöksen aloitteen toteuttamisesta ja samalla aloite palkittiin välittömästi. Pika-aloite voi olla omaa osastoa, työympäristöä tai työtehtävää koskeva parantamishdotus. Pika-aloitteiden palkkiosumma rajoittui 120 euroon. Jos aloite oli suuremman palkkion arvoinen, aloite käsiteltiin aloitetoimikunnassa. Vuosina 1989–1993 erikoistuotetehtaan aloitteiden määrät olivat 3, 1, 5, 3 ja 6. Vastaavana aikana koko yrityksessä aloitemäärät olivat 48, 46, 48, 33 ja 79.

Töiden organisointi ja ohjaus

Tehdas 90 -projektin yhteydessä merkittävin muutos oli tuotantosolujen perustaminen. Erikoistuoteosastolle perustettiin koneistamoon kaksi solua ja kokoonpanoon ja maalaamoon kaksi solua. Liitteessä K (taulu 2) on henkilömäärän kehitys vuosina 1987–2001. Henkilömäärä varsinaisessa tuotannossa vuonna 1989 oli 63, joista työntekijöitä oli 54 ja toimihenkilöitä oli 9. Koneistamo toimi kahdessa vuorossa ja kokoonpano yhdessä vuorossa. Koneistamossa oli 23 työntekijää, kokoonpanossa ja maalaamossa 19 sekä erilaisissa aputehtävissä 12 henkeä. Vuoteen 1993 mennessä henkilöiden määrä oli pudonnut 42,5:een, joista toimihenkilöitä oli 5,5 ja työntekijöitä 37. Koneistuksessa työskenteli 15,5 ja kokoonpanossa sekä maalauksessa 13,5 ja muissa tehtävissä 8 henkeä. Kokonaishenkilövähennys oli 33 prosenttia. Lisäksi tehdasprojektissa työskenteli kaksi diplomityöntekijää.

Välittömästi projektin jälkeen vuonna 1990 henkilömäärässä ei ollut tapahtunut muutoksia, mutta heti 1990-luvun alun laman myötä toimihenkilöiden määrää vähennettiin lopettamalla työnjohtajan ja työntutkijan toimet sekä työkaluvaraston esimiehen toimi.

Tehdas 90 -projektin alkuperäisten tavoitteiden mukainen solujen välinen työkierto ei toteutunut, vaan työkierto oli lähinnä solujen sisäistä työkiertoa. Tuotantoprosessin tukitoiminnoissa työskenteli kuusi henkilöä. Toimihenkilötehtäviksi olivat vakiintuneet menetelmäsuunnittelijan tehtävät, oston tehtävät ja työnjohdon tehtävät valmistuspäällikön lisäksi.

Toimintojen koordinointiin ja ohjaukseen oli vakiintunut maanantain osastopalaveri, jossa käsiteltiin edellisen ja tulevan viikon toimintaa. Asiaina olivat tilauskanta, toimitusvirheet ja kyseisen viikon tuotanto. Lisäksi osastopalaverissa käsiteltiin resurssitarpeet, uusien henkilöiden esittelyt ja kokonaisuuden tilannekatsaus.

Joustava tuotantoautomaatio ja pyrkimys sosiotekniseen työn organisointiin

Solujen perustamisen yhteydessä vuonna 1987 aloitettua laatu- ja pienryhmätoimintaa jatkettiin erikoistuotetehtaalla Tehdas 90 -projektin jälkeen. Pienryhmätoiminta kuitenkin hiipui varsin pian. Ulkopuolisen konsultin selvityksen mukaan työntekijöiden oli vaikea ymmärtää laadun ja pienryhmätoiminnan yhteyttä omaan työhönsä ja sen kehittämiseen. Toisaalta pienryhmätoiminnan toimintamallit, teoriat ja ongelmaratkaisutekniikat olivat vieraita henkilöstölle. Tätä puutetta paikattiin laaturkurseilla ja tuotantoryhmävalmennuksella. Kurssit suunniteltiin ja toteutettiin kunkin ryhmän tarpeiden mukaisesti.

Koneistajien ja kokoonpanijoiden tehtävien hallintaa arvioitiin työntekijän kanssa yhdessä ja laadittiin monitaitomatriisit. Matriiseista havaittiin, että ”kaikki osaa-vat kaikki tehtävät” -periaate ei toteutunut koneistamossa eikä kokoonpanossa. Koneistussoluissa ja kokoonpanosoluissa oli tehtäviä, joita vain yksi tai kaksi henkilöä hallitsi. Kokoonpanossa työtehtävien hallinnassa oli selkeä kaksijakoisuus: pienten erikoistuotteiden kokoonpano oli paremmin hallinnassa, mutta työhön liittyvät muut tehtävät, kuten lavavaraston käsittely, häiriöiden purku, osien kotiinkutsu (toimituspyyntö) faksilla ja nimikkeiden perustaminen, olivat vain muutamien henkilöiden hallinnassa.

Koneistussoluissa koneistuksen perustehtävät, kuten FM-järjestelmän käyttö, koneistuskeskuksen käyttö ja työkalujärjestelmän käyttö, olivat kaikkien hallinnassa, mutta mittakoneen käyttöä ja NC-ohjelmointia hallitsi vain yksi tai kaksi solun jäsenistä. Sorvaussolussa tilanne oli ohjelmoinnin osalta sama, mutta mitakonetta ei osattu käyttää.

Eräs työhyvinvoinnin mittari ovat poissaolot ja erityisesti sairauspoissaolot. Liitteessä K (taulu 5) esitetään erikoistuetetehtaan sairauspoissaolot teoreettisesta työajasta vuosilta 1986–2001. Projektin myötä sairauspoissaolot putosivat kolmannekseen projektia edeltävästä tilanteesta.

Työn aiheuttamien tuntemusten diagnosointi

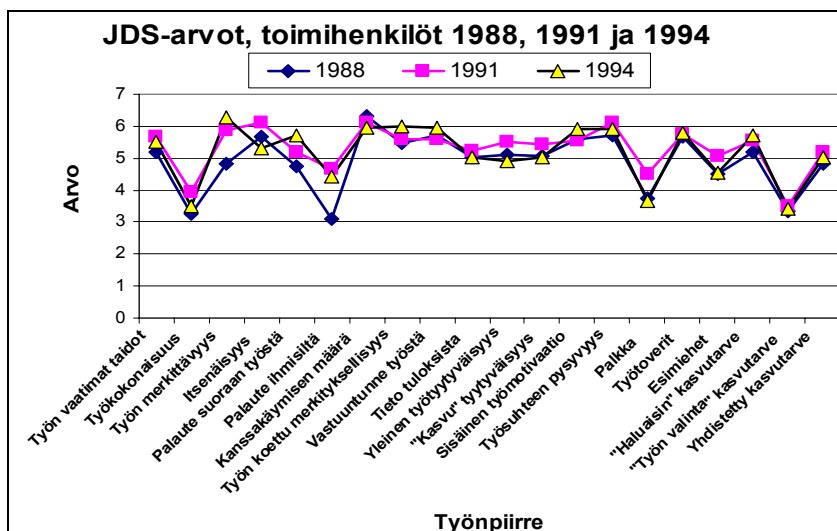
Keskeinen osa työn analysointia ja kehittämistä on työn aiheuttamien tuntemusten diagnosointi. Työn tuotteenahan syntyy tuotteita ja palveluita, mutta tärkeitä työnteon seurauksia ovat myös työntekijän kokemus omasta työstään sekä työn aiheuttama psyykkinen hyvin- tai pahoinvointi. Liitteessä N olevassa taulukossa on JDS-tulokset vuosilta 1988, 1991 ja 1994.

JDS-tulosten kehitys vuosien 1988, 1991 ja 1994 mittauksissa

Kuvissa 6, 7 ja 8 esitetään toimihenkilöiden, koneistajien ja kokoonpanijoiden JDS-arvot vuosilta 1988, 1991 ja 1994. Kuvien arvoissa ovat mukana kaikki kyselyihin vastanneet työntekijät. Vuonna 1988 kyselyyn osallistui kymmenen toimihenkilöä, vuonna 1991 yhdeksän toimihenkilöä ja vuonna 1994 kuusi toimihenkilöä. Työn merkityksellisyyden kokemus, tieto tuloksista ja yleisen työtyytyväisyyden arvot toimihenkilöiden kohdalla siirtyivät alaspäin vuoden 1994 mittauksissa.

Toimihenkilöiden vastauksista löytyi tilastollisia merkitsevyyseroja vuosien 1988 ja 1991 kyselyissä kahden muuttujan kohdalla. Toimihenkilöt kokivat saavansa enemmän palautetta esimiehiltään ja työtovereiltaan vuonna 1991 kuin vuonna 1988. Yleinen työtyytyväisyys lisääntyi vuoteen 1991. Vuosien 1988 ja 1994 välillä ei ollut havaittavissa tilastollisia eroja. Vuoden 1991 ja 1994 välillä sen sijaan työn ydinpiirteisiin kuuluvissa työkokonaisuus- ja ”palaute suoraan työstä” -muuttujissa on havaittavissa tilastollisia muutoksia. Samoin työympäristötyytyväisyyteen kuuluvassa ”tyytyväisyys esimiehiin” -muuttujassa tapahtui

tilastollisesti melkein merkitsevä muutos. Toimihenkilöiden kokemus työn kokonaisuudesta oli vähentynyt, samoin tyytyväisyys esimiehiin oli pienentynyt. Työstä saatava palaute sen sijaan oli lisääntynyt (ks. taulukko 11). Taulukossa olevat luvut kuvaavat samojen toimihenkilöiden arvojen muutoksia kyseisenä ajankohtana.



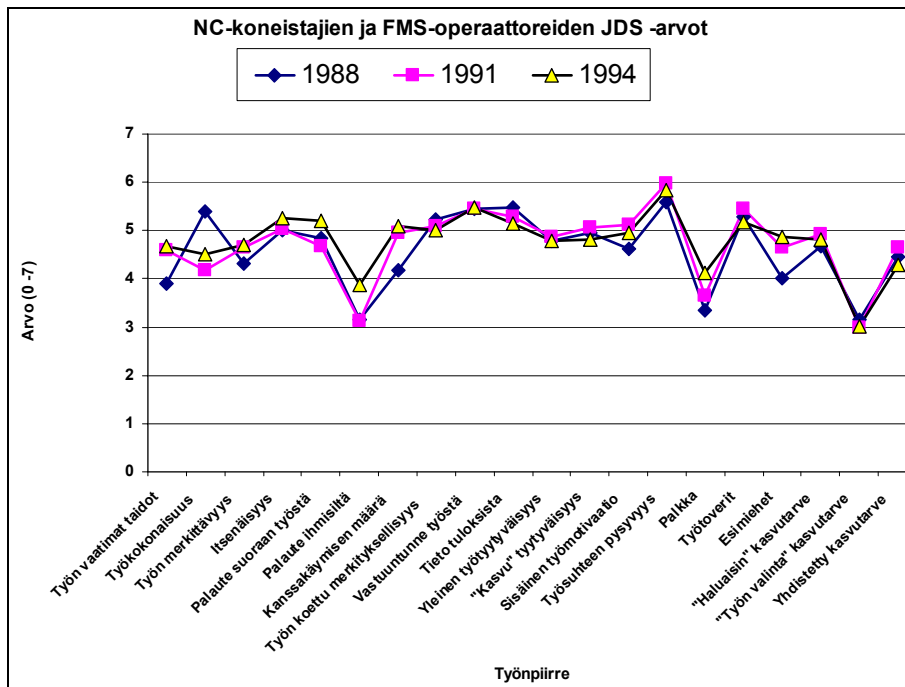
Kuva 6. Toimihenkilöiden vastaukset vuosien 1988, 1991 ja 1994 JDS-kyselyissä.

Taulukko 11. Toimihenkilöiden tilastollisesti merkitsevät erot vuosien 1988 ja 1991 sekä 1991 ja 1994 kyselyissä.

<u>Muuttuja</u>	<u>1988</u>	<u>1991</u>	<u>N</u>	<u>Merkitsevyystaso</u>
<i>Palaute ihmisiltä</i>	2,88	4,50	8	<i>Melkein merkitsevä</i>
<i>Yleinen tyytyväisyys</i>	4,95	5,58	8	<i>Melkein merkitsevä</i>

<u>Muuttuja</u>	<u>1991</u>	<u>1994</u>	<u>N</u>	<u>Merkitsevyystaso</u>
<i>Työkokonaisuus</i>	4,67	3,50	6	<i>Melkein merkitsevä</i>
<i>Palaute suoraan työstä</i>	5,22	5,72	6	<i>Melkein merkitsevä</i>
<i>Esimiehet</i>	5,33	4,55	6	<i>Melkein merkitsevä</i>

Koneistajien JDS-vastaukset vuosilta 1988, 1991 ja 1994 ovat kuvassa 7. Kaikki JDS-muuttujat kaikilta vuosilta esitetään samassa kuvassa. Ainoastaan motivaatiopotentiali on jätetty pois, koska se on suuruusluokaltaan muita JDS-arvoja huomattavasti suurempi. Vuonna 1988 JDS-kyselyyn vastasi 18 koneistajaa, vuonna 1991 vastasi 25 koneistajaa ja vuonna 1994 vastasi 20 koneistajaa.



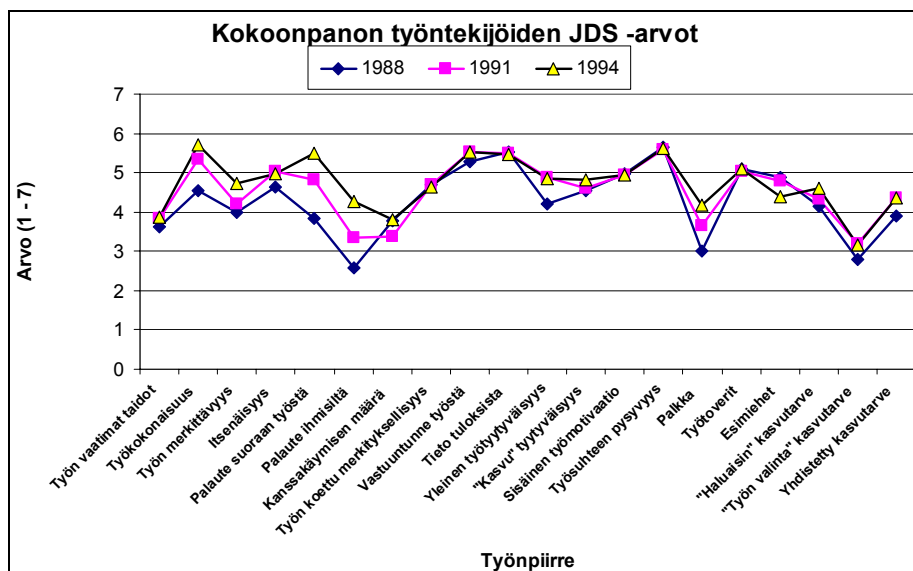
Kuva 7. Koneistajien vastaukset vuosien 1988, 1991 ja 1994 JDS-kyselyissä.

Koneistajien JDS-käyrät mukailevat toisiaan, eikä kuvassa 7 ole havaittavissa mitään selkeää kehityssuuntaa. Koneistajien JDS-vastauksissa ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja tarkasteluvuosien 1988 ja 1991 välillä. Sen sijaan vuosien 1988 ja 1994 vastauksissa löytyy tilastollinen ero työnteosta suoraan saatava palautetta koskevasta työn ydinpiirteestä. Saman työn ydinpiirteen kohdalla löytyy ero myös vuosien 1991 ja 1994 vastauksia tarkasteltaessa (ks. taulukko 12). Näyttää siltä, että FMS-työ on joltain osin monipuolisempaa kuin entinen NC-koneilla tehtävä työ.

Taulukko 12. Tilastollisesti merkitsevät erot samojen koneistajien osalta JDS-kyselyn vastauksissa vuosina 1988 ja 1994 sekä 1991 ja 1994.

Muuttuja	1988	1994	N	Merkittävyytaso
<i>Palaute suoraan työstä</i>	4,61	5,39	11	Merkitsevä
Muuttuja	1991	1994	N	Merkittävyytaso
<i>Palaute suoraan työstä</i>	4,44	5,21	16	Melkein merkitsevä

Kokoonpanon työntekijöiden JDS-tulos vuosilta 1988, 1991 ja 1994 esitetään kuvassa 8. Vuonna 1988 JDS-kyselyyn vastasi 10 kokoonpanijaa, vuonna 1991 vastasi 22 ja vuonna 1994 vastasi 15 kokoonpanijaa.



Kuva 8. Kokoonpanon työntekijöiden vastaukset vuosien 1988, 1991 ja 1994 JDS-kyselyissä.

Kokoonpanon työntekijöiden JDS-tulokset ovat kuvan 8 mukaan nousseet useiden muuttujien kohdalla vuoden 1994 kyselyissä. Kokoonpanijat tunsivat esimerkiksi työnsä kokonaisuuden lisääntyneen. Myös palautetta suoraan työstä ja muilta ihmisiltä oli saatu enemmän. Tyytyväisyys esimiehiin oli laskenut jonkin verran.

Tilastollisia eroja kokoonpanon työntekijöiden vastauksissa vuosien 1988 ja 1991 kyselyissä oli työn ydinpiirteisiin kuuluvien työn vaativien taitojen ja työn itsenäisyyden kohdalla. Myös työn aiheuttamiin yleisiin tuntemuksiin kuuluva ”kasvu”-tyytyväisyys sekä kasvutarpeen voimakkuutta kuvaava ”työn valinta”-kasvutarve olivat muuttuneet tilastollisesti merkitsevällä tavalla. Tämä kuvastaa tehtävien haasteellisuutta. Motivaatiopotentialiaali oli vuosien 1988 ja 1991 välillä muuttunut tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Kaikki tilastolliset erot vuosien 1988 ja 1991 kyselyiden välillä kuvaavat muutosta parempaan suuntaan työn sisällön osalta.

Myös vuosien 1988 ja 1994 kyselyissä motivaatiopotentiaali oli muuttunut, ja tilastollinen muutos on näiden vuosien välillä merkitsevä. Taulukossa 13 on kokoonpanon työntekijöiden JDS-kyselyiden tilastollisesti merkitsevät erot vuosilta 1988 ja 1991, 1988 ja 1994 sekä 1991 ja 1994 niiden kokoonpanijoiden osalta, jotka olivat mukana joka kerta.

Taulukko 13. Kokoonpanon työntekijöiden JDS-kyselyiden tilastollisesti merkitsevät erot vuosilta 1988 ja 1991 sekä 1991 ja 1994.

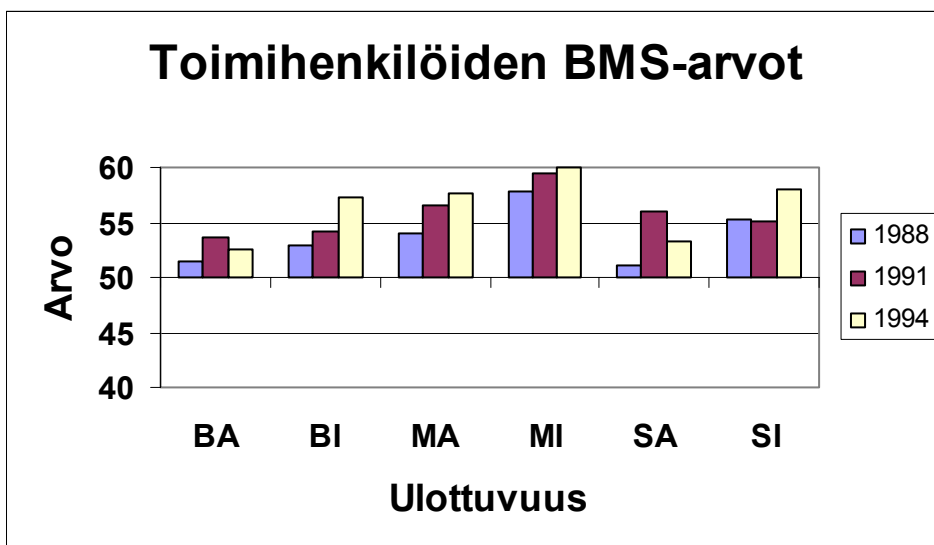
<i>Muuttuja</i>	<i>1988</i>	<i>1991</i>	<i>N</i>	<i>Merkitsevyystaso</i>
<i>Työn vaatimat taidot</i>	<i>3,00</i>	<i>4,57</i>	<i>7</i>	<i>Melkein merkitsevä</i>
<i>Itsenäisyys</i>	<i>4,25</i>	<i>5,33</i>	<i>7</i>	<i>Melkein merkitsevä</i>
<i>"Kasvu"-tyytyväisyys</i>	<i>4,39</i>	<i>5,46</i>	<i>7</i>	<i>Melkein merkitsevä</i>
<i>"Työn valinta" -kasvutarve</i>	<i>2,77</i>	<i>3,19</i>	<i>4</i>	<i>Melkein merkitsevä</i>
<i>Motivaatiopotentiaali</i>	<i>57,08</i>	<i>99,84</i>	<i>8</i>	<i>Erittäin merkitsevä</i>

<i>Muuttuja</i>	<i>1988</i>	<i>1994</i>	<i>N</i>	<i>Merkitsevyystaso</i>
<i>Motivaatiopotentiaali</i>	<i>51,65</i>	<i>116,08</i>	<i>4</i>	<i>Merkitsevä</i>

<i>Muuttuja</i>	<i>1991</i>	<i>1994</i>	<i>N</i>	<i>Merkitsevyystaso</i>
<i>Työtoverit</i>	<i>5,50</i>	<i>4,97</i>	<i>12</i>	<i>Melkein merkitsevä</i>

Muutokset työn kuormittavuudessa

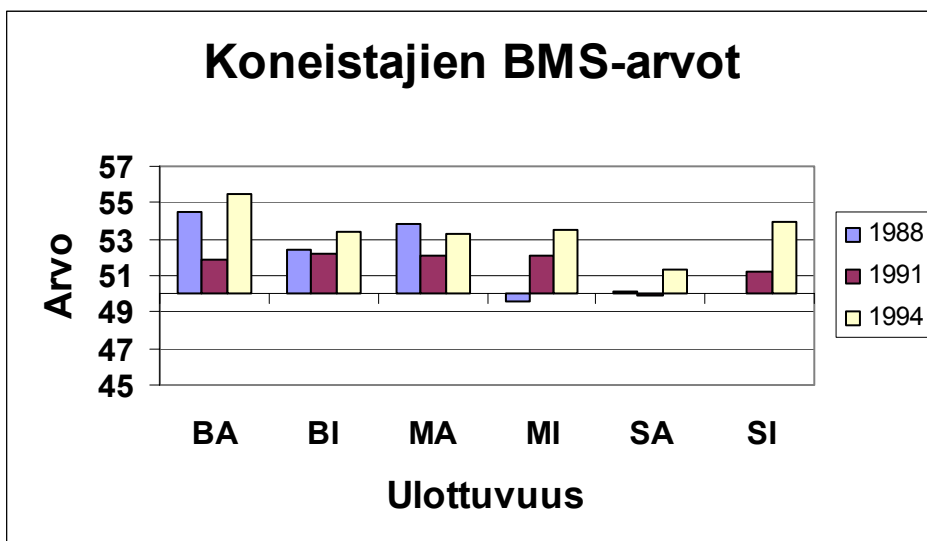
BMS-kysely selvittää työntekijöiden kokemaa lyhytkestoista psyykkistä kuormittuneisuutta. BMS-kyselyn tulokset ovat kolmesta työntekijäryhmästä vuosilta 1988, 1991 ja 1994. BMS-tulosten tilastollisesti merkitseviä eroja eri vuosien osalta on tutkittu parillisella t-testillä. Toimihenkilöiden BMS-tulokset ovat kuvassa 9. Vuonna 1988 kyselyyn osallistui kymmenen toimihenkilöä, vuonna 1991 kahdeksan toimihenkilöä ja vuonna 1994 viisi toimihenkilöä.



Kuva 9. Toimihenkilöiden BMS-tulokset vuosilta 1988, 1991 ja 1994. (BA = Psykkinen väsymys aamu, BI = Psykkinen väsymys ilta, MA = Monotonia aamu, MI = Monotonia ilta, SA = Psykkinen kyllästyneisyys aamu, SI = Psykkinen kyllästyneisyys ilta.)

Toimihenkilöiden BMS-arvot vuoden 1994 kyselyssä ovat erittäin hyvät. Kaikkien ulottuvuuksien aamu- ja ilta-arvot olivat selkeästi yli kriittisen rajan (yli 50). Verrattaessa toimihenkilöiden BMS-tuloksia eri vuosilta parillisella t-testillä tilastollisesti merkitseviä eroja ei esiinny.

Koneistajien BMS-tulokset eri ulottuvuuksien suhteen vuosilta 1988, 1991 ja 1994 ovat kuvassa 10. Vuonna 1988 BMS-kyselyyn osallistui 18 koneistajaa, vuonna 1993 osallistui 23 koneistajaa ja vuonna 1994 osallistui 21 koneistajaa.

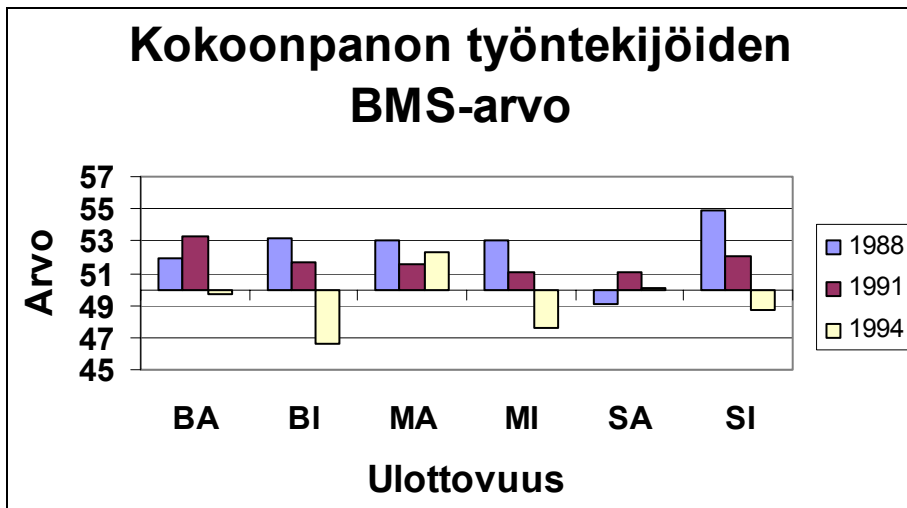


Kuva 10. Koneistajien BMS-tulokset vuosilta 1988, 1991 ja 1994. (BA = Psykkinen väsymys aamu, BI = Psykkinen väsymys ilta, MA = Monotonia aamu, MI = Monotonia ilta, SA = Psykkinen kyllästyneisyys aamu, SI = Psykkinen kyllästyneisyys ilta.)

Koneistuksen työntekijöiden BMS-tulokset vuoden 1994 kyselyssä ovat hyvällä tasolla. Aamuvuorot (BA, MA ja SA) ovat selvästi yli viidenkymmenen, joten haitallista pitkäkestoista kuormittuneisuutta ei esiinny. Vuosien 1988, 1991 ja 1994 välisissä BMS-tuloksissa ei esiinny tilastollisesti merkitseviä eroja.

Kokoonpanon työntekijöiden BMS-tulokset ovat kuvassa 11. Vuonna 1988 BMS-kyselyyn osallistui 11 kokoonpanijaa, vuonna 1991 osallistui 20 kokoonpanijaa ja vuonna 1994 osallistui 15 kokoonpanijaa.

Kokoonpanon työntekijöiden BMS-tuloksissa vuonna 1994 on merkkejä haitallisesta psyykkisestä kuormittuneisuudesta. Psykkistä väsymystä kuvaavan B-ulottuvuuden aamuarvo on alle kriittisen monotonialuottuvuuden (alle 48) ja S-ulottuvuuden eli psyykkisen kyllästyneisyyden arvot ovat aamulla yli kriittisen rajan (alle 50), mutta putoavat työpäivän aikana selkeästi sen alle.



Kuva 11. Kokoonpanon työntekijöiden BMS-tulokset vuosilta 1988, 1991 ja 1994. (BA = Psykkinen väsymys aamu, BI = Psykkinen väsymys ilta, MA = Monotonia aamu, MI = Monotonia ilta, SA = Psykkinen kyllästyneisyys aamu, SI = Psykkinen kyllästyneisyys ilta.)

Kokoonpanon työntekijöiden BMS-tuloksissa ei ole kyselykertojen välillä havaittavissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Huomattavaa on, että parillinen t-testi huomioi vain niiden henkilöiden tulokset, jotka ovat olleet mukana molemmilla testikerroilla.

Yhteenveto vaikutuksista työn organisointiin, työsisältöihin ja koettuun muutokseen

Toimihenkilöt kokivat muutoksen varsin positiivisesti. Lyhytkestoisen kuormituksen arvot paranivat. Tämä näkyy myös JDS-kyselyiden tuloksissa parempana työtyytyväisyytenä ja palautteena työstä. Työkokonaisuuden arvo heikkeni. Koneistajat kokivat projektin vaikutukset parempana palautteena suoraan työstä. Haitallista lyhytkestoista kuormittumista koneistajilla ei havaittu. Kokoonpanijoiden tilanne oli ongelmallisempi. Välittömästi projektin jälkeen työ koettiin mielekkäämpänä, mutta arvot laskivat vuoteen 1994 mennessä. Haitallista lyhytkestoista kuormittumista oli vuoden 1994 mittauksissa. Kokoonpanotyön monipuolistaminen lisäämällä työkiertoa NC-koneistukseen ja vaativampiin yhdistelmäkokoonpanoihin ei onnistunut.

5.3.2 Tehdas 90 -projektin tuotannollisten ja taloudellisten tavoitteiden toteutuminen

Sisäiset menestystekijät

Tehdas 90 -projektin sisäiset menestystekijätavoitteet olivat kapasiteetti, läpimenoaika, joustavuus, käyttöaste, suuri vaihto-omaisuuden kiertonopeus ja kustannustehokkuus.

Kapasiteetti

Tehdas suunniteltiin ensi vaiheessa 32 000 tuotteen valmistuskapasiteetille. FM-järjestelmään varattiin paikka viidennelle vaakakaraiselle koneistuskeskukselle. Viides koneistuskeskus hankittiin vuonna 1995. Tällä saatiin noin 6000 tuntia vuosikapasiteettia lisää. Lama alkoi vuonna 1990, ja erikoistuotetehtaalla se kesti vuoteen 1994 saakka. Tuotantovolyyymi palautui vuonna 1991 vuoden 1989 tasolle 20 000 kappaleeseen ja nousi vuoteen 1993 lähes 23 000 kappaleeseen. Liitteessä K (taulu 1) on tuotantovolyymit vuosilta 1977–2001. Erikoistuotteita on valmistettu vuoden 1969 jälkeen yli 700 000 kpl. Vuonna 2000 lanseerattiin uusi mallisto. Tuotantovolyyymi on varsin sopiva FMS-tuotantoon.

Läpimenoaika

Ennen Tehdas 90 -projektia tuotannon läpimenoaika oli koneistuksessa 6 työpäivää, kokoonpanossa 2–6 työpäivää, maalaamossa yksi työpäivä ja alihankinnassa 20 työpäivää. Todellisuudessa kokonaisläpimenoaika oli huomattavasti suurempi kuin yksittäisten prosessien läpäisy aika. Vakiotuotteiden läpimenoaikatavoite oli kaksi viikkoa ja siitä erikoistuotetuotannon osuus viikko. Tehdasprojektin myötä läpimenoaika lyhentyi 22 työpäivästä 4 työpäivään. Parannus oli merkittävä asiakaspalvelukyvyyn kannalta sekä keskeneräiseen tuotantoon sitoutuneen pääoman kannalta.

Käyttöaste

Erikoistuoteosasto muodostui neljästä kuormitusryhmästä Tehdas 90 -projektin toteutukseen saakka. Ensimmäinen kuormitusryhmä oli Okuma-työstökeskus, toinen oli NC-sorvit, kolmas oli muut työstökeskukset ja neljäs muut koneet.

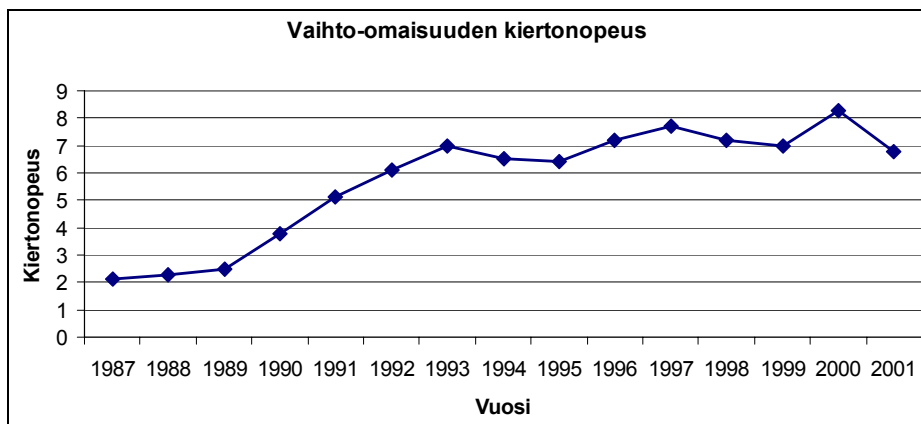
Kuormitusryhmien käyttöasteet vaihtelivat 92,6–98,0 prosentin välillä. Kun käyttöasteista vähennetään asetusajat ja virheet sekä häiriöt, todellinen käyttöaste kuormitusryhmässä yksi (koneistuskeskus) oli 99 prosenttia, kuormitusryhmässä kaksi (sorvit) 85 prosenttia, kuormitusryhmässä kolme 69 prosenttia ja kuormitusryhmässä neljä 32 prosenttia. Mainittakoon, että Okuman asetus aika vuonna 1987 oli vain 9,2 tuntia lähes 6000 tunnista. Tehdas 90 -projektissa erikoistuote-tehdas jaettiin kokoonpanoon ja koneistukseen. Koneistuskeskusten käyttöaste vuonna 1993 oli 72,9 prosenttia sekä sorvien käyttöaste vastaavasti 66,2 prosenttia. Vuonna 1995 valmistusmäärät olivat jo 34 493 kappaletta, jolloin viides koneistuskeskus oli jo tarpeen. FM-järjestelmä mahdollisti kolmen vuoron käytön: aamu- ja iltavuoro olivat miehitettyjä ja yövuoro miehittämätön. Tämä vastasi reilua 30 000:tta koneistustuntia vuodessa. FM-järjestelmä lisäsi kapasiteettia ilman merkittävää miehityksen lisäystä.

Vaihto-omaisuuden kiertonopeus

Vaihto-omaisuuden kiertonopeutta tarkastellaan keskeneräisen tuotannon, raaka-aineiden ja koko toiminnan osalta. Kiertonopeudet on laskettu tuotantokustannusarvoista ja raaka-aineiden osalta keskimääräisen hankintahinnan mukaan välittömistä ostoista. Taulukossa 14 on vaihto-omaisuuserien kiertonopeudet vuosilta 1987, 1989 ja 1993. Euromääräiset luvut on deflatoitu vuoden 2005 euron arvoon (rahanarvonkertoimella). Prosenttiluvut taulukossa kuvaavat vuosien 1989 ja 1993 välistä muutosta. Kuvassa 12 on koko vaihto-omaisuuden kiertonopeus vuosilta 1987–2001. Hankkeella päästiin vaihto-omaisuuden määrän ja kiertonopeuden osalta erinomaisiin parannuksiin. Vaihto-omaisuuden kiertonopeuden kehitys pysähtyi vuoden 1995 jälkeen.

Taulukko 14. Vaihto-omaisuuserien kiertonopeudet vuosilta 1987, 1989 ja 1993. Euromääräiset luvut on deflatoitu vuoden 2005 euron arvoon; muutosprosentti on laskettu vuosien 1989 ja 1993 väliltä. (Euromääräiset luvut 1000 €.)

	1987	1989	1993	muutos, %
<i>Raaka-aineet</i>	379	1545	630	
<i>Ostot</i>	2 072	4 063	3 837	
Kiertonopeus	5,5	2,6	6,1	132
<i>KET</i>	359	499	71	
<i>Tuotantokustannusarvo</i>	2 230	7 880	7 624	
Kiertonopeus	6,2	15,8	106,9	577
<i>Tuotevarasto</i>	1 106	778	433	
<i>Tuotantokustannusarvo</i>	8 967	7 880	7 624	
Kiertonopeus	8,1	10,1	17,6	74
<i>Koko toiminta</i>	3 728	2 824	1 135	
<i>Tuotantokustannusarvo</i>	8 967	7 880	7 624	
Kiertonopeus	2,4	2,8	6,7	139

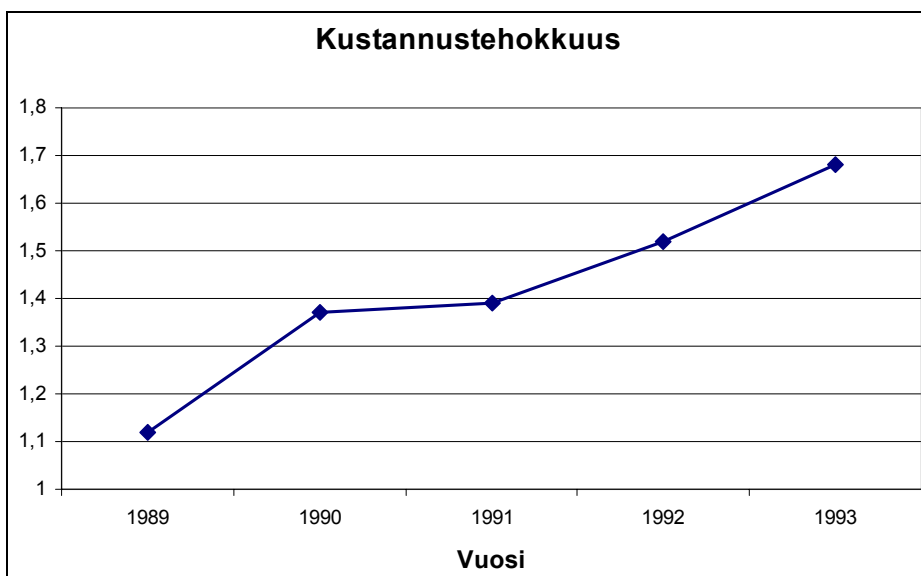


Kuva 12. Koko vaihto-omaisuuden kiertonopeus vuosina 1987–2001.

Kustannustehokkuus

Kustannustehokkuus lasketaan jakamalla verstaan toiminnan synnyttämä lisäarvo toiminnan kaikilla kustannuksilla. Kustannustehokkuusarvo ilmoittaa siis verstaan toiminnan synnyttämän lisäarvon jokaista käytettyä euroa kohden. Kustannustehokkuusarvo 1 merkitsee, että lisäarvoa ei ole syntynyt. Mitä suurempi

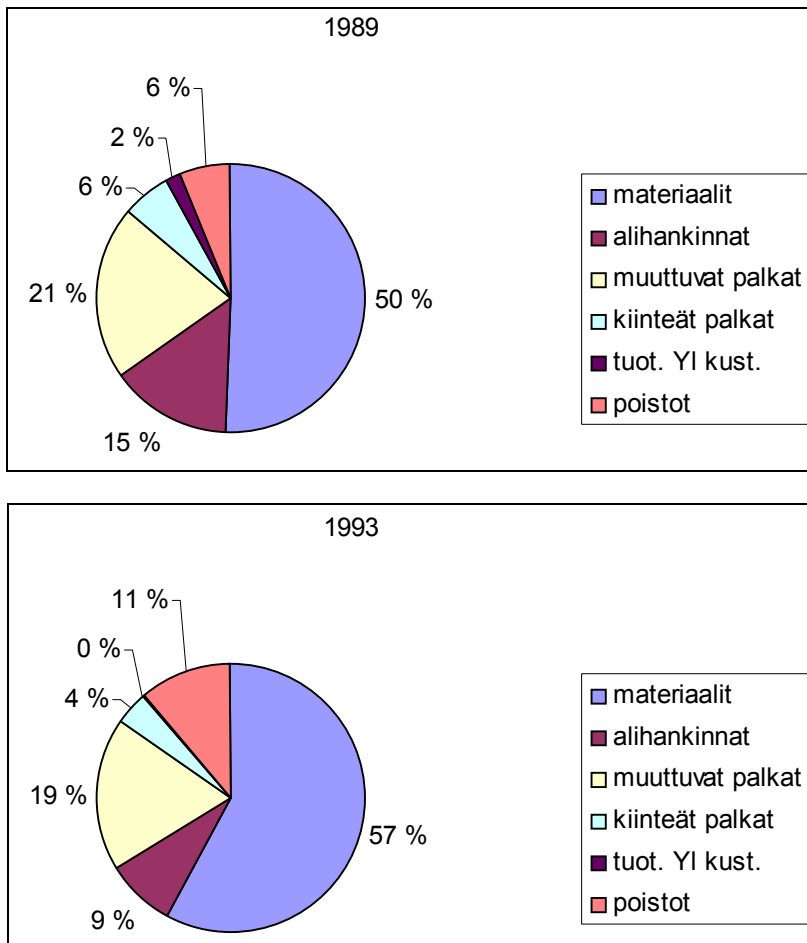
arvo on, sitä enemmän verstaas on onnistunut synnyttämään lisäarvoa jokaista käytettyä euroa kohden. Lisäarvo lasketaan vähentämällä liikevaihdosta kaikki liikevaihtoa vastaavat aine- ja tarvikekustannukset. Saatu tulos jaetaan toiminnan kaikilla kustannuksilla. Tässä tutkimuksessa liikevaihtona on käytetty laskutusta (kuva 13). Lamasta huolimatta erikoistuotetehtaan kustannustehokkuus kasvoi vuoteen 1993 mennessä 50 prosenttia.



Kuva 13. Erikoistuotetehtaan kustannustehokkuus vuosina 1989–1993.

Asiakaspalvelutavoitteet

Asiakaspalvelutavoitteina olivat hinta, laatu, joustavuus, toimitusaika, toimitusvarmuus ja variaatioiden hallinta. Erikoistuoteosaston kustannusrakenne vuosilta 1989 ja 1993 on kuvassa 14. Kuvasta nähdään, että projektin myötä alihankintakustannusten osuus väheni, kuten myös muuttuvien palkkojen osuus. Vuoteen 2001 mennessä materiaalien ja alihankintakustannusten osuus yhdessä oli 76 prosenttia. Muuttuvien ja kiinteiden palkkojen osuus oli 22 prosenttia. Kustannusrakenteen muutoksesta nähdään, että palkkojen osuus tuotekustannusrakenteessa oli pienentynyt ja samoin alihankintojen osuus. Poistojen osuus oli kasvanut 6 prosentista 11 prosenttiin.

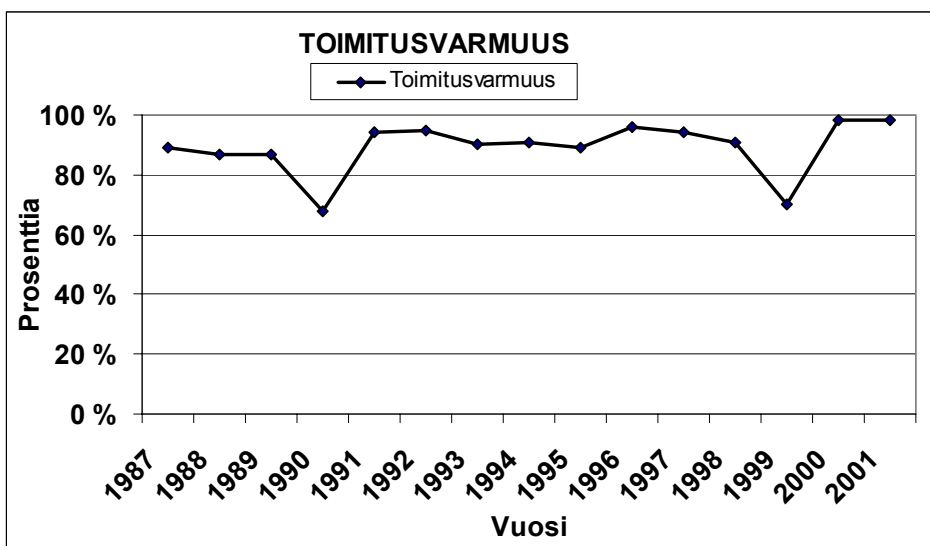


Kuva 14. Erikoistuoteosaston kustannusrakenne vuosina 1989 ja 1993 osasto-kohtaisen tulosraportoinnin perusteella.

Toimitusaika ja toimitusvarmuus

Toimitusaika ja toimitusvarmuus olivat Tehdas 90 -projektissa asetettuja tärkeitä asiakaspalvelutavoitteita. Toimitusvarmuusprosentti vuosilta 1987–2001 esitetään kuvassa 15. Toimitusvarmuus oli keskimäärin 89,2 prosenttia vuosina 1987–2001. Toimitusvarmuusprosentti kuvaa vuoteen 1992 saakka erikoistuoteosaston toimitusvarmuutta ja vuodesta 1993 lähtien päätuotteen ja erikoistuotteen yhdistelmän toimitusvarmuutta. Toimitusvarmuus on laskettu toteutuneiden toimitusrivien toimituspäivän ja tilausten toimitusrivien toimituspäivän suhteena.

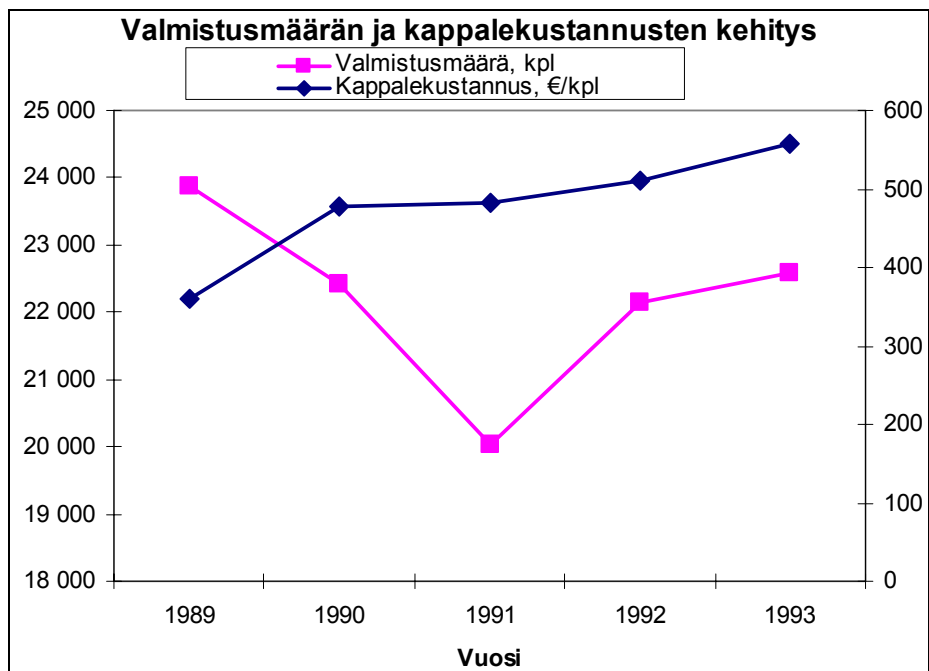
Vuonna 1993 perustettiin toimituskeskus. Toimitusvarmuudessa näkyy käyttöönoton aiheuttama toimitusvarmuuden notkahdus vuonna 1990. Yleisesti ottaen toimitusvarmuus oli projektin jälkeen samalla tasolla kuin ennen projektia. FM-järjestelmä itsessään toi joustavuutta mahdollistamalla jopa yhden kappaleen eräkoon. Toinen notkahdus toimitusvarmuudessa tapahtui vuosituhanteen vaihteessa, jolloin tuotantoa siirrettiin Viroon ja Kiinaan.



Kuva 15. Erikoistuoteosaston toimitusvarmuus vuosina 1987–2001.

Kappalekustannus

Tehdas 90 -projektin erääksi tavoitteeksi asetettiin kilpailukykyinen hinta. Kuvassa 16 esitetään erikoistuotetehtaan tuotteiden kappalekustannusten kehitys vuosina 1989–1993 sekä laskutettujen tuotteiden määrä. Kappalekustannus on laskettu jakamalla tuotannon laskutusarvo tuotettujen erikoistuotteiden määrällä. Kappalekustannus ei siis tässä kuvaa tuotteen todellista myyntihintaa, vaan myynnistä saatuja tuloja kohdistettuna tasaisesti kaikille toimitetuille tuotteille. Vaikka volyymit laskivat, niin tuotteista saatava hinta kasvoi. Tämä kuvaa valmistuksen siirtymistä kalliimpiin ja suurempiin erikoistuotteisiin.



Kuva 16. Erikoistuotetehtaan laskutus kohdistettuna tasaisesti kaikille toimitetuille tuotteille sekä laskutettujen erikoistuotteiden lukumäärä. Laskutusarvo on deflatoitu vuoden 2005 euron arvoon.

Laatu

Laatu oli yksi Tehdas 90 -projektin tärkeimmistä asiakaspalvelutavoitteista. Laatuhan oli määritetty toimintafilosofian erääksi kulmakiveksi. Työvirhekustannukset vuosilta 1989–2000 esitetään taulukossa 15. Työvirhekustannukset on laskettu tuotannon työkustannusarvosta eli virheellisten osien tai tuotteiden tuotantokustannusarvon suhde koko tuotannon tuotantokustannusarvoon. Työvirhekustannukset paranivat projektin myötä selkeästi. Laadunhallinnassa uudella tekniikalla päästiin uudelle tasolle, joka näytti olevan pysyvä (ks. taulukko 15).

Taulukko 15. Erikoistuoteosaston työvirhekustannukset (% tuotantokustannusarvosta) vuosina 1987–2000.

1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	2000
0,85	0,70	0,33	0,20	0,18	0,13	0,14	0,15	0,15	0,10	0,15

FMS-projektin vaikutus liiketoiminnan ja tuottavuuden kehittymiseen

Erikoistuotetehtaan liikevaihto kasvoi 15,5 prosenttia vuodesta 1989 vuoteen 1993 ja pidemmällä aikavälillä liikevaihto kasvoi 49,8 prosenttia vuodesta 1989 vuoteen 2001. Liitteen K taulukon 2 luvut on laskettu osaston tuloslaskelmasta. Sijoitetun pääoman tuottoaste prosentti vuonna 1989 oli 44,5 prosenttia ja vuonna 1993 tuotto oli 63,9 prosenttia (ks. liite K, taulukko 2).

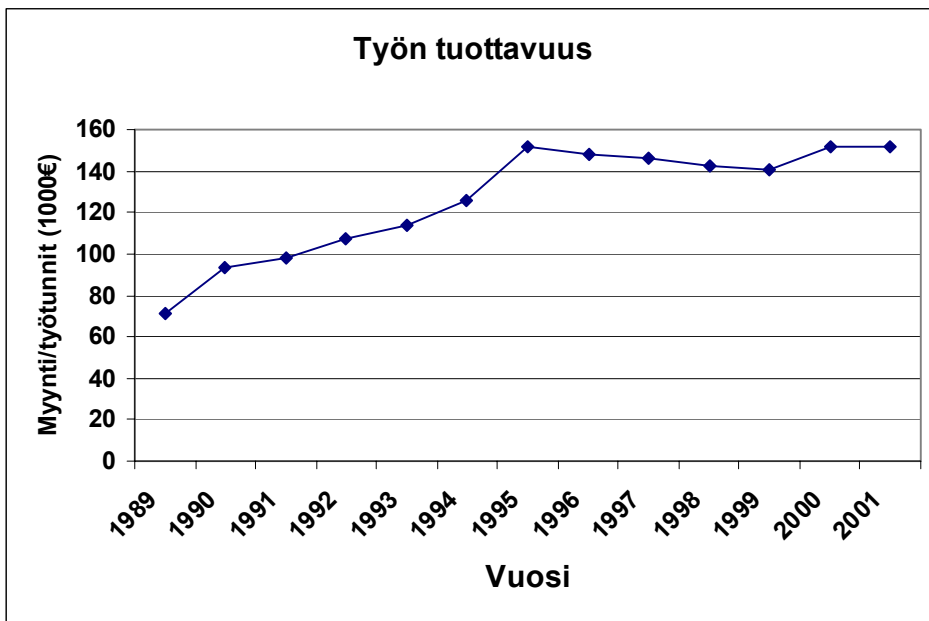
Tuottavuuden kehitystä voidaan tarkastella kokonaistyötuntien määrän suhteella valmistettuihin tuotteisiin. Kappaleiden valmistusajat lyhenivät 5,31 tunnista vuoden 1993 3,41 tuntiin (muutos 35,6 prosenttia) ja vastaavasti arvo vuonna 2001 oli 2,41 tuntia (muutos 54,6 prosenttia).

Eräs kustannusrakenne-erä on palkkakuluprosentti (laskettu OKA-hintoja vastaavasta laskutuksesta), joka vuonna 1989 oli 28 prosenttia, vuonna 1993 oli 18 prosenttia ja vuonna 2001 oli 17 prosenttia. Erikoistuotetehtaan materiaali-prosentti vaihteli 49–80 prosentin välillä vuosina 1989–2001 (OKA-hintoja vastaavasta laskutuksesta). Merkittävä muutos materiaali-prosentissa tapahtui vuosien 1998–2000 aikana, jolloin tuotantoa ulkoistettiin voimakkaasti. Taloudellisuutta voidaan arvioida tuotantokustannusten suhteella valmistettuihin kappalemääriin. Taloudellisuus parani tarkkailujakson aikana 25 prosenttia (ks. taulukko 16).

Taulukko 16. Erikoistuotetehtaan tuotannon taloudellisuuden muutos 1989–1993. Deflatoitu vuoden 2005 euron arvoon (rahanarvonkertoimella).

	1989	1993	muutos
<i>kustannukset (1000 €)</i>	9488	7154	-24,6 %
<i>volyyymi (kpl)</i>	23 876	22 573	-5,4 %
<i>taloudellisuus (kpl/1000 €)</i>	2,52	3,16	+25 %

Tuottavuuslukuja on liitteen K taulukossa 3. Taulukon mukaan työn tuottavuus oli kasvanut 53 prosenttia vuoteen 1995 mennessä. Euromääräiset luvut on deflatoitu vuoden 2005 rahan arvoon. Työn tuottavuus kääntyi laskuun vuoden 1995 jälkeen (ks. kuva 17). Tätä selittää osin liikevaihdon väheneminen vuosina 1996–1999, jolloin kustannuksia ei sopeutettu riittävästi tuotannon edellyttämälle tasolle.



Kuva 17. Työn tuottavuus vuosina 1989–2000 (myynti/työtunnit * 1000 €, defla-toitu vuoden 2005 rahan arvoon).

Jalostusarvoperustaisia tuottavuuslukuja, kuten jalostusarvon suhde henkilötyö-tunteihin ja jalostusarvon suhde palkkoihin ja poistoihin, vuosilta 1989–2001 on liitteessä K (taulut 6 ja 7). Huomattavaa on, että vuosien 1997 ja 2000 välissä tunnusluvuissa oli selkeää laskua.

Yhteenveto tuotannollisten ja taloudellisten tavoitteiden toteutumisesta

Tehdas 90 -projekti onnistui erinomaisesti tuotannollisilla ja taloudellisilla mit-tareilla mitattuna. Projektille asetetut sisäiset menestystekijätavoitteet toteutuivat. Suunniteltu kapasiteetti saatiin käyttöön, ja läpäisy aika lyheni viidesosaan. Vaihto-omaisuuden hallinta toteutui hyvin, vaikka projektin tavoitteisiin ei aivan päästy. Erikoistuotetehtaan kustannustehokkuus parani tuottavuuden osalta eri mittareilla arvioituna, vaikka volyyymi tilapäisesti laski.

5.4 Muutokset 1990-luvulta 2000-luvulle

5.4.1 Maailmanlaajuinen lama

Tehdas 90 -projekti valmistui juuri laman alkaessa. Projekti onnistui hyvin. Tehdas oli suunniteltu 32 000 tuotteen kapasiteetille, jota myöhemmin voitiin laajentaa myynnin kasvaessa. Laman myötä tuotantovolyymit laskivat 20 000 erikoistuotteen tasolle vuoteen 1994 saakka. Jatkuva kasvu aina 1990-luvun alkuun saakka oli paisuttanut yritystä ja organisaatiota. Kasvu osin peitti liian suuret resurssit ja toiminnot. Lama paljasti ne lopullisesti, vaikka yrityksen tuloskehitys oli kääntynyt laskuun jo 1989 ja 1990. Kiinteät kustannukset olivat kasvaneet reilusti, toimitusvarmuus oli heikentynyt, eikä tuotetehtaiden välinen yhteistyö sekä myynnin ja tuotannon välinen yhteistyö toiminut tyydyttävällä tavalla. Vuonna 1991 kesän aikana tulos alkoi jäädä jälkeen budjetista yhä pahemmin. Tätä varten perustettiin kolme eri kehitysprojektiä, jotka etsivät tuotannosta säästöjä.

Kehitysprojektit eivät tuottaneet riittävää tulosparannusta, vaan johdon oli paljattava ulkopuolinen konsultti kehittämään toimintoja ja niihin kohdistuvia resursseja. Projektin lopputuloksena Karhukorven tehtailta väheni 10 prosenttia henkilöstöstä ja irtisanomisten osuus oli 4 prosenttia. Projektin keskeisinä saavutuksina voidaan pitää toimituskeskuksen perustamista ja ihmiskeskeisen mutta jämäkemmän johtajuusotteen lujittamista. Projektissa ei kuitenkaan saavutettu riittävää pääoman tuottoastetta. Toimitusjohtaja kommentoi tilannetta:

”Tuotannossa siirryttiin aikakauteen, jossa yritys rakenteiden merkitys kasvoi riittävän pääoman tuottavuuden takaamiseksi. Tätä voidaan pitää alkuna töiden uusjaolle eli ulkoistamiselle.”

5.4.2 Laadun merkitys

Case-yrityksellä oli vahvat näytöt laadunhallinnasta: ISO 9001 -laatujärjestelmä oli sertifioitu vuonna 1987 ensimmäisten yritysten joukossa Suomessa, ja vuonna 1988 case-yritys sai Suomen Laatu yhdistyksen laatupalkinnon. Laadun osalta takaisku tuli vuoden 1993 sertifikaatin määräaika-auditoinnissa, jolloin laatusertifikaatti pidätettiin määräajaksi, kunnes havaitut puutteet oli korjattu. 1980-luvulla lanseerattu TQM oli otettu huonosti käyttöön. Laatuosasto noudatti sitä,

mutta eri osastot ja niiden henkilökunta olivat sitoutuneet siihen huonosti. TQM-koulutus käynnistettiin välittömästi, ja periaatteena oli, että tuotteiden ja toiminnan laatu varmistetaan tuotantoryhmätoiminnassa. Tuotantoryhmät seuraavat ja mittaavat omaa toimintaansa sekä toteuttavat ja kehittävät prosesseja seuranta- ja mittaustietojen avulla.

5.4.3 Yrityskulttuurien muutokset

Case-yritys siirtyi osaksi A-konsernia vuonna 1996. Koko yrityksen 1990-luvun toimintaa leimasi pyrkimys lamasta selviytymiseen, toimintojen rationalisointi ja erilaiset tehostamistoimet. **Vuonna 2006 tehtyjen haastattelujen perusteella tuotantotekniikan kehittäminen jäi taka-alalle kymmeneksi vuodeksi.** Toimintoja järjesteltiin 1990-luvun lopulla muodostamalla entisten itsenäisten tuote-tehtaiden tilalle kolme tuotantoyksikköä: päätuotteet, asennointimet ja erikoistuotteet. Vuoden 1996 aikana tehtaiden toiminnanohjaus yhdistettiin. Syynä yhdistämiseen olivat tehtaiden liian itsenäinen rooli ja kokonaisuuden hallinnan heikentyminen. Tehtaisiin oli kertynyt erilaisia piilo- ja varmuusvarastoja. Ostojen koordinointi oli myös vaikea hoitaa erillisten yksiköiden kautta. Tietovirtojen hallinnan merkitys ja tehostaminen opittiin ymmärtämään vuosituhannen lopun viimeisinä vuosina. Karhukorven tehtaille saapui tilauksia tuolloin vuosittain 70 000 eli noin 350 päivässä. Tietovirtojen hallintaan ja tehokkuuteen panostettiin asiakaspalvelukyvyyn ja toimintojen hallinnan kannalta. Työkorttien ja konekilpien tulostus siirrettiin työntekijätasolle erikoistuote-tehtaalla.

Vuosituuhannen lopulla tuottavuutta pyrittiin parantamaan ulkoistamalla tuotantoa ja tuottavuustavoitteena pidettiin 4–5 prosentin vuotuista tuottavuuden kehittämistä. Keskenäisen tuotannon seurantaan ei enää kiinnitetty niinkään huomiota, vaihto-omaisuus oli tuolloin kahden miljoonan euron tasolla. Tuotannon läpäisy aika oli viisi päivää. Kehityksen painopiste oli siirtynyt tekniikan kehittämisestä verkoston hallintaan, verkoston joustavuuden ja kapasiteetin kehittämiseen sekä asetettujen hintatavoitteiden toteuttamiseen. **Painopiste oli operatiivisessa toiminnassa entisen tuotannon kehittämisen painopisteen sijaan.** Ohessa on eräiden toimihenkilöiden kommentteja 1990-luvun lopun tilanteesta:

”Meillä oli strategia hukassa, ei tiedetty missä kannattaa tehdä mitä ja missä ei kannata tehdä, koneita myytiin sinne ja tänne, osa meni ulkomaille.”

”Kiina-ilmiö sotki kuviot, välillä tuntui siltä, että itse ei kannata tehdä mitään vaan kaikki siirretään Kiinaan.”

”Kukaan ei osannut ottaa huomioon sitä, että tavarat seilaa valtamerillä edestakaisin.”

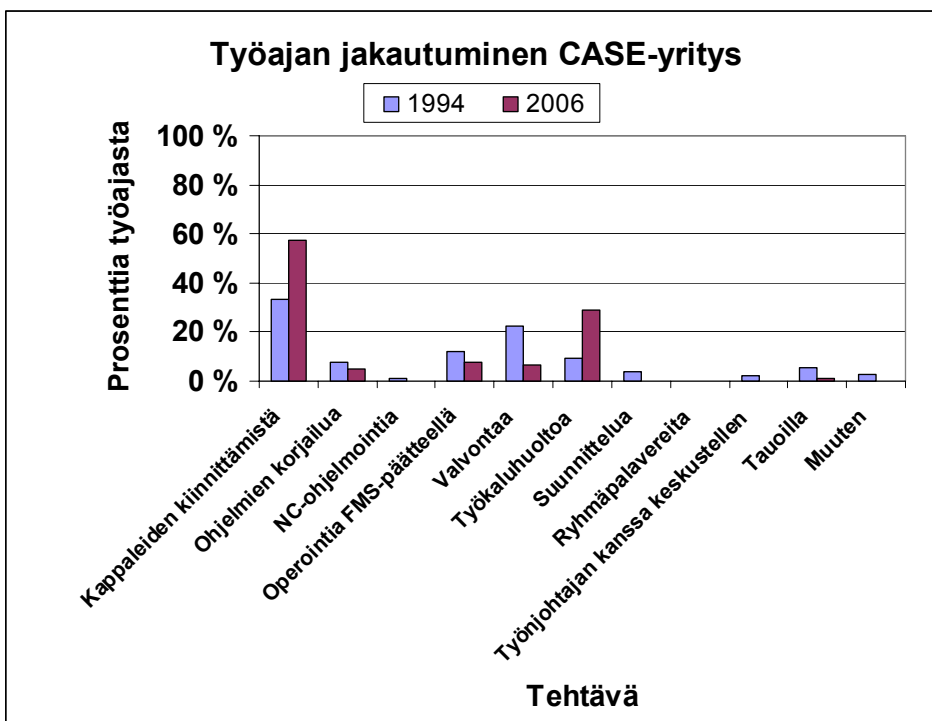
Vuoden 1999 heinäkuun alusta A-konserni ja B-konserni yhdistyivät C konserniksi. C-konserni on jaettu kolmeen liiketoiminta-alueeseen. Päätuotteiden ja erikoistuotteiden valmistus, siis alkuperäinen case-yritys, on osa X-tuoteryhmää ja liikevaihdoltaan tämän pienin liiketoiminta-alue. Liikevaihto oli noin 600 miljoonaa euroa ja henkilöitä oli vuonna 2001 noin 4500 henkeä.

Vuoden 2002 alusta erikoistuotetehtas yhdistettiin päätuotetuotantoon. Vuoden 2001 lopussa Karhukorven tehtailla tuotannossa oli noin 480 henkeä. Vuoden 2002 alun tuotantostrategian mukaisesti erikoistuotteiden tuotannosta siirrettiin osa Kiinaan. Tavoitteena oli siirtää 40 prosenttia tuotannosta ja 20 tuotevariaatiota, ja myös Kiinassa tuotettujen osien määrä kasvoi merkittävästi. Tuolloin myös mallistoa karsittiin 12 mallista yhdeksään. Tuotevariaatioita oli 7000, joista 1000 oli tuotannossa. Uusi säädettävä alumiininen erikoistuote lanseerattiin vuoden 2000 aikana. Vuoden 2002 alussa Karhukorpeen jäi valmistettavaksi noin 980 variaatiota ja 60 prosenttia tuotannosta. Erikoistuotteita toimitettiin toimituskeskuksiin Karhukorpeen, Shanghaihin ja Worchesteriin.

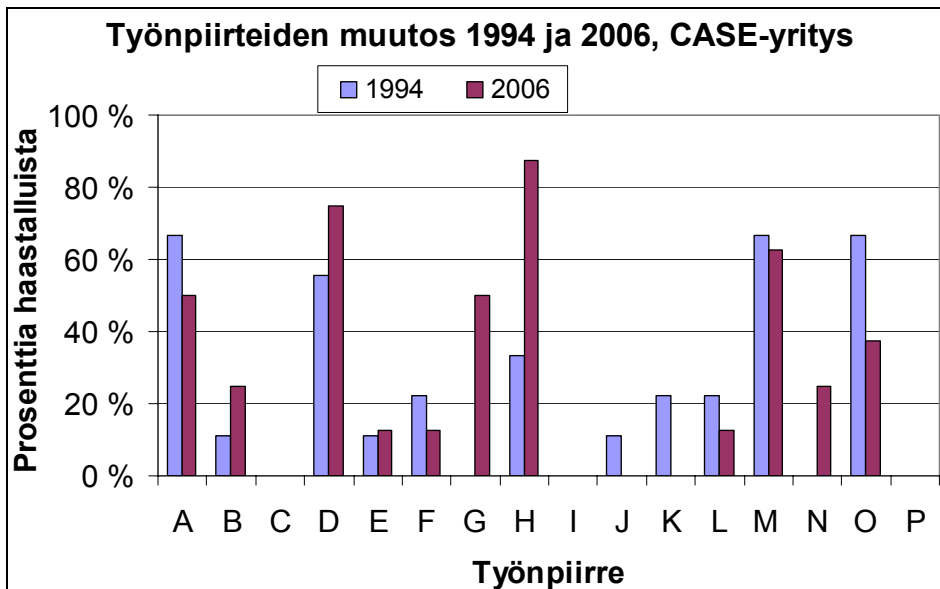
5.5 Globalisaatio iskee – sosiotekninen järjestelmä muutoksen kourissa

Alun perin Tehdas 90 -projektin tavoite oli muodostaa monitaitoinen henkilöstö erikoistuotetehtaalte, joka olisi organisoitu osittain itseohjautuvaksi soluorganisaatioksi. Solutyöskentelyä oli opeteltu jo ennen tehdasprojektia, mutta siinä ei onnistuttu. Uusi yritys tehtiin projektin aikana ja sen jälkeen 1992–1994. Tällöinkään solujen välistä työkiertoa ei saatu toimimaan. Solujen sisällä työkierto toimi alkuun jossain määrin. Tultaessa 2000-luvulle tiimimäinen työtapa kaventui selvästi. Vuosituhannen vaihteessa ulkopuolista konsulttia käytettiin osaamis- ja TYKY-toiminnan kehittämiseen. Asennointitehtas toimi pilottina ja erikoistuotevalmistus seurasi mukana. Kehitystyötä tehtiin ryhmissä, ei niinkään kouluttamalla. Kehitystyössä määritettiin neliportaiset osaamistasot ja pyrittiin löytämään osaamisen sisältö.

Kysyttäessä FMS-työn piirteitä, kuten työajan käyttöä (kuva 18), havaitaan, että eri tehtävien ajankäyttö on vuoteen 2006 mennessä jakautunut paletointiin ja työkaluhuoltoon. Työn organisaatioon oli otettu takaisin ns. asettajat, eli NC-ohjelmoijat tekevät työkalujen asetusta ja ohjelmien sisäanajoa. FMS-operaattoreista oli tullut lähinnä palettoijia. Lisäksi organisaatioon oli lisätty teknisen ylläpitäjän toimi. Tämä henkilö piti yllä tuotetehtaiden tietojärjestelmiä sekä FMS-järjestelmän ja NC-ohjelmointijärjestelmän laitteita ja ohjelmistoja. Työn rasittavuudessa tapahtui FMS:n käyttäjien osalta muutos sopivasta rasittavaan. Työn ominaisuuksista kiire oli selvästi lisääntynyt (ks. kuva 19).



Kuva 18. FMS-käyttäjien työajan jakautuminen 1994 ($N = 8$) ja 2006 ($N = 8$).



Kuva 19. Työn piirteiden muutos FMS-työssä 1994 (N = 8) ja 2006 (N = 8).

- A = Haasteita ja uuden opettelua riittää vielä pitkäksi aikaa
- B = Osaan jo kaikki laitteet
- C = Helppo homma, mitään uutta ei ole enää opeteltavissa
- D = Lisäkoulutus ei olisi pahitteeksi
- E = Olen urani huipulla
- F = Palkka ja työmäärät vastaavat toisiaan
- G = Palkka on liian pieni työmäärään nähden
- H = Kiire on joskus liian suuri
- I = Olen urani huipulla, mutta haluaisin silti eteenpäin urallani
- J = Työni on yksitoikkoista
- K = Työni vaatii vähän ammattitaitoa
- L = Työni saisi olla monipuolisempaa
- M = FMS on lisännyt ammattitaitovaatimuksia
- N = FMS on vähentänyt ammattitaitovaatimuksia
- O = Työpäiväni kuluu vaativien tehtävien parissa
- P = Työpäiväni kuluu pääosin yksinkertaisten ja vähän osaamista vaativien tehtävien parissa

5.5.1 Teknisen järjestelmän muutokset

Tehdas 90 -projektissa FM-järjestelmä suunniteltiin yhden tuoteperheen ympärille. Tehtaan toimintaperiaatteina olivat visuaalinen ohjaus, pieni keskeneräinen tuotanto, nopea läpimenoaika ja osien valmistus kerralla valmiiksi kokoonpanoon. Kokoonpano oli ohjaavana yksikkönä, johon oli imuohjaus (ks. liite L). Koneistuskeskuksilla koneistettiin pääosin valurautaisia osia ja sorvauspuolella

teräsosia. Materiaalit olivat hyvin soveltuvia FMS-koneistukseen ja miehittämättömään ajoon. Järjestelmä toimi kahdessa miehityssä ja yhdessä miehittämättömässä vuorossa. Vuotuiset käyttötunnit olivat maksimissaan konetta kohden noin 6000 tuntia, mikä teki viidellä koneella noin 30 000 tunnin kapasiteetin. Laman aikana kapasiteetin käyttöaste jäi 13 000–15 000 tuntiin. Tuotantoa ulkoistettiin vuosituhannen lopulla alihankkijoille ja järjestelmään otettiin koneistettavia tuotteita muilta tuotetehtailta.

Materiaalit vaihtuivat ruostumattomiin ja haponkestäviin teräksiin, titaaniin ja stelliittiin. Uudet materiaalit olivat huomattavasti vaikeampia koneistaa sekä lähes mahdottomia ajaa miehittämättömänä. Työkalujen kestoajat putosivat kolmannekseen–viidennekseen valurautaisten osien koneistuksessa käytettävistä kestoajoista, mikä lisäsi työkaluhuoltojen määrää moninkertaisesti. Työkalupaikkojen rajallisuudesta johtuva työkalujen vaihtojen tarve lisääntyi. Materiaalien vaihdon myötä koneiden vuotuiset käyttötunnit putosivat 4500 tunnin tasolle, eli kokonaiskapasiteetista väheni 7000–7500 tuntia. Viimeisen vuosikymmenen aikana valujen toimittajia on vaihdettu. Materiaalitoimittajia on vaihdettu halvemmän materiaalin perässä, mitä FMS-operaattori kommentoi seuraavasti:

”Halvat valut aiheuttavat paljon ongelmia, valujen kovuus vaihtelee, terät eivät kestä, aventtimet katkeilee ja teräkustannusten kautta valut tulevat paljon kalliimmiksi, mutta kukaan ei välitä kuin vaan siitä, että valut ovat halpoja.”

Järjestelmän ohjaus vaihdettiin toisen valmistajan tekemään FMS-ohjaukseen. Ohjaus vaihtui merkkipohjaisesta ja monipolkuisesta ohjauksesta Windows-pohjaiseen ohjaukseen. Ohjauksen vaihto selkeytti FM-järjestelmän käyttöä merkittävästi. Automaatioasteen tai mekanisaation kehittyminen on tarkastelujakson aikana rajoittunut lastuavien työkalujen kehitykseen. Uusia työkaluja on ollut jatkuvasti testauksessa. Työkalujen valvonta-ajat (kestoajat) ovat parantuneet vähintään 20 prosenttia. NC-koneissa tai kappaleiden kiinnittimisissä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Vuosituhannen vaihteen jälkeen tehdyissä suurissa rakennemuutoksissa tuotetehdaita yhdistettiin suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Erikoistuotetehtaan tuotannon kokoonpano siirrettiin eri kiinteistöön. Osa valmistuksesta siirrettiin Kiinaan, osa Viroon ja noin puolet kokoonpanon tuotannosta jäi Suomeen. Osien valmistus ulkoistettiin lähes kokonaan. FM-järjestelmälle jäi osa vipujen valmistuksesta.

Tehtaan layout muutettiin tuotetehtaasta funktionaaliseksi osavalmistustehtaaksi. Uusi toiminnanohjausjärjestelmä otettiin käyttöön. FM-järjestelmää, erikoistuotteiden kokoonpanoa ja muita toimintoja, kuten materiaaliostoja ja kotiinkutsuja, hoidetaan järjestelmän kautta. Visuaalisesta ohjauksesta pääasiassa luovuttiin. **Yksiköt operoivat toiminnanohjausjärjestelmän antamien kuormitusten mukaisesti.** Viikon työkuorma on päätteellä, ja päätteen kautta voi tarkistaa materiaalityöntilanteet sekä kapasiteetin tilanteen. Aihiovarastoja täydennetään parin viikon välein. Osa aihioista tulee koneistettuna kokoonpanoon Kiinasta. Voidaankin sanoa, että entinen tehdaskohtainen yksikköoperointi hajaantui eri yksiköihin ja yhteen tehtaaseen keskitetyt toiminnot hajaantuivat tietojärjestelmien varassa toimivaksi järjestelmäksi.

FM-järjestelmän fyysiset olosuhteet säilyivät entisinä, vaikkakin sorvauspuolen koneet vaihtuivat toisen tehtaan koneisiin, avennus ja höyläys siirrettiin tehtaan nurkkaan ja tilalle tuli yhden miehen robotisolu. Kappaleiden vaihtumisen myötä kappaleiden koot vaihtuivat suuremmiksi ja painavammiksi. Myös ruostumattomien terästen ja erikoisaineiden koneistuksen myötä valuraudasta irtoava pöly väheni. Toisaalta erikoisterästen käsittelyssä tulevat esiin muut seikat, kuten terävät jäysteet ja mahdolliset metalliallergiat. Työn aikaulottuvuudessa vuosikymmenen aikana tapahtui merkittävä muutos, sillä lähes kaikki koneistajat mainitsivat kiireen lisääntyneen. Työ on voimakkaasti aikapainotteista. Toiminnanohjausjärjestelmä määrää työpäivän tai viikon kuorman. Aikaisemmin käytössä olleesta visuaalisesta (imuohjauksesta) luovuttiin. Kuvaavaa on erään FMS-operaattorin kommentti:

”Maanantaiaamuna sitä aina ihmettelee, että miten tähän tästäkin viikosta selviää, keskiviikkona tilanne näyttää jo paremmalta, jos ei ole ollut konerikkoja.”

Tuotannon ylläpitoa ja häiriöitä FMS-operaattorit pitävät edelleen haasteellisina. Huollot on koko järjestelmän toiminta-ajan hoidettu hyvin, ja vuosihuollot ja huoltosopimukset ovat taanneet koneiden luotettavuuden. FMS-operaattorin kommentti:

”Järjestelmässä on edelleen ns. tyyppivikoja, esimerkiksi ohjelman alaslataus samanaikaisesti työkalutietojen alaslatauksen kanssa saa työstökoneen ja FMS-ohjauksen jumiin.”

5.5.2 Muutokset sosiaalisessa järjestelmässä

Järjestelmä otettiin käyttöön sosioteknisten periaatteiden mukaisesti. Tavoitteena olivat monipuoliset tehtävät, työkierto jopa tiimien välillä sekä itseohjautuvien tiimien tehokas toiminta. Tiimien käyttöönottoon ja koulutukseen panostettiin 1990-luvun alussa voimakkaasti.

Sosiotekniset yksiköt muodostuvat itseohjautuvista ryhmistä. Tässä arvioidaan itseohjautuvuuden kehittymistä työnorganisoinnin ja tehtäväjaon, johtamisen, informaatiojärjestelmän muutosten ja yrityskulttuurin muutosten avulla. Yrityksen soveltaessa NC-tekniikkaa tehtävät oli jaettu NC-koneistajien, asettajien, tarkastajien ja ohjelmoijien kesken. FM-järjestelmän käyttöönoton myötä tehtävät jaettiin ohjelmoijien ja FMS-operaattoreiden kesken. 2000-luvun alun muutosten myötä tehtäväjaossa on palattu hierarkkiseen työjärjestelmään. Työnjohdon määrä väheni FM-järjestelmän käyttöönoton myötä. Case-yrityksen johtamisen muutosta kuvaavat haastateltujen seuraavat kommentit:

- *”Itseohjautuvuus on lisääntynyt.”*
- *”Työntekijät määräävät itse työjärjestyksen.”*
- *”Työnjohtaja kiirehtii joskus.”*
- *”Ylempi johto on etäinen, niitä ei näe lattialla.”*
- *”Case-yrityksen henki on hävinnyt.”*
- *”Salamyhkäistä, kulttuuri on muuttunut.”*
- *”Enää ei kerrota.”*
- *”Kuorma on liian kova miehitykseen nähden.”*

Kontaktien määrässä esimieheen ei koettu tapahtuneen muutosta. Tosin esimies on paikalla vain päivävuorossa. Palkkauksessa oli siirrytty tuntipalkan sijasta kuukausipalkkaan ja palkkiopalkkauksesta oli luovuttu. Työvuoroina olivat edelleen aamu- ja iltavuorot, ja viikonloppuisin oli otettu käyttöön kaksi 12 tunnin työvuoroa.

Informaatiojärjestelmät muuttuivat toiminnanohjausjärjestelmän muutosten takia. Ennen työkuorma perustui FMS-ohjauksen työjonoon ja siinä olevaan prioriteettilukuun. Toimitukset tehtiin prioriteettiluvun ja visuaalisen ohjauksen mukaisesti. Uuden toiminnanohjausjärjestelmän myötä operaattorit tulostavat itse

työkortit ja määrittävät työjärjestyksen. Haastattelun mukaan itseohjautuvuus on selvästi lisääntynyt, vaikkakin esimies toisinaan priorisoi ja kiirehtii tuotteita. Kaikki kokivat vastuun lisääntyneen. Eräät operaattorit pitivät tietojärjestelmiä monimutkaisina ja vaikeina. Tietoa piti toisinaan etsiä järjestelmästä. Yrityskulttuurin koettiin muuttuneen avoimesta ja ihmiskeskeisestä johtamisesta autoritäärisemmäksi ja työnjohtopainotteisemmaksi.

Sosioteknisessä järjestelmässä sosiaalinen järjestelmä lähtee ajatuksesta, että ihminen on kyvykäs ja yritystä kehittävä voimavara. Tehtaalla on käytössä aloitetoiminta, joka on toiminut vaihtelevalla menestyksellä. Vuosittainen aloitteiden määrä on ollut noin 150. Aloitetoimintaa on aika ajoin pyritty aktivoimaan. Työpiirteissä tapahtuneita muutoksia arvioitiin saman kysymyssarjan perusteella, joka oli käytössä jo edellisellä haastattelukerralla. Työssä on edelleen kehitysmahdollisuuksia. Työssä koettiin olevan haasteita ja uuden oppimista, lisäkoulutusta NC-ohjelmoinnista pidettiin tärkeänä, samoin työpäivän koettiin kuluvan edelleenkin vaativien tehtävien parissa. Työssä koettiin edelleen olevan silloin tällöin vaikeita työvaiheita. Negatiivisena pidettiin paletoinnin raskautta, kiirettä sekä paletojilla paletoinnin suurta osuutta työajasta.

Päätösvaltaa koettiin saatavan käyttää töiden suunnittelussa, työjärjestyksen määrittämisessä sekä menetelmien kehittämisessä. Työssä koettiin edelleen saatavan vaikuttaa laatuun, suoritusjärjestykseen, ajankäyttöön, menetelmiin, työtahtiin ja taukojen pitämiseen. Vaihtoehtojen puntaroinnin määrä oli edelleen korkealla tasolla ja koettiin, että harkintaa ja pohdintaa tarvitaan jopa enemmän kuin edellisessä haastattelussa. Tämä osaltaan johtui uusien tuotteiden sisäänajon tuomista haasteista. Uuden oppimista koettiin edelleen olevan erittäin paljon tai melko paljon. Varsinkin operaattorit kokivat ohjelmoinnin opettelun tärkeäksi. Työn vaihtelevuuden koettiin lisääntyneen vuosien aikana: työ oli monipuolistunut ja vastuuta oli lisätty. Edelleen työssä oli piirteitä, jotka eivät selviä kuin tutkimalla asiaa perin pohjin. Työn arvostus koettiin edelleen korkeaksi tai kohutuullisen korkeaksi ja suomalainen tuote koettiin maailmalla korkealle tai erittäin korkealle arvetetuksi. Työ koettiin edelleen merkitykselliseksi. Palautetta ja tunnustusta saa edelleen esimiehiltä, sen sijaan muilta työtovereilta niitä saa vähemmän kuin aiemmin. Työn tulevaisuudessa lähes kaikki kokivat haluavansa jatkaa samoissa tehtävissä, mutta toisaalta lähes kaikki olivat valmiita ottamaan vastaan uusia haasteita ja jopa vaativampia tehtäviä.

5.6 Yhteenveto ja johtopäätöksiä

Case-yrityksestä tutkimuksessa kuvattiin ensin yrityksen liikeidean, yrityskulttuurin ja johtamisen muuttumista. Toiseksi tarkasteltiin tuotantotekniikan ja tuotantojärjestelmien kehittymistä, erityisesti FMS-tekniikan soveltamista. Kolmanneksi tarkasteltiin työprosessien kehittämistä ja muuttumista.

5.6.1 FMS-projektin toteutus

Käyttöönnotossa käytettiin osallistuvaa käyttöönottostrategiaa, jossa projekti toteutettiin henkilöstön osallistumista ja koulutusta korostaen. Koulutus, informaatiotilaisuudet ja tiedottaminen aloitettiin projektin alussa. Osallistuvalla käyttöönottavalla saatiin käyttöön suurin osa osaston henkisestä kapasiteetista. Pienryhmätyöskentelyllä kehitettiin tehokkaasti tehdasta ja tuotantojärjestelmää. Järjestelmän käyttöönotossa käytettiin ulkopuolisia asiantuntijoita tuotantojärjestelmän ja koulutuksen suunnittelussa. Koulutuksen määrä käyttöönottovuotena oli noin 7 prosenttia työajasta, mikä on tavanomaista koulutusta merkittävästi enemmän. Projekti toteutettiin tarkan ja yksityiskohtaisen projektisuunnitelman mukaisesti. Samoin investointilaskelmat oli tehty kattavasti. Projekti toteutui suunnitelmien mukaisesti, ja valittu toimintastrategia osoittautui oikeaksi.

5.6.2 Kehitysprojektin tuomat muutokset

Tuotannon ja tekniikan muutokset

Tehdas 90 -projekti muutti erikoistuotetehtaan toimintaa kahdella tasolla. Ensimmäkin tuotantotoiminta ja siihen liittyvä tuotantotekniikka muuttuivat täysin. Toiseksi koulutuksen ja tehtaan sisäisen yhteistoiminnan kautta työntekijöillä oli mahdollisuus oppia näkemään työnsä osana koko prosessia. Vastuuta tuotannosta ja laadusta siirrettiin työntekijätasolle.

Tekniikan muutos ei rajoittunut vain uusiin koneisiin ja FM-järjestelmään. Projektissa oli mahdollisuus lähteä liikkeelle ns. ”puhtaalta pöydältä”. Tehdas suunniteltiin tiettyä tuoteperhettä varten. Tuotannolle asetettiin asiakaspalvelutavoitteet ja sisäiset tuotannolliset sekä taloudelliset tavoitteet. Asiakaspalvelutavoit-

teet kuvaavat tuotannon kurinalaisuutta ja osaamista. Näiden tavoitteiden toteutuminen oli pitkälti työn organisaation, osaamisen ja tiimien toiminnan varassa. Projektissa panostettiin erityisesti koulutukseen, tiimien toimintaan, työn kiertoihin ja tehtävien hallintaan.

Sisäiset menestystekijät kuvaavat rakennetun tuotantoympäristön tehokkuutta ja tuottavuutta. Tehtaan layout yksinkertaisti materiaalin ohjaukset. Pullonkaulat ja kriittiset materiaali virtauspisteet saatiin poistettua simulaatiopelillä. Tuotannollisesti ja taloudellisesti projekti toteutui suunnitelmien mukaisesti. Tämän jälkeen tekninen kehittäminen kuitenkin lähes pysähtyi kymmeneksi vuodeksi. Merkittävimmän kehityspanoksen tekivät NC-ohjelmoijat testaamalla ja hankkimalla koko ajan uusia lastuavia työkaluja. Tutkimuksen mukaan lastuamisajat paraniivat. Tämä tuo vuositasolla merkittävän kustannussäästön ja tuottavuuden parannuksen. Tällä hetkellä työstökoneilla on ajettu 17 vuoden aikana jo noin 100 000 tuntia. Uusien koneiden liikenopeudet ovat kaksinkertaistuneet ja karamoottorien tehot kasvaneet. Voidaankin kysyä, mikä olisi tehtaan tuottavuus, jos koneet olisi vaihdettu tehokkaampiin jo viisi vuotta sitten?

Toiminnan tehokkuus

Toiminnan tehokkuutta arvioitaessa läpimenoaika putosi viidesosaan, koko vaihtomaisuuden kiertonopeus kasvoi merkittävästi. Tehdas pystyi ajamaan jopa yhden kappaleen eräkokoja. Työstettävä materiaali mahdollisti miehittämättömän työstön, ja yövuorot ajettiin pääsääntöisesti miehittämättöminä. Vuoden 2001 jälkeisissä muutoksissa FM-järjestelmällä ajettavat kappaleet vaihtuivat ruostumattomiin teräksiin. Miehittämättömästä yövuorosta jouduttiin tinkimään, ja järjestelmän käyttöaste putosi.

Tuottavuus ja taloudellisuus

Laman myötä erikoistuotetehtaan liikevaihto putosi, mutta vuosituhannen vaihteeseen liikevaihto oli jo kasvanut kolmanneksen. Tuottavuuden kasvuksi saatiin kolmannes vuosien 1989 ja 1993 välisenä aikana. Taloudellisuus parani samana aikana neljänneksen. Sijoitetun pääoman tuottoaste oli runsaat 40 prosenttia alkutilannetta korkeampi, vaikka välissä oli lamajakso. Käyttöönottoprojektia voidaan taloudellisin mittarein tarkasteltuna pitää erityisen onnistuneena. Tuotannon tehokkuuden kasvu pysähtyi vuoden 1995 jälkeen useilla mittareilla mi-

tattuna. Vuonna 1995 saavutettiin tuottavuuden kehityksen huippu, joka oli 54 prosenttia projektin lähtötilanteeseen verrattuna.

Organisaation ja henkilöstön kokema muutos

Kokonaishenkilövähennys oli kolmanneksen. Henkilövähennys koski sekä työntekijöitä että toimihenkilöitä. Merkittävä muutos oli sairauspoissaolojen pieneeminen neljäsosaan projektin aikana. Työn organisaatiossa asettajista luovuttiin. Koneistukseen jäi NC-ohjelmoija ja FM-operaattorit. Työn organisoinnissa pyrittiin tiimimäiseen itseohjautuvaan organisaatioon, jossa ”kaikki osaavat kaikki tehtävät” ja työkierto toteutuu tehtävästä ja solusta toiseen. Tuotanto jaettiin neljään soluun, joista 1990-luvun alussa muodostettiin tuotantotiimejä. Tähän tavoitteeseen ei päästy. Kokoonpanijoiden osalta monitaitoisuus lisääntyi, mutta täydelliseen työkiertoon kokoonpanossa ei päästy.

Päätelmiä työn sisällöstä, koetusta tilasta ja tyytyväisyydestä

Toimihenkilöiden JDS-tuloksissa huomio kiinnittyi työkokonaisuuden alhaiseen arvoon. Toimihenkilöiden työssä ei kuitenkaan esiintynyt ositetun työn tuntemuksia. Työn taitovaatimukset olivat korkeat, ja toimihenkilöt kokivat työnsä merkitykselliseksi ja vastuuntuntoa vaativaksi. Toimihenkilöiden tapauksessa kokeminen vain jossain määrin kokonaiseksi johtui työhön sisältyvien juoksevien asioiden suuresta määrästä. Toimihenkilöiden kohdalla työkokonaisuuden matala arvo ei siis välttämättä kuvaa työn osittuneisuutta vaan nopeitempöisyyttä ja työn monimuotoista luonnetta.

Koneistajat saivat palautetta työstään toisilta työntekijöiltä ja esimiehiltä vain jossain määrin. Palautteen saamista toisilta ihmisiltä pidetään yleensä tärkeänä. Suoraan työstä saatu palaute ei sinällään riitä antamaan työntekijöille tarpeeksi kattavaa kuvaa työn sujumisesta, sillä ihminen on monin tavoin sokea omalle työlleen. Toisen ihmisen antama palaute auttaa näkemään oman työn uudesta näkökulmasta.

Kokoonpanon työntekijät kokivat tarvitsevansa työssään erilaisia taitoja keskimääräistä vähemmän kuin koneistajat tai toimihenkilöt. Tulosten ja tehtävien hallinnan mukaan kokoonpanon työntekijöiden työ muodostuu samantapaisista työtehtävistä, ja he kokevat vähäisiä mahdollisuuksia liittää haastavampia tehtä-

viä varsinaiseen työhönsä. Kokoonpanon osalta tehtävien monitaitoisuuden lisäämiselle olisi ollut mahdollisuuksia. Vuoden 2006 JDS-kyselyitä ei voi tehdä. Tämä olisi antanut mittauksille pitkän aikavälin perspektiivin. Vuoden 2006 haastattelujen perusteella työ tuoteverstaassa ja FM-järjestelmässä oli muuttunut fyysisesti kuormittavammaksi, aikapainoisemmaksi ja vähemmän suunnittelua sisältäväksi. Työajan käytössä tämä näkyi rutiinitehtävien määrän osuuden kasvuna.

Päätelmiä kuormittuneisuudesta

Koneistajat ja toimihenkilöt eivät BMS-kyselyiden mukaan kärsi lyhytaikaisesta psyykkisestä kuormittuneisuudesta. Näiden kahden työntekijäryhmän BMS-arvot ovat vuoden 1994 kyselyssä selkeästi yli kriittisen rajan.

Kokoonpanon työntekijöiden BMS-tuloksissa vuonna 1994 on merkkejä haitallisesta psyykkisestä kuormittuneisuudesta. Syynä tähän voi olla työn yksipuolisuus ja työn aikapainoisuus. Vuoden 2006 haastattelujen mukaan vastuun kasvamisen myötä myös psyykinen kuormittavuus oli lisääntynyt, vaikka tästä ei ole BMS-tuloksia. Myös kiireen koettiin lisääntyneen. Haasteluissa paistoi selvästi selviämisen pakko jokaviikkoisesta tuotanto-ohjelmasta.

5.6.3 Sosioteknisen järjestelmän muutos

Työprosessien kehittämisessä case-yritys kävi läpi kehityskaaren funktionaalisesta tuotannosta tuoteverstaasiin, tuotetehtaiisiin, soluihin, tiimeihin ja takaisin soluihin. Ensimmäinen haaste koettiin solujen perustamisen myötä. Tuotantosolut saatiin toimimaan, mutta tehtävien kierto, monilaiteosaaminen ja aito ryhmätyö eivät onnistuneet ensi yrittämällä. FMS-projektissa tähän panostettiin erityisesti. Järjestelmän käyttöönottoon ja koulutukseen panostettiin ja tuotanto saatiin vuoden 1990 aikana hyvin käyntiin. Vuoteen 1995 mennessä erikoistuotetehtaan tunnusluvut olivat huippuluokkaa, mutta tiimimäisessä toimintatavassa ja työkierrossa soluista toiseen ei onnistuttu, vaikka tähän oli panostettu vielä käyttöönottoprojektin jälkeen erityisen voimakkaasti.

Yrityskulttuurin muodostuminen henkilöityi vahvasti yrityksen perustajaan ja hänen henkilökohtaisiin arvoihinsa. Yrityskulttuurin kehittäminen jatkui hänen seuraajansa aikana. Yrityskulttuuria, johtamisjärjestelmiä ja yritystä lähdettiin

rakentamaan 1980-luvulla tältä perustalta. Yritystä johdettiin ammattimaisesti, jatkuvasti kehittäen erilaisilla kehityshankkeilla ja projekteilla. Strategiaa ja tuotantostrategiaa tarkastettiin säännöllisesti ja luotiin aina näkemys seuraaville viidelle–kymmenelle vuodelle. Yrityksestä muodostui 1980-luvun loppuun mennessä maailman johtava *X-laitteiden* ja *erikoistuotteiden* valmistaja valituilla markkinasegmenteillä. Yrityksen tunnusluvut olivat huippuluokkaa, ja yritys oli johtava NC-tekniikan soveltaja Suomessa.

Yrityksen menestyksen perustaksi voidaan todeta seuraavat seikat:

- yrityskulttuurista johdetut vahvat perusarvot: laatu, ihmisen kunnioittaminen ja kansainvälisyys
- ihmiskeskeinen johtamistapa
- vahvan yhteisen näkemyksen, toimintafilosofian ja toiminta-ajatuksen rakentaminen koko organisaatioon.

Ensimmäinen vakava vastoinikäyminen yritykselle oli vuosien 1990–1992 lama, josta yritys kuitenkin selvisi vähin vaurioin. Tässäkin auttoivat systemaattinen kehittäminen, ulkopuolisen asiantuntemuksen käyttö ja nopeat ratkaisut. Toinen, yrityksen kannalta vaikeampi haaste oli konsernin johtajan vaihtuminen ja heti perään yrityksen liittäminen osaksi A-konsernia. Tämä muutos rapautti vähitellen vanhaa yrityskulttuuria. Kuten haastatteluissa kävi ilmi:

”Meillä oli toimintastrategia kateissa, emme oikein tienneet, missä tehdään ja mitä tehdään, välillä tuntui, että kaikki lopetetaan.”

Yrityskulttuurissa alkanut muutos 1990-luvun puolivälissä toi uudet arvot ja johtamistavat. Tiimityöajatuksista luovuttiin. Jalostusarvoperusteisissa tuottavuusluvuissa tapahtui selvä notkahdus vuosina 1998 ja 1999. Samaan aikaan tuotantovolyymit laskivat ja henkilöstöä vähennettiin. Vuosituhannen alussa 2002–2003 tuotanto rakennettiin uudelle perustalle: Tuotetehtaita yhdistettiin ja ulkoistettiin. Osaperhe- ja tuoteverstasfilosofiasta luovuttiin osin. Erikoistuotteiden kokoonpano siirrettiin eri halliin muiden tuotteiden valmistuksen ohien. Johtamisen koettiin muuttuneen avoimesta ja ihmiskeskeisestä johtamisesta autoritäärisempään ja työnjohtopainotteisempaan suuntaan.

Kolmas haaste tuli vuonna 1999, jolloin A-konserni ja B-konserni yhdistyivät uudeksi konserniksi. Yrityskulttuuri sai jälleen uuden suunnan. Tutkimuksessa ei käsitellä yksityiskohtaisesti parin viime vuoden kehitysasioita, strategioita eikä tunnuslukuja kilpailuteknisten syiden takia. Vuoden 2004 jälkeen konsernin uuden toimitusjohtajan myötä yritys on lähtenyt systemaattiseen muutos- ja kehitysvauhtiin. Saaneerauspainotteisesta johtamisesta on siirrytty kehittämiseen ja panostamiseen.

Tekniikan kehittäminen

Tuotantotekniikan kehittämisessä yritys kävi läpi kaikki ne vaiheet, jotka suomalainen konepajateollisuus on kokenut 1960-luvulta aina 2000-luvulle. Yrityksen toimintatapa oli aina 1990-luvun lamaan saakka tekniikkalähtöinen. Tuotantotekniikkaa kehitettiin ja hankittiin uusia parempia koneita ja menetelmiä. Parhaimmillaan yrityksessä oli lähes 70 kappaletta NC-koneita, kaksi FMS:ää ja joukko robotteja. Yrityksessä oli laadittu jo 1970-luvulla teknologiastrategia, joka loi suuntaviivat koko valmistavaan organisaatioon. **Menestyksen kulmakivi oli tuotemarkkinastrategian ymmärtäminen ja siirtyminen sen mukaiseen tuotantojärjestelmään.**

1990-luvulla informaatiojärjestelmien merkitys kasvoi yrityksen konsernirakenteen ja yritysten yhdistymisen sekä informaatiojärjestelmien kehittymisen kautta. Laman myötä kerrannaisvaikutuksena työntutkimuksesta luovuttiin, menetelmien kehittämistä supistettiin ja koneinvestointeja tehtiin varsin vähän. Ulkoistamisen myötä osa koneista myytiin alihankkijoille ja osa tuotannosta siirrettiin Kiinaan, toinen FMS ajettiin alas ja tutkimuksen kohteena oleva erikoistuotetehtaan tuotantojärjestelmä purettiin ja tuotteet vaihdettiin FM-järjestelmälle. Edellä mainittuja yrityskulttuuria, teknologia- tai tuotantostrategiaa, informaatiojärjestelmiä ja johtamista nimitetään tässä tutkimuksessa myöhemmin sosioteknisen järjestelmän riippuvuussuhteiksi.

Arvioitaessa case-yrityksen tuotantotoiminnan kehitystä pitkällä aikavälillä voidaan todeta, että kehitysprojekti antoi merkittävän tuottavuusparannuksen ja mahdollisuuden säilyttää tuotanto kilpailukykyisenä. Voidaan kysyä, olisiko tuotanto voitu säilyttää Suomessa, jos tekniikkaa olisi kehitetty jo 1990-luvun loppupuolella. Lisäksi jos tekniikkaan ja henkilöstön kehittämiseen olisi panostettu, olisivatko sosiotekninen järjestelmä ja itseohjautuva tiimimäinen työn organisaatio säilyneet?

6. Tapaustutkimuksen vertailuaineisto: käyttöönottoprojektien toteutukset ja tuotannon muutokset 1980-luvulta 2000-luvun alkuun

Joustavan valmistusjärjestelmän käyttöönoton ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, miten käyttöönottoprojektit toteutettiin, ja toisena tutkimuskysymyksenä tarkasteltiin, mitkä olivat FM-järjestelmän saamat toiminnanmuutokset verstaisten työn organisaatioon, tuottavuuteen ja työsisältöihin. Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli, miten onnistuneet ja epäonnistuneet käyttöönottoprojektit erosivat toisistaan.

Vertailuyritysten hankkeiden tutkimisessa käytettiin samoja menetelmiä kuin case-yrityksen tutkimusaineiston keruussa. Vertailuaineistossa oli 13 FM-projektia, jotka oli toteutettu samoihin aikoihin kuin case-yrityksen projekti. Projektit edustivat lastuavan työstön ja ohutlevytyöstön joustavia valmistusjärjestelmiä. Käyttöönotetut järjestelmät olivat Suomessa perinteisillä teollisuuspaikkakunnilla ja maaseutupaikkakunnilla. Tutkimuksen alussa aineiston keruun aikana kaikki konepajat olivat suomalaisessa omistuksessa. Tuoteverstaat ja järjestelmät kuvataan tarkemmin luvussa 4 ja liitteessä F.

6.1 Käyttöönottoprojektien toteutus

6.1.1 Projektien lähtökohdat

Yleisimmät maininnat FMS-investoinnin syyksi olivat kapasiteetin riittämättömyys (10) ja vanhan kapasiteetin uusiminen sekä kilpailuaseman parantaminen (6). Vähemmän tärkeinä lähtökohtina pidettiin joustavuuden ja laadun parantamista (3) sekä imagotekijöitä.

Projektien kustannukset

Euromääräisesti projektit vaihtelivat 900 000 euron ja 16,1 miljoonan euron välillä. Keskimäärin projektien kokonaiskustannukset olivat 5,71 miljoonaa euroa. Kalleimpien projektien kustannuksiin sisältyi uuden tehdasrakennuksen

rakentaminen. FMS-investoinnin osuus koko projektista oli 860 000 euroa – 6,73 miljoonaa euroa.

Investointilaskelmat ja projektisuunnitelmat

Projektien rahoituksen saamiseksi projekteista oli laadittu projektisuunnitelmat, joissa kuvattiin tavoitteet, riskit, projektiorganisaatio, talousarvio ja jatkokehityssuunnitelmat. Yleisimmin käytetty investointilaskentamenetelmä oli takaisinmaksuajan menetelmä, jota oli käytetty 12 projektissa. Joissakin projekteissa oli käytetty useampaa menetelmää. Investoinnin sisäisen korkokannan menetelmää oli käytetty yhdeksässä projektissa. Kahdessa projektissa oli laskettu tulosenusteisiin pohjautuvia tuloslaskelmia tuleville vuosille ja nykyarvomenetelmää oli käytetty neljässä projektissa.

Rakennetut järjestelmät

Järjestelmissä NC-koneiden määrä vaihteli yhdestä yhdeksään. Suunnitelmien mukaan yhden koneen järjestelmän laajennus piti toteuttaa välittömästi käyttöönoton jälkeen toisella koneistuskeskuksella. Kaikki järjestelmät ovat linjatyypisiä. Järjestelmät oli toimittanut neljä eri laitetoimittajaa.

Yhdeksässä järjestelmässä oli ns. ylemmän tason keskusohjaus ja viidessä järjestelmässä oli prosessiohjaus. Liitteessä F selvitetään verstaiden automaatioastetta sekä CIM-valmiuksia järjestelmäprojektin jälkeen.

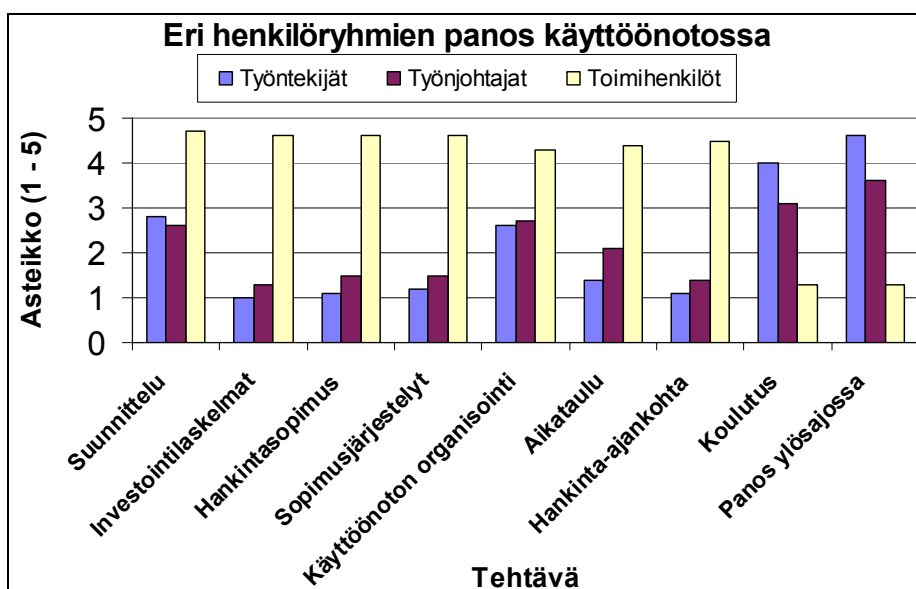
Työstettävien erilaisten kappaleiden määrä vaihteli neljästä arviolta tuhanteen. Suuri erilaisten kappaleiden määrä johtui siitä, että näitä järjestelmiä käytetään hyvin joustavasti projektikohtaisten toimitusten tekemiseen. Samasta osasta oli myös useita eri versioita.

Projektien organisointi

Oma projektiorganisaatio perustettiin 11 projektissa, kahdessa projektissa ei ollut projektiorganisaatiota ja yhdessä projektissa se perustettiin vasta projektin loppuvaiheessa. Seitsemässä projektissa projektiorganisaatioon kuului projektin johtaja. 12 projektissa oli projektipäällikkö. Yhdellä projektilla ei ollut nimettynä projektipäällikköä, vaan valmistuspäällikkö vastasi käyttöönotosta. Yhdeksässä

projektissa työskenteli projekti-insinööri, joka oli tavallisesti diplomityöntekijä. Pienryhmiä perustettiin kymmenessä projektissa.

Työntekijöiden osallistuminen projekteihin painottui osallistuminen käyttöönottoon ja koulutukseen. Työnjohtajat osallistuivat koulutukseen ja käyttöönottoon vähemmän kuin työntekijät. Toimihenkilöiden panos järjestelmäprojekteissa oli suurin suunnittelussa, hankintasopimusten tekemisessä ja investointilaskelmien laadinnassa (ks. kuva 20, suorat vastaukset ovat liitteessä B).



Kuva 20. Eri henkilöstöryhmien osallistuminen käyttöönottoprojektiin ($N = 39$, 1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti).

Järjestelmän suunnittelu

Järjestelmän rakenteellinen ja toiminnallinen suunnittelu tapahtui 11 projektissa yhteistyössä toimittajan kanssa. Kahdessa projektissa yritys suoritti järjestelmän suunnittelun itse. Kahdeksassa projektissa yritys käytti ulkopuolista konsulttia. Yhdessä projektissa järjestelmän ohjauksen suunnittelun osuus oli merkittävä eli yritys määritteli järjestelmän ohjauksen toiminnan varsin yksityiskohtaisesti. Järjestelmän rakentamisen teki kaikissa projekteissa järjestelmätoimittaja (ks. liite B, kysymys 15).

Hankinta

Päävastuu hankinnasta oli kuudessa projektissa yrityksellä itsellään. Kaksi projektia oli ns. avaimet käteen -projekteja, ja viidessä projektissa toimituksissa oli useita päävastuullisia toimittajia (ks. liite B, kysymys 16).

Työntekijöiden ja projektihenkilöiden ennakoasenne

Alhaista motivaatiota ja pelkoa työpaikan menetyksestä oli vähän. Tietämättömyyttä ja pelkoa uuden tekniikan käyttöä kohtaan oli jonkin verran. Ennakoasennetta ja projektin tiedottamista sekä tiedon lisäämistä tehtiin taulukon 17 mukaisesti. Taulukosta nähdään, että työntekijöiden osallistuminen projektiin eri tavoin koettiin tärkeämmäksi kuin passiivinen, esimerkiksi ilmoitustauluilla tapahtuva ilmoittelu.

Taulukko 17. Projektien tiedottamisen määrä.

	<i>Vastauksia</i>	<i>Koki saavansa tietoa</i>	<i>Osuus vastauksista</i>
<i>Tiedotustilaisuudet</i>	<i>N = 44</i>	<i>36</i>	<i>82 %</i>
<i>Ilmoitustaulut</i>	<i>N = 42</i>	<i>15</i>	<i>36 %</i>
<i>Ryhmätyöt</i>	<i>N = 43</i>	<i>31</i>	<i>72 %</i>
<i>Tehdasvierailut</i>	<i>N = 44</i>	<i>38</i>	<i>86 %</i>
<i>Harjakaiset</i>	<i>N = 44</i>	<i>32</i>	<i>73 %</i>
<i>Muilla tavoin</i>	<i>N = 44</i>	<i>3</i>	<i>7 %</i>

6.1.2 Käyttöönottojen onnistuminen

Rakentamis- ja ylösajovaihe

Järjestelmän ylösajon ja testauksen suoritti 12 projektissa yritys itse. Yhdessä projektissa ylösajon suoritti järjestelmätoimittaja. Järjestelmän rakentamisen ja siihen liittyvät testit suoritti luonnollisesti järjestelmätoimittaja. Kuudessa projektissa järjestelmän ylösajo suoritettiin asteittain ja perustettiin käyttöönottoryhmiä. Käyttöönoton mallia muista yrityksistä ei otettu lainkaan 27 prosentissa ja otettiin vähän 25 prosentissa hankkeista. Neljässä projektissa pienryhmätöiminnan merkitystä projektin onnistumiseen pidettiin ratkaisevana, mutta muissa pienryhmätöimintää ei ollut. Käyttöönoton aikana käyttösuhdetta seurattiin 11 projektissa ja kahdessa sitä ei seurattu.

6.1.3 Kustannusten toteutuminen

Haastattelujen mukaan projektien kustannukset olivat pienemmät kuin suunniteltiin 19 prosentissa (N = 8) ja samat kuin suunniteltiin 36 prosentissa (N = 15) projekteista. Kustannukset olivat 10 prosenttia suuremmat 29 prosentissa (N = 12) projekteista, ja 10 prosenttia (N = 4) projekteista oli yli 25 prosenttia yli budjetoidun.

Projektien kesto ja aikataulun toteutuminen

Projektin kesto selvitettiin kysymällä projektin aloitusvuosi ja -kuukausi sekä projektin päättymisvuosi ja -kuukausi. Projektien kesto oli keskimäärin 37 kuukautta. Projektin toteutuksen ajankäyttö jakautui seuraavasti: projektin tavoitteiden määrittelyvaiheeseen (esisuunnittelu) käytettiin aikaa keskimäärin 8,5 kuukautta, suunnitteluvaiheeseen 8,6 kuukautta, tarjouskilpailuun ja tilauksen tekkoon 7,4 kuukautta sekä rakentamiseen ja ylösajamiseen 13,8 kuukautta, jolloin saavutettiin suunniteltu käyttöaste. Projektin eri vaiheet limittyivät toisiinsa, eikä niitä voi suoraan summata toisiinsa. Käyttöönottoprojektit toteutuivat 35 prosentissa tapauksista suunnitellun aikataulun mukaan ja yhden haastateltavan mukaan odotettua nopeammin (ks. taulukko 18). Projektit (14 kpl) viivästyivät keskimäärin 10,8 kuukautta (N = 44).

Taulukko 18. Käyttöönottoprojektien aikataulun pitävyys ja käyttösuhteen kasvu (N = 44).

	<i>Käyttöönottoprojektin aikataulun pitävyys</i>		<i>Järjestelmän käyttösuhteen kasvu</i>	
	<i>kpl</i>	<i>%</i>	<i>kpl</i>	<i>%</i>
<i>Odotetusti</i>	16	36,4	10	22,7
<i>Odotettua nopeammin</i>	1	2,3	10	22,7
<i>Odotettua hitaammin</i>	13	29,5	14	31,8
<i>10 % hitaammin</i>	5	11,4	2	4,6
<i>25 % hitaammin</i>	9	20,4	8	18,2
	N = 44	100 %	N = 44	100 %

Projektin toteutuksen kannalta tärkeimpänä pidettiin työntekijöiden ammattitaitoa ja pienryhmätyöskentelyä (ks. taulukko 19).

Taulukko 19. Projektin toteutuksen kannalta tärkeitä tekijöitä (N = 44). (1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon ja 5 = ratkaisevasti.) (x = keskiarvo ja sd = keskihajonta.)

	<i>x</i>	<i>sd</i>
<i>Työntekijöiden ammattitaito</i>	4,0	0,5
<i>Pienryhmätyöskentely</i>	3,9	1,8
<i>Toimihenkilöiden ammattitaito</i>	3,8	0,9
<i>Hyvä projektiorganisaatio</i>	3,7	1,2
<i>Selvät vastuurajat</i>	3,6	1,2
<i>Hyvä tiedotus</i>	3,4	1,5
<i>Riittävät tiedotustilaisuudet henkilöstölle</i>	3,4	1,3
<i>Työnjohtajien ammattitaito</i>	3,2	1,1
<i>Kokoukset</i>	3,3	1,1
<i>Raportointi</i>	3,0	0,9

6.1.4 Käyttäjien kokemukset järjestelmien käyttöönotosta

FMS-käyttäjien kokemukset

Käyttäjien kokemukset FM-järjestelmästä olivat pääsääntöisesti myönteisiä. Kysyttäessä siirtymistä FM-järjestelmällä työskentelyyn 59 prosenttia haastatelluista aloitti mielellään työskentelyn FM-järjestelmällä, 16 prosenttia haastatelluista pelkäsi siirtymistä uuden tekniikan käyttämiseen ja 31 prosenttia haastatelluista piti siirtymistä hieman vaikeana. Hämmennystä ja olonsa epävarmaksi koki 14 prosenttia haastatelluista (N = 51).

Myönteiset tuntemukset olivat päällimmäisinä kysyttäessä, mitkä sanat kuvaavat parhaiten tuntemuksia aloitettaessa työskentely FM-järjestelmällä (taulukko 20). Uusien laitteiden käyttö (77 %) ja eteenpäin pääsy ammatissa (37 %) koettiin haastavana. Epävarmuutta ja kielteisiä tuntemuksia oli vain vajaalla 20 prosentilla haastatelluista (ks. liite C, kysymys 30).

Taulukko 20. FMS-käyttäjien tuntemukset siirryttäessä FMS:n käyttöön (prosenttiosuus haastateltavien lukumäärästä, N = 51).

	N	%
<i>Mukava päästä kokeilemaan uusia laitteita</i>	39	76,5
<i>Vaikeantuntuista, mutta eiköhän siitä selviää</i>	22	43,1
<i>Nyt pääsin ammatissani eteenpäin</i>	19	37,3
<i>Pääsin ns. parempiin töihin</i>	17	33,3
<i>Palkka ei vastaa vaatimuksia</i>	10	19,6
<i>Saa nähdä, mitä siitä tulee</i>	9	17,7
<i>Annettu koulutus ei riitä alkuunkaan</i>	8	15,7
<i>Kiire ja hiostus lisääntyvät</i>	8	15,7
<i>Palkka vastaa vaatimuksia</i>	7	13,7
<i>Jos en olisi ottanut vastaan, olisin voinut menettää työpaikkani</i>	6	11,8

Koulutuksen toteutus

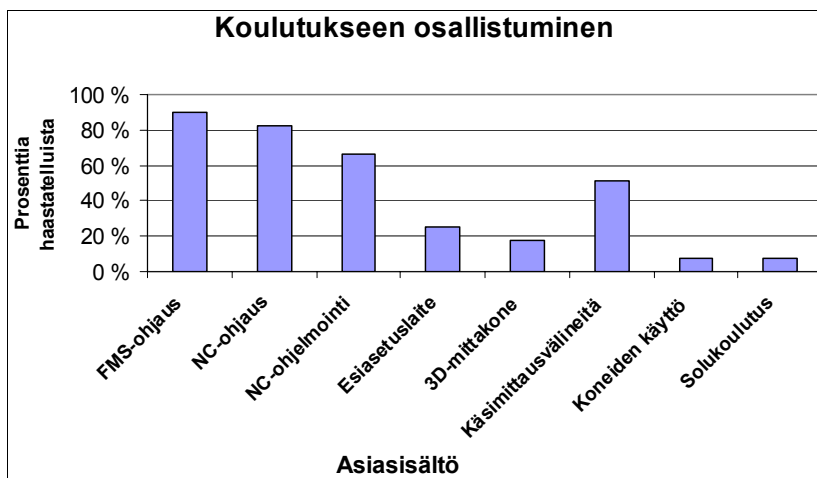
Koulutus ajoittui ennakkokoulutukseen (3,6 päivää) ja käyttöönoton yhteydessä annettuun koulutukseen (7,7 päivää). Koulutusta antoivat laitetoimittajat keskimäärin 6,5 päivää (N = 22) ja yritys itse omana koulutuksenaan keskimäärin 1,4 päivää (N = 12). Kysyttäessä FMS-käyttäjakohtaista koulutusmäärää keskiarvoksi saatiin 11,3 päivää (ks. liite C, kysymys 53 ja liite B, kysymys 19). FMS-koulutusta annettiin keskimäärin 4,3 päivää henkeä kohden ja muuta koulutusta keskimäärin pari päivää. Koulutuksen sisältöjen määrät olivat FMS-käyttäjien mukaan seuraavat:

- FMS-ohjaus 4,3 päivää (N = 46)
- NC-ohjaus (NC-koneen käyttö) ja NC-ohjelmointi 4,9 päivää (N = 42)
- muu koulutus 2,1 päivää (N = 53).

Muuhun koulutukseen sisältyi esiasetuslaitteen opastusta, solukoulutusta, mittauskoulutusta, 3D-mittauskoneen käyttökoulutusta ja tarvittavien käsimittausvälineiden käytön opastusta. NC-koulutusta on annettu henkilöstölle pitemmän aikavälin kuluessa. Koulutusmäärissä oli suuret yritysکوhtaaiset vaihtelut.

Projektin johtajat eivät yleensä osallistuneet koulutukseen. Projektipäälliköt, projekti-insinöörit ja työnjohto osallistuivat jonkin verran. Vähän osallistuivat tarkastajat, kokoonpanijat ja suunnittelijat. Verstaan kaikkien henkilöiden osallistuminen arvioitiin keskimäärin vähäiseksi (liite B, kysymys 20).

Haastattelujen mukaan koulutusta järjesti FMS:n valmistaja 83 prosentille, NC-koneen myyjä 76 prosentille, ulkopuolinen asiantuntija 76 prosentille ja työnantaja 53 prosentille käyttäjistä. Kaikkien haastateltavien mielestä koulutus oli ryhmän koulutusta (ks. liite C, kysymykset 50–53). FM-järjestelmän ja eri koneiden koulutukseen järjestelmän käyttäjät osallistuivat kuvan 21 mukaisesti (ks. liite C, kysymys 49).



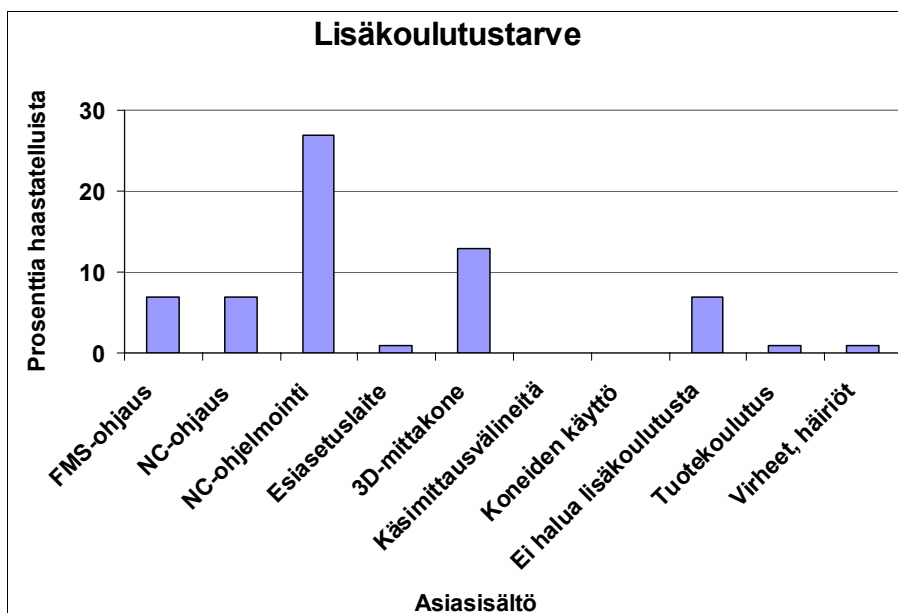
Kuva 21. Koulutukseen osallistuminen (N = 51).

24 prosenttia vastanneista piti koulutusta riittävänä. Muut käyttäjät kokivat saaneensa koulutukselta liian vähän. Suurimmat puutteet koulutuksessa olivat NC-ohjelmoinnissa (51 %), NC-ohjelmien korjailussa ja operoinnissa FMS-päätteellä (8 %). Pari henkilöä olisi halunnut opastusta kappaleiden kiinnittämiseen ja työkaluhooltoon ja yksi henkilö tehtävien suunnitteluun ja ryhmätyöhön.

Kysyttäessä, kuinka pitkä koulutuksen tulisi olla, haastateltavat arvioivat (N = 50), että keskimääräiseksi FMS-koulutuksen pituudeksi tarvitaan 10,5 päivää, NC-koneen käyttökoulutukseksi 21,7 päivää ja NC-ohjelmointikoulutukseksi 17,8 päivää (arviot kuitenkin vaihtelivat paljon, ks. liite C, kysymys 51).

Käytön virhetilanteiden huomioon ottaminen koulutuksessa vaihteli runsaasti. Virhetilanteita oli huomioitu 44 prosentilla koulutetuista, kun taas 20 prosentilla koulutetuista ei huomioitu ollenkaan virhetilanteita koulutuksessa. Liian vähän opetusta virhetilanteista oli koulutuksessa 36 prosentilla (ks. liite C, kysymys 54).

Vain 15 prosenttia FM-järjestelmän käyttäjistä ei katsonut tarvitsevänsä välitöntä lisäkoulutusta (ks. liite C, kysymys 55). Lisäkoulutustarvetta arvioitiin eri laiteryhmiä osalta kuvan 22 mukaisesti. Annettua koulutusta pidettiin riittämättömänä. Lisäkoulutustarpeet olivat ennakkokoulutuksen osalta 5,8 päivää, laite-toimittajien koulutuksen osalta 6,6 päivää, ulkopuolisten koulutuksen osalta 6,2 päivää ja oman koulutuksen osalta 4,3 päivää keskimäärin (ks. liite B, kysymys 21).



Kuva 22. Lisäkoulutuksen tarve käyttöönoton jälkeen (N = 47).

Työtehtävien soveltuvuutta annettuun koulutukseen, kokemukseen ja ammattitaitoon pidettiin hyvänä: 94 prosentilla vastaus oli positiivinen, ja vain kolmen (6 %) haastatellun mukaan koulutus ja työtehtävät eivät vastanneet toisiaan. Nämä henkilöt olisivat halunneet enemmän NC-ohjelmointia sisällytettäväksi työhön. Kysyttäessä, kuinka pitkän työkokemuksen työn osaaminen vaatii, vastaukset jakautuivat taulukon 21 mukaisesti (ks. liite C, kysymys 47).

Taulukko 21. Vaadittava työkokemus FMS:n käyttöön.

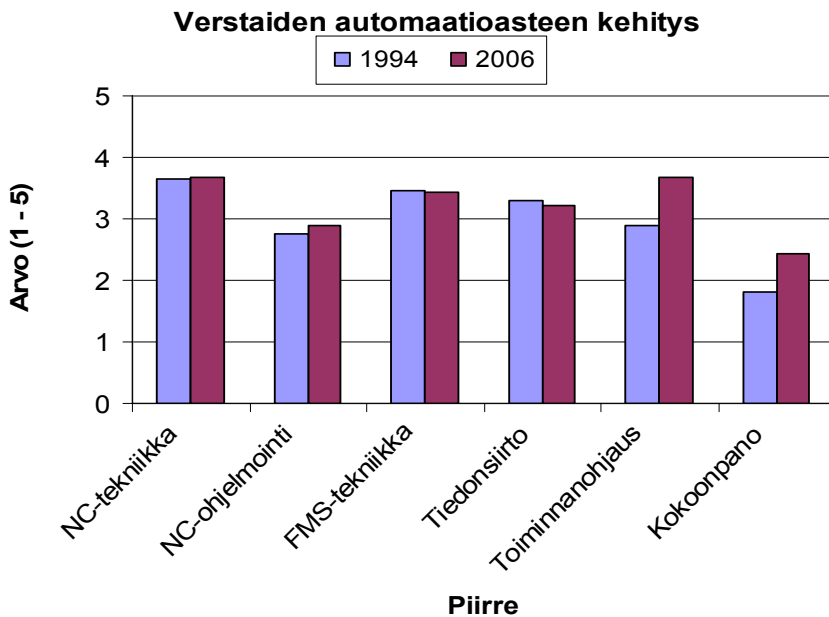
	<i>Projektin jälkeen</i>		<i>Vuonna 2006</i>	
	<i>kpl</i>	<i>%-osuus</i>	<i>kpl</i>	<i>%</i>
<i>lähes kuka tahansa selviytyisi siitä</i>	1	2	0	0
<i>alle 8 viikkoa</i>	0	0	1	6
<i>2–8 kk</i>	17	33	3	18
<i>9–23 kk</i>	12	24	10	59
<i>2–4 vuotta</i>	15	29	2	12
<i>yli 4 vuotta</i>	6	12	1	6
	N = 51	100 %	N = 17	100 %

6.2 Kehittämisen vaikutukset tuotantoon, tekniikkaan, työsisältöihin, työn organisointiin ja tuottavuuteen

6.2.1 Tuotannon ja tekniikan muutokset

Verstaiden automaatioaste projektin jälkeen

Verstaspäälliköiltä kysyttiin arviota heidän verstaidensa automaatioasteesta ja osaamisen tasosta (ks. kuva 23 sekä liite D, kysymykset 3.4–3.6). NC-tekniikka koettiin hallittavan parhaiten. Kukaan ei arvioinut verstaassa sovellettavaa tekniikkaa automaattiseksi eikä myöskään tekniikan hallintaa täydelliseksi. Voidaankin päätellä, että kyseisissä verstaissa automaation taso on lähinnä puoliau-tomaattista ja kokoonpanon osalta manuaalista. Tämän perusteella automaatti-seen, prosessimaiseen tuotantoon on vielä pitkä kehitysprosessi. Kuvan 23 tulokset on kerätty projektipäälliköiden ja verstaspäälliköiden haastatteluilla sekä yritysvierailujen yhteydessä havainnoimalla ja haastatteleamalla yrityksen eri henkilöitä.



Kuva 23. Verstaiden automaation soveltaminen ja automaation kehitysaste keskimäärin valmistuspäälliköiden mukaan ($N = 14$ projektien jälkeen vuonna 1994 ja $N = 9$ vuonna 2006).

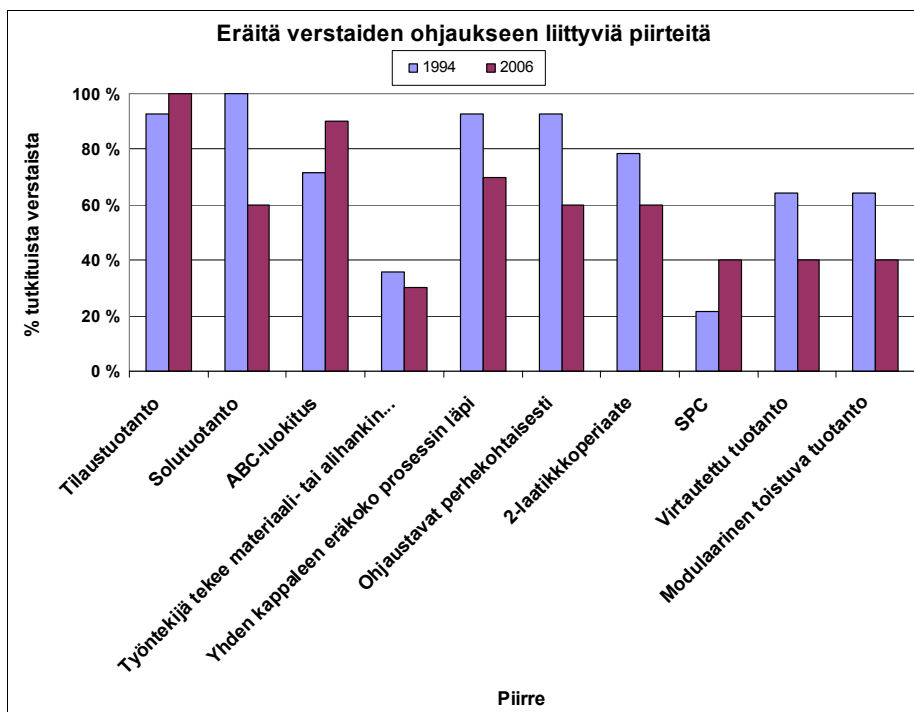
Toiminnan seuranta

Eräs verstaiden toiminnan johtamisen väline on tuotannon valvonta seurantamittareiden avulla. Verstaissa seurataan tuotannon määrää, tehokkuutta ja tuotteiden sekä prosessin laatua varsin vaihtelevasti. Liitteessä O (kuva 1) esitellään tutkitujen verstaiden käytössä olevia tuotannon seurantamittareita. Tuotannon seurantamittareiden käytössä oli vuoteen 2006 mennessä tapahtunut painopisteen muuttumista vaihto-omaisuuden seurannasta asiakaspalvelua kuvaaviin mittareihin. Mittarit on kirjattu verstaiden valmistuspäälliköiden haastattelujen yhteydessä (ks. liite D, kysymykset 4.1–4.6).

Tuotannonohjaus ja tuotannon järjestelyt

Tutkituissa verstaissa seitsemässä siirryttiin FMS-projektien yhteydessä varasto-ohjautuvasta tuotannosta tilausohjautuvaan tuotantoon, ja ainoastaan yhdessä verstaassa oli FMS-projektin jälkeen varasto-ohjautuva tuotanto. Viiden projektin yhteydessä uusittiin tuotannonohjauksen ATK-järjestelmä. Kolmessa projek-

tissa kyselyn mukaan tuotannonohjausta ei muutettu. Viidessä verstaassa siirryttiin osien luokitukseen (ABC-luokat) ja neljässä projektissa otettiin käyttöön viivakoodijärjestelmä. Kuvassa 24 on verstaiden käytössä olevia toiminnan piirteitä (ks. liite D, kysymys 3.4).



Kuva 24. Verstaiden käytössä olevia toiminnan piirteitä valmistuspäälliköiden mukaan, vuonna 1994 (N = 14) ja vuonna 2006 (N = 9).

Virtaus

Kyselyn mukaan kahdessatoista verstaassa virtaus parani ja yhdessä huononi, vaikkakin yhdeksässä verstaassa voidaan puhua virtautetusta tuotannosta (ks. liite F, taulu 3). Virtauksen paraneminen johtui työvaiheiden ja kuljetusten vähenemisestä sekä siirtomatkojen lyhenemisestä. Läpimenoaikoja lyhennettiin viikoista päiviin ja parhaissa verstaissa päästiin viikosta jopa kolmen tunnin läpimenoaikaan. Keskimääräinen läpimenoajan muutos oli 31,7 päivästä 14,2 päivään ($p < .05$).

Tilaustuotannossa tilausjaksot olivat esim. kuukauden jaksoina ja kuukausi muodosti aina useita kuormitusjaksoja. Kuormitusjaksot vaihtelivat 2,5 päivästä viikkoon tai kahden viikon mittaiseen jaksoon riippuen verstaasta ja valmistettavista tuotteista. Kuormitusjakson valmistusmäärät siirrettiin tuotannonohjauksesta kuormituspisteeseen. Kuormituspiste (solu) vastasi itsenäisesti osien valmistamisesta, laadusta ja solun sisäisestä kuormittamisesta. Kuormituspiste muodostui yleensä monesta eri vaiheesta ja toiminnosta. Näin ohjattavien pisteiden määrä väheni ($p < .05$) ja virtaus yksinkertaistui (ks. liite L). FMS muodosti yhden tai kaksi kuormituspistettä. Hyvälle virtaukselle oli tunnusomaista visuaalisuus, lyhyet siirtomatkat, pienet sarjat, pienet välivarastot ja imuohjaus.

Yhdessä projektissa, kun FMS uusittiin suurempaan järjestelmään, ohjattavuus ja virtaus huonontuivat, koska kadotettiin visuaalisuus ja etäisyydet kasvoivat.

Alihankinnat

Alihankintojen määrä väheni neljässä projektissa, kolmessa projektissa se lisääntyi ja yhdessä projektissa alihankinnat loppuivat kokonaan. Kolmessa projektissa alihankintoihin ei ollut vaikutusta, vaan käytäntö pysyi samana.

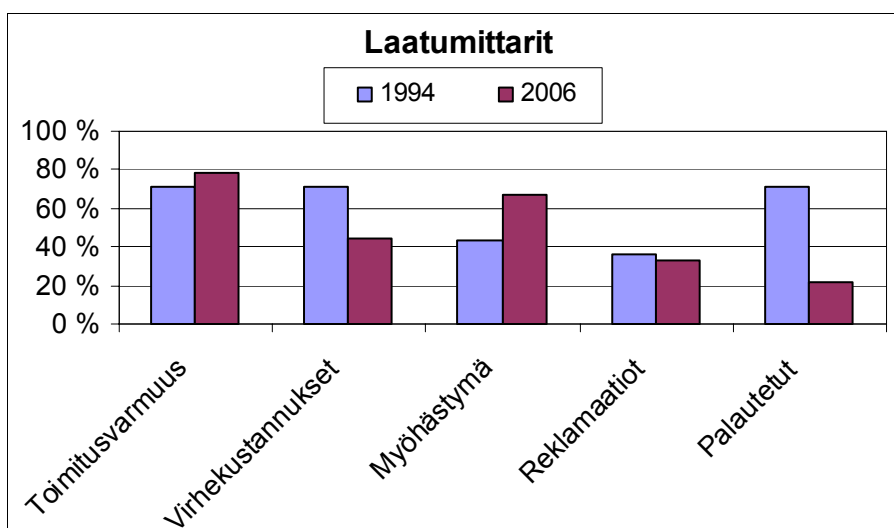
Kuudessa projektissa alihankinnat järjesteltiin uudelleen. Alihankintayritysten kanssa luotiin pelisäännöt. Tilaus- ja toimituskäytäntö tuli täsmällisemmäksi, laadunohjaukseen luotiin järjestelmät, ja toimitusajat lyhenivät. Alihankintojen ja joidenkin raaka-aineiden tilaukseen luotiin ns. kotiinkutsujärjestelmä. Kotiinkutsut tehtiin yleensä faksilla, ja joissakin yrityksissä työntekijä teki ne itse. Strategisten osien valmistus säilyi kuitenkin yrityksellä itsellään. Alihankintojen keskimääräinen toimitusaika lyheni 31 päivästä noin 14 päivään.

Tarkastus ja laadunohjaus

Kaikissa projekteissa tarkastus ja laadunohjaus organisoitiin uudelleen. Tarkastajista luovuttiin, ja tarkastuksen hoitivat järjestelmän käyttäjät itse. Tämän jälkeen tarkastus ei ollut enää erillinen vaihe, vaan se oli osa valmistusprosessia. Neljässä verstaassa käynnistettiin samanaikaisesti SPC-projekti. Näissä verstaissa otettiin käyttöön tilastollinen laadunohjaus.

Kolmessa projektissa otettiin käyttöön 3D-mittauskone. Yhteen järjestelmään integroitiin numeerinen mittauskone, ja muissa järjestelmissä mittauskone oli erillisessä tilassa. Haastattelun mukaan laatu parani selvästi järjestelmäprojektin yhteydessä tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksesta. Laadunmittausta kehitettiin ja alettiin seurata projektin yhteydessä.

Tärkeänä piirteenä oli välittömän palautteen antaminen solulle. Palaute tuli tekijän itsensä suorittamalla tarkastuksella ja SPC:n välityksellä. Näissä verstaissa SPC:n mukainen diagrammi prosessin tilasta oli havainnollisesti esillä kyseisessä työpisteessä ja diagrammia täydennettiin työvuorojen aikana. Kuvassa 25 on verstaiden käytössä olevat laadunseurannan mittarit. Toimitusvarmuutta mitattiin ennen projektia kahdeksassa verstaassa ja projektin jälkeen kymmenessä verstaassa. Toimitusvarmuus parani keskimäärin 63,5 prosentista 85,1 prosenttiin ($p < .05$).



Kuva 25. Verstaiden käytössä olevat laadunseurannan mittarit (projektin jälkeen vuonna 1994 $N = 14$ ja vuonna 2006 $N = 9$).

Yhteenveto: tuotannon ja tekniikan muutokset tutkituissa järjestelmissä

Verstaissa siirryttiin NC-tekniikasta FMS-tekniikkaan. Vuoden 2006 haastattelun mukaan tekniikan taso oli parantunut vain kokoonpanossa ja toiminnanohjauksessa. NC-tekniikka ja FMS-tekniikka olivat pysyneet 1990-luvun alun tasolla.

FMS-projektien myötä tuotannon ohjattavuuden ja hallittavuuden kannalta parannukset olivat merkittäviä, sillä läpimenoajat lyhenivät, ohjauspisteiden määrät vähenivät ja virtaus selkiytyi. Toimintaa kuvaavat visuaalisuus, pienet sarjat, joustavuus, pienet välikvarastot ja imuohjaus. Erot vanhaan olivat tilastollisesti merkitseviä ja erittäin merkitseviä. Myös tarkastuksessa ja laadunohjauksessa päästiin aivan eri tasolle. Toimitusvarmuus keskimäärin parani. Laatuvirheissä ja susikustannuksissa oli päästy noin 30 prosentin pienennykseen. Läpimenoajoissa tapahtuneet muutokset kuvaavat toiminnan paranemista.

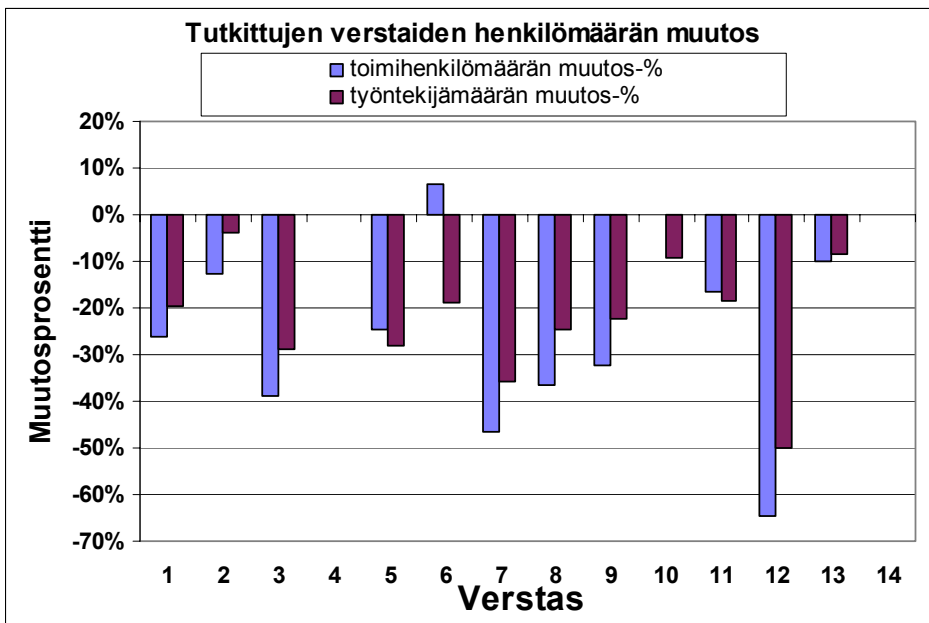
6.2.2 Työn organisointi ja työn piirteet

Henkilömäärän ja poissaolojen kehittyminen

Toiminnan laajuutta kuvaa myös henkilömäärä muutosprojektia edeltävään tilanteeseen verrattuna. Verstaiden 1622 henkilöstä väheni projektien aikana 373 henkeä eli noin 23 prosenttia ($p < .001$). Toimihenkilöiden suhteellinen vähennys oli hieman suurempi kuin työntekijöiden. Kysyttäessä projektihenkilöstöltä FMS:n suoranaista vaikutusta organisaatioon ja henkilömäärään (kuva 26) toimihenkilöiden määrä väheni 58:lla ($p < .05$), työnjohtajien määrä 10:llä ja työntekijöiden määrä 148:lla ($p < .001$) 12 projektissa. Keskimääräinen henkilöstövähennys oli 18 henkeä verstaasta kohden. Verstaiden kokonaisen henkilömäärän vähentyminen oli keskimäärin 30,7 henkeä verstaasta kohden. Toimihenkilöitä vähennettiin 24,1 prosenttia ja työntekijöitä 22,7 prosenttia kehitysprosessin aikana. Huomattavaa on, että verstaiden 4 ja 14 henkilömäärätietoja ei saatu.

Henkilöstön poissaolojen muutos

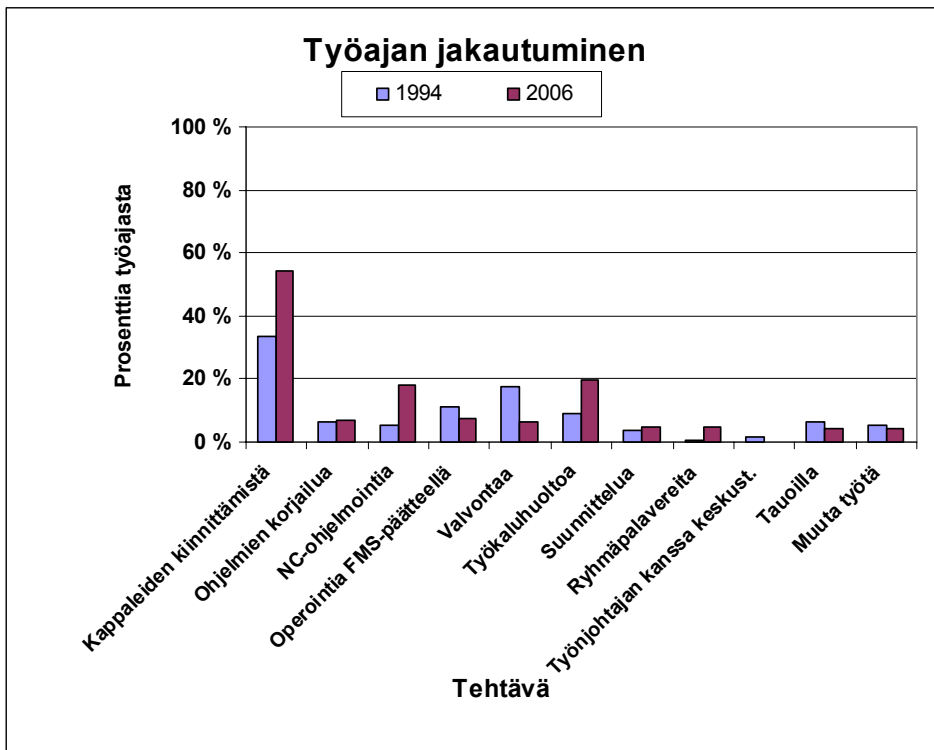
Keskimääräisten poissaolojen määrän muutos henkilöä kohden vuodessa vertailujaksojen aikana tutkituissa verstaissa putosi 103 tunnista 59 tuntiin. Sairauspoissaolot vähenivät 67 tunnista 37 tuntiin henkilöä kohden vuodessa ($p < .05$). Samoin vuotuisten keskimääräisten luvattomien poissaolotuntien määrä henkilöä kohden putosi kahdeksasta tunnista kahteen tuntiin. Tämä merkitsee sitä, että nettotyötunnit henkilöä kohden lisääntyivät 1555 tunnista 1616 tuntiin vuodessa. Tuntimäärien laskennassa mukana oli projektia edeltävässä tilanteessa 619 henkilöä ja projektin jälkeisessä tilanteessa 441 henkilöä.



Kuva 26. Verstaiden henkilömäärän muutosprosentit (verstaiden 1 ja 4 tietoja ei saatu) ennen ja jälkeen projektin.

Työn sisältö

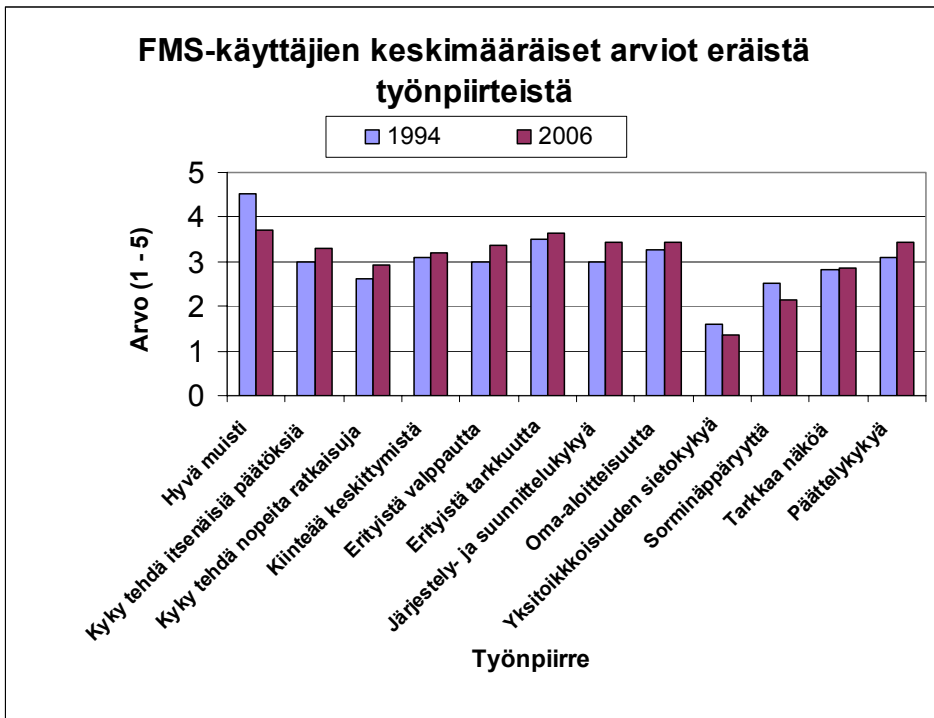
Järjestelmän käyttäjien tehtäviin kuului operointia FMS-päätteellä, työkaluhuoltoa, valvontaa, kappaleiden kiinnittämistä ja NC-ohjelmien korjailua. Työajan jakaantuminen esitetään kuvassa 27. Kuvassa ”muuten” tarkoittaa keskustelua työtoverin kanssa, tupakkataukoa tai vastaavaa aikaa. Kuvassa on käyttöönoton jälkeinen työajan jako ja vuonna 2006 tehdyn kartoituksen mukainen työajan jako. Huomattavaa on kappaleiden kiinnittämisen ja työkaluhuollon osuuden kasvaminen ja valvonnan sekä FMS-päätteellä operoinnin osuuden väheneminen.



Kuva 27. FM-operaattoreiden työajan keskimääräinen jakautuminen (% työpäivästä) erilaisiin tehtäväryhmiin (käyttöänon jälkeen vuonna 1994 $N = 51$ ja vuonna 2006 $N = 17$).

Työn vaatimukset

Työn vaativuutta voidaan kuvata Seppälän ym. (1988b, s. 48) jaottelun mukaisesti: työn tekemisessä tarvittavat tiedot, havaintotoimintoihin liittyvät kyvyt, motoriset kyvyt, ajattelu- ja päättelykyky sekä muisti. Järjestelmän käyttäjien keskimääräiset arviot eräistä työn vaatimuksista järjestelmäprojektin jälkeen ja vuoden 2006 tilanne ovat kuvassa 28.



Kuva 28. Järjestelmän käyttäjien keskimääräiset arviot eräistä työn vaatimuksista projektin jälkeen ja vuonna 2006 (1 = ei koskaan, 2 = harvoin, 3 = silloin tällöin, 4 = melko usein ja 5 = jatkuvasti; vuonna 1994 N = 51 ja vuonna 2006 N = 17).

Haastattelun mukaan vaikeimpana työssä pidettiin häiriöiden selvittämistä (36 %) ja NC-ohjelmointia (33 %). Itse FMS:n käyttöä piti vaikeana vain yksi haastatelluista (2 %). Järjestelmän käytössä ei ollut vaikeuksia yhdeksällätoista haastatelluista (37 %). Harkinnan ja päätelykyvyn tarpeen käyttäjät kokivat hieman kasvaneen vuoteen 2006 mennessä (ks. taulukko 22). Vaativampiin tehtäviin halusi 86 prosenttia haastatelluista. Loput eivät halunneet vaihtaa toisiin tehtäviin. Järjestelmän käyttäjistä 22 prosenttia oli sitä mieltä, että tietoja ja taitoja voi käyttää erittäin paljon, 61 prosentin mielestä niitä voi käyttää melko paljon ja 18 prosentin mielestä jonkin verran. Häiriöistä selviää haastattelun mukaan helposti 26 prosenttia, pienen harkinnan jälkeen 55 prosenttia ja tutkimalla asiaa perin pohjin 12 prosenttia käyttäjistä. 4 prosenttia käyttäjistä tarvitsee työtoverin tai esimiehen apua häiriöistä selviämiseen.

Taulukko 22. Työn vaatima ajattelu- ja päättelykyvyn tarve (ks. liite C, kysymykset 21 ja 22).

Työn vaatima harkinta ja pohdinta

	1994		2006	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
<i>erittäin paljon</i>	2	4	3	20
<i>melko paljon</i>	19	37	5	33
<i>jonkin verran</i>	17	33	6	40
<i>melko vähän</i>	12	24	1	7
<i>erittäin vähän</i>	1	2	0	0
	<i>N</i>	51	100 %	
			15	100 %

Eri vaihtoehtojen pohdinta

	1994		2006	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
<i>erittäin paljon</i>	3	6	6	40
<i>melko paljon</i>	21	41	5	33
<i>jonkin verran</i>	26	51	4	27
<i>melko vähän</i>	1	2	0	0
<i>erittäin vähän</i>	0	0	0	0
	<i>N</i>	51	100 %	
			15	100 %

Työn fyysinen rasittavuus

Kukaan FMS:n käyttäjistä ei pitänyt FMS-työtä erittäin rasittavana. Työn fyysinen rasittavuus nousi vuoteen 2006 mennessä taulukon 23 mukaisesti.

Taulukko 23. Työn fyysisen rasittavuuden muutos vuodesta 1994 vuoteen 2006 (ks. liite C, kysymys 38).

	1994	2006
<i>erittäin rasittavaa</i>	0 %	0 %
<i>rasittavaa</i>	20 %	41 %
<i>sopivaa</i>	62 %	35 %
<i>melko kevyttä</i>	18 %	18 %
<i>kevyttä</i>	0 %	6 %
	<i>N</i> = 51	<i>N</i> = 17
	100 %	100 %

6.2.3 Vaikutukset verstaiden liiketoimintaan ja tuottavuuteen

Toiminnan laajuuden kehittyminen

Verstaiden liiketoiminnan laajuutta mitattiin liikevaihdon määrän muutoksella, henkilömäärän kehitymisellä, tuotannon volyymin kehitymisellä, jalostusarvon kehitymisellä ja kapasiteetin käytöllä. Kaikissa verstaissa jälkimmäinen tarkkailuvuosi oli joko 1992 tai 1993. Lama vaikutti osaltaan erityisesti tuotantomäärien tunnuslukuihin.

Vertailuaineiston verstaiden liikevaihto kasvoi tutkimuksen aikana keskimäärin 14,1 prosenttia ja volyymi väheni 18,5 prosenttia. Suurin liikevaihdon kasvu oli 58 prosenttia ja suurin liikevaihdon vähennys 8,5 prosenttia. Verstaskohtaista liikevaihdon kehittymistä esittää liitteen O kuva 2. Vain yksi yritys kasvatti volyymin, ja muilla verstailla volyymit vähenivät (ks. liite O, kuva 3).

Verstaiden kapasiteetin käyttöasteen mittausta (käyttösuhde) oli toteutettu puutteellisesti, joten vain seitsemän verstaan käyttösuhteet saatiin tutkimukseen mukaan. Kapasiteetin käyttöastetta seurattiin viidessä verstaassa ja käytettävyyttä neljässä verstaassa. Perusteluiksi seurannan vähyyteen sanottiin, että tärkeämpää on seurata toimitusvarmuutta kuin kapasiteettia. Toisaalta sitten kun kapasiteetista on pulaa, seurantaan voidaan ryhtyä ja kapasiteetin käytön tehokkuuteen panostetaan. Käyttösuhdeet olivat nousseet keskimäärin 7 prosenttia.

Vertailuaineiston tunnuslukuja

Vertailuaineiston keskimääräisiä tunnuslukuja on taulukossa 24. Liikevaihto kasvoi vertailuaineistossa vain hieman vähemmän kuin case-yrityksessä. Tuottavuutta kuvaavista tunnusluvuista työntekijöiden tuntimäärät valmistettuja tuotteita kohden putosivat 19 prosenttia ja NC-konetunnit vähenivät 40 prosenttia kappaletta kohden.

Taulukko 24. Vertailuaineiston tunnuslukuja projektin jälkeen (euromääräiset luvut on deflatoitu projektin alkamisajankohtaan).

	<i>Vertailu- aineisto</i>	<i>Case- yritys</i>
<i>Liikevaihdon muutos</i>	14,1 %	15,5 %
<i>Valmistettujen laitteiden määrän muutos</i>	-18,5 %	-5,4 %
<i>Henkilömäärän muutos</i>	-21,6 %	-32,5 %
<i>Toimihenkilömäärän muutos</i>	-23,3 %	-38,7 %
<i>Työntekijämäärän muutos</i>	-21,6 %	-31,5 %
<i>Palkkojen osuus tuotannon kustannuksista</i>	-14,1 %	-36,6 %
<i>Alihankintojen osuuden muutos tuotannon kustannuksista</i>	33,6 %	-41,4 %
<i>Vaihto-omaisuuden muutos</i>	-22,4 %	-56,1 %
<i>Vaihto-omaisuuden kierto nopeuden muutos</i>	60,1 %	139 %
<i>Keskeneräisen tuotannon kierto nopeus</i>	40,1 %	577 %
<i>Työn tuottavuuden paraneminen, kpl/h</i>	19,0 %	33,4 %
<i>NC-tunnit, kpl/tunnissa</i>	9,8 %	-10,9 %
	<i>N = 11</i>	<i>N = 1</i>

Jalostusarvon kehittyminen

Toiminnan tuottavuutta kuvaavat myös jalostusarvon muutos ja jalostusarvo suhteutettuna liikevaihtoon, henkilömäärään, tehtyihin työtunteihin ja maksettujen palkkojen ja poistojen summaan. Liitteessä O (kuva 4) on jalostusarvopohjaisen tuottavuuden keskimääräiset muutosprosentit.

Vaihto-omaisuuden kehittyminen

Lyhentyneet läpimenoajat, vaiheiden väheneminen ja tilaustuotanto mahdollistivat varastojen pienentämisen. Varastot pienivät kaikissa projekteissa. Yhdesätoista järjestelmässä raaka-aineet olivat järjestelmän varastossa. Tutkimuksessa mitattiin koko vaihto-omaisuuden, keskeneräisen tuotannon sekä raaka-aineiden ja tarvikkeiden keskimääräistä muutosta. Vaihto-omaisuus pieneni keskimäärin 22,4 prosenttia. Vaihto-omaisuuden kierto nopeudet kasvoivat 2,7:stä 4,3:een ($p < .05$). Merkittävää oli keskeneräisen tuotannon väheneminen; sen kierto nopeus kasvoi keskimäärin 11,9:stä 16,6:een. Raaka-aineiden ja tarvikkeiden kierto nopeus pieneni 9,3 prosenttia. Keskeneräisen tuotannon keskimääräinen kierto nopeus verstaissa kasvoi 40 prosenttia.

Tuotteiden laadun kehittyminen

Tuotannon laadun muutosta selvitettiin laatuvirheiden, reklamaatioiden ja susikustannusten määrän muutoksella. Laatuvirheet vähenivät keskimäärin 30 prosenttia, reklamaatiot keskimäärin 28 prosenttia ja susikustannukset keskimäärin 15 prosenttia.

Toiminnan tehokkuuden kehittyminen

Toiminnan tehokkuutta kuvaa läpimenoaikojen kehittyminen. Kokonaisläpimenoajat lyhenivät koneistuksen (ohutlevytöiden) osalta yli 50 prosenttia ja kokoonpanon osalta 45 prosenttia. Toimitusvarmuus parani verstaissa keskimäärin 36,9 prosenttia ja toimitusajat lyhenivät keskimäärin 39 prosenttia. Toiminnanohjauspisteiden määrä väheni keskimäärin 65 prosenttia ($p < .05$). Lattia-ala pieneni keskimäärin 6 prosenttia ($p < .1$).

Yhteenveto: Työn organisoinnin ja työn piirteiden muutokset

Henkilömäärän vähennys oli 23 prosenttia ($p < .001$) vertailututkimuksen aineiston koko määrässä. Toimihenkilöiden määrän väheneminen oli aavistuksen suurempaa kuin työntekijöiden. Toinen seikka oli poissaolojen määrän väheneminen: keskimääräiset sairauspoissaolot vähenivät tilastollisesti merkitsevästi.

Työ oli tutkimuksen aikana muuttunut sisällöllisesti yksipuolisemmaksi. Fyysisen tehtävien suhteellinen osuus oli kasvanut. FM-järjestelmällä operoinnin ja valvovan työn osuus oli vähentynyt. Työn vaatimusten muutokset näkyvät päätöksenteon, valppauden ja vaadittavan tarkkuuden lisääntymisenä.

6.3 Onnistuneiden ja epäonnistuneiden käyttöönottoprojektien erot

6.3.1 Käyttöönoton onnistumiseen vaikuttavat tekijät

FM-järjestelmien käyttöönoton onnistumista voidaan arvioida projektin keston, myöhästymän ja suunnitellun käyttösuhteen nousuasteeseen käytetyn ajan pituuden sekä projektin kustannusten toteutumisen avulla. FMS-projekteihin käytet-

tiin keskimäärin 37 kuukautta, kun nopeimmat selvisivät projektista parissa vuodessa ja hitaimmilla projekti kesti yli neljä vuotta. Nämä selittävät tekijät valittiin sen perusteella, että projektien pituudessa, myöhästymisessä ja käyttösuhteen nousussa oli suuria eroja. Miksi toiset selvisivät nopeammin kuin toiset yritykset?

Kirjallisuuskartoituksen perusteella käyttöönottopa, johtaminen, koulutus ja henkilöstön osallistuminen vaikuttavat onnistumiseen. Näistä kriteereistä tehtiin yhdistetyt muuttujat, jotka kuvattiin tarkemmin luvussa 4.

Projektin kesto oli lyhyempi niissä projekteissa, joissa panostettiin koulutukseen (-.59, $p < .05$) ja käytettiin ulkopuolista konsulttia (-.74, $p < .01$). Projektin myöhästymä oli pienempi, jos panostettiin koulutukseen (-.58, $p < .05$), koulutusmäärä oli suuri (.58, $p < .05$) ja käytettiin konsulttia (-.65, $p < .05$). Kustannuksissa säästettiin (.59, $p < .05$), kun projektin myöhästymä saatiin pidettyä lyhyenä. Näytti myös siltä, että käyttösuhte nousi nopeammin niissä projekteissa, joissa oli panostettu projektin organisointiin (-.64, $p < .05$) ja kustannukset saatiin pidettyä kurissa (-.59, $p < .05$).

Yhdistettyjen muuttujien yksittäisiä muuttujia tarkasteltaessa vahvimmin projektin lyhyeen kestoon olivat yhteydessä koulutusmäärä henkilöä kohden (-.58, $p < .05$), ennakkokoulutusmäärä (-.59, $p < .05$) ja konsultin käyttö. Projektin myöhästymään vaikutti se, hoitiko työnjohtaja operaattorin tehtävät (.68, $p < .05$) ja oliko investointilaskelmat (investointisuunnitelma) tehty puutteellisesti (.60, $p < .05$). Niissä projekteissa, joissa oli projektipäällikkö (-.59, $p < .05$) tai nimitetty projektin johtaja (-.60, $p < .05$), myöhästymä oli selkeästi lyhyempi. Sama vaikutus oli ennakkokoulutuksen määrällä (-.68, $p < .05$), konsultin käytöllä (-.65, $p < .05$) ja laitekoulutuksella (-.60, $p < .05$). Käyttösuhteen nousun myöhästymiseen oli selkeä vaikutus, jos työnjohtaja toimi FM-järjestelmän operaattorina (.68, $p < .05$) ja hankintasopimus oli laadittu puutteellisesti (.66, $p < .05$) ja kun projektia ei ollut organisoitu kunnolla (.59, $p < .05$). Käyttösuhte saatiin nopeasti nousemaan, kun projektilla oli päällikkö (-.73, $p < .05$), projekti oli hyvin organisoitu (-.57, $p < .05$) ja käytettiin erillistä NC-ohjelmoijaa (-.60, $p < .05$). Tällöin projektin kustannukset olivat pienemmät (-.61, $p < .05$).

Taulukosta 25 nähdään, että lyhyempi projektin kesto oli sidoksissa konsultin käyttöön. Projektin myöhästymä oli lyhyempi, jos koulutukseen panostettiin, käytettiin konsulttia ja projekti oli organisoitu hyvin. Käyttösuhte kasvoi nopeasti.

ammin, jos projekti oli organisoitu, ja näin projektin kustannukset olivat myös paremmin hallinnassa (ks. liite Q).

Taulukko 25. Projektin keston, myöhästymään ja käyttöasteen nousuun vaikuttavia selittäviä tekijöitä (N = 13).

<i>Projektin toteutuminen</i>	<i>Selittävät tekijät</i>	<i>Pearson-korrelaatio</i>	<i>Regressio-kerroin Beta-</i>	<i>R2</i>
<i>Projektin kesto</i>	<i>Konsultin käyttö</i>	<i>-.74**</i>	<i>-.69*</i>	<i>.69</i>
<i>Myöhästymä</i>	<i>Koululutusmäärä</i>	<i>-.58*</i>	<i>-.58*</i>	<i>.58</i>
	<i>Projektin organisointi</i>	<i>-.56**</i>	<i>-.56*</i>	<i>.81</i>
	<i>Konsultin käyttö</i>	<i>-.65*</i>		
<i>Käyttösuhteen nousu</i>	<i>Projektin organisointi</i>	<i>-.64*</i>	<i>-.67*</i>	<i>.67</i>
<i>Projektin kustannukset pienemmät</i>	<i>Projektin organisointi</i>	<i>.59*</i>	<i>.70*</i>	<i>.70</i>
<i>Projektin kustannukset suuremmat</i>	<i>Projektin organisointi</i>	<i>-.61*</i>	<i>.62*</i>	<i>.62</i>

*p<.05

**p<.01 R2 on yhteiskorrelaatiokerroin

6.3.2 Käyttöönottoprojektien toteutuksen erot

Viisi projektia valittiin onnistuneiden projektien ryhmään ja kuusi vähemmän onnistunutta projektia epäonnistuneiden projektien ryhmään. Käyttöönottoprojektit kestivät 20 kuukaudesta 57 kuukauteen. Taulukossa 26 on viiden nopeimman ja kuuden hitaimman käyttöönottoprojektin keskimääräiset kestoajat, myöhästymät ja käyttöasteen nousuun käytetyt keskimääräiset ajat. Käyttöasteen nousulla tarkoitetaan sitä aikaa kuukausina, joka kului etukäteen päätetyn käyttösuhteen saavuttamiseen. Molemmat tutkimusryhmät valittiin otoksesta projektin kestoajan perusteella. Ryhmät edustavat kestoajan ääripäitä.

Taulukko 26. Onnistuneiden, epäonnistuneiden ja kaikkien projektien keston (kk), myöhästymän (kk) ja käyttöasteen nousu kuukausina (x tarkoittaa keskiarvoa). Onnistuneet: 1, 3, 5, 10, 11. Epäonnistuneet: 2, 4, 6, 8, 9, 13.

	Onnistuneet projektit (N = 5)			Epäonnistuneet projektit (N = 6)			Kaikki projektit (N = 14)		
	x	min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.
Projektin kesto	27,0	20	33	47,1	39	57	37,7	20	57
Projektin viive	4,2	0	9	18,0	8	39	10,8	0	39
Käyttöasteen nousu	8,0	4	12	16,0	6	27	10,5	1	27

Onnistuneen projektin muotokuva

Onnistuneissa projekteissa projektin suunnittelutyö oli tehty paremmin (ks. taulukko 27), investointilaskelmia oli tarkasteltu monipuolisemmin ja suunnittelu-vastuuta oli enemmän itsellä. Onnistuneissa projekteissa käytettiin konsulttia, kun taas epäonnistuneissa ei käytetty ulkopuolista konsulttia. Onnistunutta projektia kuvaa projektiorganisaatio, jonka tehtävät ja vastuut oli selkeästi määritelty. Onnistuneissa projekteissa yritykset panostivat käyttöönottoprosessin toteutukseen laajemmilla henkilöresursseilla. Onnistuneissa projekteissa projektiorganisaation muodostivat projektin johtoryhmä, projektipäällikkö, kehitysinsinööri tai kehitysinsinöörit sekä pienryhmät. Nämä yritykset kiinnittivät erityistä huomiota käyttöönototapaan. Molemmissa ryhmissä käyttöönotossa oli muodostettu useita pienryhmiä. Onnistuneissa projekteissa koulutusmäärät olivat selvästi suuremmat kuin vertailuryhmällä. Projektihenkilöstön haastattelussa kävi ilmi, että onnistunutta projektia kuvaavat suunnitelmallisuus, käyttäjien ja työnjohtajien mukaanotto projektiin sekä tiedottaminen.

Epäonnistuneen projektin muotokuva

Epäonnistuneissa projekteissa projektiorganisaatiota ei ollut tai se perustettiin vasta projektin loppuvaiheessa. Vetovastuu annettiin valmistuspäällikölle tai kehitysinsinöörille. Järjestelmän suunnittelussa ja hankinnassa toimittiin ikään kuin yksittäistä NC-konetta ostettaessa. Hankinnan vastuukysymykset olivat epäonnistuneissa projekteissa epäselvemmät kuin onnistuneissa projekteissa, joissa päävastuu pidettiin tiukemmin itsellä. Epäonnistuneissa projekteissa hankintaa ja käyttöönottoa pidettiin helppona eli ”vasemmalla kädellä hoidettavana”.

Systemaattinen suunnittelu ja päätöksenteko eivät olleet hallinnassa. Puutteellisen suunnittelun takia laitteisto ja järjestelmän ohjausvaatimukset muuttuivat useasti projektin kestäessä, mikä vaikeutti järjestelmätoimittajan työtä. Osana oli vaikuttamassa uusi tekniikka, jonka haasteita ei ymmärretty riittävästi, kun ulkopuolista asiantuntemusta ei käytetty. Erityisesti projektin toteutuksen heikkoudet paljastuivat liitteen B kysymyksen 12 vastauksia vertailtaessa (ks. taulukko 27).

Käyttöönotto ja rakentamisvaihe venyivät. Puutteellinen panostus henkilöstön mukaanottoon vaikeutti menetelmäkehitystyötä. Menetelmätekninen kehitystyö aloitettiin liian myöhään, ja puutteellinen informaatio ostetuista koneista ja järjestelmästä vaikeutti mm. NC-ohjelmointia. Malliohjelmaa, ohjelman rakenteita ja NC-ohjelmakäskyjä ei ollut selvitetty eikä sovittu etukäteen. Esimerkiksi eräissä järjestelmässä ohjelmoijat joutuivat arvaamaan eräitä NC-ohjelma-koodeja. Tähän ryhmään valittuja järjestelmiä käytetään erilaisten projektitoimitusten sisältämien komponenttien valmistamiseen. Epäonnistuneita projekteja kuvaavat myös vähäisempi ulkopuolisen antaman koulutuksen osuus sekä projektin yhteydessä annettavan muun koulutuksen määrä. Epäonnistuneissa projekteissa koulutuksessa oli päädytty tekemällä harjoitteluun, eli työntekijät koulutettiin itse työn ohessa, mitä ei tehty onnistuneissa projekteissa. Eräissä onnistuneissa projekteissa muuhun koulutukseen kuului projektin hallinnan koulutusta koko avainryhmälle sekä ryhmätyö- ja laatu-koulutusta laajasti koko henkilökunnalle. FMS-toimittajien ja konetoimittajien toiminnassa ei ollut eroja onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa. Seuraavassa on ote verstaas numeron 4:n projektin loppuraportista:

- *Omistajavaihdokset muuttivat valmistettavia tuotteita.*
- *NC-ohjelmointijärjestelmä jouduttiin vaihtamaan.*
- *Alkuperäiset tavoitteet jouduttiin muuttamaan.*
- *Koneet myöhästyivät pahasti (yli vuoden).*
- *Järjestelmän ja koneiden määrityksiä ei osattu tehdä riittävän pikkutarkasti, ja valmistajat olivat usein tulkinneet voivansa mennä siitä, mistä aita on matalin.*
- *Koneet eivät olleet määritysten mukaisia, ja niissä oli runsaasti vikoja ja lastentauteja.*
- *Koulutusaikataulu meni sekaisin järjestelmän toimituksen viivästyessä ja jäi osin toteuttamatta.*

- Viivästyksen takia aiheutui menetyksiä ylimääräisen alihankinnan ja sidotun pääoman vuoksi.
- Konetoimittajalta puuttui halu ja kyky viedä projekti läpi; toteutus oli varsin horjuva, koska varsinaista vastuullista päätoimittajaa ei ollut.
- Päävastuullista toimittajaa ei ollut.
- Projektihallinta vaati ostajalta kohtuuttomasti työtä.
- Toimittajilla ei ollut sopimuksen velvoitteesta huolimatta yhtä vastuullista henkilöä, joka olisi huolehtinut toimitusprojektista.
- Samoin toimittajien käsitys FMS:stä poikkesi paikoitellen merkittävästi määritellystä ja aiheutti tarpeettomia erimielisyyksiä.
- Pitkän projektin aikana osa avainhenkilöistä vaihtoi tehtäviä.

Taulukko 27. Onnistuneiden (projektit 1, 3, 5, 10, 11) ja epäonnistuneiden projektien (2, 4, 6, 8, 9, 13) eroja. Haastateltuja oli 18 ja 20 henkeä eli yhteensä 38.

	Onnistuneet N = 18	Epäonnistuneet N = 20
Investoinnin laskentamenetelmät ¹⁾		
Takaisinmaksuajan menetelmä	67 %	65 %
Tulosennuste	39 %	0 %
Sijoitetun pääoman tuotto	11 %	9 %
Investoinnin sisäisen koron menetelmä	28 %	0 %
Järjestelmän suunnittelu ²⁾		
Suunnittelimme itse	78 %	55 %
Suunnittelimme yhteistyössä	28 %	70 %
Käytimme konsulttia	39 %	5 %
Hankinta ³⁾		
Eri toimittajia, päävastuu itsellä	56 %	35 %
Yksi toimittaja, avaimet käteen	0 %	25 %
Projektiorganisaatio		
Projektin johtaja	56 %	30 %
Projektipäällikkö	83 %	70 %
Projektin toteutus ⁴⁾, asteikko, 1–5		
Raportointi	3,45	1,75
Kokoukset	3,91	2,15
Pienryhmätyöskentely	4,64	2,65
Toimihenkilöiden ammattitaito	4,55	2,75
Työnjohtajien ammattitaito	3,82	1,80
Työntekijöiden ammattitaito	4,91	2,80

Hyvä projektiorganisaatio	4,36	2,65
Selvät vastuun rajat	3,64	2,85
Hyvä tiedotus	3,45	2,25
Riittävät informaatiotilaisuudet	3,36	2,60
Koulutus ⁵⁾, asteikko, 1–5		
Ennakkokoulutus	2,33	2,00
Laitetoimittajan koulutus	2,94	2,40
Ulkopuolinen koulutus	2,11	1,45
Oma koulutus	2,56	1,80
Harjoittelu käytännön yhteydessä	2,72	3,15
Harjoittelu käytännön työssä	3,00	3,40
Muu koulutus	1,33	0,75
Koulutus/henkilö	3,22	2,50
Koulutusmäärä ⁶⁾		
Ulkopuolisten antama koulutus	10,0 pvä	5,2 pvä
Harjoittelu käytännön yhteydessä	3,3 pvä	30,0 pvä
Muu koulutus	14,8 pvä	8,0 pvä
Koulutus/henkilö	21,1 pvä	17,4 pvä
Työntekijöiden organisointi ⁷⁾		
FMS muodostaa solun	100 %	95 %
Työkiertoa käytetään	61 %	70 %
Kaikki osaavat kaikki tehtävät	56 %	25 %
Järjestelmä on organisoitu eri tasoihin	22 %	40 %
Operaattorin tehtävät tekee työnjohtaja	0 %	35 %
NC-ohjelman tekee NC-ohjelmoija	83 %	80 %

1) Kysymys 3

2) Kysymys 15

3) Kysymys 16

4) Kysymys 12

5) Kysymys 19

6) Kysymys 19b

7) Kysymys 26.7

Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien vertailu

Taulukossa 28 on projektin eri vaiheisiin käytetty aika onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa. Onnistuneissa projekteissa projektin esisuunnitteluun käytettiin vähemmän aikaa kuin epäonnistuneissa projekteissa. Käytetyllä suunnitteluajalla ei ole merkitystä projektin onnistumiseen, vaan ensisijainen tekijä on projektin organisointi ja tapa toimia. Erot onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien eri vaiheiden välillä olivat rakentamisessa ja järjestelmän ylösajovaiheessa. Kysyttäessä, ”mitä olisitte tehnyt toisin”, epäonnistuneiden projektien vetäjät olisivat panostaneet enemmän projektin ja järjestelmän investoinnin suunnitteluun sekä olisivat toteuttaneet koulutuksen ja käyttöönoton eri tavalla. Toteutusvastuuta he olisivat siirtäneet enemmän työnjohto- ja työntekijätasolle.

Taulukko 28. Projektin eri vaiheisiin käytetty aika kuukausina onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa keskimäärin (x tarkoittaa keskiarvoa, sd keskihajontaa) (onnistuneet: 1, 3, 5, 10, 11 ja epäonnistuneet: 2, 4, 6, 8, 9, 13).

Projektin vaihe	Onnistuneet projektit (haastateltuja, $N = 18$)		Epäonnistuneet projektit (haastateltuja, $N = 20$)		Kaikki projektit (haastateltuja, $N = 41$)	
	x	sd	x	sd	x	sd
Esisuunnittelu	7,9	5,9	9,7	3,6	8,5	5,6
Projektin (järjestelmän) suunnittelu	9,9	5,7	9,7	3,7	9,8	4,5
Tarjouskilpailu ja tilaus	7,5	8,8	7,2	3,3	7,6	6,2
Käyttöönotto ja rakentaminen	5	4,5	10,7	12,9	8,9	8,0
Ylösajo	8,3	5,3	19,8	19,6	14,2	12,5

6.3.3 Verstaan toiminnan laajuuden, kannattavuuden ja jatkuvuuden kehittyminen onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa

Verstaiden toiminnan laajuuden, kannattavuuden ja jatkuvuuden kehittyminen esitetään taulukossa 29. Onnistuneiden projektien henkilömäärän muutos oli hieman suurempi. Liikevaihdon kasvu oli selkeästi suurempi onnistuneissa projekteissa. Kaikkien verstaiden käyttökateprosentit olivat ennen projektia keskimäärin 9,3 prosenttia ja projektin jälkeen keskimäärin 17,2 prosenttia. Käyttökateen laskennassa on poistojen vaikutus mukana. Vaihto-omaisuuden pieneeminen oli molemmissa ryhmissä noin 25 prosenttia.

Taulukko 29. Onnistuneiden ja epäonnistuneiden verstaiden laajuutta, kannattavuutta ja jatkuvuutta kuvaavia tunnuslukuja (onnistuneet: 1, 3, 5, 10, 11 ja epäonnistuneet: 2, 4, 6, 8, 9, 13).

	Onnistuneet projektit (N = 5)			Epäonnistuneet projektit (N = 6)			Kaikki projektit (N = 14)		
	keskimäärin (%)	min. (%)	max. (%)	keskimäärin (%)	min. (%)	max. (%)	keskimäärin (%)	min. (%)	max. (%)
Toiminnan laajuuden muutos ja tehokkuuden muutoksia									
– henkilömäärän muutos-%	-20,1 ¹	-4,2	-32,5	-16,1 ¹	-3,2	-25,2	-22,8 ³	-52,3	-3,2
– liikevaihdon muutos-%, deflatoitu ⁴	17,9	8,4	36,6	14,8	-13,4	15,6	18,3	-13,4	36,6
– vaihto-omaisuuden muutos-%, deflatoitu ⁴	-26,7 ¹	-128	4,9	-25,1	-158	22,4	-24,3 ²	-158	22,4
– työn tuottavuuden paraneminen (h/kpl)	33,4			1,0			18,9		

¹ p<.05

² p<.01

³ p<.001

⁴ Markkamääräiset luvut on deflatoitu projektin alkamisvuoteen.

6.3.4 Tuotantotoiminnan ohjattavuuden ja laadun kehittyminen projekteissa

Käyttöönottoprojektien tavoitteiden toteutumisen vertailu esitetään onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien osalta taulukossa 30. Tuotantotoiminnan ohjattavuuden muutokset olivat samansuuntaisia onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa. Merkittävä parannus molemmissa ryhmissä tapahtui toimitusvarmuuden ja vaihto-omaisuuden hallinnassa. Sairauspoissaolojen muutoksessa ei ollut merkittäviä eroja.

Taulukko 30. Verstaiden tuotantotoiminnan kehittymistä kuvaavia tunnuslukuja onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa (onnistuneet: 1, 3, 5, 10, 11 ja epäonnistuneet: 2, 4, 6, 8, 9, 13).

	Onnistuneet projektit (N = 5)		Epäonnistuneet projektit (N = 6)		Kaikki projektit (N = 14)	
	muutosprosentti	N	muutosprosentti	N	muutosprosentti	N
Ohjattavuuden muutos						
Kokonaisläpimenoajan muutos	-74,4	4	-48,4 ⁽¹⁾	5	-62,6	9
Koneistuksen läpimenoaika (päiviä)	-50,6 ⁽¹⁾	3	-44,2 ⁽¹⁾	4	-60,7 ⁽¹⁾	9
Toiminnanohjauspisteiden määrän muutos	-57,4	5	-83,3	4	-71,5 ⁽¹⁾	10
Vaihto-omaisuuden kierto- nopeus	79,2	4	34,4	4	60,4 ⁽²⁾	9
Keskeneräisen tuotannon kiertonopeus	198	5	34,0	5	161,7	12
Laadun kehittyminen						
Toimitusvarmuusprosentti	29,5	4	31,4	4	37,2 ⁽²⁾	9
Susikustannusten muutos	65,7	3	2,2	3	24,3	7
Sairauspoissaolot/henkilö	-38,0	2	-53,5	3	-47,4 ⁽¹⁾	7
Tapaturmat h/henkilö	-63,3	2	80,2	3	9,7	7

⁽¹⁾ p<.05

⁽²⁾ p<.01

6.4 Muutokset 1980-luvulta 2000-luvulle – sosiotekniset järjestelmät muuttuvat

Kirjallisuusosassa todettiin sosioteknisen järjestelmän muodostuvan teknisestä järjestelmästä ja sosiaalisesta järjestelmästä (ks. kuva 2). Case-yrityksen kohdalla havaittiin itse sosioteknisen järjestelmän muuttuneen. Case-yrityksessä havaittiin muutoksia myös johtamisessa, yrityskulttuurissa, tuotantostrategiassa ja informaatiojärjestelmissä. Vertailuaineistossa otetaan tarkasteluun vastaavat muutostekijät.

6.4.1 Teknisen järjestelmän muutokset

Koneinvestoinnit

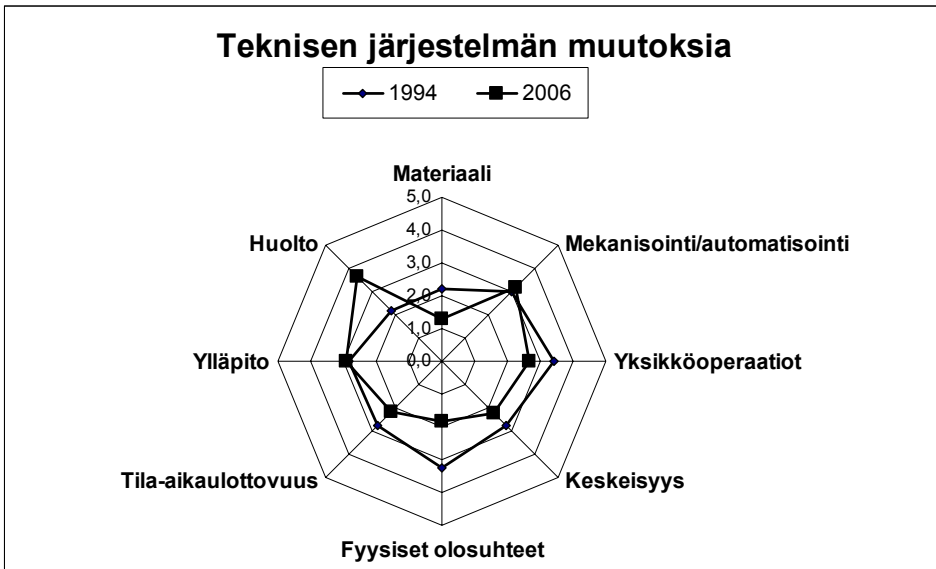
Koneinvestointeja tehtiin tutkituissa yrityksissä hyvin vähän, sen sijaan turvaututtiin alihankintaan. Investoinnit laskettiin tarkemmin kuin aiemmin ja perustelut sekä vaihtoehdot kartoitettiin ennen investointipäätöstä. Eräs tuotantojohtaja kommentoi:

”Aiemmin kone saatettiin ostaa messuilla ja vasta sen jälkeen tutkia, mitä uudella koneella tehdään.”

Eräissä tutkituista yrityksistä investointiesityspohja oli aiemmin yksisivuinen, ja siihen riitti takaisinmaksuaika. 1990-luvun puolivälin jälkeen esityspohja oli sen sijaan viisivuinen, ja siihen oli laadittava tarkat perustelut. Investointien tarkastelussa vertailuun otettiin oma valmistus uudella koneella, alihankinnan kappalehinta ja hinta nykyisellä menetelmällä.

Teknisen järjestelmän muutokset

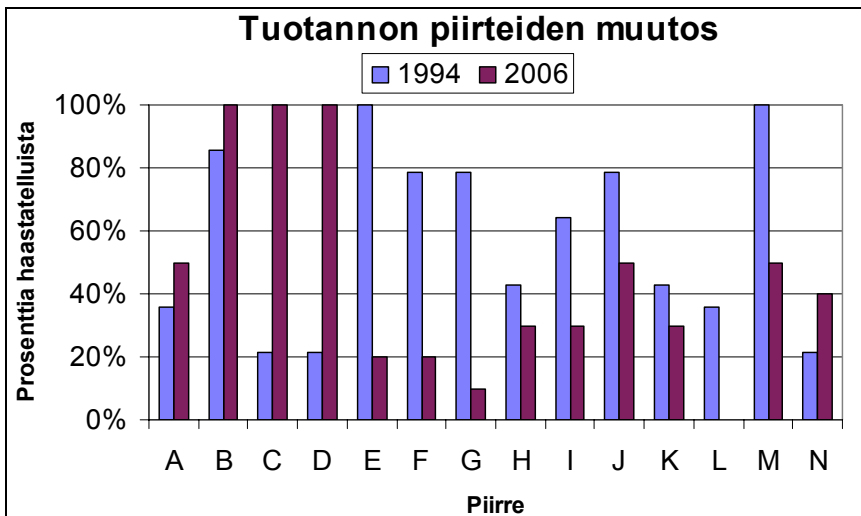
Teknisen ja sosiaalisen järjestelmän muutoksia kuvaava kuva 29 on laskettu liitteen C haastattelukysymysten ja projektihenkilöiden haastattelujen perusteella. Vertailuajankohtana ovat vuoden 1994 ja 2006 tarkastelut. Muutokset on laskettu kysymysten yhdistettyinä pistekeskisarvoina. Skaalana on 1–5, luku viisi kuvaa parempaa tai positiivisempaa piirrettä. Esimerkiksi materiaalien kohdalla arvo 1 on stelliitti (vaikein työstää) ja arvo 5 on alumiini (helpoin työstää). Liitteessä P ovat muutosten laskennan kysymykset. Kuvasta 29 nähdään teknisen järjestelmän varsin suuret muutokset. Järjestelmän ylläpidon ja huollon lukuarvot olivat kasvaneet. Tämä selittää järjestelmän käytön ja ongelmakohtien oppimisen vuosien mittaan. Fyysiset olosuhteet, keskeisyys ja yksikköoperaatiot olivat kaventuneet. Työ oli haastattelujenkin perusteella muuttunut kiireellisemmäksi ja raskeammaksi. Mekanisaatiossa ja automaatiiossa ei ollut havaittavissa muutosta. Tila- ja aikaulottuvuuden muutos kuvaa työn aikasidonnaisuutta, henkilöistä oli tullut yhä enemmän osa prosessia.



Kuva 29. Teknisen järjestelmän muutokset vuodesta 1994 vuoteen 2006 (luetaan: luku 5 parempi ja luku 1 huonontunut). Vuonna 1994 $N = 51$ ja vuonna 2006 $N = 17$.

Tuotantostrategian muutokset

Tuotantostrategiassa pääpaino oli kustannusten karsimisessa ja olemassa olevien resurssien maksimaalisessa hyödyntämisessä ilman kehityspanostuksia. Laman myötä organisaatioista poistettiin epäsuorat työntekijät (prosessia tukevat) ja osa toimihenkilöistä, kuten työntutkijat ja osa menetelmäsuunnittelijoista. Huomio kiinnittyi logistiikkaan, hankintaverkostoihin ja halvempiin materiaaleihin (ks. kuva 30).



Kuva 30. Tuotannon painopistealueet tutkituissa yrityksissä vuosina 1994 (N = 13) ja 2006 (N = 9).

A = Tuoteverstaas ja tuoteperhe

B = Toiminnanohjausjärjestelmä resursoi tuotannon

C = Tuotannon ulkoistus

D = Logistiikan kehitys painopistealueena

E = Tuotantotekniikan kehittäminen

F = Menetelmätekniinen kehitys

G = Työntutkimus

H = Vaihto-omaisuuden seuranta

I = Visuaalinen ohjaus

J = Kaksilaatikkoperiaate

K = Ohut materiaalivirta

L = Tiimityö

M = Solutuotanto

N = SPC:n soveltaminen

6.4.2 Sosiaalisen järjestelmän muutokset

Järjestelmän käytön organisointi

Järjestelmät perustettiin soluiksi ja tiimeiksi. Tiimeissä pyrittiin ryhmätyöhön, työkiertoon ja mahdollisimman laajaan tehtäväkuvaan. Vuonna 1994 kaikki järjestelmät olivat tiimejä tai soluja. Vuoden 1994 tarkastelussa työkiertoa käytettiin 68 prosentissa järjestelmistä ja 43 prosentissa järjestelmistä työntekijät osasivat kaikki tehtävät. Operaattorin tehtäviä teki 16 prosentissa järjestelmiä työnjohtaja. Järjestelmän tehtävät oli organisoitu eritasoisin tehtäviin 30 prosentissa järjestelmistä. Lähes kaikissa (84 %) järjestelmissä erillinen NC-ohjelmoija teki työstökoneille NC-ohjelmat. Taulukossa 31 esitetään FM-järjestelmien työn organisaatiot vuosina 1994 ja 2006.

Taulukko 31. FM-järjestelmien työn organisaatiot vuosina 1994 ja 2006 FMS-operaattoreiden mukaan.

	<i>n</i>	<i>1994</i>	<i>n</i>	<i>2006</i>
<i>Solu</i>	44	100 %	7	70 %
<i>Työkierto</i>	30	68 %	4	40 %
<i>Kaikki osaavat kaikki tehtävät</i>	19	43 %	3	30 %
<i>Järjestelmää käyttävät eri ammattiryhmät, kuten operaattorit, kappaleen vaihtajat, asettajat, ohjelmoijat</i>	13	29%	3	30%
<i>Operaattorin tehtävät tekee työnjohtaja</i>	7	16 %	0	0 %
<i>Erillinen NC-ohjelmoija</i>	37	84 %	10	100 %
	<i>N = 44</i>		<i>N = 10</i>	

Kehittyminen työssä

Tutkimuksessa mukana olleiden FMS-käyttäjien keskimääräinen ammattikokemus FM-järjestelmällä oli 3,7 vuotta vuonna 1994 ja 13,8 vuotta vuonna 2006. Tutkimuksen FMS-käyttäjien keski-ikä oli noussut 46,1 vuoteen aiemmasta 38,7 vuodesta. Käyttöönoton jälkeen 60 prosenttia FM-järjestelmän käyttäjistä halusi tehdä samaa työtä vielä viiden vuoden kuluttua, ja vuoteen 2006 halukkuus oli noussut 76 prosenttiin. Loput 24 prosenttia haluaisi tehdä samaa työtä, jos terveyden sallii. Kolmasosa järjestelmän käyttäjistä ei pitänyt työtä FMS:llä vaikeana, mutta muilla käyttäjillä (67 %) työssä ilmeni silloin tällöin vaikeita tehtäviä. Näissä tehtävissä tarvittiin työtoverin, korjaajan tai esimiehen apua. Tyypilliset vaikeat tehtävät olivat järjestelmän häiriötila tai uuden tuotteen käyttöönotto järjestelmään. Muutosta näihin lukuihin ei ollut tapahtunut vuoteen 2006 mennessä. Vuonna 2006 käyttäjistä 82 prosenttia koki nykyisten tehtävien mahdollistavan uuden oppimisen ja tarjoavan uusia haasteita vielä pitkäksi aikaa.

71 prosenttia käyttäjistä koki kiireen lisääntyneen vuoteen 2006 mennessä. Työ koettiin edelleen vaativaksi ja haastavaksi. Koulutusta kaivattiin edelleen lisää. Käyttäjät tunsivat työhönsä sisältyvän vielä uuden oppimista (ks. taulukko 32).

Taulukko 32. FMS-käyttäjien kokemuksia työstään, vuonna 1994 N = 51 ja vuonna 2006 N = 17.

	1994 %	2006 %
Kiire on joskus liian suuri	43	71
FMS on lisännyt ammattitaitovaatimuksia	71	65
Lisäkoulutus ei olisi pahitteeksi	51	59
Haasteita ja uuden opettelua riittää vielä pitkäksi aikaa	61	47
Palkka on liian pieni työmäärään nähden	33	47
Työpäiväni kuluu vaativien tehtävien parissa	49	41
Olen urani huipulla, mutta haluaisin silti eteenpäin urallani	12	12
FMS on vähentänyt ammattitaitovaatimuksia	0	12
Työni saisi olla monipuolisempaa	18	6
Palkka ja työn määrä vastaavat toisiaan	12	6
Olen urani huipulla	3,9	6
Työni on yksitoikkoista	7,8	6
Työpäiväni kuluu pääosin yksinkertaisten ja vähän osaamista vaativien tehtävien parissa	11,8	0
Työni vaatii vähän ammattitaitoa	3,9	0
Helppo homma, mitään uutta ei enää ole opeteltavana	0	0

Vuorovaikutus, vaikuttaminen ja vastuu

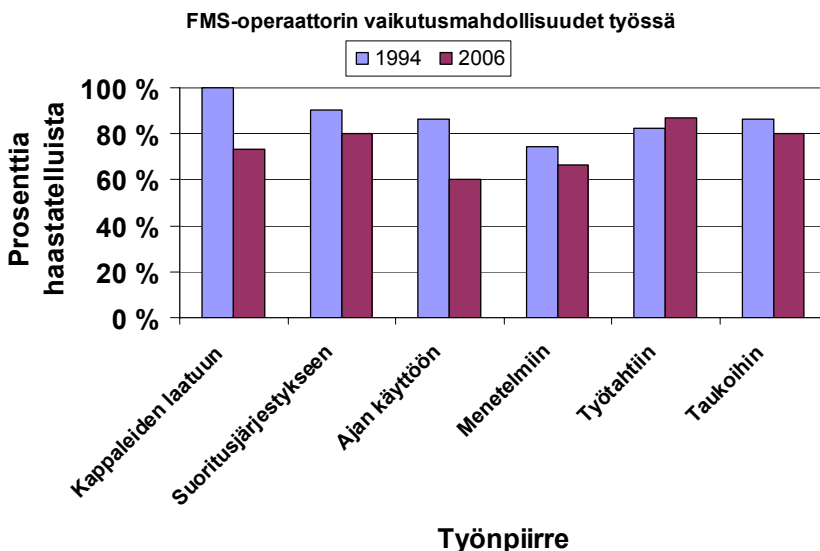
FMS-käyttäjien työvuoron aikainen vuorovaikutus esimiesten ja työtovereiden kanssa esitetään taulukossa 33. Vuorovaikutus esimiehiin oli vähentynyt ja vuorovaikutus työtovereihin oli lisääntynyt vuoteen 2006 mennessä.

Taulukko 33. Vuorovaikutuksen määrä esimiehien ja työtovereiden kanssa työvuoron aikana vuosina 1994 ja 2006. Vuonna 1994 N = 51 ja vuonna 2006 N = 17.

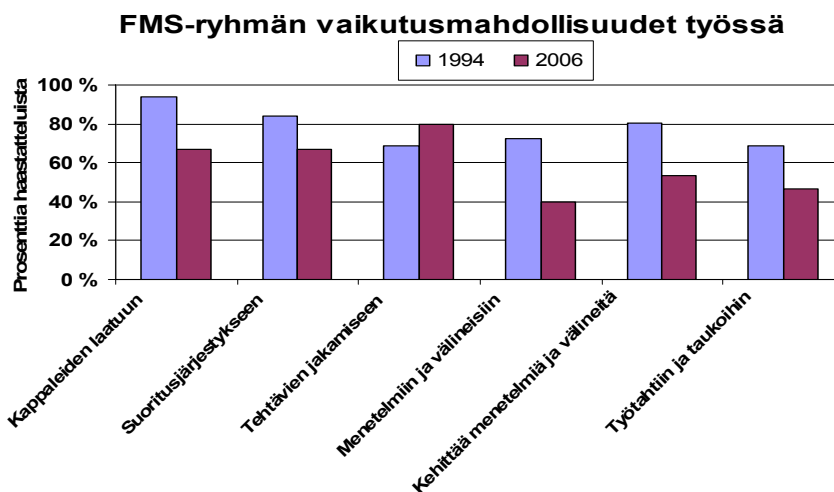
	<i>esimiehet</i>		<i>työtoverit</i>	
	1994	2006	1994	2006
en ollenkaan	0 %	5,9 %	0 %	0 %
yhden kerran	19,6 %	17,6 %	0 %	0 %
muutaman kerran	66,7 %	58,8 %	3,9 %	11,8 %
useita kertoja	13,7 %	17,6 %	25,5 %	17,6 %
jatkuvasti	0 %	0 %	70,6 %	70,6 %

Tehtävien suorituksen vastuu on selvästi tekijällä itsellään (67 %). Loput olivat sitä mieltä, että vastuu oli ryhmällä (33 %). Vuonna 2006 luvut olivat vastaavasti 76 prosenttia ja 24 prosenttia.

Henkilön vaikutusmahdollisuuksia ryhmässä esittää kuva 31 ja ryhmän toiminnan vaikutusmahdollisuuksia ja itsenäisyyttä esittää kuva 32. Käyttäjillä oli eniten vaikutusmahdollisuutta laatuun ja kappaleiden suoritusjärjestykseen.



Kuva 31. Henkilön vaikutusmahdollisuuksia toimia FMS-ryhmässä. Vuonna 1994 $N = 51$ ja vuonna 2006 $N = 17$.



Kuva 32. Ryhmän vaikutusmahdollisuus ja itsenäisyys FMS-työssä. Vuonna 1994 $N = 51$ ja vuonna 2006 $N = 17$.

Palaute ja arvostus

Haastattelun mukaan työntekijät kokivat metallimiehen arvostuksen Suomessa nousseen vuoteen 2006 mennessä ja suomalaisen tuotteen arvostuksen maailmalla koettiin lisääntyneen vuoteen 2006 mennessä (ks. liite O, kuvat 5 ja 6).

Valvonta ja johtaminen

Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä yhdessätoista projektissa verstaiden valvonta ja johtaminen vähenivät sekä samalla vähennettiin työnjohtajien määrää siirryttäessä FMS-tekniikkaan. Työnjohtajien tehtäväkuvat muuttuivat oleellisesti viidessä verstaassa. Työnjohtajasta tuli järjestelijä tai töiden organisoija. Eräissä verstaissa työnjohtajien työnkuva muuttui enemmän kehitystyötä sisältäväksi.

FM-järjestelmien käytön myötä työnjohtajien määrä väheni edelleen vuoteen 2006. Iltavuoroista ja yövuoroista työnjohto oli poistettu kokonaan. Yhdessä tuotetehtaassa työnjohtajien tehtävät lopetettiin kokonaan, ja heidän tehtäviään hoitivat valmistuspäälliköt.

Viidessä projektissa solujen toimintaa pyrittiin kehittämään itseohjautuvaksi. Kolmessa verstaassa otettiin käyttöön liukuva työaika. Näissä myös lisättiin ryhmän sisäistä joustoa. Ryhmällä oli kuormitusjakson mukainen työlista, jonka toteutuksesta ja ryhmän sisäisestä organisoinnista ryhmä itse päätti ja sovitti omat työaikansa aina tarpeenmukaisesti. Haastattelussa kävi ilmi, että näiden ryhmien sisäinen vapaus toimia oli suuri. Tämä mahdollisti tehtävien jakamisen ryhmän sisällä. Ryhmä usein myös porrasti esimerkiksi tauot siten, että aina joku ryhmän jäsenistä oli työpisteessä. Samalla ryhmä sopi keskenään esimerkiksi työhöntuloajasta.

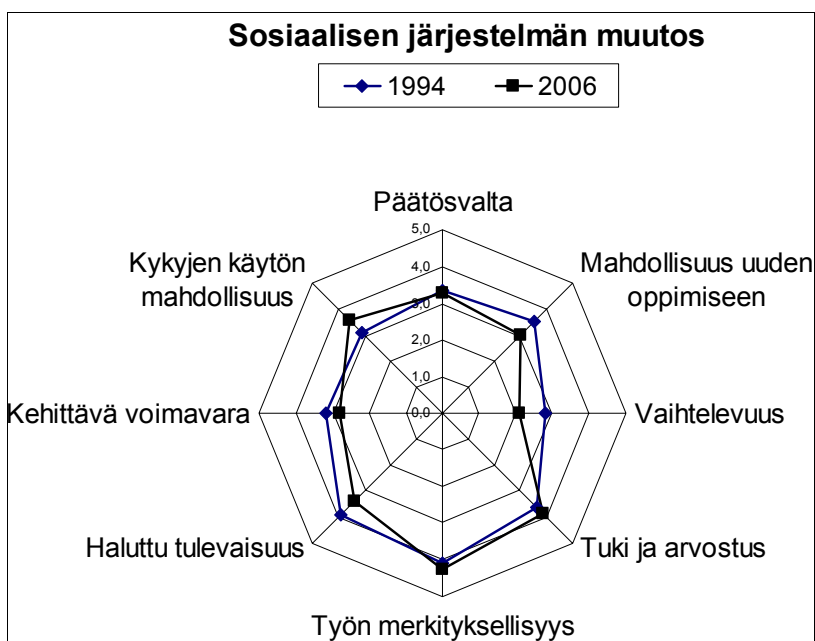
Kolmen verstaan kohdalla voidaan puhua perinteisestä työnjohtamisesta, jossa työnjohtajan tehtäväkuvaan tai rooliin ei puututtu (verstaat 4, 7, 10).

Muutoksia vuoteen 2006

Kaikissa vuonna 2006 tutkituissa yhdeksässä tehtaassa oli luovuttu tiimeistä. Soluja on edelleen käytössä. **Useimpia niistä käsitellään resursseina, joilla on tietty kapasiteetti ja kuorma.** Haastatelluista 65 prosenttia oli sitä mieltä, että johtaminen oli muuttunut tiukempaan suuntaan.

Vuonna 2006 palkkauksessa 47 prosentilla oli tuntipalkka ja siihen lisänä palkkiopalkka, loppuilla oli kuukausipalkka. Vastaavasti 1994 tuntipalkkaus oli 90 prosentilla haastatelluista (N = 51) ja 65 prosentilla oli lisänä palkkiopalkka. Loppuilla oli kuukausipalkka.

Sosiaalisen järjestelmän muutokset esitetään kuvassa 33. Prismat luvut on laskettu liitteen C haastattelukysymysten vastausten perusteella. Liitteessä P esitetään valitut kysymykset ja numeroarvojen laskenta. Esimerkiksi päätösvaltaa kuvaamaan on otettu kysymykset 21 ja 44. Vertailussa havaitaan, että työn vaihtelevuus, mahdollisuus uuden oppimiseen ja mahdollisuus kehittyä voimavarana ovat vähentyneet. Kykyjen käytön mahdollisuus, työn merkityksellisyys, tuki ja arvostus ovat puolestaan lisääntyneet.



Kuva 33. Sosiaalisen järjestelmän muutokset vuosien 1994 (N = 51) ja 2006 (N = 17) tarkastelussa. (Luetaan: luku 5 = parempi ja luku 1 = huonontunut.)

6.4.3 Sosioteknisen järjestelmän ympäristötekijöiden muutokset

Tarkasteltaessa sosioteknisen järjestelmän muutoksia 1990-luvun alusta vuoteen 2006 voidaan havaita tutkittujen järjestelmien omistussuhteiden, tuotantostrate-

gian ja FM-järjestelmän muutoksia taulukosta 34. Yrityksistä 12 oli vaihtanut omistajaa 1990-luvun alun ja vuoden 2006 välisenä aikana. Kahdella yrityksistä oli sama omistus pohja. Järjestelmistä 1/3 oli purettu, ja 2/3 konepajoista oli myyty ulkomaiselle yritykselle.

Taulukko 34. Tutkittujen tuotantoyksiköiden ja järjestelmien tilanne vuonna 2006.

<i>Yrityksen nro</i>	<i>Omistus-suhde/maa</i>	<i>FMS:n tilanne</i>	<i>Tuotanto-strategia</i>	<i>Tuote</i>
1	<i>Myyty, USA</i>	<i>Laajennettu</i>	<i>Keskitetty</i> ⁽¹⁾	<i>Sama</i>
2	<i>Myyty, Suomi</i>	<i>Purettu</i>	<i>Ulkoistus</i> ⁽²⁾	<i>Sama</i>
3	<i>Myyty, Suomi</i>	<i>Laajennettu</i>	<i>Jaettu</i> ⁽³⁾	<i>Vaihdettu/Sama</i>
4	<i>Myyty, Italia</i>	<i>Purettu</i>	<i>Toiminta lopetettu</i>	
5	<i>Myyty, Sveitsi</i>	<i>Uusittu</i>	<i>Keskitetty</i>	<i>Sama</i>
6	<i>Sama, Suomi</i>	<i>Uusittu</i>	<i>Jaettu</i>	<i>Sama</i>
7	<i>Myyty, Italia</i>	<i>Sama</i>	<i>Keskitetty</i>	<i>Sama</i>
8	<i>Myyty, Ruotsi</i>	<i>Purettu</i>	<i>Ulkoistus</i>	<i>Sama</i>
9	<i>Myyty, Suomi</i>	<i>Purettu</i>	<i>Ulkoistus</i>	<i>Uusi</i>
10	<i>Myyty, Suomi</i>	<i>Uusittu</i>	<i>Jaettu</i>	<i>Sama</i>
11	<i>Myyty, Tanska</i>	<i>Sama</i>	<i>Jaettu</i>	<i>Sama</i>
12	<i>Myyty, Ruotsi</i>	<i>Uusittu</i>	<i>Keskitetty</i>	<i>Sama</i>
13	<i>Myyty, Sveitsi</i>	<i>Sama</i>	<i>Keskitetty</i>	<i>Sama</i>
14	<i>Sama, Suomi</i>	<i>Laajennettu</i>	<i>Keskitetty</i>	<i>Uusi</i>

⁽¹⁾ Keskitettyllä tarkoitetaan tuotteiden ABC-luokituksen mukaista valmistusta, jossa A-osat valmistetaan itse. Sivuvirrat on ulkoistettu.

⁽²⁾ Ulkoistuksella tarkoitetaan sitä, että koko tuotteen valmistus on ulkoistettu.

⁽³⁾ Jaetulla tuotannolla tarkoitetaan sitä, että osa tuotannosta valmistetaan ulkomailla, esim. Kiinassa tai Virossa.

Yrityskulttuurimuutokset

Omistussuhteen muutos toi valtaosaan yrityksistä yrityskulttuuriin muutoksen, joka heijastui varsin nopeasti johtamiseen, raportointiin ja toimintatapoihin. Kaikissa näissä yrityksissä johto vaihtui, esimerkiksi tutkitun yrityksen numero 1 ylimmästä johdosta vain tuotantojohtaja jäi palvelukseen. Henkilövaihdokset ylettyivät joissakin yrityksissä myös keskijohtoon ja jopa työnjohtoon. Kulttuurin muutos varsinkin ulkomaalaisomistuksessa toi selvästi autoritäärisemmät johtamiskäytännöt. Tämä aiheutti taas mm. eräässä tutkitussa yrityksessä sairauspoissaolojen merkittävän kasvun. Sairauspoissaoloprosentti piti tässä yrityksessä ottaa palkkiopalkkauksen perustaksi. Tässä yrityksessä tuotannon johto vaihdettiin useaan kertaan ja lopuksi vaihtui koko johto tuotekehitysjohtajaa lukuun ottamatta.

Johtamisen muutos

Johtamisen muutos näkyi raportoinnin määrän kasvuna. Talousraportointi painottui kuukausi- ja kvartaaliraportointiin, ja myyntiä seurattiin tarkoin myös viikoittain. Ulkomaalainen omistus toi myös näihin yrityksiin tiukemman operatiivisen johtamisen. Johto raportoi viikoittain tuotantotilanteen, tuotantomäärät, tapaturmat ja hukkatyön. Eräitä työnjohdon kommentteja ulkomaalaisesta johtamiskäytännöstä:

”Italialainen on äärettömän tarkka, faktat on löydyttävä, osaavat tehdä kovia päätöksiä.”

”Suomalainen ei ole tottunut autoritääriseen johtamiseen.”

”Suomalaista johtamista ei voi pitää korkealla tasolla, kun vertaa ulkomaalaisiin.”

”Tekevät päätökset nopeasti ja valvovat, että varmasti toteutetaan.”

”Niin kauan olet syyllinen kunnes todistetaan syyttömäksi”, USA:laisesta johtamistavasta.

”Italialainen epäilee koko ajan, että kusetetaan.”

”Tanskalaiset tietävät, mihin suuntaan ollaan menossa, mietitään aina pidemmällä aikavälillä.”

Tuotantostrategiamuutokset

Laman myötä alkanut tuotantojen ulkoistaminen muutti kaikkien tutkittujen yritysten tuotantostrategiaa. Yrityksissä keskityttiin avainkomponenttien valmistukseen, tai joissakin tutkituista yrityksistä koko tuoteverstaan tuotanto ulkoistettiin joko suomalaiselle alihankkijalle tai siirrettiin ulkomailla olevaan tehtaaseen (taulukko 35). Eräs merkille pantava piirre on se, että yhdeksässä kymmenestä tutkitusta konepajoista tuotannon kehittäminen ja investoinnit olivat säästöliekillä vuodesta 1994–1995 pitkälle 2000-luvulle. Tuotannon ulkoistaminen aloitettiin yleensä tukitoimintojen ulkoistamisesta, kuten konehuollot ja siivous. Muita ulkoistamisia olivat ohutlevytyöt, hitsatut rakenteet, pintakäsittelyt ja osa koneistuksista. Koneistusten ulkoistukset olivat yleensä B-osia (B-prosessit), kuten hammaspyöriä, sorvatuttuja osia ja muita piensarjatuotanto-osia.

Muutokset informaatiojärjestelmissä

Tuotantojärjestelmiin, tekniikan käyttöön ja ohjaukseen merkittävän muutoksen tutkituissa yrityksissä on tuonut informaatiojärjestelmien kehittyminen ja muuttuminen. Tämä korostaa työprosessin joustavuusvaatimusten lisääntymistä.

Materiaalitoiminnot on integroitu solujen tehtäviin tuotannonohjausjärjestelmällä. Työntekijät seuraavat varastosaldoja, materiaalien kotiinkutsuja ja tekevät materiaalien varauksia tuotanto-ohjelman mukaisesti. Työntekijät myös aloittavat työt järjestelmän antaman tuotanto-ohjelman perusteella. Materiaalitoiminnot ovat yhä enemmän siirtyneet järjestelmäohjauksen piiriin. **Tutkituissa yrityksissä visuaalisen ohjauksen määrä oli vähentynyt.** Yhä enemmän oltiin tuotannon ohjausjärjestelmän antaman informaation varassa ja solumikrot oli sijoitettu tuotantosoluihin (ks. taulukko 35).

Työntekijät seurasivat tuotanto-ohjelmaa mikrotietokoneen kautta ja avasivat työt järjestelmään. Joissakin yrityksissä työntekijät tulostivat itse työkortit ja avasivat sekä päättivät työt viivakoodinlukijalla.

Kehittyneet ERP-järjestelmät lisäsivät myös työntekijätasolle erilaisia päivämääriä. Tällä tavoin **aikaulottuvuus tuli järjestelmän kautta ohjaavaksi tekijäksi korvaamaan aiempaa työnjohdon roolia.** Työntekijät pitivät ongelmana erilaisia ja muuttuvia päivämääriä. Eri päivämäärien tärkeyttä ja niiden merkitystä ei aina ymmärretty riittävän selvästi.

Ylläpito voidaan käsittää fyysisenä ylläpitona ja informaatiojärjestelmän ylläpitona. **Fyysisen ylläpidon määrässä on tapahtunut merkittävä muutos töiden eriytymisen myötä.** Paletoinnin ja työkaluhuollon osuus oli lisääntynyt järjestelmien käyttöönoton jälkeen. Valvonnan ja ohjelmien korjailun osuus oli vähentynyt. FM-järjestelmien käyttöönotto toi mukanaan FM-järjestelmän ohjauksen ja sen ylläpitotoiminnot. Ohjaukselle piti perustaa tuotanto-ohjelma, palettien reitit, vaiheet ja NC-ohjelmat. Häiriöt koettiin vaikeimmaksi tehtäväksi järjestelmien käyttöönotossa ja 2000-luvulla häiriöiden selvittäminen koetaan edelleen vaikeimmaksi työtehtäväksi, vaikka operaattoreilla on usein jo yli kymmenen vuoden työkokemus FM-järjestelmistä.

Taulukko 35. Informaatiojärjestelmien muutosten vaikutuksia 1980-luvulta 2000-luvulle sosiotekniseen järjestelmään, vertailu haastattelujen perusteella.

Teknisen järjestelmän sisäiset muuttujat	Ennen projekteja	Projektien jälkeen	Vuonna 2006
Materiaalitoiminnot	<i>eriytetty</i>	<i>integroitu</i>	<i>ERP</i>
Mekanisointi/automatisointi			
– työvaiheistus	<i>työkortit visuaalinen</i>	<i>työjonot</i>	<i>ERP</i>
– työstöohjelmat	<i>reikänauha</i>	<i>DNC</i>	<i>verkkomikro työstökone verkossa</i>
– työkalutiedot	<i>manuaalisesti</i>	<i>esiasetus ja DNC esiasetus ja saattomuisti</i>	<i>samat</i>
Yksikköoperaatiot	<i>funktionaalinen vaiheet tai tuotantosolut</i>	<i>työkierto, työkokonaisuudet</i>	<i>eriytynyt eritasoisiin tehtäviin</i>
Tila-aikaulottuvuus	<i>ylhäältä määrätty</i>	<i>visuaalisuus imuohjaus</i>	<i>ERP</i>
Fyysiset operaatiot	<i>manuaaliset vaiheet ja kappaleen käsittely käsin</i>	<i>automaattiset kappaleen käsittelyjärjestelmät paletointi käsin</i>	<i>kehittyneemmät ratkaisut, portaalisolut paletointi käsin</i>
Ylläpito			
– tuotanto-ohjelma	<i>työnjohto, tuotanto-suunnitelma</i>	<i>työkuorma FM-järjestelmässä tuotannon suunnittelusta</i>	<i>tuotanto-ohjelma ERPissä tai työlista</i>
– järjestelmän ylläpito	<i>visuaalinen</i>	<i>hälytykset</i>	<i>ERPistä</i>
Huolto	<i>oma huolto-organisaatio</i>	<i>oma huolto-organisaatio</i>	<i>ulkoistettu, koneisiin integroitu</i>

Jäljellä olevista järjestelmistä kaksi nousee selvästi esille toimivina kokonaisuuksina, joiden tuottavuus on kehittynyt useimmilla mittareilla mitattuna eniten.

6.5 Yhteenveto ja johtopäätöksiä

Järjestelmien käyttöönotto

Tutkimuksessa mukana olleista konepajoista viidessä siirryttiin funktionaalisesta tuotannosta solutuotantoon. Muissa verstaissa siirtyminen oli tehty jo aiemmin. FMS-projektien investointikustannukset vaihtelivat paljon. On luonnollista, että erikokoiset projektit hoidettiin eri tavoin. Projektit kattoivat lastuavan työstön järjestelmät ja levytyöjärjestelmät. Osa järjestelmistä oli laitemäärältään varsin suuria ja teknisesti monimutkaisia verrattuna perinteiseen NC-tekniikkaan (ks. liite F).

Projektin suunnittelussa investointilaskelmien laadinta oli pääosin tehty varsin suppeasti. Vajaa puolet projekteista toteutui suunniteltujen kustannusten mukaisesti. Suurimmat kustannusylytykset olivat jopa 25 prosenttia. Kolmasosa projekteista toteutui suunnitellun aikataulun mukaisesti, ja käytösuhde nousi odotusten mukaisesti neljäsosalla projekteista. Keskimääräinen viivästymä oli vajaat 11 kuukautta. Henkilöstön osallistuminen projektin eri vaiheiden tehtäviin painottui keskimäärin toimihenkilöihin. Järjestelmän ylösajo ja koulutus olivat työntekijöiden varassa. Pienryhmätoimintaa ja henkilöstön laajamittaista osallistumista oli kuudessa projektissa. Niitä pidettiin projektin onnistumisen kannalta tärkeinä, kuten myös työntekijöiden ammattitaitoa.

Vuoden 2006 haastatteluissa NC-ohjelmoinnin koulutusta pidettiin edelleen tarpeellisena, vaikka FM-järjestelmää oli käytetty yli kymmenen vuotta. Case-yrityksen FMS-koulutuksen pituus oli noin kolme kertaa pidempi kuin vertailuaineiston FMS-koulutus. Vertailututkimuksen haastatteluissa tarpeeksi arvioitiin noin 10 päivää. Voidaan todeta, että 12 päivän FMS-koulutus on keskimäärin riittävä FM-järjestelmän käyttöönotossa.

Kehittämisen vaikutukset

Verstaiden keskimääräisissä tuottavuusluvuissa näkyy vielä laman vaikutus, koska mittaukset tehtiin 1993 ja 1994, jolloin lamasta oltiin vasta toipumassa. Vaikka lähes kaikkien yritysten volyymit olivat laskeneet ennen projektia olleeseen tilanteeseen verrattuna, liikevaihto kasvoi. Keskimääräinen vaihtomaisuuden kiertonopeus oli kasvanut tilastollisesti merkitsevästi. FMS-projekteilla oli keskimäärin vertailuaineistossa varsin positiiviset vaikutukset, kuten taulukosta 24 havaitaan.

Tapaustutkimuksen ja vertailuaineiston eroja

Vertailuaineiston ja tapaustutkimuksen tunnuslukuja on taulukossa 24. Merkittäv in ero case-yrityksen eduksi ovat vaihto-omaisuuden kiertonopeuden selkeästi paremmat arvot. Toisaalta case-yritys onnistui paremmin kannattavuuden ja kustannusrakenteen hallinnan osalta. **Työn tuottavuus parani 34 prosenttia case-yrityksessä, kun taas vertailuaineistossa parannus oli vastaavasti 19 prosenttia.** NC-konetuntien osalta case-yrityksessä käytettiin 11 prosenttia enemmän aikaa kappaletta kohden projektin jälkeen kuin ennen projektia. Case-yrityksessä henkilömäärän väheneminen oli suurempi kuin vertailuaineistossa.

Järjestelmien käyttöönoton onnistuminen pitkällä aikavälillä

Onnistuneiksi järjestelmäprojekteiksi todettiin projektit 1, 3, 5, 10 ja 11 ja epäonnistuneiksi projektit 2, 4, 6, 8, 9 ja 13, kun vertailtiin projektien kestoa, aika-
taulua ja käyttöasteen kasvua. Epäonnistuneissa järjestelmissä 4 ja 9 operaattorin tehtävät teki työnjohtaja. Epäonnistuneissa projekteissa järjestelmän käyttöä johdettiin ylhäältäpäin enemmän ja vapausasteita oli annettu vähemmän.

Onnistuneiden järjestelmien käytössä oli siirrytty tiimimäiseen työtapaan. Näissä tapauksissa ryhmän sisäinen vaikutusmahdollisuus oli suurempi kuin epäonnistuneissa projekteissa. Toisaalta jo käyttöönottovaiheessa onnistuneissa projekteissa oli panostettu selvästi enemmän koulutukseen ja käyttäjät olivat osallistuneet järjestelmäprojektiin enemmän kuin epäonnistuneissa projekteissa. Tällä tavoin ryhmätyötä ja järjestelmässä työskentelyä oli itsenäisesti opeteltu jo käyttöönottovaiheessa.

Kolmantena erona ovat onnistuneiden projektien käyttöä kuvaavat verstaan tuotannon järjestelyt. Näissä verstaissa layout, materiaalin virtaus ja JOTin soveltaminen oli hoidettu selkeämmin ja viety pidemmälle. Materiaalin virtauksessa oli tehokkaasti hyödynnetty visuaalisuutta ja yksinkertaisia ohjausmenetelmiä. Tavarantoimituksen ja alihankittavien osien kotiinkutsut oli annettu soluille. Järjestelmässä 2 eräänä epäonnistumisen tekijänä oli työstökoneiden vikaantuminen käyttöönottovaiheessa sekä se, että työstettävä materiaali oli erityisen vaikea eikä soveltunut miehittämättömään työstöön, kuten alun perin oli ajateltu.

Järjestelmien käytön tilanne vuonna 2006

Onnistuneista projekteista kaikki järjestelmät ovat edelleen toiminnassa ja niitä on kehitetty, laajennettu tai uudistettu. Epäonnistuneista projekteista verstaan 13 järjestelmä on edelleen käytössä. Muiden epäonnistuneiden verstaisten projektien järjestelmät on purettu ja tuotanto on ajettu alas tai ulkoistettu.

Sosioteknisen järjestelmän muutokset

Teknisen järjestelmän muutokset

Sosiotekninen järjestelmä muuttui tutkimuksen aikana (ks. kuva 29). Nämä muutokset kuvaavat teknisen järjestelmän muutosta käyttäjän ja työntekijän näkökulmasta. Toiminnanjärjestelyissä visuaalisen ohjauksen ja kaksilaatikko-ohjauksen merkitys oli vähentynyt. Toisaalta ne järjestelmät, jotka eivät olleet kilpailukykyisiä, oli ajettu alas tai tuotanto oli ulkoistettu.

Sosiaalisen järjestelmän muutokset

Työsisältö noudatteli kirjallisuudesta saatavaa jakaumaa. Projektin jälkeen kappaleiden kiinnittämisen osuus oli runsaat 30 prosenttia. **Merkittävin muutos työsisällössä oli vuoteen 2006 mennessä tapahtunut työn yksipuolistuminen.** Työkaluhuollon ja kappaleiden kiinnittämisen osuus kattaa valtaosan työajasta. Vaadittavien työn piirteiden osalta itsenäisyyden ja valppauden sekä oma-aloitteisuuden ja järjestely- ja suunnittelukyvyyn osuudet olivat kasvaneet. Työn vaatiman harkinnan, pohdinnan ja eri vaihtoehtojen pohdinnan osuus oli runsaan 10 vuoden aikana hieman kasvanut. **Työn fyysinen rasittavuus oli selkeästi lisääntynyt vuoteen 2006 mennessä.** Haastattelujen mukaan FMS-operaattorit kokivat työnsä edelleen haasteelliseksi ja työssä oli vielä uutta opittavaa. **Sosiaalisen järjestelmän osalta muutokset koskivat selvästi aikasidonnaisuuden riippuvuuden lisääntymistä.** Ammattitaitovaatimukset olivat vähentyneet jossain määrin, vaikkakin FMS-työ koettiin edelleen vaikeaksi ja haastavaksi. Kontaktien määrässä oli tapahtunut esimiehiin päin vähenemistä ja työtovereihin päin lisääntymistä. Vaikutusmahdollisuudet yksintyöskentelyssä sekä ryhmässä työskentelyssä olivat vähentyneet. Työn ja tuotteiden arvostuksessa oli tapahtunut selkeää parannusta.

Sosioteknisen järjestelmän riippuvuussuhteiden muutokset

Merkittävän muutoksen yritykset kokivat sosioteknisen järjestelmän riippuvuussuhteiden muutoksena, joka heijastui itse järjestelmään. Omistussuhteiden ja yritysliitosten kautta yrityskulttuurit muuttuivat, ja ne heijastuivat johtamiseen ja tuotantostrategiaan. Tuotantostrategian muuttumisen myötä tuotantoa ulkoistettiin ja verstaissa keskityttiin yleensä A-prosesseihin. Tekniikan kehittämispainotteisesta tuotantostrategiasta oli siirrytty operatiiviseen kustannukset minimoivaan tuotantoon, jossa yritysrakenteiden merkitys kasvoi. Informaatiojärjestelmien kehittyminen muutti sosioteknisen järjestelmän toimintaa. Järjestelmän käyttäjät sidottiin osaksi prosessia informaatiojärjestelmän kautta. **Järjestelmä johti informaatoriippuvuuteen, joka mahdollisti johdolle ”näkyvämmän valvonnan”.**

Tapaustutkimuksen ja vertailuaineiston sosioteknisten järjestelmien muutosten vertailu

Vertailtaessa tapaustutkimuksen ja vertailuaineiston sosioteknisten järjestelmien muutoksia muutostekijät ovat samoja. **Vaikkeaksi näyttävät molemmissa muodostuvan yrityskulttuurin muutokset.** Case-yrityksessä ne näyttivät vievän jopa 4–6 vuotta. Tänä aikana tuloskehitys pysähtyi tai osin jopa taantui. Toinen yhteinen ongelma oli tuotantotekniikan kilpailukyvyn taantuminen. Case-yrityksen tuottavuusluvut kasvoivat voimakkaasti 1990-luvun puoliväliin, ja sen jälkeen kasvu oli vähäistä. Kolmas tekijä näyttää olevan **tuotannon menetelmäkehityksen ja työntutkimuksen vähentyminen**, ja neljäntenä ovat **informaatiojärjestelmän muutokset.** Nämä kaikki toivat työsisältöihin muutoksia ja ongelmia. Vastuu kasvottoman järjestelmän ylläpidossa aiheutti haastateltujen mukaan paljon asioita, joita kukaan ei hoitanut. Henkilöiden tehtävät muuttuivat ja organisaatiot kevenivät sekä yksinkertaistuivat. Koneiden asettajista luovuttiin valmistavassa organisaatiossa. NC-koneiden asettamista sisällytettiin koneistajien ja FMS-koneistajien tehtäviin. Aikaisemmin keskitetysti hoidettuja tehtäviä siirrettiin työntekijöille tai verstaisten materiaalivirtaa kehitettiin siten, että osa perinteisistä ohjaustoiminnoista kävi tarpeettomiksi.

Vastuu laadusta ja toimitusvarmuudesta siirtyi selvästi enemmän valmistavan organisaation hoidettavaksi. Työnjohdon ja toimihenkilöiden roolit muuttuivat. Joissakin verstaissa työnjohtajan nimikettä ei enää käytetty. Työn-

johtajien määrä väheni selvästi. Työnjohtajat vastasivat tuotannon toimintaedellytyksistä. Järjestelmän käyttäjillä menee keskimäärin kaksi kolmasosaa työpäivästä kappaleiden kiinnittämiseen ja paletointiin.

7. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli kuvata sosioteknisen tuotantojärjestelmän muutosta verstastasolla 1980-luvulta 2000-luvun alkuun. Muutoksia tarkasteltiin joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton avulla. Seuraavassa analysoidaan joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä FM-järjestelmää sosioteknisenä järjestelmänä ja hahmotetaan joustavien valmistusjärjestelmien kestävän käyttöönoton malli. Lopuksi arvioidaan tutkimuksen toteutusta ja tutkimuksen luotettavuutta.

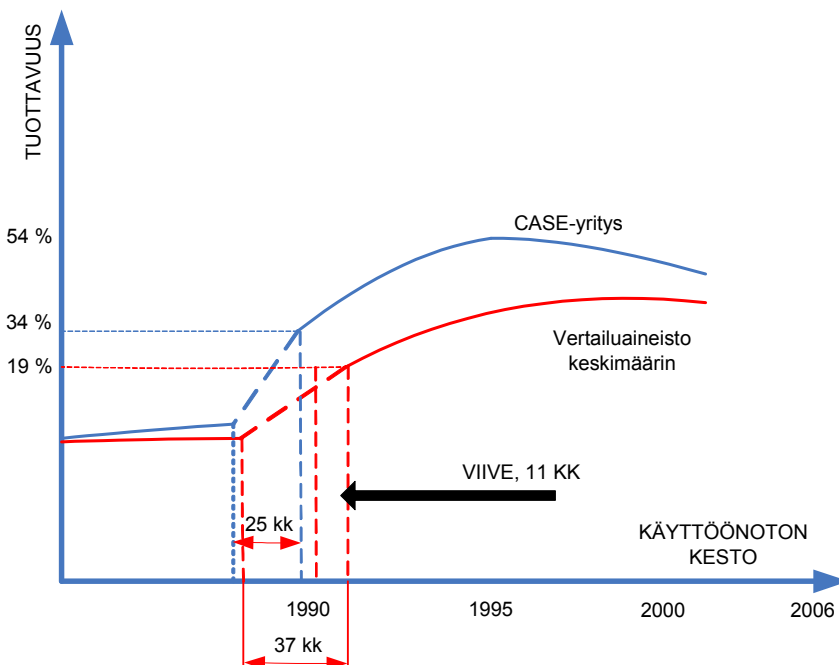
7.1 FM-järjestelmien käyttöönoton onnistumiseen vaikuttavat tekijät

7.1.1 Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto

Käyttöönottoprojektien toteutuminen

Case-yrityksessä käytettiin osallistuvaa käyttöönottostrategiaa, sillä käyttöönotossa korostettiin pienryhmätoimintaa, henkilöstön osallistumista ja koulutusta. Käyttöönoton kaikkiin vaiheisiin panostettiin paljon. Case-yrityksessä käyttöönotto eteni pienten askelten kautta, sillä koulutus, koneiden asennukset ja tehtaan suunnittelu etenivät vähittäisin askelin projektin edetessä. Käyttö ja käytön kehittäminen tapahtuivat osin jo ennen varsinaista projektin päättymistä. Järjestelmän käyttöönotto kesti 25 kuukautta, ja projekti toteutui aikataulussa. Case-yrityksen käyttöönotossa oli myös Hyötyläisen (1993) kuvaaman käyttösuuntautuneen suunnittelumallin piirteitä, kuten työntekijöiden osallistuminen tuotantojärjestelmän suunnitteluun (Dittrich & Lindeberg 2004).

Vertailuaineiston käyttöönotoissa käytettiin sekä osallistuvaa käyttöönottostrategiaa että käyttäjakeskeistä käyttöönottostrategiaa. Osassa kehitysprojekteista tavoitteiden määritykseen, suunnitteluun, projektin toteutukseen ja ylösajovaiheeseen panostettiin toisia enemmän. Käyttöönottoprojektit toteutuivat keskimäärin 37 kuukaudessa, ja keskimääräinen viivästymä oli noin 11 kuukautta. Kuvassa 34 esitetään case-yrityksen ja vertailuaineiston järjestelmien käyttöönoton toteutuminen ajan ja tuottavuuden funktiona.



Kuva 34. Käyttöönottojen toteutumisen ajan ja tuottavuuden funktiona.

Kuten kuvasta 34 havaitaan, johto on avainasemassa siinä, miten toteutetaan vaativa muutosprosessi. Toteutuksen viivästymisellä on selkeä kustannusvaikutus myöhästymisen takia. Verrattaessa case-yrityksen ja vertailuaineiston välistä projektien toteutusta, voidaan myöhästymisen syiksi löytää projektin toteutustapa, henkilöstön koulutus, henkilöstön osallistuminen projektiin ja valitun tekniikan sekä tuotantoratkaisun sopivuus kyseiseen tuotantoon. Vertailuaineiston käyttöönottojen kritiikki kohdistui laitetoimittajien koulutukseen, samoin kuin Toikan ym. (1988) tutkimuksessa. Koulutukselta olisi haluttu tarkempia koulutusohjelmia, määritellympiä sisältöjä ja selkeitä harjoituksia. Virhetilanteita, ryhmätyötä ja uuden tuotanto-organisaation toimintaa koulutettiin käyttäjien mielestä liian vähän. Seppälän ym. (1988a) tutkimuksessa vähimmäiskoulutusmäärä on 10–12 päivää. Tähän case-yrityksessä päästiin, mutta vertailuaineistossa jäätiin alle puoleen siitä. Mital ym. (1999) näkevät, että yritysten kilpailukykyyn säilyttämisen perustana globalisoituvassa ja kansainvälistyvässä tuotannossa on työntekijöiden ammattitaidon kehittäminen. FM-järjestelmän käyttöönotossa koulutuksella voidaan ja tulee parantaa työntekijöiden ammattitaitoa kaikilla tasoilla. Koulutus mahdollistaa nopean selviytymisen FMS:n käyttöönoton kaltaisen tekniikan muutoksissa.

FM-järjestelmiä räätälöitiin ja rakennettiin laitetoimittajien taholta joustavasti. Järjestelmätoimittajat pyrkivät toteuttamaan tilaajan esittämät muutokset, vaikka se aiheutti ylimääräistä työtä ja viivettä. Tätä voidaan pitää 1990-luvun alun järjestelmien käyttöönoton heikkoutena. Järjestelmät olivat varsin epästandardeja, eli FMS-toimittajan taholta järjestelmien tuotteistamisaste oli alhainen ja järjestelmäkohtainen räätälöinti oli suurta. Täysin automaattiset tehtaat eivät vielä olleet toteuttamiskelpoisia teknisistä ja taloudellisista syistä kuin vain harvassa tapauksessa (Mital ym. 1999, Sun 2001).

7.1.2 Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönoton vaikutus toimintaan

Tuotannon kehittyminen

Kehitysprojektien vaikutus ei rajoittunut vain tuotantotekniikan uudistamiseen, vaan myös tuotannon järjestelyt (tuotantotoiminta), kuten layout, materiaalivirtaus, tuotannon ohjaus ja tuotannon ohjausperiaatteet, muuttuivat. Case-yrityksen kohdalla tuotantotoiminnan onnistumisen tekijöitä ovat tehtaan materiaali-ohjauksen ja virtauksen hallinta, tuotteisiin sopivat tehokkaat ja luotettavat koneet, tuotantoon integroitu laadunohjaus, oikeiden ohjaustekniikoiden valinta ja riittävä automaatioaste sekä tehdaspelillä simuloitu tehtaan ohjaus.

Vertailuaineistossa keskimäärin tuotannon ohjattavuus ja hallittavuus paranivat merkittävästi, läpimenoajat lyhenivät, tuotannon ohjauspisteiden määrä väheni ja vaihto-omaisuus pieneni. Toimintaa leimaa-antavina piirteinä olivat visuaalisuus, pienet sarjakoot, joustavuus ja imuohjaus. Vertailuaineiston tuotannon ja tuotantotekniikan ratkaisuihin oli ongelmia. Ensinnäkin perinteiset NC-koneet olisivat paremmin soveltuneet kyseiseen tuotantoon (verstaat 4 ja 14). Toiseksi tuotannon järjestelyissä eli materiaalin ohjauksessa, ohjausperiaatteissa, visuaalisuudessa ja layouteissa olisi voitu onnistua paremmin. Kolmanneksi eräissä verstaissa FM-järjestelmäratkaisu olisi kannattanut jakaa kahteen järjestelmään (verstaat 6 ja 9). Järjestelmässä yritettiin valmistaa eri osaperheiden tuotteita joustavasti, mikä pidensi käyttöönottoaikaa ja käyttöasteen nousun saavuttamiseen käytettyä aikaa.

Tekniikan kehittyminen

Järjestelmien automaatioastetta pidettiin yleisesti varsin hyvänä, mutta kukaan ei pitänyt järjestelmäänsä täysin automaattisena. Järjestelmät sisälsivät automaattisia prosesseja, mutta käyttäjät ja operaattorit pitivät yllä myös muita prosesseja. Uusimman sukupolven keskusohjauksen omaavat järjestelmät edustavat varsin kehittyntä tekniikkaa. Näissä tiedonsiirto ja NC-ohjelmien siirto oli toteutettu tehdasverkon välityksellä. Useimmissa järjestelmissä järjestelmän ohjaus oli vaihdettu vuosituhannen vaihteessa. Uudet ohjaukset olivat vuorovaikutteisilla graafisilla käyttöliittymillä varustettuja. Ohjausten käyttö oli merkkipohjaiseen ohjaukseen verrattuna varsin yksinkertaista.

Vähiten automatisoitua näissä verstaissa olivat kokoonpano tai osakokoonpano, jotka tehtiin lähes kokonaan manuaalisesti. Vuoden 2006 haastatteluissa kokoonpanon automaatioosaa pidettiin edelleen varsin alhaisena. Huomattavaa on se, että itse tekniikan kehittäminen jäi käyttöönoton tasolle. Metalliteollisuuden investointien määrän väheneminen näkyy myös teollisuuden alaa koskevissa tilastoissa. Erityisesti 2000-luvun alun jälkeen investointien painopiste on siirtynyt ulkomaisiin investointeihin (ks. Teknoliateollisuus 2006). Merkittävimmät muutokset olivat tapahtuneet toiminnanohjausjärjestelmien vaihtumisen kautta. Ainoastaan työkalutekniikka päivitettiin. Kehittämismahdollisuuksia olisi toki ollut, kuten paremmat NC-ohjelmat, paremmat kiinnittimet, automaattisemmat laadunvalvontajärjestelmät ja työpisteiden ergonomia. Osasyynä kehittämisen laiminlyöntiin oli tuotantoa tukevien henkilöiden puuttuminen organisaatioista ja jäljelle jäävien keskittyminen operatiiviseen toimintaan (vrt. Alasoini 2001a, s. 44–45 ja 53). Lähes kaikki menetelmäsuunnittelijat oli irtisanottu laman aikana.

Työn organisointi

Työt organisoitiin tuotantosoluihin, ja tehtävien suoritus oli tiimimäisen toimintatavan mukaista. Työn organisointia voidaan kuvata sanalla joustava. Henkilömäärät vähenivät keskimäärin 23 prosenttia, ja case-yrityksen kohdalla vähennys oli suurempi. Vähennykset koskivat toimihenkilöitä ja työntekijöitä.

Case-yrityksessä tavoitteena oli laaja työkierto tehtävästä ja tiimistä toiseen. Tässä ei onnistuttu, vaikka tiimikoulutukseen ja laitekoulutukseen panostettiin erityisen paljon. Vertailuaineistossa järjestelmien työt oli organisoitu tuotan-

tosoluiksi, ja viidessä järjestelmässä oli ryhdytty soveltamaan tiimimäistä toimintaa. Tiimeille oli annettu itsenäisempi työnkuva. Palkkauksessa siirryttiin pääsääntöisesti kiinteän palkan ja tuotantopalkkion yhdistelmään.

Vuonna 2006 **tiimimäisen toimintatavan kapea-alaistuminen vähensi mm. case-yrityksessä yhteisiä palavereja.** Huomattavaa on, että missään vuonna 2006 tutkituista yrityksistä ei haluttu käyttää tiimi-nimeä solutuotannosta. Saman havainnon tekivät tutkimuksessaan Seppälä ja Klemola (2004) ja Siltala (2004) työelämän muutosta käsittelevässä kirjassaan. Selityksenä tähän esitettiin tiimien muodostamisessa tehdyt virheet sekä valvonnan heikkous. Katsottiin, että perustetut tiimit ”rämettyivät”. Tiimeiltä puuttui selkeä tapa kehittää omaa työtään ja toisaalta tiimeiltä puuttui valvonta. Tiimit paisuivat, ja tuotanto jäi käyttöönnoton jälkeiselle tekniselle tasolle. Tämä on eräiden yritysten kohdalla yhtenä syynä heikkoon tuottavuuskehitykseen projektin toteutuksen jälkeen. Ylöstalon (2005) tutkimuksen mukaan 37 prosentissa teollisuusyrityksistä tiimejä ei ole käytössä laisinkaan. Näyttää siltä, että lähes puolet yrityksistä ei usko tiimeihin tai ei ole vielä ottanut tiimejä organisointimuodokseen.

Työn sisällöt

Työn sisällöt muuttuivat perinteiseen NC-tuotantoon verrattuna paljon. Työt muuttuivat itsenäisemmiksi, ja vastuut laadusta, toimitusvarmuudesta ja prosessin hallinnasta lisääntyivät. Case-yrityksessä asettajan tehtävät siirrettiin FM-operaattoreille ja NC-ohjelmoijille. NC-ohjelmat teki NC-ohjelmoija, sen sijaan käyttäjät tekivät ohjelmien korjailua.

Vuoteen 2006 mennessä työ oli keskimäärin yksipuolistunut: fyysisen työn osuus työajasta oli noin 2/3. Jaikumar (1986) ja Kelley (1986) totesivat saman ilmiön USA:laisista ja Seppälä ja Klemola (2004) suomalaisista FM-järjestelmien käytöstä. **Työn polarisoituminen on merkki siitä, että itseohjautuvuus, monitaitoisuus ja tehtävien kierto työpisteestä toiseen eivät aidosti toteudu pitkällä aikavälillä. Tämä vie pohjaa sosiotekniseltä työn organisatiolta ja asettaa sosioteknisen teorian soveltamisen kyseenalaiseen valoon suomalaisten konepajojen joustavan tuotantotekniikan käytössä.** Polarisoitumisilmiö on näkynyt myös työolobarometreissä ja Metallityöväen liiton jäsenkyselyissä (Lehtonen 2002, Ylöstalo 2005).

FMS-käyttäjien arviot työn itsenäisyydestä päättelykyvyn ja oma-aloitteisuuden osalta olivat varsin myönteisiä. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin Toikan ym. (1988) tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa osa FMS-operaattoreista halusi päästä NC-ohjelmoijaksi, tämä koettiin pääsynä uralla eteenpäin. Tilanne ei muuttunut vuoteen 2006 mennessä. Tulos oli samansuuntainen kuin Kortteisen (1992) tutkimuksen väite. Kortteisen mukaan FMS-työssä ei ole uralla etenemisen tai kehittymisen mahdollisuutta. Alasoini (2006, s. 54) peräänkuuluttaa uudenlaista psykologista sopimusta, *jossa sisältönä olisi ajatus, jonka mukaan työnantaja pyrkii hyvän johtamisen ja työn organisoinnin avulla takaamaan palkansaajille entistä parempia mahdollisuuksia haasteelliseen työhön ja oman osaamisen jatkuvaan kehittymiseen sekä huolehtimaan tällä tavoin heidän työllistettävyydestään*. Tämän tutkimuksen valossa tästä ajatuksesta ollaan vielä kaukana ja mahdollisesti on siirrytty jopa etäämmäksi.

Kehittyminen työssä

FM-järjestelmän käyttöä ja järjestelmässä olevia koneita ei opita nopeasti. Vain vajaa 16 prosenttia koki hallitsevansa kaikki laitteet runsaan neljän vuoden käytökokemuksen jälkeen. Tutkimuksessa yleisesti arvioitiin, että uuden opettelua ja haasteita riittää vielä pitkäksi aikaa. Tilanne oli edelleen samansuuntainen vuoden 2006 kartoituksessa, joskaan ei yhtä vahvasti. Järjestelmän käytön vaikeita tilanteita ovat häiriöt. Toinen, ehkä vaativampi tilanne on uuden tuotteen sisäänajo järjestelmään. Kolmanneksi haasteellisia ovat myös NC-ohjelmointi ja tuotetietojen sekä tuotannon perustaminen järjestelmäohjaukseen. Tähän käyttäjillä ei nimenomaan yleisesti ole riittäviä valmiuksia, ja lisäkoulutusta haluttiin. Tilanne oli pysynyt lähes samanlaisena yli kymmenen vuoden käytön jälkeen.

Yleisesti koettiin, että johtaminen oli siirtynyt vähemmän tiedottavaan suuntaan. Tiimimäisen toimintatavan kapea-alaistuminen viittaa Kelley'n (1986) ja Jaikumarin (1986) mukaan tayloristiseen työn organisointiin. Börjessonin (1991 ja 1997) mukaan FM-järjestelmissä mahdollisuus autonomiaan on suurempi, kuin on osattu hyödyntää. Tärkeiksi vaikuttaviksi tekijöiksi Börjesson kokee johdon asenteet, perinteet, tavat ja työyhteisön. FMS-käyttö antaisi mahdollisuuden joustaviin työaikajärjestelyihin ja työkiertoon.

Solujen ja tiimien vaikutusmahdollisuudet työn suorittamiseen, ajankäyttöön ja kappaleiden laatuun koettiin suureksi. Tämä edellyttää tiimeiltä yhä

enemmän joustavuutta, minkä ovat todenneet myös Schmenner ja Tatikonda (2005). Heidän mukaansa joustavuuden merkitys on kasvanut viimeisen 20 vuoden aikana ja se korostuu erityisesti tuotekehityksen tehostumisen ja toimitusketjujen merkityksen kautta.

Käyttäjistä 2/3 koki olevansa itse vastuussa työn suorituksesta. Vastuu oli 10 prosenttia pienempi kuin Ylöstalon (2005) tiimejä koskevassa tutkimuksessa. Näytti siltä, että ryhmän toiminta oli hieman rajatumpaa kuin yksittäisen henkilön toiminta ryhmässä. Tämä viittaa havaintoon (Doorewaard ym. 2002), että suomalaiset tiimit oli organisoitu enemmän jaetun vastuun periaatteella eikä niinkään hierarkkisesti toimiviksi tiimeiksi.

Vaikutukset verstaaiden toiminnan tehokkuuteen

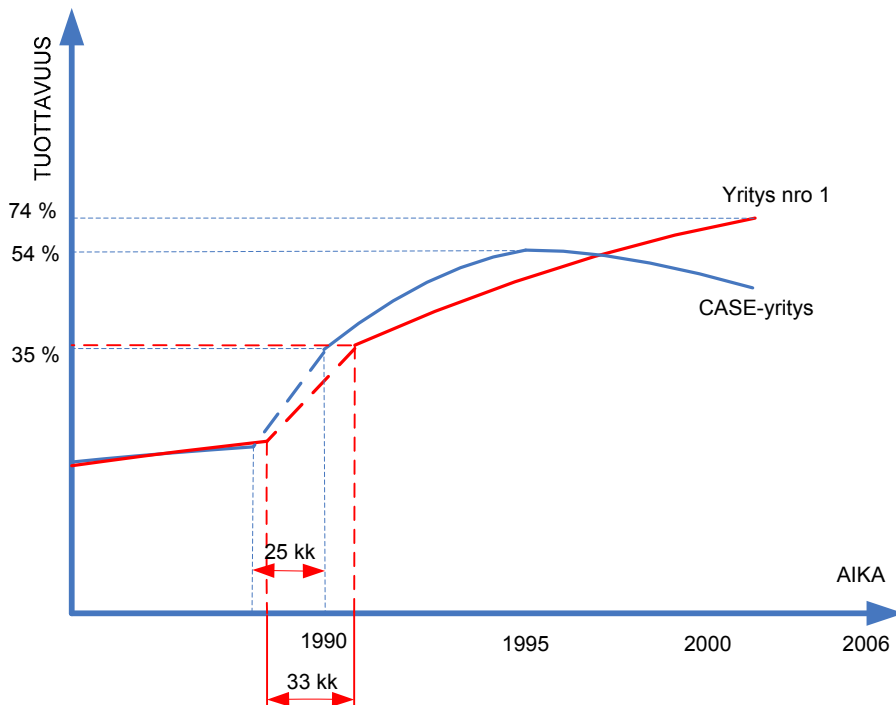
Case-yrityksessä tuottavuus parani projektin myötä kolmanneksen ja vuoteen 1995 mennessä tuottavuus oli kasvanut yli 50 prosenttia. Läpimenoaika putosi viidennekseen, ja vaihto-omaisuuden kiertonopeus kasvoi lähes kaksinkertaiseksi sekä kustannustehokkuus kolmanneksen. Nämä luvut ovat selkeästi parempia kuin kone- ja metallituoteteollisuudessa vastaavana aikana (vrt. Metalliteollisuus, MET 1994 ja Teknologiateollisuus 2006). Case-yrityksessä suurimman kasvun vuodet olivat 1994 ja 1995.

Vertailuaineistosta yritys numero yksi pääsi samoihin tuottavuuslukuihin (ks. liite O, kuva 7). Laman vaikutus näkyy tutkimuksen tulosten talousluvuissa. Liikevaihto kasvoi, vaikka volyyymi väheni. Merkittävää etua saatiin toiminnan tehokkuutta kuvaavan vaihto-omaisuuden käytön tehostumisena (liite O, kuva 2).

Kaikkien projektien keskimääräinen työn tuottavuus nousi noin 19 prosenttia välittömästi projektin jälkeen. Vaatimatonta tuottavuuskehitystä selittää se, että volyymit laskivat eikä kustannuksia sopeutettu riittävästi volyymien laskun edellyttämälle tasolle. Verrattaessa kirjallisuuden tuottavuuslukuihin yhtä suurien tuottavuusparannuksiin ei päästy, vaikkakin tuottavuuskehitys oli hyvä (Mieskonen 1989, Ranta & Tchijov 1990, Hyötyläinen 1993, Pietiläinen 1993, Chen 1998). Toisaalta laman vaikutus näkyi luvuissa.

Tutkimuksen merkittävä tulos on onnistuneiden projektien tuottavuuden ja toiminnan tehokkuuden kehittyminen pitkällä aikavälillä. Kuvassa 35 on

case-yrityksen ja tutkimuksessa verstaas numero yhden tuottavuuskehitys vuoteen 2005 saakka. Huomattavaa on se, että case-yrityksessä tuottavuuskehitys kääntyi laskuun vuoden 1995 jälkeen ja verstaas numero yhden kehitys jatkuu edelleen. Selityksenä tähän on verstaas aktiivinen jatkuvan parantamisen järjestelmä, johon on sidottu nopea palkitseminen.



Kuva 35. Tuottavuuskehitys pitkällä aikavälillä (case-yritys ja verstaas numero 1).

Kehitysprojektit pienensivät vaihto-omaisuutta keskimäärin viidenneksen. Vain yhdessä verstaassa vaihto-omaisuus kasvoi. Vaihto-omaisuuden rakennetta tarkasteltaessa aine- ja tarvikevarastot pienenevät euromääräisesti eniten. Kesken-eräisen tuotannon kiertonopeus sen sijaan kasvoi eniten. Vaihto-omaisuuden pienenemisessä ei keskimäärin päästy Mieskosen (1989) eikä Lakson (1988) esittämiin lukuihin.

Laadun muutos

Järjestelmäprojekti ja uusi tuotantotekniikka pakottivat verstaas ja henkilöt muuttamaan toimintatapojaan ja käsitystään laadunvalvonnasta. Laatu vastuuta

siirrettiin käyttäjille ja tarkastajista luovuttiin kaikissa verstaissa. SPC:tä sekä 3D-mittauskoneita otettiin projektin yhteydessä käyttöön. Samanaikaisesti toteutettiin ISO 9000 -projekteja ja verstaiden laatu järjestelmiä sekä kehitettiin laadun kokonaisohjausjärjestelmiä (TQM).

Kokonaislaadun parantuminen, kuten laatuvirheiden ja reklamaatioiden määrän pieneneminen kolmanneksen ja susikustannusten pieneneminen vajaan viidenneksen, oli monen osatekijän yhteisvaikutusta. FM-järjestelmän osuus tästä oli menetelmien, kiinnittimien, uusien NC-koneiden ja uusien NC-ohjelmien ja mahdollisten mittalaitteiden aiheuttama parempi valmistustarkkuus ja täsmällisyys. Chenin (1998) tutkimuksen mukaan FMS:n käyttöönoton vaikutuksesta laatu virheet vähenivät keskimäärin 65,3 prosenttia vaihteluvälin ollessa 12–97 prosenttia. Case-yrityksessä laadun parantuminen tässä tutkimuksessa oli samaa tasoa, ja se jäi pitkällä aikavälillä pysyväksi. Kansainvälisessä tutkimuksessa (Clegg ym. 2002) FMS:ään liitettäviä tuottavuutta nostavia tekniikkoja ja menetelmiä ovat myös tämän tutkimuksen perusteella TQM, joustavan integroidun tuotannon kehittäminen, vaikutusmahdollisuuksien antaminen organisaatiossa alaspäin, tiimityöskentely ja toimitusketjujen kehittäminen (ks. Ylöstalo 2005).

Verstaiden toiminnan tehokkuuden kehitys näkyi asiakkaalle päin parempana toimitusvarmuutena ja nopeampina toimitusaikoina. Toimitusvarmuus parani vajaa 40 prosenttia, kokonaisläpimenoaika puolittui, ja koneistuksen osalta pudotus oli 2/3. Selityksenä tähän olivat verstaiden parempi ohjattavuus, layoutmuutokset ja materiaalivirtaus sekä toiminnanohjauspisteiden määrän väheneminen. Lyhyempien siirtomatkojen merkitys saatiin siirrettyä asiakkaan eduksi.

Vaikutukset henkilöstöön ja organisaatioon

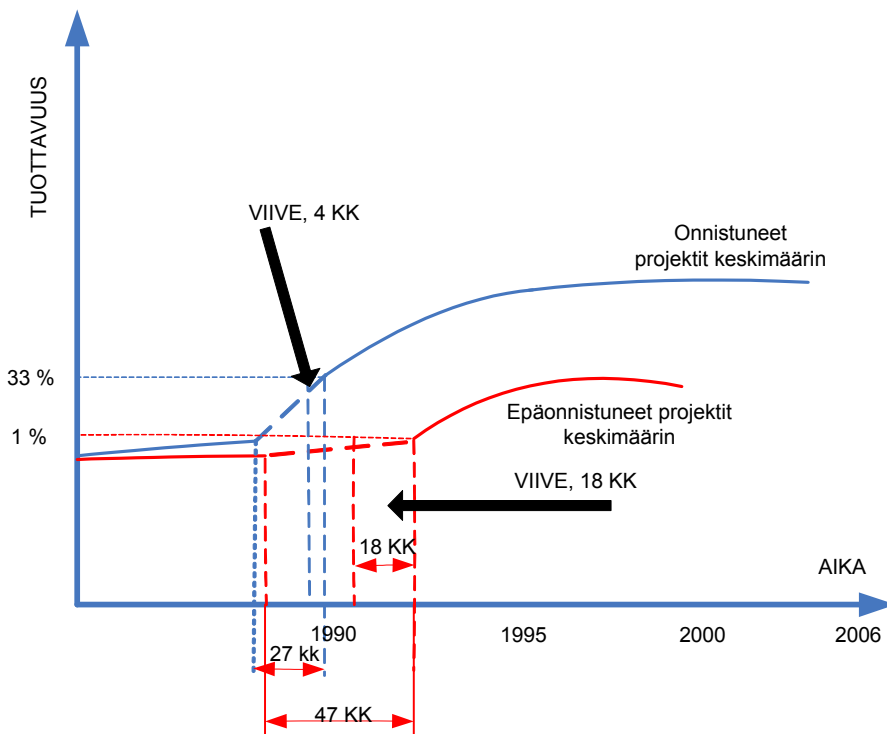
Merkitystä myönteiselle kehitykselle on toiminnan organisoinnin uudelleen järjestämisellä. Tehokkaat tiimit ja solut ottivat vastuulleen materiaalin ohjausta ja sisäistä toimitus täsmällisyyttä. Tutkimus vahvisti Zhangin ym. (2006) olettamusta, että yritys johdon tulee kehityspolitiikassaan enemmän käyttää työntekijöiden taitoja ja osaamista työpaikkojen kehittämiseen. **Parhaiten menestyivät yritykset, joissa on tuotantostrategiasta ja liiketoimintastrategiasta johdettu työntekijäresurssien tehokas käyttö tuotannon kehittämiseen.**

FM-järjestelmien käyttöönotto vaikutti useimmissa verstaissa koko organisaatioon. Tutkittujen 14 verstaan henkilömäärä väheni yhteensä 373 hengellä, josta suoranaisesti FMS:n vaikutusta arvioitiin olevan 216 henkeä. Tämä tulos poikkeaa Toikan ym. (1988) tuloksista, joiden mukaan FM-järjestelmät eivät vähentäneet henkilöstöä. Vastaavasti laman aikana teollisuudesta poistui noin 25 prosenttia työvoimasta ja teknologiateollisuuden osuus vastaavasti oli 26 prosenttia (Metalliteollisuus, MET 1994). Vertailuaineiston osalta luvut olivat pienempiä ja Case-yrityksen osalta henkilöstövähennykset olivat suurempia. Henkilöstön sairauspoissaolot ja luvattomat poissaolot vähenivät merkittävästi. Näihin vaikuttivat työnjaon ja työn organisaation muutos, uuden järjestelmän tuoma yleinen kiinnostus sekä omalta osaltaan pelko työpaikan menetyksestä. Toimihenkilöiden osalta henkilövähennystä tapahtui työnjohdossa sekä menetelmä- ja työnsuunnittelussa. Osa näiden henkilöiden töistä siirrettiin työntekijätasolle. Sairauspoissaolojen määrä nousi muutaman vuoden jälkeen entiselle tasolle ja eräissä yrityksissä jopa ylikin. Henkilömäärän suhteellinen väheneminen oli pienempää kuin Mieskosen (1989) ja Hyötyläisen (1993) tutkimuksissa. Suurta henkilömäärän vähennystä selittää myös laman vaikutus.

Case-yrityksessä FMS:n käyttöönotto sujui miltei kaikilla mittareilla arvioituna parhaiten tarkastelluista konepajoista. Sitä voidaan pitää puutteista huolimatta suomalaisena FMS-soveltamisen malliratkaisuna.

7.1.3 Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien erot

Seuraavassa tarkastellaan sekä itse käyttöönottoprosessia että lopputulosta. Kuvassa 36 esitetään onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien toteutuksen nopeus ja viive.



Kuva 36. Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien toteutuksen erot.

Syitä käyttöönottojen viivästymiseen on projektin suunnittelussa, organisoimisessa, käyttöönottavassa ja henkilöstön osallistumisessa sekä koulutuksessa. Tärkeimpänä onnistumiseen vaikuttavana tekijänä pidettiin työntekijöiden ammattitaitoa ja pienryhmätyöskentelyä, myös konsultin rooli koettiin tärkeäksi. Epäonnistuneissa projekteissa näihin seikkoihin ei ollut panostettu. Työntekijät olivat sivussa projektista esisuunnittelu- ja suunnitteluvaiheessa. He pääsivät mukaan vasta käyttöönoton loppuvaiheessa. Salminen ym. (2000) kysyivät, millä mekanismeilla henkilöstön osaaminen ja koulutus ovat yhteydessä taloudellisiin ja toiminnallisiin tuloksiin. Tulosten perusteella näyttää siltä, että kehitysprojektissa koulutuksen lisäksi henkilökunnan osallistuminen aikaisessa vaiheessa projektiin sekä pienryhmätyöskentely ja tiedottamisella luotu innostus (motivaatio) paransivat tuloksia (taulukko 36). Vaikuttaakin siltä, että onnistuneet projektit toteutettiin käyttäjäkeskeisesti osallistuvalla käyttöönottostrategialla ja epäonnistuneet tekniikkakeskeisesti. Tämä tutkimus ei vahvista Adlerin (1994) tutkimustuloksia, joiden mukaan tekniikkakeskeisellä lähestymistavalla päästään yhtä hyvään käyttöönottotulokseen.

Taulukko 36. Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien eroja eräiden tulosten valossa.

Kriteeri	Onnistuneet projektit (N = 5)	Epäonnistuneet projektit (N = 6)
<i>Projektin pituus</i>	27 kk	47 kk
<i>Projektin myöhästymä</i>	4 kk	18 kk
<i>Käyttöasteen kasvuun käytetty aika</i>	8 kk	16 kk
Toiminnan laajuus		
<i>Liikevaihdon muutos</i>	23 %	17 %
<i>Henkilömäärän muutos</i>	-20 %	-16 %
Tuottavuus		
<i>Työn tuottavuus</i>	33 %	1 %
Ohjattavuus		
<i>Vaihto-omaisuuden määrän muutos</i>	-27 %	-25 %
<i>Keskeneräisen tuotannon kiertonopeuden muutos</i>	198 %	34 %
Projektin toteuttamisen eroja		
<i>Esisuunnittelu-aika</i>	7,9 kk	9,7 kk
<i>Suunnittelu-aika</i>	9,9 kk	9,7 kk
<i>Tarjouskilpailu-aika</i>	7,5 kk	7,2 kk
<i>Rakentamiseen käytetty aika</i>	5,0 kk	10,7 kk
<i>Ylösajoon käytetty aika</i>	8,3 kk	19,8 kk
Koulutus		
<i>Ulkopuolinen koulutus</i>	10 pvä	5 pvä
<i>Harjoittelu työn ohessa</i>	3 pvä	30 pvä
Tehtävien hallinta		
<i>Kaikki osaavat kaikki tehtävät</i>	56 %	25 %
<i>Järjestelmä organisoitu useaan tasoon</i>	22 %	40 %
<i>Työnjohtaja tekee operaattorin tehtävät</i>	0 %	35 %

Epäonnistuneissa projekteissa järjestelmän käyttöä johdettiin enemmän ylhäältäpäin ja vapausastetta soluille oli annettu vähemmän. Onnistuneiden järjestelmien käytössä oli siirrytty tiimimäiseen työtapaan. Näissä tapauksissa ryhmän sisäinen vaikutusmahdollisuus oli suurempi kuin epäonnistuneissa projekteissa. Onnistuneissa projekteissa oli panostettu jo käyttöönotto-vaiheessa selvästi enemmän koulutukseen ja käyttäjät olivat osallistuneet järjes-

telmäprojektiin enemmän kuin epäonnistuneissa projekteissa. Näin ryhmätyötä ja järjestelmässä työskentelyä itsenäisesti oli opeteltu jo käyttöönottovaiheessa. Tämän tutkimuksen mukaan, kuten Chenin ym. (1996) tutkimuksessa, riittävä koulutus on onnistuneen FM-järjestelmän käyttöönoton edellytys. Sen sijaan rahalliset kannusteet, työpaikan pysyvyys ja johdon tuki eivät takaa käyttöönoton onnistumista.

Kolmantena merkittävänä erona onnistuneissa ja epäonnistuneissa projekteissa ovat verstaan tuotannon järjestelyt. Onnistuneiden projektien verstaisten layout, materiaalin virtaus ja JOT-tuotantoperiaatteen soveltaminen oli selkeämmin hoidettu ja pidemmälle viety. Materiaalin virtauksessa oli tehokkaasti hyödynnetty visuaalisuutta ja yksinkertaisia ohjausmenetelmiä. Tavarankäytön ja alihankittavien osien kotiinkutsut oli annettu soluille.

7.2 FM-järjestelmä sosioteknisenä järjestelmänä

Joustava valmistusjärjestelmä sosioteknisenä järjestelmänä

Tutkimuksen kysymyksenasettelussa pyrittiin löytämään selvitys siihen, miksi jotkin sosiotekniset järjestelmät ovat kehittyneet ja ovat edelleen toiminnassa ja miksi toiset sosiotekniset järjestelmät ovat taantuneet. **Tutkimuksen tuloksissa kävi ilmi, että tiimimäinen työ, itseohjautuvuus ja sosiotekninen tapa toimia ovat merkittävästi muuttuneet viimeisten 15 vuoden aikana.** Syitä tähän pyrittiin löytämään sosioteknisen järjestelmän sisältä, mutta on selvää, että yritysten toimintaedellytyksissä, yrityskulttuureissa ja johtamisessa on tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Tarkasteltaessa FM-järjestelmää sosioteknisenä järjestelmänä on järjestelmää tarkasteltava järjestelmän sisäisten tekijöiden (teknisen järjestelmän ja sosiaalisen järjestelmän) ja sosioteknisen järjestelmän ulkoisten tekijöiden kautta (kuva 37). Tässä tutkimuksessa case-yrityksen kuvauksen perusteella sosiotekniseen järjestelmään vaikuttaviksi tekijöiksi valittiin yrityskulttuuri, johtaminen, teknologiastrategia, informaatiojärjestelmä, lait ja normit sekä mittarit (ks. Julkunen 1988). Kuvaan 37 on myös piirretty tuotantoketjuun liittyviä sosioteknisiä järjestelmiä, joita voivat olla esimerkiksi materiaalitoimittajat, alihankkijat ja suunnittelijat.

Sosioteknisen järjestelmän ulkoiset riippuvuussuhteet

Cheah ja Garwin (2004, s. 184) kytkevät yrityksen organisaation, yritysstrategian, yrityskulttuurin ja ulkoisen ympäristön yhdeksi yrityksen strategiajohtamisen välineeksi. Stockin ja McDermottin (2000) mukaan yrityskulttuurilla voi olla tärkeä rooli joustavan tuotantotekniikan käyttöönotossa. Yrityskulttuurille ei ole olemassa yhtenäistä määritelmää, vaan se muodostuu yrityksessä henkilöstön yhteisistä kokemuksista vuosien saatossa. Yrityskulttuuri on vahvasti yhteisiin arvoihin liittyvää, ja se on vahvasti sidoksissa johtoon ja omistajiin (Koskinen 2003, s. 323–326, Schein 1987). Yrityskulttuuri määrittelee sosiaalisen kontrollin tiimin jäsenien välillä ja tiimin normatiivisen tehtäväjaon. **Viime kädessä sosioteknisen järjestelmän menestys ja kehittyminen ovat lähtöisin yrityskulttuurista. Yrityskulttuuri määrittää johtamistavan valinnan.** Tutkituissa yrityksissä 14 yrityksestä 12 oli vaihtanut omistajaa ja samalla yrityskulttuuri oli muuttunut. Muutoksen vaikutus oli kaksijakoinen: toisissa yrityksissä itseohjautuvuudessa oli palattu perinteisempään ja autoritaarisempaan johtamiskäytäntöön, kuten case-yrityksessä, ja toisissa yrityksissä muutokset olivat vähäisempiä. Basun ja Miroshnikin (1999) mukaan japanilaisten autotehtaiden johtamiskulttuurin siirtäminen sellaisenaan Englantiin onnistui muuten, paitsi JOT-tuotantoperiaatteet eivät sellaisenaan soveltuneet käyttöön.

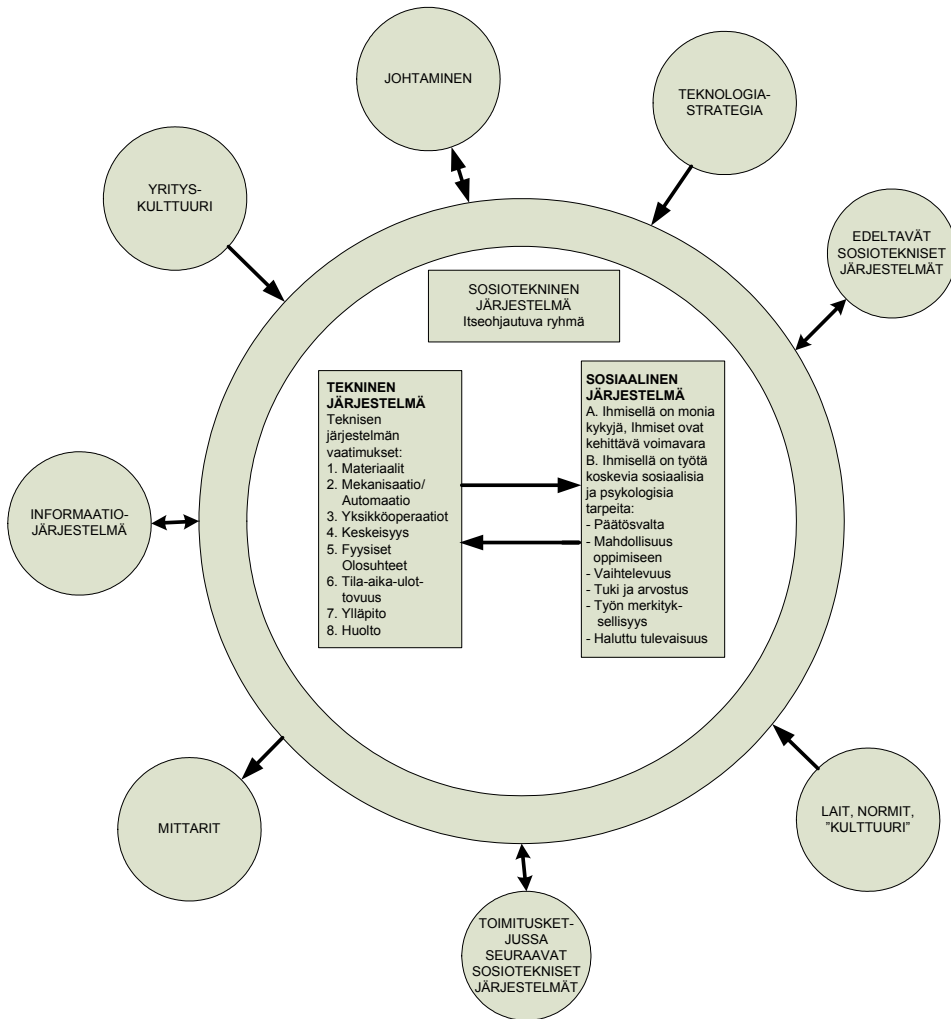
Johto ja johtaminen määrittävät tavan toteuttaa liiketoiminta-, tuotanto- ja teknologiastrategiaa. Tutkituissa yrityksissä teknologiastrategia koki perusteellisen muutoksen 1990-luvun puolivälistä 2000-luvun alkuun. Tuotantoa ulkoistettiin ja keskityttiin pääprosesseihin, mikä johti tekniikan kehittämisessä selvään taantumaan. Tuottavuutta haettiin ulkoistusten eikä sisäisten valmistusprosessien kehittämisen kautta. Tämän ”virheen” totesivat lähes kaikki tutkimuksessa mukana olleet. Teknologiastrategia määrittää joustavasta valmistusjärjestelmästä muodostuvan sosioteknisen järjestelmän teknologisen tason ja sen kehittämisen sekä uudistamisen. Tekniikan kehittäminen jäi monessa järjestelmässä koneistajien ja NC-ohjelmoijien varaan, kuten tulososassa todettiin. Tässä kohdin tutkimustulos poikkeaa Seppälän ja Klemolan (2004) tutkimuksesta, jossa todettiin, että yritysten tuotantoa kehitettiin. Tässä tutkimuksessa organisaatiot ja yritysraenteet muuttuivat ulkoistusten ja yritysjärjestelyn myötä.

Ulkoisiksi tekijöiksi valittiin myös kansalliset lait, normit, asetukset ja kansallinen kulttuuri (ks. myös Julkunen 1988). Syynä valintaan on se, että pitkittäistut-

kimuksessa, joka ajoittuu 15–20 vuoden ajalle, yritysten toimintaedellytyksissä, ihmisten arvoissa, tuotantoalan viehättyvyydessä ja mm. työaikalaisissa ja työturvallisuutta koskevissa asetuksissa on tapahtunut muutoksia. Toisaalta case-yrityksen kuvauksessa nämä seikat tulivat esiin ja ne vahvistuivat tarkasteltaessa vertailuaineistoa pitkällä aikavälillä. Nämä seikat ovat varmasti olleet vaikuttamassa tämän tutkimuksen tuloksiin välillisesti, mutta niiden vaikutuksia ja syitä ei selvitetä tässä tutkimuksessa. Laman jälkeinen kausi oli kasvun ja kehittymisen aikaa. Yritysten kansainvälistyminen alkoi eräiden suuryritysten siirtäessä tuotantoaan ulkomaille. Suomen liittyminen EU:hun ja Euroopan yhteiseen valuuttaan euroon ovat vakaannuttaneet yritysten toimintaedellytyksiä. Tätä ovat osaltaan tukeneet maltilliset tuloratkaisut.

Merkittävimmän muutoksen sosioteknisen järjestelmän riippuvuussuhteissa on aiheuttanut informaatiojärjestelmien kehittyminen. Informaatiojärjestelmä kytkee eri prosessit ja sosiotekniset järjestelmät toisiinsa sekä tarvittaessa asiakkaisiin. Informaatiojärjestelmillä saadaan prosessit interaktiiviseen valvontaan. Globaalissa toimintaympäristössä tehokkaat informaatiojärjestelmät ovat ehdoton edellytys toimia tehokkaasti. Viimeisen 15 vuoden aikana FM-järjestelmät on kytketty yrityksen informaatiojärjestelmään. Tuotantojärjestelmissä on yleensä mikrotietokone, jossa on liityntä toiminnanohjausjärjestelmään, työajanseurantaan ja suunnittelun tietokantaan (PDM-järjestelmään). Eräissä tutkituissa järjestelmissä oli liityntä SPC-tietokantaan. SPC-kytkentä mahdollisti tuotantoprosessin kunnan ja tarkkuuden seurannan. Tällä tavoin prosessin laadusta saatiin lähes reaaliaikainen takaisinkytkentä prosessin ohjaukseen.

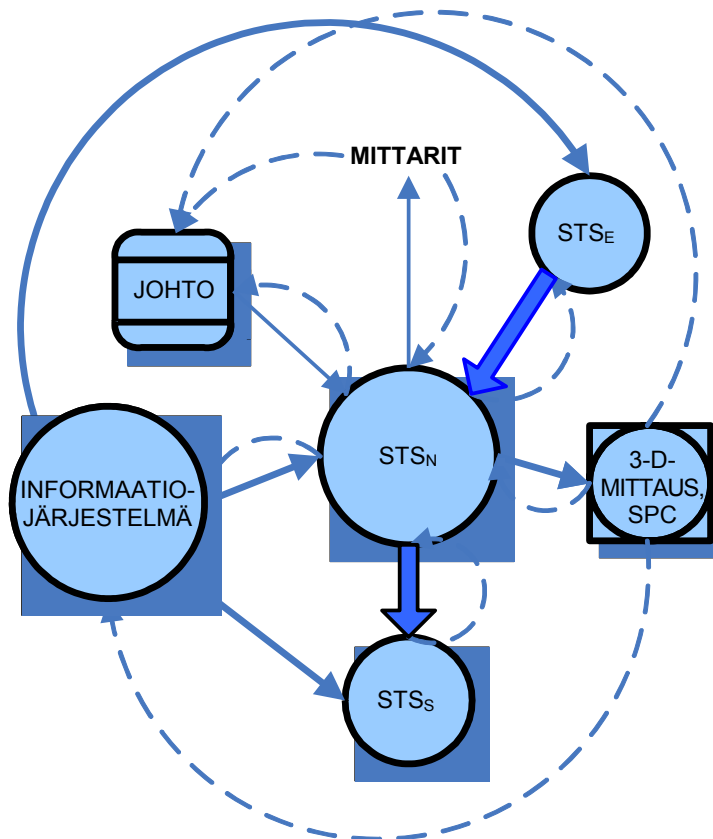
Mittareilla tarkoitetaan sosioteknisen järjestelmän laadun, tuotannon määrän, käyttöasteen, käytettävyyden, työajan ja kapasiteetin käytön seuraamista. Mittarit ovat viesti yrityksen muulle organisaatiolle järjestelmän toimivuudesta ja tehokkuudesta. Yleensä mittarit ovat julkisia ja sosiotekninen järjestelmä saa palautteen toiminnastaan.



Kuva 37. FM-järjestelmä sosioteknisenä järjestelmänä.

Kehittyneet informaatiojärjestelmät ovat siirtäneet osan johtamisen valvonnasta informaatiojärjestelmään. Tällä tavoin sosiotekninen järjestelmä kytketään kokonaisprosessin valvontaan ja tuotantotavoitteisiin (kuva 38). Kuvassa kontrolli voidaan jakaa ohjaavaan, näkyvään ja heikosti näkyvään kontrolliin. Ohjaava kontrolli kuormittaa järjestelmää työjonoin, materiaalivarauksin ja töiden aloituseimuksin. Ohjaava kontrolli tuotantojärjestelmässä siirtyy työnjohdon kontrollista järjestelmäohjaukseen. Näkyvää kontrollia ovat perinteiset ilmoitustauluilla näkyvät mittarit, kuten valmistusmäärät, laatuksannukset ja käyttöasteet. Näkyvää kontrollia ovat myös katselmukset. Informaatiojärjestelmät mahdollis-

tavat myös prosessin tehokkuuden seurannan keräämällä erilaista dataa, jota ei välttämättä julkisteta tai anneta suorana palautteena järjestelmän käyttäjille. Eräs esimerkki on henkilötyöajan ja konetuntien välisen suhdeluvun seuranta. Tällä tavoin eräässä yrityksessä seurattiin FM-järjestelmän miehityksen määrää.



Kuva 38. Sosioteknisen järjestelmän kontrolli (STS_N). Paksu viiva kuvaa materiaalivirtaa, katkoviiva takaisinkytkentää tai palautetta ja ohut viiva informaation riippuvuussuhteita. STS_E on edeltävät sosiotekniset järjestelmät, esim. tavaran vastaanotto tai suunnittelu, ja STS_S on seuraavat sosiotekniset järjestelmät, esim. lähettäjä.

Sosioteknisen järjestelmän sisäiset kytkennät

Sosioteknisen järjestelmän katsotaan muodostuvan teknisestä järjestelmästä ja sosiaalisesta järjestelmästä (ks. kuva 37). FM-järjestelmässä teknisen järjestel-

män muodostavat eri automaatioasteen omaavat koneet ja laitteet, kuten NC-koneet, työkalut ja työkalujen esiasetuslaitteet, paletit ja kiinnittimet, NC-ohjelmat ja ohjelmointilaitteet ja FMS-ohjauspäätteet. Teknisen järjestelmän hallinnan vaatimukset muodostavat vaativan kokonaisuuden. Teknisen järjestelmän eri koneiden ja laitteiden hallinta edellyttää hyvin monipuolista ammattitaitoa ja ammattikokemusta. Tutkimuksen perusteella FM-järjestelmän käyttöön tarvitaan 2–4 vuoden ammattikokemus NC-koneilta. Vuoden 2006 haastattelujen perusteella arvioituna teknisen järjestelmän hallinnassa oli edelleen oppimista ja työssä kehittymisen mahdollisuuksia, vaikka keskimääräinen työkokemus oli jo yli 13 vuotta. Tulosten perusteella voidaankin tulkita, että joustavan valmistusjärjestelmän hallinta kokonaisuutena on vaativa yksittäiselle henkilölle. Osin tätä selittää se, että työ oli polarisoitunut viimeisten 15 vuoden aikana.

Teknisen järjestelmän muutokset

Osaksi sosioteknisen järjestelmän tehtäviä oli tullut materiaalien hallintaan liittyviä tehtäviä ja vastuita. Materiaalien hallinta oli kytketty toiminnanohjauksen kautta järjestelmän tehtäviin. Operaattorit valvoivat ja tekivät materiaalivarauksia järjestelmän kautta. Yksikköoperoinnin määrässä ja laadussa oli tapahtunut muutoksia, toisaalta eriasteisia tehtäviä oli tullut lisää ja toisaalta ne jakaantuivat eri henkilöryhmille. Operointien sidonnaisuus informaatiojärjestelmään oli lisääntynyt. Fyysisissä työolosuhteissa ei ollut tapahtunut muutoksia, henkilömäärä sosioteknisissä järjestelmissä oli vähentynyt, ja tehtävät olivat painottuneet enemmän kappaleiden käsittelyyn ja työkaluhuoltoon. Ylläpitoa ja huoltoa pidettiin edelleen vaativana tehtävänä.

Asiakaslähtöinen toimintatapa edellyttää joustavuutta. Itse teknisen järjestelmän (FMS) suunnittelussa joustavuus voidaan maksimoida tekniikan osalta, mutta järjestelmän käytön hallinta, uusien tuotteiden sisäänajo ja asiakaskohtaiset muutokset tuotteisiin ratkeavat viime kädessä käyttäjien ammattitaidolla. Asiakaslähtöinen toimintatapa ei ole aina tarkasti ennakoitavissa. Kysynnän muutokset, kilpailu ja turbulenti yritysympäristö vaativat joustoja työaikajärjestelyiltä, ylläpidon määrältä, alihankintaverkostoilta ja työvuorojärjestelyiltä. Joustavan valmistusjärjestelmän miehittämättömät jaksot tasaavat näitä muutostekijöitä.

Sosiaalisen järjestelmän muutokset

FM-järjestelmän tehokas käyttö edellyttää itseohjautuvuutta. Järjestelmän joustavassa tuotannossa työntekijät päättävät itse ryhmän tehtävien jaon. Työntekijät itse määrittävät työkierron, vastaavat laadusta ja pitävät yllä SPC-järjestelmää. Järjestelmien käyttöönoton jälkeisen aineiston perusteella todettiin, että FMS-työ sisälsi lähes puolet työajasta suunnittelua, valvontaa ja kehittämistä. **Viimeisen 15 vuoden aikana suunnittelevan työn osuus pieneni ja fyysisten tehtävien osuus kasvoi.** Kaikissa järjestelmissä NC-ohjelmointi oli eriytetty omaksi tehtäväkseen. Case-yrityksen osalta oli palattu perinteisempään työn organisaatiomalliin, vaikkakin FM-järjestelmän käyttäjät toimivat soluna, mutta aikaisempaa kapeammalla tehtäväprofiililla. Järjestelmän käyttöön liittyy ennalta määrääminen. Tuotanto-ohjelma tulee ohjausjärjestelmän kautta tai joissakin järjestelmissä tulostettuna työlistana. Annetun tuotanto-ohjelman ryhmä tekee parhaalla mahdollisella tavalla. Ryhmä optimoi koneiden asetusten vaihdon, valmistaa ohjausperiaatteiden mukaisesti kokoonpanon tai seuraavaan vaiheeseen kappaleita. Tällä tavoin tuotanto ikään kuin itse ohjaa itsensä.

Ryhmä muodostuu eritasoisen ammattitaidon omaavista henkilöistä. Ryhmien sisäinen oikeudenmukaisuus, kehittyminen ja sosiaalinen sidonnaisuus edellyttävät ryhmien jäseniltä yhteistyökykyä. Tässä tutkimuksessa todettiin, että ryhmien jäsenten sisäinen vapausaste oli suurempi kuin koko ryhmän. Yksilön on pystyttävä ryhmän sisällä toimimaan itsenäisesti ja toteuttamaan psyykkiset ja fyysiset tarpeet. Kommunikointi, arvostus, palaute ja tieto työn tuloksista ovat tärkeää toimivalle ryhmälle. Toimiva ryhmä varmistaa itse tehokkuuden ja toimintojen kehittymisen. Monet erilliset ohjaavat toiminnot ryhmä hoitaa itse, kuten materiaalien, työkalujen ja alihankittavien osien tilaukset. Ryhmän asiakaspalveluhenkisyys parannetaan vastuuta ja laatua. Sisäinen toimitusvarmuus ja laatuvarmuus (laadun mittaaminen ryhmässä) varmistavat ohjauksellisten ongelmien vähenemisen.

Tuotanto-organisaatio on joustavan valmistuksen ja tuoteverstaan peruselementti. Tuotanto-organisaation järjestelyillä, kuten layoutilla, työnkululla, materiaalin ja informaation virtauksella sekä tuotannon ohjauksella, varmistetaan tuoteverstaan sosioteknisen järjestelmän toimintakyky.

Informaation kulku

Joustavan tuotantojärjestelmän käyttö edellyttää yhteistyötä työn organisaatiolta. Yhteistyön on toimittava ryhmän sisällä, mutta sen on ylitettävä tiimin rajat. Ryhmien välisen informaation kulun on toimittava. Kehittyneimmät sosiotekniset järjestelmät on liitetty tehdasverkkoon ja tuotannon ohjausjärjestelmiin. Tuoteverstaiden informaatiojärjestelmät alkavat yhä enemmän vastata CIM-järjestelmien vaatimuksiin. Informaation hallintaan liittyviä ongelmia on viime vuosina pystytty ratkaisemaan. NC-ohjelmien siirto ohjelmointitietokoneesta järjestelmän ohjaukselle ja työstökoneille toimii jo luotettavasti. Työkalujen esiasetus ja tietojen siirto työstökoneille ja järjestelmäohjaukselle toimivat. Suunnittelun ja NC-ohjelmoinnin väliset tiedonsiirto-ongelmat on pääsääntöisesti ratkaistu.

Optimaalinen sosiotekninen järjestelmä FMS-tuotannossa

Vuoden 2006 aineiston perusteella oli selvästi havaittavissa sosioteknisten järjestelmien taantumista vuoden 1994 tasoon verrattuna. Taantumiseen voidaan nähdä ainakin seuraavat syyt:

- *muutokset yrityskulttuurissa, muutosta ei hallittu*
- *teknologiastrategian muutos, ulkoistamisen takia tapahtunut ja samalla oman tuotantotekniikan kehittämisen laiminlyönti*
- *kehittävän ja osaavan henkilöstön menettäminen saneerauksissa ja ulkoistuksissa*
- *informaatiojärjestelmien muutokset (ei osattu ymmärtää informaatiojärjestelmällä hoidettavia toimintoja sekä niiden valvontaa)*
- *sosioteknisten järjestelmien kontrollin heikkous.*

Kahdeksassa tutkitussa yrityksessä tiimeistä oli luovuttu ja johtamisessa oli siirrytty kovempaan linjaan. Kuitenkin tutkimuksessa oli kaksi toimivaa sosioteknistä järjestelmää, joiden tuotantojärjestelmät olivat kehittyneet ja tuottavuus sekä toiminnan laatu olivat korkealla tasolla.

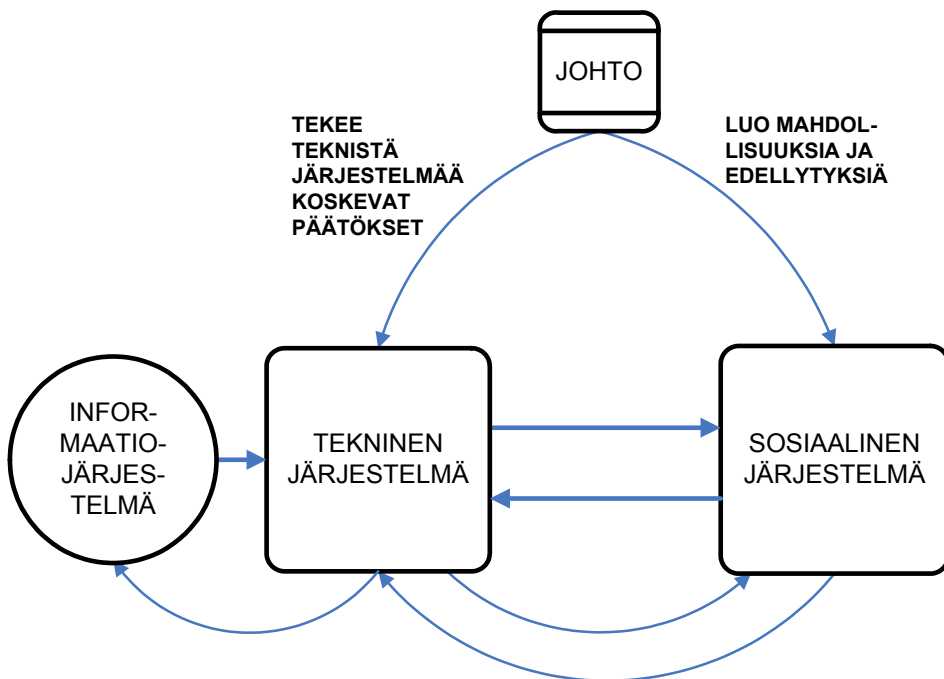
Hyvin toimiva sosiotekninen järjestelmä on toteutettu siten, että suunnittelu lähtee liikkeelle kokonaisuuden hahmottamisesta eli ulkoisten riippuvuussuhteiden perusteellisesta läpikäynnistä. Tämä koskee yrityskulttuurin jalkauttamista, johtamista, tuotantostrategiaa sekä informaatiojärjestelmiä. **Sosiotekninen järjestelmä tarvitsee vahvan sisäisen motivaation toimiakseen optimaalisella tavalla.**

Johtaminen ja yritysstrategia

Globalisoituvassa maailmassa sosioteknisten järjestelmien sisäistä motivaatiota lisää ja edesauttaa selkeä yrityskulttuurista lähtevä toimintafilosofia, määritetty tuotantostrategia, jossa kerrotaan, mitä tehdään itse ja mitä teetetään muualla. **Informaatiojärjestelmistä on mahdollista rakentaa johtamisen ja kontrollin väline, joka toimii taustalla ja antaa tarvittavan ohjauksen ja mittaustulokset.** Näin saadaan myös prosessin laadunohjaus reaaliaikaiseen hallintaan tavaran vastaanotosta tuotteiden toimitukseen saakka. Informaatiojärjestelmän solmukohtaisissa tulee olla vastuuhenkilöt, eli tietoa on ylläpidettävä ja valvottava.

Johtamisjärjestelmän pitää tukea ja luoda sosiaaliseen järjestelmään toimintaedellytyksiä (kuva 39). Toisaalta sosiotekniselle järjestelmälle on luotava mittarit, jotka seuraavat aidosti järjestelmän kilpailukykyä, kuten eräässä tutkimuksen yrityksessä oli tehty. **Samassa yrityksessä oli ymmärretty myös ihmisen tarpeet ja kyvyt. Yrityksessä jokainen henkilö teki vuosittain vähintään 12 toiminnan kehittämisehdotusta.** Vuositasolla tämä tarkoittaa tuhansia parannusehdotuksia. Parannusehdotukset koskivat tyypillisesti teknistä toimintaympäristöä.

Edellä kuvattu sosiotekninen järjestelmä pyrkii poistamaan työhön liittyvää tyytymättömyyttä, kuten Kortteisen (1992) ja Laitisen (1998) tutkimuksissa on havaittu. Näissä tutkimuksissa erityisesti arvostuksen puute, vaikutusmahdollisuuksien vähäisyys, lisääntynyt kiire ja sisäiset ristiriidat koettiin negatiivisina piirteinä. Ylöstalo (2005, s. 136) kokee johtamisen ongelmaksi uusien organisaatiomuotojen käyttöönoton. Hänen mukaansa kehittämisasiat ovat irrallisia toisistaan ja yrityksen strategiasta ja viimeinen rutistus kehittämisessä jää puolitiehen. Myös tässä tutkimuksessa asia tuli esiin toimintojen kehittämisen pitkäjänteisen läpiviennin ja koordinoinnin puutteena eräissä yrityksissä.



Kuva 39. Sosiotekninen järjestelmä ja johtaminen.

Sosiotekninen järjestelmä vai kevyttuotantomalli?

Tämän tutkimuksen mukaan monet järjestelmät oli otettu käyttöön sosioteknisten järjestelmän periaatteiden mukaisesti. Vuosien mittaan järjestelmien käytössä oli siirrytty kevyttuotantomallin suuntaan. Suurimmat erot olivat suunnitelmallisen kehittämisen puute ja tarkasti kontrolloidun tiimityön puute, jotka ovat kevyttuotantomallille ominaisia (vrt. Tranfield & Smith 2002, Genaidy & Karwowski 2003, Paez ym. 2004). Tutkituissa yrityksissä oli yleisesti siirrytty aikapaineiseen johtamiseen, joka on ominaista kevyttuotantomallissa (mm. Alasoini 1993, Niepce & Molleman 1998, Seppälä & Klemola 2004).

Valvonta ja johtaminen olivat yhä enemmän siirtyneet tämän tutkimuksen järjestelmissä informaatiojärjestelmien varaan. Työnjohtoa oli vähennetty. Näiden tilalle ei toteutettu riittävän hyvin toimivaa johtamisjärjestelmää, joka on kevyttuotantomallissa sisäänrakennettu.

Tuotantoa tukevien toimihenkilöiden irtisanomiset laman aikoihin ovat myös eräs tärkeä selittävä tekijä tuotannon kehittämisen hiipumiseen. Työntekijöitä ei koulutettu jatkuvan parantamisen menetelmien käyttöön kuin kahdessa tuoteverstaassa. Jatkuva parantaminen ja laatupiirit ovat taas kevyttuotannon kulmakiviä (Womack ym. 1990, Hines ym. 2004).

Tämän tutkimuksen mukaan materiaalin ohjauksessa oli taannuttu muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Kevyttuotannon periaatteisiin kuuluvat imuohjaus, puskureiden puute ja hukkan eliminointi (Basu & Miroshnik 1999). Hinesin ym. (2004) mukaan kevyttuotantomalli on saanut runsaasti kritiikkiä kapasiteetin vaihtelun ja variaatioiden vaihtelun hallinnasta. Heidän mukaansa Kanban-ohjaus ei toimi muuttuvissa tilanteissa. Esitetyssä sosioteknisessä järjestelmässä ratkaisu tähän ongelmaan on informaatiojärjestelmissä (kuva 37). Sosiotekninen järjestelmä on kytketty yrityksen ohjausjärjestelmiin (ERP, CRM), minkä kautta kapasiteetin tai työkuorman ja toimitusjonojen muutokset ovat ryhmän käytössä.

Lisäksi optimaalisesti toimivassa tuotantoyksikössä on huomioitu koko verstaan layout, materiaali virrat ja ohjaus. Layoutin tulee muodostaa soluille tarkoin määritetyt alueelliset toimintaympäristöt (rajat), ja solujen välinen riippuvuus on pystyttävä havainnoimaan visuaalisesti (vrt. Cherns 1976). Näin saadaan luotua verstaan ohjaukseen imu- tai vastaava ohjaus. Solujen visuaalinen raja-alue toimii materiaalin ja informaation solmukohtana. Sisäinen toimitusvarmuus hoituu ikään kuin itsestään visuaalisesti. Materiaalisiirtojen etäisyydet tulee minimoida joustavassa valmistuksessa.

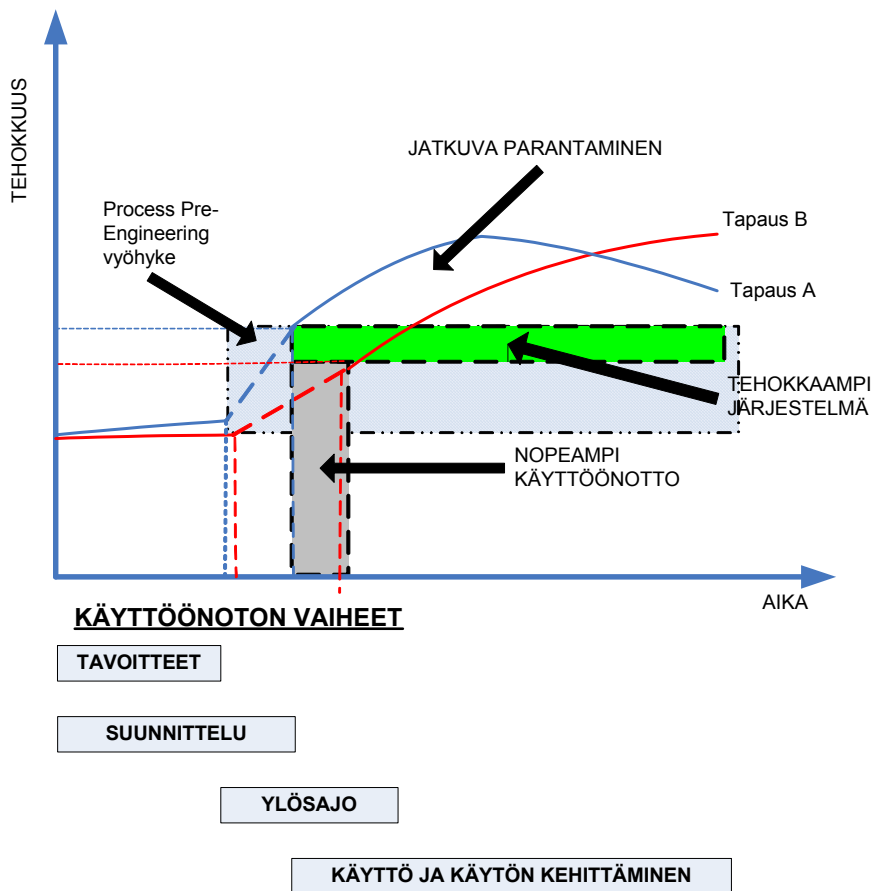
Hyvin toimiva sosiotekninen järjestelmä joustavassa konepajaympäristössä edellyttää selkeää päävirtausta, visuaalista ohjausta ja oikeita ohjauseriaatteita. Jos ohjaus rakennetaan toiminnanohjausjärjestelmän varaan, kuten eräissä tutkimuksen yrityksissä, järjestelmän tietojen on oltava ajan tasalla.

7.3 Konepaja-automaation kestävä käyttöönoton malli

Seuraavassa esitetään tämän tutkimuksen pohjalta joustavan valmistusjärjestelmän kestävä käyttöönoton malli. Sen avulla parannetaan itse järjestelmän ylösajoa ja käytön kehittymistä pitkällä aikavälillä.

Kestävän käyttöönoton malli rakennetaan sosioteknisen teorian perustalle, jota tutkimuksessa laajennettiin riippuvuussuhteiden tarkastelulla. Riippuvuussuhteet voidaan jakaa strategisiin ja operatiivisiin. Strategisia ympäristötekijöitä ovat yrityskulttuuri ja yritysstrategia (liiketoimintastrategia), josta teknologiastrategia johdetaan, ja tähän voidaan lukea myös informaatiojärjestelmät sekä ympäristön asettamat normit. Operatiivisia ympäristötekijöitä ovat johtaminen, riippuvuudet muihin sosioteknisiin järjestelmiin (asiakkaat, edelliset tuotantoketjun järjestelmät, toimittajat, alihankkijat) sekä kontrolli (toiminnan mittarointi). Kriittiset käyttöönoton kriteerit hahmotettiin tapaustutkimuksen ja vertailututkimuksen sekä onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien vertailun kautta. Kuten tuloso- osassa havaittiin, sosioteknisen järjestelmän tekninen järjestelmä ja sosiaalinen järjestelmä ovat myös muuttujina (kuvat 29 ja 33). Avoin sosiotekninen järjestelmä mukautuu ympäristötekijöiden muutokseen, kun muutokset tukevat sosiaalisen järjestelmän perusteita eli ihmisen kykyä kehittää toimintaa, antaa mahdollisuuden oppia uutta, antaa päätösvaltaa sekä kokea työn merkitys. Muutokset voidaan kääntää positiiviseksi voimavaraksi.

Kuvassa 40 on joustavan valmistusjärjestelmän kestävän käyttöönoton malli. Malli kuvaa toiminnan tehokkuutta (esimerkiksi tuottavuuden kehittymistä tai vaihto-omaisuuden kiertonopeuden kehittymistä) käyttöönottoajan funktiona. Kuvasta nähdään, että käyttöönotossa on kolme kriittistä tekijää. **Ensinnäkin näitä ovat käyttöönottoprojektin toteutuksen nopeus, toiseksi valitun tekniikan ja käyttöönototavan tehokkuus sekä kolmanneksi käytön ja toiminnan jatkuva parantaminen.** Nopean käyttöönoton alue ja tehokkaan tuotantojärjestelmän alue on Process Pre-Engineering -vyöhykkeellä (tuotannon uudelleensuunnitteluvyöhykkeellä). Toiminnan jatkuvan parantamisen vaikutus oli tutkimuksen mukaan merkittävä, kuten kuvista 34–36 ja 40 voidaan todeta.



Kuva 40. Joustavan tuotantotekniikan kestävä käyttöönoton malli.

Seuraavassa luetellaan niitä tärkeitä tekijöitä, joilla kestävä käyttöönoton mallista saa parhaat tulokset käyttöönottoprojektin aikana ja käytön kehittyessä vuosien mittaan.

Nopeampi käyttöönotto onnistuu

- riittäväällä suunnittelulla
- panostamalla investointilaskelmiin ja määrittämällä selkeät tavoitteet
- organisoimalla projekti kunnolla
- johtamalla käyttöönottoa
- käyttämällä ulkopuolista asiantuntemusta
- aloittamalla koulutus heti projektin alussa

- *kouluttamalla riittävästi*
- *muodostamalla pienryhmiä käyttöönottoon*
- *valitsemalla koeteltua tekniikkaa.*

Tehokkaamman järjestelmän saa

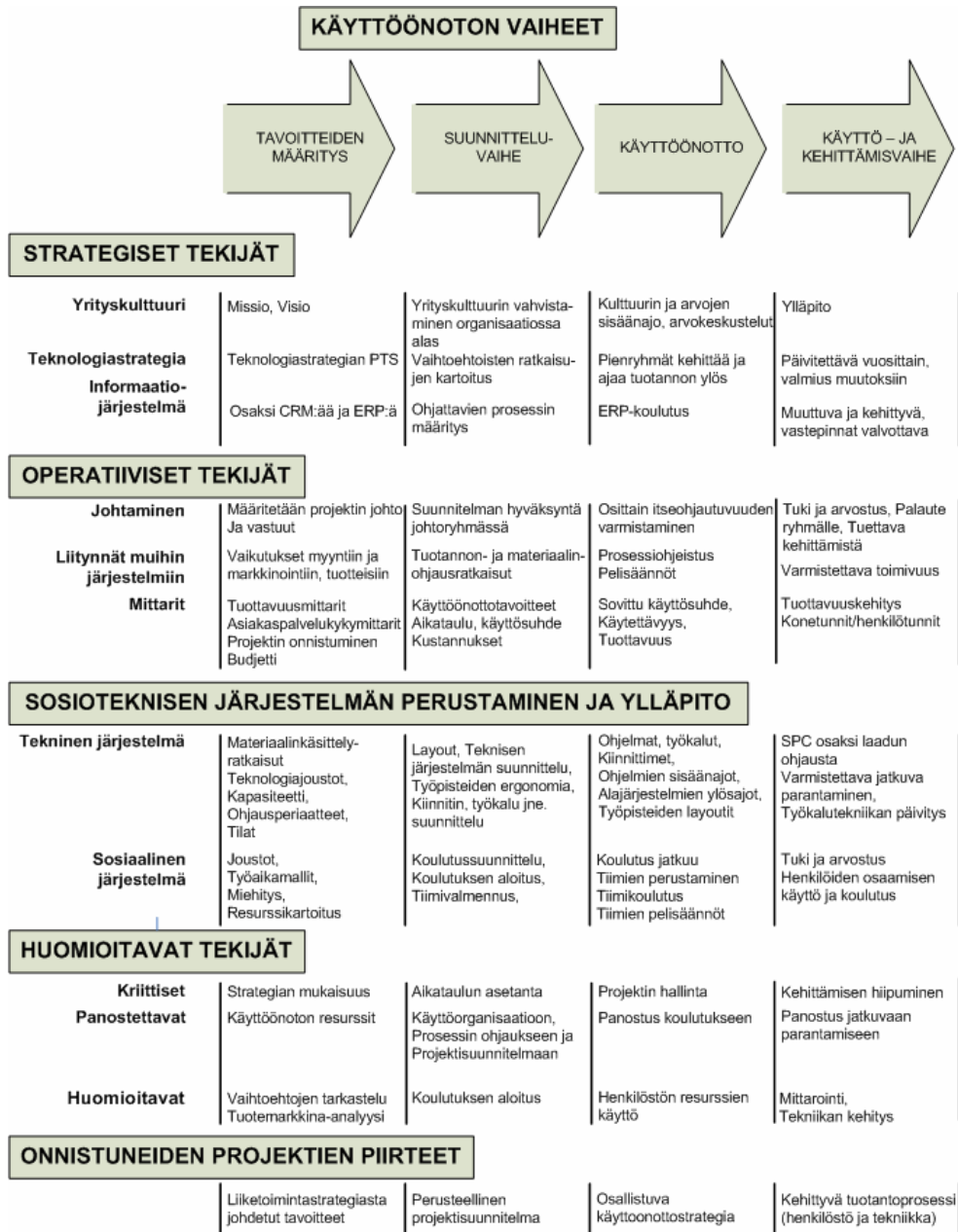
- *kun perusteet ovat kunnossa: osaperhe, volyymi, layout, materiaalivirtaus, kokonaisuohjaus*
- *panostamalla henkilöstön koulutukseen*
- *käyttämällä pienryhmiä käyttöönotossa*
- *muodostamalla osittain itseohjautuvan organisaation*
- *parantamalla menetelmätekniistä osaamista etukäteen*
- *valitsemalla mahdollisimman joustavat koneet*
- *käyttämällä rinnakkaisia ja identtisiä koneita*
- *käyttämällä parhaita työkaluja ja kiinnittimiä*
- *kytkemällä laadun ja tehokkuuden mittauksen kokonaisuohjaukseen ja pal-kitsemiseen.*

Toiminnan jatkuva parantaminen onnistuu

- *panostamalla henkilöiden koulutukseen*
- *panostamalla jatkuvan parantamisen menetelmiin*
- *kehittämällä lastuamista ja työkalutekniikkaa*
- *pitämällä motivaatiota yllä tiimissä, ymmärtämällä ihmisen tarpeet, kyvyt ja halun oppia uutta*
- *panostamalla henkilöstön viihtyvyyteen, ergonomiaan ja työturvallisuuteen*
- *riittäväällä valvonnalla ja ohjauksella.*

Taulukossa 37 on FM-järjestelmän kestäväään käyttöönoton malliin liittyviä teki-jöitä. Taulukkoon on otettu mukaan yrityksen liiketoiminta- ja teknologiastrate-gia. Taulukkoon on myös kuvattu projektin kriittiset ja panostettavat tekijät käyt-töönoton eri vaiheissa. Taulukossa on lisäksi huomioitu sosioteknisen järjestel-män vaatimukset käyttöönoton eri vaiheissa.

Taulukko 37. Käyttöönoton vaiheet ja käyttöönotossa huomioitavat tekijät.



Investoinnin tavoitteiden määrittäminen

Tavoitteita määritettäessä on otettava huomioon, että investointi joustavaan valmistustekniikkaan on strateginen päätös, jolla on 10–15 vuoden vaikutus liiketoiminnan tuottavuuteen ja tehokkuuteen. Investointipäätöksen on perustuttava liiketoimintastrategiaan ja tuotantostrategiaan. Muutosprosessissa on mahdollisuus vahvistaa yrityskulttuuria koko organisaatiossa. Nykyaikainen joustava valmistusjärjestelmä on kytkettävä osaksi yrityksen informaatiojärjestelmää – tällöin rakennetaan kytkennät muihin järjestelmiin, kuten asiakkaiden tietojärjestelmiin ja tuotannonohjauksen sekä kontrollijärjestelmiin, kuten SPC-järjestelmään.

Yrityksen operatiivinen johto määrää projektille johdon ja organisaation sekä vastuut, samalla johto päättää käyttöönotettavan. Osallistuvaa käyttöönototapaa voidaan käyttää tuotantojärjestelmän sisäinajokoulutuksena. Pienryhmille annetaan selkeitä tehtäviä ja vastuita projektissa. Johto määrittää projektibudjetin ja projektin tavoitteet.

Teknistä järjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon muuttuvat olosuhteet, eli järjestelmää on pystyttävä laajentamaan joustavasti tai tuotteita on pystyttävä vaihtamaan. Tilakysymykset, joustot ja kapasiteettitarve määritetään alustavasti tässä vaiheessa. Sosiaalisen järjestelmän tavoitteissa lähdetään kartoittamaan resursseja, työaikamalleja ja työn organisaatiota. Kriittistä tässä vaiheessa on tavoitteiden strategianmukaisuus.

Järjestelmän suunnittelussa huomioitavia tekijöitä

Esisuunnittelussa on hyvä tehdä riittävän perusteellinen kartoitus, jossa huomioidaan pitkän tähtäimen tavoitteet. Esitutkimus on nimenomaan nykyisen verstaan toiminnan ongelmien, pullonkaulojen ja kehittämistarpeiden kartoitusta. Samalla on tarkasteltava henkilöstön osaamistasoa, kehittämistarvetta, motivaatiota ja työn sisältöjä. Löydetyt ongelmat on analysoitava tarkasti ja kehittämiskohteet valittava tuotantostrategian mukaisesti. Esitutkimuksen lopputuloksena on kehityssuunnitelma. Jos päädytään järjestelmäinvestointiin, esitutkimus sisältää alustavan ehdotuksen investointiprojektiksi.

Varsinainen järjestelmän suunnitteluvaihe alkaa investointipäätöksen jälkeen. Investointipäätöksen tulee nojautua riittävän tarkkaan arvioon markkinoiden

volyymi- ja joustotarpeista. Järjestelmän suunnittelussa investointilaskelmat on syytä tehdä huolella ja kannattaa käyttää monipuolisia laskentamenetelmiä. Erinomaiseen tulokseen investointilaskelmissa päästään, jos arvioidaan esimerkiksi neljän seuraavan vuoden tulosennuste. Tulosennusteessa voidaan eri volyymivaihteluilla, kustannusarvioilla ja investoinnin sekä muiden rahoituskulujen vaikutuksella simuloida tulosityksikön nettotulosta.

Ohjattavien prosessien kuvaus on laadittava tässä vaiheessa määrittämällä FM-järjestelmän töiden ohjauksen periaatteet ja ryhmän itsenäisyys. Järjestelmän on sijoitettava layoutiin ja verstaan ohjaukseen saumattomasti. Projektin perustamisen yhteydessä valitaan toteutusorganisaatio ja käyttöönottopa sekä määritellään kustannukset, tavoitteet ja lopullinen aikataulu. Teknisen järjestelmän suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota ergonomiaan, sillä vuosien aikana operaattorit käsittelevät satoja tonneja materiaalia ja hyvällä ergonomialla sekä käsityövälineillä säästyään turhilta sairauslomapäiviltä. Suunnitteluvaiheessa on aloitettava koulutus, joka etenee tiimikoulutuksena FM-teknologian perusteisiin, ja samalla yrityksen perusarvoja vahvistetaan ja juurrutetaan koko organisaatioon.

Ratkaisevan tärkeää tässä vaiheessa on aikataulun määrittäminen, organisaation mukaanotto ja projektisuunnitelman tarkkuus. Käyttäjien mukaanotto eri projektiryhmiin ja riittävä informointi takaavat korkean motivaation sekä nopeamman käyttöönoton. Menetelmäsuunnittelijoiden ja NC-ohjelmoijien osallistumista järjestelmän suunnitteluun ei voida sivuuttaa.

Ylösajovaihe

Käyttöönotto on pystyttävä viemään läpi hallitusti, jolloin käyttöaste on saavutettava suunnitelman mukaisesti. Käyttöönototavan vaikutus projektin onnistumiseen on ratkaiseva. Käyttöönototavassa määritellään käyttöönotto-organisaatio, henkilöiden tehtävät, eri henkilöstöryhmien osallistuminen, ulkopuolinen panostus, koulutuksen määrä ja tulevan tuotantojärjestelmän organisointi. Käyttöönototopaa voidaan kutsua tuotantotekniikan kehittämisprosessin hallinnaksi. **Käyttöönotossa toteutuu valittu toimintastrategia ja ennen kaikkea tuotantotratgia. Koko kehittäminen pitää sitoa pitkän tähtäimen tavoitteisiin ja suunnitelmiin.**

Muutokset ovat ihmisille vaikeita. Uuden tuotanto-organisaation tai tekniikan käyttöönotossa käyttäjät saadaan mukaan projektiin helpoiten avoimella tiedottamisella ja toiminnalla. Muutoksiin sopeudutaan jo etukäteen ja vastustus voiteetaan. Säännöllisiä tiedotustilaisuuksia ei kannata lyödä laimin.

Laitisen (1998, s. 212) mukaan muutosprosessi tulee nähdä myös oppimisprosessina. Tämä pätee myös FMS-projektiin, mutta käytön ja tekniikan kehittämiseen on luotava menetelmä, jotta järjestelmä säilyttää kilpailukykynsä.

Järjestelmän käyttöönottoa nopeuttaa tehokas pienryhmätyöskentely. Pienryhmät on syytä käynnistää heti projektin alkuvaiheessa. Menetelmä-, työväline- ja kiinnitinsuunnittelu ja NC-ohjelmien laadinta on syytä aloittaa heti kun tiedetään hankittavien koneiden tekniset tiedot. Suunnittelun ja toteutuksen on toimittava yhtä aikaa. Hyvin hoidettuna ja tehokkaasti tehtynä FMS-projekti voidaan viedä läpi 1–1,5 vuodessa.

Käyttöönottoaikaa voidaan lyhentää perusteellisella henkilöstön koulutuksella. Koulutuksessa voidaan tähdätä FMS-operaattorin, NC-koneistajan tai koneistajamestarin ammattitutkintoonkin. Koulutuksen pitää johtaa ammattitaidon saavuttamiseen. Koulutuksen määrää ja sisältöä on sopeutettava tapauskohtaisesti. Varsinainen käyttäjien kehittäminen alkaa käyttöönoton jälkeen. Asetusten vaihdon tulee sujua nopeasti, ja sisäisten ja ulkoisten asetusten analysointi ja kehittäminen on vietävä huippuunsa. Uuden kappaleen käyttöönottoa järjestelmään on syytä harjoitella ja kehittää. Uuden paletin suunnittelua, ohjelmointia ja sisänaajoa on pyrittävä kehittämään ja nopeuttamaan.

Käyttö- ja kehittämisvaihe

Asiakaslähtöinen joustava tuotanto edellyttää laatua, nopeutta ja joustavuutta. Yrityksen liikeidea (toiminta-ajatus) ja yritysstrategia kulkevat käsi kädessä. Niitä on pidettävä yllä ja vaalittava. Järjestelmän on mukauduttava muuttuviin olosuhteisiin. Puoliautomaattinen sosiotekninen järjestelmä kytkeytyy informaatiojärjestelmän välityksellä ympäristön muihin järjestelmiin. Laatukontrolli ja tuotantokontrolli on pitkälti rakennettu informaatiojärjestelmän varaan. Käyttäjäorganisaatio vastaa prosessista. Työnjohdon merkitys vähenee järjestelmien itsenäistyessä ja järjestelmän ottaessa vastuuta koko prosessista. Prosessin kil-

pailukyky, ajanmukaisuus, kehittämisen mahdollisuuksien ylläpito ja informaatiojärjestelmien vastepintojen valvonta ovat johdon keskeisiä tehtäviä.

Järjestelmän on pystyttävä palvelemaan joustavasti prosessin edeltäviä ja seuraavia vaiheita, kuten kokoonpanoa. Visuaalisuus ja informaation kulku solujen välillä pitää saada toimimaan. Jos tukeudutaan toiminnanohjausjärjestelmään ja tingitään visuaalisuudesta sekä perinteisestä kaksilaatikkojärjestelmästä, nykyaikaiset toiminnanohjausjärjestelmät pystyvät reagoimaan myös työkuorman vaihteluihin, mikäli toimintatavat raaka-aineiden tai aihoiden toimittajien kanssa ovat kunnossa.

Järjestelmäprojekteissa kannattaa pyrkiä itseohjautuvaan organisaatioon. Tiimit muodostetaan erilaisen ammattitaidon omaavista henkilöistä. Ammattitaitoa kehitetään ja parannetaan määrätietoisesti. Solun tehtäväkuvaus, vastuu ja toiminnan seurannan mittarit on laadittava yhdessä ryhmän kanssa. Työkiertoa kannattaa edistää, ja työnjohtajan tehtäviä voidaan siirtää ryhmälle. Tuottavuuden kehittymisen kannalta tärkeää on pitää yllä jatkuvan parantamisen periaatetta, henkilöstön osaamisen kehittämistä ja mahdollisuutta koko henkilöstön kykyjen, tietojen ja taitojen käyttöön.

7.4 Tutkimuksen arviointi

Tämä tutkimus on tapaustutkimus, jossa kohteena on case-yrityksen tuoteverstaas. Case-yrityksen kohdalla tutkimus sisälsi myös osallistuvan toimintatutkimuksen ja kokeellisen kehittämistoiminnan piirteitä mm. osallistumalla FM-järjestelmän käyttöönottoprojektiin ja kouluttamalla tuoteverstaan henkilöstöä (ks. Hyötyläinen 2007). Tässä luvussa tarkastellaan tutkimusta case-tutkimuksen, pitkittäistutkimuksen, tiedonkeruumenetelmien ja aineiston analyysin kannalta.

7.4.1 Tutkimusasetelma: case-tutkimus ja vertailuaineisto

Tutkimusasetelma

Tutkimuksen perusteoriaksi otettiin sosiotekninen järjestelmäteoria ja erityisesti van Beinum (1988) näkemys joustavasta tuotantoautomaatiosta. Lähtökohta olisi voinut olla myös päinvastainen, eli kevyttuotantomallia olisi verrattu sosio-

tekniseen teoriaan. Eräänä perusteluna sosioteknisen teorian valintaan on hyvän työn malli työntekijän kannalta. Toisena perusteluna on tutkijan oma mielenkiinto: miksi sosiotekniset järjestelmät elävät vain aikansa ja useat niistä ovat vain keiluja eivätkä saa pysyvää jalansijaa yrityksissä.

Tässä tutkimuksessa kuvattiin case-yrityksen tuoteverstaan sosioteknistä muutosta 1980-luvulta vuoteen 2006. Sosioteknistä muutosta kuvattaessa kuvauksesta tulee väistämättä varsin yksityiskohtainen ja jopa pikkutarkka. Em. seikalta ei tässä tutkimuksessa voitu vältyä. Tarkkaa kuvausta voidaan perustella sillä, että tutkimuksessa haettiin sosiotekniseen järjestelmään liittyviä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Sosioteknisen teorian kehittäminen perustui case-yrityksen ja case-yrityksen tuoteverstaan kehittymisen kuvaukseen pitkällä aikavälillä. Case-yrityksen kuvauksella haettiin ne sosioteknisen järjestelmän parametrit, joihin verrattiin vertailuaineistoa. Näitä parametreja olivat yrityskulttuuri, strategiat, johtaminen, tietojärjestelmät ja ympäristötekijät (ks. kuva 37).

Case-tutkimus ja vertailuaineisto

Tutkimus suoritettiin ensin case-yrityksessä. Case-yrityksen aineistosta laadin tutkimusraportin, joka käytiin läpi yhdessä case-yrityksen edustajien kanssa. Tämän perusteella case-yrityksestä kerättyjä tietoja tarkistettiin ja täsmennettiin. Samalla tarkistin ja täsmensin haastattelumenetelmää ja haastattelukysymyksiä. Tällä tavoin pyrin parantamaan haastattelujen luotettavuutta ennen kuin aloitin vertailuaineiston keruun.

Ennalta laaditut kysymyslomakkeet olivat muotoutuneet case-yrityksen haastattelujen perusteella. Eri henkilöryhmistä olevien henkilöiden haastattelut antoivat monipuolisemman kuvan kuin vain toimihenkilöitä tai projektipäälliköitä haastatteleamalla saadut tulokset. Työntekijöiltä sai realistisemman kuvan projektin toteutumisesta ja jopa kriittisen arvion.

Järjestelmän käyttäjiä haastateltiin samalla periaatteella. Haastateltujen määrä kussakin verstaassa vaihteli kahdesta kahdeksaan. Haastattelujen yhteydessä tietoja tarkistettiin projektidokumenteista ja muista lähteistä. Käyttäjien haastateluisia tätä ei luonnollisesti voitu tehdä. Lanning (1996, s. 162) koki vastaavanlaisessa tutkimuksessa haastattelujen suunnittelun, toteutuksen ja purkamisen vaikeasti hallittavana ongelmana. Toisaalta hän koki semanttisia ongelmia ai-

neiston tiedon käsittelyssä. Tässä tutkimuksessa vastaavia ongelmia ei ollut, koska tutkija oli pitkään kouluttanut työntekijöitä kyseiseen tekniikkaan ja tunti konepajatekniikan termistön ja käsitteet. Tutkimus tuotti hyvin suuren määrän aineistoa, jota kaikkea ei voitu ottaa mukaan siinä laajuudessa kuin alun alkaen oli tarkoitus.

Tutkimuksen toteutus ja aineiston yhdenmukaisuus

Tutkimuksessa kuvattiin vertailuaineiston projektien onnistumista sekä pyrittiin selvittämään käyttöönottojen eroja ja järjestelmien käyttöä järjestelmien käyttäjien kannalta. Verstaiden taloutta selvitettiin tarkastelemalla tilannetta ennen ja jälkeen projektin. Tällä tavoin pyrittiin analysoimaan käyttöönotetun joustavan valmistusjärjestelmän vaikutuksia kannattavuuteen, tuottavuuteen, laatuun ja toiminnan tehokkuuteen. Aineistoa kerättiin eri henkilöiltä ja sisäisistä tulosraporteista, laadun ja toiminnan seurannan raporteista sekä muista yrityksen asiakirjoista. Tietojen keruu perustui puolistrukturoituihin henkilöhaastatteluihin, ja tiedonkeruun jälkeen kerätty aineisto annettiin kommentoitavaksi ja tarkennettavaksi.

Eräs tapa tehdä tämä tutkimus olisi ollut lähteä mukaan kehitysprojekteihin ja seurata ne alusta loppuun. Tällä tavoin aineistoa olisi voitu kerätä vain parista kolmesta projektista, mutta aineisto olisi jäänyt suppeammaksi. Case-yrityksen kohdalla olin kaksi vuotta projektiorganisaatiossa asiantuntijana ja vastuullani oli henkilöstön kehittäminen ja koulutus. Lisäksi toimin järjestelmien kouluttajana projekteissa 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ja 14. Projektien 2, 3, 11 ja 13 käyttäjät suorittivat tämän tutkimuksen tekijälle FMS-operaattorin ammattitutkinnon. Kaikki tutkitut verstaat olivat tuttuja ja siten edesauttoivat tutkimusaineiston keruuta ja haastattelujen suoritusta. Esimerkiksi FMS-koulutustietoja voitiin tarkistaa AEL:n koulutusrekistereistä.

Tutkimuksen validiutta olisi voitu parantaa haastattelemalla useampia henkilöitä ja myös yrityksen muista ryhmistä, mutta toisaalta tutkimusaineistoa kerättiin kolmella päämenetelmällä: haastattelemalla, havainnoimalla ja yrityksestä saatavan kirjallisen materiaalin perusteella. Pyrittiin siis monipuolisiin tiedonkeruumenetelmiin. Tutkimukseen valittiin yritykset, joissa oli mahdollisimman uusia käyttöönottoprojekteja. Vanhimmat projektit, jotka oli toteutettu 1980-luvun alussa tai vuosikymmenen puolivälissä, katsottiin liian vanhoiksi, koska haastattelututkimuksissa henkilöt ovat saattaneet vaihtua ja tiedot kadota sekä unohtua.

7.4.2 Pitkittäistutkimus ja tutkimuksen aikarelevanttius

Pitkittäistutkimus on mielenkiintoinen ja haasteellinen. Pitkittäistutkimuksessa korostuvat aikajärjestyksen merkitys, taustojen kuvaus ja raportointi. Raportoinnissa on edullista käyttää runsaasti taulukoita, käyriä ja muita graafisia esitysmuotoja (ks. Pettigrew 1990).

Pitkittäistutkimuksessa on myös omat rajoituksensa. Tässä tutkimuksessa esimerkiksi verstaiden talouslukujen kerääminen ja tulkinta, toimintaympäristön muutokset ja tuotantonsa lopettaneet verstaat olivat tutkimuksen kannalta vaikeita selvittää ja tulkita. Verstaiden talouskehityksen tutkimusaineistoja kerätessä pyrittiin löytämään ne tekijät, jotka johtuivat joustavan valmistusjärjestelmän käyttöönotosta. Kolme tutkituista verstaista oli niin suuria, että kehitysprojekti ei ollut laajuudeltaan verstaan kokoon tai toimintoihin nähden niin merkittävä kuin muissa tutkituissa verstaissa. Esimerkiksi verstaiden 3, 5 ja 9 osalta rakennettiin kokonaan uudet tehdastilat.

Tutkimuksen aikarelevanttius

Verstaiden 1 ja 3 pitkäaikainen tuottavuuden kehitysraportti saatiin tutkimuksen käyttöön. Saadut luvut varmistivat tuottavuuden kehittymisen trendin näissä kahdessa yksikössä. Muista tuoteverstaista vastaavia pitkän aikavälin seurantaraportteja ei saatu. Pitkän aikavälin vuoksi ei otettu mukaan talouslukuja, joita yrityksistä kerättiin vuoden 2006 kartoituksessa. Lasketut tunnusluvut eivät olisi kuvanneet riittävän luotettavasti pitkän aikavälin muutosta. Case-yrityksen kohdalla talousluvut ulottuvat vuoden 2001 loppuun saakka. Tämän jälkeisen ajan lukujen irrottaminen suuremmasta kokonaisuudesta ei ollut mahdollista.

Eräiden talouslukujen kerääminen ei ollut mahdollista kaikista yrityksistä. Osassa yrityksiä tarvittavaa tietoa ei kerätty tai tieto koski niin suurta yksikköä, että sitä ei voitu kohdentaa juuri kyseisen verstaan projektiin. Vuoden 2006 tuottavuus- ja talouslukujen hankinta oli jo selvästi vaikeampaa. Yritykset olivat pääosin pörssiyrityksiä, eikä kaikkien pyydettyjen tietojen saaminen ollut mahdollista. Onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien vertailu tuotti yllättävän tuloksen: kaikki paitsi yksi epäonnistuneista käyttöönottoprojektien järjestelmistä oli ulkoistettu tai ajettu alas.

Rakennetut järjestelmät poikkesivat tyypiltään ja kooltaan jonkin verran. Tätä ei kuitenkaan voitane pitää ongelmana, koska tutkimuksen pääkohteena oli tuoteverstaas. Onnistuneissa sekä epäonnistuneissa projekteissa oli pieniä ja keskisuuria FM-järjestelmiä. Näytti siltä, että järjestelmän koolla ei ollut vaikutusta käyttöönoton onnistumiseen. Mainittakoon, että molemmat levytyöstön FM-järjestelmät olivat epäonnistuneiden käyttöönottojen joukossa. Toisaalta toinen näistä uusittiin jo kolmen vuoden käytön jälkeen. Toisen levytyöstön FM-järjestelmän tuotanto ulkoistettiin ja järjestelmä siirrettiin muualle. Tässä yrityksessä ulkoistuksen syynä oli johdon tuotantostrategiapäätös, jossa ohutlevytyöt kokonaisuudessaan siirrettiin järjestelmätoimittajalle.

FM-järjestelmien luotettavuutta tarkasteltiin käyttösuhteen kehittymisen kautta sekä välillisin mittarein, kuten mm. laadun ja susikustannusten muutosten kautta. Tutkimuksen mukaan itse järjestelmät olivat käyttöönoton jälkeen varsin luotettavia. Vastaavasti Lakso (1988) tarkasteli järjestelmien luotettavuutta käyttösuhteen ja käytettävyyden kautta, ja myös tämän tutkimuksen järjestelmissä päästiin käyttöönoton jälkeen vastaaviin lukuihin.

Tutkimuksessa mukana olleiden FM-järjestelmien tekninen taso oli säilynyt lähes samana koko tutkimuksen ajan. Tutkimuksen käyttöönotetut järjestelmät olivat tulleet käyttöikänsä päähän. Verstaissa 5, 10 ja 11 työstökoneiden vaihto oli alkamassa tutkimushetkellä. Verstaan 6 levytyöstön FM-järjestelmän uusiminen oli budjetoitu vuodelle 2007. FMS-tekniikka on 1990-luvun alusta kehittynyt työstökoneiden ja lastuavien työkalujen osalta. FMS-ohjauksissa on tullut merkkipohjaisista käyttöliittymistä Windows-tyyppisiin käyttöliittymiin. Järjestelmien helppokäyttöisyys on parantunut. Suuremmat pikaliike- ja lastuamisnopeudet antavat selkeästi suuremman lastuvirran kuin 1980-luvun lopun koneet. Tässä tutkimuksessa käytetty FMS-teknologia oli kaikissa järjestelmissä vielä 1990-luvun tasolla, lukuun ottamatta eräiden järjestelmien ohjauksen vaihtoa sekä panostusta uusien työkaluihin.

1980-luvun lopun ja 1990-luvun alun FM-järjestelmät rakennettiin paikan päällä. Asennusaika esim. AEL:n FM-järjestelmän osalta oli useita viikkoja. Kaapeloinnit, anturoiden jälkivalut, ohjauksen testaukset, ohjelmien siirtojen ja työkalutietojen siirtojen testaukset saattoivat kestää päiväkausia. 2000-luvun FM-järjestelmät ovat tuotteistettuja, esim. Fastemsin konttiin perustuvan kompaktin FMS:n asennusaika on noin 5 päivää. Toisaalta FMS-tekniikassa ratkotaan sa-

moja ongelmia kuin 1980-luvulla. Näitä ovat mm. erilaisten koneiden liitynnät FMS-ohjaukseen, tiedonsiirto ja työkalutietojen siirto.

7.4.3 Tiedonkeruumenetelmät

Dokumenttien reliabelius ja validius

Verstaiden talouden ja tuotannon tunnusluvut perustuivat yritysten sisäisen laskennan raportteihin ja dokumentteihin. Yritysten sisäisen laskennan tarkkuus riippuu paljolti kirjaamistarkkuudesta; mm. reklamaatioiden kirjaamisessa ja laadun seurannassa tarkkuus riippuu tiedon vastaan ottavasta henkilöstä. Talouslukujen sisäinen laskenta tarkastelee tuoteverstasta omana yksikkönä. Tutkituista verstaista mikään ei tehnyt omaa tilinpäätöstä, sen sijaan verstaan tulosta seurattiin. Poistojen ja vaihto-omaisuuden kirjaamisessa oli verstaskohtaisia eroja.

Verstaiden talouslukujen muutokseen tarkkailuajanjaksolla liittyy runsaasti ulkopuolisia tekijöitä, joita ovat mm. valuuttakurssimuutokset, tuotevariaatioiden kysynnän vaihtelut ja muutokset tuotteissa, tuotteiden hinnoittelussa ja markkina-alueissa. Tutkituilta verstailla pyydettiin selvitystä em. ulkopuolisista tekijöistä, jotka ovat oleellisesti vaikuttaneet verstaan tuloskehitykseen.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin eri tulosityksiköiden toiminnan kehittymistä tuotantoautomaation käyttöönoton seurauksena. Tulosityksikkö oli tyypillisesti osasto, jossa menetelmiä, työvälineitä, työntekijöitä, työn organisaatiota ja työn suoritusta kehitettiin. Tuotantotoiminnan kehittymistä mitattiin monipuolisilla ja monitahoisilla menetelmillä.

Verstaiden tuottavuutta tarkasteltiin erilaisilla osatuottavuusmittareilla. Mittareina käytettiin fyysisiä ja rahamittareita. Fyysiset mittarit, kuten volyymin suhde konetunteihin, kuvaavat konekapasiteetin käyttöä. Näiden mittareiden tulkinnassa on oltava varovainen. On tiedettävä, miten tuotantoprosessia on kehitetty, sillä mittarin katsantokanta voi olla hyvin kapea-alainen.

Rahapohjaisten mittareiden käytössä mukaan tulevat perinteiset laskentatoimen laajuus-, arvostus-, mittaus-, kohdistus- ja jaksotusongelmat. Tutkimuksen ajankohtaan sattuvat myös vuonna 1991 tapahtunut 14 prosentin devalvaatio ja vuo-

den 1992 markan kellutus. Devalvaatio paransi yritysten vientimahdollisuuksia ja tulosta. Myös tämän vuoksi rahapohjaiset luvut on deflatoitu.

Myös projektien eripituiset kestoajat luovat epävarmuustekijöitä rahapohjaisten mittareiden luotettavuuteen. Tämän tutkimuksen rahapohjaiset tunnusluvut on deflatoitu lähtövuoden tasoon. Toinen ongelma rahapohjaisten mittareiden käytössä on tuottavuuden ja kannattavuuden mittaamisen välinen yhteys. Kokonaistuottavuuden mittaamisessa tuotos-panossuhteella päästään periaatteessa 100-prosenttiseen reliabiliteettiin ja validiteettiin, mutta monituoteyrityksessä on ilmeisen vaikea löytää käytännön mittaria kokonaistuottavuuden mittaamiseen. Eri yritysten tuottavuuden kehityksen arviointi on ongelmallista. Keskiarvoja laskemalla ei voida erottaa tuotantotyyppiä tai tuotannon erityispiirteitä. Tätä pyrittiin selkeyttämään ilmoittamalla minimi- ja maksimit. Tuottavuuden mittaamisen reliabiliteettia pyrittiin parantamaan välillisellä mittaamisella. Verstasta tarkastellaan laadun, ohjattavuuden, käsittelyjen nopeuden, susikustannusten, myöhästymän, varastojen, laatu- ja kustannusten, henkilökunnan sairastavuuden ja poissaolojen muutoksella. Näissäkin luvuissa on eräitä epävarmuustekijöitä: esimerkiksi henkilöstöä on vaihtunut, sairaampia on siirtynyt eläkkeelle, tai laatu- ja kustannusten seurannan kirjauksissa on tapahtunut muutoksia.

Haastattelujen reliabiliteetti ja validiteetti

Käyttöönottoprojektien tutkimuksen luotettavuutta pyrittiin parantamaan suorittamalla sama haastattelu aina kolmelle eri henkilölle, jotka olivat olleet keskeisesti mukana projektissa. Haastatteluun osallistui kaikista projekteista projektin vetäjä. Projektin toteutuksen tietoja tarkistettiin projektidokumenteista, kuten hankintasopimuksista, investointisuunnitelmista, loppuraportista, projektikalentereista, käyttöönottojen seuranta- ja vikapäiväkirjoista ja käyttöhenkilöstölle suoritettua haastattelussa oli myös käyttöönottoa koskevia kysymyksiä. Käyttöönottoprojektin onnistumista tarkasteltiin myös verstaan tuloskehityksen perusteella. Vuosien 1993 ja 1994 henkilöstöhaastattelut suoritettiin vähintään kolmelle eri työntekijälle. Haastateltavina olivat FMS:n käyttäjät, FMS-operaattorit ja NC-ohjelmoijat. Henkilöhaastattelut toistettiin vuonna 2006. Projektihaastattelu ja henkilöstöhaastattelu sisälsivät samoja kysymyksiä. Henkilöhaastattelussa oli muutama kontrollikysymys, jolla tarkasteltiin vastausten johdonmukaisuutta, esimerkiksi liitteen C kysymykset 23 ja 46. Eräiden kysymysten vastaukset perustuivat verstaaspäällikön subjektiiviseen arvioon (esimerkiksi

kysyttäessä järjestelmän tai verstaan automaatioastetta). Vapaamuotoiset ja laadulliset kysymykset olivat tutkimuksen kannalta tärkeitä syiden ja seurausten selvittämisessä.

Kolmanneksi yrityksen talous-, tuotanto- ja tuottavuuskehitystä tutkittiin ennalta laadittujen lomakkeiden perusteella. Verstaan valmistuspäällikkö tutustui etukäteen lomakkeeseen ja keräsi tietoja valmiiksi yrityksen sisäisistä raporteista. Työssä avustivat yrityksen talous- ja menetelmäosastot. Kaikki lomakkeiden kysymykset ja kohdat käytiin läpi. Tulosten keräämisen jälkeen luvuista laadittiin yhteenveto, johon haastatteluaineisto oli kirjattu, ja lisäksi raporttiin oli laskettu verstaan tunnuslukuja. Tässä yhteydessä verstaspäälliköitä pyydettiin tarkistamaan luvut ja postittamaan ne takaisin tutkijalle. Haastatteluja ei nauhoitettu, koska haastattelijien määrä oli lähes 200. Nauhoittaminen olisi antanut jälkempäin mahdollisuuden kerrata ja tulkita haastatteluja. Toisaalta haastattelu ilman nauhoitusta saattoi antaa realistisemmän kuvan kysymyksiin.

Kyselyjen reliaabelius ja validius

Tutkimuksessa käytettiin JDS- ja BMS-kyselyitä, joilla pyrittiin kuvaamaan case-yrityksen työntekijöiden psyykkistä hyvinvointia, työtyytyväisyyttä ja työmotivaatiota. Kyselyt tehtiin kolme eri kertaa vuosina 1988, 1991 ja 1994. Standardoidut kyselyt mahdollistivat pitkäaikaistutkimuksen teon. Eri vuosina tehtyjen kyselyiden tuloksia on vertailtu toisiinsa tilastollisesti. Myös kyselykertojen välillisiä eroja on vertailtu tilastollisesti. Riippumattomien otosten t-testi kuvataan kohdassa 4.4. JDS- ja BMS-kyselyitä on käytetty aikaisemmin FMS-tutkimuksissa (Kuisma 1986, Vartiainen ym. 1988). Näissä tutkimuksissa menetelmät osoittautuivat käyttökelpoisiksi arvioitaessa FMS-työtä. Kysymykseen, miksi tutkimukseen otettiin työn piirteiden ja työn kuormituksen mittaukset, on vastauksena, että tällä tavoin haluttiin saada mahdollisimman monipuolinen kuva työstä ja varmistua siitä, aiheuttaako sosioteknisen järjestelmän mukaisesti rakennettu FMS-työ negatiivisia työn piirteitä tai kuormittuvuutta (ks. myös Vartiainen 1989).

Kehittämiseen osallistumisen reliabelius ja validius

Kehittämiseen osallistuminen mahdollisti kontekstiin sidotun teoreettisen tarkastelun, jossa case-yrityksen syvällistä kuvausta voitiin verrata vertailuaineistosta kerättyyn aineistoon (ks. Pettigrew 1990, Hyötyläinen 2007, s. 384).

Kehittäminen tapahtui osallistumalla case-yrityksen FMS-projektiin ja kouluttamalla FM-järjestelmän käyttäjät AEL:n FM-järjestelmällä. Projektiryhmä koostui kahden vuoden aikana 2–3 kuukauden välein. Projektiryhmässä käsiteltiin käyttöönottoa, koulutusta, työsisältöjä ja henkilöstön osallistumista käyttöönottoon. Projektiryhmä seurasi mm. koulutuksen toteutusta ja koulutuksen riittävyttä. Projektiryhmä toimi välittömänä yhdyslinkkinä yrityksen johtoon ja projektin johtoon. Tällä tavoin varmistettiin riittävät resurssit koulutuksen toteutukseen. Lisäksi projektiryhmän kautta saatiin kaikki projektiin liittyvä kirjallinen materiaali. Useimmissa vertailuaineiston projekteissa FMS-koulutusta annettiin AEL:n FMS-koulutusjärjestelmällä. FMS-operaattorit koulutettiin AEL:ssä, jossa he suorittivat FMS-operaattorin ammattitutkinnon.

7.4.4 Aineiston analysointi

Aineisto muodostui määrällisestä ja laadullisesta aineistosta. Aineistot tukivat toinen toisiaan. Kvantitatiivinen aineisto pyrittiin käsittelemään tilastollisin menetelmin (liitteet B, H, I, J ja Q). Tilastollisella käsittelyllä pyrittiin poistamaan keskimääräistysten perusteella tehtyjä johtopäätöksiä. Osassa vastauksia standardipoikkeamat ovat varsin suuria. **Poikkeamien suuruus korostuu tilastollisesti varsin pienissä ryhmissä, kuten onnistuneiden ja epäonnistuneiden projektien ryhmissä.** Liitteen B tulokset esitetään projektikohtaisesti aina kun se vain on mahdollista. Myös yhteenvedonomaisiin vastauksiin laskettiin keskiarvot, summat, keskipoikkeamat ja varianssit. Tällä pyrittiin poistamaan mahdollisia keskimääräistyksestä johtuvia tulkintoja. Tulosten tulkinnan helpottamiseksi varten on laadittu verstaiden kuvaukset (ks. liite F).

Sarparannan (1995, s. 192) mukaan tapaustutkimuksen aineiston analysointi on usein vaikeaa. Hän suosittelee useita aineiston keruutapoja, siis kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia, kuten tässä tutkimuksessa on käytetty. Kvalitatiiviset tulokset täydensivät määrällisiä tuloksia. Suorat haastattelulainaukset tässä tutkimuksessa kuvaavat hyvin sitä tunnelmaa, jossa henkilöt työskentelivät.

8. Johtopäätökset ja suositukset

8.1 Kestävän käyttöönoton malli

Tässä tutkimuksessa esitetty konepaja-automaation kestävä käyttöönoton malli on käytännönläheinen ja teollisuuteen soveltuva. Malli rakentuu 14 konepajasta kerätyn tutkimustiedon ja käytännön kokemusten antamien tietojen varaan. Teoreettisesti uutta on mallin vaiheistus koko järjestelmän eliniän kestäväksi. Tutkimus osoittaa, että järjestelmän ylösajovaiheen jälkeisen kehitystoiminnan merkitys on järjestelmän tuottavuuden kannalta vähintään yhtä suuri kuin itse uuden järjestelmän käyttöönoton merkitys. Mallissa kuvataan käyttöönoton kannalta kriittiset tekijät. Lisäksi malli kuvaa tuottavuuden kehittymisen ja jatkuvan parantamisen merkityksen avoimessa sosioteknisessä järjestelmässä. Tutkimustiedon perusteella rakennettu malli on kolmivaiheinen. Vaiheet ovat käyttöönoton nopeus, rakennetun järjestelmän tehokkuus ja järjestelmän käyttöiän kestävä jatkuva parantaminen. Laadittua kestävää käyttöönoton mallia voi käyttää konepajojen erilaisten konehankintojen ja järjestelmähankintojen käyttöönotossa.

8.2 Sosiotekninen järjestelmä FMS-ympäristössä

Tutkimuksessa kuvataan koko tuoteverstaan muodostama sosiotekninen järjestelmä FMS-ympäristössä. Tutkimuksessa havaittiin sosioteknisten järjestelmien muuttuneen järjestelmien käytön aikana. Kuvattuun sosiotekniseen järjestelmään otetaan mukaan kolmas ulottuvuus teknisen ja sosiaalisen järjestelmän lisäksi. Tämä ulottuvuus on liiketoimintaympäristö, jota tutkimuksessa kutsutaan sosioteknisen järjestelmän ulkoiseksi riippuvuussuhteiksi. Osa muutoksista oli peräisin yrityskulttuurimuutoksista, osa strategiamuutoksista ja osa ympäristön ja itse teknisen järjestelmän muutoksista. **Tutkimuksen mukaan sosioteknisen järjestelmän heikkoutena FMS-ympäristössä oli informaation hallinta ja kontrollin (johtamisen ja valvonnan) laiminlyönti sekä osassa tutkituista järjestelmistä jatkuvan parantamisen menetelmien systemaattinen käytön puute.**

Kuvattu sosiotekninen järjestelmä rakentui uuteen tuotantotekniikkaan (FMS) sekä toiminnan ohjaukseen, tietojärjestelmään tukeutuvaan kontrolliin ja yrityksen johtamiseen sekä strategiasta riippuvaksi järjestelmäksi. Tutkimuksen onnis-

tuneet järjestelmät oli otettu käyttöön käyttäjäkeskeisesti ja niiden työn organisaatiossa oli sovellettu sosioteknisen avoimen itseohjautuvan työn piirteitä enemmän kuin epäonnistuneissa projekteissa. **Tutkimuksen tuloksena voidaan pitää sitä, että parhaan tuottavuuden saa, kun yhdistää sosioteknisen järjestelmän ja kevyt tuotannon piirteitä.** Näitä ovat jatkuvan parantamisen menetelmät ja henkilöstön kouluttaminen sekä motivoiminen järjestelmien käyttöön. Lisäksi kevyt tuotantomallin mukainen kontrolli ja johtaminen näyttävät tuovan pitkällä aikavälillä paremman tuloksen. Sosioteknisen järjestelmän piirteistä ihmisen kyvyt ja kehittävä voimavara pitää saada organisaation käyttöön (vrt. Genaidy & Karwowski 2003, Paez ym. 2004, Seppälä & Klemola 2004).

8.3 Jatkotutkimushaasteita

Tuottavuus ja globalisaation haasteet

Tuottavuuden kehittäminen on työpanosta tärkeämpi aineellisen elintason määrittäjä, sillä työpanoksen kasvulle on olemassa yläraja, kun taas tuottavuus voi kasvaa rajatta (Vihriälä 2006, Pohjola 2007). Suomen tehdasteollisuudessa työn tuottavuuden taso on saavuttanut maailman kärjen. Tuottavuuden kasvu on tapahtunut yritysten toimintoja kehittämällä sekä heikompien yritysten karsiutumisella tuotannosta pois, kuten tässäkin tutkimuksessa kävi ilmi. Tutkimuksessa **epäonnistuneiden käyttöönottojen järjestelmistä viisi oli lopettanut tai ulkoistanut toimintansa.** Myös kiristyvällä kilpailulla on ollut tuottavuutta parantava vaikutus. Vihriälän (2006) mukaan globalisaatio on mahdollisesti ollut vaikuttamassa tuottavuuden kasvuun, vaikkakaan tutkittua tietoa asiasta ei ole. Mitalin ja Pennathurin (2004) mukaan G7-maissa tuottavuuskehitys on kääntynyt laskuun vuosina 1990–2000 vuosiin 1973–1990 verrattaessa. Tämän tutkimuksen yritykset toimivat globaaleilla markkinoilla: 12 yritystä 14 yrityksestä vaihtoi omistajaa tutkimuksen aikana. Valtaosa valmistettavista tuotteista menee vientiin. **Tuottavuutta kehittäneet ja parhaiten uuden tekniikan käyttöönotossa onnistuneet yritykset säilyttivät rakennemuutoksessa kilpailukykynsä.**

Miten hallitaan ammattitaitoisen työvoiman saaminen eläkkeelle siirtyneiden tilalle? Nyt tutkimuksessa olleiden huippuammattilaisten keski-ikä oli noussut jo hälyttävän korkeaksi. Millä keinoin osaamista on vielä parannettavissa?

Panostukset Suomeen vai ulkomaille?

Vihriälän (2006) mukaan ulkomaalaisten omistus osakkeiden markkina-arvosta Helsingin pörssissä oli noin 51 prosenttia. Suomalaisten yritysten suorat sijoitukset ulkomaille (yli 40 prosenttia BKT:stä) ovat selkeästi suuremmat kuin ulkomaalaisten sijoitukset Suomeen (n. 28 prosenttia BKT:stä). Myös suomalaisten yritysten henkilökunnan kasvu on ollut viimeisen kymmenen vuoden aikana merkittävää, sillä suomalaisten teollisuusyritysten palveluksessa on yli 350 000 henkeä ulkomailta. Suomalaisten yritysten investointiaste on pienentynyt vuosituhatvuotteen vaihteesta alkaen.

Onko löydettävissä keinot säilyttää konepajateollisuus Suomessa?

Pitkittäistutkimuksessa tuli hyvin esiin tuotannon jatkuvan parantamisen ja kehittämisen merkitys. Suomen kone- ja metallituoteteollisuuden tuottavuus on pitkällä aikavälillä kehittynyt vuosittain noin neljä prosenttia. Tämä kynnys yritysten on joka vuosi ylitettävä. Tuotantoa on ulkoistettu ja toimintoja on siirretty ulkomaille. Tästä nousevatkin uusiksi tutkimuskysymyksiksi seuraavat:

Miten ulkoistamiset ovat onnistuneet? Kuinka ulkoistukset olisi paras tehdä? Mitkä olivat ulkoistusten todelliset taloudelliset hyödyt?

Voidaanko uudella tekniikalla haastaa globalisaatio?

FMS-projektin myötä case-yrityksessä tehtiin tekniikka- ja tuottavuusharppaus, joka johti tuottavuuden kehittymiseen vuoteen 1996 saakka. Tämän jälkeen tuottavuus ei enää kasvanut. Tutkimuksen mukaan tekniikan ja menetelmien kehitys jäi taka-alalle vuodesta 1995 vuoteen 2004. Onnistuneet järjestelmäprojektit säilyivät kilpailukykyisinä, ja tuotanto jäi Suomeen. Tutkimuksessa olleet yritykset panostivat voimakkaasti tekniikan kehittämiseen. Tekniikkaan panostaminen ei vielä riittänyt, vaan piti myös onnistua tekniikan käyttöönotossa. Tutkimuksen onnistuneet yritykset olivat tekniikkaharppauksen jälkeen saaneet hyödynnettyä tuotannon organisoinnit, jatkuvan parantamisen, työn joustavuuden sekä henkilökunnan osaamisen paremmin kuin muut.

Riittääkö panostus moderniin tekniikkaan ja koulutukseen, vai onko teollisuuden kilpailukykyä edistettävä vielä ponnekaammin valtiiovallan toimesta?

Lähdeluettelo

Abdel-Malek, L., Das, S. K. & Wolf, C. 2003. Design and implementation of flexible manufacturing solutions in agile enterprises. *International Journal of Agile Management Systems*. S. 187–195. (Vol. 2, No. 3.)

Adler, P. S. 1991. Workers and flexible manufacturing systems: Three installations compared. *Journal of Organizational Behaviour*. S. 447–460. (Vol. 12.)

Adler, P. 1994. Worker Responses to new wave Manufacturing. *New Wave Manufacturing Strategies – Organizational and Human Resource Management Dimensions*. 1. p. Newcastle: Paul Chapman Publishing. S. 226–246. ISBN 1-85396-180-9.

Alasoini, T. 1990. Tuotannolliset rationalisoinnit ja teollisuuden työvoiman käyttötapojen muutos. 1. p. Helsinki: Työministeriö. 335 s. (Työpoliittinen tutkimus 5.) ISBN 951-47-3850-0.

Alasoini, T. 1993. Ohut tuotanto ja antroposentrinen tuotanto tulevaisuuden tehtaan malleina. 1. p. Tampere: Tampereen yliopisto. 95 s. (Työelämän tutkimuskeskus, Työraportteja 39/1993.) ISBN 951-44-3339-4.

Alasoini, T. 2001a. Käsäteohjautuva muutos suomalaisilla työpaikoilla: uusi operatiivisen ja organisatorisen kehittämisen malli? *Hallinnon tutkimus*. S. 41–55. (No 20.)

Alasoini, T. 2001b. Tiimityö Suomen teollisuudessa 1970-luvulta 2000-luvulle – määrällisiä ja laadullisia muutoksia. Teoksessa: Alasoini, T., Lifländer, T. & Rahikainen, O. (toim.). *Ylivoimaa yhteistyöllä: kokemuksia teollisuuden tiimi-projekteista*. Helsinki: Työministeriö. S. 8–21. (Työelämän kehittämisohjelman raportteja 14.)

Alasoini, T. 2006. Työnteon mielekkyyden muutos Suomessa 1992–2005. *Työolobarometrin aineistoihin perustuva analyysi*. Helsinki: Työministeriö. 61 s. (Tykes, Raportti 45.) ISBN 951-735-916-0.

Aliot, A. 1984. Flexible automation and job design in manufacturing systems: conclusions from a visit in Japan. Design of work in automated manufacturing systems. Proceedings of the IFAC Workshop, Karlsruhe, Federal Republic of Germany 7–9 November 1983. 1. p. Oxford: Pergamon Press. S. 41–43. ISBN 0-08-031118-0.

Alvesson, M. & Berg, P. O. 1992. Corporate Culture and Organizational Symbolism. 1. p. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 258 s. (de Gruyter Studies in Organization 34.) ISBN 3-11-013607-4.

Andersin, H. & Kauppinen, V. 1992. Johdanto – tuotantoautomaation kehitys. Teoksessa: Aaltonen, K., Airila, M., Andersin, P., Ekman, K., Kauppinen, V., Liukko, T. & Pohjola, P. Tuotantoautomaatio. 1. p. Hämeenlinna: Otatiето Oy. S. 9–33.

Andersson, P. H. 2007. FMS in 2010 and beyond. Tampere Manufacturing Summit, 6.–7. kesäkuuta 2007, Tampere. S. 1–25.

Ayres, R. U. 1984. The Next Industrial Revolution. 1. p. Massachusetts: Ballinger Publishing Company. 282 s. ISBN 0-88410-885-0.

Baldwin, R. 2006. Globalisaatio: Suuret osittumiset. Teoksessa: Vihriälä, V. Globalisaation haasteet Euroopalle: Talousneuvoston sihteeristön globalisaatioselvitys – OSA I. 1. p. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. S. 11–56. (Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 16/2006.) ISBN 952-5631-13-3.

Basu, D. R. & Miroshnik, V. 1999. Strategic human resource management of Japanese multinationals – A case study of Japanese multinational companies in the UK. S. 714–732. (Vol. 18, No. 9.)

Bayazit, O. 2005. Use of AHP in decision-making for flexible manufacturing systems. Journal of Manufacturing Technology Management. S. 808–819. (Vol. 16, No. 7.)

van Beinum, H. 1988. New technology and organizational choice. QWLFocus. S. 3–10. (Vol. 6, No. 1.)

- Blumberg, M. & Alber, A. 1982. The human element; Its impact on the productivity of advanced batch manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*. S. 43–52. (Vol. 1, No. 1.)
- Blumberg, M. & Gerwin, D. 1984. Coping with advanced manufacturing technology. *Journal of Occupational Behaviour*. S. 113–130. (Vol. 6.)
- Boer, H., Hill, M. & Krabbendam, K. 1990. FMS implementation management: promise and performance. *International Journal of Operation & Production Management*. S. 5–20. (Vol. 10, No. 1.)
- Boyle, T. A. 2006. Towards best management practices for implementing manufacturing flexibility. *Journal of Management Technology Management*. S. 6–21. (Vol. 17, No. 1.)
- Brödner, P. 1990. *The Shape of Future Technology*. 2. p. London: Springer Verlag London Ltd. 136 s. ISBN 3-340-19756-9.
- Budenbender, W. & Scheller, T. 1987. Flexible Fertigungssysteme in der Praxis. *VDI-Z*. S. 22–28. (Vol. 129, No. 10.)
- Bullinger, H. J., Warnecke, H. J. & Lentjes, H. P. 1986. Toward the factory on the future. *International Journal of Production Research*. S. 697–741. (Vol. 24, No. 4.)
- Byrd III, J. B. 2007. *Technology Innovation Advances Manufacturing*. Tampere Manufacturing Summit, 6.–7. kesäkuuta 2007, Tampere. S. 1–30.
- Börjesson, S. 1991. Prerequisites for alternative working hours in an FMS. *International Journal of Industrial Ergonomics*. S. 241–274. (No. 7.)
- Börjesson, S. 1996. A case study on activity-based budgeting. *International Journal of Cost Management*. S. 7–18. (Vol. 19, No. 4.)
- Börjesson, S. 1997. *An Analysis of Two Approaches to Improvement in the Engineering Industry*. 1. p. Gothenburg: Bibliotekets Reproservice CTHB. 61 s. ISBN 91-7197-484-9.

Chani, K. A. & Jayabalan, V. 2000. Advanced manufacturing technology and planned organizational change. *Journal of High Technology Management Research*. S. 1–18. (Vol. 11, No. 1.)

Cheah, C. Y. J. & Garwin, M. J. 2004. An open framework for corporate strategy in construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*. S. 176–188. (Vol. 11, No. 3.)

Chen, F. F. 1998. Flexible production systems for the apparel and metal-working industries: a contrast study on technologies and contributions. S. 11–20. (Vol. 10, No. 1.)

Chen, F. F. & Adam Jr., E. E. 1991. The impact of flexible manufacturing systems on productivity and quality. *IEEE Transaction on Engineering systems on productivity and quality*. S. 33–45. (Vol. 38, No. 1.)

Chen, I., Gupta, A. & Chung, C. H. 1996. Employee commitment to the implementation of flexible manufacturing systems. *International Journal of Operations & Production Management*. S. 4–13. (Vol. 16, No. 7.)

Cherns, A. 1976. The principles of sociotechnical design. *Human Relations*. S. 783–792. (Vol. 29, No. 8.)

Clegg, C. W., Wall, T. D., Pepper, K., Stride, C., Woods, D., Morrison, D., Cordery, J., Couchman, P., Badham, R., Kuenzler, C., Grote, G, Ide, W., Takahashi, M. & Kogi, K. 2002. An international survey of the use and effectiveness of modern manufacturing practices. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. S. 171–191. (Vol. 12, No. 2.)

Conti, R., Angelis, J., Cooper, C., Faragher, B. & Gill, C. 2006. The effects of lean production worker job stress. *International Journal of Operations & Production Management*. S. 1013–1038. (Vol. 26, No. 9.)

Corbett, J. M. 1996. The development of user-centered advanced manufacturing technology: New design practices or new marketing rhetoric? *International Journal of Human Factors in Manufacturing*. S. 79–87. (Vol. 6, No. 2.)

Dittrich, Y. & Lindeberg, O. 2004. How use-oriented development can take place. *Information and Software Technology*. S. 603–617. (Vol. 46, No. 9.)

Doorewaard, H., van Hootegem, G. & Huys, R. 2002. Team responsibility structure and team performance. *Personnel Review*. S. 356–370. (Vol. 31, No. 3.)

Duguay, C. R., Landry, S. & Pasin, F. 1997. From mass production to flexible/agile production. *International Journal of Operations & Production Management*. MCB University Press. S. 1183–1195. (Vol. 17, No. 12.)

Edghill, J. S. & Davies, A. 1985. Flexible manufacturing system – myth and reality. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. S. 37–54. (Vol. 1, No. 1.)

van Eijnatten, F. M. 1993. *The Paradigm that changed the work place*. 1. p. Assen: The Swedish Center for Working Life, Stockholm. 316 s. ISBN 90-232-2805-7.

Eloranta, E. & Räisänen, J. 1986. Ohjattavuusanalyysi. Tutkimus tuotannon ja sen ohjauksen kehittämistä Suomessa. 1. p. Helsinki: Sitra. 223 s. (Sarja B, No. 85.) ISBN 951-563-188-2.

Eloranta, E., Ranta, J. & Ollus, M. 1994. *Uusi teollinen Suomi*. 1. p. Helsinki: Sitra. 136 s. (Nro 137.) ISBN 951-0-19285-6.

Eskola, A. 1981. *Sosiologian tutkimusmenetelmät* 1. 1. p. Helsinki: WSOY.

Fastems. 2007. *Company and product presentation*, Windows CDROM. Teoksessa: Oy Fastems Ab, Finland, Tampere.

Fix-Sterz, J., Lay, G. & Schultz-Wild, R. 1986. Flexible Fertigungssysteme und Fertigungszellen. *VDI-Z*. S. 369–379. (Vol. 128, No. 11.)

Fox, W. M. 1990. An Interview with Eric Trist, Father of the sociotechnical systems approach. *The Journal of Applied Behavioural Science*. S. 259–279. (Vol. 26, No. 2.)

de la Fuente, A. 2006. Koulutus ja talouskasvu: lyhyt katsaus tutkimustuloksiin ja joihinkin politiikkaohjeisiin. Teoksessa: Vihriälä, V. Globalisaation haasteet Euroopalle, Talousneuvoston sihteeristön globalisaatioselvitys – OSA I. 1. p. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. S. 195–214. (Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 16/2006.) ISBN 952-5631-13-3.

Genaidy, A. M. & Karwowski, W. 2003. Human performance in Lean production environment: Critical assessment and research framework. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. S. 317–330. (Vol. 13, No. 4.)

Gerwin, D. 2005. An agenda for research on the flexibility of manufacturing processes. *International Journal of Operation & Production Management*. S. 1171–1182. (Vol. 25, No. 12.)

Gerwin, D. & Leung, T. K. 1986. The Organizational Impacts of Flexible Manufacturing Systems. *Human Factors – Man, Machine and New Technology. International Trends in Manufacturing Technology*. 1. p. Bedford, UK: IFS Publications Ltd. S. 157–170. ISBN 0-948507-22-5.

Graham, M. B. W. & Rosenthal, S. R. 1986. Flexible manufacturing systems require flexible people. *Human Systems Management*. S. 211–222. (Vol. 6.)

Granhölm, J. 2007a. Control System Boosts Productivity. Tampere Manufacturing Summit, 6.–7. kesäkuuta 2007, Tampere. S. 1–8.

Granhölm, J. 2007b. FMS-tekniikan kehitys 1980–1990-luvun vaihteesta 2000-luvun alkuun. Haastattelut 6.6.2007 ja 28.6.2007, Tampere.

Groover, M. P. 1987. *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*. 1. p. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 808 s. ISBN 0-13-054610-0.

Gunasekaran, A. & Yussuf, Y. Y. 2002. Agile manufacturing: a taxonomy of strategic and technological imperatives. *International Journal of Production Research*. S. 1357–1385. (Vol. 40, No. 6.)

- Gupta, A., Chen, I. J. & Rom, W. O. 1993. Understanding the human aspects of flexible manufacturing systems through management development. *Journal of Management Development*. S. 33–42. (Vol. 12, No. 1.)
- Gustavsen, B. 1993. *Work Place Development and Communicative Autonomy*. Teoksessa: van Eijnatten, F. M. *The Paradigm that chanced the Work Place*. 1. p. Assen: Van Gorcum, Netherlands. 316 s. (The Swedish Centre for Working Life, Stockholm.) ISBN 90-232-2805-7.
- Hacker, W. 1986. Towards the design of working tasks for the future. *Psychological Aspects of the Technological and Organizational Change in Work*. 1. p. Helsinki: Yliopistopaino. S. 115–142. (Acta Psychological Fennica XI.)
- Hackman, J. R. & Oldham, G. R. 1980. *Work Redesign*. 1. p. Massachusetts: Addison–Wesley Company. 272 s. ISBN 0-201-02779-8.
- Halila, H. 2007. A tool for rapid evaluation of automation investment. *Tampere Manufacturing Summit*, 6.–7. kesäkuuta 2007, Tampere. S. 1–8.
- Hartley, J. 1984. *FMS at work*. 1. p. Bedford: IFS (Publications) Ltd. 286 s. ISBN 0-903608-62-6.
- Hayes, R. H. & Jaikumar, R. 1991. Requirements for successful implementation of new manufacturing technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*. S. 169–175. (Vol. 7.)
- Hendrick, H. W. 1987. *Organizational design*. Teoksessa: Salvendy, G. *Handbook of Human Factors*. 1. p. New York: John Wiley & Sons. S. 470–504. ISBN 0-471-88015-9.
- Hertzberg, F. 1966. *Work and the Nature of Man*. 1. p. Toronto: Fritzhery & Whiteside Limited. 203 s. ISBN 0-690-00371-4.
- Hines, P., Holweg, M. & Rich, N. 2004. Learning to embrace a review contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*. S. 994–1011. (Vol. 24, No. 10.)

Hjelms, M. M., Thibadoux, G. M., Haynes, P. J. & Pauley, P. 1990. Meeting the human resource challenges of JIT through management development. *Journal of Management Development*. S. 28–34. (Vol. 6, No. 5.)

Huovinen, H. 2007. Agile robot solutions. Tampere Manufacturing Summit, 6.–7. kesäkuuta 2007, Tampere. S. 1–13.

Hyötyläinen, R. 1993. FM-järjestelmän käyttöönotto innovaatioprosessina – valmistuksen näkökulma. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Tuotantotalous, liseniaatintyö.

Hyötyläinen, R. 1998. Implementation of technical change as organizational problem – solving process. Management and user activities. 1. p. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland. 238 s. (VTT Publications 337.) ISBN 951-38-5216-4.

Hyötyläinen, R. 2007. Tutkimusavusteisen kehittämisen metodologinen kaksoisluonne. Teoksessa: Ramstadt, E. & Alasoini, T. Työelämän tutkimusavusteinen kehittäminen Suomessa. 1. p. Helsinki: Työministeriö. S. 364–388. (Tykes, Raportteja 53.) ISBN 978-952-490-066-9.

Hörte, S. Å. & Lindberg, P. 1991. Implementation of advanced manufacturing technologies: Swedish FMS Experience. *Advanced Manufacturing Technologies*. S. 55–73. (Vol. 2, No. 1.)

Hörte, S. Å. & Lindberg, P. 1994. Performance effects of human and organizational development and technological development. *The International Journal of Human in Manufacturing*. S. 243–259. (Vol. 4, No. 3.)

Jablonowski, J. 1985. Re-examining FMSs. *American Machinist*. S. 125–139. (Special Report 774.)

Jackson, P. R. & Wall, T. D. 1991. How does operator control enhance performance of advanced manufacturing technology? *Ergonomics*. S. 1301–1311. (Vol. 34, No. 10.)

Jaikumar, R. 1986. Post-industrial manufacturing. *Harward Business Review*. S. 69–76. (Vol. 64, No. 6.)

Julkunen, R. 1987. Työprosessi ja pitkät aallot, 1. p. Jyväskylä: Vastapaino. 426 s. (Sosiaalipoliittisen yhdistyksen julkaisuja 47.) ISBN 951-9066-20-9.

Julkunen, R. 1988. Sosioteknikot – aikaansa edellä? Joustava tuotanto ja rakenne-muutos -seminaari, 15.9.–16.9.1988, Keilaniemi. Helsinki: Sitra. S. 250–262. (Sarja A, No. 89.)

Järvenpää, E. 1991. Mental Workload: Research on Computer-aided Design Work and on the Implementation of Office Automation. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, väitöskirja. 209 s. (Teollisuustalous ja työpsykologia, Raportti 130.)

Kallinen, T. 1986. Työn tuottavuuden taso ja ansiotaso Pohjoismaiden tehdasteollisuudessa 1979, 1982 ja 1983. Helsinki: Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. 65 s. (Sarja C 40.) ISBN 951-9206-16-7.

Karma, K. & Komulainen, E. 1984. Käyttäytymistieteiden tilastomenetelmien jatkokurssi. Mänttä: Oy Gaudeamus Ab. 100 s.

Kasvio, A. 1986. Teollisesta vallankumouksesta työyhteiskunnan kriisiin – työelämän muutoksen ja siihen kohdistuvan sosiaalitieteellisen tutkimuksen erittelyä. Tampere: Tampereen yliopisto, Yhteiskuntatieteiden tutkimuslaitos. 268 s. ISBN 951-44-1899-9.

Kauppinen, V. 1986. Koneistuskeskukset ja joustavat valmistusjärjestelmät. 1. p. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. 57 s. (Kpt 2/86.) ISBN 951-753-786-7.

Kauppinen, V. 1987. Konepajojen nykyaikaiset koneet ja konejärjestelmät. 1. p. Helsinki: Otakustantamo. 133 s. (504.) ISBN 951-672-023-4.

Kauppinen, V. 1988. NC:stä CIMiin. Esitelmä. Ammattienedistämislaitoksen teemapäivä. Helsinki: AEL. S. 1–18.

Kauppinen, V. & Andersin, H. 1992. Automaation kehitys. Teoksessa: Aaltonen, K., Airila, M., Andersin, P., Ekman, K., Kauppinen, V., Liukko, T. & Pohjola, P. Tuotantoautomaatio. 1. p. Hämeenlinna: Otatieto Oy. 245 s. (536.) ISBN 951-672-150-8.

Kauppinen, V., Collin, J., Lakso, T., Lapinleimu, I. & Pylkkänen, J. 1990. Konepajatekniikan termejä. 2. p. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy. 44 s. (Tekninen tiedotus 28/90.) ISBN 951-817-517-9.

Kelley, M. R. 1986. Programmable automation and skill question's reinterpretation of the cross-national evidence. S. 223–241. (Vol. 6.)

Kemp, N. J., Clegg, C. W. & Wall, T. D. 1984. Human aspects of CAM. IEE International Conference on Computer Aided Engineering, University of Warwick, 10–12 December 1984. S. 154–159.

Kevätsalo, K. 1999. Jäykät joustot ja tuhlatut resurssit. 1. p. Tampere: Vastapaino. 345 s. ISBN 951-768-044-9.

Klein, K. J., Conn, A. B. & Sorra, J. S. 2001. Implementing Computerized Technology: An Organizational Analysis. *Journal of Applied Psychology*. S. 811–824. (Vol. 86, No. 5.)

Kochan, A. 2005. BMW uses even more robots for both flexibility and quality. *Industrial Robot: An International Journal*. S. 318–320. (Vol. 32, No. 4.)

Kortteinen, M. 1992. Kunnian kenttä – suomalainen palkkatyö kulttuurisena muotona. 1. p. Hämeenlinna: Hanki ja jää. 390 s. ISBN 951-8916-32-2.

Koskinen, J. 2003. Neles, omistajan oivalluksesta maailmanmaineeseen. 1. p. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino. 480 s. ISBN 951-20-6540-1.

Kostama, H., Järvenpää, E. & Teikari, V. 1992. Lyhytkestoisen psyykkisen kuormittuneisuuden tutkiminen työpaikalla – ohjeita BMS- ja EZ-menettelmien käyttäjälle. 1. p. Espoo: TKK, Teollisuustalous. (Työpsykologia, raportti no. 141.)

Kotiranta, J. 1993. Tuottavuuden mittaaminen hakoteillä. *Talouselämä*. S. 22–24. (Vol. 56, No. 33.)

KTM. 2005. Vuosikertomus. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö. 40 s.

Kuhmonen, M. 1997. Effect of operational disturbances on reliability and operation time distribution of NC-machine tools in FMS. Lappeenranta: LTKK, Doctoral thesis. 125 s.

Kuisma, M. 1986. Joustavat valmistusjärjestelmät (FMS) koulutuskäyttöön – tekninen rakenne ja koulutussisällöt. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, diplomityö. 67 s. (Työpsykologian laboratorio.)

Kuisma, V. M. 1990. Tuotantotoiminnan kehittäminen konepajassa – tekniikat, työtehtävät, koulutus ja käyttöönottopata. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, liseniaatintyö. 122 s.

Kuisma, M., Vartiainen, M. & Teikari, V. 1986. FMS training in Finland. International Conference of Human Factors in Manufacturing. Stratford-Upon-Avon: IFS Publishing. S. 1–13.

Kuivanen, R. 1996. Disturbance control in flexible manufacturing. *The International Journal of Human Factors in Manufacturing*. S. 41–56. (Vol. 6, No. 1.)

Kuivanen, R., Tiisanen, R. & Lepistö, J. 1988. Joustavien tuotantojärjestelmien ja -solujen käyttövarmuus ja turvallisuus. *Informaatiotekniikka ja työympäristö, Osa III. Informaatiotekniikka metallituote- ja konepajateollisuudessa*. Helsinki: Työsuojelurahasto. S. 67–102. (OSA III.)

Köhler, C. & Schultz-Wild, R. 1983. Flexible manufacturing systems – Manpower problems and policies. 1983 World Congress on the Human Aspects of Automation, August 8–11, 1983, Ann Arbor, Michigan. Michigan: Society of Manufacturing Engineers. S. 1–20.

Köhler, C. & Schultz-Wild, R. 1985. Flexible manufacturing systems – Manpower Problems and Policies. *Journal of Manufacturing Systems*. S. 135–146. (Vol. 4, No. 2.)

Laitinen, M. 1998. Interventio ja muutos kokoonpanotyössä – siirtyminen itseohjautuviin ryhmiin teollisuusyrityksessä. 1. p. Helsinki: Hakapaino Oy. 246 s. (Helsingin yliopiston kasvatustieteen laitoksen tutkimuksia 160.)

Lakso, T. 1988. The influence of FMS-technology on the Efficiency of NC-controlled Machine Tools. 1. p. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu. 106 s. (Julkaisuja 50.) ISBN 951-721-216-X.

Lakso, T. & Vihinen, J. 1989. Konepaja-automaation kunnossapito. 1. p. Mänttä: Metalliteollisuuden keskusliitto. 65 s. ISBN 951-817-434-2.

Lakso, T., Halkola, T. & Vartiainen, O. 1991. FM-järjestelmien tehokas käyttö – vaikutukset kilpailukykyyn. 1. p. Helsinki: Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto, MET. 96 s. (Tekninen tiedotus 14/91.) ISBN 951-817-532-2.

Lanning, H. 1996. Organisaation muutoksen toteuttaminen – kehittämissuunnitelman tyypilliset ongelmat ja niiden välttäminen. 1. p. Forssa: Nordmanin Kirjapaino Oy. 167 s. (Teknillinen korkeakoulu, Teollisuustalous ja työpsykologia, Report No. 166.)

Layek, A.-M., Das, S. K. & Wolf, C. 2000. Design and implementation of flexible manufacturing solution in agile enterprises. International Journal of Agile Management Systems. S. 187–195. (Vol. 3, No. 2.)

Lehtonen, V. 2002. Metallityöläinen 2002. Metallityöväen Liiton jäsenkyselyn 2002 perusraportti. Pori: Kehityksen Kirjapaino Oy. 63 s. (Metallityöväen Liiton tutkimustoiminnan julkaisuja.) ISBN 951-9470-69-7.

Lillrank, P. 1990. Laatumaa. Johdatus Japanin talouselämään laatujohtamisen näkökulmasta. 1. p. Jyväskylä: Gaudeamus. 277 s. ISBN 951-662-506-1.

Lillrank, P. & Kano, N. 1989. Continuous Improvement – Quality Control Circles in Japanese Industry. 1. p. Ann Arbor: The University of Michigan, Center of Japanese Studies. 294 s. ISBN 0-939512-37-8.

Lipponen, H. & Viitamo, E. 2003. Suomen kilpailukyky ja toimintaympäristö – kansainvälinen vertailu. 1. p. Helsinki: Edita Publishing Oy. 85 s. (Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja, Elinkeino-osasto 6/2003.) ISBN 951-739-746-1.

Majchrzak, A. 1988. The Human Side of Factory Automation. 1. p. San Francisco: Jossey-Bass Publisher. 390 s.

Martin, T., Ulich, E. & Warnecke, H. J. 1990. Appropriate automation for flexible manufacturing. *Automatica*. S. 611–616. (Vol. 26, No. 3.)

Maslow, A. H. 1943. A theory of human motivation. *Psychological Review*. S. 370–396. (No. 50.)

McDermott, C. M. & Stock, G. N. 1999. Organizational culture and advanced manufacturing technology implementation. *Journal of Operations Management*. S. 521–533. (Vol. 17.)

Metalli- ja elektroniikkateollisuus, MET. 2001. Vuosikirja 2001. Tilastot 2000. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto. 56 s. ISBN 1455-478X.

Metalliteollisuus, MET. 1994. Vuosikirja 1994. Tilastot 1993. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto. 38 s. ISBN 0782-4823.

Mieskonen, J. 1989. Suomalainen FM-järjestelmä – Havaintoja kentältä ja vertailuja kansainväliseen aineistoon. 1. p. Helsinki: Sitra. 37 s. (No. 11.) ISBN 951-563-257-9.

Mital, A. & Pennathur, A. 2004. Advanced technologies and humans in manufacturing workplaces: an interference relationship. *International Journal of Industrial Ergonomics*. S. 295–313. (Vol. 33.)

Mital, A., Pennathur, A., Huston, R. L., Thompson, D., Pittman, M., Markle, G., Kaber, D. B., Crumpton, L., Bishu, R. R., Rajurkar, K. P., Rajan, V., Fernandez, J. E., McMulkin, M., Deivanayangam, S., Ray, P. S. & Sule, D. 1999. The need for worker training in advanced manufacturing technology (AMT) environments: A white paper. *International Journal of Industrial Ergonomics*. S. 173–184. (Vol. 24.)

Mohsen, A. 1992. Flexible manufacturing systems. *Information Systems Management*. S. 1–4. (Vol. 9, No. 2.)

Mårtensson, L. 1996. The operator's requirements for working with automated systems. *The International Journal of Human Factors in Manufacturing*. S. 29–39. (Vol. 6, No. 1.)

Narain, R., Yasdav, R. C., Sarkis, J. & Cordeiro, J. J. 2000. The strategic implication of flexibility in manufacturing systems. *International Journal of Agile Management Systems*. S. 202–213. (Vol. 2, No. 3.)

Niepcz, W. & Molleman, E. 1998. Work design issues in Lean production from a sociotechnical systems perspective: Neo-Taylorism – next step on sociotechnical design. *Human Relations*. S. 259–287. (Vol. 51, No. 3.)

Niiniluoto, I. 1984. *Maailma, minä ja kulttuuri – Johdatus tieteen filosofiaan*. 2. p. Helsinki: Otava. 314 s. ISBN 951-1-05435-X.

Nordahl, H. & Nilsson, C.-H. 1996. Managers' perceptions of flexibility in manufacturing: a study in the Swedish engineering industry. *Integration Manufacturing Systems*. S. 22–33. (Vol. 7, No. 4.)

Norros, L., Toikka, K. & Hyötyläinen, R. 1988. FMS:n käyttöönotto: tapaustutkimuksen tuloksia. Teoksessa: Ranta, J. & Huuhtanen, P. *Informaatiotekniikka ja työympäristö, Osa III, Informaatiotekniikka metallituote- ja konepajateollisuudessa*. Helsinki: Työsuojelurahasto. (Työsuojelurahaston julkaisuja, Publications-sarja, n:o 3.) S. 139–189.

Olkkonen, T. 1994. *Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön*. 2. p. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Teollisuustalous ja työpsykologia. 143 s. (Report No. 152.)

Ollus, M., Lovio, R., Mieskonen, J., Vuorinen, P., Karko, J., Vuori, S. & Ylä-Anttila, P. 1990. *Joustava tuotanto ja verkostotalous*. 1. p. Helsinki: Sitra. 205 s. (Nro 109.) ISBN 951-563-263-3.

Paez, O., Deewes, J., Ganaidy, A., Tuncel, S., Karwowski, W. & Zurada, J. 2004. The Lean manufacturing enterprise: An emerging sociotechnological system integration. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. S. 285–306. (Vol. 14, No. 3.)

Parkm, K. S. & Han, S. W. 2002. Performance obstacles in cellular manufacturing implementation – empirical investigation. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. S. 17–29. (Vol. 12, No. 1.)

Pavnaskari, S. J., Gershenson, J. K. & Jambekar, A. B. 2003. Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*. S. 3075–3090. (Vol. 41, No. 13.)

Pettigrew, A. M. 1990. Longitudinal field research on change: Theory and practice. *Organization Science*. S. 267–292. (Vol. 1, No. 3.)

Pietiläinen, K. 1993. Joustavat valmistusjärjestelmät erilaisissa tuotannollisissa ympäristöissä. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Tietotekniikan osasto, diplomityö. 75 s.

Pietiläinen, K. & Mieskonen, J. 1994. Joustavat valmistusjärjestelmät 1990-luvulla – Lastuava työstö. 1. p. Espoo: VTT Teollisuusautomaatio. 54 s.

Pine II, B. J. 1993. *Mass Customization. The New Frontier in Business Competition*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press. 333 s.

Plath, H.-E. & Richter, P. 1984. *Ermundung – Monotonie – Sättigung-Stress*. 1. p. Berlin: BMS Handanweisung. (Psychodiagnostisches Zentrum.)

Pohjola, M. 2007. Tuottavuuden kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät. Helsinki: Valtionvarainministeriö. S. 1–18. (www.vm.fi/vm/04_julkaisut.)

Puckey, W. 1955. The automatic factory – Dream or nightmare? The automatic factory – What does it mean? Report of the conference, Margate 16th to 19th June, 1955. London: The Institute of Production Engineers, E. & F. N. Spon Ltd. S. 8–22.

Pyökkänen, J. 1984. FSM-koneistuksessa, osa 1. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto. (Tekninen tiedotus 31.)

Pyökkänen, J. 1985. Kappaletavara-automaatio. Konepajamies. S. 13–18. (No. 12.)

Ranky, P. 1983. The design and operation of FMS. 1. p. Oxford, UK: IFS Ltd. 348 s.

Ranta, J. & Tchijov, I. 1990. Economics and success factors of flexible manufacturing systems: the conventional explanation revisited. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems. S. 169–190. (No. 2.)

Rantanen, H. & Holtari, J. 1999. Yrityksen suorituskyvyn arviointi. 1. p. Lahti: LTKK. 65 s. ISBN 951-764-311-X.

Rene, C. 1997. Changing human resources to make flexible manufacturing systems (FM) successful. Journal of High Technology Management Research. S. 263–277. (Vol. 8, No. 2.)

Ruohotie, P. 1982. Motivaatio ja työkäyttäytyminen. 1. p. Teollisuuden Kustannus Oy. 299 s. ISBN 951-9241-10-8.

Saad, S. M. & Gindy, N. N. Z. 2007. Future shape of the responsive manufacturing enterprise. Benchmarking: An International Journal of Benchmarking. S. 140–152. (Vol. 14, No. 1.)

Salminen, A. 1995. Liiketoiminnan kehittämissuunnitelmien arviointi. 1. p. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. 81 s. (Teollisuustalous ja työpsykologia, Report 163.) ISBN 951-22-2887-4.

Salminen, A., Rintala, K. & Korpi-Filppula, M. 2000. Kehittämisen jyvät ja akanat – tutkimus suomalaisten yritysten kehittämishankkeista. 1. p. Espoo: HUT, Industrial Management and Work and Organizational Psychology. 107 s. (Working Paper No. 23.)

Sarinko, K. 1999. Asiakaskohtaisesti muunneltavien tuotteiden massaräätelöinti, konfigurointi ja modulointi. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. 89 s.

Sarparanta, O.-P. 1995. Vaikuttavaan tarkastustoimintaan: Tapaustutkimus viiranomaisten suorittaman teknillisen tarkastustoiminnan kehittämisestä. 1. p. Helsinki: Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus, Tutkimusosasto. 219 s. (A-D7-1/1995.)

Sata, T. 1984. A view of the highly automated factory in the future. *Robotics & Computer Integrated Manufacturing*. S. 153–159. (Vol. 1, No. 2.)

Schein, E. H. 1987. Organisaatiokulttuuri ja johtaminen. 1. p. Espoo: Weilin & Göös. 356 s. ISBN 951-35-3966-0.

Schmenner, R. W. & Tatikonda, M. V. 2005. Manufacturing process flexibility revisited. *International Journal of Operations & Production Management*. S. 1183–1189. (Vol. 25, No. 12.)

Schonberger, R. J. 1982. *Japanese Manufacturing Techniques – Nine hidden lessons in Simplicity*. 1. p. New York: Collier Macmillan Publishers. 260 s.

Schonberger, R. J. 1989. *World Class Manufacturing – The Lessons of simplicity Applied*. Jyväskylä: Gummerus Oy. 297 s.

Seppälä, P. 2006. How to carry out sustainable change? An analysis of introducing manufacturing cells in a Finnish engineering company. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. S. 17–37. (Vol. 16, No. 1.)

Seppälä, P. & Klemola, S. 2004. How do employees perceive their organization and job when companies adopt principles of Lean production. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. S. 157–180. (Vol. 14, No. 2.)

Seppälä, P., Tuominen, E. & Koskinen, P. 1987. Psychological factors in the introduction of computerized technology: Experiences from the Finnish engineering industry. *Social Ergonomics and Stress Aspects of Work with Computers*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. S. 51–58.

Seppälä, P., Tuominen, E. & Koskinen, P. 1988a. Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto suomalaisissa konepajoissa. Informaatiotekniikka ja työympäristö, Osa III, Informaatiotekniikka metallituote- ja konepajateollisuudessa. 1. p. Helsinki: Työsuojelurahasto. S. 29–66. (Julkaisuja n:o A3.)

Seppälä, P., Tuominen, E. & Koskinen, P. 1988b. Uuden tuotanto-organisaation toteutus ja vaikutukset: tapausesimerkki. Informaatiotekniikka ja työympäristö, Osa III, Informaatiotekniikka metallituote- ja konepajateollisuudessa. 1. p. Helsinki: Työsuojelurahasto. S. 101–138. (Työsuojelurahaston julkaisuja, Publications No. 3.)

Seppälä, P., Tuominen, E. & Koskinen, P. 1992. Impact of flexible production philosophy and advanced manufacturing technology on organizations and jobs. *International Journal of Human Factors in Manufacturing*. S. 177–192. (Vol. 2, No. 2.)

Shah, R. 1987. Flexible Fertigungssysteme in Europa – Erfahrungen der Anwender. *VZI-Z*. S. 13–21. (Vol. 129, No. 10.)

Siltala, J. 2004. Työelämän huononemisen lyhyt historia. Helsinki: Otava.

Stock, G. N. & McDermott, C. M. 2000. Implementing advanced manufacturing technology: The role of organizational culture. *Production and Inventory Management Journal*. S. 66–77. (Vol. 41, No. 3.)

Sun, H. 2001. Human resources development and integrated manufacturing systems. *Integrated Manufacturing Systems*. S. 195–204. (Vol. 12, No. 3.)

Sun, H. & Riis, J. O. 1994. Organizational, technical, strategic, and managerial issues and the implementation process on advanced manufacturing technology – A general framework of implementation guide. *The International Journal of Human Factors in Manufacturing*. S. 23–36. (Vol. 4, No. 1.)

Sundquist, M. 1983. Numeerisesti ohjattujen työstökoneiden työturvallisuus. 1. p. Helsinki: Työsuojeluhallitus. 272 s. (Tutkimusraportti 45.) ISBN 951-46-7433-2.

Tayles, M. & Drury, C. 1994. New manufacturing technologies and management accounting systems: Some evidence of the perceptions of UK management accounting fractions. *International Journal of Production Economics*. S. 1–17. (Vol. 36.)

Taylor, F. W. 1914. *Tieteellisen liikkeenjohdon periaatteet*. Hämeenlinna: Karisto. 171 s.

Teknologiateollisuus. 2006. *Tilastot 2005 Statistics. Vuosikirja 2006 Year book*. Helsinki: Teknologiateollisuus Ry. 67 s.

Toikka, K. 1986. *Systeemiajattelun opettaminen FMS-käyttäjille. Konepaja-automaation haasteet koulutukselle*. 1. p. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. S. 41–55. (Teollisuustalous ja työpsykologia, Raportti 94.)

Toikka, K., Hyötyläinen, R. & Norros, L. 1985. Työn kehitys joustavassa valmistuksessa. *Aikuiskasvatus*. S. 165–173. (Vol. 4, No. 5.)

Toikka, K., Norros, L. & Hyötyläinen, R. 1988. Kehittyvää työtä tutkimassa – metodologisia kysymyksiä. *Informaatiotekniikka ja työympäristö, Osa II, Vaikutusten tutkiminen*. 1. p. Helsinki: Työsuojelurahasto. S. 105–142. (Työsuojelurahaston julkaisuja A2.)

Tranfield, D. & Smith, S. 2002. Organisation designs for team working. *International Journal of Operations & Production Management*. S. 471–491. (Vol. 22, No. 5.)

Wall, T. D., Clegg C. W., Davies, R. T., Kemp, N. J. & Mueller, W. S. 1987. Advanced manufacturing technology and work simplification: an empirical study. *Journal of Occupational Behaviour*. S. 233–250. (Vol. 8.)

Wall, T. D., Corbett, J. M., Clegg, C. W., Jackson, P. R. & Martin, R. 1990a. AMT and work design: Towards a theoretical framework. *Journal of Organizational Behaviour*. S. 210–219. (Vol. 11.)

Wall, T. D., Corbett, J. M., Martin, R., Clegg, C. W. & Jackson, P. R. 1990b. Advanced manufacturing technology, work design, and performance: A change study. *Journal of Applied Psychology*. S. 691–697. (Vol. 75, No. 6.)

Vannas, V. 1993. FM-järjestelmien turvallisuus ja käyttöönotto. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Turvallisuustekniikka. 101 s. (Raportti 69.)

Warnecke, H.-J. 1992. Die Fraktale Fabrik: Revolution der Unternehmenskultur. 1. p. Berlin: Springer. 238 s. ISBN 3-540-55200-6.

Vartiainen, M. 1989. JDS – Job Diagnostic Survey – katsaus menetelmään. 1. p. Helsinki: Valtion painatuskeskus. 51 s. (Teknillinen korkeakoulu, Teollisuustalous ja työpsykologia, No. 112.) ISBN 951-754-917-2.

Vartiainen, M. 1994. Työn muutoksen työvälineet. Muutoksen hallinnan sosio-tekniiset menetelmät. 1. p. Tampere: Tammer-paino Oy. 272 s. ISBN 951-672-185-0.

Vartiainen, M. & Teikari, V. 1989. Henkistä rasittavuutta voi mitata. Työ – Terveys – Turvallisuus. S. 34–35. (No 2.)

Vartiainen, M. & Teikari, V. 1990. Työn psykologinen tutkiminen ja kehittäminen. 1. p. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Teollisuustalous ja työpsykologia. 33 s. (Report no. 120.)

Vartiainen, M. & Teikari, V. 1998. Problems of a continuous change: A follow-up study (1988–1994) in a FMS factory. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. S. 197–214. (Vol. 8, No. 3.)

Vartiainen, M., Kuisma, V. M., Pohjonen, J. & Teikari, V. 1986. Työ ja sen kokeminen – tutkimus FMS:stä, jäysteenpoistosta ja osakokoonpanosta. Konepaja-automaation haasteet koulutukselle. 1. p. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. S. 1–39. (Teollisuustalous ja työpsykologia, Report 94.)

Vartiainen, M., Teikari, V. & Kuisma V. M. 1988. Työn sisältö joustavassa tehdasautomaatiossa. Työ ja ihminen. S. 46–60. (Vol. 2, No. 1.)

Weber, W., Resch, M. & Volpert, W. 1986. Prospective evolution of working task in a FMS. Skill based Automated Manufacturing. Proceedings of the IFAC Workshop, Karlsruhe, Federal Republic of Germany, 3–5 September, 1986. Karlsruhe: IFAC, FRG. S. 23–27.

Vihriälä, V. 2006. Suomen vastaus globalisaation haasteeseen. Valtioneuvoston sihteeristön globalisaatioselvitys – OSA II. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. 318 s. (Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 17/2006.) ISBN 951-5631-14-1.

Wobbe, W. 1991. Anthropocentric production systems a strategic issue for Europe. FAST (Forecasting and Assessment in Science and Technology) research programme of the Europeans Community. Bruxelles: APS Research Papers Series. 77 s. (Vol. 1, No. 245.)

Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. 1990. The machine that changed the world. 1. p. New York: Rawson Associates.

Voss, C. A. 2005. Alternative paradigms for manufacturing strategy. International Journal of Operations & Production Management. S. 1211–1222. (Vol. 25, No. 12.)

von Wright, G. H. 1987. Tiede ja ihmisjärki. 1. p. Helsinki: Otava. 144 s. ISBN 951-1-09391-6.

von Wright, G. H. 1992. Minervan pöllö. 1. p. Helsinki: Otava. 208 s. ISBN 951-1-12470-6.

Yin, R. K. 2003. Case Study Research – Design and Methods. 3. p. California – London – New Delhi: Sage Publications. 181 s. (Applied Social Research Methods Series, Vol. 5.) ISBN 0-7619-2552-X.

Ylöstalo, P. 2005. Työn uudet organisointitavat. Käyttö ja käytön esteet yksityisellä ja julkisella sektorilla. 1. p. Helsinki: Työministeriö. 159 s. Tykes, raportti, nro 39.

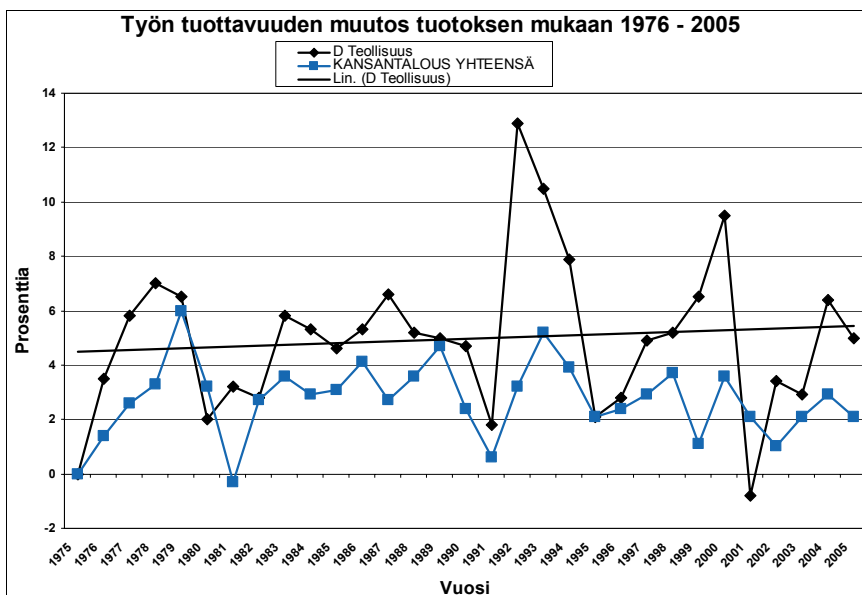
Yritystutkimusneuvottelukunta. 1990. Yritystutkimuksen tilinpäätösanalyysi. 1. p. Helsinki: Painokaari Oy. 75 s. ISBN 951-662-501-0.

Zammuto, R. E. & O'Connor, E. J. 1992. Gaining advanced manufacturing technologies benefits: The roles of organizational design and culture. *Academy of Management Review*. S. 701–728. (Vol. 17, No. 4.)

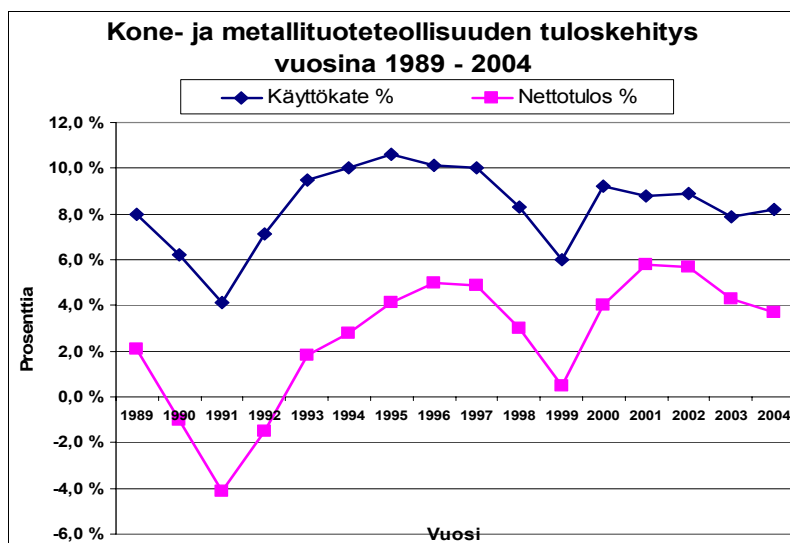
Zhang, Q., Vonderembse, M. A. & Cao, M. 2006. Achieving flexible manufacturing competence – The roles of advanced manufacturing technology and operations improvement. *International Journal of Operations & Production Management*. S. 580–599. (Vol. 26, No. 6.)

Zhou, B.-H., Yu, C.-M., Xi, L.-F. & Cao, Y.-S. 2004. Design and Implementation of Distributed Numerical Control in Flexible Manufacturing System. *Journal of Donghua University Engineering*. S. 1–6. (Vol. 21, No. 1.)

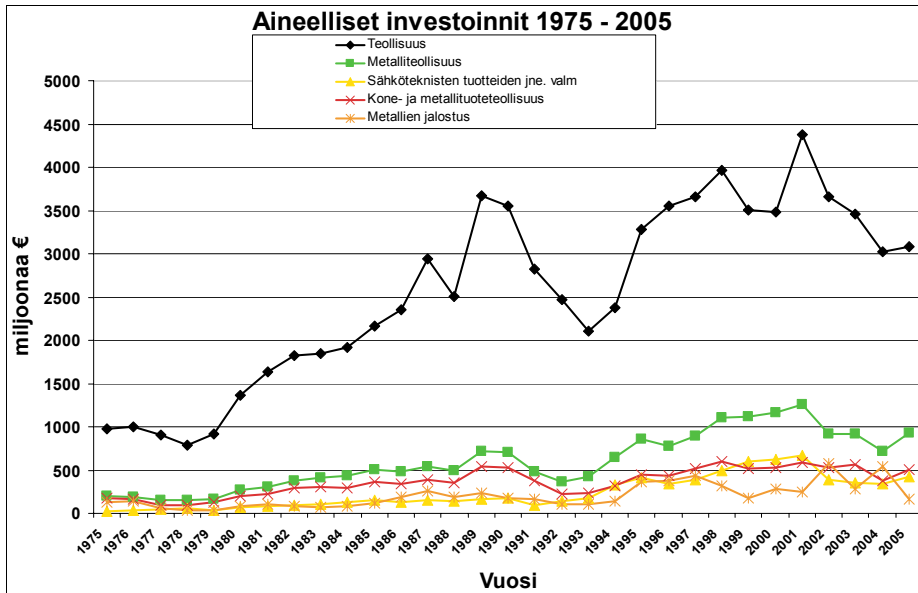
Liite A: Suomen konepajateollisuuden tunnuslukuja



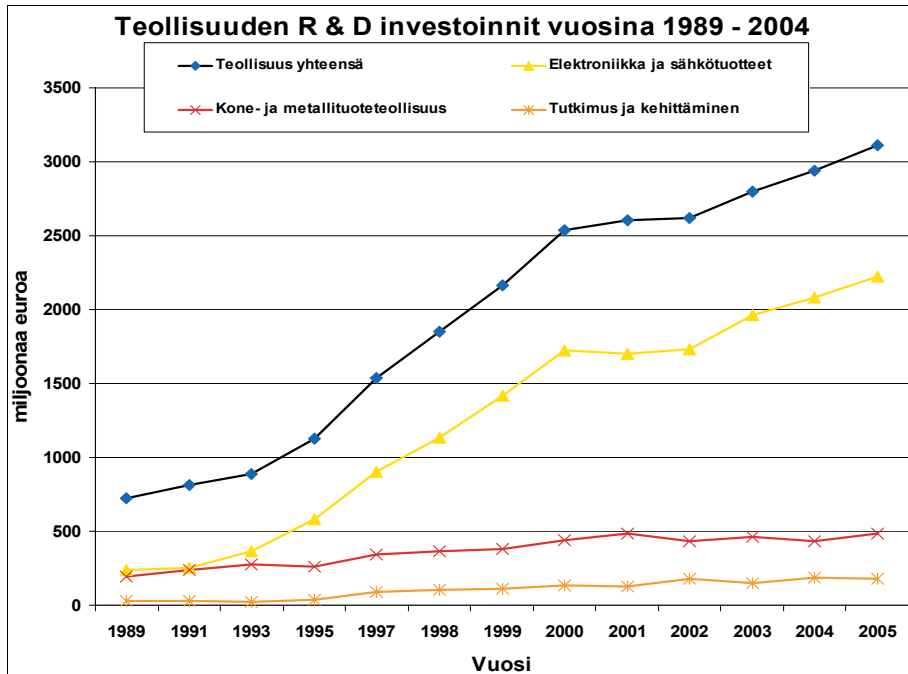
Taulu 1. Kokonaistuottavuuden muutos vuosina 1976–2005 (lähde: Tilastokeskus 2006).



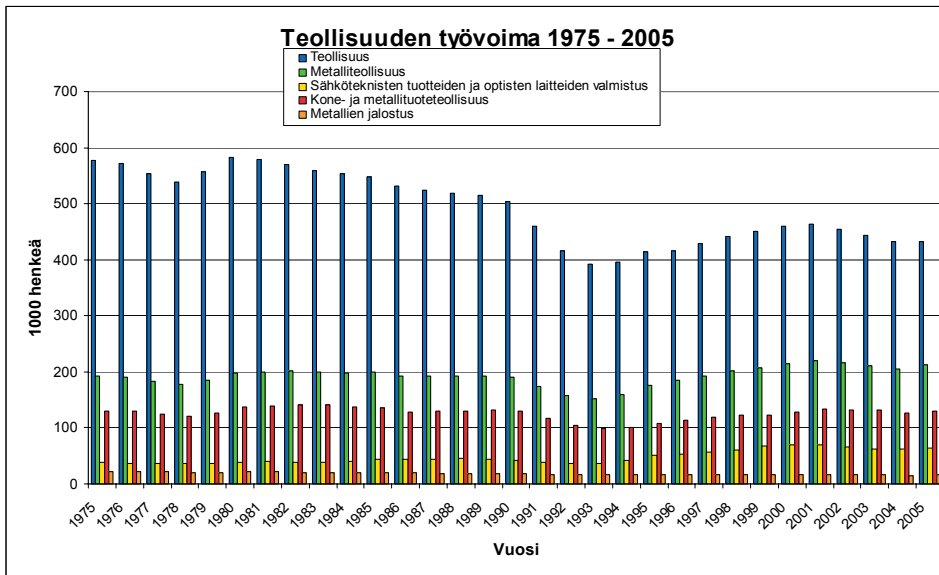
Taulu 2. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuloskehitys vuosina 1989–2004, vuoden 2004 rahan arvolla (lähde: Tilastokeskus 2006).



Taulu 3. Teollisuuden aineelliset investoinnit vuosina 1989–2005, vuoden 2005 rahan arvolla (lähde: Tilastokeskus 2006).



Taulu 4. Teollisuuden aineelliset R&D-investoinnit vuosina 1989–2005 (lähde: Tilastokeskus 2006).



Taulu 5. Suomen teollisuuden työvoiman kehitys vuosina 1989–2005 (lähde: Tilastokeskus 2007).

Liite B: Projektin toteutuksen haastattelulomake ja tulokset

Projektin suorituksen haastattelulomake (1993–1994)

Projektin toteutuksen haastattelulomakkeen vastausten suorat jakaumat

1. Mikä oli FMS-projektin lähtökohtana?

	<i>n</i>	<i>%</i>
kapasiteetin riittämättömyys	33	31,1
vanhan kapasiteetin uusiminen (vikaantuminen jne.)	20	18,9
kilpailutekijät	21	19,8
imagon nostaminen	20	18,9
muut syyt	12	11,3
	<i>N = 44</i>	100,0

2. Milloin FMS-projektin suunnittelu alkoi?

N = 14

Projektin numero

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Projektin suunnittelu alkoi, vuosi ja kuukausi

88.1 86.6 86.1 88.1 86.1 90.1 88.1 89.10 88.6 88.11 89.1 89.4 88.6 88.1

Projektin kesto, kuukautta

33 40 25 56 33 39 39 41 50 24 20 35 57 37

(88.1 = xx.yy eli xx on vuosi 1988 ja yy on tammikuu)

Projektien kesto oli keskimäärin 37,8 kuukautta, hajonta 12,6 kuukautta, minimi 20 kuukautta ja maksimi 57 kuukautta.

3. Mitä investointilaskelmamenetelmiä käytitte?

	<i>N</i>	<i>%</i>	Projektin vetäjän mukaan
takaisinmaksuajan menetelmä	32	80,0	12
ennuste seuraavien vuosien tulosityksikön tulokselle tai SPOT?	7	17,5	1
pääoman sisäisen koron laskenta, mikä se oli?	4	10,0	2
investoinnin nykyarvon laskenta, mikä se oli?	12	30,0	9
muut menetelmät	0	0,0	0
ei tiedä	3	7,5	-
	<i>N = 44</i>		

3b. Mikä oli suunniteltu takaisinmaksuaika?

N = 14 Projektin numero

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Suunniteltu takaisinmaksuaika, vuotta

2,5–3 3,1 3,7 1,7 - 3 3 3,3 3,2–4,2 5 2,8 2,5 3,3 3

Toteutunut takaisinmaksuaika, vuotta

- 6,3 6,5 - - - - 2,6 - 7 - - - -

- = Takaisinmaksuaikaa ei ole laskettu jälkikäteen.

Suunniteltu takaisinmaksuaika oli keskimäärin 3,4 vuotta ja toteutunut takaisinmaksuaika keskimäärin 5,6 vuotta.

4. Projektin kokonaiskustannukset

	<i>n</i>	<i>%</i>	Projektin vetäjän mukaan
samat kuin suunniteltiin	15	35,7	6
pienemmät	8	19,1	3
suuremmat	4	9,5	0
yli 10 % suuremmat	8	19,1	3
yli 25 % suuremmat	4	9,5	1
ei tiedä	3	7,1	-
	<i>N</i> = 42	100,0	

5. Milloin FMS-projekti päättyi?

N = 14

Projektin numero

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Projekti päättyi, vuosi ja kuukausi

90.11 91.9 89.12 94.3 87.1 94.2 91.4 93.3 91.11 90.11 90.5 92.2 92.12 91.2

6. Projekti toteutui aikataulultaan

	<i>n</i>	<i>%</i>
suunnitelman mukaisesti	16	36,4
odotettua nopeammin	1	2,3
odotettua hitaammin	13	29,5
yli 10 % hitaammin	5	11,4
yli 25 % hitaammin	9	20,4
f. kuinka paljon hitaammin (kk)		
	<i>N</i> = 44	100,0

Projektin numero

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Kuinka paljon hitaammin

projekti toteutui, kuukautta

6 13 0 39 9 17 - 8 14 5 1 2 17 10

Projektit toteutuivat keskimäärin 10,8 kuukautta (*sd* = 11,5 kuukautta) hitaammin kuin oli suunniteltu.

7. Seurattiinko käytösuhdetta käyntiinajon yhteydessä?

	<i>n</i>	<i>%</i>
kyllä	35	79,6
ei	9	20,4
	<i>N</i> = 44	100,0

8. Kuinka kauan projektin eri vaiheet kestivät?

	<i>N</i> = 14	<i>x</i> (kk)	<i>sd</i>	min.	maksimi
esisuunnittelu		8,5	4,2	4	16
suunnittelu		8,6	3,3	2	16
tarjouskilpailu ja tilaus		7,4	3,0	3	10
käyttöönotto ja rakentaminen		8,7	5,2	3	24
ylösajo, saavutettiin suunniteltu käytösuhte		13,8	12,5		

Projekti, numero
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Käyttöaste saavutettiin, kuukautta
6 13 4 27 12 24 - 6 12 6 12 9 14 1
Käyttöaste saavutettiin keskimäärin 11,2 kuukauden kuluttua käyttöönotosta (sd = 9,6).

9. Järjestelmän käyttösuhde nousi

	n	%
odotetusti tai seurantaraportti	10	22,7
odotettua nopeammin	10	22,7
odotettua hitaammin	14	31,8
yli 10 % hitaammin	2	4,6
yli 25 % hitaammin	8	18,2
	N = 44	100,0

f. kuinka kauan käyttöaste nousi suunnitellulle tasolle (kk)

Käyttöaste saavutettiin keskimäärin 11,2 kuukauden kuluttua käyttöönotosta (sd = 9,6).

10. Perustettiin projektiä varten oma organisaatio?

	n	%
kyllä	33	75,0
ei	7	15,9
loppuvaiheessa	4	9,1
	N = 44	100,0

11. Projektiorganisaatioon kuului

	kpl	%	Projektin vetäjän mukaan
Projektin johtaja	20	45,5	7
Projektipäällikkö	35	79,6	12
Projekti-insinööri	27	61,4	9
diplomityön/insinööriyöntekijä	16	36,4	7
perustettiin pienryhmiä	28	63,6	10
	N = 44		

12. Mitkä olivat projektin onnistumisen kannalta tärkeimpiä toimia?

	ei lainkaan	vähän	jonkin verran	paljon	ratkai- sevasti
	1	2	3	4	5
Raportointi	3	8	20	11	2
Kokoukset	4	5	12	21	2
Pienryhmätyöskentely	2	4	5	17	15
Toimihenkilöiden ammattitaito (**)	2	1	9	24	6
Työnjohtajien ammattitaito	2	9	13	18	2
Työntekijöiden ammattitaito (**)	-	1	9	24	8
Hyvä organisaatio	3	2	10	19	10
Selvät vastuurajat (*)	1	5	15	11	11
Hyvä tiedotus (*)	4	4	17	8	9
Riittävät informaatiotilaisuudet henkilöstölle (*)	3	7	11	17	5
(** N = 42, (*) N = 43, muissa N = 44					
		x	sd	sum	var
Raportointi		3,2	1,0	130	0,9
Kokoukset		3,4	1,0	141	1,1

<i>Pienryhmätyöskentely</i>	4,1	1,1	168	1,3
<i>Toimihenkilöiden ammattitaito</i>	4,0	0,9	164	0,9
<i>Työnjohtajien ammattitaito</i>	3,4	1,0	138	1,0
<i>Työntekijöiden ammattitaito</i>	4,2	0,7	172	0,5
<i>Hyvä organisaatio</i>	3,9	1,1	160	1,2
<i>Selvät vastuurajat</i>	3,7	1,1	153	1,2
<i>Hyvä tiedotus</i>	3,5	1,2	143	1,5
<i>Riittävät informaatiotilaisuudet henkilöstölle</i>	3,5	1,1	145	1,3

13. Miten kuvaisit NC-konetoimittajien panosta onnistuneeseen projektiin?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	N = 44	x	sd	sum	var
<i>Luotettava toimittaja</i>		3,7	1,0	155	0,9
<i>Toimittajan asiantuntemus</i>		4,0	0,7	163	0,6
<i>Toimittajan asiakaspalvelualltius</i>		3,6	1,0	146	1,0
<i>Toimittajan apu suunnitteluvaiheessa</i>		3,3	1,1	135	1,2
<i>Toimittajan apu käyttöönotossa</i>		3,9	0,8	159	0,6
<i>Toimittajan apu käyttöönoton jälkeen</i>		3,4	1,0	141	1,1

14. Miten kuvaisit FMS-toimittajan panosta onnistuneeseen projektiin?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	N = 44	x	sd	sum	var
<i>Luotettava toimittaja</i>		4,1	0,7	168	0,5
<i>Toimittajan asiantuntemus</i>		4,3	0,9	175	0,9
<i>Toimittajan asiakaspalvelualltius</i>		3,9	0,8	160	0,7
<i>Toimittajan apu suunnitteluvaiheessa</i>		3,9	0,9	158	0,8
<i>Toimittajan apu käyttöönotossa</i>		4,2	0,8	170	0,6
<i>Toimittajan apu käyttöönoton jälkeen</i>		3,9	0,9	159	0,8

15. Miten suunnitteluvastuu oli toteutettuna teidän projektissanne?

	n	%	Projektin vetäjän mukaan
<i>Suunnittelimme itse layoutin</i>	29	65,9	2
<i>Suunnittelimme layoutin yhteistyössä FMS-toimittajan kanssa</i>	23	52,3	11
<i>Suunnittelimme itse FMS-ohjauksen</i>	4	9,1	1
<i>Suunnittelussa käytimme ulkopuolisia konsultteja</i>	13	29,6	8
<i>FMS-ohjauksen suunnittelun hoiti FMS:n toimittaja</i>	24	54,6	12
	N = 44		

16. Hankinta

	n	%	Projektin vetäjän mukaan
<i>Hankimme laitteet eri toimittajilta, päävastuu oli itsellämme</i>	19	43,2	6
<i>Yksi laitettoimittaja (ns. avaimet käteen)</i>	6	13,6	2
<i>Useita päävastuullisia toimittajia</i>	19	43,2	5
<i>Teimme itse FMS-ohjauksen</i>	0	0,0	0
	N = 44	100,0	

17. Käyttöönotto

	n	%	Projektin vetäjän mukaan
<i>Järjestelmän ylösajon ja testauksen suoritimme itse</i>	21	47,8	12
<i>Järjestelmän ylösajon suoritti päävastuullinen toimittaja</i>	10	22,7	1
<i>Järjestelmän ylösajo suoritettiin asteittain</i>	15	34,1	6

Käyttöönottoa varten perustettiin käyttöönottoryhmä 14 31,8 6
N = 44

18. Miten kuvailisit projektin käyttöönottopataa?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	N = 44	x	sd	sum	var
Otettiin mallia toisen osaston vastaavasta projektista		1,9	0,3	78	1,6
Otettiin mallia toisen yrityksen vastaavasta projektista		2,5	1,1	103	1,3
Muodostettiin projektiorganisaatio, jossa oli mukana kaikkien henkilöstöryhmien edustus		2,9	1,6	118	2,4
Projekti toteutettiin pääosin toimihenkilöiden asiantuntemuksella		1,5	1,5	61	2,1
Muu tapa, mikä? Pienryhmiä		2,4	1,9	33	3,7

19. Miten projektin koulutus toteutettiin?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	n	x	sd	sum	var
Ennakkokoulutus	44	3,3	1,3	135	1,8
Laitetoimittajien koulutus	44	3,8	0,9	155	0,8
Ulkopuolisten antama koulutus	44	2,9	1,3	119	1,7
Oma koulutus	42	3,2	1,2	134	1,5
Harjoittelu käyttöönoton yhteydessä	44	4,2	0,9	177	0,9
Harjoittelu käytännön työssä	42	4,2	1,1	171	1,2
Muu koulutus	44	2,0	1,4	83	1,9
Koulutuksen kesto/hlö	28	2,9	2,2	107	4,7
	N = 44				

Koulutusmäärät (työpäiviä)

	n	x	sd	sum	var
Ennakkokoulutus	19	3,6	2,1	68	4,5
Laitetoimittajien koulutus	22	6,5	3,4	143	11,4
Ulkopuolisten antama koulutus	18	7,2	7,0	129	49,3
Oma koulutus	12	1,4	1,6	17	2,6
Harjoittelu käyttöönoton yhteydessä (*)	6	34,2	26,2	205	684,2
Harjoittelu käytännön työssä (*)	5	14,0	15,2	70	230,0
Muu koulutus	13	2,1	1,7	27	2,9
Koulutuksen kesto/hlö	23	11,3	6,4	261	41,5
	N = 44				

*) suuri hajonta, kysymyksenasettelu epämääräinen

20. Ketkä koulutukseen osallistuivat?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	n	x	sd	sum	var
Projektin johtaja	41	1,2	0,5	8	0,3
Projektipäällikkö	41	2,6	1,4	67	1,9
Projekti-insinöörit	43	2,9	1,4	78	2,0
Työnjohto	43	2,9	1,3	80	1,7
Työntekijät	41	4,0	1,0	126	1,0
Tarkastajat	43	2,2	1,5	50	2,3
Kokoonpanijat	43	1,9	1,3	37	1,7
Suunnittelijat	43	1,6	1,0	24	1,1
Kaikki osalliset	36	1,9	1,4	35	1,9
	N = 44				

21. Mikä on kokonaiskoulutuksen tarve ja miten muuttaisit?

	<i>n</i>	<i>x</i>	<i>sd</i>	<i>sum</i>	<i>var</i>
Ennakkokoulutus	28	5,8	3,5	162	12,3
Laitetoimittajien koulutus	27	6,6	3,4	179	11,2
Ulkopuolisten antama koulutus	17	6,2	6,2	106	38,7
Oma koulutus	11	4,3	8,2	47	67,8
Harjoittelu käyttöönoton yhteydessä	9	32,8	36,5	295	1331,9
Harjoittelu käytännön työssä	3	36,7	63,5	110	4033,3
Muu koulutus	4	3,3	2,4	13	5,6
	<i>N = 44</i>				

23. Mikä oli työntekijöiden ja työnjohtajien ennakoasenne?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	<i>n</i>	<i>x</i>	<i>sd</i>	<i>sum</i>	<i>var</i>
alhainen motivaatio	44	1,9	1,1	39	1,3
tietämättömyyttä	44	2,8	1,0	79	1,0
pelkoa uuden tekniikan käytöstä	44	2,5	1,1	63	1,2
pelko työpaikan menetyksestä	44	1,9	1,2	38	1,4
	<i>N = 44</i>				

24. Miten ennakoasennetta yritettiin muuttaa?

	<i>n</i>	%
Tiedotustilaisuudet	36	81,2
Ilmoitustaulut	16	36,4
Ryhmätyöt	32	72,7
Tehdasvierailut	38	86,4
Harjakaiset ym. tilaisuudet	32	72,7
Muilla tavoin	3	
	<i>N = 44</i>	

25. Muuttuiko henkilömäärä?

	<i>n</i>	<i>x</i>	<i>sd</i>	<i>sum</i>	<i>var</i>
Toimihenkilöiden määrä lisääntyi, <i>kpl +/-</i>	40	-2,7	4,0	-106	16,4
Työnjohtajien määrä lisääntyi, <i>kpl +/-</i>	39	-0,7	1,2	-28	1,5
Työntekijöiden määrä lisääntyi, <i>kpl +/-</i>	41	-9,2	15,1	-378	226,5
	<i>N = 44</i>				

26. Miten työjärjestelyt muuttuivat?

1. Toiminnanohjaus (*)

2. Virtaus (*)

3. Varastoinnit (*)

4. Alihankinnat (*)

5. Tarkastus ja laadunohjaus (*)

6. Valvonta ja johtaminen (*)

*) Sanalliset vastaukset selvitetty luvuissa 5 ja 6.

7. Työntekijöiden organisointi

	<i>n</i>	%
FMS muodostaa solun	44	100,0
työkiertoa käytetään	30	68,2
kaikki osaavat kaikkia tehtäviä	19	43,2
järjestelmää käyttävät eri ammattiryhmät, kuten operaattori, paletoitajat, asettajat	13	29,6

<i>operaattorin tehtävät tekee työnjohtaja</i>	7	15,9
<i>NC-ohjelmat tekee NC-ohjelmoija</i>	37	84,1
	<i>N = 44</i>	

8. Muuta

27. Mitä olisi pitänyt tehdä toisin?

	<i>n</i>	<i>%</i>
<i>Suunnittelu</i>	13	29,6
<i>Investointilaskelmat</i>	8	18,2
<i>Hankintasopimus</i>	7	15,9
<i>Sopimusjärjestelyt</i>	4	9,1
<i>Käyttöönoton organisointi</i>	15	34,1
<i>Aikataulu</i>	9	20,5
<i>Hankinta-ajankohta</i>	7	19,9
<i>Koulutus</i>	10	22,7
<i>Toinen NC-konetoimittaja</i>	7	15,9
<i>Toinen FMS-konetoimittaja</i>	1	2,3
<i>Muuta</i>	1	2,3
	<i>N = 37</i>	

28. Mikä oli työntekijöiden panos projektissa?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	<i>N = 39</i>	<i>x</i>	<i>sd</i>	<i>sum</i>	<i>var</i>
<i>Suunnittelu</i>		2,8	1,2	69	1,4
<i>Investointilaskelmat</i>		0,0	0,0	0	0,0
<i>Hankintasopimus</i>		1,1	0,4	4	0,2
<i>Sopimusjärjestelyt</i>		1,2	0,5	6	0,3
<i>Käyttöönoton organisointi</i>		2,6	1,2	61	1,4
<i>Aikataulu</i>		1,4	0,9	17	0,8
<i>Hankinta-ajankohta</i>		1,1	0,4	4	0,2
<i>Koulutus</i>		4,0	1,0	115	1,1
<i>Käyttöönotossa</i>		4,6	0,8	141	0,6
<i>Muuta</i>		1,5	1,5	20	2,3

29. Mikä oli työnjohtajien panos projektissa?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	<i>N = 39</i>	<i>x</i>	<i>sd</i>	<i>sum</i>	<i>var</i>
<i>Suunnittelu</i>		2,6	1,2	64	1,5
<i>Investointilaskelmat</i>		1,3	0,6	13	0,3
<i>Hankintasopimus</i>		1,5	0,9	20	0,8
<i>Sopimusjärjestelyt</i>		1,5	0,9	20	0,9
<i>Käyttöönoton organisointi</i>		2,7	1,3	68	1,7
<i>Aikataulu</i>		2,1	1,3	43	1,7
<i>Hankinta-ajankohta</i>		1,4	0,9	16	0,7
<i>Koulutus</i>		3,1	1,2	80	1,4
<i>Käyttöönotossa</i>		3,6	1,2	103	1,5
<i>Muuta</i>		1,4	1,7	15	3,0

30. Mikä oli toimihenkilöiden panos projektissa?

(1 = ei lainkaan, 2 = vähän, 3 = jonkin verran, 4 = paljon, 5 = ratkaisevasti)

	<i>N = 39</i>	<i>x</i>	<i>sd</i>	<i>sum</i>	<i>var</i>
<i>Suunnittelu</i>		4,7	0,6	145	0,4
<i>Investointilaskelmat</i>		4,6	1,0	140	0,9
<i>Hankintasopimus</i>		4,6	0,8	140	0,7

<i>Sopimusjärjestelyt</i>	4,6	0,9	139	0,8
<i>Käyttöönoton organisointi</i>	4,3	0,8	128	0,6
<i>Aikataulu</i>	4,4	0,9	132	0,8
<i>Hankinta-ajankohta</i>	4,5	1,1	135	1,1
<i>Koulutus</i>	1,3	1,3	11	1,7
<i>Käyttöönotossa</i>	1,3	1,0	11	1,0
<i>Muuta</i>	1,1	0,0	4	0,0

31. *Projektin suunnittelun ja toteutuksen erityispiirteitä. Vastaukset ovat tekstin tulososassa.*

Liite C: FM-järjestelmien käyttöhenkilöstön haastattelulomakkeet 1993–1994 ja 2006

Haastattelulomake vuoden 1993–1994 ja 2006 haastatteluissa.

Suluissa olevia kysymyksiä käytettiin vuosien 1993–1994 haastatteluissa.

Tummennetut kysymykset oli lisätty vuoden 2006 haastatteluun.

Vuoden 2006 haastattelukysymykset

Työpsykologian laboratorio

TkL Veli Matti Kuisma

A. Henkilöiden taustatiedot

1. Haastateltavan nimi: _____
2. Aika ja paikka: _____
3. Tehtävät: _____

Taustatiedot

4. Ikä _____
5. Sukupuoli:
 mies
 nainen
6. Peruskoulutus
 kansakoulu
 peruskoulu
 keskikoulu
 lukio
 ylioppilas
7. Koulumenestys
 hyvä
 kohtalainen
 heikko
(8. Matematiikan arvosana ____)
9. Kielitaito:
 suomi
 ruotsi
 englanti
 muu kielitaito _____
10. Ammatillinen koulutus:
 Ammattikorkeakoulu
 Teknillinen koulu, työtekniikka
 Ammattikoulu
 Konepajakoulu
 Ammattikurssit
11. Kauanko olet ollut nykyisen yrityksen palveluksessa?
12. Kauanko olet ollut vastaavissa tehtävissä muualla?

B. Työn suoritus

13. Mitä tehtäviä kuuluu työhösi?
13b. Miten työsi on muuttunut viimeisten vuosien aikana?
 monipuolistunut

- yksinkertaistunut
 vastuuta on lisätty

14. Vastaavatko tehtävät saamaasi, jos eivät, niin miten?

koulutusta,	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>	[], miten? _____
kokemusta tai	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>	[], miten? _____
ammattitaitoa	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>	[], miten? _____

(15. Jos eivät vastaa, niin miten?)

16. Millainen työaikaamuoto on työssäsi?

- jatkuva päivättyö
 kaksivuorotyö
 kolmivuorotyö
 osa-aikatyö
 jokin muu _____

17. Miten suhtaudut vuorotyöhön?

- teetkö mielelläsi
 vuorotyössä on enemmän etuja kuin haittoja

18. Miten palkkaus on toteutettu?

- tuntipalkka
 kuukausipalkka
 urakkapalkka
 osaurakkapalkka
 palkkiopalkka
 jokin muu _____

19. Mitkä ovat vaikeimpia tehtäviä työssäsi?

20. Seuraavassa luetellaan joukko ominaisuuksia, joita eri töissä suoriutuminen saattaa vaatia.

Mieti oman työsi kohdalla, miten usein se vaatii kutakin ominaisuuden kohdalla sopiva vaihtoehto. Vastausvaihtoehto: 0 = ei koskaan, 1 = harvoin, 2 = silloin tällöin, 3 = melko usein, 4 = jatkuvasti.

hyvää muistia	0	1	2	3	4
kykyä tehdä itsenäisiä ratkaisuja	0	1	2	3	4
kykyä tehdä nopeita ratkaisuja	0	1	2	3	4
kiinteää keskittymistä	0	1	2	3	4
erityistä valppautta	0	1	2	3	4
erityistä tarkkuutta	0	1	2	3	4
järjestely- ja suunnittelukykyä	0	1	2	3	4
oma-aloitteisuutta	0	1	2	3	4
yksitoikkoisuuden sietokykyä	0	1	2	3	4
sorminäppäryyttä	0	1	2	3	4
tarkkaa näköä	0	1	2	3	4
päätelykykyä	0	1	2	3	4
ovatko vaatimukset muuttuneet?	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>	

21. Vaatiiko työsi harkintaa ja erilaisten vaihtoehtojen puntarointia?

- erittäin paljon
 melko paljon
 jonkin verran
 melko vähän
 erittäin vähän

onko muuttunut? kyllä ei

22. Missä määrin työhösi liittyvien ohjeiden käyttö (esim. työpiirustukset, työmääräimet jne.) vaatii itsenäistä harkintaa ja erilaisten sovellusvaihtoehtojen pohdintaa?

- erittäin paljon

- operointia FMS-päätteellä _____% työpäivästä
 valvontaa _____% työpäivästä
 työkaluhuoltoa _____% työpäivästä
 suunnittelua _____% työpäivästä
 ryhmäpalavereissa _____% työpäivästä
 työnjohtajan kanssa keskustellen _____% työpäivästä
 tauot _____% työpäivästä
 muuta _____% työpäivästä

15. Onko johtaminen muuttunut?

kyllä ei , miten? _____

D. Kehittyminen työssä

(30. Miltä sinusta tuntui ottaessasi vastaan uuden tehtävän?)

31. Kuinka kauan olet työskennellyt FMS:llä? _____

31b. Vieläkö työssä on kehittymisen ja oppimisen mahdollisuutta?

kyllä ei , miten? _____

32. Mitkä seuraavista kuvaavat parhaiten tuntemuksia nyt kun olet jo saanut kokemusta FMS:llä?

- Haasteita ja uuden opettelua riittää vielä pitkäksi aikaa
 Osaan jo kaikki laitteet
 Helppo homma, mitään uutta ei enää ole opeteltavana
 Lisäkoulutus ei olisi pahitteeksi
 Olen urani huipulla
 Palkka ja työn määrä vastaavat toisiaan
 Palkka on liian pieni työmäärään nähden
 Kiire on joskus liian suuri
 Olen urani huipulla, mutta haluaisin silti eteenpäin urallani
 Työni on yksitoikkoista
 Työni vaatii vähän ammattitaitoa
 Työni saisi olla monipuolisempaa
 FMS on lisännyt ammattitaitovaatimuksia
 FMS on vähentänyt ammattitaitovaatimuksia
 Työpäiväni kuluu vaativien tehtävien parissa
 Työpäiväni kuluu pääosin yksinkertaisten ja vähän osaamista vaativien tehtävien parissa

34. Esiintyykö työssä vaiheita, joissa työ on liian vaikeaa?

- ei lainkaan
 melko harvoin
 silloin tällöin
 melko usein
 jatkuvasti

35. Kuuluuko työhösi tehtäviä, joihin olet saanut liian vähän koulutusta tai opastusta?

- ei lainkaan
 hyvin vähän
 jonkin verran
 melko runsaasti
 erittäin runsaasti

36. Jos kuuluu, niin mitä?

38. Minkälaista työsi on fyysisesti?

- erittäin rasittavaa
 rasittavaa
 sopivaa
 melko kevyttä
 kevyttä

39. Mikä työssäsi on rasittavinta?
40. Haluaisitko tehdä tätä työtä vielä viiden vuoden kuluttua?
kyllä ei
41. Haluatko uusiin mahdollisesti vaativampiin työtehtäviin, joihin pitää opetella uusia asioita?
kyllä ei
42. Työtäni arvostetaan ja saan tunnustusta muiltakin työtovereilta kuin FMS:n käyttäjiltä.
kyllä ei
43. Työtäni arvostetaan ja saan tunnustusta työnjohtajilta ja esimiehiltä.
kyllä ei
45. Suomalaisen metallimiehen arvostus Suomessa on
 erittäin korkeaa
 korkeaa
 kohtuullista
 voisi olla parempi
 aliarvostettua
46. Maailmalla suomalaista metalliteollisuuden tuotetta arvostetaan
 erittäin korkealle
 korkealle
 kohtuullisen korkealle
 voisi olla parempi
 aliarvostettua
- 46b. Miten koet suomalaisen metalliteollisuuden pärjävän ns. Kiina-ilmiön kanssa?
 panostamalla laatuun
 panostamalla tuotannon joustavuuteen
 lisäämällä automaatioastetta
 parantamalla menetelmiä ja välineitä
 panostamalla koulutukseen
 erikoistumalla vaativiin tuotteisiin

47. Voitko vaikuttaa siihen, mitä itse teet?
 kappaleiden laatuun
 kappaleiden suoritusjärjestykseen
 oman työpäiväsi ajan käyttöön
 menetelmiin ja välineisiin, joilla teet
 työtahtiisi
 taukoihin
48. Voitteko työryhmänä työtovereiden kanssa vaikuttaa siihen, mitä ja miten teette?
 laatuun
 kappaleiden suoritusjärjestykseen
 tehtävien jakamiseen
 menetelmiin ja välineisiin
 kehittää menetelmiä, välineitä ja ohjelmia
 työtahtiin ja taukoihin

E. Koulutus

49. Vastaavatko nykyiset työtehtäväsi saamaasi koulutusta, kokemusta tai ammattitaitoa?
 erittäin paljon
 melko hyvin
 kohtalaisesti
 melko huonosti
 ei lainkaan

50. Millaisen työkokemuksen työsi osaaminen mielestäsi vaatii?

lähes kuka tahansa selviytyisi siitä

alle 8 viikkoa

2–8 kk

9–23 kk

2–4 v

yli 4 vuotta

51. Mitä koneita tai laitteita käytät tehtävissäsi?

52. Onko järjestelmän tai koneiden käyttöön annettu koulutusta viime vuosina?

53. Kauanko koulutus kesti (p)? _____ päivää

(54. Kuinka pitkän tulisi koulutusjakson olla (p, vko, kk)?)

55. Kuka järjesti koulutuksen?

laitteistovalmistaja kyllä ei

työnantaja kyllä ei

joku muu kyllä ei

(56. Oliko koulutus yhden käyttäjän vai ryhmän koulutusta?)

58. Onko koulutuksessa otettu huomioon mahdollisia virhetilanteita ja niiden selvittämistä?

kyllä ei

59. Tarvitaanko vielä koulutusta?

kyllä ei

59b. Onko viimeisten vuosien aikana annettu koulutusta?

(60. Mitä mieltä olit kyseisen haastattelun tarpeellisuudesta?)

Liite D: Verstaiden liiketoiminnan kehityksen haastattelu- ja aineiston keruulomake

Tuoteverstaan liiketoiminnan ja tuottavuuden kehityksen analyysilomake vuosien 1993–1994 ja 2006 kartoituksissa. Tummennetut kysymykset ovat vuoden 2006 haastattelujen lisäyksiä.

Teknillinen korkeakoulu
Työpsykologian laboratorio
TkL Veli Matti Kuisma

LIIKETOIMINNAN JA TUOTTAVUUDEN KEHITYS

Tavoite: Selvittää yrityksen toiminnan ja tuottavuuden kehittyminen joustavan tuotantotekniikan käyttöönoton yhteydessä

Menetelmä: Haastattelulomake ja aineiston keruu

*Lähteet: Esitteet, vuosikertomus, tilinpäätöstiedot, layout, organisaatiokaavio jne. (ennen ja jälke-
keen projektiin)*

1. Yrityksen taustatiedot

Nimi: _____

Osoite: _____

Puhelin: _____

Faksi: _____

Yhteyshenkilö: _____

Asema: _____

Puhelin: _____

2. Yrityksen tunnusluvut:	Ennen	Jälkeen	viimeisin
	19__	19__	200__
Liikeyvaihto, t€	_____	_____	_____
Henkilöiden määrä	_____	_____	_____
Toimihenkilöt	_____	_____	_____
Työntekijät	_____	_____	_____

Toimiala, _____

Tuotteet, _____

Viennin osuus - %, _____

3. Verstaan layout, henkilöstö, organisaatio ja tekniikka

3.1. Tehdasjärjestelyt

Layout (liitteeksi)

Materiaalin virtaus (liitteeksi)

Tuotantosolut (liitteeksi)

3.2. Organisaatio

Organisaatiokaavio	(liitteeksi)	Ennen	Jälkeen	viimeisin
--------------------	--------------	-------	---------	-----------

Henkilömäärä	_____	_____	_____	_____
--------------	-------	-------	-------	-------

Toimihenkilöt	_____	_____	_____	_____
---------------	-------	-------	-------	-------

Työntekijät	_____	_____	_____
työtunnit:	_____	_____	_____
toimihenkilöt	_____	_____	_____
työntekijät	_____	_____	_____

3.3. Verstaan toiminnot ja henkilöiden määrät tällä hetkellä

	<i>on</i>	<i>ei</i>	<i>työntekijät (kpl)</i>	<i>toimihenkilöt (kpl)</i>
<i>Suunnittelu</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Toiminnanohjaus</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Työnsuunnittelu</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Työnjohto</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Osto</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
_____	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Hitsaus</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Lastuava työstö</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>NC-ohjelmointi</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Tarkastus, laatu</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
_____	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Osakokoonpano</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Loppukokoonpano</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Pakkaus, lähetys</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Testaus</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
_____	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Tuotevarasto</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>Raaka-ainevarasto</i>	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
_____	<i>[]</i>	<i>[]</i>	_____	_____
<i>CIM-valmiudet</i>				
<i>Tehdasverkko</i>			<i>[]</i>	
<i>DNC</i>			<i>[]</i>	
<i>Keskusohjaus</i>			<i>[]</i>	
<i>Tietokoneavusteinen tuotannonohjaus</i>			<i>[]</i>	
<i>Tuotantotietokanta</i>			<i>[]</i>	
<i>Erityispiirteitä</i>				

3.4. Tekniikka ja prosessit

muutokset

<i>Lyhyt järjestelmän kuvaus</i>				
<i>NC-koneet, kpl</i>	_____			
<i>Robotit, kpl</i>	_____			
<i>Varastopaikat, kpl</i>	_____			
<i>Muut koneet, kpl</i>	_____			
<i>FMS-tekniikka</i>	_____			
<i>Tuotantoprosessin hallinta</i>	_____			
<i>Laadun hallinta</i>	_____			
<i>Kilpailukyky</i>	_____			
FM-järjestelmä				
On edelleen käytössä, sama järjestelmä		<i>kyllä</i>	<i>[]</i>	<i>ei</i>
<i>järjestelmä on modernisoitu</i>		<i>kyllä</i>	<i>[]</i>	<i>ei</i>
<i>järjestelmä on purettu</i>		<i>kyllä</i>	<i>[]</i>	<i>ei</i>
<i>järjestelmä on siirretty alihankkijalle</i>		<i>kyllä</i>	<i>[]</i>	<i>ei</i>

Nykyinen järjestelmä on selvästi

helpompi käyttää	kyllä	[[	ei	[[, miten?
käyttäjälle turvallisempi	kyllä	[[	ei	[[, miten?
tehokkaampi	kyllä	[[	ei	[[, miten?
Ohjauksen kuvaus, onko kehittynyt?	kyllä	[[	ei	[[, miten?

Muu tuotantoautomaatio

Tehdasverkko	[[, onko kehittynyt? kyllä	[[	ei	[[, miten?
DNC	[[, onko kehittynyt? kyllä	[[	ei	[[, miten?
Keskusohjaus	[[, onko kehittynyt? kyllä	[[	ei	[[, miten?
Tietokoneav. tuotannonohjaus	[[, onko kehittynyt? kyllä	[[	ei	[[, miten?
Tuotantotietokanta	[[, onko kehittynyt? kyllä	[[	ei	[[, miten?
3D-mittaus	[[, onko kehittynyt? kyllä	[[	ei	[[, miten?

Erityispiirteitä _____

3.5. Onko käytössä?

muutoksia

Tietokoneavusteinen NC-ohjelmointi	[[_____
CAD	[[_____
CAM	[[_____
Tietokoneavusteinen työnsuunnittelu	[[_____
Tiedonkeruujärjestelmä	[[_____
Tehdasverkko	[[_____
Toiminnanohjaus	[[_____
SPC	[[_____
3D-mittaus	[[_____
_____	[[_____

3.6. Arvioi yrityksesi automaatioasteen kehittymistä viimeisten vuosien aikana

1 = ei muutosta

4 = kehittynyt lähes automaattiseksi, toimii

2 = pieniä muutoksia

miehittämättömästi

3 = jonkin verran, automaattiset

5 = täysin automaattista, viimeisintä tekniikkaa

toiminnot ovat lisääntyneet

NC-koneet	1 2 3 4 5, jos on, niin miten?	_____
Asetusten vaihto	1 2 3 4 5, jos on, niin miten?	_____
NC-ohjelmointi	1 2 3 4 5, jos on, niin miten?	_____
FMS-tekniikka	1 2 3 4 5, jos on, niin miten?	_____
Tiedonsiirto	1 2 3 4 5, jos on, niin miten?	_____
Toiminnanohjaus	1 2 3 4 5, jos on, niin miten?	_____
Kokoonpano	1 2 3 4 5, jos on, niin miten?	_____

3.7. Alihankintojen osuus tuotannon arvosta (€ tai %), onko muuttunut viime vuosina?

3.7.1. Onko tuotantoa ulkoistettu, jos on, niin mihin?

ei ole ulkoistettu

[[

on ulkoistettu kotimaahan järjestelmätoimittajalle

[[

kotimaahan alihankkijalle

[[

ulkomaille, lähialueet, Viro, Venäjä jne.

[[

ulkomaille, esim. Kiina, Intia

[[

3.7.2. Mitkä ovat olleet ulkoistuksen pääasialliset syyt?

ulkoistusta ei ole perusteltu

[[

oma tuotantokapasiteetti ei riitä

[[

kuuluu yrityksen strategiaan

ulkoa saa hankittua tuotannon selvästi halvemmalla

muut mahdolliset syyt _____

3.7.3. Onko ulkoistamisella ollut vaikutuksia verstaan

tuotantomääriin	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
henkilöiden määriin	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
liikevaihtoon	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
muuhun	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/> [, mihin? _____

3.7.4. Mitkä ovat ne tekijät, joilla voitte pitää tuotannon itsellä?

4. Verstaan tuottavuuden kehityksen arvio

Periaate: Onko muutosta tapahtunut viime vuosina sitten järjestelmäinvestoinnin?

4.1. Verstaan tuloslaskelma

	(ennen	jälkeen)
tai tiedot seuraaviin sarakkeisiin	200_	200_
myyntituotot	_____	_____
välittömät ostot	_____	_____
alihankinnat	_____	_____
välilliset ostot	_____	_____
muuttuvat palkat + sotu	_____	_____
yleiskustannukset	_____	_____
kiinteät palkat + sotu	_____	_____
muut tuot. yleiskulut	_____	_____
poistot	_____	_____
vuokrat (sis. leasing)	_____	_____

4.2. Verstaan tase parin viime vuoden ajalta

tai tiedot seuraaviin sarakkeisiin	200_	200_
koneet ja laitteet	_____	_____
kiinteistö	_____	_____
vaihto-omaisuus	_____	_____

4.3. Mitkä ovat valmistettujen tuotteiden kappalemäärät?

Miten tuotantovolyymit ovat kehittyneet?

Onko tarkempia tietoja tuotemiksin muutoksesta?

esim. alla olevaan taulukkoon	200_	200_
1. _____	_____	_____
2. _____	_____	_____
3. _____	_____	_____
4. _____	_____	_____
5. _____	_____	_____

4.4. Vaihto-omaisuuden rakenne ja kiertonopeudet

Onko tapahtunut muutosta sitten järjestelmäinvestoinnin? kyllä ei

Onko valmiita tilastoja tai lukuja alla olevaan taulukkoon? kyllä ei

KET (mk)	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Aineet ja tarvikkeet (mk)	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>

Tuotevarasto (mk)	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Raaka-aine ostot	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
määrä	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
tai arvo	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
KET, kiertonopeus	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Aineet ja tarvikkeet, kiertonopeus	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Tuotevarasto, kiertonopeus	_____	onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>

4.5. Konekapasiteetin käyttö ja läpäisy aika

Seurataanko kapasiteetin käyttöastetta?		kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Onko konekapasiteetin käytössä tapahtunut kehittymistä?		kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Millaista?	_____				

Kuormitusryhmät	peruskapasiteetti tunnit	käytetty tunnit	läpäisy aika vrk tai h
1. _____	_____	_____	_____
2. _____	_____	_____	_____ jne.

4.6. Arvio tuottavuuden kehityksestä

Onko olemassa tilastoa		kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Läpimenoaika, h _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Läpimenoajan muutos, % _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Toimitusaika _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Toimitustäsmällisyys (myöhästymä) _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Työnvaiheiden määrä _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Lattiapinta-ala (m ²) _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Toiminnanohjauspisteiden määrä _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Laatuvirheet/100 tuotetta _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Reklamaatiot/100 tuotetta _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
Palautettuja tuotteita/1000 _____		onko muuttunut? kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>

4.7. Omat mittarit

	vuosi _____
Käyttösuhteen kehitys	_____ (laskentaperuste)
Käytettävyyden kehitys	_____
Ylitöiden määrä	_____
Onko muita mittareita, mitä?	_____

Poissaolotilastot parilta viime vuodelta tai luvut alla olevaan taulukkoon tai kehitys viime vuosina

Poissaolot, h (yht.)	_____
Koulutus, h	_____
Sairauspoissaolot, h	_____
Tapaturmat, h	_____
Luvaton poissaolo, h	_____
Lomat, h	_____
Koulutus, h	_____
Muu syy, h	_____

5. Esimerkkituote, jonka valmistukseen käytetään FMS-tekniikkaa.

Onko tehty merkittäviä tuote- tai mallimuutoksia, jotka vaikuttavat valmistuskustannuksiin tai tuotannon tehokkuuteen?	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
ns. uuden sukupolven tuote	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
pieniä parannuksia	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>
vanhan malliston tuotanto ajettu alas	kyllä	<input type="checkbox"/>	ei	<input type="checkbox"/>

vanhan malliston tuotanto on siirretty ulos kyllä [] ei []
vanhan malliston tuotanto on siirretty
ulkomaille esim. Kiina tai Intia kyllä [] ei []

Onko on tehty tuotekustannusanalyysi (tuottavuus) tai lukuja alla oleviin sarakkeisiin

Vuosituotanto, kpl	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Osuus tuotannosta, %	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Sarjasuuruus, kpl	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Alihankittavat osat, kpl	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Valmiit komponentit, kpl	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Läpäisy aika, h	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Läpimenoaika, h	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Valmistuksen aika, h	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Kokoonpanon aika, h	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]
Muu käsittelyaika, h	_____	onko muuttunut? kyllä	[]	ei	[]

Valmistusreitti tai kaavio (liitteeksi tai luonnostelma)

Onko tuotteen tai tuoteryhmän kustannuskertymäkaaviota saatavilla?
kyllä [] ei []

Mikä on tuoteryhmän osuus tuotannon vaihto-omaisuudesta?
_____ %

Tuoteryhmän osuus tuotannon lattiapinta-alasta
_____ % tai m²

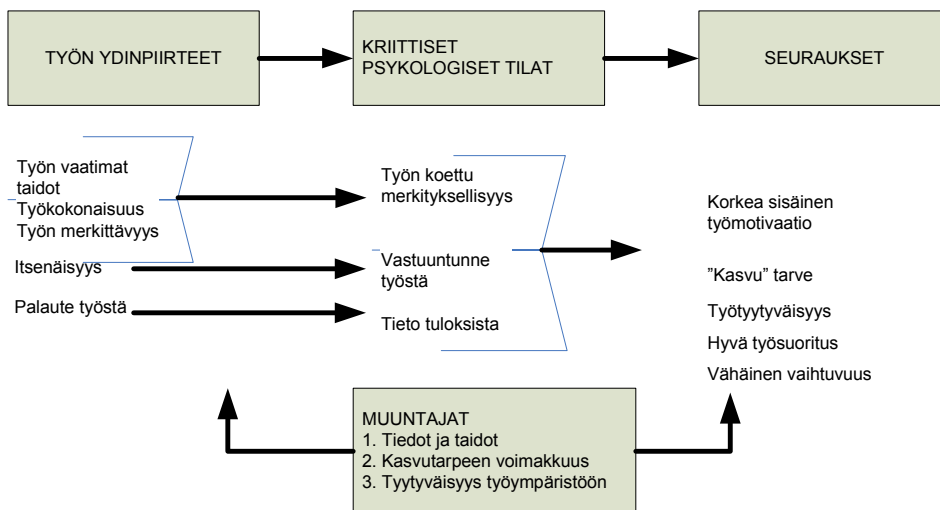
Työnvaiheiden lukumäärän kehittyminen
lisääntynyt [] vähentynyt []

Valmistuksen erityispiirteet:

Liite E: JDS- ja BMS-tutkimusmenetelmien kuvaukset sekä BMS-tutkimuslomakkeet

JOB DIAGNOSTIC SURVEY. JDS-kyselyn malli

JDS-kyselyn perusmalli esitetään alla olevassa kuvassa. Työn kriittiset psykologiset tilat (työn koettu merkityksellisyys, vastuuntunne työstä ja tieto työn tuloksista) mahdollistavat myönteiset seuraukset (korkea työn sisäinen työmotivaatio, kasvutarve, työtyytyväisyys, hyvä työsuoritus, vähäinen vaihtuvuus). Kaikkien kriittisten psykologisten tilojen on toteuduttava samanaikaisesti, jotta myönteiset seuraukset olisivat mahdollisia. Kriittiset psykologiset tilat syntyvät puolestaan työn objektiivisten ydinpiirteiden vaikutuksesta. Työn vaatimat taidot, työkokonaisuus ja työn merkittävyys vaikuttavat työn koettuun merkityksellisyyteen, itsenäisyys vaikuttaa vastuuntunteeseen työstä ja suora työn tekemisestä saatava palaute vaikuttaa tietoon työn tuloksista. Varsinaisten ydinpiirteiden lisäksi JDS-kyselyssä käsitellään myös kahta muuta työn piirrettä eli palautetta ihmisiltä sekä kanssakäymisen määrää. Näiden piirteiden on katsottu olevan apuna työn ja työntekijöiden vastausten ymmärtämisessä. Muuntajat (tiedot ja taidot, kasvutarpeen voimakkuus sekä tyytyväisyys työympäristöön) ilmentävät työntekijän yksilöllisten psyykkisten rakenteiden ja tilojen merkitystä työn kokemisessa. Toiset ihmiset ovat valmiimpia motivoiviin töihin kuin toiset. Tekijäryhmä ”muuntajat” on erityisen tärkeä JDS-kyselyssä, sillä sen avulla voidaan selittää työntekijöiden toisistaan poikkeavat kokemukset työstä.



JDS tarjoaa myös mahdollisuuksia supistaa kaikki tutkimuksen antama tieto työn piirteiden työntekijöitä motivoivasta vaikutuksesta yhteen lukuun eli työn motivaatiopotentiaaliin (TMP). TMP lasketaan seuraavasti:

$$TMP = \text{Työn vaatimat taidot} + \text{Työkokonaisuus} + \text{Työn merkittävyys} * \text{Itsenäisyys} * \text{Palaute}$$

Kertomerkit kaavassa ilmentävät työn itsenäisyyden ja suoran palautteen merkitystä. Jos jompi-kumpi näistä ydinpiirteistä puuttuu kokonaan, TMP saa arvon nolla.

JDS-kyselyssä arvoasteikot ovat kaikkien osioiden kohdalla yhdestä seitsemään. Mitä korkeamman arvon muuttuja saa, sitä parempi tutkittava työ on kyseisen muuttujan kannalta. Kriittisenä arvona voidaan pitää arvoa neljä. Tässä tutkimuksessa JDS-arvot on koodattu sanalliseen muotoon, jotta niiden käsittely tekstissä olisi yhdenmukaista ja joustavaa (lähteet: Hackman & Oldham 1980, Vartiainen & Teikari 1990). Arvojen koodit ovat seuraavat:

*1 = erittäin vähän 4 = keskimääräisesti/kohtalaisesti 7 = erittäin paljon
2 = vähän 5 = melko paljon / jossain määrin paljon
3 = melko vähän 6 = paljon*

JOB DIAGNOSTIC SURVEY

Tämä kyselylomake on kehitetty Yalen yliopistossa tutkimaan työtä ja sen kokemista. Lomakkeella voidaan suunnitella töitä entistä paremmin, koska se selvittää, miten ihmiset suhtautuvat erilaisiin töihin.

Seuraavilla sivuilla on useita kysymyksiä työstäsi. Tarkat ohjeet annetaan ennen jokaista osaa. Lue ohjeet tarkasti. Kysymyslomakkeen täyttämiseen ei pitäisi kuluu enempää kuin 25 minuuttia. Käy se läpi ripeästi.

Kysymysten tarkoituksena on saada tietoa sinun näkemyksestäsi omasta työstäsi ja sinun reaktioitasi siihen.

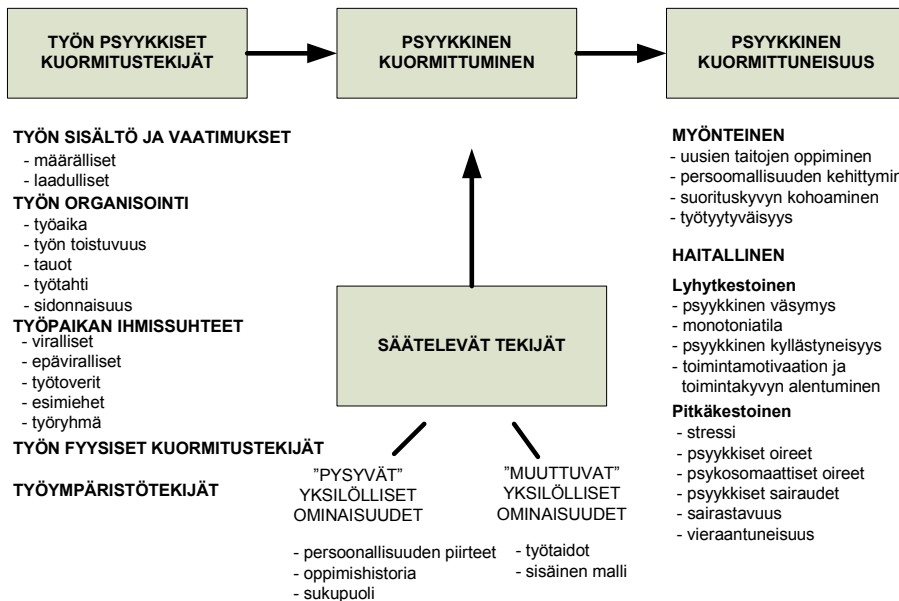
Lomakkeessa ei ole yhtään ”trikkikysymystä”. Antamasi vastaukset pysyvät täysin luottamuksellisina. Vastaa niihin kaikkiin mahdollisimman rehellisesti ja avoimesti.

Kiitos yhteistyöstäsi.

Kysely jakautuu seitsemään osioon. Lomakkeet ovat saatavilla Teknillisen korkeakoulun työpsykologian ja johtamisen laboratorista.

BMS-kyselyn piirteet

BMS-kysely selvittää työntekijöiden kokemaa lyhytkestoista psyykkistä kuormittuneisuutta. Alla olevassa kuvassa esitetään työn psyykkisen kuormittavuuden malli. Mallin mukaan työympäristö sisältää erilaisia psyykkisiä kuormitustekijöitä, jotka aikaansaavat työntekijän psyykkistä kuormittumista. Työntekijän ominaisuudet vaikuttavat psyykkiseen kuormittumiseen: samaan tilanteeseen joutuessaan erilaiset ihmiset reagoivat eri tavoin. Psyykkinen kuormittuminen johtaa psyykkiseen kuormittuneisuuteen, joka voi olla haitallista tai myönteistä (Plath & Richter 1984, Kostama ym. 1992, Vartiainen 1994).



Haitallinen psyykinen kuormittuneisuus voi olla joko lyhytkestoista tai pitkäkestoista. BMS-kysely tutkii lyhytkestoisen psyykkisen kuormittuneisuuden ilmenemistä ja on tärkeä väline työpaikan psyykkisessä työsuojelussa. Psyykinen kuormittuneisuus on BMS-kyselyssä jaettu kolmeen eri ulottuvuuteen: B-ulottuvuuteen eli psyykkiseen väsymykseen (saks. Belastung), M-ulottuvuuteen eli monotoniaan (saks. Monotonie) ja S-ulottuvuuteen eli psyykkiseen kyllästyneisyyteen (saks. Sättigung).

BMS-menetelmää tutkittaessa on havaittu, että BMS-menetelmän eri ulottuvuudet korreloivat keskenään mm. eri ulottuvuuksia vastaavien tuntemusten osittaisen samankaltaisuuden vuoksi. BMS-menetelmä pystyy erottelemaan hyvät ja huonot psyykkiset tilat, mutta menetelmä ei erottele täydellisesti kuormittuneisuuden tuntemusten sijoittumista eri ulottuvuuksille. Tämän vuoksi BMS-tuloksia tulee tarkastella ennen kaikkea kokonaisuutena (Plath & Richter 1984, Kostama ym. 1992, Vartiainen 1994).

BMS-asteikon arviointiohje:

TASO

	PSYKKINEN VÄSYMYS
1	= TAI > 50.0
2	46.0–49.9
3	< 46.0

ARVIINTIOHJE

	MONOTONIA
	= TAI > 50.0
	48.0–49.9
	< 48.0

	PSYKKINEN KYLLÄSTYNEISYYS
	= TAI > 50.0
	48.0–49.9
	< 48.0

Taso 1: Psyykinen hyvinvointi, työmuotoilutoimenpiteet eivät ole välttämättömiä.

Taso 2: Psyykinen hyvinvointi on lievästi alentunut. Jos suorituskyky on laskenut ja esiintyy muita oireita, tarvitaan laajempia tutkimuksia (tehtävien ja työn analyysi, psykofysiologiset mittaukset) työn muotoilua varten.

Taso 3: Psyykinen hyvinvointi on vakavasti huonontunut, työn ja organisaation muotoilutoimenpiteet ovat välttämättömiä.

BMS-menetelmän tutkimuslomake

BMS I

Tässä lomakkeessa on joukko väitteitä, jotka kuvaavat ihmisen hetkittäistä tilaa ja hetkittäisiä tuntemuksia. Lue väitteet huolellisesti läpi ja valitse jokaisen väitteen kohdalla se vaihtoehto, joka kuvaa parhaiten tuntemuksiasi tällä hetkellä. Jos väite vastaa tämänhetkistä tilaasi, merkitse rasti kohtaan ”pitää paikkansa”. Jos väite ei vastaa nykyisiä tuntemuksiasi, merkitse rasti kohtaan ”ei pidä paikkaansa”.

Täytä lomake nopeasti ja valitse jokaisen väitteen kohdalla se vaihtoehto, joka vastaa tuntemuksiasi tällä hetkellä. Onko kysyttävää?

BMS I TUTKIMUSLOMAKE

Osa A

Nimi.....Päivämäärä.....Klo.....

	<i>pitää paikkansa</i>	<i>ei pidä paikkaansa</i>
<i>Aika tuntuu minusta nyt pitkältä.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tämä työ kiinnostaa minua jonkin verran.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä olen todella aloitekyvytön.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Reagoin tällä hetkellä asioihin hitaasti.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä työskentelyni sujuu yhtä vaivat- tomasti kuin ennenkin.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Työni hermostuttaa minua tällä hetkellä jonkin verran.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Työni sujuu tällä hetkellä hyvin.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Reagoin nyt tavallista hitaammin ja huonommin.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä tuntuu siltä, että suoritukseni on lyhytaikaisesti tavallista huonompi.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Aika tuntuu tällä hetkellä kuluvan kuin siivillä.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä saan työstäni vain vähän iloa.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä työni tuntuu vaihtelevalta.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Suoritukseni huononee jatkuvasti.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä ponnistelen työssäni mielelläni.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä työni tuntuu erittäin mukavalta.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä minun on todella pakotettava itseni jatkamaan työskentelyä.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Olen tällä hetkellä täynnä tarmoa.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Ajatukseni ovat tällä hetkellä jonkin verran sekavat.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä ajatukseni ovat kokonaan työssäni.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä työskentelen melko sujuvasti.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä en enää jaksataistella nukahtamista vastaan.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Työsuoritukseni on tällä hetkellä tasaisen hyvä.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tämänhetkinen suoritukseni on mielestäni riittävä.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Vaikka ponnistelenkin tällä hetkellä, pystyn tuskin tekemään oikeita ratkaisuja työssäni.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tunnen tällä hetkellä itseni hieman väsyneeksi.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Pystyn tällä hetkellä vaivattomasti hyviin suorituksiin.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tämä työ hermostuttaa minua.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Jos muutan työni kulkua jonkin verran, työni sujuu paremmin.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tämä työ kyllästyttää minua.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tämä työ tuottaa minulle tällä hetkellä paljon iloa.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Tällä hetkellä minulla ei enää ole oikeaa kokonaiskuvaa työstäni.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Liite F: Tutkimuksessa mukana olleiden tuotantoyksiköiden FM-järjestelmien ja tuotantojärjestelmien rakenne ja kuvaus

Tutkimuksessa mukana olleiden tuotantoyksiköiden tekniikan kuvaus ja FM-järjestelmien rakenne vuosien 1993–1994 kartoituksessa.

Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olevien FM-järjestelmien rakenne.

No	Tyyppi	Käyttöön- otto- vuosi	Varasto- paikkojen lukumäärä		Miehitettyjä/ miehittä- mättömiä vuoroja	Koneiden ja laitteiden määrä						Erialaisten valmistettavien kappaleiden lukumäärä ⁽³⁾	
			Lava	Pal		Ko	So	Pk	Ro	Le	Mi		Muut
1	H	1991	240	27	2/1	4	1	2	-	-	1	1	10
2	H	1992	160	42	2/1	2	3	1	1	-	-	-	488
3	H	1990	330	30	2/1	4	5	2	2	-	7	1	100
4	H	1994	34	21	2 1	1	1	-	-	-	-	12	500
5	H	1987	2000	100	2/1	3	3	1	2	-	-	1	1000 ^(**)
6	L	1992	60	60	2/1	-	-	-	-	2	-	-	1000 ^(*)
7	P	1991	-	30	2/1	3	-	-	-	-	-	-	4
8	L	1993	-	50	2/1	-	-	-	-	3	-	-	1000 ^(**)
9	H	1989	660	66	2/1	3	1	1	1	-	-	5	1000 ^(**)
10	H	1990	280	62	2/1	4	5	1	2	-	-	-	80
11	H	1990	60	30	2/1	1	-	1	-	-	-	-	110
12	H	1992	302	54	2/1	3	1	1	-	-	-	1	100
13	H	1992	-	23	2 2	2	-	-	-	-	-	-	30
14	H	1991	100	40	2 3	2-	-	-	-	-	-	-	110

¹⁾ tietoa ei saatu

^{*)} lähes kaikki osat erilaisia

^{**)} noin 1000 erilaista osaa

³⁾ verstaapäällikön arvio, ei laskettu arvo

Lyhenteet:

H = Hyllystöhissityyppinen FMS

L = Levy FMS

P = Palettivarasto, yksikerroksinen

Lava = järjestelmän lavapaikkojen lukumäärä

Pal = järjestelmän palettien lukumäärä

Ko = NC-koneistuskeskusten määrä

So = NC-sorvien lukumäärä

Pk = Pesukoneiden lukumäärä

Ro = Robottien tai portaalirobottien lukumäärä

Le = NC-levytyökeskusten lukumäärä

Mi = NC-ohjattujen mittakoneiden lukumäärä

Muut = Muiden työstökoneiden lukumäärä

Taulukko 2. Verstaiden automaatioaste ja CIM-valmiudet FMS-projektin jälkeen vuonna 1994.

No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	PCS	ON	-	-	-	ON		ON	-	-	ON
2	OMS	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
3	OCS	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
4	OMS	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON
5	OCS	-	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	-	ON
6	LB	ON	-	ON	-	ON	ON	ON	ON	-	ON
7	MAK	-	-	ON	ON	ON	ON	-	-	-	ON
8	SALV	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
9	OCS	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	-	ON	ON
10	OCS	ON	ON	-	-	ON	ON	-	ON	ON	ON
11	PCS	ON	-	-	ON	ON		-	-	ON	ON
12	OMS	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	-	-	-
13	PCS	-	-	ON	-	ON	ON	ON	-	-	ON
14	OMS	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON

A = FM-järjestelmän ohjaustyyppi tai valmistaja (PCS, OCS ja OMS ovat Fastems Oy:n valmistamia, Salv on Salvagninin valmistama FMS-ohjaus, LB on Lillbacka Oy:n valmistama FMS-ohjaus sekä MAK on Makinon valmistama FMS-ohjaus)

B = Tehdasverkko (Ethernet tms.)

C = FM-järjestelmän keskusohjaus (ylempi taso)

D = Tietokoneavusteinen tuotannonohjaus

E = Tuotannon tietokanta (tietokannan hyväksikäyttö NC-ohjelmien, työkalujen, tms. taltioinnissa)

F = Tietokoneavusteinen NC-ohjelmointi (Fanug PG, PC-pohjainen ohjelmointi tms.)

G = DNC (NC-ohjelmien siirto työstökoneelle tai FMS-ohjaukseen tehdasverkon kautta)

H = CAM (työstöratojen ohjelmointi CAM-ohjelmiston avulla)

I = Viivakoodi työmääräimessä

J = Tietokoneavusteinen tiedonkeruujärjestelmä (viivakoodin käyttö tai NC-koneiden käytösuhteen seuranta)

K = CAD (CADin käyttö suunnittelussa)

- = tietoa ei saatu

Taulukko 3. Verstaiden tuotannon järjestelyjen erityispiirteitä projektien jälkeen vuonna 1994.

No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON
2	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON
3	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON
4	ON	ON	-	-	-	ON	ON	-	-	-	-
5	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON
6	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON
7	ON	ON	-	ON	-			ON	-	-	-
8	ON	ON	ON	ON	ON			ON	-	ON	ON
9	-	ON	-	ON	-	ON	ON	ON	-	-	ON
10	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	-	ON	ON
11	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	-	-	-
12	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON
13	ON	ON	-	-	-	ON	ON	-	-	ON	-
14	ON	ON	-	-	-	ON	ON	-	-	-	-
yht.	13	14	9	10	4	12	12	11	3	9	10

- = tietoa ei saatu

A = Tilaustuotanto (tuotantoa ohjataan tilausten perusteella)

B = Solutuotanto (tuotanto on solutettu)

C = Tilausjaksot luokiteltu (ABC-luokitus asiakkaiden, tuotteiden tai valmistuksen mukaan)

D = Osien ABC-luokitus (valmistusosaperheet)

E = Työntekijä tekee materiaalin tai alihankinnan tilaukset

F = Mahdollisuus yhden kappaleen eräkokoihin koko prosessin läpi

G = Ohjaustavat perhekohtaisesti

H = 2-laatikkoperiaate

I = SPC (tilastollinen laadun ohjaus)

J = Virtautettu tuotanto

K = Mahdollisuus tai käytetään modulaarista toistuvaa tuotantoa (toistuva tuotanto on selvitetty Richard Schonbergerin kirjassa *World Class Manufacturing*, s. 235–236)

Taulukko 4. Verstaiden automaatioaste vuonna 2006.

No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	FAS	ON	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON
3	CAML	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
5	FAS	-	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	-	ON
6	LB	ON	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON
7	MAK	-	-	ON	ON	ON	ON	-	ON	-	ON
10	CAML	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON
11	FAS	ON	-	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON
12	FAS	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	-	-
13	CAML	-	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON
14	CAML	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON

- = tietoa ei saatu

A = FM-järjestelmän ohjaustyyppi tai valmistaja (FAS on Fastems Oy:n valmistama, Salv on Salvagninin valmistama FMS-ohjaus, LB on Lillbacka Oy:n valmistama FMS-ohjaus sekä MAK on Makinon valmistama FMS-ohjaus, CAM-Line)

B = Tehdasverkko (Ethernet tms.)

C = FM-järjestelmän keskusohjaus (ylempi taso)

D = Tietokoneavusteinen tuotannonohjaus

E = Tuotannon tietokanta (tietokannan hyväksikäyttö NC-ohjelmien, työkalujen tms. taltiointissa)

F = Tietokoneavusteinen NC-ohjelmointi (Fanug PG, PC-pohjainen ohjelmointi tms.)

G = DNC (NC-ohjelmien siirto työstökoneelle tai FMS-ohjaukseen tehdasverkon kautta)

H = CAM (työstöratojen ohjelmointi CAM-ohjelmiston avulla)

I = Viivakoodi työmääräimessä

J = Tietokoneavusteinen tiedonkeruujärjestelmä (viivakoodin käyttö tai NC-koneiden käyttösuhteen seuranta)

K = CAD (CADin käyttö suunnittelussa)

Taulukko 5. Verstaiden tuotannon järjestelyjen erityispiirteitä vuonna 2006.

No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	ON	ON	ON
2	ajettu alas										
3	ON	-	ON	ON	-	ON	-	-	-	-	ON
4	ajettu alas										
5	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON
6	ON	-	ON	ON	-	ON	ON	-	-	ON	ON
7	ON	ON	-	ON	-	-	-	ON	-	-	-
8	ulkoistettu										
9	ulkoistettu										
10	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	-	ON	ON
11	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON	-	-	-
12	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	-	ON	ON	ON
13	ON	ON	-	-	-	ON	ON	-	-	ON	-
14	ON	ON	-	-	-	ON	ON	-	-	-	-
yh.	10	8	7	8	2	9	8	5	2	6	6

- = tietoa ei saatu

A = Tilaustuotanto (tuotantoa ohjataan tilausten perusteella)

B = Solutuotanto (tuotanto on solutettu)

C = Tilausjaksot luokiteltu (ABC-luokitus asiakkaiden, tuotteiden tai valmistuksen mukaan)

D = Osien ABC-luokitus (valmistusosaperheet)

E = Työntekijä tekee materiaalin tai alihankinnan tilaukset

F = Mahdollisuus yhden kappaleen eräkokoihin koko prosessin läpi

G = Ohjaustavat perhekohtaisesti

H = 2-laattikkoperiaate

I = SPC (tilastollinen laadun ohjaus)

J = Virtautettu tuotanto

K = Mahdollisuus tai käytetään modulaarista toistuvaa tuotantoa (toistuva tuotanto on selvitetty Richard Schonbergerin kirjassa *World Class Manufacturing*, s. 235–236)

Taulukko 6. Verstaiden FM-järjestelmien sanallinen kuvaus.

<p>Tuoteverstaas nro 1. Tuoteverstaas tuottaa koneita ja laitteita. Vuonna 1994 tuoteverstaassa oli 30 NC-konetta ja 3 FM-järjestelmää sekä yksi robottisolu. Vuonna 2000 hankittiin neljäs FM-järjestelmä. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön. Ohutlevytyöt ja osa osakoonpanoista on ulkoistettu. Tutkitussa järjestelmässä on 4 koneistuskeskusta, sorvi, pesukone, 3D-mittausasema, työkalujen esiastus, 2 paletointiasemaa sekä aihiolava-asema. Koneistuskeskuspalletin koko on 800 * 800 mm ja 24 palettia sekä aihiolavapaikkoja on 240. Kussakin työstökoneessa on omat työkalumakasiinit. Vuonna 2006 järjestelmä oli edelleen alkuperäisessä käytössä. Järjestelmä toimi 5-vuorojärjestelmässä.</p>
<p>Tuoteverstaas nro 2. Tuoteverstaas tuottaa prosessiteollisuuden laitteita. Yrityksessä oli 1994 noin 60 NC-konetta ja 2 FM-järjestelmää sekä robottisoluja. Järjestelmä otettiin käyttöön 1992 ja purettiin käytöstä vuonna 2000. Tuoteverstaas oli keskittynyt vaikeasti koneistettavien materiaalien lastuavaan työstöön. Tuoteverstaas yhdistettiin vuonna 2001 kolmen muun tuoteverstaan kanssa yhdeksi tuloyksiköksi. Osa tuotteista ulkoistettiin järjestelmätoimittajille. FM-järjestelmä sisälsi 2 koneistuskeskusta, kolme sorvia (joista yksi oli robottisolu), pesukoneen, kaksi paletointiasemaa ja aihiolava-aseman. Aihiolavapaikkoja on 160. Vuonna 2006 FM-järjestelmän hyllystö oli aihiovarastokäytössä ja työstökoneet yksittäisinä koneina.</p>
<p>Tuoteverstaas nro 3. Tuoteverstaas tuottaa prosessiteollisuuden laitteita. Yrityksessä oli 1994 noin 60 NC-konetta ja 2 FM-järjestelmää sekä robottisoluja. Järjestelmä otettiin käyttöön 1990. Tuoteverstaas oli keskittynyt lastuavaan työstöön. Tuoteverstaas yhdistettiin vuonna 2001 kolmen muun tuoteverstaan kanssa yhdeksi tuloyksiköksi. Osa tuotteista ulkoistettiin järjestelmätoimittajille. FM-järjestelmä sisälsi 4 koneistuskeskusta, manuaaliasemalla liitettyjä sorvausasemia, pesukoneen, kaksi paletointiasemaa, aihiolava-aseman sekä erillisen 3D-mittausaseman. Aihiolavapaikkoja on 330. Vuonna 2006 FM-järjestelmä oli edelleen käytössä, ja FM-järjestelmän ohjaus oli vaihdettu vuosituuhannen vaiheessa. Nykyisin järjestelmää käytetään kolmessa miehitetyssä vuorossa ja kahdessa miehitetyssä viikonloppuvuorossa.</p>
<p>Tuoteverstaas nro 4. Tuoteverstaas tuotti teollisuuden projektitoimituksia, lähinnä erikoiskoneita. Järjestelmä otettiin käyttöön 1994. Järjestelmä sisälsi koneistuskeskuksen, sorvausolun, pesukoneen, kaksi paletointiasemaa, 34 varastopaikkaa, 21 palettia ja yhden aihiolava-aseman. Työstettävät kappaleet olivat projekti kohtaisten toimitusten yksittäiskappaleita. Tuotevariaatioiden määrä oli noin 500. Ohessa ote projektin loppuraportista: Yritys fuusioitiin ensin 1992 ja myytiin 1995 osaksi suurta kansainvälistä konsernia ja FM-järjestelmä purettiin 1997.</p>
<p>Tuoteverstaas nro 5. Tuoteverstaas tuottaa prosessiteollisuuden laitteita. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön. Vuonna 1994 tuoteverstaassa oli 21 NC-konetta, 25 manuaalista työstökonetta, yksi FM-järjestelmä ja 2 robottisoluja. FM-järjestelmässä on 6 NC-konetta, kaksi manuaalikonetta, paletteja on 100 kappaletta, varastopaikkoja yhteensä 1000 kappaletta. Työstettävien kappaleiden määrä on arviolta 1000. Järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 1987. Vuonna 2006 FM-järjestelmää oltiin uusimassa ja työstökoneita vaihtamassa. Järjestelmää käytetään kolmessa vuorossa viikolla ja viikonloppuisin kahdessa vuorossa.</p>
<p>Tuoteverstaas nro 6. Tuoteverstaas tuottaa rakennusteollisuudelle koneita. Tuoteverstaas on keskittynyt ohutlevy tuotteiden valmistukseen. Tuotetehdas on jakaantunut kolmeen tuoteverstaaseen. Tutkimuksessa olevassa tuoteverstaassa on maalaamo, kokoonpano, pakkaamo ja lähettämö sekä ohutlevy tuotteiden valmistusta. FM-järjestelmä oli rakennettu Lillbacka Oy:n varastojärjestelmän ympärille. FM-järjestelmä sisälsi 2 levytyökeskusta ja levyvaraston. Lavapaikkoja oli 120. Levytyökeskus oli varustettu kulmaleikkurilla ja pinontalaitteistolla. Järjestelmään oli liitetty myös rainalinja. Järjestelmä otettiin käyttöön 1992. Järjestelmä uusittiin 1999 ja tilalle rakennettiin linjatyyppinen kahden levytyökeskuksen ja levyvaraston muodostama kokonaisuus. Järjestelmää ollaan uusimassa vuonna 2007, ja tuotantomäärät tulevat kaksinkertaistumaan.</p>

Tuoteverstaas nro 7. Tuoteverstaas valmistaas omalla tuotemerkillä varustettuja tuotteita. Tuotteista yli 90 prosenttia menee vientiin. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön, lähinnä nuorrutusteräksestä valmistettujen osien valmistamiseen. Yrityksessä on 40 NC-konetta ja 80 manuaalikonetta. Yrityksessä on kaksi FM-järjestelmää. Tutkimuksessa mukana olevassa FM-järjestelmässä on kolme vaakakaraista koneistuskeskusta ja kaksi palettiasemaa. Paletteja oli yhteensä 30 kappaletta. Järjestelmä otettiin käyttöön 1991. Järjestelmän koneet käyvät kahdessa miehitetyssä ja yhdessä miehittämättömässä vuorossa. Vuonna 2006 järjestelmä oli edelleen käytössä.

Tuoteverstaas nro 8. Tuoteverstaas valmistaas teollisuuden kojekaappeja. Tuoteverstaas on keskittynyt ohutlevytyöstöön. Tuoteverstaassa oli kaikkiaan 7 NC-konetta, yksi FM-järjestelmä ja yksi robotisolu. Järjestelmä sisälsi raaka-ainevaraston, lävistysyksikön, lajittelu- ja pinkkausyksikön, bufferit, taivutusyksikön, purkauslaitteet sekä FMU-levyleikkauslinjan. Palettipaikkoja oli yhteensä 80 kappaletta. Järjestelmä otettiin käyttöön vuoden 1993 lopussa. Yritys ulkoisti kojekaappien valmistuksen vuosituhannen vaiheessa.

Tuoteverstaas nro 9. Tuoteverstaas on osana suuren kansainvälisen konsernin tehdasta. Tuoteverstaas on keskittynyt erikoiskoneiden komponenttien valmistamiseen. FM-järjestelmä sisälsi yhteensä 16 työstökonetta, joista neljä oli liitetty suoraan FM-järjestelmään ja loput manuaaliaseman välityksellä. Konepaletteja järjestelmässä on 36 kappaletta, kuljetusalustoja 66 kappaletta ja kuormalavapaikkoja 660. Kolme työstökoneista oli vaakakaraista koneistuskeskuksia ja yksi portaalirobotilla varustettu NC-sorvi sekä pesukone. Järjestelmä otettiin käyttöön vuoden 1989 lopussa. Yritysjärjestelyjen myötä FM-järjestelmä ajettiin alas vuosituhannen vaiheessa.

Tuoteverstaas nro 10. Yritys valmistaas komponentteja ja osakokonaisuuksia ajoneuvoteollisuudelle. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön. FM-järjestelmä sisälsi 9 NC-konetta ja 2 robotisolua sekä 7 manuaalikonetta. Varsinaisesti 4 vaakakaraista koneistuskeskusta on liitettyinä FM-järjestelmään. FM-järjestelmä otettiin käyttöön vuoden 1990 lopussa. Muut koneet oli liitetty manuaaliaseman kautta, eli hyllystö toimii aihiovarastona. Järjestelmässä oli 80 palettia. Vuonna 2006 järjestelmää oltiin uusimassa. Tällöin työstökoneet vaihdettiin uusiin ja hyllystöhissi päivitettiin ajanmukaiseksi.

Tuoteverstaas nro 11. Tuoteverstaas valmistaas prosessiteollisuuden laitteita. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön. Työstettävät materiaalit ovat pääasiassa vaikeasti koneistettavia ruostumattomia ja haponkestäviä teräksiä. FM-järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 1990. Järjestelmä sisälsi yhden vaakakaraisten koneistuskeskuksen ja varauksen toiselle samanlaiselle koneelle sekä pesukoneen. Paletteja järjestelmässä on 30 kappaletta, ja erilaisten työstettävien kappaleiden määrä on 110. Vuonna 2006 järjestelmä on edelleen käytössä ja tuotteet ovat samoja pienin tuotemuutoksilla.

Tuoteverstaas nro 12. Tuoteverstaas tuottaa teollisuuden laitteita. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön. Vuonna 1994 tuoteverstaassa oli 25 NC-konetta ja joukko manuaalisia työstökoneita, yksi FM-järjestelmä, 1 robotisolu, lämpökäsittelylinja sekä maalaamo. FM-järjestelmässä on 3 NC-konetta, yksi robotisolu, kolme manuaaliasemalla liitettyä sorvaussolua, palettiasemia on yhdeksän kappaletta, aihiolava-asemia on kaksi kappaletta ja manuaaliasemia yhteensä kuusi kappaletta. Järjestelmään oli liitetty myös lämpökäsittelylinja. Työstettävänä materiaalina oli nuorrutusteräs, valut ja takeet. Paletteja on 54 kappaletta, varastopaikkoja yhteensä 302 kappaletta. Työstettävien kappaleiden määrä on arviolta 100. Järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 1992. Vuonna 1995 järjestelmään lisättiin neljäs koneistuskeskus. Vuonna 2006 FM-järjestelmää oltiin uusimassa ja työstökoneita vaihtamassa. Järjestelmää käytetään kolmessa vuorossa viikolla ja viikonloppuisin kahdessa vuorossa.

Tuoteverstaas nro 13. Tuoteverstaas tuottaa prosessiteollisuuden laitteita. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön. Vuonna 1994 tuoteverstaassa oli 23 NC-konetta, joukko manuaalisia työstökoneita ja yksi FM-järjestelmä. FM-järjestelmässä on 2 vaakakaraista koneistuskeskusta, kaksi palettiasemaa ja 23 palettia. Työstettävät kappaleet ovat varsin massiivisia, jopa useamman tonnin painoisia. Järjestelmä otettiin käyttöön vuoden 1992 lopussa. Vuonna 2006 FM-järjestelmä on edelleen käytössä. Järjestelmää käytetään kolmessa vuorossa viikolla ja viikonloppuisin kahdessa vuorossa.

Tuoteverstaas nro 14. Tuoteverstaas valmistaa metsäteollisuuden laitteita. Tuoteverstaas on keskittynyt lastuavaan työstöön. Tuoteverstaassa on 15 NC-konetta. Työstettävät materiaalit ovat pääasiassa vaikeasti koneistettavia ruostumattomia ja haponkestäviä teräksiä sekä teräsvaluja. FM-järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 1991. Järjestelmä sisälsi yhden vaakakaraisen koneistuskeskuksen ja varauksen toiselle samanlaiselle koneelle sekä pesukoneen. Toinen vaakakarainen työstökone hankittiin vuonna 2005. Paletteja järjestelmässä on 40 kappaletta, ja erilaisten työstettävien kappaleiden määrä on 110. Vuonna 2006 järjestelmä on edelleen käytössä ja tuotteet ovat samoja pienin tuotemuutoksina. Vuosituhannen vaihteesta alkaen tuotantoa on voimakkaasti ulkoistettu ja työstökoneita on myyty alihankkijoille noin 10 kappaletta.

Liite G: Käyttöhenkilöstön taustatiedot

Käyttöhenkilöstön taustatiedot vuosien 1993–1993 haastatteluissa

3	<i>Ammatti</i>		
	<i>FMS-operaattori</i>	9	17,6 %
	<i>FMS-koneistaja</i>	33	64,7 %
	<i>NC-koneistaja</i>	4	7,8 %
	<i>ohjelmoija</i>	5	9,9 %
		<i>N = 51</i>	<i>100 %</i>

4	<i>Ikä</i>		
a	<i>alle 20</i>	0	0,0 %
b	<i>20–29</i>	11	21,6 %
c	<i>30–39</i>	13	25,5 %
d	<i>40–49</i>	22	43,1 %
e	<i>50–59</i>	5	9,8 %
f	<i>yli 60</i>	0	0,0 %
		<i>N = 51</i>	<i>100 %</i>

5.	<i>Sukupuoli</i>		
a	<i>mies</i>	46	90,2 %
b	<i>nainen</i>	5	9,8 %
		<i>N = 51</i>	<i>100 %</i>

6.	<i>Peruskoulutus</i>		
a	<i>kansakoulu</i>	29	56,9 %
b	<i>peruskoulu</i>	12	23,5 %
c	<i>keskikoulu</i>	7	13,7 %
d	<i>lukio</i>	2	3,9 %
e	<i>ylioppilas</i>	1	2,0 %
		<i>N = 51</i>	<i>100 %</i>

7.	<i>Koulumenestys</i>		
a	<i>hyvä</i>	13	25,5 %
b	<i>kohtalainen</i>	38	74,5 %
c	<i>heikko</i>	0	0,0 %
		<i>N = 51</i>	<i>100 %</i>

8.	<i>Matematiikan arvosana</i>		
a	<i>10–9</i>	10	20,4 %
b	<i>8–7</i>	39	79,6 %
c	<i>6–5</i>	0	0,0 %
		<i>N = 49</i>	<i>100 %</i>

9.	<i>Kielitaito</i>		
a	<i>suomi</i>	51	100 %
b	<i>englanti</i>	29	56,9 %
c	<i>saksa</i>	5	9,8 %
d	<i>ruotsi</i>	15	29,4 %
e	<i>ei vieraan kielen taitoa</i>	2	3,9 %
		<i>N = 51</i>	<i>100 %</i>

10.	<i>Ammatillinen koulutus</i>		
a	<i>ammattikoulu</i>	38	74,5 %
b	<i>konepajakoulu</i>	11	21,6 %
c	<i>ns. ammattimies</i>	9	17,6 %
d	<i>ammattikurssit</i>	38	74,5 %
e	<i>teknillinen koulu</i>	2	3,9 %

11.	<i>Kauanko yrityksessä</i>		
a	<i>alle 5 vuotta</i>	6	11,9 %
b	<i>5–9</i>	13	24,5 %
c	<i>10–14</i>	8	16,6 %
d	<i>15–19</i>	4	7,8 %
e	<i>yli 20 vuotta</i>	20	39,2 %
		N = 51	100 %

12.	<i>Kauanko muualla</i>		
aa	<i>nolla</i>	35	68,6 %
a	<i>alle 5 vuotta</i>	8	15,7 %
b	<i>5–9</i>	4	7,8 %
c	<i>10–14</i>	3	5,9 %
d	<i>15–19</i>	0	0,0 %
e	<i>yli 20 vuotta</i>	1	2,0 %
		N = 51	100 %

Käyttöhenkilöstön taustatiedot vuoden 2006 haastatteluissa

<i>Ammatti</i>	<i>keski- arvo</i>		
<i>FMS-operaattori</i>		2	11,8 %
<i>FMS-koneistaja</i>		7	41,2 %
<i>NC-koneistaja</i>		4	23,5 %
<i>ohjelmoija</i>		4	23,5 %
		N = 17	100 %

<i>Ikä</i>		46,5	
<i>alle 20</i>		0	0,0 %
<i>20–29</i>		2	11,8 %
<i>30–39</i>		3	17,6 %
<i>40–49</i>		4	23,5 %
<i>50–59</i>		7	41,2 %
<i>yli 60</i>		1	5,9 %
		N = 17	100 %

<i>Sukupuoli</i>			
<i>mies</i>		16	94,1 %
<i>nainen</i>		1	5,9 %
		14	100 %

<i>Peruskoulutus</i>			
<i>kansakoulu</i>		6	35,3 %
<i>peruskoulu</i>		4	23,5 %
<i>keskikoulu</i>		7	41,2 %
<i>lukio</i>		0	0,0 %
<i>ylioppilas</i>		0	0,0 %
		N = 17	100 %

<i>Koulumenestys</i>		
<i>hyvä</i>	3	17,6 %
<i>kohtalainen</i>	13	76,5 %
<i>heikko</i>	1	5,9 %
	N = 17	100 %

<i>Matematiikan arvosana</i>		
<i>10-9</i>	1	5,9 %
<i>8-7</i>	16	94,1 %
<i>6-5</i>	0	0,0 %
	N = 17	100 %

<i>Kielitaito</i>		
<i>suomi</i>	17	100 %
<i>englanti</i>	8	47,1 %
<i>saksa</i>	0	0,0 %
<i>ruotsi</i>	5	29,4 %
<i>ei kielitaitoa</i>	0	0,0 %
	N = 17	

<i>Ammatillinen koulutus</i>		
<i>ammattikoulu</i>	14	82,3 %
<i>konepajakoulu</i>	2	11,8 %
<i>ns. ammattimies</i>	0	0,0 %
<i>ammattikurssit</i>	9	52,9 %
<i>teknillinen koulu</i>	1	5,9 %
	N = 17	

<i>Kauanko yrityksessä</i>		
<i>alle 5 vuotta</i>	1	5,9 %
<i>5-9</i>	1	5,9 %
<i>10-14</i>	4	23,5 %
<i>15-19</i>	3	17,6 %
<i>yli 20 vuotta</i>	8	47,1 %
	N = 17	100 %

<i>Kauanko muualla</i>		
<i>nolla</i>	11	64,7 %
<i>alle 5 vuotta</i>	4	23,5 %
<i>5-9</i>	1	5,9 %
<i>10-14</i>	1	5,9 %
<i>15-19</i>	0	0,0 %
<i>yli 20 vuotta</i>	0	0,0 %
	N = 17	100 %

Liite H: Kaikkien verstaiden talouslukujen vertailu ennen ja jälkeen projektin (t-testi)

Taulu 1. Verstaiden talouslukujen t-testi ennen ja jälkeen projektien toteutuksen.

Paired Samples Statistics (kaikki projektit)							
Label	Mean	N	Std. Dev.	Correlation	Sig.	t	Sig. (2-tailed)
Henkilömäärä ennen	135,2	12	79,0				
Henkilömäärä jälkeen	104,5	12	65,0	,967	,000	4,616	,001(***)
Liikevaihto ennen defl.	91,1	10	87,4				
Liikevaihto jälkeen defl.	107,4	10	116,4	,993	,000	-1,647	,134
Volyymi ennen	8518,6	9	8649,9				
Volyymi jälkeen	6941,8	9	6524,4	,984	,000	1,882	,097
Jalostusarvo ennen	24,2	9	16,48				
Jalostusarvo jälkeen	26,9	9	17,0	,796	,010	-,768	,464
Jalostusarvo/palkat ennen	166,4	9	101,4				
Jalostusarvo/palkat jälkeen	231,2	9	201,0	,886	,001	-1,609	,146
Jalostusarvo/palkat + poistot ennen	1,36	9	,891				
Jalostusarvo/palkat + poistot jälkeen	1,8	9	1,4	,894	,001	-1,895	,095
Käyttökateprosentti ennen	9,3	9	12,6				
Käyttökateprosentti jälkeen defl.	17,2	9	21,9	,896	,001	-1,972	,084
Vaihto-omaisuus ennen	19129,3	12	15684,9				
Vaihto-omaisuus jälkeen defl.	14445,0	12	11803,5	,838	,001	1,871	,088
KET ennen	5951,4	11	8441,5				
KET jälkeen defl.	3727,2	11	4510,1	,904	,000	1,546	,153
Vaihto-omaisuuden kierton. ennen	2,68	9	1,4				
Vaihto-omaisuuden kierton. jälkeen	4,3	9	1,6	,533	,140	-3,525	,008(**)
KET-kiertonopeus ennen	9,5	12	15,7				
KET-kiertonopeus jälkeen	24,8	12	45,3	,875	,000	-1,634	,130
Kokonaisläpimenoaika ennen	31,3	9	30,5				
Kokonaisläpimenoaika jälkeen	11,7	9	7,9	,699	,036	2,297	,051
Toiminnanohjauspisteet ennen	12,3	10	11,1				
Toiminnanohjauspisteet jälkeen	3,5	10	4,3	,246	,493	2,550	,031(*)
Lattia-ala ennen	8173,4	5	3851,1				
Lattia-ala jälkeen	5180,0	5	2396,2	585	,300	2,141	,099
Toimitusvarmuus ennen	60,5	9	19,2				
Toimitusvarmuus jälkeen	83,0	9	11,1	,589	,095	-4,339	,002(**)
Susikustannukset ennen	828,1	7	413,1				
Susikustannukset jälkeen	1028,9	7	737,9	,660	,107	-,949	,379
Sairaus ennen	9021,5	7	2948,3				
Sairaus jälkeen	3748,0	7	2099,1	,281	,542	4,497	,004(**)
Tapaturmat ennen	423,9	7	233,5				
Tapaturmat jälkeen	465,0	7	412,6	-,534	,217	-,190	,855
Luvaton poissaolo ennen	402,6	7	498,3				
Luvaton poissaolo jälkeen	235,5	7	348,5	,935	,002	2,084	,082
Sairaus/henkilö ennen	108,0	7	35,6				
Sairaus/henkilö jälkeen	60,6	7	30,6	-,041	,931	2,621	,040(*)
Koneistuksen läpimenoaika ennen	21,9	9	29,2				
Koneistuksen läpimenoaika jälkeen	8,6	9	8,6	,901	,001	1,841	,103
Työtunnit/kpl ennen	90,2	11	103,0				
Työtunnit/kpl jälkeen	74,9	11	86,9	,791	,004	,797	,444
Valmistuskustannukset/kpl defl.	26638,1	9	41840,9				
Valmistuskust./kpl jälkeen defl.	22939,9	9	36155,2	,937	,000	,745	,477

p<.05 (*, p<.01 (**, p<.001 (***)

Myöhästymä	10,64	10,45	13
Käyttösuhde	11,93	8,72	13
Projektin pituus	37,11	11,57	13
Työntekijän osallistuminen suunnitteluun	-30,7	23,05	12

Liite I: Onnistuneiden projektien talouslukujen vertailu ennen ja jälkeen (t-testi)

Onnistuneiden projektien vertailu ennen ja jälkeen projektin (talouslukujen t-testit)

Number of valid observations (listwise) = 2,00

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Correl.	Sig.	t	Sig. (2-tailed)
Henkilömäärä ennen	165,4	5	115,2				
Henkilömäärä jälkeen	132,1	5	92,3	,991	,001	2,767	,050(*)
Liikevaihto ennen defl.	65,7	4	24,7				
Liikevaihto jälkeen defl.	80,50	4	25,1	,968	,032	-4,680	,018(*)
Volyyymi ennen	8665,8	5	10243,6				
Volyyymi jälkeen	6997,2	5	7405,2	,980	,003	1,118	,326
Jalostusarvo ennen	18,0	4	13,7				
Jalostusarvo jälkeen	27,4	4	19,6	,980	,003	-1,904	,153
Jalostusarvo/palkat ennen	140,5	4	122,0				
Jalostusarvo/palkat jälkeen	247,6	4	266,6	,946	,054	-1,372	,264
Käyttökateprosentti ennen	5,4	4	13,0				
Käyttökateprosentti jälkeen defl.	15,5	4	22,1	,904	,096	-1,735	,181
Vaihto-omaisuus ennen	15787,4	5	2035,8				
Vaihto-omaisuus jälkeen defl.	11571,0	5	4168,2	,708	,181	3,059	,038(*)
KET ennen	4324,0	5	4449,10				
KET jälkeen defl.	2529,0	5	3138,6	,606	,279	1,125	,323
Vaihto-omaisuuden kierton. ennen	2,4	4	,67				
Vaihto-omaisuuden kierton. jälk.	4,3	4	1,7	,651	,349	-2,687	,075
KET-kiertonopeus ennen	17,7	5	22,7				
KET-kiertonopeus jälkeen	52,7	5	115,2	,846	,071	-1,735	,158
Kokonaisläpimenoaika ennen	38,3	4	92,3				
Kokonaisläpimenoaika jälkeen	9,8	4	24,7	,917	,083	1,495	,232
Toiminnanohjauspisteet ennen	10,8	5	25,1				
Toiminnanohjauspisteet jälkeen	4,6	5	10243,6	,716	,174	2,634	,058
Lattia-ala ennen	5233,5	2	7405,2				
Lattia-ala jälkeen	5100,0	2	13,7	1,000	,000	,072	,955
Toimitusvarmuus ennen	64,3	4	19,6				
Toimitusvarmuus jälkeen	83,3	4	122,0	,580	,420	-2,263	,109
Susikustannukset ennen	725,7	3	266,7				
Susikustannukset jälkeen	1203,3	3	13,0	,850	,353	-1,036	,409
Sairaus ennen	8055,0	2	22,1				
Sairaus jälkeen	3937,0	2	2035,8	1,000	,000	10,894	,058
Tapaturmat ennen	581,5	2	4168,2				
Tapaturmat jälkeen	213,0	2	4449,1	1,000	,000	2,174	,274
Luvaton poissaolo ennen	204,5	2	3138,6				
Luvaton poissaolo jälkeen	113,0	2	,7 1,000	,000	8,714		,073
Sairaus/henkilö ennen	93,5	2	1,7				
Sairaus/henkilö jälkeen	58,0	2	22,7			1,821	,320
Koneistuksen läpimenoaika ennen	8,7	3	62,7				
Koneistuksen läpimenoaika jälk.	4,3	3	44,7	982	,123	6,500	,023(*)
Työtunnit/kpl ennen	105,2	5	7,3				
Työtunnit/kpl jälkeen	71,8	5	72,9	,514	,376	,775	,481
Valmistuskustannukset/kpl defl.	22653,3	4	27643,3				
Valm.kust./kpl jälkeen defl.	15793,3	4	12881,2	,564	,436	,597	,593

p < .05 (*), p < .01 (**), p < .001 (***)

Liite J: Epäonnistuneiden projektien talouslukujen vertailu ennen ja jälkeen (t-testi)

Epäonnistuneiden projektien talouslukujen vertailu ennen ja jälkeen projektin (t-testit)

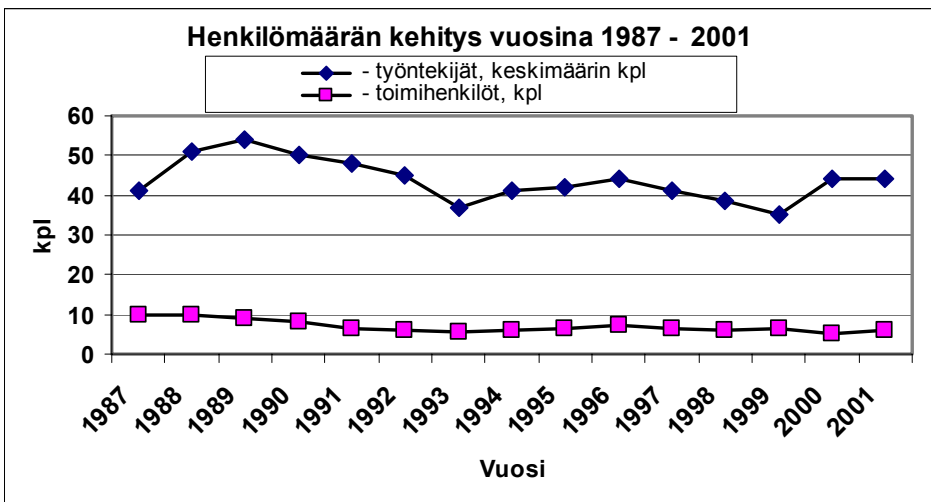
Number of valid observations (listwise) = 1,00							
	Valid						
	Mean	N	Std. Dev.	Correl.	Sig	t	Sig. (2-tailed)
Henkilömäärä ennen	105,6	5	36,6				
Henkilömäärä jälkeen	88,6	5	33,9	,960	,009	3,692	,021(*)
Liikevaihto ennen defl.	122,1	5	119,1				
Liikevaihto jälkeen defl.	143,4	5	162,4	,995	,000	-1,046	,355
Volyyymi ennen	8334,5	4	7716,0				
Volyyymi jälkeen	6872,5	4	6355,1	,999	,001	2,087	,128
Jalostusarvo ennen	28,8	4	21,1				
Jalostusarvo jälkeen	27,6	4	19,4	,891	,109	,236	,829
Jalostusarvo/palkat ennen	184,3	4	104,1				
Jalostusarvo/palkat jälkeen	235,6	4	184,4	,974	,026	-1,191	,319
Jalostusarvo/palkat + poistot	1,5	4	0,9				
Jalostusarvo/palkat + poistot jälk.	1,9	4	1,3	,991	,009	-1,855	,161
Käyttökateprosentti ennen	11,8	4	14,5				
Käyttökateprosentti jälkeen defl.	20,9	4	27,3	,986	,014	-1,373	,263
Vaihto-omaisuus ennen	24962,6	5	24408,3				
Vaihto-omaisuus jälkeen defl.	18695,6	5	17435,7	,852	,067	1,061	,349
KET ennen	10087,5	4	13112,2				
KET jälkeen deflatoitu	5898,0	4	6436,5	,991	,009	1,234	,305
Vaihto-omaisuuden kiertonop.enn.	3,2	4	1,7				
Vaihto-om. kierto jälkeen	4,3	4	1,9	,691	,309	-1,509	,228
KET-kiertonopeus ennen	4,4	5	3,7				
KET-kiertonopeus jälkeen	5,9	5	3,3	,559	,328	-1,066	,347
Kokonaisläpimenoaika ennen	25,8	5	16,4				
Kokonaisläpimenoaika jälkeen	13,3	5	8,8	,939	,018	3,201	,033(*)
Toiminnanohjauspisteet ennen	15,0	4	16,8				
Toiminnanohjauspisteet jälkeen	2,5	4	1,3	-,154	,846	1,469	,238
Lattia-ala ennen	13000,0	1	.	.	.	.	.
Lattia-ala jälkeen	9000,0	1	.	.	.	.	.
Toimitusvarmuus ennen	64,3	3	23,9				
Toimitusvarmuus jälkeen	84,5	3	8,4	,757	,453	-1,905	,197
Susikustannukset ennen	1113,3	3	344,3				
Susikustannukset jälkeen	1137,3	3	306,9	,565	,618	-,136	,904
Sairaus ennen	10070,7	3	4228,2				
Sairaus jälkeen	3761,3	3	3146,1	,092	,941	2,172	,162
Tapaturmat ennen	356,7	3	278,0				
Tapaturmat jälkeen	644,0	3	583,5	-,781	,429	-,607	,605
Luvaton poissaolo ennen	643,3	3	727,2				
Luvaton poissaolo jälkeen	460,7	3	467,8	,984	,113	1,133	,375
Sairaus/henkilö ennen	137,0	3	33,0				
Sairaus/henkilö jälkeen	63,7	3	50,7	-,261	,832	-,607	,605
Koneistuksen läpimenoaika ennen	14,7	4	8,2				
Koneistuksen läpimenoaika jälk.	8,2	4	6,8	,927	,073	4,133	,026(*)
Työtunnit/kpl ennen	90,5	4	128,7				
Työtunnit/kpl jälkeen	91,4	4	125,7	,999	,001	-,330	,763
Valmistuskustannukset/kpl defl.	37011,5	4	59346,1				
Valm.kust./kpl jälkeen defl.	35410,3	4	53789,7	,999	,001	,527	,635

$p < .05$ (*), $p < .01$ (**), $p < .001$ (***)

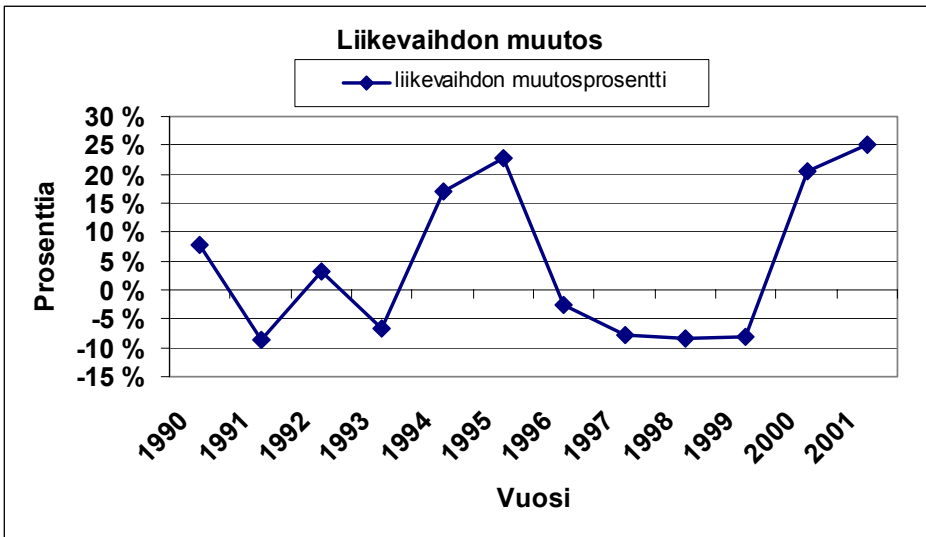
Liite K: Erikoistuotetuotannon tunnuslukuja vuosilta 1977–2001



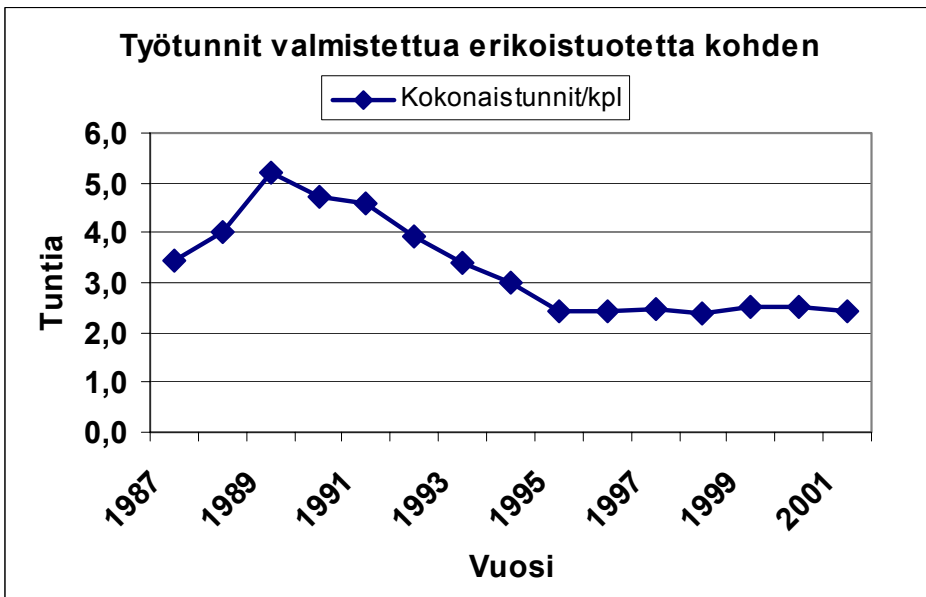
Taulu 1. Erikoistuotteiden valmistusmäärät vuosina 1977–2001.



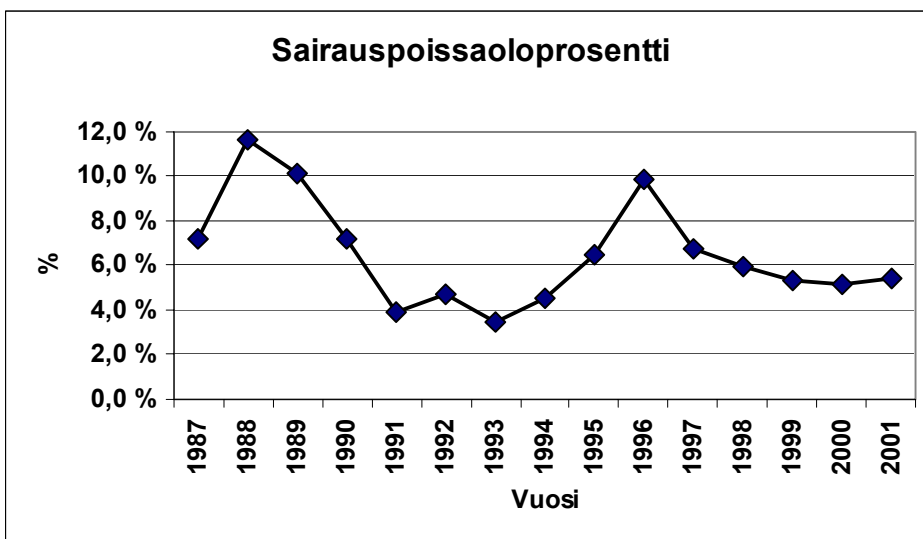
Taulu 2. Erikoistuotetehtaan toimihenkilöiden ja työntekijöiden määrä vuosina 1987–2001.



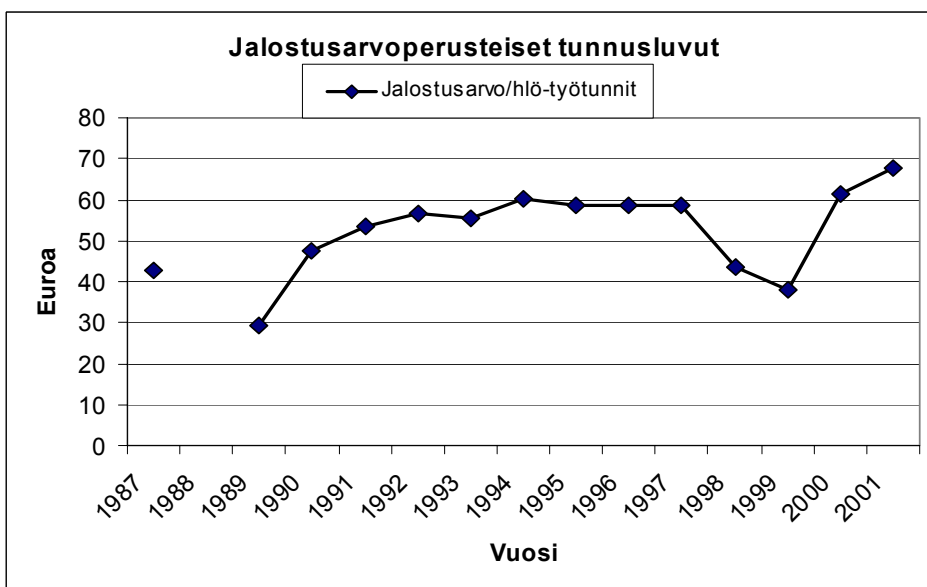
Taulu 3. Liikevaihdon muutos vuosina 1990–2001.



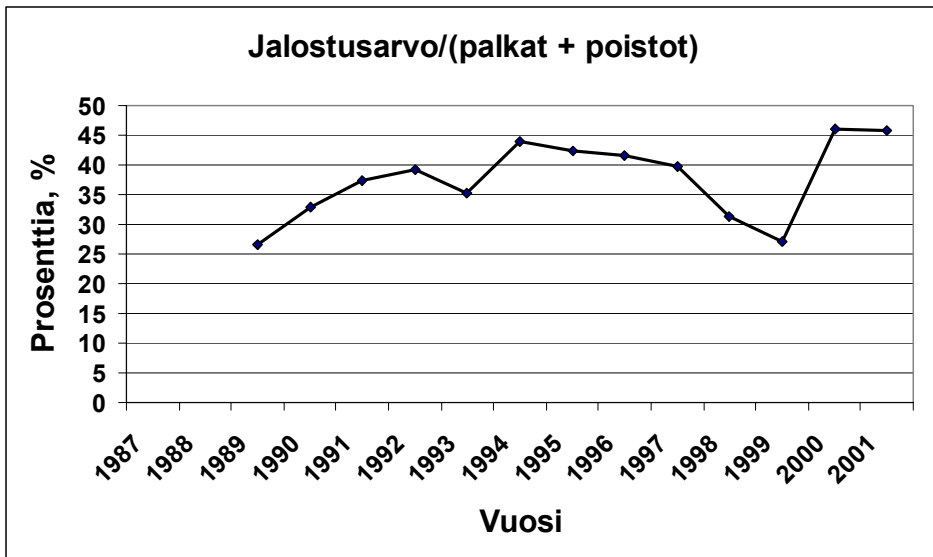
Taulu 4. Työtunnit valmistettua erikoistuotetta kohden 1987–2001.



Taulu 5. Erikoistuotetehtaan sairauspoissaoloprosentit.



Taulu 6. Erikoistuotetehtaan tuottavuus jalostusarvo/henkilötyötunnit vuosina 1987–2001. Euromääräiset luvut on deflatoitu vuoden 2005 rahan arvoon.



Kuva 7. Erikoistuotetehtaan tuottavuus jalostusarvo/(palkat + poistot)*100 vuosina 1987–2001. Euromääräiset luvut on deflatoitu vuoden 2005 rahan arvoon.

Taulukko 1. Erikoistuotetehtaan käyttökate vuosina 1989, 1991 ja 1993. Luvut on deflatoitu vuoden 2005 rahan arvoon. Laskutus sisältää tuoteyhdistelmän laskutuksen (luvut ovat 1000 €).

	1989	1991	1993
tuotannon laskutusarvo	14 820	13664	15 864
välittömät ostot	4 063	3 504	3 837
- alihankinnat	1 381	624	610
välilliset ostot	733	424	289
muuttuvat palkat + sotu	2 006	1 440	1 323
muuttuvat yhteensä	8 183	5 991	6 064
yleiskustannukset	203	138	14
kiinteät palkat + sotu	531	399	281
poistot	570	856	795
kiinteät kulut yhteensä	1 305	1 300	1 090
käyttökate	5 322	6 373	8 710
käyttökateprosentti	36,0 %	46,6 %	54,9 %

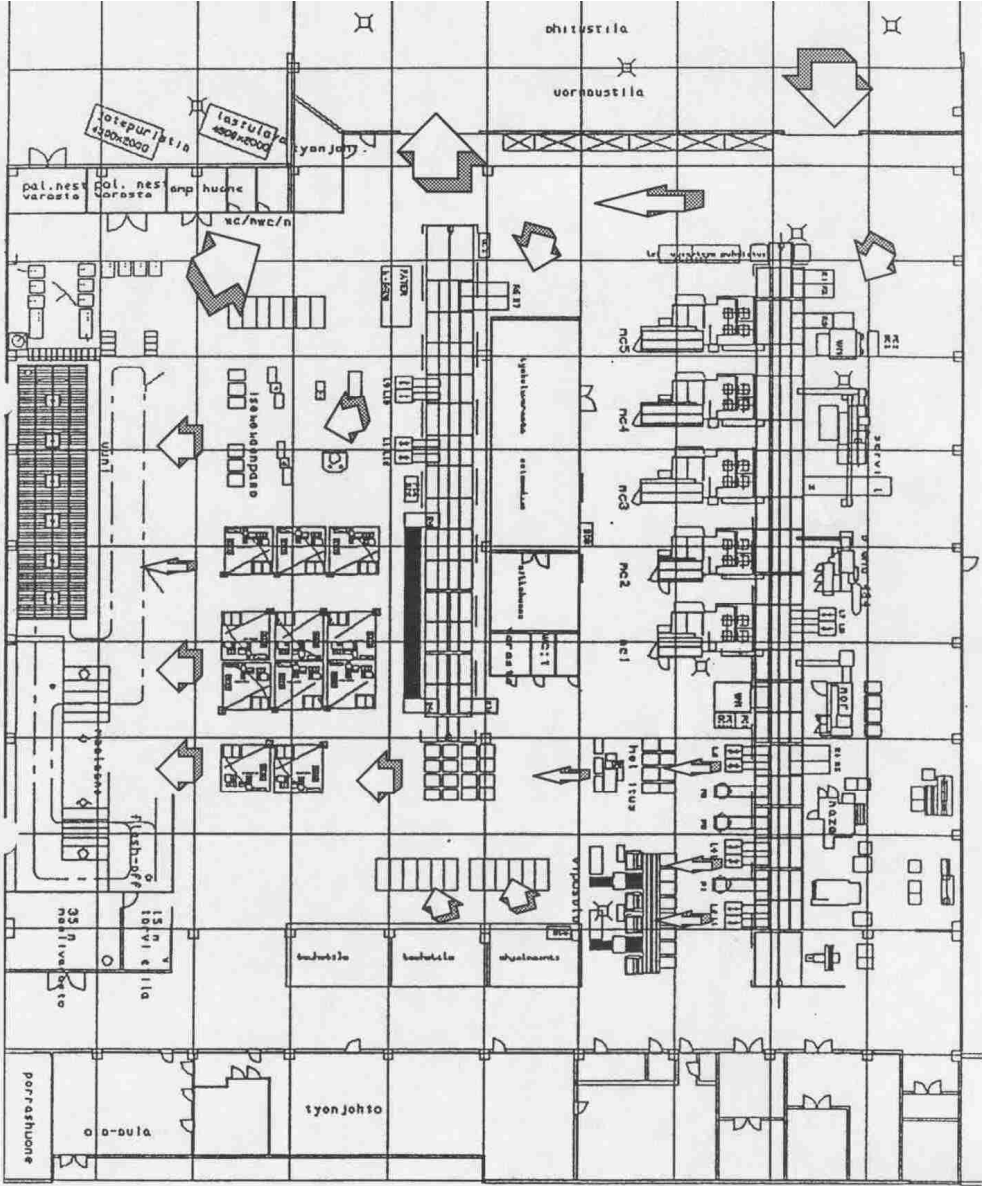
Taulukko 2. Sijoitetun pääoman tuottoaste prosentit vuosilta 1989 ja 1993. Luvut on deflatoitu vuoden 2005 rahan arvoon. (Luvut ovat 1000 €.)

	1989	1993	muutos-%
koneet ja laitteet	4 103	6 304	53
kiinteistö	3 192	5 713	79
vaihto-omaisuus	4 560	1 576	-65
yhteensä	11 856	13 593	15
käyttökate	5 332	8 692	63
SPOT %	45,0 %	63,9 %	42

Taulukko 3. Erikoistuotetehtaan tuottavuuslaskelmat vuosina 1989 ja 1993 sekä muutosprosentit. (Euromääräiset luvut on deflatoitu vuoden 1989 rahan arvoon, luvut ovat 1000 €.)

	1989	1993	muutos-%
valmistetut erikoistuotteet	23 876	22 573	-5,4%
työtunnit (h)	106 950	77 716	-38 %
tuottavuus (kpl/h)	0,22	0,29	33 %
konetunnit (h)	22 786	24 181	6 %
tuottavuus (kpl/h)	1,05	0,93	-11 %

Liite L: Case-tehtaan layout ja materiaalivirtaus



Liite M: Koulutussisältöjen jakauma

Tekniikan peruskoulutus

<i>vuosi</i>	<i>kursseja</i>	<i>osallistujia</i>	<i>osallistumispäivät</i>	<i>tunnit</i>
1987	0	0	0	0
1988	2	2	5	35
1989	2	4	8	56
1990	0	0	0	0
1991	8	17	28	196
1992	6	9	33	231
1993	2	4	16	112
1994(*)	3	4	12	84

NC- ja FMS-tekniikka

1987	5	6	25	175
1988	7	8	27	189
1989	27	216	653	4571
1990	8	15	47	329
1991	3	6	9	63
1992	2	5	58	406
1993	1	1	24	168
1994(*)	3	1	16	112

Laatukoulutus

1987	0	0	0	
1988	0	0	0	0
1989	0	0	0	0
1990	1	1	3	21
1991	0	0	0	0
1992	1	15	30	210
1993	7	101	266	1862
1994(*)	1	3	9	63

Tiimi- ja solukoulutus

1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	0
1989	4	54	27	189
1990	1	1	5	35
1991	2	3	6	42
1992	4	11	24	168
1993	7	10	26	182
1994(*)	0	0	0	0
Yhteensä 1987	5	6	25	175
1988	9	10	32	224
1989	33	274	688	4876
1990	10	17	55	385
1991	13	26	43	301
1992	13	40	145	1015
1993	17	116	332	2324
1994(*)	7	8	37	259

(* Vuoden 1994 luvut syyskuun loppuun mennessä)

Liite N: JDS-tulokset vuosilta 1988, 1991 ja 1994

Job Diagnostic Survey: Toimihenkilöiden, asettajien/ohjelmoijien, NC-koneistajien ja kokoonpanijoiden arviot työstään. Cronbachin alpha (rtt) laskettiin kaikille.

Toimihenkilöt

	1988			1991			1994		
	Mean	Std Dev	N	Mean	Std Dev	N	Mean	Std Dev	N
TYÖN YDINPIIRTEET									
<i>Työn vaatimat taidot</i>	5.17	.95	10	5.67	.88	9	5.50	1.05	6
<i>Työkokonaisuus</i>	3.27	1.10	10	3.93	1.72	9	3.50	1.24	6
<i>Työn merkittävyys</i>	4.83	1.42	10	5.85	.71	9	6.28	.61	6
<i>Itsenäisyys</i>	5.67	.59	10	6.11	.47	9	5.33	1.23	6
<i>Palaute suoraan työstä</i>	4.74	1.36	9	5.19	1.12	9	5.72	.85	6
<i>Palaute ihmisiltä</i>	3.10	1.28	10	4.67	1.62	9	4.44	1.96	6
<i>Kanssakäymisen määrä</i>	6.30	.68	10	6.11	.88	9	5.95	.71	6
KRIITTISET PSYKOLOGISET TILAT									
<i>Työn koettu merkityksellisyys</i>	5.48	.48	10	5.61	.55	9	6.00	.42	6
<i>Vastuuntunne työstä</i>	5.70	.53	10	5.58	.70	9	5.97	.69	6
<i>Tieto tuloksista</i>	5.03	1.00	10	5.25	1.15	9	5.04	.73	6
TYÖN AIHEUTTAMAT YLEISET TUNTEMUKSET									
<i>Yleinen työtyytyväisyys</i>	5.10	.80	10	5.53	.64	9	4.89	.68	6
<i>"Kasvu"-tyytyväisyys</i>	5.07	.43	10	5.42	.66	9	5.04	.73	6
<i>Sisäinen työmotivaatio</i>	5.60	.34	10	5.57	.46	9	5.92	.43	6
TYTYTYVÄISYYS TYÖYMPÄRISTÖÖN									
<i>Työsuhteen pysyvyys</i>	5.70	1.09	10	6.11	.55	9	5.92	.38	6
<i>Palkka</i>	3.75	1.46	10	4.50	1.09	9	3.67	1.33	6
<i>Työtoverit</i>	5.67	.44	10	5.74	.70	9	5.78	.27	6
<i>Esimiehet</i>	4.50	.91	10	5.07	1.03	9	4.55	.81	6
KASVUTARPEEN VOIMAKKUUS									
<i>"Haluaisin"-kasvutarve</i>	5.17	.84	10	5.54	.99	9	5.72	.97	6
<i>"Työn valinta"-kasvutarve</i>	3.33	.53	10	3.48	.49	9	3.43	.53	6
<i>Yhdistetty kasvutarve</i>	4.83	.77	10	5.19	.76	9	5.01	.69	6
<i>Motivaatiopotentiaali</i>	115.90	37.55	9	166.64	61.68	9	161.05	64.55	6

Job Diagnostic Survey: Toimihenkilöiden, asettajien/ohjelmoijien, NC-koneistajien ja kokoonpanijoiden arviot työstään. Cronbachin alpha (rtt) laskettiin kaikille.

Koneistajat

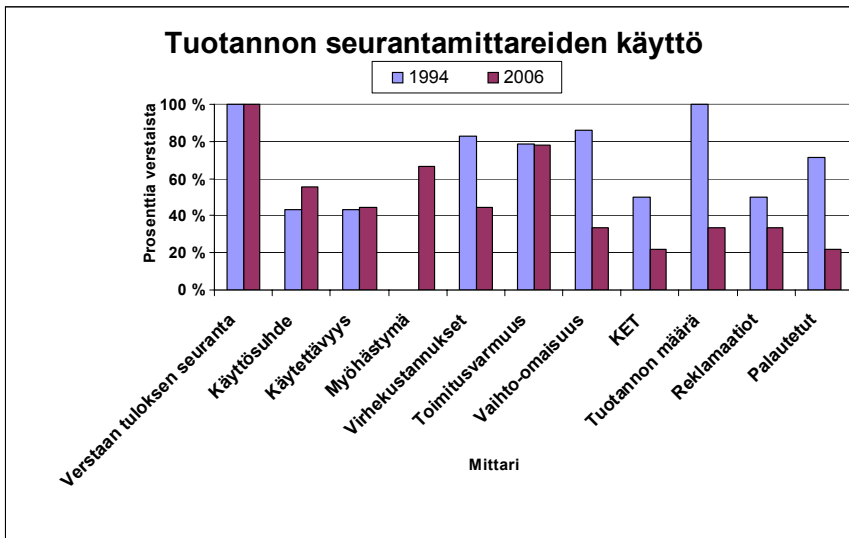
	1988			1991			1994		
	Mean	Std Dev	N	Mean	Std Dev	N	Mean	Std Dev	N
TYÖN YDINPIIRTEET									
Työn vaatimat taidot	3.91	1.90	18	4.58	1.72	24	4.68	1.33	20
Työkokonaisuus	5.39	1.06	18	4.18	1.12	24	4.52	1.43	20
Työn merkittävyys	4.31	1.42	18	4.65	1.44	24	4.69	1.26	20
Itsenäisyys	5.00	1.40	18	5.04	1.33	24	5.25	1.01	20
Palaute suoraan työstä	4.83	1.35	18	4.68	1.09	24	5.20	1.21	20
Palaute ihmisiltä	3.15	1.51	18	3.14	1.43	24	3.88	1.34	20
Kanssakäymisen määrä	4.19	1.36	18	4.94	1.39	24	5.10	1.37	20
KRIITTISET PSYKOLOGISET TILAT									
Työn koettu merkityksellisyys	5.22	1.08	18	5.10	.74	25	5.00	1.25	20
Vastuuntunne työstä	5.45	.72	18	5.46	.56	25	5.47	.74	20
Tieto tuloksista	5.49	1.16	17	5.28	.67	25	5.14	.98	20
TYÖN AIHEUTTAMAT YLEISET TUNTEMUKSET									
Yleinen työtyytyväisyys	4.78	1.05	18	4.86	1.09	25	4.78	1.30	20
"Kasvu"-tyytyväisyys	4.95	.81	18	5.06	1.02	24	4.81	1.24	20
Sisäinen työmotivaatio	4.62	1.16	17	5.13	.72	25	4.96	.96	20
TYTYTYVÄISYYS TYÖYMPÄRISTÖÖN									
Työsuhteen pysyvyys	5.58	.90	18	5.98	.70	25	5.83	.92	20
Palkka	3.36	1.67	18	3.66	1.37	25	4.12	1.47	20
Työtoverit	5.28	.83	18	5.45	.94	25	5.18	.88	20
Esimiehet	4.00	.85	18	4.65	1.16	25	4.87	.92	20
KASVUTARPEEN VOIMAKKUUS									
"Haluaisin"-kasvutarve	4.68	1.27	18	4.93	1.16	25	4.81	1.16	20
"Työn valinta"-kasvutarve	3.15	.47	18	2.98	.45	25	3.02	.43	20
Yhdistetty kasvutarve	4.45	.85	18	4.65	.80	25	4.29	.66	20
Motivaatiopotentiali	117.38	64.57	18	114.35	63.80	24	135.35	72.56	20

Job Diagnostic Survey: Toimihenkilöiden, asettajien/ohjelmoijien, NC-koneistajien ja kokoonpanijoiden arviot työstään. Cronbachin alpha (rtt) laskettiin kaikille.

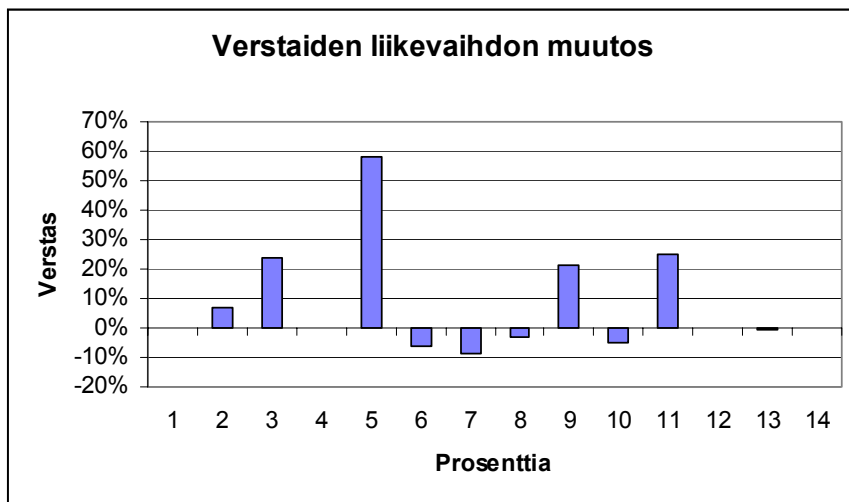
Kokoonpanijat

	1988			1991			1994		
	Mean	Std Dev	N	Mean	Std Dev	N	Mean	Std Dev	N
TYÖN YDINPIIRTEET									
Työn vaatimat taidot	3.63	1.99	10	3.83	1.39	20	3.87	1.46	15
Työkokonaisuus	4.53	2.14	10	5.33	1.36	20	5.70	.90	15
Työn merkittävyys	4.00	1.45	9	4.21	1.00	21	4.72	1.41	15
Itsenäisyys	4.63	1.32	10	5.02	1.24	21	4.96	1.24	15
Palaute suoraan työstä	3.85	.58	9	4.83	1.10	20	5.50	1.06	15
Palaute ihmisiltä	2.59	1.36	9	3.35	1.51	21	4.26	1.58	15
Kanssakäymisen määrä	3.77	1.57	10	3.37	1.41	21	3.80	1.34	15
KRIITTISET PSYKOLOGISET TILAT									
Työn koettu merkityksellisyys	4.69	.83	8	4.71	.68	20	4.64	.99	15
Vastuuntunne työstä	5.29	.45	8	5.54	.74	19	5.53	.81	15
Tieto tuloksista	5.53	.80	8	5.51	.85	20	5.47	.82	15
TYÖN AIHEUTTAMAT YLEISET TUNTEMUKSET									
Yleinen tyytyväisyys	4.22	.88	8	4.87	.91	20	4.86	.99	15
"Kasvu"-tyytyväisyys	4.55	.75	10	4.60	1.18	22	4.81	1.02	15
Sisäinen työmotivaatio	4.98	.67	8	4.93	.82	19	4.95	1.13	15
TYYYTYVÄISYYS TYÖYMPÄRISTÖÖN									
Työsuhteen pysyvyys	5.65	.63	10	5.60	.95	10	5.63	.90	15
Palkka	3.00	1.51	10	3.64	1.77	22	4.17	1.81	15
Työtoverit	5.10	1.22	10	5.03	1.01	21	5.09	.85	15
Esimiehet	4.87	1.07	10	4.78	1.18	20	4.39	1.33	15
KASVUTARPEEN VOIMAKKUUS									
"Haluaisin"-kasvutarve	4.15	1.51	10	4.33	1.28	22	4.60	1.25	15
"Työn valinta"-kasvutarve	2.78	.27	10	3.22	.43	17	3.17	.56	15
Yhdistetty kasvutarve	3.89	.95	9	4.37	.87	17	4.36	.83	15
Motivaatiopotentiali	74.30	31.28	9	112.85	55.50	19	133.41	59.11	15

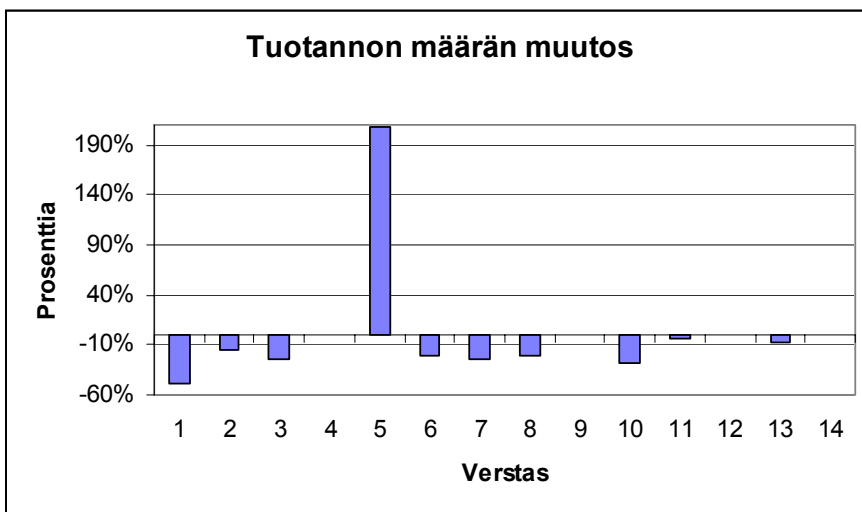
Liite O: Vertailuaineiston tunnuslukuja



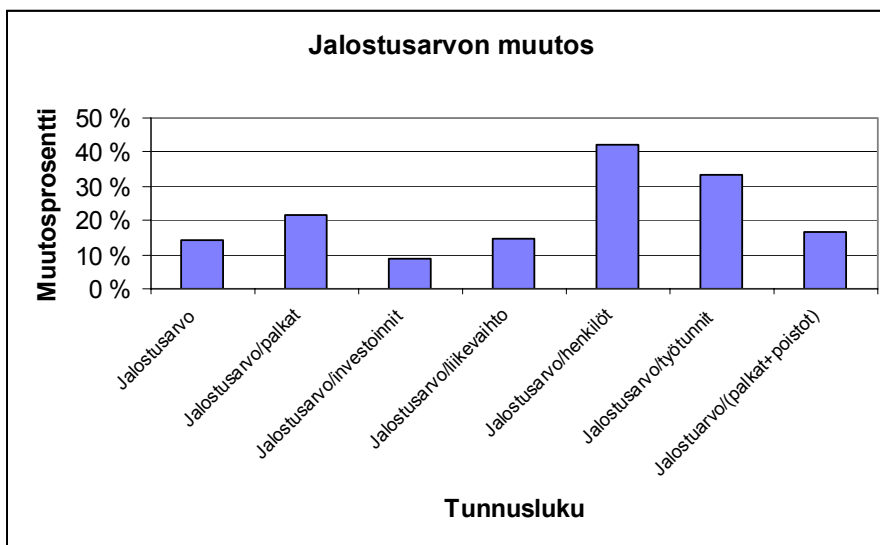
Kuva 1. Verstaiden toiminnan seurannan mittarien määrä projektien jälkeen valmistuspäälliköiden mukaan (projektien jälkeen $N = 14$ ja vuonna 2006 $N = 9$).



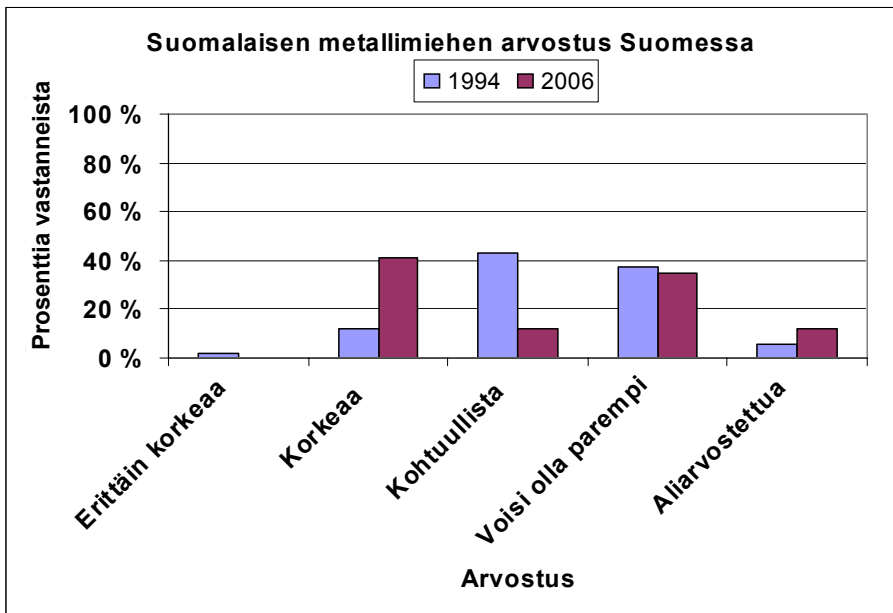
Kuva 2. Verstaiden liikevaihdon muutos välittömästi projektin jälkeen (verstaiden 1, 4, 12 ja 14 tiedot puuttuvat).



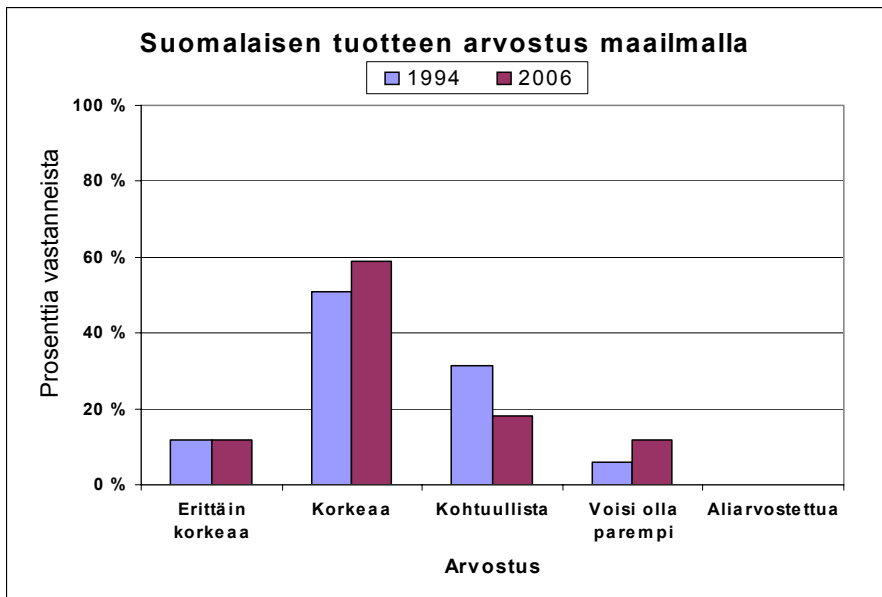
Kuva 3. Verstaiden tuotannon määrän muutos välittömästi projektin jälkeen (verstaiden 4, 9, 12 ja 14 tiedot puuttuvat).



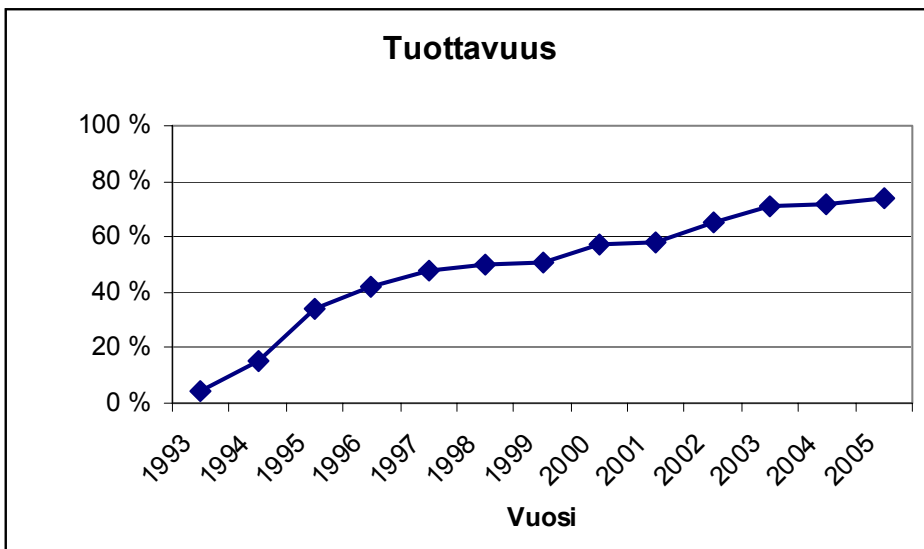
Kuva 4. Vertailuaineiston tuottavuuden muutos jalostusarvoperusteisilla mittareilla kuvattuna.



Kuva 5. FMS-käyttäjien käsitykset metalliteollisuuden työvoiman ja suomalaisen metalliteollisuuden tuotteiden arvostuksista. (Vuonna 1994 N = 51 ja vuonna 2006 N = 17.)



Kuva 6. Suomalaisen tuotteen arvostus maailmalla (1994 N = 51 ja 2006 N = 17).



Kuva 7. Verstas numero 1:n työn tuottavuuskehitys vuosina 1993–2005.

Liite P: Sosioteknisen järjestelmän muutos

Taulu 1. Teknisen järjestelmän muutos. (Keskiarvot on laskettu kyseisten vastausten keskiarvojen perusteella, ja kysymykset ovat liitteessä C.)

		1994	2006
Materiaali (asteikko 1–5)	keskiarvo =	2,21	1,3
alumiini	= 5		
valurauta	= 4		
teräs	= 3		
ruostumaton teräs	= 2		
haponkestävä teräs, stelliitti	= 1		
Mekanisointi ja automatisointi		3,0	3,2
Yrityksen automaatioaste	(asteikko 1–5)		
Kuva 25, s. 165			
Yksikköoperaatiot	(asteikko 1–5)	3,42	2,65
Kysymys 20, Kysymys 23, Kysymys 28			
Keskeisyys (asteikko 1–5)		2,73	2,25
Kysymys 13, Kysymys 18			
Fyysiset olosuhteet (asteikko 1–5)		3,23	1,84
Kysymys 28, Kysymys 37			
Tila-aikaulottuvuus, (asteikko 1–5)		2,78	2,22
Kysymys 16, Kysymys 22, kysymys 32			
Ylläpito, (asteikko 1–5)		2,85	2,92
Kysymys 28(a,...,k), Kysymys 33			
Huolto, (asteikko 1–5)		2,16	3,63
Kysymys 28 (b, c, d, e, f, g), Kysymys 24			

Taulu 2. Sosiaalisen järjestelmän muutos. (Keskiarvot on laskettu kyseisten vastausten keskiarvojen perusteella, ja kysymykset ovat liitteessä C.)

Päätösvalta, (asteikko 1–5)		3,34	3,27
Kysymys 21, Kysymys 44			
Mahdollisuus uuden oppimiseen, (asteikko 1–5)		3,50	3,00
Kysymys 23, Kysymys 59			
Vaihtelevuus, (asteikko 1–5)		2,81	2,09
Kysymys 13b, Kysymys 20, Kysymys 28			
Tuki ja arvostus, (asteikko 1–5)		3,65	3,87
Kysymys 40, Kysymys 41, Kysymys 42, Kysymys 43			
Työn merkityksellisyys, (asteikko 1–5)		4,09	4,36
Kysymys 25, Kysymys 26, Kysymys 27			
Haluttu tulevaisuus, (asteikko 1–5)		3,92	3,39
Kysymys 38, Kysymys 39, Kysymys 47			
Kehittävä voimavara, (asteikko 1–5)		3,19	2,81
Kysymys 31, Kysymys 31b, Kysymys 44, Kysymys 45			
Kykyjen käyttö, (asteikko 1–5)		3,09	3,60
Kysymys 22, Kysymys 23, Kysymys 24			

Liite Q: Projektin keston, myöhästymään ja käyttöasteen nousuun vaikuttavia selittäviä tekijöitä (regressioanalyysi)

Notes

Output Created		26-JUL-2007 14:47:51
Comments		
Input	Data	C:\abc\vaitos\SPSS ajot vanhat\projektin lähtötiedot korjattu.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT viive /METHOD=STEPWISE koulu yhd koumayhd konsultt org yhd joht yhd kaytotyh .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,27
	Memory Required	4924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Konsultin käyttö	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter \leq ,050, Probability-of-F-to-remove \geq ,100).

a Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,649(a)	,421	,363	8,4824

a Predictors: (Constant), Konsultin käyttö

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	522,489	1	522,489	7,262	,023(a)
	Residual	719,511	10	71,951		
	Total	1242,000	11			

a Predictors: (Constant), Konsultin käyttö

b Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	17,089	3,332		5,129	,000
	Konsultin käyttö	-13,786	5,116	-,649	-2,695	,023

a Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Excluded Variables(b)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Yhdistetty koulutus	-,371(a)	-1,567	,151	-,463	,904
	Koulutusmäärä yhdistetty	-,396(a)	-1,662	,131	-,485	,867
	Organisaatio yhdistetty	-,213(a)	-,826	,430	-,265	,900
	Projektin johtaminen	-,413(a)	-1,900	,090	-,535	,971
	Käyttöönotto yhdistetty	-,409(a)	-1,904	,089	-,536	,995

a Predictors in the Model: (Constant), Konsultin käyttö

b Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Regression

Notes

Output Created		26-JUL-2007 15:02:29
Comments		
Input	Data	C:\abc\vaitos\SPSS ajot vanhat\projektin lähtötiedot korjattu.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT kayttsuh /METHOD=STEPWISE kouluyhd koumayhd konsultt orgyhd johtyhd kaytotyh .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,07
	Memory Required	4924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Organisaatio yhdistetty	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: Käyttösuhteen nousu

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,670(a)	,449	,394	6,0443

a Predictors: (Constant), Organisaatio yhdistetty

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	297,582	1	297,582	8,145	,017(a)
	Residual	365,334	10	36,533		
	Total	662,917	11			

a Predictors: (Constant), Organisaatio yhdistetty

b Dependent Variable: Käyttösuhteen nousu

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	19,042	3,191		5,967	,000
	Organisaatio yhdistetty	-6,778	2,375	-,670	-2,854	,017

a Dependent Variable: Käyttösuhteen nousu

Excluded Variables(b)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Yhdistetty koulutus	-,102(a)	-,387	,708	-,128	,870
	Koulutusmäärä yhdistetty	-,157(a)	-,649	,533	-,211	,993
	Konsultin käyttö	-,381(a)	-1,673	,129	-,487	,900
	Projektin johtaminen	-,243(a)	-,849	,418	-,272	,692
	Käyttöönotto yhdistetty	,098(a)	,350	,734	,116	,767

a Predictors in the Model: (Constant), Organisaatio yhdistetty

b Dependent Variable: Käyttösuhteen nousu

Regression

Notes

Output Created		26-JUL-2007 15:06:04
Comments		
Input	Data	C:\abc\vaitos\SPSS ajot vanhat\projektin lähtötiedot korjattu.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT kesto /METHOD=STEPWISE kou- luyhd koumayhd konsultt orgyhd johtyhd kaytolyhd .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,07
	Memory Required	4924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Konsultin käyttö	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: Projektin pituus (kk)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,740(a)	,547	,502	8,4251

a Predictors: (Constant), Konsultin käyttö

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	857,094	1	857,094	12,075	,006(a)
	Residual	709,823	10	70,982		
	Total	1566,917	11			

a Predictors: (Constant), Konsultin käyttö

b Dependent Variable: Projektin pituus (kk)

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	45,882	3,309		13,864	,000
	Konsultin käyttö	-17,657	5,081	-,740	-3,475	,006

a Dependent Variable: Projektin pituus (kk)

Excluded Variables(b)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Yhdistetty koulutus	-,269(a)	-1,233	,249	-,380	,904
	Koulutusmäärä yhdistetty	-,341(a)	-1,606	,143	-,472	,867
	Organisaatio yhdistetty	-,043(a)	-,181	,861	-,060	,900
	Projektin johtaminen	-,086(a)	-,381	,712	-,126	,971
	Käyttöönotto yhdistetty	-,200(a)	-,933	,375	-,297	,995

a Predictors in the Model: (Constant), Konsultin käyttö

b Dependent Variable: Projektin pituus (kk)

Regression

Notes

Output Created		26-JUL-2007 15:11:32
Comments		
Input	Data	C:\abc\waitos\SPSS ajot vanhat\projektin lähtötiedot korjattu.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT kustpien /METHOD=STEPWISE kou- luyhd koumayhd konsultt orgyhd johtyhd kaytotyh .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,04
	Memory Required	4924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Organisaatio yhdistetty	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: Kustannukset samat tai pienemmät

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,703(a)	,494	,443	,83197

a Predictors: (Constant), Organisaatio yhdistetty

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6,745	1	6,745	9,745	,011(a)
	Residual	6,922	10	,692		
	Total	13,667	11			

a Predictors: (Constant), Organisaatio yhdistetty

b Dependent Variable: Kustannukset samat tai pienemmät

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,685	,439		1,560	,150
	Organisaatio yhdistetty	1,020	,327	,703	3,122	,011

a Dependent Variable: Kustannukset samat tai pienemmät

Excluded Variables(b)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Yhdistetty koulutus	,219(a)	,899	,392	,287	,870
	Koulutusmäärä yhdistetty	,337(a)	1,607	,142	,472	,993
	Konsultin käyttö	,148(a)	,605	,560	,198	,900
	Projektin johtaminen	-,276(a)	-1,024	,332	-,323	,692
	Käyttöönotto yhdistetty	-,216(a)	-,828	,429	-,266	,767

a Predictors in the Model: (Constant), Organisaatio yhdistetty

b Dependent Variable: Kustannukset samat tai pienemmät

Regression

Notes

Output Created		26-JUL-2007 15:12:57
Comments		
Input	Data	C:\abc\vaitos\SPSS ajot vanhat\projektin lähtötiedot korjattu.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT kustsuur /METHOD=STEPWISE kou- luyhd koumayhd konsultt orgyhd johtyhd kaytotyhd .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,08
	Memory Required	4924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Organisaatio yhdistetty	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: Kustannukset suuremmat

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,623(a)	,388	,327	1,05660

a Predictors: (Constant), Organisaatio yhdistetty

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7,086	1	7,086	6,347	,030(a)
	Residual	11,164	10	1,116		
	Total	18,250	11			

a Predictors: (Constant), Organisaatio yhdistetty

b Dependent Variable: Kustannukset suuremmat
Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2,427	,558		4,350	,001
	Organisaatio yhdistetty	-1,046	,415	-,623	-2,519	,030

a Dependent Variable: Kustannukset suuremmat

Excluded Variables(b)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Yhdistetty koulutus	-,130(a)	-,469	,650	-,155	,870
	Koulutusmäärä yhdistetty	-,257(a)	-1,042	,325	-,328	,993
	Konsultin käyttö	-,035(a)	-,129	,900	-,043	,900
	Projektin johtaminen	,312(a)	1,055	,319	,332	,692
	Käyttöönotto yhdistetty	,284(a)	1,005	,341	,318	,767

a Predictors in the Model: (Constant), Organisaatio yhdistetty

b Dependent Variable: Kustannukset suuremmat

Regression

Notes

Output Created		26-JUL-2007 15:29:59
Comments		
Input	Data	C:\abc\waitos\SPSS ajot vanhat\projektin lähtötiedot korjattu.sav
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT viive /METHOD=STEPWISE kou- luyhd koumayhd konsultt orgyhd johtyhd kaytotyh .
Resources	Elapsed Time	0:00:00,06
	Memory Required	4924 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Konsultin käyttö	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= ,050, Probability-of-F-to-remove >= ,100).

a Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,649(a)	,421	,363	8,4824

a Predictors: (Constant), Konsultin käyttö

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	522,489	1	522,489	7,262	,023(a)
	Residual	719,511	10	71,951		
	Total	1242,000	11			

a Predictors: (Constant), Konsultin käyttö

b Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	17,089	3,332		5,129	,000
	Konsultin käyttö	-13,786	5,116	-,649	-2,695	,023

a Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Excluded Variables(b)

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Yhdistetty koulutus	-,371(a)	-1,567	,151	-,463	,904
	Koulutusmäärä yhdistetty	-,396(a)	-1,662	,131	-,485	,867
	Organisaatio yhdistetty	-,213(a)	-,826	,430	-,265	,900
	Projektin johtaminen	-,413(a)	-1,900	,090	-,535	,971
	Käyttöönotto yhdistetty	-,409(a)	-1,904	,089	-,536	,995

a Predictors in the Model: (Constant), Konsultin käyttö

b Dependent Variable: Projektin myöhästymä

Tekniikan tohtorin tutkinnon suorittamiseksi laadittu väitöskirja, joka esitetään Teknillisen korkeakoulun tuotantotalouden osaston luvalla julkisesti tarkastettavaksi korkeakoulun luentosalissa TU 1 auditorio (Otanientie 17, Espoo) marraskuun 24. päivänä 2007, klo 12.



Julkaisun sarja, numero ja raporttikoodi

VTT Publications 655
VTT-PUBS-655

Tekijä(t) Kuisma, Veli Matti		
Nimeke Joustavan konepaja-automaation käyttöönoton onnistumisen edellytykset		
Tiivistelmä Tutkimuksen tavoitteena on määrittellä joustavan konepaja-automaation kestävä käyttöönoton malli. Tutkimus on pitkittäistutkimus, jossa seurataan kahden vuosikymmenen ajan FMS-konepajojen sosioteknistä kehitymistä. Kehitymistä tarkastellaan sosioteknisen muutoksen, organisaatiomuutoksen ja toiminnan tuloksellisuuden valossa. Tutkimuksen kohteena on case-yrityksen tuoteverstaas ja vertailuaineistona on 13 suomalaista konepajaa. Joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönottojen onnistumista tarkastellaan pitkällä aikavälillä. Tutkimuksessa tuoteverstaas ja joustavaa valmistusjärjestelmää lähestytään sosioteknisen järjestelmäteorian näkökulmasta, jossa yhdistetään tekninen järjestelmä ja sosiaalinen järjestelmä. Kuvattua järjestelmää pyritään laajentamaan joustavan tuotantoautomaation ja tuotannon järjestelyiden sekä organisoinnin muodostamaksi kokonaisuudeksi. Tutkimus sijoittuu työpsykologian ja tuotantotalouden piiriin. Tutkimuksen empiirisen osan ensimmäisenä osatavoitteena oli selvittää, miten joustavat valmistusjärjestelmät otettiin käyttöön. Osatavoitetta tarkasteltiin tapaustutkimuksen projektin toteutuksen kuvauksella, johon verrattiin vertailuaineistojen projektien toteutusta. Toisena osatavoitteena oli selvittää, miten joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotto vaikutti verstaas tuotantoon, työn organisointiin, työsisältöihin ja tuotannon tehokkuuteen. Osatavoitetta tarkasteltiin monipuolisin tutkimusmenetelmin. Tutkimuksen kolmantena osatavoitteena oli selvittää, miten onnistuneet ja epäonnistuneet käyttöönottoprojektit erosivat toisistaan. Tavoitteena oli löytää käyttöönoton kriittiset tekijät, joiden kautta määritettiin kestävä käyttöönoton malli. Tutkimus osoitti, että joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotoissa oli suuria eroja, jotka vaikuttavat myös tuottavuuden kehittymiseen pitkällä aikavälillä. Tutkimuksen mukaan FMS-työ on muuttunut viimeisen 15 vuoden aikana fyysisesti kuormittavammaksi ja työn aikapaineisuus on kasvanut. Onnistuneet ja epäonnistuneet käyttöönottoprojektit erosivat mm. käyttöönoton nopeudessa ja tuottavuuden kehittämisessä, ja onnistuneiden projektien järjestelmät olivat lisäksi pitkäikäisempiä. Laadittu kestävä käyttöönoton malli on sovellettavissa konepajateollisuuden vaativien sosioteknisten järjestelmien käyttöönottoon. Malli kuvaa myös tuotantoyksikön tuottavuuden kehittämisen merkitystä pitkällä aikavälillä. Kuvattu sosiotekninen järjestelmä oli muuttunut tutkimuksen aikana. Tutkimuksen mukaan parhaan tuottavuuden saa sosioteknisen ja kevyttuotantomallin piirteitä yhdistävällä tuotantomallilla.		
ISBN 978-951-38-7045-4 (nid.) 978-951-38-7046-1 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Publications 1235-0621 (nid.) 1455-0849 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinnumero
Julkaisu-aika Lokakuu 2007	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 240 s. + liitt. 68 s.
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)
Avainsanat flexible manufacturing systems, socio-technical system, lean production, product workshop		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

Author(s) Kuisma, Veli Matti		
Title How to Succeed in Implementing Flexible Factory Automation		
Abstract <p>The aim of the research is to outline a sustainable implementation model for flexible machine shop automation. The research is a 20-year longitudinal study of the development of Finnish machine shops applying flexible manufacturing systems. The development is assessed in terms of socio-technical and organisational change as well as operational performance. The object of the research is the product workshop of the case study company, with 13 Finnish machine shops serving as reference material. The success of the implementation of flexible manufacturing systems was assessed over a long time span. In its approach to flexible manufacturing systems, the research draws from the socio-technical systems theory, which combines the technical and the social system. The discussion aims at expanding the described system into an entity constituted by flexible production automation and production arrangements as well as the organisational approach. The research falls into the areas of industrial psychology and industrial economics.</p> <p>The first specific objective of the empirical part of the research was to find out how flexible manufacturing systems were implemented. This specific objective was analysed through a description of the case study project implementation, with which the project implementations in the reference material were compared. The second specific objective was to study the impact of the implementation of flexible manufacturing systems on the workshop's production, organisation of work, work content and productivity. This specific objective was analysed using multifaceted research methods. The third specific objective of the research was to discover the differences between successful and unsuccessful implementation projects. The purpose of this analysis was to identify the critical factors of implementation, through which the model for sustainable implementation was defined.</p> <p>The research showed that there were considerable differences between the implementations of flexible manufacturing systems, which also had a long-term impact on the development of productivity. According to the research, the work related to flexible manufacturing systems has become physically more demanding and the time pressures have grown during the last 15 years. When comparing successful and unsuccessful implementation projects, there were differences between the implementation speed and the development of productivity, and the systems of successful projects lasted longer. The prepared model for sustainable implementation can be applied to demanding system implementations in the mechanical engineering industry. The model also describes the long-term significance of productivity improvement in the production unit. The described socio-technical system underwent changes during the research. According to the research, the best result is attained by a production model that combines the characteristics of the socio-technical and lean production models.</p>		
ISBN 978-951-38-7045-4 (soft back ed.) 978-951-38-7046-1 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Publications 1235-0621 (soft back ed.) 1455-0849 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number
Date October 2007	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 240 p. + app. 68 p.
Name of project		Commissioned by
Keywords flexible manufacturing systems, socio-technical system, lean production, product workshop		Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 020 722 4404 Fax +358 020 722 4374

Suomen kone- ja metallituoteteollisuuden rakennemuutos alkoi 1990-luvun laman myötä ja tulee jatkumaan 2010-luvulle saakka. 1980-luvun lopussa Suomen konepajateollisuus investoi runsaasti joustavaan tuotantoautomaatioon vaihtelevalla menestyksellä. Vuosituhanteen vaihteen ja 2000-luvun alun globalisaatio on asettanut kone- ja metallituoteteollisuuden uusien haasteiden eteen: Säilyykö tuotanto Suomessa, vai siirtyykö se Kaukoitään ja muihin kolmansiin maihin? Jälkimmäistä kehityssuuntaa tukevat 1990-luvun puolessavälissä alkanut yritysten voimakas investointi ulkomaille ja kotimaisen kapasiteetin lisäämiseen tähtäävien investointien vähäisyys.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan joustavan konepaja-automaation käyttöönottoa ja sen vaikutusta tuoteverstaan tuottavuuteen. Aineisto kerättiin 14 suomalaisesta konepajasta 1980-luvulta 2000-luvun alkuun.

Julkaistu on saatavana	Publikationen distribueras av	This publication is available from
VTT PL 1000 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374	VTT PB 1000 02044 VTT Tel. 020 722 4404 Fax 020 722 4374	VTT P.O. Box 1000 FI-02044 VTT, Finland Phone internat. + 358 20 722 4404 Fax + 358 20 722 4374